



Università Politecnica delle Marche
Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari ed Ambientali (D3A)
Settore BIO/03 - BOTANICA AMBIENTALE E APPLICATA

Dottorato di Ricerca XV ciclo
in Scienze Agrarie, Alimentari ed Ambientali

**STUDIO DELLA RISPOSTA GERMINATIVA E DELLA MORFOLOGIA
SEMINALE DI ALCUNE SPECIE ANNUALI UTILIZZABILI NEI
PROGETTI DI RECUPERO AMBIENTALE
DEGLI AMBIENTI IPERSALINI**

Tutor

Prof. Simona Casavecchia

Dottoranda

Roberta Gasparri

Anno Accademico 2015/2016

Mediterraneo

*Avrei voluto sentirmi scabro ed essenziale
siccome i ciottoli che tu volvi,
mangiati dalla salsedine;
scheggia fuori dal tempo, testimone
di una volontà fredda che non passa.
Altro fui: uomo intento che riguarda
in sé, in altrui, il bollore
della vita fugace uomo che tarda
all'atto, che nessuno, poi, distrugge.
Volli cercare il male
che tarla il mondo, la piccola stortura
d'una leva che arresta
l'ordegno universale; e tutti vidi
gli eventi del minuto
come pronti a disgiungersi in un crollo.
Seguì il solco di un sentiero m'ebbi
l'opposto in cuore, col suo invito; e forse
m'occorreva il coltello che recide,
la mente che decide e si determina.
Altri libri occorreivano
a me, non la tua pagina rombante.
Ma nulla so rimpiangere: tu sciogli
ancora i groppi interni col tuo canto.
Il tuo delirio sale agli astri ormai.*

Eugenio Montale

INDICE

1.INTRODUZIONE.....	4
1.1. Biodiversità degli ambienti ipersalini.....	4
1.1.1. Praterie retrodunali salate.....	6
1.2. Strategie di conservazione della biodiversità degli ambienti ipersalini.....	7
1.2.1. Conservazione <i>in situ</i> ed <i>ex situ</i>	16
1.2.2. Recupero degli ambienti ipersalini.....	19
1.2.3. Applicazioni in campo agronomico del genere <i>Salicornia</i>	22
1.3. Obiettivi dello studio.....	23
1.4. Ecofisiologia delle specie iperalofile.....	25
1.4.1. Il genere <i>Salicornia</i>	27
1.5. Germinazione dei semi.....	28
1.5.1. Fattori ambientali che influenzano la germinazione.....	29
1.5.2. Dormienza dei semi.....	35
2. MATERIALI E METODI	38
2.1. Caratterizzazione ambientale ed ecologica delle aree di studio	38
2.1.1. Riserva Naturale Regionale Sentina (AP; Italia).....	38
2.1.2. Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio (RA; Italia)	43
2.1.3. Blace (Delta del fiume Neretva, Croazia).....	48
2.1.4. Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia (BAT; Italia).....	53
2.1.5. Sant Pere Pescador, Girona (Spagna).....	57
2.2. Analisi vegetazionali delle aree di raccolta dei semi.....	60
2.3. Campionamento dei parametri ecologici.....	60

2.4. Caratteri morfologici delle entità studiate	61
2.4.1. <i>Salicornia patula</i> Duval-Jouve	61
2.4.2. <i>Salicornia emerici</i> Duval-Jouve	63
2.4.3. <i>Salicornia veneta</i> Pign. et Lausi	65
2.5. Raccolta, trattamento e conservazione del germoplasma	68
2.6. Caratterizzazione macromorfologica dei semi	69
2.7. Caratterizzazione micromorfologica dei semi	70
2.8. Analisi ai raggi X.....	71
2.9. Analisi del contenuto di olio dei semi	71
2.10. Analisi dei dati della morfologia seminale	72
2.11. Test di germinazione	73
2.11.1. Effetto della temperatura	73
2.11.2. Effetto della salinità.....	74
2.12. Analisi dati ed indici utilizzati.....	75
3. RISULTATI	79
3.1. Vegetazione a <i>Salicornia patula</i>	79
3.2. Vegetazione a <i>Salicornia emerici</i>	81
3.3. Vegetazione a <i>Salicornia veneta</i>	82
3.4. Campionamento dei parametri ecologici	84
3.5. Analisi seminale	85
3.5.1. <i>Salicornia patula</i> Duval-Jouve	85
3.5.2. <i>Salicornia emerici</i> Duval-Jouve	112
3.5.3. <i>Salicornia veneta</i> Pign. et Lausi	126
4. DISCUSSIONI.....	155
4.1. Vegetazione iperalofila pioniera a <i>Salicornia</i>	155
4.2. <i>Salicornia patula</i> Duval-Jouve	158

4.3. <i>Salicornia emerici</i> Duval-Jouve	168
4.4. <i>Salicornia veneta</i> Pign. et Lausi	172
5. CONCLUSIONI.....	177
6. BIBLIOGRAFIA.....	180
7. APPENDICE	194

1.INTRODUZIONE

1.1. Biodiversità degli ambienti ipersalini

Gli ambienti ipersalini sono ampiamente distribuiti nei sistemi estuari e deltizi di tutto il mondo (Fig. 1). Si presentano nella zona intercotidale tra terra e mare dove si depositano abbondanti sedimenti con tessitura prevalentemente sabbioso-limosa e vi è la presenza d'acqua salata o salmastra per un lungo periodo dell'anno (Doody, 2008). Ne sono esempi le praterie retrodunali alofile, le paludi salmastre, gli ambienti umidi, le formazioni paludose di mangrovie ecc..

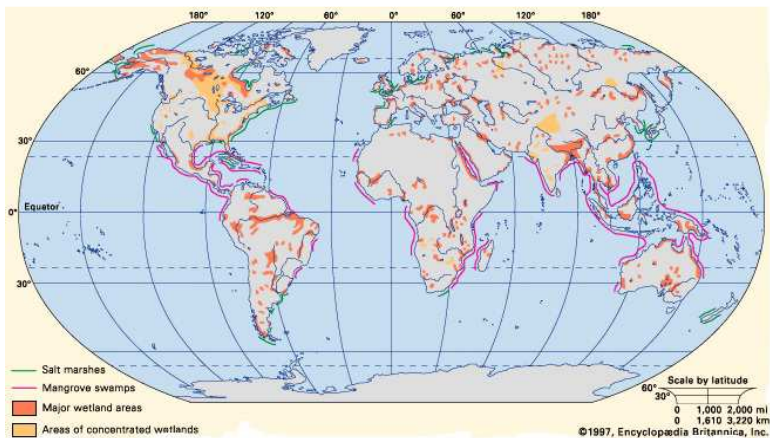


Fig. 1 - Distribuzione mondiale delle aree a maggior concentrazione di paludi salmastre (verde); di ambienti umidi (arancione e giallo) e di formazioni paludose di mangrovie (fucsia; http://www.marbef.org/wiki/salt_marshes).

L'Italia, con oltre 8000 km di coste, mostra una notevole varietà di ambienti litoranei: alti e rocciosi, talvolta a picco sul mare, oppure più spesso bassi, sabbiosi e prossimi alle foci dei corsi d'acqua (Biondi, 1999; Fig. 2).

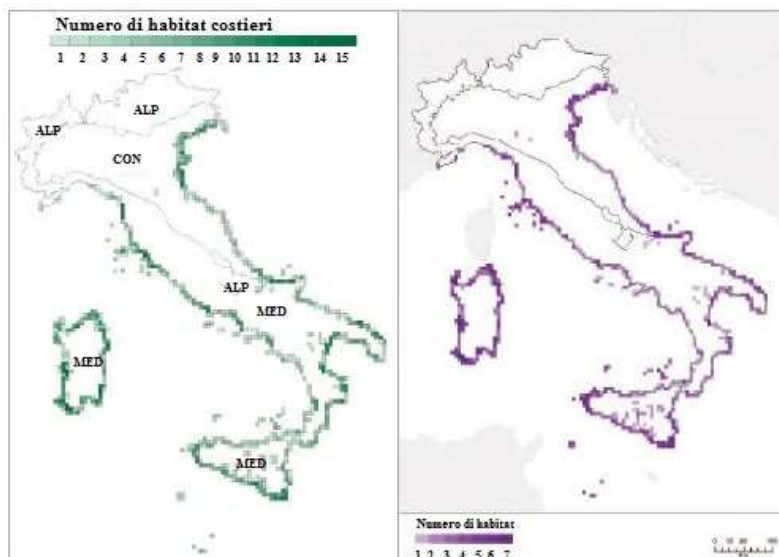


Fig. 2 - a) Distribuzione ed abbondanza degli habitat costieri di Direttiva 92/43/CEE in Italia. b) Distribuzione degli habitat della macrocategoria 1 "Habitat costieri e vegetazione alofitica" (Genovesi *et al.*, 2014).

In particolare, sono proprio gli apparati deltizi, gli ambienti nei quali la forza del mare contrastando il trasporto dei materiali fini da parte dei corsi d'acqua, favorisce il deposito di una grande quantità di sedimenti, che in tempi più o meno lunghi, creano lunghe lingue di sabbia e fango parallele alla linea di costa (Audisio *et al.*, 2002).

Questi cordoni litoranei consentono la formazione di lagune, laghi e stagni costieri in cui la complessa interazione fra sedimenti, salinità delle acque e morfologia dei bacini diversifica questi ambienti conferendogli quell'unicità che ne amplifica la valenza paesaggistica e naturalistica (Caniglia *et al.*, 2002). Nelle zone marginali di questi ambienti e nelle depressioni retrodunali caratterizzate da condizioni di grande stress ambientale e da parametri abiotici fortemente limitanti si creano ecosistemi costituiti in prevalenza da specie vegetali ed animali che presentano particolari adattamenti fisiologici che consentono loro di portare a termine l'intero ciclo vitale in habitat così fortemente selettivi, talora "estremi" (Andreucci *et al.*, 1996).

1.1.1. Praterie retrodunali salate

Tra gli ecosistemi degli ambienti ipersalini uno dei più importanti e minacciati è costituito dalle praterie retrodunali salate o paludi salmastre. Sono praterie caratterizzate da elevata salinità del substrato, con tessitura limosa o limosa-sabbiosa colonizzate principalmente da piante annuali e perenni appartenenti a generi diversi della famiglia delle *Amaranthaceae* oltre ai generi *Limonium*, *Aster* e pochi altri (Biondi, 1999). Le praterie retrodunali salate costituiscono un chiaro esempio di ecosistema monospecifico o paucispecifico dove le specie si distribuiscono secondo gradienti fisici e chimici (Adams, 1963; Sánchez *et al.*, 1998). Sono ambienti sottoposti regolarmente al movimento delle maree e si caratterizzano per ospitare diverse comunità vegetali in relazione alle micro topografie del suolo. In

alcuni bacini costieri o subcostieri dove i bordi degli stagni degradano con una lieve pendenza verso la zona centrale si formano praterie salate annuali, costituite in prevalenza da specie pioniere alofile annuali del genere *Salicornia* e *Suaeda*. Queste comunità annuali sono caratteristiche dell'habitat 1310: “Vegetazione annua pioniera a *Salicornia* ed altre specie delle zone fangose e sabbiose” (Codice *sensu* Classificazione Eunis A2.6513; Biondi *et al.*, 2013).

1.2. Strategie di conservazione della biodiversità degli ambienti ipersalini

Gli ambienti costieri costituiscono una categoria di habitat di eccezionale interesse biologico: nonostante questi ambienti possano sembrare inospitali, essi rivestono un'enorme importanza sia per la conservazione della biodiversità, in quanto ospitano specie e comunità specializzate a vivere in condizioni ecologiche estreme, sia per le ricadute economico-sociali nell'uso sostenibile di questi ambienti per le generazioni future (Genovesi *et al.*, 2014).

Questi habitat sono fortemente alterati, frammentati (Audisio *et al.*, 2002; Palumbo & Selvaggi, 2003) e caratterizzati da una bassa qualità che richiama alla necessità di interventi urgenti di recupero (Genovesi *et al.*, 2014). Infatti, pesa su questi habitat la loro localizzazione lungo le coste che negli anni hanno subito una forte regressione legata alle grandi opere passate di bonifica, all'elevata pressione antropica di tipo industriale (carico di prodotti inquinanti) e turistica (Dati Istat, 2000; Biondi, 1999), ai fenomeni strettamente legati ai cambiamenti

climatici nell'area mediterranea come l'innalzamento del livello del mare e conseguentemente dei processi erosivi e l'aumento delle temperature medie (EEA, 2008; Breil *et al.*, 2004).

Nel 3° Rapporto Nazionale Direttiva Habitat si denuncia uno stato di conservazione complessivo degli habitat costieri di interesse comunitario non soddisfacente (cattivo o inadeguato) per l'86,7 %, percentuale molto più elevata di quella calcolata per tutti gli habitat presenti in Italia, che complessivamente si trovano in stato di conservazione non soddisfacente per il 67,6 % (Genovesi *et al.*, 2014; Fig. 3).

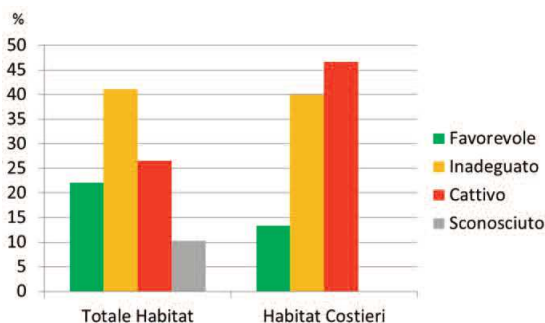


Fig. 3 - Percentuale dei diversi valori di Stato di Conservazione attribuiti agli habitat costieri rispetto ai valori attribuiti a tutti gli habitat italiani (Genovesi *et al.*, 2014).

La Direttiva 92/43/CEE considera solo 5 habitat di interesse prioritario tra quelli costieri tutelati non inserendo tra questi alcuni habitat peculiari delle aree costiere mediterranee ed estremamente rarefatti come il 1310 "Vegetazione annua pioniera a *Salicornia* e altre specie delle zone fangose e sabbiose" o il 2210 "Dune fisse del litorale (*Crucianellion maritimae*)" (Genovesi *et al.*, 2014). È sufficiente

considerare il numero elevatissimo di tipologie vegetazionali costiere d'Italia per rendersi conto della grande biodiversità che questi ambienti ancora ospitano, nonostante le forti alterazioni. Si deve, quindi, attuare un piano importante per il loro recupero, che possa consentire la salvaguardia di tipologie di ecosistemi significativi, la conservazione della biodiversità e il miglioramento complessivo dello stato delle aree naturali dei litorali nazionali (Genovesi *et al.*, 2014).

In linea con la definizione del Summit Mondiale di Rio de Janeiro del 1992, la biodiversità è intesa come «la variabilità degli organismi viventi di ogni origine, compresi *inter alia* gli ecosistemi terrestri, marini ed altri ecosistemi acquatici e i complessi ecologici di cui fanno parte; ciò include la diversità nell'ambito delle specie e tra le specie e la diversità degli ecosistemi» (Art. 2 Convenzione sulla Diversità Biologica - CBD). Questo significa che la biodiversità è intesa come la totalità dei geni, delle specie e degli ecosistemi di una regione e che per preservarla bisogna considerare tre livelli di diversità: (1) **diversità genetica**: data dal patrimonio genetico degli organismi sia a livello di individui appartenenti ad una stessa popolazione sia tra popolazioni appartenenti ad una stessa specie; (2) **diversità di specie**: data dalla varietà e dalla numerosità delle specie presenti in un determinato habitat/sito; (3) **diversità eco-sistemica**: data sia dalle grandi differenze che ci sono tra i diversi tipi di ecosistemi, sia dalla varietà degli habitat naturali e delle comunità biologiche che interagiscono fra loro all'interno di uno stesso

ecosistema. Le convenzioni e gli accordi internazionali rappresentano il riferimento più importante per lo sviluppo di politiche di conservazione della biodiversità e per l’emanazione di norme da parte dei Paesi firmatari. Nell’ambito delle diverse convenzioni, l’approccio adottato è molteplice, andando dalla tutela attuata attraverso elenchi di specie da proteggere (Convenzione di Berna e di Bonn), alla conservazione delle specie e dei loro habitat (Convenzione di Barcellona), alla conservazione della biodiversità intesa nel senso più ampio (Convenzione di Rio de Janeiro).

Di seguito, vengono brevemente presentate le principali norme di protezione vigenti in Italia in materia di protezione di specie ed habitat.

Convenzione di Ramsar (Convention on Wetlands of International Importance) Iran, 1971

E’ un atto stipulato nel 1971, entrato in vigore nel 1975, a Ramsar (Iran) tra i soggetti della Conferenza Internazionale sulle Zone Umide e gli Uccelli Acquatici. In Italia, la Convenzione è stata ratificata con il DPR n. 448 del 13 maggio 1976 e con il successivo DPR n. 184 dell’11 febbraio 1987. La Convenzione ha come obiettivo la tutela delle zone umide mediante l’individuazione e la delimitazione dei siti (Siti Ramsar) e lo studio, la ricerca e la messa in atto di programmi di conservazione e valorizzazione. Esiste oggi una network di zone umide di importanza internazionale, o Siti Ramsar, di cui l’Italia fa parte con più di cinquanta siti dislocati sul proprio territorio. I Siti

Ramsar comprendono una grande varietà di ambienti umidi sia interni, sia costieri, zone naturali o artificiali d'acqua, permanenti o transitorie (corsi d'acqua, laghi, paludi, stagni, saline, torbiere ecc).

Convenzione sul commercio internazionale di specie in pericolo della fauna e della flora spontanee (CITES: Convention on International Trade in Endangered Species) Washington, 1973

CITES è un accordo internazionale tra governi. Il suo scopo è quello di regolamentare il commercio internazionale di fauna e flora in pericolo di estinzione e riguarda parti di organismi o prodotti da essi derivati. CITES regola il commercio internazionale di specie selezionate soggette a determinati controlli. Questi includono un sistema di licenze che richiede l'autorizzazione di importazione ed esportazione di specie contemplate dalla convenzione. Le specie oggetto di convenzione (formalmente chiamate *specimen*) sono elencate in tre categorie in relazione ai vari gradi di protezione. CITES è entrato in vigore nel 1975 e conta attualmente più di 150 soggetti contraenti.

Convenzione di Barcellona per la protezione del Mar Mediterraneo dalle azioni di inquinamento (Barcelona Convention), 1976

E' un trattato intergovernativo che ha subito nel tempo diversi emendamenti. Nell'emendamento del 1995 è diventata "Convenzione per la protezione dell'ambiente marino e della regione costiera del Mediterraneo" e, in quest'ultima forma, è stata ratificata dall'Italia con

la Legge n. 175 del 27 maggio 1999. Ha lo scopo di prevenire, ridurre, combattere ed eliminare l'inquinamento nel mar Mediterraneo, proteggere e migliorare l'ambiente marino e marino-costiero per contribuire allo sviluppo sostenibile. In particolare, uno dei sette protocolli della Convenzione, è costituito dal Protocollo relativo alle Zone Specialmente Protette e alla biodiversità nel Mediterraneo (Protocollo SPA/BIO).

Convenzione di Berna (Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats), 1979

La Convenzione di Berna ha come obiettivo la conservazione della vita selvatica e dell'ambiente naturale in Europa mediante la cooperazione tra gli Stati. Gli allegati I, II e III della Convenzione contengono liste di specie di Flora e Fauna da tutelare, indicando diversi livelli di protezione.

Allegato I: specie di Flora rigorosamente protette, per le quali vige il divieto di raccolta, collezione, taglio o sradicamento.

Allegato II: specie di Fauna rigorosamente protette, per le quali vige: il divieto di cattura, uccisione, deterioramento e distruzione di siti di riproduzione/riposo, molestia (soprattutto nei periodi di riproduzione, delle cure parentali e d'ibernazione), raccolta/distruzione/detenzione delle uova, detenzione e commercio di animali vivi o morti o di parti di animali.

Allegato III: lista di specie della Fauna protette, per cui sono previsti: il prelievo regolato e attuato purché non comprometta lo stato di

conservazione della specie; periodi di chiusura alla caccia e deroghe di caccia locali; la salvaguardia degli habitat con particolare attenzione alla protezione di aree di svernamento, migrazione, raduno, alimentazione e muta.

Convenzione di Bonn (CMS: Convention on Migratory Species of Wild Animals), 1979

E' un trattato intergovernativo che ha come obiettivo la conservazione delle specie migratorie appartenenti alla Fauna selvatica in tutto il loro areale di distribuzione, con particolare attenzione alle specie caratterizzate da un cattivo stato di conservazione. La Convenzione comprende due allegati.

Allegato I: riporta le specie migratrici minacciate di estinzione.

Allegato II: elenca le specie che potrebbero beneficiare significativamente di una maggior cooperazione internazionale. Ai fini della protezione delle specie, le parti contraenti si impegnano in particolare a: (i) garantire la conservazione degli habitat delle specie minacciate e (ii) ad eliminare i fattori di rischio che possono impedire o interferire con la migrazione delle specie.

Convenzione sulla diversità biologica (CBD: Convention on Biological Diversity) Rio de Janeiro, 1992

Convenzione internazionale stipulata in occasione del Summit mondiale di Rio de Janeiro e ratificata da 179 paesi. Ha come obiettivo strategico la tutela della diversità, l'utilizzazione durevole dei suoi elementi e l'equa ripartizione dei vantaggi derivanti dallo

sfruttamento delle risorse genetiche. La Convenzione pone molta enfasi sullo scambio di informazioni e la cooperazione tra Paesi. Inoltre, la Convenzione introduce il concetto di Conservazione *in situ* ed *ex situ* (Williams *et al.*, 2003).

Direttiva Habitat 92/43/CEE (Direttiva del Consiglio sulla Conservazione degli Habitat naturali e della Fauna e Flora selvatica)

La Direttiva nasce per rispondere al continuo deterioramento degli Habitat naturali europei e al crescente numero di specie seriamente minacciate. La Direttiva è uno strumento normativo comunitario che implementa la Convenzione di Conservazione della vita selvatica e dell'ambiente naturale in Europa (Convenzione di Berna; Coffey & Richartz, 2003). L'Italia ha ratificato la Direttiva con il D.P.R. n. 357 del 8 settembre 1997, modificato con il D.P.R. n. 120 del 12 marzo 2003. Scopo della direttiva è quello di promuovere il mantenimento della biodiversità, tenendo conto al tempo stesso delle esigenze economiche, sociali, culturali e regionali, nonché delle particolarità regionali e locali (JNCC, 2016). Le misure adottate a norma della presente direttiva sono intese ad assicurare il mantenimento o il ripristino, in uno stato di conservazione soddisfacente degli habitat naturali e delle specie di Fauna e Flora selvatiche di interesse comunitario. Per l'applicazione di tali misure gli Stati membri sono tenuti a considerare le esigenze economiche, sociali, culturali e regionali, contribuendo all'obiettivo generale di uno sviluppo durevole

considerando che il mantenimento della biodiversità, può, in taluni casi, richiedere il mantenimento e la promozione di attività umane. Ogni Stato membro è tenuto ad identificare i siti di importanza europea e ad attuare una gestione speciale rivolta a proteggerli, combinando la conservazione a lungo termine con l'attività sociale ed economica come parte di una strategia di sviluppo sostenibile (Commissione Europea, 2003). A questo scopo, sono stati redatti sei allegati:

Allegato I: tipi di Habitat naturali di interesse comunitario la cui conservazione richiede la designazione di aree speciali di conservazione;

Allegato II: specie animali e vegetali di interesse comunitario la cui conservazione richiede la designazione di zone speciali di conservazione;

Allegato III: criteri di selezione dei siti atti ad essere individuati quali siti di importanza comunitaria e disegnati quali zone speciali di conservazione;

Allegato IV: specie animali e vegetali di interesse comunitario che richiedono una protezione rigorosa;

Allegato V: specie animali e vegetali di interesse comunitario il cui prelievo dalla natura e il loro sfruttamento potrebbero formare oggetto di misure di gestione;

Allegato VI: metodi e mezzi di cattura e di uccisione nonché modalità di trasporto vietati.

Alcuni tipi di Habitat presenti nell'allegato I e alcune specie presenti nell'allegato II sono definiti come Habitat o specie "prioritarie" (*), perché sono in pericolo d'estinzione e la loro conservazione richiede la designazione di zone speciali di conservazione. Le disposizioni della Direttiva impongono agli Stati membri di introdurre una serie di misure, tra cui:

mantenere o ripristinare gli habitat naturali e le popolazioni di specie di Fauna e Flora selvatiche degli allegati in un favorevole stato di conservazione ai sensi degli articoli 1 e 2;

contribuire con una rete ecologica europea coerente di siti protetti, NATURA 2000, in funzione della rappresentazione sul proprio territorio dei tipi di habitat naturali e degli habitat delle specie. Le zone di protezione speciale (ZPS) classificate ai sensi dell'articolo 4 della Direttiva Uccelli insieme alle ZSC costituiscono la rete Natura 2000 (Art. 3).

stabilire per le zone speciali di conservazione misure di conservazione che implicano all'occorrenza appropriati piani di gestione specifici o integrati ad altri piani di sviluppo. Le opportune misure regolamentari, amministrative o contrattuali devono essere conformi alle esigenze ecologiche degli habitat naturali dell'allegato I e delle specie dell'allegato II presenti nei siti.

1.2.1. Conservazione *in situ* ed *ex situ*

La conservazione delle risorse genetiche vegetali si ottiene con la protezione delle popolazioni in natura (*in situ*) o con la conservazione

di campioni in banche di semi e altre strutture (*ex situ*). La conservazione *in situ* (aree di origine) e quella on farm (nelle aree di coltivazione) sono prioritarie (Engelmann & Engels, 2002), ma quella *ex situ* (banche genetiche, collezioni, orti botanici, ecc.) si rende indispensabile quando le molteplici pressioni che agiscono sugli habitat possono minacciare la sopravvivenza di una o più specie o l'integrità e la funzionalità di interi ecosistemi (Piotto *et al.*, 2010). In questi casi, solo le tecniche *ex situ* possono garantire la conservazione della variabilità genetica del germoplasma (semi, polline, parti di pianta, spore, ecc.) e quindi la rigenerazione, riproduzione e/o moltiplicazione delle specie da conservare (Piotto *et al.*, 2010). I due tipi di conservazione, *in situ* ed *ex situ*, presentano caratteristiche diverse e sono fra loro complementari (Cohen *et al.*, 1991). Nella prima, il germoplasma risulta esposto alle interazioni dirette con l'ambiente ed è quindi soggetto ai processi evolutivi e co-evolutivi (Piotto *et al.*, 2010). Comporta la designazione, la gestione e il monitoraggio dei *taxa* scelti nei luoghi dove sono stati rilevati (Maxted *et al.*, 1997). Il mantenimento delle aree dove si trovano naturalmente le popolazioni di una specie è una condizione di base per la conservazione della biodiversità. Ecco perché le aree protette costituiscono un elemento centrale di qualsiasi strategia nazionale per conservare la biodiversità. Con la conservazione *ex situ*, al contrario, il germoplasma tende a mantenere l'integrità genetica di partenza. Infatti, consiste nella conservazione delle componenti della diversità

biologica al di fuori dei loro habitat naturali (CBD, 1992), ovvero, la preservazione di strutture cellulari generative e vegetative, organi o organismi, per esempio semi, pollini, bulbi, rizomi, cloni e colture in vitro. Alcune tecniche di conservazione *ex situ* per le specie di interesse agronomico e alimentare, come il mantenimento di semi, pollini e colture, sono state praticate dall'uomo per lungo tempo, altre come lo stoccaggio in vitro o la conservazione del DNA, sono più recenti. Queste tecniche sono adatte sia per la conservazione di specie coltivate sia per quelle selvatiche considerate importanti per il mantenimento della biodiversità (rare, minacciate, endemiche e protette). Questo fa sì che non solo si preservi la diversità genetica in sé, ma anche si renda disponibile materiale vegetale di provenienza certificata per interventi di riqualificazione, recupero e gestione del territorio (Piotto *et al.*, 2010). Infatti, il materiale vegetale conservato *ex situ* deve essere utilizzato per aumentare la conoscenza sulla biologia e l'ecologia delle specie conservate, al fine di stabilire la migliore strategia di reintroduzione o rafforzamento di popolazioni (Bacchetta *et al.*, 2006). La conservazione *ex situ* ha molteplici obiettivi tra cui, *in primis*, quello di conservare il germoplasma minacciato; produrre materiale per la ricerca biologica sulla conservazione, facilitare lo stoccaggio di grandi quantità di germoplasma in varie forme; fornire materiale per vari scopi rimuovendo o riducendo la pressione della raccolta in ambiente naturale; coltivare specie con semi recalcitranti che non possono

essere mantenute in banche del germoplasma; mettere a disposizione materiale per scopi didattici sulla conservazione e produrre materiale per la reintroduzione, il rinforzamento, la ricostituzione e la gestione degli habitat (BGCI, 2010). Queste collezioni *ex situ* di organismi (collezioni viventi, banche di semi, polline ecc.) devono essere gestite secondo rigorosi standard scientifici e norme per massimizzare il loro valore ai fini di conservazione. Il fine è quello di una gestione integrata della conservazione che garantisca che le collezioni *ex situ* siano in grado di supportare la conservazione *in situ*, attraverso opere di ripristino di Habitat e di recupero di specie (BGCI, 2010). Infatti, la conservazione *in situ* è efficace quando il numero di individui coinvolti è sufficientemente grande mentre è fortemente limitata dalla frammentazione e la conseguente riduzione del numero della popolazione. D'altra parte, la conservazione *ex situ*, per l'assenza di interazione con l'ambiente naturale e per cause intrinseche alle tecniche normalmente impiegate, conserva solo una frazione della diversità genetica dei *taxa* in questione.

1.2.2. Recupero degli ambienti ipersalini

Per molti anni, in Europa, il recupero degli ambienti ipersalini è stato intrapreso con l'abbandono di queste aree dopo tentativi infruttuosi di mitigazione dell'azione del mare (Boorman *et al.*, 2002). In molti casi, tuttavia, l'abbandono all'evoluzione naturale non è risultato essere la soluzione migliore per la loro conservazione nel tempo (Boorman & Hazelden, 1995). Grazie alla crescente consapevolezza della necessità

di proteggere gli habitat fragili e minacciati (Direttiva Habitat 92/43 CEE) sono avvenuti negli ultimi anni importanti cambiamenti nella percezione del valore di questi habitat. In questo contesto, sono stati avviati molti progetti di ricostituzione degli ambienti ipersalini sostenuti soprattutto dai finanziamenti europei quali i progetti LIFE (ad esempio: BARENE-SALTMARSHES LIFE99 NAT/IT/006246; SAMARES LIFE06 NAT/NL/000077; Re.S.C.We. LIFE07 NAT/IT/000608; MC-SALT LIFE10 NAT/IT/000256 ecc.) al fine di migliorare le difese dall'erosione della costa e nel contempo ricostituire, rafforzare o mitigare la perdita di questi habitat fragili (Boorman & Hazelden, 1995). Il recupero ecologico di un habitat, infatti, è un processo che prevede il restauro di un ecosistema degradato, danneggiato o distrutto (SER, 2004) e il suo successo è assicurato là dove sono ripristinati i processi fisici che sono alla base di un ecosistema. Il recupero ecologico è inteso come una ricostruzione di un sistema naturale immaturo che evolve naturalmente verso una maturità nel tempo (Williams & Faber, 2001). La questione chiave per molti progetti di recupero ambientale è quella di stabilire quali siano le specie che costituiscono la comunità che deve essere ristabilita. I criteri per la scelta delle specie si basano principalmente su indagini fitosociologiche fatte in precedenza in habitat con simili componenti floristiche. I criteri di scelta dovrebbero prediligere specie che hanno ottime capacità di propagazione agamica o gamica o che sono in via di estinzione o di particolare interesse

naturalistico, sempre appartenenti alla flora locale o regionale con provenienza certificata. A tale scopo, le specie sono state classificate a seconda della scala spaziale in tre gruppi: (i) **pool di specie regionali**: insieme di specie che sono presenti nella regione e coesistono nella comunità oggetto di ripristino; (ii) **pool di specie locali**: gruppo di specie presenti nel paesaggio circostante la comunità oggetto di ripristino; (iii) **pool di specie comuni**: insieme di specie presenti nella comunità oggetto di ripristino (Zobel *et al.*, 1998).

Le specie da impiegare nelle opere di ripristino ambientale degli ambienti ipersalini dovrebbero essere quelle più comuni di questi ambienti come ad esempio *Salicornia* spp., *Suaeda maritima*, *Aster tripolium* presenti in oltre l'80 % delle praterie alofile (Wolters *et al.*, 2005) ma, l'impiego di specie non addomesticate comporta numerose problematiche. Prima fra tutte, sono specie che difficilmente si trovano in commercio. Non è semplice neppure reperire il germoplasma da moltiplicare in quanto il riconoscimento e la raccolta di queste specie richiedono competenze botaniche specialistiche. Inoltre, non esistono in letteratura molti studi sulla propagazione di queste piante. Un'altra frequente problematica, legata all'intenso disturbo in cui spesso verte il sito da recuperare, è la diffusione di piante esotiche. I movimenti terra, nella fase precedente all'impianto, tendono spesso a promuovere la rapida crescita di specie esotiche in grado sia di competere in maniera molto efficace con le specie autoctone da reintrodurre sia di cambiare le dinamiche dell'ecosistema

alterando il ciclo dell'acqua, dei nutrienti o altri processi come la dinamica dei sedimenti (D'Antonio & Meyerson, 2002; Vitousek *et al.*, 1996).

1.2.3. Applicazioni in campo agronomico del genere *Salicornia*

Attualmente, tra i principali fattori della perdita di territori adibiti al soddisfacimento alimentare globale, vi è la salinità del terreno che condiziona profondamente non solo la componente specifica delle zone salmastre, ma anche delle zone coltivate, in quanto rende inadatto il suolo all'attività agricola limitandone la produttività in modo evidente in corrispondenza degli areali a clima mediterraneo (Ramani *et al.*, 2006). Pertanto, è essenziale sviluppare nuove colture che abbiano una maggiore tolleranza al sale e che possano essere coltivate in alcuni casi come alternativa alle colture agricole tradizionali (Ventura *et al.*, 2011) e nel contempo intervenire con progetti mirati di conservazione e recupero ambientale degli ambienti ipersalini ormai fortemente compromessi. Inoltre, le specie del genere *Salicornia* potrebbero essere proposte come colture agrarie alternative in zone non coltivate per problemi di salinizzazione della falda o del terreno stesso attraverso la commercializzazione certificata dei semi e il loro inserimento in processi vivaistici-produttivi. Infatti, le *Salicornie* sp.pl., un tempo utilizzate come "foraggio" per cavalli in alcuni territori costieri (ad esempio lungo le coste mediterranee della Camargue), ora sono oggetto di un mercato di nicchia che le

promuove come alimento gourmet (Price, 2007) e vengono proposte in diverse ricette per differenti preparazioni (marmellate, contorni di pesce ecc.) e in alcuni paesi come l'India e il Pakistan, sono in corso sperimentazioni sull'utilizzo di queste specie come piante industriali per l'estrazione di olio (Anwar *et al.*, 2002; Eganathan *et al.*, 2006).

1.3. Obiettivi dello studio

La Direttiva Habitat (92/43 CEE) incoraggia la conservazione della biodiversità attraverso misure che mirano ad assicurare la salvaguardia o il ripristino di habitat degradati o fortemente compromessi. Nell'esecuzione dei progetti di recupero ambientale, è essenziale l'utilizzo di germoplasma autoctono delle specie che caratterizzano l'ambiente da ripristinare (ENSCONET, 2009; Tischew *et al.*, 2009; Maxted, 2012). Tuttavia, è impossibile attualmente reperire in commercio i semi delle specie autoctone a causa delle numerose problematiche già illustrate nel sottoparagrafo 1.2.2. "Recupero degli ambienti ipersalini". Pertanto, vi è una necessità prioritaria di individuare il comportamento germinativo dei semi di queste specie per poterle coltivare e utilizzare con successo in opere di ripristino ambientale o in progetti di rafforzamento di popolazioni naturali o di reintroduzione. Attualmente uno degli habitat comunitari tra i più minacciati di estinzione in Italia è infatti l'habitat 1310 "Vegetazione annua pioniera a *Salicornia* e altre specie delle zone fangose e sabbiose" (Genovesi *et al.*, 2014). Un'altra possibile applicazione delle conoscenze sulla germinazione dei semi del genere *Salicornia*

potrebbe riguardare la loro coltivazione a scala industriale sia per scopi direttamente alimentari che per l'estrazione dell'olio. In tale contesto, l'obiettivo principale della tesi è quello di caratterizzare il comportamento seminale germinativo delle popolazioni di semi di *Salicornia patula* Duval-Jouve raccolta in tre differenti località (paragrafo 2.1. "Caratterizzazione ambientale ed ecologica delle aree di studio"), di una popolazione di semi di *Salicornia emerici* Duval-Jouve nonché di alcune popolazioni di semi di *Salicornia veneta* Pign. et Lausi raccolte in quattro località adriatiche (paragrafo 2.1. "Caratterizzazione ambientale ed ecologica delle aree di studio") al fine di contribuire alla redazione di protocolli di germinazione che possano essere facilmente utilizzati per la moltiplicazione di queste specie iperalofile utili in diverse applicazioni in campo ambientale e agronomico. Lo studio è stato effettuato attraverso: (i) l'analisi della risposta germinativa di queste specie a differenti condizioni di temperatura e concentrazioni saline; (ii) la determinazione delle condizioni ottimali di temperatura e salinità per la germinazione delle specie considerate; (iii) la valutazione della capacità di adattamento delle diverse specie in relazione alle differenti località di raccolta; (iv) la caratterizzazione vegetazionale delle differenti località di raccolta; (v) l'identificazione dei fattori chiave che controllano la germinazione di queste specie al fine di aumentare le conoscenze utili per progetti di conservazione e recupero ambientale degli ambienti ipersalini.

1.4. Ecofisiologia delle specie iperalofile

Le piante che vivono negli ambienti salati sono organismi eccezionali altamente specializzati che riescono a germinare, crescere e riprodursi con successo in condizioni del tutto particolari grazie ad adattamenti con i quali riescono a colonizzare ambienti così inospitali. Secondo Chapman (1942) le piante, sulla base della tolleranza alla salinità del suolo, vengono distinte in due ampi gruppi principali: quello delle alofite (tolleranti al sale in qualsiasi fase della loro vita) e quello delle glicofite (intolleranti a livelli di salinità superiori allo 0,5 ‰). Le alofite sono dotate di adattamenti morfologici e fisiologici che consentono loro di colonizzare gli ambienti salati in cui le concentrazioni di cloruro di sodio nel suolo superiori all'1 ‰ sono tossiche per la maggior parte delle piante. In questi ambienti particolarmente inospitali le alofite si distribuiscono secondo una zonazione che segue dei gradienti, in rapporto all'influenza delle maree, alla dinamica del livello di falda e soprattutto alla salinità della falda stessa e del suolo (Waisel, 1972; Andreucci *et al.*, 1996). Al contrario delle altre piante, per crescere in modo ottimale preferiscono soluzioni ben più concentrate di sale e hanno inoltre un'elevata resistenza alla siccità, mostrando la capacità di accumulare sali nei tessuti o di eliminarli con uno specifico apparato ghiandolare, di ridurre l'intensità della traspirazione e di resistere a cospicui assorbimenti di sodio. Grazie all'elevata tolleranza al sale, all'elevato tasso di crescita nel breve tempo, alla loro capacità di produrre molti

semi e al loro valore ambientale, le salicornie possono rappresentare una specie modello in termini di meccanismi di tolleranza al sale (Katschnig *et al.*, 2013). Infatti, le salicornie possono sopravvivere e crescere in questi ambienti selettivi grazie a molti meccanismi come la succulenza, gli articoli carnosì e segmentati, la capacità di recuperare lo stato metabolico e la regolazione osmotica attraverso la compartimentalizzazione intracellulare. Possono, infatti, accumulare ioni tossici nei vacuoli lontano dal citoplasma. L'accumulo di cloruro di sodio nei vacuoli provoca la "succulenza salina", ovvero l'ingrossamento del fusto legato all'assorbimento di quantità significative d'acqua per diluire la concentrazione di sali e di ridurre la sua tossicità (Grigore *et al.*, 2014). La germinazione delle alofite nelle praterie salate e nei deserti salati è un tema affrontato da molti autori che hanno sottolineato le problematiche relative ai generi e alle specie che condividono entrambi gli habitat e alla fisionomia delle piante di tali ambienti (Chapman, 1960). Solitamente la germinazione delle alofite potrebbe essere inibita in condizioni saline a causa di: (i) una completa inibizione del processo di germinazione dovuto al superamento del limite di tolleranza di specie alla salinità; (ii) un ritardo di germinazione dei semi dovuto allo stress salino; (iii) una perdita di vitalità dei semi a causa dell'elevata salinità e temperatura; (v) uno sbilanciamento degli ormoni regolatori della crescita nell'embrione (Ungar, 1987). Numerose alofite presentano delle

dormienze di tipo fisiologiche, altre, invece, non mostrano dormienze (Baskin & Baskin, 1998).

1.4.1. Il genere *Salicornia*

Il genere *Salicornia* L. comprende salicornie annuali della tribù *Salicornieae* Dumort (*Amaranthaceae*). Sono specie erbacee, definite alofite, apparentemente senza foglie con fusti succulenti ed articolati (Davy *et al.*, 2001). Vi è una grande complessità tassonomica in questo genere a causa dei pochi caratteri tassonomici, della possibilità di consanguineità e d'ibridazione (Davy *et al.*, 2001; Kadereit *et al.*, 2006; Kadereit *et al.*, 2007; Vanderpoorten *et al.*, 2011; Katschnig *et al.*, 2013) e della notevole plasticità fenotipica (Ingrouille & Pearson, 1987). Molti studi morfometrici e tassonomici sono stati concentrati sulla definizione dei *taxa* europei (Huiskes *et al.*, 1985; Ingrouille & Pearson, 1987; Géhu, 1992; Iberite, 1996; Lahondère, 2004). Recentemente, la tassonomia e la filogenesi delle salicornie, grazie all'utilizzo di diversi tipi di marcatori molecolari come nrDNA (Papini *et al.*, 2004), mutazioni puntiformi in grandi frammenti cpDNA (Vanderpoorten *et al.*, 2011) e le sequenze ETS (Kaligarič *et al.*, 2008) hanno dimostrato una separazione genetica tra diploidi e tetraploidi del genere *Salicornia*. Secondo l'analisi filogenetica (nrDNA) effettuata da Papini *et al.* (2004) *S. patula* ha un numero cromosomico sporofitico $2n=2x=18$ (specie diploide) mentre *S. emerici* e *S. veneta* sono specie tetraploidi con $2n=4x=36$. Nella revisione sul genere *Salicornia* proposta da Kadereit *et al.* (2012) il

gruppo delle salicornie annuali europee viene semplificato a solamente quattro specie e dieci sottospecie tramite una classificazione basata sulla morfologia (numero di fiori) e la distribuzione geografica (atlantica o mediterranea continentale). Secondo tale classificazione, *Salicornia patula* è sinonimo di *S. perennans* subsp. *perennans* Willd Sp. Pl., ed. 4, 1(1): 24 (Berolini) 1797 e il lectotipo è descritto da Freitag (2011). *Salicornia emerici* e *S. veneta* sono sinonimi di *S. procumbens* subsp. *procumbens* Sm. in Sowerby, Engl. Bot. 35: t. 2475. 1813 e il lectotipo è descritto da Kadereit *et al.* (2012).

1.5. Germinazione dei semi

La germinazione è la fase più rischiosa nella vita di una pianta (Harper, 1977; Fig. 4). La germinazione inizia con l'assorbimento d'acqua da parte del seme secco quiescente (imbibizione) e termina con l'inizio dell'allungamento dell'asse embrionale ad opera dell'attività dei meristemi primari apicali, di solito la radichetta (Bewley & Black, 1994; Bewley, 1997; Jones *et al.*, 2013).

Il successo della germinazione dei semi si riflette sulle caratteristiche genotipiche (dimensione della popolazione, distribuzione ed abbondanza; Flores & Briones, 2001; Ramírez-Padilla & Valverde, 2005) e dipende principalmente dalla risposta dei semi all'interferenza di vari fattori esterni come la temperatura (Ellis *et al.*, 1986a; Baskin & Baskin, 1998; Batla *et al.*, 2009), la disponibilità d'acqua, la salinità (Stumpf *et al.*, 1986; Keifer & Ungar, 1997), il terreno o il tipo di

substrato, la temperatura del terreno, il tasso di scambio gassoso, la luce (Bewley & Black, 1994; Fenner & Thompson, 2005).

Temperatura e salinità, in particolare, sono due dei più importanti fattori abiotici che influenzano la germinazione (Gardarin *et al.*, 2010). In generale, temperature estreme (Roberts, 1988) e salinità (Gulzar & Khan, 2001) possono inibire la germinazione ed indurre dormienza.

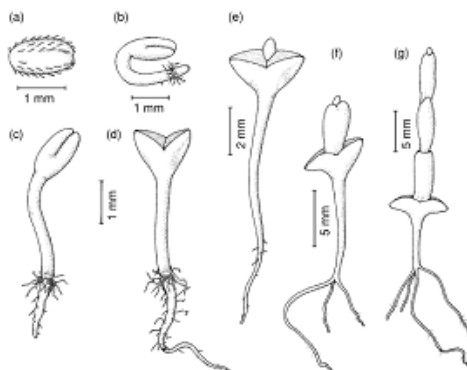


Fig. 4 - Germinazione e sviluppo della piantina in *Salicornia europaea* agg. (a) seme, (b) germinazione, e (c-g) sviluppo della piantina (Davy *et al.*, 2001).

1.5.1. Fattori ambientali che influenzano la germinazione

I fattori ambientali che regolano la germinazione dei semi che non presentano dormienze sono la temperatura, l'acqua e l'ossigeno, mentre i semi dormienti subiscono anche l'influenza dell'ambiente chimico e della variazione di luce (Bewley & Black, 1994; Baskin & Baskin, 2001).

1.5.1.1. Temperatura

La temperatura è il principale fattore ambientale che regola la germinazione dei semi in un terreno umido (Garcia-Huidobro *et al.*, 1982). Per la maggior parte delle specie, la temperatura del suolo prevalente determina sia la quantità di semi che germinano in un certa popolazione sia la velocità con cui germinano (Heydecker, 1977, Garcia-Huidobro *et al.*, 1982; Ellis *et al.*, 1986a; Kebreab & Murdoch, 1999). La temperatura svolge inoltre un ruolo fondamentale nella fase dell'allungamento della radichetta e del germoglio e quindi anche nella fase d'emergenza della piantina (Angus *et al.*, 1981; Roman *et al.*, 1999; 2000). In generale, i semi germinano in un intervallo di temperatura ben definito e il tasso di germinazione di solito aumenta in modo lineare con l'aumentare della temperatura da un minimo di temperatura detta temperatura base (T_{base}) fino ad una temperatura ottimale e diminuisce linearmente fino ad una temperatura soglia (Hegarty, 1973; Bierhuizen & Wagenvoort, 1974; Thompson & Fox, 1976, Garcia-Huidobro *et al.*, 1982). Le temperature cardinali, vale a dire la temperatura base (T_{base}), la temperatura massima (T_c) e la temperatura ottimale (T_{opt}) per la germinazione dei semi esistono nella maggior parte delle specie ed ecotipi (Bewley & Black, 1994). La risposta germinativa alla temperatura è legata all'ecologia e alla distribuzione geografica delle specie e degli ecotipi (Probert, 2000; Baskin & Baskin, 2001) perché la germinazione è una fase critica del ciclo di vita che riflette l'adattamento agli habitat locali (Guterman,

2000; Probert, 2000). Il numero di semi che germina solitamente rimane costante in un ampio intervallo di temperature e diminuisce drasticamente su entrambi i lati di questo intervallo (Thompson, 1970). Questa forma di dipendenza è comune a molti eventi di sviluppo come l'emergere di piantine, la comparsa delle foglie e la fioritura (Garcia-Huidobro *et al.*, 1982) ed è alla base dei modelli predittivi utilizzati dagli agronomi per indagare l'effetto della temperatura sulle percentuali di germinazione (Covell *et al.*, 1986) e quindi stabilire la data di raccolta o di semina delle colture (Marshall & Thompson, 1987). Infatti, il modello predittivo agronomico si basa sul rapporto quasi lineare tra il tasso di germinazione (1/giorni) e la temperatura ambientale (T_e) che per la gran parte delle specie arriva fino al *optimum* termico (T_{opt} ; Trudgill *et al.*, 2000). Il modello temperatura-germinazione, di solito, include alcune ipotesi riguardanti la variabilità intra-popolazione nella risposta germinativa al variare della temperatura (Hardegree *et al.*, 1999). Queste ipotesi sono spesso legate alle temperature cardinali (TC). Le variabili sono tipicamente riferite ad un valore costante e sono determinate normalmente attraverso trasformazioni logaritmiche distribuite all'interno di una popolazione di determinati semi (Covell *et al.*, 1986). Questa rappresentazione grafica produce coefficienti di modello che possono essere utilizzati per confrontare lotti di semi e verificare la temperatura relativa di germinazione del germoplasma (Covell *et al.*, 1986; Ellis *et al.*, 1986b; 1987).

Tali relazioni temporali-termiche costanti si applicano solo ai processi in cui la germinazione è continua e non viene ritardata da fattori come variazione del fotoperiodo o dormienze. In un dato valore di T_e alcuni individui di una popolazione germinano prima di altri (Thompson, 1970; Covell *et al.*, 1986). Per facilitare il confronto tra le popolazioni, le cultivar o specie, le analisi della costante termica (thermal-time) sono spesso vincolate alla applicazione di particolari sottoinsiemi del campione come il raggiungimento del 50 % della germinazione totale (t_{50} ; Thompson, 1970; Roberts, 1988; Thanos & Doussi, 1995) o il tempo medio di germinazione (TMG; Ellis & Roberts, 1980).

1.5.1.2. Acqua

Il ruolo dell'acqua durante la germinazione è di fondamentale importanza in quanto il seme rimane in uno stato di quiescenza fino a che non viene assorbita per imbibizione una quantità di acqua sufficiente. La sensibilità dei semi alla disponibilità di acqua può cambiare durante il processo di germinazione e il rapporto tra tasso di germinazione e la temperatura può essere modificato dalla disponibilità di acqua (Kebreab & Murdoch, 1999). I fattori ambientali interagiscono spesso nella regolazione della germinazione dei semi. Per esempio, alcuni semi sono in grado di germinare a livelli elevati di stress idrico a temperature ottimali (Kebreab & Murdoch, 1999). Generalmente, la variazione della germinazione è una diretta conseguenza del variare del potenziale idrico di base della percentuale

di germinazione del seme ($\Psi_{b(g)}$) (Gummerson, 1986; Kebreab & Murdoch, 1999). Infatti, quando il $\Psi_{b(g)}$ è inferiore - 0.5 MPa, avviene una regolazione fisiologica (Ni & Bradford, 1992; Bradford, 1995), quando, invece il $\Psi_{b(g)}$ è inferiore al valore limite (potenziale idrico di base, Ψ) per l'emergenza della radichetta si verifica un incremento metabolico (Hardegree & Van Vactor, 2000; Kaur *et al.*, 2002).

1.5.1.3. Salinità

La salinità del suolo è il fattore ambientale che incide in maniera più determinante sulla germinazione delle alofite e si manifesta con la variabilità nell'abilità dei semi di germinare in diverse condizioni di concentrazione salina. La concentrazione di NaCl riduce la germinazione del 10 % con intervalli tra 0,09 (0,5 %) e 1,7 M (10 %) con una media di $0,36 \pm 0,03$ M ($2,12 \pm 0,18$ %; Baskin & Baskin, 1998). In generale, i semi delle alofite germinano con percentuali maggior in condizioni non saline rispetto a quelle in cui è presente NaCl. Alcune specie, come *Salicornia bigelovii* (Rivers & Weber, 1971), *S. brachiata* (Joshi & Iyengar, 1982) ecc. aumentano la loro percentuale di germinazione a basse concentrazioni di NaCl (0,25 - 0,5 %) rispetto ai substrati a maggior concentrazioni saline. Altre aumentano le loro percentuali di germinazione dopo aver subito l'azione del passaggio del sale ed essere state successivamente trasferite in condizioni non saline. L'azione di NaCl sulla germinazione può variare inoltre in funzione della temperatura e della luce (Binet, 1965). La morfologia e altre caratteristiche intrinseche dei

semi stessi (dimensioni, età, periodo di maturazione) possono influenzare la loro tolleranza alla salinità. L'abilità dei semi a germinare a crescenti livelli di salinità è relazionata alla temperatura (Ungar, 1978). Inoltre, la risposta dei semi al fattore salinità varia sensibilmente nell'anno in quanto le precipitazioni giocano un ruolo importante nella germinazione delle alofite perché diminuiscono la salinità nella soluzione circolante del suolo attraverso la diluizione/lisciviazione dei sali. Nel suolo sono presenti diversi tipi di sale come NaCl, Na₂SO₄, NaHCO₃ ecc. che nelle alofite solitamente non producono effetti di tossicità ma provocano uno stress osmotico che blocca o rallenta la germinazione (Macke & Ungar, 1971; Baskin & Baskin, 1998). L'aumento dello stress salino induce sia una riduzione della percentuale di semi germinati sia un ritardo nella fase di inizio della germinazione (Ungar, 1982; Philipupillai & Ungar, 1984; Keifer & Ungar, 1997) sia una completa inibizione della germinazione con concentrazioni superiori ai limiti di tolleranza della specie (Ungar, 1991). La colonizzazione degli ambienti ipersalini dipende dal grado di tolleranza nella fase di germinazione dei semi e nello sviluppo delle piantine. La germinazione dei semi può rappresentare una fase limitante, perché generalmente il seme è dalle 10 alle 100 volte più sensibile alle concentrazioni di NaCl rispetto alla fase dello sviluppo delle piantine. La tolleranza allo stress salino nella fase di germinazione è basata sull'abilità dei semi di germinare ad alte concentrazioni di sale e anche sulla capacità di rimanere vitali durante

la fase dell'imbibizione in condizione salina. Molte specie presentano un'inibizione della germinazione ad alte percentuali di concentrazioni saline e quando sono trasferite su substrato neutro non presentano tossicità permanente dovuta agli ioni (Black *et al.*, 2006).

1.5.2. Dormienza dei semi

I fattori ambientali come la salinità, l'acqua, la temperatura e la luce regolano l'induzione e/o il rilascio della dormienza seminale (Vleeshouwers *et al.*, 1995; Benech-Arnold *et al.*, 2000; Baskin & Baskin, 2004). La dormienza dei semi è un adattamento della pianta, un vantaggio selettivo (Harlan, 1992). In generale, la dormienza è determinata dalle caratteristiche fisiologiche, morfologiche, fisiche e genetiche dei semi (Baskin & Baskin, 1998) ed è influenzata dalle condizioni ambientali che sono mediate, almeno in parte, dagli ormoni vegetali (acido abscissico e gibberelline) presenti in essi (Finch-Savage & Leubner-Metzger, 2006). Dal punto di vista ecologico, la dormienza ottimizza la distribuzione della germinazione nel tempo in una popolazione di semi (Bewley, 1997) e permette loro di rimanere vitali stoccati nel terreno (Nikolaeva, 1977). La variazione della dormienza nei semi comporta modifiche importanti nei requisiti di temperatura per la germinazione dei semi stessi (Vegis, 1963). La dormienza dei semi può essere definita come "dormienza imposta" (Nikolaeva, 1977) o "dormienza secondaria" (Crocker, 1916; Amen, 1968) quando semi maturi dopo la fase d'imbibizione non germinano per assenza di condizioni adeguate. Si definisce come "dormienza

organica" (Nikolaeva, 1977) o "dormienza primaria" (Crocker, 1916; Amen, 1968) quando è una proprietà del seme stesso che a seconda della specie e dello stato delle condizioni per la germinazione determina una diminuzione o una completa assenza di germinazione. Esistono tre principali classi di dormienza dei semi, alcune suddivise in tipologie e/o livelli. Queste diverse classi di dormienza sono dette dormienza esogena (fisica, chimica, meccanica), dormienza endogena (morfologica, fisiologica) e dormienza combinata (morfologica, fisiologica; Nikolaeva, 1969, 1977; Baskin & Baskin, 1998, 2004; Hilhorst, 2007).

1.5.2.1. *La dormienza dei semi delle specie iperalofile*

Inondazioni, condizioni di ipersalinità, interrimento dei semi dovuto alle deposizioni di sabbia portate dalle maree possono rendere gli ambienti delle praterie salate inadatti per i semi (Khan & Gul, 1998). La dormienza dei semi svolge, perciò, un ruolo significativo nella sopravvivenza delle specie iperalofile in questi ambienti (Ungar, 1995). Vi è una grande variabilità nella risposta delle alofite all'aumentare della salinità, dell'umidità, della luce e alle variazioni di temperatura e alle loro interazioni (Khan & Gulzar, 2003). I semi delle alofite sono generalmente più tolleranti alla salinità e allo stress di temperatura durante il loro stoccaggio nel terreno. Solitamente, germinano in primavera nelle regioni temperate o dopo le piogge monsoniche in aree sub-tropicali quando la temperatura e la salinità del terreno si riducono. Al momento della germinazione, tuttavia,

questi semi diventano anche più sensibili alle piccole variazioni di salinità, acqua, luce e temperatura (Khan *et al.*, 2009). I semi delle alofite mostrano percentuali di germinazione più alte in acqua distillata come avviene nelle specie non-alofite ma differiscono da queste nella capacità non solo di germinare a salinità molto elevate ma anche di rimanere vitali per un lungo periodo immersi in acqua salata (Ungar, 1995). I semi delle alofite sviluppano diverse strategie, alcuni semi non mostrano dormienze (Baskin & Baskin, 1998), altri rimangono dormienti grazie alla presenza di strutture dure o/e impermeabili come il pericarpo o la testa del seme (dormienza esogena meccanica o fisica; Nikolaeva, 1969, 1977; Baskin & Baskin, 2004), o di embrioni immaturi che limitano la germinazione (dormienza endogena, Nikolaeva, 1969, 1977; Hilhorst, 2007; Ungar, 1995). In altri casi, i semi presentano una dormienza secondaria indotta da alcuni fattori ambientali come la luce, la temperatura e la salinità (Khan & Ungar, 1997).

2. MATERIALI E METODI

2.1. Caratterizzazione ambientale ed ecologica delle aree di studio

2.1.1. Riserva Naturale Regionale Sentina (AP; Italia)

La Riserva Naturale Regionale Sentina istituita il 14 dicembre 2004 è la più piccola area protetta della Regione Marche. Si trova in località Sentina di Porto d'Ascoli, nel comune di San Benedetto del Tronto, a nord della foce del fiume Tronto, al confine delle Regioni Marche e Abruzzo (Fig. 5). Il fiume Tronto, lungo 115 km, ha regime appenninico con forti piene nella stagione piovosa autunnale che raggiungono anche 1.500 m³/s ed accentuate magre estive. E' caratterizzato da un bacino idrografico di 1192 km² con un portata media di 17 m³/s. La Riserva Naturale Regionale Sentina, nonostante sia stata sottoposta a numerose opere di bonifica che hanno spesso compromesso l'integrità di alcuni habitat, presenta ancora una flora e una vegetazione particolarmente ricche ed interessanti soprattutto se relazionate alle gravi alterazioni costiere su tutto il territorio (Brilli-Cattarini, 1970; Brilli-Cattarini & Ballelli, 1980; Brilli-Cattarini & Gubellini, 1987; Biondi *et al.*, 1988; 1989; Biondi & Formica, 2000; Conti *et al.*, 2007, 2013). La Riserva Regionale Sentina viene suddivisa in tre ambiti diversi: una zona di protezione integrale degli

ambienti più fragili, con un'estensione di 24,5 ha; una zona di tutela con lo scopo di mitigare gli impatti su habitat e specie, di 67,16 ha ed un'area di promozione economica e sociale delle attività antropiche, di 85,69 ha. Per le sue peculiarità ambientali, 121 ha della Riserva sono stati definiti Zona a Protezione Speciale (ZPS IT5340022) ai sensi della Direttiva Uccelli 79/409 CEE e 90 ha costituiscono il Sito di Interesse Comunitario (SIC IT5340001) ai sensi della Direttiva Habitat 92/43/CEE denominato "Litorale di Porto D'Ascoli".

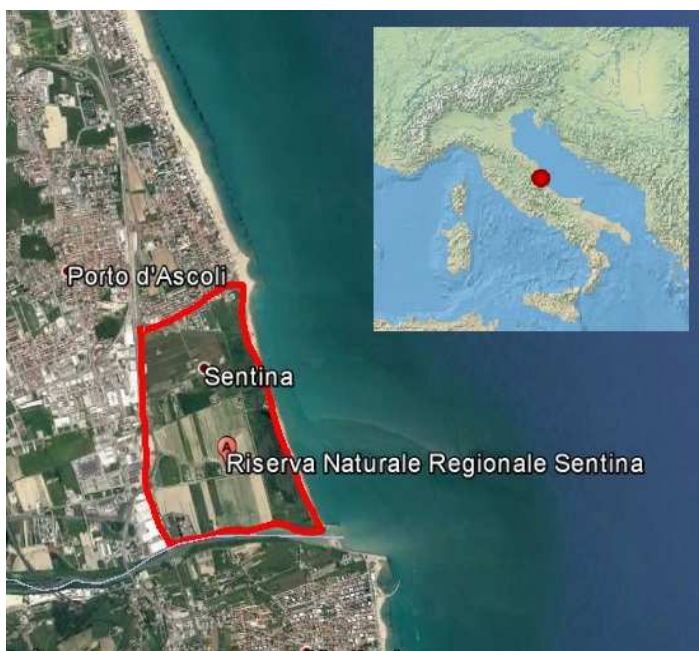


Fig. 5 - Localizzazione della Riserva Naturale Regionale Sentina (AP).

L'area della Riserva Naturale Regionale Sentina ha la morfologia di una duna piatta caratterizzata da depositi alluvionali attuali e recenti

(Olocene; AA. VV., 1986) dietro la quale si formano piccole macchie di praterie retrodunali e di ambienti salmastri. Presso la foce del Tronto si ha un passaggio graduale da suoli alluvionali a suoli poco evoluti regosolici (su sabbie di spiaggia) in relazione alla variazione di spessore del materasso alluvionale, da vari metri a poche decine di centimetri. Inoltre, nel settore orientale dell'area della Sentina, la copertura colluviale ed alluvionale di materiale di varia granulometria sono da riferire a "colluvioni" derivanti dalle alture dell'immediato entroterra ed ad alluvioni provocate dal Tronto prima della sua regolarizzazione (Conti *et al.*, 2007). Sulla base dei dati climatici della Riserva Naturale Regionale Sentina (AP) ottenuti dal database WorldClim (Hijmans *et al.*, 2005) la temperatura media annuale è 15 °C e la precipitazione media annuale è 757 mm. In base alla classificazione proposta da Rivas-Martínez *et al.* (2011) e alla mappa bioclimatica d'Italia (Pesaresi *et al.*, 2014; Fig. 6), l'area ricade nel bioclima temperato oceanico (var. submediterraneo), nel termotipo mesotemperato inferiore e nell'ombrotipo subumido.

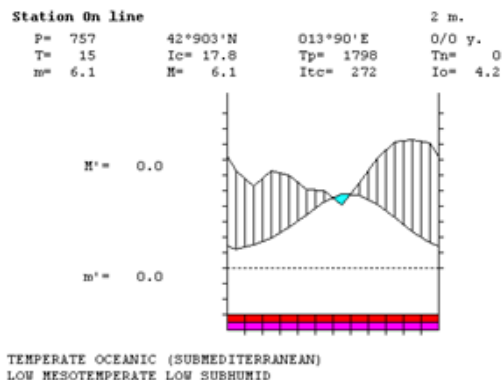


Fig. 6 - Diagramma bioclimatico della Riserva Naturale Regionale Sentina (AP; tratto da Rivas-Sáenz, 2009).

Gli indici bioclimatici della Riserva Naturale Regionale Sentina (AP) sono riportati nella Fig. 7.

BIOCLIMATIC INDEX AND DIAGNOSIS					
Thermicity index.....(It):	272				
Compensated thermicity index.....(Ic):	272				
Simple continentality index.....(Ic):	17.8				
Diurnality index.....(Id):	0.0				
Annual ombrothermic index.....(Io):	4.21				
Monthly estival ombrothermic index.....(Ios1):	1.72				
Bimonthly estival ombrothermic index.....(Ios2):	2.02				
Threemonthly estival ombrothermic index.....(Ios3):	2.12				
Fourmonthly estival ombrothermic index.....(Ios4):	2.29				
Annual ombro-evaporation index.....(Ioe):	0.94				
Annual positive temperature.....(Tp):	1798				
Annual negative temperature.....(Tn):	0				
Estival temperature.....(Ts):	689				
Positive precipitation.....(Pp):	757				
N°of	P>4T	P:2T a 4T	P: T a 2T	P<T	T<=0
Years	7	4	1	0	0
Latitudinal Belt...: Eutemperate					
Continentality.....: Oceanic - Low Semicontinental					
Bioclimate(Variant): TEMPERATE OCEANIC (SUBMEDITERRANEAN)					
Bioclimatic Belt...: LOW MESOTEMPERATE LOW SUBHUMID					

Fig. 7 - Indici bioclimatici e diagnosi bioclimatica della Riserva Naturale Regionale Sentina (AP).

Il diagramma del bilancio idrico in accordo con Thornthwaite (1948), riportato in Fig. 8, mostra come la media annuale delle precipitazioni sia di 757 mm, l'utilizzo delle riserve d'acqua del suolo inizia da metà aprile fino all'inizio di luglio quando inizia il periodo di deficit idrico. Il deficit idrico si conclude a fine settembre quando le piogge riprendono più abbondanti e le riserve si ricaricano. In Fig. 9 viene riportata la scheda relativa agli indici di umidità e di evapotraspirazione.

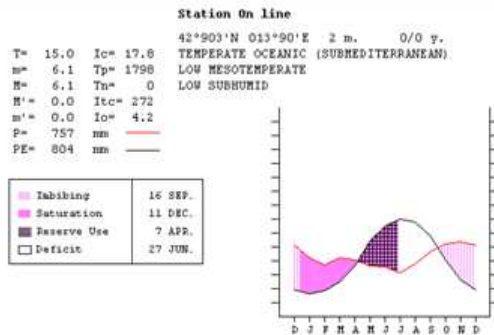


Fig. 8 - Diagramma del bilancio idrico relativo alla Riserva Naturale Regionale Sentina (AP; tratto da Rivas-Sáenz, 2009).

WATER INDEX CARD Station Dr. Line											
APRIL 1960: 5 M.						LOCATIONS: 42° 30' N					
(mm)	T	PR	P	VS	D	DP	DP	SP	NO	HE	
Jan	6.1	11	63	0	180	11	0	52	36	8.7	
Feb	7.6	16	63	0	180	16	0	37	37	2.4	
Mar	9.8	29	63	0	180	29	0	34	25	1.2	
Apr	18.2	81	40	0	180	81	0	8	23	6.3	
May	17.2	87	51	+36	64	87	0	8	11	-0.4	
Jun	21.3	120	80	+64	0	114	8	8	6	-0.6	
Jul	23.9	148	41	0	0	41	187	8	3	-0.7	
Aug	23.7	136	55	0	0	55	81	8	1	-0.6	
Sep	20.4	95	11	0	0	71	24	8	1	-0.3	
Oct	16.3	60	63	23	23	60	0	8	0	0.4	
Nov	11.0	31	66	88	77	31	0	8	0	1.7	
Dec	8.2	17	61	23	180	17	0	42	21	3.8	
Year:	15.0	604	717	8	8	180	220	174	174	0.8	
T = Average temperature W = Variation of the water DP = Deficit HE = Humidity coefficient PR = Potential evapotranspiration A = Average SP = Surplus NO = No. of days P = Precipitation D = Daily evapotranspiration DW = Change											

Fig. 9 - Indici di evapotraspirazione derivati dai dati termopluviometrici della Riserva Naturale Regionale Sentina (AP; da Rivas-Sáenz, 2009).

2.1.2. Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio (RA; Italia)

La Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio è situata nel Nord-Adriatico nel tratto costiero compreso tra i litorali di Ferrara e Ravenna (Fig. 10). La vegetazione alofila si estende per oltre 250 ettari nei pressi della foce del fiume Reno. Il sito è delimitato ad ovest da una linea di paleo-dune, a sud dalle pinete di Casalborsetti, a nord dal Canale di Gobino ed a est dal mare Adriatico. L'altimetria dell'area varia da circa 1 m dalla linea di dune parallele alla costa a pochi centimetri sotto il livello del mare nelle depressioni interne. L'area è spesso allagata e i sedimenti fluviali sottili sono attribuibili all'azione delle maree. I terreni sono idromorfi e per lo più composti da argille e materiali marini organici sottoposti a riduzione e alla segregazione di ferro (Corbetta, 1976; Andreucci, 1996; Andreucci *et al.*, 1999, 2000).



Fig. 10 - Localizzazione della Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio (RA).

Il fiume Reno, presso la cui foce si estende l'area di raccolta dei semi di *S. veneta* (Fig. 11), nasce nell'Appennino, presso il Passo delle Piastre, percorre 211 km con una portata media di $95 \text{ m}^3/\text{s}$ e un bacino idrografico di 5040 km^2 .



Fig. 11 - Prateria salata annuale a *S. veneta* nella Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio (RA) nel dicembre 2015.

In base ai dati climatici della Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio (RA) ottenuti dal database WordClim (Hijmans *et al.*, 2005) la temperatura media annuale è di 13,5 °C e la precipitazione media annuale è di 656 mm. In accordo con la classificazione proposta da Rivas-Martínez *et al.* (2011) e la mappa bioclimatica d' Italia (Pesaresi *et al.*, 2014; Fig. 12), l'area ricade nel bioclina temperato oceanico (variante steppica), nel termotipo mesotemperato superiore e nell'ombrotipo subumido.

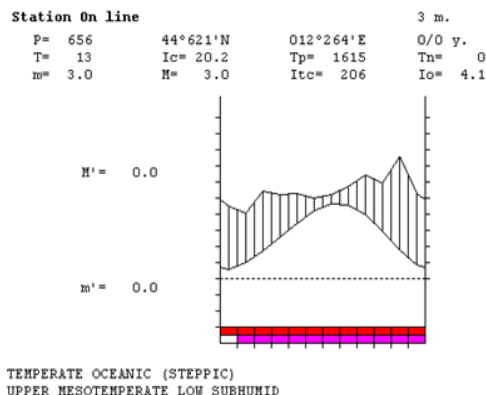


Fig. 12 - Diagramma bioclimatico della Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio (RA; tratto da Rivas-Sáenz, 2009).

Gli indici bioclimatici della Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio (RA) sono riportati nella Fig. 13.

BIOCLIMATIC INDEX AND DIAGNOSIS					
Thermicity index.....(It):	195				
Compensated thermicity index.....(Ite):	206				
Simple continentality index.....(Ic):	20.2				
Diurnality index.....(Id):	0.0				
Annual ombrothermic index.....(Io):	4.06				
Monthly estival ombrothermic index.....(Ios1):	2.24				
Bi-monthly estival ombrothermic index.....(Ios2):	2.36				
Three-monthly estival ombrothermic index.....(Ios3):	2.37				
Four-monthly estival ombrothermic index.....(Ios4):	2.52				
Annual ombro-evaporation index.....(Ioe):	0.85				
Annual positive temperature.....(Tp):	1615				
Annual negative temperature.....(Tn):	0				
Estival temperature.....(Ts):	671				
Positive precipitation.....(Pp):	656				
N°of	P>4T	P:2T a 4T	P: T a 2T	P<T	T<=0
Years	6	6	0	0	0
Latitudinal Belt...: Eutemperate					
Continentalty.....: Oceanic - High Semicontinental					
Bioclimate(Variant): TEMPERATE OCEANIC (STEPPIC)					
Bioclimatic Belt...: UPPER MESOTEMPERATE LOW SUBHUMID					

Fig. 13 - Indici bioclimatici e diagnosi bioclimatica della Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio (RA; tratto da Rivas-Sáenz, 2009).

In linea con il diagramma del bilancio idrico riportato in Fig. 14, l'utilizzo delle riserve d'acqua del suolo inizia in primavera a marzo inoltrato e finisce alla fine di giugno, quando le riserve idriche finiscono e inizia il periodo di aridità. Il periodo d'aridità finisce alla fine di settembre con la ricarica delle riserve d'acqua dovuta alle abbondanti piogge.

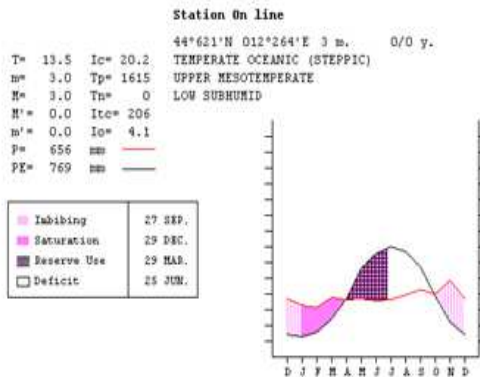


Fig. 14 - Diagramma del bilancio idrico relativo alla Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio (RA; tratto da Rivas-Sáenz, 2009).

In Fig. 15 viene riportata la scheda relativa agli indici di umidità e di evapotraspirazione.

WATER INDEX CARD Station On line										
Altitude: 9 m.					Latitude: 44° 6' 21" N					
(C°/mm)	T	PE	P	VR	IR	DE	DF	SP	DR	HC
Jan	3.0	5	45	0	100	5	0	40	21	8.4
Feb	5.1	10	41	0	100	10	0	31	26	3.0
Mar	8.5	27	54	0	100	27	0	27	26	1.0
Apr	12.7	53	52	-1	99	53	0	0	13	-0.0
May	17.0	92	53	-39	60	92	0	0	7	-0.4
Jun	20.9	124	50	-60	0	110	14	0	3	-0.6
Jul	23.2	146	52	0	0	52	94	0	2	-0.6
Aug	23.0	133	57	0	0	57	76	0	1	-0.6
Sep	19.9	93	64	0	0	64	29	0	0	-0.3
Oct	14.0	55	59	4	4	55	0	0	0	0.1
Nov	9.1	23	76	53	57	23	0	0	0	2.3
Dec	4.3	7	53	43	100	7	0	2	1	6.1
Year	13.5	769	656	*	*	556	213	100	100	0.0

T = Average temperature	VR = Variation of the reserve	DF = Deficit	HC = Humidity coefficient
PE = Potential evapotranspiration	R = Reserve	SP = Surplus	
P = Precipitation	DE = Real evaporation	DR = Drainage	

Fig. 15 - Indici di evapotraspirazione derivati dai dati termopluviometrici della Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio (RA; tratto da Rivas-Sáenz, 2009).

2.1.3. Blace (Delta del fiume Neretva, Croazia)

Il delta del fiume Neretva è situato nella costa orientale del Mar Adriatico a confine tra Croazia e Bosnia-Erzegovina. Il fiume Neretva ha una lunghezza complessiva di 225 km, una portata media di 378 m³/s e un bacino idrografico di 5581 km². La parte alta del corso della Neretva attraversa le zone di montagna e si caratterizza per temperatura dell'acqua molto bassa, mediamente tra i 7-8 °C, anche nei mesi estivi. La parte bassa del fiume, in particolare negli ultimi 30 km del suo corso, percorre un tratto planiziale e costituisce una pianura alluvionale che copre approssimativamente 12.000 ettari, prima di sfociare nel mare Adriatico (Jasprica *et al.*, 2003).

Il Delta della Nerevta è caratterizzato da una vegetazione palustre alofila di grande interesse ecologico (Horvat *et al.*, 1974; Lakušić *et*

al., 1977). Nel corso degli ultimi decenni si è registrata una significativa perdita di habitat nelle zone umide a causa di diversi tipi di attività umana. Attualmente, questa zona ospita diverse comunità vegetali paludose molto frammentate (Jasprica *et al.*, 2003). Nella zona deltizia della regione Dubrovačko-neretvanska è situata la località Blace (Fig. 16). Si tratta di una piccola baia quasi completamente chiusa e separata dal mare aperto da un istmo sabbioso che si estende per la lunghezza di 500 m mediamente largo 50 m (Fig. 17).

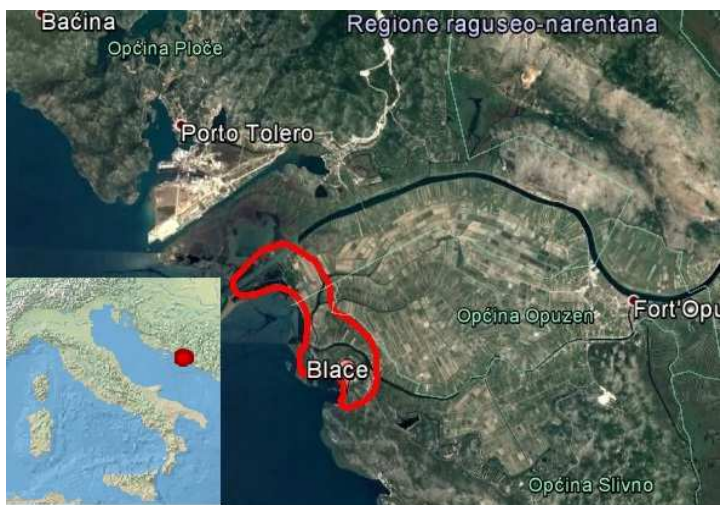


Fig. 16 - Localizzazione di Blace e del Delta del fiume Neretva.

Il collegamento con il mare è limitato a uno stretto passaggio (canale). Questa conformazione determina la presenza di acqua ferma e una sedimentazione senza ostacoli di sabbia. Il substrato è di origine pleistocenica con sabbia di quarzo e una piccola porzione di particelle

di carbonato dovuta alle conchiglie dei molluschi in decomposizione. La sabbia è di color marrone scuro, non granulosa e senza particelle di argilla. Il deposito profondo di sabbia va da 30 cm ad un paio di metri. Sotto gli strati di sabbia sottile ai bordi della baia di Blace si possono trovare sedimenti di Terra Rossa (Alegro *et al.*, 2004).



Fig. 17 - Baia di Blace (CR) nell'ottobre del 2014.

Sulla base dei dati climatici ottenuti dal database WorldClim (Hijmans *et al.*, 2005), la temperatura media annuale a Blace è di 16 °C e la precipitazione media annuale è di 1194 mm. Blace ricade nel bioclimate temperato oceanico (var. submediterranea), nel termotipo termotemperato superiore e nell'ombrotipo umido inferiore secondo la classificazione proposta da Rivas-Martínez *et al.* (2011; Fig. 18).

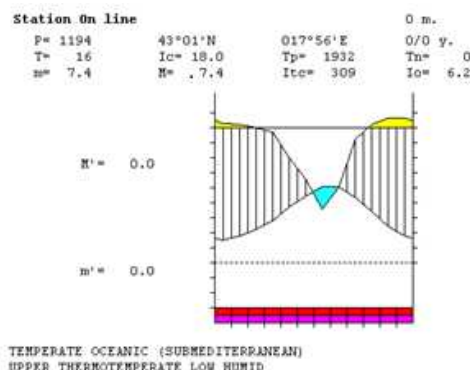


Fig. 18 - Diagramma bioclimatico di Blace (CR; tratto da Rivas-Sáenz 2009).

Gli indici bioclimatici di Blace sono riportati nella Fig. 19.

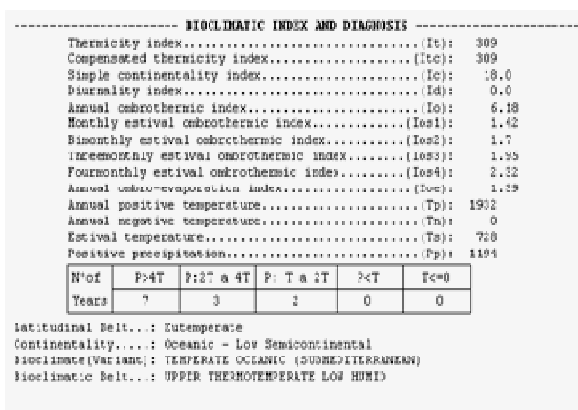


Fig. 19 - Indici bioclimatici e diagnosi bioclimatica di Blace (CR; tratto da Rivas-Sáenz, 2009).

Il diagramma di evapotraspirazione (Fig. 20) mostra come il consumo delle riserve d'acqua contenute nel suolo si esaurisca in due mesi (dal 20 aprile al 2 luglio) e che il periodo di deficit idrico si prolunghi per

51

3 mesi (dal 2 luglio al 7 settembre). La carta degli indici d'umidità ed evapotraspirazione è riportata in Fig. 21.

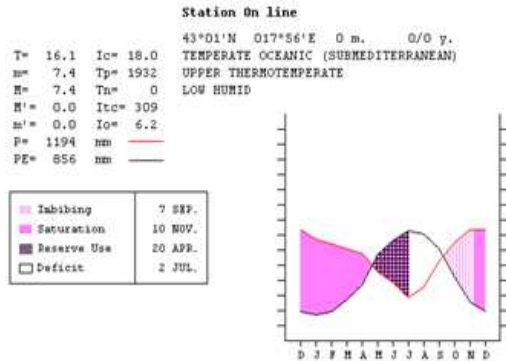


Fig. 20 - Diagramma di evapotraspirazione di Blace (CR; tratto da Rivas-Sáenz, 2009).

WATER INDEX CARD		Station On line									
Altitude: 0 m.		Latitude: 43°01'N									
(C°/mm)	T	PE	P	VR	R	RE	DE	SP	DR	HC	
Jan	7.4	13	131	0	100	13	0	118	108	9.1	
Feb	8.0	17	118	0	100	17	0	101	105	5.4	
Mar	11.2	32	101	0	100	32	0	69	87	2.1	
Apr	14.1	52	95	0	100	52	0	43	65	0.4	
May	18.5	99	70	-23	79	93	0	0	32	-0.1	
Jun	22.2	128	56	-72	5	128	0	0	16	-0.6	
Jul	25.4	162	36	-5	0	41	120	0	8	-0.8	
Aug	25.2	148	50	0	0	50	98	0	4	-0.7	
Sep	21.9	102	84	0	0	84	18	0	2	-0.2	
Oct	17.3	62	121	59	59	62	0	0	1	0.9	
Nov	12.2	30	166	41	100	30	0	95	48	4.4	
Dec	9.0	17	166	0	100	17	0	149	99	8.8	
Year	16.1	856	1194	*	*	619	237	575	575	0.4	
P = Average temperature PE = Potential evapotranspiration P = Precipitation VR = Variation of the reserve R = Reserve RE = Real evapotranspiration DE = Deficit SP = Superavit DR = Drainage AHC = Humidity coefficient											

Fig. 21 - Indici di evapotraspirazione derivati dai dati termopluviometrici di Blace (CR; tratto da Rivas-Sáenz, 2009).

2.1.4. Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia (BAT; Italia)

La Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia si estende su di una superficie di 36,41 km² lungo i 18 km della costa del Comune di Margherita di Savoia, in provincia di Barletta - Andria - Trani (Corbetta *et al.*, 2006; Fig. 22). Le saline di Margherita di Savoia sono inserite nel SIC "Zone Umide della Capitanata" (CODICE IT9110005) ai sensi della Direttiva Habitat 92/43/CEE. All'interno del SIC sono stati individuati alcuni habitat prioritari relativi alle lagune e alle steppe salate, caratterizzati da flora e fauna idonei a vivere in presenza di elevate concentrazioni saline. Nell'area della Riserva sfocia il fiume Ofanto il cui bacino occupa un'area di 2.780 km² con lunghezza di 170 km e portata media di 163 m³/s.



Fig. 22 - Localizzazione della Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia.

In quest'area costiera le precipitazioni annuali medie sono di 483 mm mentre la temperatura media annuale si aggira intorno ai 16 °C (dati ottenuti dal database WorldClim; Hijmans *et al.*, 2005). Secondo la classificazione proposta da Rivas-Martínez *et al.* (2011) e la mappa bioclimatica d'Italia (Pesaresi *et al.*, 2014) la Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia (BAT) rientra nel bioclimate Mediterraneo pluvistagionale-oceanico, nel termotipo mesomediterraneo inferiore ed ombrotipo secco inferiore (Fig. 23).

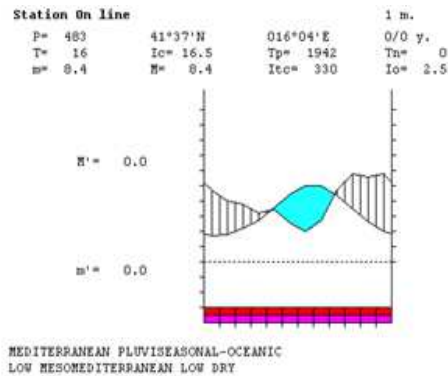


Fig. 23 - Diagramma bioclimatico della Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia (BAT; IT da Rivas-Sáenz, 2009).

Gli indici bioclimatici e la diagnosi sono riportati in Fig. 24.

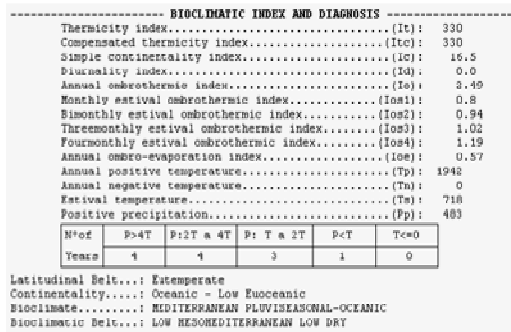


Fig. 24 - Indici bioclimatici e diagnosi della Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia (BAT; IT da Rivas-Sáenz, 2009).

Il diagramma evapotraspirazione (Fig. 25) mostra che il consumo di riserve idriche contenute nel terreno si prolunga per oltre tre mesi (dal 9 marzo al 9 giugno), e il periodo di deficit idrico è di 4 mesi (da 9 giugno al 7 ottobre). In Fig. 26 viene riportato il calcolo dei valori e indici utili per la realizzazione del bilancio idrico.

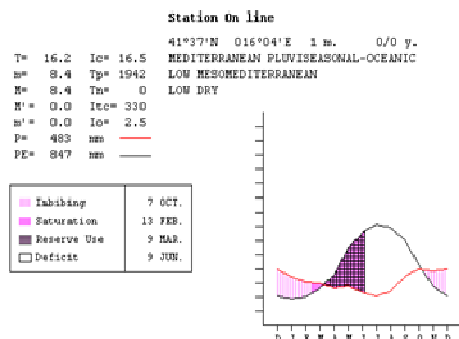


Fig. 25 - Diagramma dell'evapotraspirazione di Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia (BAT; IT da Rivas-Sáenz, 2009).

WATER INDEX CARD Station On Line											
Altitude: 1 m.						Latitude: 41° 37' N					
(C°/mm)	T	PE	P	VR	R	BE	DF	SP	DR	HC	
Jan	6.4	1.6	47	31	91	1.6	0	0	0	1.9	
Feb	9.1	1.8	40	9	100	1.6	0	13	6	1.2	
Mar	10.9	31	36	0	100	31	0	7	7	0.2	
Apr	13.7	30	32	-1.8	82	50	0	0	3	-0.4	
May	18.0	89	34	-55	28	89	0	0	2	-0.6	
Jun	22.0	123	26	-28	0	54	71	0	1	-0.8	
Jul	24.9	155	20	0	0	20	133	0	0	-0.9	
Aug	24.9	144	27	0	0	27	117	0	0	-0.8	
Sep	21.8	101	47	0	0	47	54	0	0	-0.5	
Oct	17.5	64	58	0	0	58	6	0	0	-0.1	
Nov	13.1	34	56	22	22	34	0	0	0	0.7	
Dec	9.9	20	58	38	60	20	0	0	0	1.9	
Year	16.2	847	483	*	*	463	383	20	20	0.0	

T = Average temperature

PE = Potential evapotranspiration

P = Precipitation

VR = Variation of the reserve

R = Reserve

BE = Real evapotranspiration

DF = Deficit

SP = Surplus

DR = Drainage

HC = Humidity coefficient

Fig. 26 - Indici di evapotraspirazione della Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia (BAT; IT da Rivas-Sáenz, 2009).

Queste particolari condizioni climatiche, caratterizzate da bassa piovosità ed esaltate da una morfologia peculiare hanno storicamente favorito in questo lembo di territorio pugliese la localizzazione nel nucleo iniziale delle Saline (Corbetta *et al.*, 2006). La Salina è un bacino naturalmente impermeabile che occupa il fondo lagunare dell'antico lago Salpi. E' dominata da terreni pianeggianti clastici quaternari caratterizzati da diversità nella composizione e nella granulometria. In questo bacino impermeabile viene immessa l'acqua di mare che a partire dalle vasche più a nord (Alma Dannata), grazie alla pendenza naturale fra una vasca e l'altra defluisce lentamente attraverso le vasche evaporanti nella parte a sud della Salina mentre laddove la pendenza non consente un travaso naturale, il deflusso viene effettuato per mezzo di piccole chiuse (bocchette) o di pompe di sollevamento (idrovore; Quaranta *et al.*, 2000).

2.1.5. Sant Pere Pescador, Girona (Spagna)

Sant Pere Pescador si trova nella parte interna della pianura del fiume Fluvià, nei pressi del Parco Naturale Aiguamolls de l'Empordà nella regione della Catalogna, nel nord-est della penisola iberica (Fig. 27). Il fiume Fluvià nasce nelle montagne di Collsacabra e sfocia nel mar Mediterraneo. E' lungo 84 km e ha un bacino idrografico di 973,8 km² con una portata media di 10,67 m³/s.



Fig. 27 - Localizzazione di Sant Pere Pescador, Girona.

Quest'area è caratterizzata da una pianura costiera in cui vi è una notevole variazione microtopografica e una differente combinazione di sedimenti che aumentano, soprattutto, nelle aree più piccole contribuendo a complicare il mosaico della vegetazione creato dalle numerose comunità di alofite reso ancora più complesso dall'attività dell'uomo. In base ai dati climatici di Girona (ES) ottenuti dal database WorldClim (Hijmans *et al.*, 2005) la temperatura annuale media è di 16 °C e la precipitazione media annuale è di 483 mm. Sant Pere Pescador, in relazione alla classificazione proposta da Rivas-

Martínez *et al.* (2011) ricade nel bioclimate mediterraneo pluviostagionale oceanico, nel termotipo basso mesomediterraneo e nell'ombrotipo secco superiore (Fig. 28).

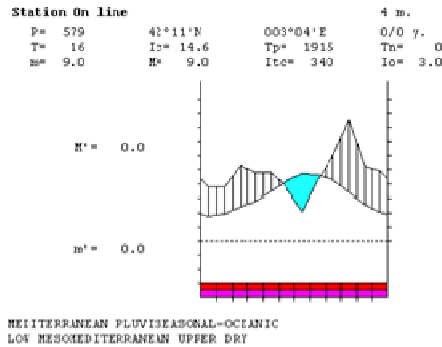


Fig. 28 - Diagramma bioclimatico di Sant Pere Pescador, Girona (ES; da Rivas-Sáenz, 2009).

Gli indici bioclimatici e la diagnosi sono riportati in Fig. 29.

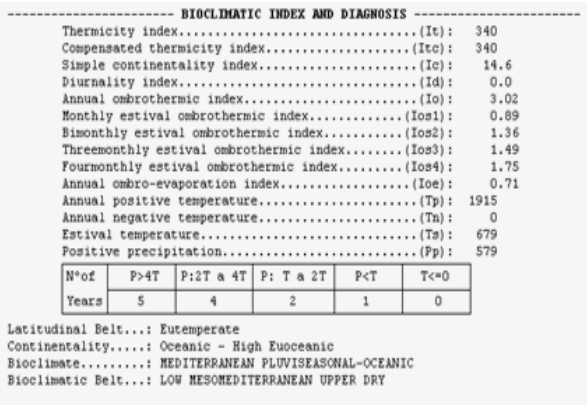


Fig. 29 - Indici di evapotraspirazione di Sant Pere Pescador, Girona (ES; da Rivas-Sáenz, 2009).

Il diagramma di evapotraspirazione (Fig. 30) mostra che il consumo delle riserve idriche contenute nel suolo si prolunga per oltre due mesi (dal 20 Aprile al 1 Luglio) e il periodo di deficit idrico è di tre mesi (dal 1 Luglio al 8 settembre). La figura 31 mostra il calcolo dei valori e degli indici utilizzati per a realizzazione del bilancio idrico.

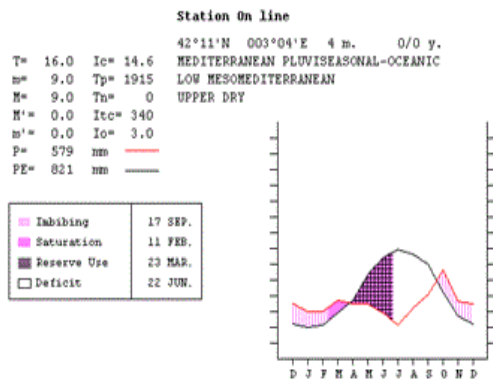


Fig. 30 - Diagramma dell'evapotraspirazione di Sant Pere Pescador, Girona (ES; da Rivas-Sáenz, 2009).

WATER INDEX CARD Station On line										
Altitude: 4 m.			Latitude: 42°11'N							
(C°/mm)	T	PE	P	VR	R	RE	DF	SP	DR	HC
Jan	9.0	19	38	19	94	19	0	0	0	1.0
Feb	9.8	22	38	6	100	22	0	11	5	0.8
Mar	12.0	38	53	0	100	38	0	15	10	0.4
Apr	14.0	53	48	-5	95	53	0	0	5	-0.1
May	17.4	85	48	-37	58	85	0	0	3	-0.4
Jun	21.0	117	37	-80	0	95	22	0	1	-0.7
Jul	23.6	143	21	0	0	21	122	0	1	-0.9
Aug	23.3	130	43	0	0	43	87	0	0	-0.7
Sep	21.3	98	60	0	0	60	38	0	0	-0.4
Oct	17.1	62	92	30	30	62	0	0	0	0.5
Nov	12.8	33	52	19	48	33	0	0	0	0.6
Dec	10.2	22	49	27	75	22	0	0	0	1.2
Year	16.0	821	579	*	*	553	268	26	26	0.0

T = Average temperature
PE = Potential evapotranspiration
P = Precipitation
VR = Variation of the reserve
R = Reserve
RE = Real evapotranspiration
DF = Deficit
SP = Surplus
DR = Drainage
HC = Humidity coefficient

Fig. 31 - Indici di evapotraspirazione di Sant Pere Pescador, Girona (ES; da Rivas-Sáenz, 2009).

2.2. Analisi vegetazionali delle aree di raccolta dei semi

Lo studio delle comunità vegetali nelle aree in cui è stata effettuata la raccolta dei semi è stato condotto con il metodo fitosociologico della Scuola Sigmatista di Zurigo-Montpellier proposto da Braun-Blanquet (1964) e successivamente integrato (Rivas-Martínez, 2005; Géhu, 2006; Biondi, 2011; Blasi & Frondoni, 2011; Blasi *et al.*, 2011; Pott, 2011). Le classificazioni sintassonomiche seguono lo schema del Prodomo della Vegetazione d'Italia (Biondi *et al.*, 2014b; <http://www.prodomo-vegetazione-italia.org/>). Per la nomenclatura tassonomica sono stati utilizzati la Flora d'Italia (Pignatti, 1982) e la Checklist della Flora Vascolare Italiana e la successiva integrazione (Conti, 2005; 2007). Sono stati effettuati 7 rilievi fitosociologici totali inediti nelle aree di raccolta dei semi ed attribuiti ad associazioni già rinvenute da altri autori negli ambienti ipersalini utilizzati come serbatoio di raccolta dei semi.

2.3. Campionamento dei parametri ecologici

Nelle aree italiane di raccolta dei semi (Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio, Riserva Naturale Regionale Sentina, Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia), contestualmente alla raccolta stessa, sono state effettuate le misurazioni della conducibilità elettrolitica e della temperatura del suolo tramite un conduttimetro Soil Test Direct Soil EC Tester modello HI98331, HANNA Instrument, dotato di un elettrodo di acciaio inossidabile che offre la

possibilità di prendere misure dirette nel suolo. Lo strumento ha una risoluzione di 0,01 mS/cm e un'accuratezza di $\pm 0,05$ mS/cm (0,00 a 2,00 mS/cm), $\pm 0,30$ mS/cm (2,00 a 4,00 mS/cm) per quello che riguarda la conduttività, mentre per la temperatura ha una risoluzione di 0,1 °C ed un'accuratezza di ± 1 °C.

2.4. Caratteri morfologici delle entità studiate

Nell'ambito di questa ricerca si è ritenuto opportuno utilizzare la classificazione tradizionale basata sui caratteri morfologici (Pignatti, 1982; Géhu, 1992; Iberite, 1996; Conti *et al.*, 2005, 2007; Kaligarič *et al.*, 2008) che vengono di seguito discussi. Pertanto, verranno utilizzati i binomi nomeclaturali in uso precedentemente alla revisione di Kadereit *et al.* (2012) in quanto lo studio si riferisce al comportamento germinativo delle tre entità (*S. patula*, *S. emerici* e *S. veneta*) che presentano caratteri morfologici distinti ben riconoscibili in campo e posizioni ecologiche differenti.

2.4.1. *Salicornia patula* Duval-Jouve

La salicornia annuale maggiormente diffusa nelle zone costiere del Mediterraneo e del Mar Nero è *Salicornia patula* (Fig. 32).

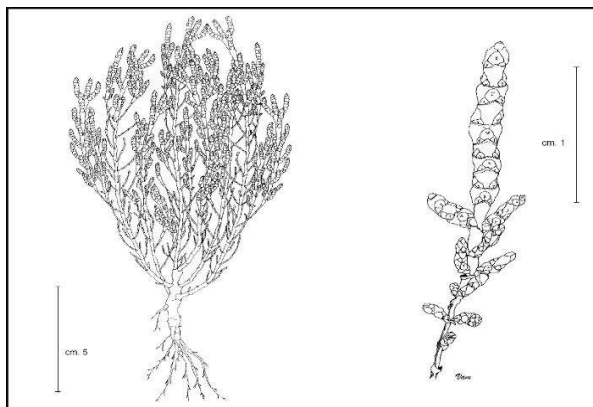


Fig. 32 - Disegno di *S. patula* (Biondi & Casavecchia, 2010).

Alofila succulenta ad *habitus* di piccolo cespuglio (Wilkoń-Michalska, 1985; Géhu, 1992) la pianta ha un'altezza che varia tra pochi centimetri a 40 cm circa. Può essere poco o molto ramificata soprattutto dalla base e i rami sono per lo più patenti. I germogli fertili hanno i lati convessi; i fiori hanno una lunghezza compresa tra 18,7 - 2,9 mm e i segmenti fertili sono relativamente brevi (3,1 - 0,2 mm) e sottili (2,5 - 0,4 mm). I fiori situati nei segmenti fertili sono diseguali poiché quelli laterali sono molto più piccoli rispetto a quello centrale (Kaligarič *et al.*, 2008; Kaligarič & Šajna, 2014). *S. patula* produce due tipi di semi, quelli laterali più piccoli e quelli centrali più grandi che si differenziano anche per la biologia di germinazione (Fig. 33; Grouzis *et al.*, 1976; Berger, 1985).

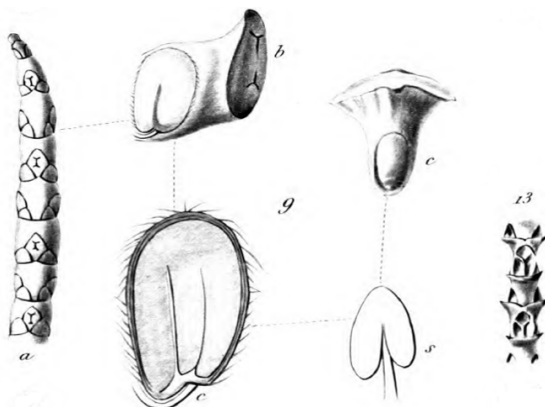


Fig. 33 - Disegno di *S. patula*: **a**, parte dell'infiorescenza 2/4; **b**, **c** calice, 10/1; **b**, visto di lato; **c**, dal basso; **d**, sezione del seme 25/1 (Duval-Jouve, 1868).

S. patula colonizza terreni sabbioso-argillosi nelle radure o lungo i bordi delle aree occupate dalle salicornie perenni per lo più secche e semi-secche durante l'estate (Grouzis *et al.*, 1977; Biondi & Casavecchia, 2010). Il comportamento germinativo dei semi di *S. patula* è stato studiato in alcune popolazioni della costa mediterranea del sud della Francia (Grouzis *et al.*, 1976; 1977; Heim & Grouzis, 1978, Berger, 1985), della Croazia e della Slovenia (Šajna *et al.*, 2013).

2.4.2. *Salicornia emerici* Duval-Jouve

S. emerici è una salicornia annuale tetraploide alta mediamente (15) 20 - 50 (60) cm, verde-opaco fino a glaucescente (Fig. 34; Géhu, 1992). Ha un fusto eretto di (10-) 15 - 30(-40) cm, poco ramificato, con rami ascendenti, più o meno della stessa lunghezza, strettamente

appressati al fusto. I segmenti sono lunghi mediamente 15 - 25 mm. Le spighe, cilindriche e leggermente affusolati, sono lunghi tra 30 - 60 mm con 10 - 20 segmenti fertili di larghezza tra 3,5 - 4,5 mm. Il margine fogliare è evidente. I fiori sono quasi simili per dimensioni (Iberite, 1996) mentre i semi non presentano dimorfismo (Fig. 35; Kaligarič & Šajna, 2014).

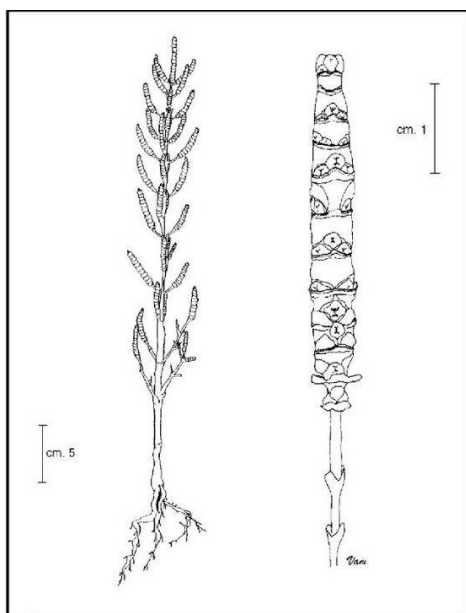


Fig. 34 - Disegno di *S. emerici* (Biondi & Casavecchia, 2010).

S. emerici occupa terreni compattati, ben strutturati, franco-argillosi regolarmente inondati da flussi continui di sostanze nutritive e sommersi per lunghi periodi dell'anno (Šajna *et al.*, 2013; Kaligarič & Šajna, 2014). Forma comunità omogenee, dense e monospecifiche

nelle depressioni che si localizzano nella parte più bassa delle zone delle paludi salmastre a contatto con il mare, dove c'è una maggiore concentrazione di sale (Grouzis *et al.*, 1976; Géhu *et al.*, 1978; Géhu, 1992; Biondi *et al.*, 2004). Il comportamento germinativo dei semi di *S. emerici* è stato studiato per alcune popolazioni della costa mediterranea del sud della Francia (Grouzis *et al.*, 1976), della Croazia e della Slovenia (Šajna *et al.*, 2013).

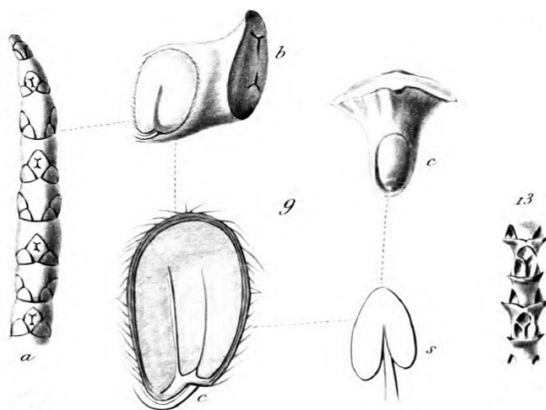


Fig. 35 - Disegno di *S. emerici*: *a*, parte dell'infiorescenza 2/4; *b*, *c* calice, 10/1; *b*, visto di lato; *c*, dal basso; *e*, sezione del seme 25/1; *g*, *h*, stame 25/1, 13, frammento dell'infiorescenza dopo la caduta dei semi (Duval-Jouve, 1868).

2.4.3. *Salicornia veneta* Pign. et Lausi

S. veneta è anch'essa una specie annuale tetraploide (Fig. 36). Il fusto è eretto con rami piramidali lunghi da (30-) 40 - 50 cm, verdi e spesso genicolati alla base; i rami primari inferiori sono eretti, lunghi 2/3 del fusto o uguali, talvolta più lunghi, i rami primari superiori sono curvi verso l'alto. Le spighe terminali sono lunghe 5 cm, spesse 4 - 7 mm,

cilindriche; l'apice è solo leggermente attenuato ed è articolato. I segmenti fertili (8-) 12 (-13), sono cilindrici o poco addensati. I fiori laterali hanno le stesse dimensioni di quelli centrali. Il perigonio florale medio ha il vertice arrotondato. Stami 1, spesso nel fiore centrale 2, con antere subsessili, ridotte o semiridotte, lunghe 0,7 mm e larghe 0,3 mm. I granuli pollinici variano da (20-) 22 (-26) μ .

I semi sono molto pelosi e lunghi tra (1,3-) 1,8 (2,0) mm (Lausi, 1969). Il comportamento germinativo dei semi di *S. veneta* è stato studiato in alcune popolazioni della Croazia (Stari Grad, Isola di Rab) da Šajna et al. (2013). Secondo Lausi (1969) *S. veneta* presenta delle differenze morfologiche più evidenti rispetto alle forme diploidi come un notevole macrosomatismo (dimensioni della pianta, fiore e seme) e la presenza di tre fiori uguali e conformati come in Fig. 37, portati da segmenti più o meno cilindrici.

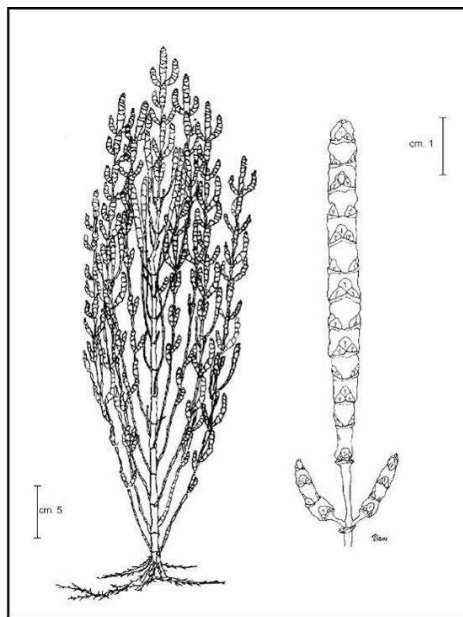


Fig. 36 - Disegno di *S. veneta* (Biondi & Casavecchia, 2010).

Esistono questioni tassonomiche riguardanti l'autonomia di *S. veneta* (Lausi, 1969; Géhu, 1992; Iberite, 1996; Papini *et al.*, 2004; Biondi & Casavecchia, 2010; Kadereit *et al.*, 2007, 2012; Kaligarič *et al.*, 2008) rispetto a *S. emerici* ed incongruenze riguardanti la distribuzione endemica della specie stessa. Infatti, *S. veneta* è stata ritrovata in molte altre parti d'Italia (Sardegna, Laghetti di S'Ena Arrubia, Biondi *et al.*, 1997; Filigheddu *et al.*, 2000; Biondi *et al.*, 2004) e in Croazia (Stari Grad, Isola di Rab; Šajna *et al.*, 2013). Dal punto di vista conservazionistico, *S. veneta* è una specie target attualmente elencata

nell'allegato I della Convenzione di Berna (Anonimo, 1979) e nell'allegato II della Direttiva Habitat (Anonimo, 1992).

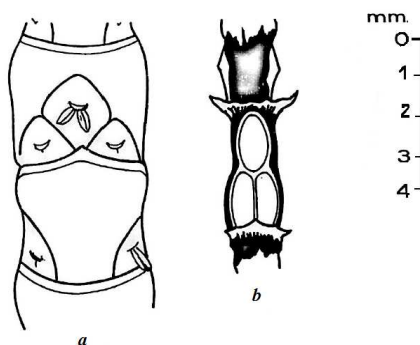


Fig. 37 - Disegno della forma dei segmenti fertili di *S. veneta*: *a*, allo stato fresco e con fiori completamente sviluppati; *b*, a maturità e dopo la caduta dei semi (Lausi, 1969).

2.5. Raccolta, trattamento e conservazione del germoplasma

I semi maturi sono stati raccolti all'interno di popolazioni selvatiche nel periodo ottobre e dicembre degli anni 2013, 2014 e 2015 seguendo i protocolli internazionali di raccolta, trattamento e conservazione del germoplasma (Tab. 1; International Seed Testing Association, 2006; Bacchetta *et al.*, 2006). Poiché la raccolta prevede il prelievo dell'intera pianta o di porzioni di questa, i semi di *S. patula*, *S. emerici* e *S. veneta* sono stati estratti dai segmenti fertili e puliti delicatamente su un tappetino di gomma. Per la rimozione dei semi vuoti e delle

impurità è stato utilizzato un separatore gravimetrico (Agriculex CB1, Column Seed Cleaner, TA Baxall e Co., Ltd). Tutti i semi sono stati conservati a temperatura ambiente prima di effettuare i test e sono stati essiccati in ambiente secco a 15° C e 15 % di umidità relativa la notte precedente la pesatura.

Tabella 1 - Località, date di raccolta e dei test di germinazione dei semi delle popolazioni studiate. Specie: *Salicornia patula* Duval-Jouve (*Sp*), *Salicornia emerici* Duval-Jouve (*Se*), *Salicornia veneta* Pign. et Lausi (*Sv*). Sistema di riferimento: Datum WGS84.

SPECIE	ID POP	LOCALITA' DI RACCOLTA	WGS84 (°)		DATA RACCOLTA	DATA TEST GERMINAZIONE
<i>Sp</i>	1060	Blace (CR)	17,56	43,01	19/10/2014	27/01/2015
<i>Sp</i>	1048	Riserva Regionale Naturale Sentina (IT)	13,91	42,90	14/12/2013	27/01/2015
<i>Sp</i>	1061	Sant Pere Pescador, Girona (ES)	3,11	42,15	19/11/2014	27/01/2015
<i>Se</i>	1053	Blace (CR)	17,56	43,01	19/10/2014	27/01/2015
<i>Sv</i>	1046	Blace (CR)	17,56	43,01	19/10/2014	27/01/2015
<i>Sv</i>	1118	Riserva Regionale Naturale Sentina (IT)	13,91	42,90	10/12/2015	12/01/2016
<i>Sv</i>	1115	Riserva Statale Naturale Salina di Margherita di Savoia (IT)	16,05	41,38	29/12/2015	12/01/2016
<i>Sv</i>	1047	Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio (IT)	12,26	44,62	18/12/2014	27/01/2015

2.6. Caratterizzazione macromorfologica dei semi

Le misurazioni effettuate ai fini della caratterizzazione macromorfologica dei semi delle differenti popolazioni di *S. patula* e della popolazione di *S. emerici* sono state condotte presso la Banca del Germoplasma del Giardino Botanico dell'Università di Valencia. Sono state effettuate fotografie di 100 semi delle suddette popolazioni su carta millimetrata con un microscopio stereozoom (Nikon SMZ800) e utilizzando un software di elaborazione digitale delle immagini, ImageJ (Rasband, 1997 - 2012), sono state misurate lunghezza e larghezza dei semi. Il peso dei semi di *S. patula* e *S.*

emerici è stato ottenuto pesando dieci lotti di dieci semi ciascuno (10 x 10) con una micro-bilancia (Orion Cahn C-33) che prevede un'accuratezza di 1µg. Per le differenti popolazioni di *S. veneta* le misurazioni sono state effettuate presso il laboratorio della Millenium Seed Bank del Royal Botanic Gardens, Kew. Sono state misurate la lunghezza e la larghezza di 100 semi di ciascuna popolazione con uno stereoscopio Carl Zeiss Stemi SV11, fissato su AxioCam HRc. Il peso dei semi di *S. veneta* è stato ottenuto pesando dieci lotti di dieci semi ciascuno con una bilancia a sette cifre decimali (Mettler Toledo UMT2, Beaumont Leys, UK) con un'accuratezza di 0,1 µg. La forma del seme è stata descritta secondo le linee della sezione longitudinale e della sezione laterale utilizzando la terminologia di Harper *et al.* (1970); Stearn (1980, 1992); Werker (1997) e Clopton (2004). Il colore dei semi è stato descritto utilizzando il sistema di colori Munsell (1976). I campioni sono stati scelti in maniera casuale.

2.7. Caratterizzazione micromorfologica dei semi

Al fine di confrontare gli aspetti morfologici del tegumento esterno dei semi delle differenti popolazioni studiate provenienti dalle diverse località (Tab. 1) sono state effettuate delle foto della superficie seminale al microscopio elettronico a scansione (SEM, Hitachi S-4800) presso il Dipartimento SCSIE della sezione di Microscopia Elettronica dell'Università di Valencia. I campioni, preparati su nastro biadesivo di carbonio, sono stati montati su un portaoggetti in alluminio, rivestiti di uno strato polverizzato di palladio 100 - 200 Å

tramite polverizzazione catodica (Bio-Rad SC-500). I campioni sono stati esaminati ad una tensione di accelerazione di 5kv. Le micrografie dei semi sono state effettuate a quattro diversi ingrandimenti: x70, x600, x1000 e x20000 al fine di determinare i differenti modelli della superficie seminale delle diverse specie. La terminologia descrittiva usata per i vari aspetti della superficie seminale in relazione anche al loro aspetto nei diversi ingrandimenti osservati al SEM, è quella proposta da Barthlott (1984) e Werker (1997).

2.8. Analisi ai raggi X

Per ogni popolazione studiata sono stati analizzati 50 semi con una macchina digitale a raggi X (Faxitron, Qados, Sandhurst, UK) impostata secondo i parametri standard utilizzati presso la Millennium Seed Bank per la radiografia a raggi X dei semi (22 kV e 0,3 mA per 20 s). I raggi X hanno restituito una chiara immagine della morfologia interna dei semi e pertanto hanno consentito di rilevare quelli vuoti o danneggiati. I campioni sono stati selezionati in modo casuale.

2.9. Analisi del contenuto di olio dei semi

Il contenuto di olio nei semi (OC) è stato misurato mediante il metodo di risonanza magnetica nucleare, Time Domain (TD-NMR). Per ogni popolazione il contenuto di olio è stato quantificato su una quantità note di semi (Tab. 7, Par. 3.3.2.4, Tab. 24) pesati in mg, immagazzinati a 15 % RH. I semi sono stati analizzati utilizzando un MINISPEC Bruker mq20, con magnete 0,47 Tesla (20 MHz di

frequenza di risonanza protonica) operando a 40° C. A causa della piccola dimensione del campione, è stato usato un gruppo sonda di 10 mm. I campioni sono stati analizzati utilizzando una calibrazione eseguita per i semi di *Brassica oleracea* (10 mm_sf oil calibration_max seed mass 0,1 g). Il metodo prevede l'acquisizione di 16 scansioni con un ritardo di riciclo di 2 secondi. I campioni sono stati scelti in maniera casuale.

2.10. Analisi dei dati della morfologia seminale

Per ogni popolazione sono stati misurate lunghezza e larghezza di 100 semi. Sono state calcolate medie e deviazione standard per ogni misura. Il volume dei semi è stato calcolato con la seguente equazione presentata da Dias & Ganhão (2012):

$$VOL_1 = 0,56822 VOL_{LW} + 0,05156 VOL_{LW}^2$$

dove VOL_{LW} è il volume di semi stimato da

$$VOL_{LW} = \pi LW^2/6$$

utilizzando l'equazione presentata da Casco & Dias (2008) in cui

L è la lunghezza,

W è la larghezza.

Sono stati calcolati per ogni popolazione il volume del seme, il peso medio $\pm$ deviazione standard. Tra le popolazioni studiate appartenenti alla stessa specie sono state testate le differenze significative in termini di volume (log trasformato) e di peso tramite ANOVA ad una via.

2.11. Test di germinazione

Per ogni temperatura e concentrazione salina sono state effettuate quattro repliche di 25 semi di ciascuna delle popolazioni di *Salicornia* investigate su piastre Petri di polietilene di 6 cm di diametro su substrato con agar all'1 % in acqua distillata. I campioni sono stati selezionati in modo casuale. La risposta germinativa è stata testata in camere programmabili con temperatura ed illuminazione controllate per 30 giorni. I semi sono stati considerati germinati con l'emergere della radichetta. L'illuminazione, mediamente di $100 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, è stata fornita per 12 ore al giorno con luci a fluorescenza bianche fredde di 6500 °K. I test di germinazione sono stati condotti in un arco di tempo compreso tra 1 e 13 mesi dopo la raccolta. Alla fine di ogni prova di germinazione, i semi non germinati sono stati tagliati (test di taglio) per determinare se fossero vitali (freschi), non vitali (presenza di muffe) o vuoti. I risultati del test di taglio sono stati considerati nella percentuale di germinazione finale.

2.11.1. Effetto della temperatura

L'effetto della temperatura sulla germinazione è stato valutato a 7 temperature costanti comprese tra 5 e 35 °C e ad un regime alternato di temperatura 25/15 °C (Tab. 1). Le temperature usate in questo studio sono state selezionate in base ad alcuni precedenti lavori svolti sulla germinazione di *Salicornia* (Khan & Weber, 1986) e altri generi

della famiglia delle *Amaranthaceae* (Redondo *et al.* 2004; Qu *et al.* 2008a; b).

2.11.2. Effetto della salinità

La tolleranza al sale nella fase di germinazione è stata testata su 14 concentrazioni crescenti di NaCl di 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 1000 mM a temperatura costante risultata ottimale di 25 °C con un fotoperiodo di 12/12 h (Tab. 1). Mentre, per le popolazioni di *S. veneta* [ID1115: Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia (IT); ID1118: Riserva Naturale Regionale Sentina (IT)] raccolte nell'inverno successivo sono state testate cinque concentrazioni saline (0, 100, 200, 500, 1000 mM di NaCl) a temperatura costante (25 °C) scegliendo le più significative tra le 14 concentrazioni precedenti.

I semi non germinati nella fase dei test di salinità sono stati trasferiti previo lavaggio in acqua distillata su substrato con agar all'1 % e controllati per i successivi 30 giorni per verificarne la capacità di recupero dopo il passaggio del sale. La percentuale di germinazione di recupero è stata calcolata sul numero totale di semi seminati per fare il confronto grafico con le percentuali di germinazione dei semi germinati in soluzione salina e le percentuali di germinazione di semi germinati nella fase di recupero. Inoltre, le percentuali finali di germinazione nella fase di recupero sono state anche calcolate usando la seguente formula di Khan & Ungar (1984):

$$\left[\frac{(A - B)}{(C - B)} \right] * 100$$

dove **A** = numero di semi germinati in soluzione salina sommati a quelli germogliati nella fase di recupero in acqua deionizzata; **B** = numero dei semi germinati in soluzione salina; **C** = numero totale dei semi testati.

La percentuale di germinazione finale ottenuta con il test di salinità è stata calcolata come $(A/C) * 100$.

2.12. Analisi dati ed indici utilizzati

Sono stati utilizzati i valori medi ottenuti dai test di germinazione ed elaborati con pacchetto del software statistico SPSS 16.0. Le percentuali finali di germinazione (PGF) sono state calcolate sui conteggi finali trasformati in radice quadrata e poi in arcoseno. La significatività delle differenze delle medie delle percentuali finali di germinazione tra i trattamenti in ogni specie e delle velocità calcolate con l'indice TMG è stata testata con il test ANOVA (Khan & Rayner, 2003). L'ipotesi nulla è stata rifiutata con $P > 0,05$ ed è stato utilizzato un test post hoc di Tukey per stimare i gruppi omogenei. La differenza tra temperatura alternata (25/15 °C) e temperatura costante (20 °C) e tra test di salinità (salinità e recupero) e controllo, sono state testate tramite un test ANOVA ad una via. I test effettuati alle differenti temperature e alle differenti concentrazioni di salinità hanno portato alla determinazione di diversi indici di valutazione della velocità che sono poi stati confrontati tra loro. In letteratura sono presenti, infatti,

diversi indici di velocità basati sulla curva di germinazione accumulata. Tra questi nel presente lavoro sono stati usati come indici di velocità: I_2 , T_{50} e TMG. L'indice di velocità, I_2 , pesa l'istante temporale che assume ciascuno dei campioni sperimentali. Matematicamente, è il calcolo normalizzato del primo momento (centro dell'area del trapezio) del grafico della germinazione accumulata rispetto all'asse delle ordinate (López Valiente, 2011).

$$I_2 = \frac{200}{tf} \times \frac{\sum_k (t(k) - t(k-1)) (g(k) + g(k-1)) \left(tf - \frac{t(k) - t(k-1)}{2} \right)}{\sum_k (t(k) - t(k-1)) (g(k) + g(k-1))}$$

dove tf = durata totale del test; $g(k)$ = numero cumulativo dei semi germinati nel conteggio di k -esimo; $t(k)$ = tempo trascorso dall'inizio della prova fino al conteggio; k -esimo = numero dei giorni trascorsi da quando è iniziato l'esperimento.

L'indice di velocità, T_{50} , rappresenta i giorni necessari per raggiungere il 50 % della germinazione sui semi totali e viene calcolato utilizzando la formula di Thanos & Doussi (1995):

$$T50 = \left(\left(\frac{N}{2} - N_1 \right) \times (T_2 - T_1) + \frac{T_1}{N_2} \right) - N_1$$

dove N = percentuale finale di semi germinati; N_1 = percentuale di semi germinati poco prima di $N/2$ (conteggio più vicino inferiore $N/2$); N_2 = percentuale di semi germinati poco dopo di $N/2$ (conteggio più vicino superiore a $N/2$); T_1 = numero di giorni corrispondenti a N_1 ; T_2 = numero di giorni corrispondenti a N_2 .

Il tempo medio di germinazione (TMG) è stato calcolato utilizzando l'equazione proposta da Ellis & Roberts (1980):

$$TMG = \frac{\sum(n \times d)}{\sum N}$$

dove n = numero di semi che sono germinati nel giorno d ; N = numero totale di semi germinati alla fine del test.

Il calcolo della temperatura base (T_b) e del Thermal time (DD) si è basato sulla relazione tipicamente lineare tra l'inversa del tempo medio di germinazione (TMG) e la temperatura (Garcia-Huidobro *et al.*, 1982; Trudgill *et al.*, 2005). La relazione si esprime come:

$$\frac{1}{TMG(T)} = aT + b$$

$$Tb = -\frac{b}{a}$$

$$DD = \frac{1}{a}$$

dove come misura del tempo di germinazione è stato utilizzato il tempo medio di germinazione (TMG); T_b è la temperatura base e DD è la costante termica (Thermal time).

I dati della risposta germinativa delle diverse specie sono stati analizzati tramite il modello lineare generalizzato (GLM) con una funzione logit e una struttura di errore binomiale vincolata alla temperatura e alla salinità e al sito di raccolta. E' stato effettuato un modello completo di tutti i fattori principali (Temperatura, Salinità e Sito di raccolta) e in seguito, le interazioni (Temperatura x Sito di raccolta; Salinità x Sito di raccolta) sono state fissate nel medesimo modello. Il modello completo è stato analizzato con il test di rapporto

di verosimiglianza (likelihood ratio test). Per tracciare le curve della risposta germinativa è stato utilizzato il pacchetto 'DRC' che implementa tutte le funzioni necessarie per l'analisi di regressione non-lineare (Ritz & Streibig, 2005). Allo scopo di identificare i principali gradienti della variazione di germinazione, sia in termini di salinità e di temperatura di valutare le differenze e le somiglianze tra le popolazioni di *S. patula* e *S. veneta*, è stata utilizzata un'analisi standardizzata delle componenti principali (PCA) delle percentuali medie finali di germinazione trasformati prima in radice quadrata e poi in arcoseno. Inoltre, nel PCA biplot sono state fissate le medie delle caratteristiche bioclimatiche e morfologiche. Tutte le analisi descritte sono state effettuate in R (R Development Core Team, 2011).

3. RISULTATI

3.1. Vegetazione a *Salicornia patula*

Nel sito di raccolta della Riserva Naturale Regionale Sentina (AP, ITALIA), *S. patula* forma comunità attribuibili all'associazione *Suaedo maritimae-Salicornietum patulae* (Fig. 38).



Fig. 38 - *Suaedo maritimae-Salicornietum patulae* nella Riserva Naturale Regionale Sentina (AP, ITALIA) nell'estate del 2015.

Nella località di Blace (Croazia), *S. patula* forma comunità dense attribuibili all'associazione *Suaedo maritimae-Salicornietum patulae* che si insediano in un' area retrodunale evidentemente ruderalizzata al margine di un campeggio (Fig. 39). In Tab. 2 viene riportato il rilievo fitosociologico effettuato.



Fig. 39 - *S. patula* nella baia di Blace (CR) nell'ottobre del 2014.

Tabella 2 - *Suaedo maritimae-Salicornietum patulae* (Brullo & Furnari, 1976) Géhu & Géhu-Franck 1984 Rivas-Martínez 1990 *corr.* Sistema di riferimento: Datum WGS84. Ril.1: Parte destra del retroduna ruderalizzato vicino al campeggio nella baia di Blace,(CR) [43°01' N, 17°62' E], 14/10/2014.

Numero rilievo	1
Ricoprimento (%)	30
Superficie (m ²)	10
<i>Salicornia patula</i> Duval-Jouve	2.3
<i>Suaeda maritima</i> (L.) Dumort.	2.2

Nel sito di raccolta di Sant Pere Pescador, Girona (Spagna), sono presenti pochi esemplari di *S. patula* attribuibili all'associazione *Suaedo maritimae-Salicornietum patulae* subass. *suaedetosum splendentis*, molto diffusa nei terreni salini argillosi nella pianura costiera dell'Alt Emporadà (Perich & Sais, 2002).

3.2. Vegetazione a *Salicornia emerici*

Nella baia di Blace (Fig. 40) è stato eseguito un rilievo fitosociologico nelle formazioni dense a *S. emerici* (Tab. 3) e si conferma l'attribuzione all'associazione *Salicornietum emerici* O. Bolòs 1962 ex Brullo & Furnari 1976.

Tabella 3 - *Salicornietum emerici* O. Bolòs 1962 ex Brullo & Furnari 1976. Sistema di riferimento: Datum WGS84. Ril.1: Baia di Blace, (CR) [43°01' N, 17°62' E], 14/10/2014.

Numero rilievo	1
Copertura (%)	95
Superficie (m ²)	10
<i>Salicornia emerici</i> Duval-Jouve	5.5
<i>Spergularia marina</i> (L.) Besser	1.2
<i>Atriplex portulacoides</i> L.	1.2
<i>Limonium vulgare</i> subsp. <i>serotinum</i> (Rchb.) Gams.	1.1



Fig. 40 - *Salicornietum emerici* nella baia di Blace (CR) nell'ottobre 2014.

3.3. Vegetazione a *Salicornia veneta*

Nell'ambito delle ricerche effettuate, la vegetazione a *S. veneta*, attribuibile all'associazione *Salicornietum venetae* Pignatti 1966, è stata rinvenuta nella Riserva Naturale Regionale Sentina dove colonizza la parte bassa e profonda di alcune piccole pozze nell'area più depressa dove vi è l'ingresso diretto d'acqua salata (rill. 3 - 4 in Tab. 4; Fig. 41).



Fig. 41 - *Salicornietum venetae* nella Riserva Naturale Regionale Sentina nel dicembre del 2015.

Nella baia di Blace sono state osservate dense comunità di *S. veneta* attribuibili all'associazione *Salicornietum venetae* come è dimostrato dal rilievo 1 riportato in Tab. 4.

Nella Riserva Naturale Statale Saline di Margherita di Savoia, nella Vasca Paradiso, sul canale idrografico sinistro, nell'area in cui si verificano delle esondazioni in piccole superfici direttamente collegate con il canale e in cui il substrato argilloso-limoso consente la permanenza dell'acqua per un lungo periodo, *S. veneta* forma popolamenti densi ancora afferibili all'associazione *Salicornietum venetae* (ril. 5 in Tab. 4). Presso la Riserva Naturale Statale Sacca di

Bellocchio, infine, si riscontra la presenza di estesi popolamenti riferibili alla stessa associazione *Salicornietum venetae* (ril. 2. in Tab. 4; Fig. 42).



Fig. 42 - *Salicornietum venetae* nella Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio durante il periodo autunnale (Foto di Biondi).

Tabella 4 - *Salicornietum venetae* Pignatti 1966. Sistema di riferimento: Datum WGS84. Ril. 1: Baia di Blace, (CR) [43°01' N, 17°62' E], 14/10/2014; Ril. 2: Sacca di Bellocchio 2, Casalborsetti (RA) [44°62' N, 12°26' E], 18/12/2014; Rill. 3-4: Riserva Naturale Regionale Sentina (AP) [42°90' N, 13°91' E; 42°87' N, 13°88' E], 10/12/2015; Ril. 5: Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia (BAT) [41°38' N, 16°05' E], 28/12/2015.

Numero rilievo	1	2	3	4	5
Copertura (%)	95	95	95	95	95
Superficie (m ²)	10	10	10	10	20
Altezza max.vg. (cm)	-	-	50	50	-
<i>Salicornia veneta</i> Pign.et Lausi	5.5	5.5	4.5	4.5	5.5
<i>Aster tripolium</i> L.	-	-	+	1.2	-
<i>Suaeda maritima</i> (L.) Dumort.	-	-	2.3	+	-
<i>Atriplex portulacoides</i> L.	-	-	-	+	-

3.4. Campionamento dei parametri ecologici

In tabella 5 vengono riportati i risultati delle misurazioni relative alla conducibilità elettrolitica del suolo e della temperatura del suolo effettuati nelle stazioni italiane di campionamento.

Tabella 5 - Media e deviazione standard dei valori di conducibilità elettrolitica e temperatura del suolo dei siti di raccolta italiani: Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio (RA); Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia (BAT); Riserva Naturale Regionale Sentina (IT).

Sito di Raccolta	Data di misurazione	Conducibilità elettrolitica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (media $\pm$ dev.st)	Temperatura suolo ($^{\circ}\text{C}$) (media $\pm$ dev.st)
Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio (RA)	02/12/2015	10,86 $\pm$ 2,72	7,27 $\pm$ 1,28
Riserva Naturale Salina di Margherita di Savoia (BAT)	28/12/2015	7,64 $\pm$ 4,06	8,58 $\pm$ 0,54
Riserva Naturale Regionale Sentina (AP)	10/12/2015	4,61 $\pm$ 2,01	10,09 $\pm$ 0,48

Come si può osservare, i suoli campionati presso la Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio risultano avere la conducibilità elettrolitica più elevata rispetto agli altri siti di raccolta (Tab. 5), mentre le temperature del suolo più elevate e la conducibilità elettrolitica inferiore sono state riscontrate presso la Riserva Naturale Regionale Sentina.

3.5. Analisi seminale

3.5.1. *Salicornia patula* Duval-Jouve

3.5.1.1. *Caratterizzazione macromorfologica dei semi*

I semi di *S. patula* delle accessioni ID1048, ID1060 e ID1061 sono ellittici e lateralmente compressi. Il colore dei semi è marrone, opaco con una testa membranosa coperta da lunghi peli, appressati ed uncinati all'apice (Fig. 43).

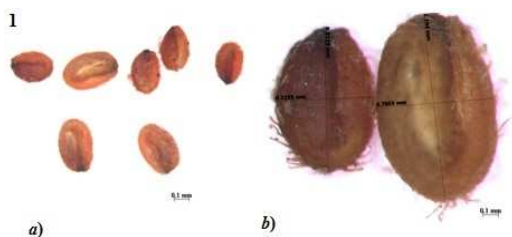




Fig. 43 - Semi delle tre popolazioni di *S. patula*. 1: Riserva Naturale Regionale Sentina (IT) [ID1048]; 2: Blace (CR) [ID1060]; 3: Girona (ES) [ID1061] a) campione casuale di semi, x1.6 e b) seme centrale e seme laterale, x5.0.

I semi della popolazione ID1048 sono più grandi di quelli delle popolazioni ID1060 e ID1061. Infatti, mostrano medie significativamente differenti sia in lunghezza [$F(2, 297)=4,483$; $P=0,012$] sia in larghezza [$F(2, 297)=116,59$; $P<0,001$] (Tab. 6). Inoltre, sia la media del volume [$F(2, 296)=110,297$; $P<0,001$] (Fig. 44) sia quella del peso [$F(2, 27)=7,156$; $P=0,03$] dei semi delle tre popolazioni sono significativamente differenti. Si può affermare che i semi della popolazione ID1061 sono più pesanti di quelli delle popolazioni ID1048 e ID1060 (Tab. 6; Fig. 45).

Tabella 6 - Media e deviazione standard dei valori di lunghezza (n=100), larghezza (n=100), volume (n=100) e peso (n=10 x 10) dei semi delle tre popolazioni di *S. patula*. Popolazione 1048: Riserva Naturale Regionale Sentina (IT), popolazione 1060: Blace (CR) e popolazione 1061: Girona (ES). Le lettere uguali indicano i gruppi omogenei per ogni misurazione.

POP	Lunghezza (mm, media $\pm$ dvst)	Larghezza (mm, media $\pm$ dvst)	Volume (mm3, media $\pm$ dvst)	Peso (μ g, media $\pm$ dvst)
1048	1,09 $\pm$ 0,81 a	0,81 $\pm$ 0,13 a	0,23 $\pm$ 0,08 a	202,4 $\pm$ 36,8 b
1060	1,05 $\pm$ 0,12 ab	0,60 $\pm$ 0,08 ab	0,11 $\pm$ 0,03 b	207,2 $\pm$ 33,2 b
1061	1,03 $\pm$ 0,16 b	0,60 $\pm$ 0,12 b	0,11 $\pm$ 0,05 b	253,4 $\pm$ 29,3 a

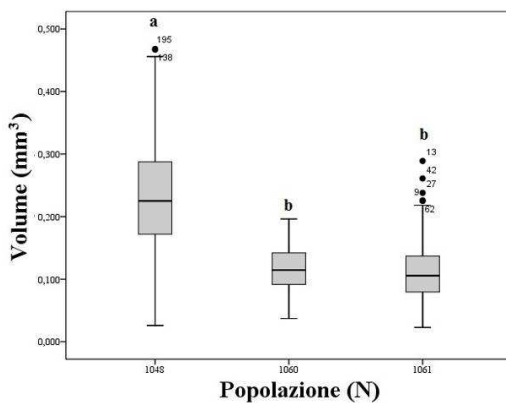


Fig. 44 - Box plot dei volumi delle tre popolazioni di *S. patula*.

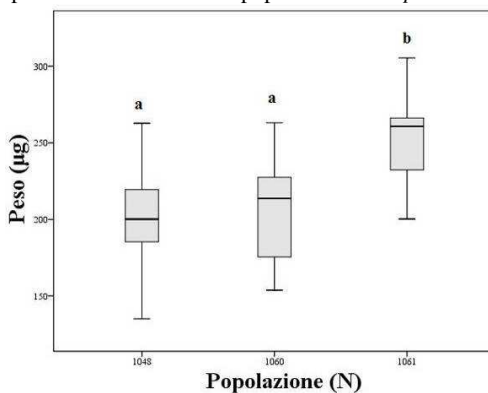


Fig. 45 - Box plot dei pesi delle tre popolazioni di *S. patula*.

3.5.1.2. Caratterizzazione micromorfologica dei semi

La superficie del seme di *S. patula* è solitamente marrone, ben sviluppata e dura, è completamente liscia o presenta tutt'al più delle piccole protuberanze. La regione ventrale del seme è piatta e liscia o leggermente ruvida, mentre nella regione dorsale è presente in senso longitudinale il solco radicolare (Fig. 46). I semi non sono ricoperti da efflorescenza salina. La forma delle cellule epidermiche segue un modello simile a quello dei tasselli di un puzzle (Fig. 47). Le cellule epidermiche nei bordi del seme sono allungate e presentano dei peli uncinati. L'embrione si presenta piegato e l'endosperma, o più precisamente il perisperma, è assente.

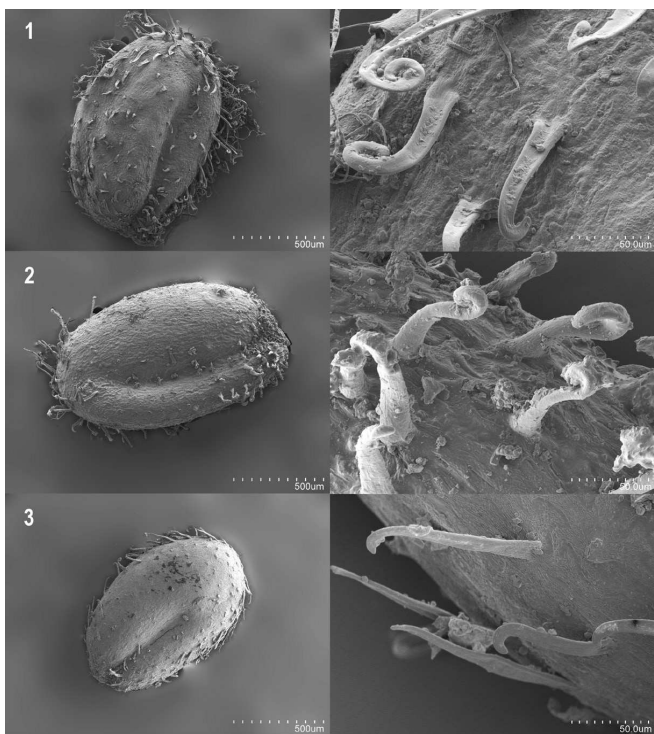


Fig. 46 - Immagini al SEM dei semi e di peli delle popolazioni studiate di *S. patula*. 1: Riserva Naturale Regionale Sentina (IT) [ID1048]; 2: Blace (CR) [ID1060]; 3: Girona (ES) [ID1061] a) x70 e b) x600.

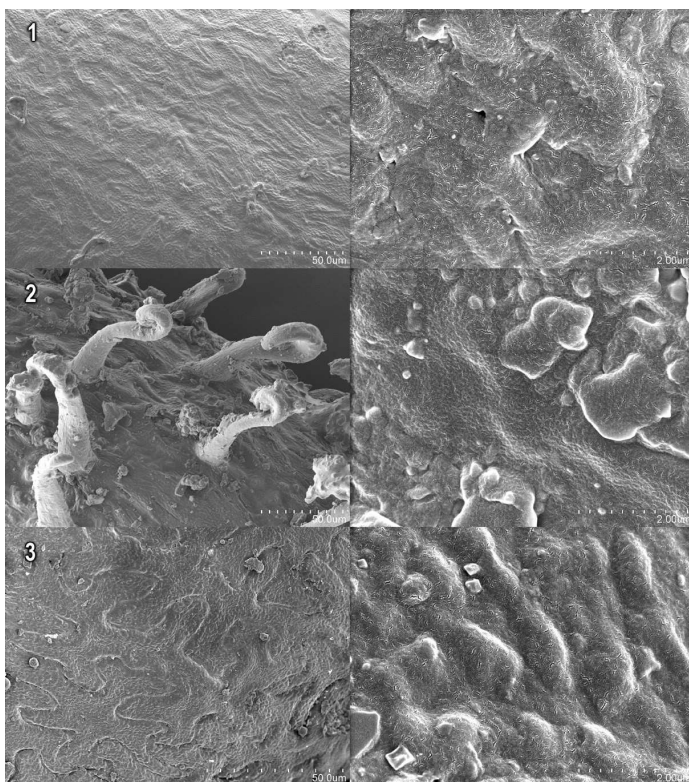


Fig. 47 - Immagini al SEM della superficie delle cellule epidermiche delle popolazioni studiate di *S. patula*. 1: Riserva Naturale Regionale Sentina (IT) [ID1048]; 2: Blace (CR) [ID1060]; 3: Girona (ES) [ID1061] a) x1000 e b) x20000.

3.5.1.3. Analisi ai raggi X

I lotti dei semi delle tre popolazioni studiate, osservati ai raggi X, mostrano un'elevata qualità ovvero sia assenza di semi vuoti o poco sviluppati (Fig. 48).

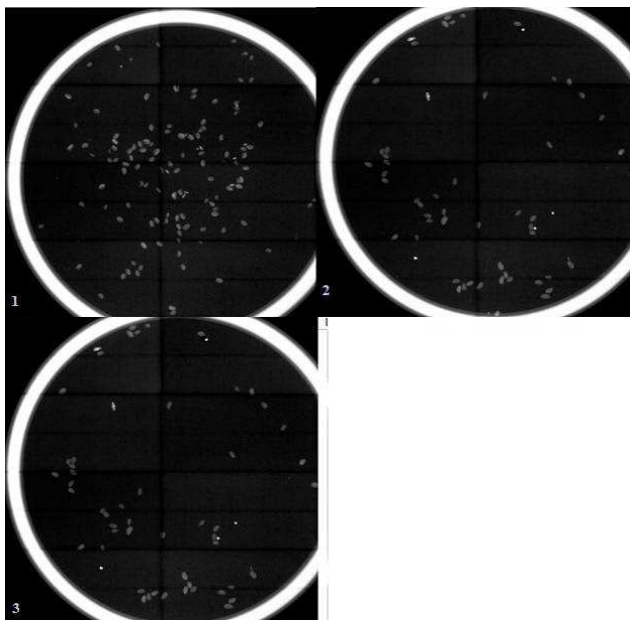


Fig. 48 - Semi delle popolazioni studiate di *S. patula* osservate ai raggi X. 1: Riserva Naturale Regionale Sentina (IT) [ID1048]; 2: Blace (CR) [ID1060]; 3: Girona (ES) [ID1061]

3.5.1.4. Analisi del contenuto di olio dei semi

Le tre popolazioni hanno differenti contenuti percentuali di olio. La popolazione ID1048 ha una maggiore quantità di olio rispetto alla popolazione ID1061 e ID1060 (Tab. 7).

Tabella 7 - Contenuto di olio (%) nei semi delle tre popolazioni studiate di *S. patula*. [ID1048]: Riserva Naturale Regionale Sentina (IT); [ID1060]: Blace (CR); [ID1061]: Girona (ES).

Contenuto totale olio (%)		
POP	Quantità di semi (g)	Contenuto Olio (%)
1048	0,102	27,79
1060	0,029	16,52
1061	0,011	17,40

3.5.1.5. Test di germinazione

3.5.1.5.1. Effetto della temperatura sulla germinazione

I semi di *S. patula* ID1048 [F(6, 21)=13,907; P<0,001] e ID1060 [F(6, 21)=7,843; P<0,001] mostrano una percentuale di germinazione significativamente influenzata dalla temperatura mentre la percentuale di germinazione dei semi dell'accessione ID1061 non è influenzata significativamente dalla temperatura (P>0,05). Il test Tukey HSD (P<0,05) effettuato per le tre popolazioni, mostra differenze significative e divide i dati in gruppi omogenei (Tab. 8 [ID1048: a, b, c]; Tab. 9 [ID1060: a, b]; Fig. 49).

Nel caso della popolazione ID1061, invece, il test Tukey non mostra differenze significative (Tab. 10). Inoltre, la popolazione ID1048 e ID1060 hanno un intervallo ottimale di germinazione tra 20 e 35° C, mentre tra 5 e 15° C presentano i valori più bassi di germinazione (45,0 % nella popolazione ID1048 a 5° C; 22,3 % nella popolazione ID1060 a 10° C). La popolazione ID1061 non mostra un regime ottimale nella percentuale di germinazione e presenta un minimo di germinazione (63,5 %) a 10° C (Fig. 49). Trattando i dati a 5° C ed eliminando le prove con maggiore variabilità (Gasparri *et al.* 2016), la

popolazione ID1061 sembra avere un comportamento simile a quello delle altre due popolazioni studiate.

Tabella 8 - Percentuale finale di germinazione (PFG) e alcuni indici di velocità (media e deviazione standard) dei semi della popolazione ID1048 alle differenti temperature. Le lettere uguali indicano i gruppi omogenei per ogni temperatura.

Temperatura (°C)	Germinazione (%)		Velocità			
	PFG (media ± dev.st.)	Gruppi omogenei (p< 0,05)	$\bar{I}_2$ (media ± dev.st.)	TMG (gg, media ± dev.st.)	Gruppi omogenei i (p< 0,05)	t50 (media ± dev.st.)
5	45,0 ± 11,9	c	76,8 ± 4,2	8,78 ± 1,4	c	8,0 ± 1,9
10	54,1 ± 4,4	c	79,9 ± 3,9	7,73 ± 2,0	bc	5,2 ± 2,7
15	42,5 ± 7,7	c	78,8 ± 0,7	9,19 ± 9,2	c	6,6 ± 1,0
20	57,0 ± 12,7	bc	80,4 ± 1,7	8,58 ± 0,8	c	5,8 ± 0,7
25	83,7 ± 9,6	a	87,5 ± 2,3	5,3 ± 1,0	b	2,7 ± 2,1
30	78,5 ± 10,1	ab	83,2 ± 2,8	7,39 ± 1,1	bc	4,9 ± 2,8
35	86,7 ± 7,1	a	94,8 ± 2,3	1,66 ± 0,9	a	0,8 ± 0,1
25/15	74,0 ± 7,0	-	78,7 ± 2,8	8,93 ± 1,3	c	6,5 ± 0,8

Tabella 9 - Percentuale finale di germinazione (PFG) e alcuni indici di velocità (media e deviazione standard) dei semi della popolazione ID1060 alle differenti temperature. Le lettere uguali indicano i gruppi omogenei per ogni temperatura.

Temperatura (°C)	Germinazione (%)		Velocità			
	PFG (media ± dev.st.)	Gruppi omogenei (p< 0,05)	$\bar{I}_2$ (media ± dev.st.)	TMG (gg, media ± dev.st.)	Gruppi omogenei (p< 0,05)	t50 (media ± dev.st.)
5	24,7 ± 5,1	b	68,2 ± 9,5	13,7 ± 3,6	c	10,5 ± 3,5
10	22,3 ± 13,1	b	76,2 ± 4,2	8,55 ± 1,5	ab	5,8 ± 3,1
15	41,7 ± 17,3	ab	73,4 ± 3,1	10,5 ± 0,8	abc	8,9 ± 1,5
20	61,6 ± 8,2	a	72,2 ± 7,0	11,0 ± 2,6	bc	9,8 ± 3,9
25	68,4 ± 9,5	a	78,6 ± 5,2	8,6 ± 2,0	ab	7,6 ± 3,0
30	64,9 ± 12,2	a	79,9 ± 3,8	8,4 ± 0,9	ab	6,0 ± 1,3
35	72,0 ± 18,5	a	75,6 ± 1,6	5,5 ± 0,8	a	4,7 ± 1,5
25/15	59,0 ± 16,2	-	78,6 ± 7,9	8,3 ± 2,8	ab	6,6 ± 3,0

Tabella 10 - Percentuale finale di germinazione (PFG) e alcuni indici di velocità (media e deviazione standard) dei semi della popolazione ID1061 alle differenti temperature. Le lettere uguali indicano i gruppi omogenei per ogni temperatura.

Temperatura (°C)	Germinazione (%)		Velocità			
	PFG (media $\pm$ dev.st.)	Gruppi omogenei ($p < 0,05$)	$\bar{I}_2$ (media $\pm$ dev.st.)	TMG (gg, media $\pm$ dev.st.)	Gruppi omogenei ($p < 0,05$)	t50 (media $\pm$ dev.st.)
5	78,0 $\pm$ 23,2	a	84,6 $\pm$ 1,2	7,34 $\pm$ 0,8	bc	4,5 $\pm$ 0,8
10	63,5 $\pm$ 7,7	a	81,2 $\pm$ 3,6	8,29 $\pm$ 1,0	c	5,2 $\pm$ 2,4
15	71,8 $\pm$ 7,0	a	87,2 $\pm$ 5,1	6,05 $\pm$ 2,3	abc	2,8 $\pm$ 2,3
20	70,5 $\pm$ 15,6	a	90,6 $\pm$ 3,7	4,73 $\pm$ 1,5	ab	1,8 $\pm$ 1,5
25	78,0 $\pm$ 4,0	a	90,1 $\pm$ 3,3	4,74 $\pm$ 1,5	ab	2,5 $\pm$ 1,2
30	64,0 $\pm$ 13,8	a	89,1 $\pm$ 2,9	5,01 $\pm$ 1,9	abc	1,7 $\pm$ 0,1
35	85,7 $\pm$ 3,8	a	80,1 $\pm$ 2,0	3,0 $\pm$ 1,0	a	2,2 $\pm$ 0,7
25/15	70,7 $\pm$ 1,2	-	88,7 $\pm$ 4,0	4,39 $\pm$ 2,0	ab	2,3 $\pm$ 1,8

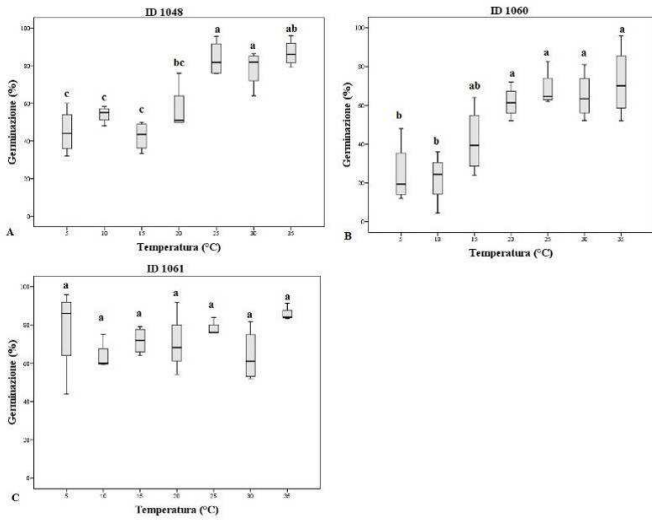


Fig. 49 - Box plot della percentuale di germinazione di *S. patula*. **A)** Riserva Naturale Regionale Sentina (IT) [ID1048]; **B)** Blace (CR) [ID1060] e **C)** Sant Pere Pescador, Girona (ES) [ID1061] ai differenti regimi di temperatura.

Le tre popolazioni non mostrano differenze significative nella percentuale di germinazione a temperatura costante (20 °C) rispetto a quella alternata (25/15 °C) [$P>0,05$] (Fig. 50).

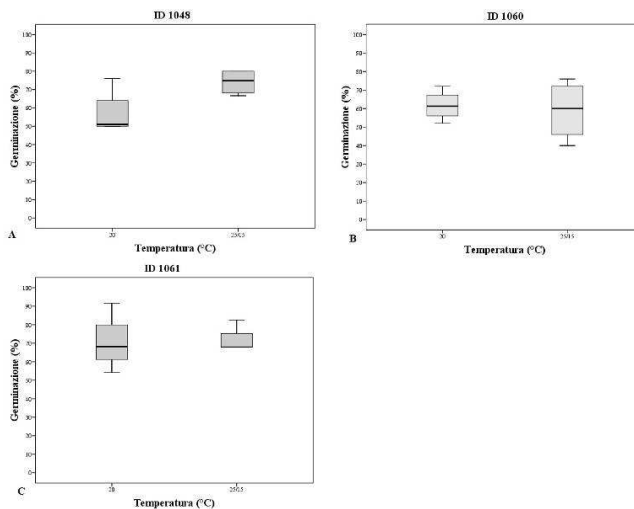
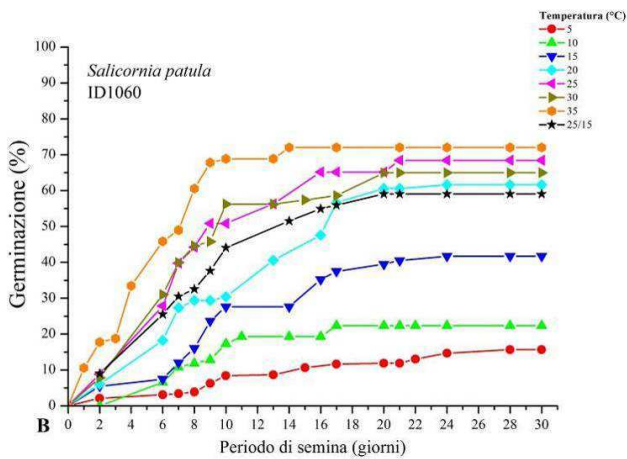
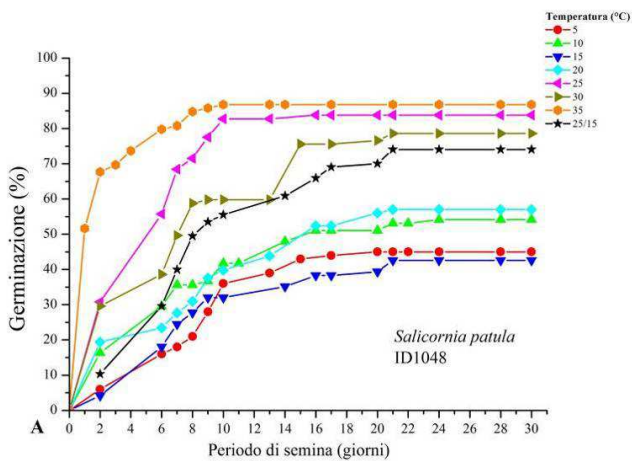


Fig. 50 - Box-plot di confronto tra le percentuali di germinazione a temperatura costante (20° C) e a quella alternata (25/15° C). **A)** Riserva Naturale Regionale Sentina (IT) [ID1048]; **B)** Blace (CR) [ID1060] e **C)** Girona (ES) [ID1061].

I semi delle tre popolazioni studiate di *S. patula* hanno iniziato a germinare contemporaneamente a tutte le temperature (Fig. 51).



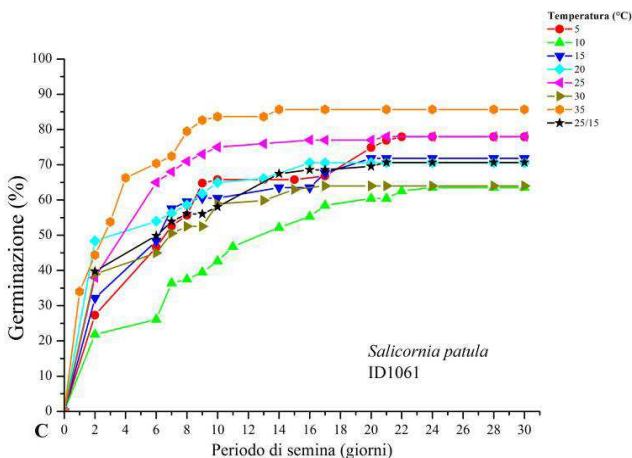


Fig. 51 - Percentuale di germinazione cumulativa dei semi di *S. patula*. **A)** Riserva Naturale Regionale Sentina (IT) [ID1048]; **B)** Blace (CR) [ID1060] e **C)** Girona (ES) [ID1061] alle temperature comprese tra 5 e 35 °C.

La velocità di germinazione dei semi della popolazione ID1048, cresce all'aumentare della temperatura anche se non segue un andamento strettamente lineare. Il test ANOVA ad una via ($P < 0,05$) eseguito sui dati del Tempo Medio di Germinazione mostra differenze significative [$F(7, 24) = 17,598$; $P < 0,001$]. La velocità di germinazione è massima a 35 °C e minima a 5 °C (Tab. 8). Analogamente alla popolazione italiana di *S. patula* studiata, anche nei semi della popolazione ID1060, la velocità di germinazione non mostra un andamento strettamente lineare. L'ANOVA effettuata sui dati del TMG evidenzia differenze significative [$F(7, 24) = 5,04$; $P = 0,001$] dove il valore massimo è rappresentato a 35 °C e quello minimo a 5 °C (Tab. 9). Anche la velocità di germinazione della popolazione ID1061

ha un andamento simile alle altre popolazioni studiate. Il TMG sottolinea differenze significative [F(7, 24)=5,103; P=0,001]. La velocità di germinazione è massima a 35 °C e minima a 10 °C (Tab. 10). Il grafico in Fig. 52 rappresenta l'inversa del TMG vs. la temperatura calcolata per le tre popolazioni studiate. Il valore ottenuto per la Temperatura base, T_b , è 2 °C per la popolazione ID1048, - 31,5°C per la popolazione ID1060, - 16,8 °C per la popolazione ID1061. Il valore di Thermal Time, costante termica o tempo termico, DD, è di 90,9 °C giorni per la popolazione ID1048, 500 °C giorni per la popolazione ID1060 e 200 °C giorni per la popolazione ID1061.

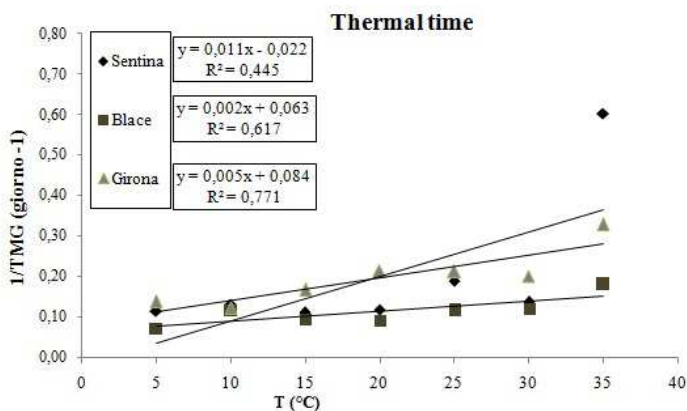


Fig. 52 - Inversa di 1/TMG: rette di regressione per il calcolo della Temperatura base (T_b) e il Thermal time (DD) delle popolazioni studiate di *S. patula*: Riserva Naturale Regionale Sentina (IT) [ID1048]; Blace (CR) [ID1060] e Sant Pere Pescador, Girona (ES) [ID1061].

La GLM mostra un effetto significativo dei fattori, Temperatura (T) e Sito di raccolta (SC) e loro interazione (T x SC). L'analisi della

devianza ha permesso di testare le relazioni e quantificare il contributo dei diversi fattori alla risposta germinativa (Tab. 11). L'interazione significativa in termini di relazione tra la risposta germinativa di *S. patula* e la temperatura si differenzia a seconda del sito di raccolta. Infatti, la popolazione di Girona mostra un differente modello (Fig. 53). Le altre due curve di risposta germinativa, invece, sono simili nella forma e nell'andamento ma si differenziano su livelli germinativi differenti. Questo andamento è dovuto all'effetto significativo che ha il sito di raccolta dei semi sui test di germinazione. Infatti, la popolazione ID1048 ha una germinazione mediamente più elevata (la sua curva è più alta) rispetto alla popolazione ID1060 (Fig. 53).

Tabella 11 - Analisi della devianza della GLM binomiale fittata sulla germinazione dei semi di *Salicornia patula* vincolata alla temperatura e al sito di raccolta (Codici Sign.: 0 '***'; 0,001 '**'; 0,05 '*'; 1).

Tabella analisi della devianza						
Fonte	Df	Devianza	Devianza (%)	Resid. Df	Resid. Dev.	valore-p
Devianza Tot.				80,0	375,2	
Temperatura (T)	1	169,0	45,0	79,0	206,2	0,001 ***
Sito di Raccolta (SC)	2	49,1	13,0	77,0	157,1	0,001 ***
T x SC	2	11,8	3,0	75,0	145,3	0,05 *

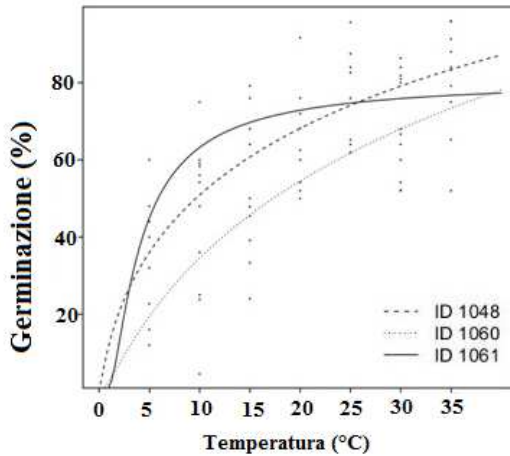


Fig. 53 - Curve binomiali GLM di risposta germinativa fittate sulla germinazione di *Salicornia patula* (Germinazione) vincolata alla Temperatura (T) e al Sito di raccolta dei semi (SC). (Siti di raccolta: ID1048: Riserva Naturale Regionale Sentina; ID1060: Blace (CR); ID1061: Sant Pere Pescador, Girona (ES).

3.5.1.5.2. Effetto del sale sulla germinazione

La percentuale di germinazione finale dei semi delle popolazioni studiate di *S. patula* ottenuta su substrato neutro alla temperatura di 25 °C è di 84,0 % [ID1048]; di 68,4 % [ID1060]; di 78,0 % [ID1061] (Tab. 8; Tab. 9; Tab. 10). Il test Tukey HSD ($P < 0,05$) eseguito sui dati di germinazione ai diversi livelli di salinità ha dimostrato che non ci sono differenze significative tra la germinazione su substrato neutro e la germinazione a concentrazioni di sale di: 50, 100, 150, 200 e 350 mM nei semi della popolazione ID1048 (Tab. 12); di 50, 100; 150; 200; 250; 450 e 500 mM nei semi della popolazione ID1060 (Tab.

13); di 50, 100, 150, 200, 250, 350 e 400 mM nei semi della popolazione ID1061 (Tab. 14).

Tabella 12 - Percentuale finale di germinazione (PFG) nei test di salinità e alcuni indici di velocità (media e dev. st.) dei semi di *S. patula* della popolazione ID1048 alle differenti concentrazioni di sale alla temperatura di 25 °C. Le stesse lettere indicano i gruppi omogenei per ogni concentrazione di sale.

Salinità (mM)	Germinazione (%)		Velocità			
	PFG (media ± dev.st.)	Gruppi omogenei (p< 0,05)	$\bar{I}_2$ (media ± dev.st.)	TMG (gg, media ± dev.st.)	Gruppi omogenei (p< 0,05)	t50 (media ± dev.st.)
0	84,0 ± 9,6	ab	87,5 ± 2,3	5,3 ± 1,0	a	2,7 ± 2,1
50	77,0 ± 13,9	abc	88,9 ± 2,4	4,6 ± 1,2	a	2,9 ± 1,1
100	91,0 ± 7,4	a	84,2 ± 6,0	8,6 ± 3,2	a	3,8 ± 3,0
150	68,0 ± 5,7	abcde	89,7 ± 3,3	6,1 ± 2,2	a	3,8 ± 1,7
200	74,0 ± 10,8	abcd	88,1 ± 5,0	4,7 ± 1,6	a	2,7 ± 2,5
250	48,0 ± 11,6	cdef	80,1 ± 3,8	5,4 ± 3,1	a	2,9 ± 3,2
300	50,0 ± 9,2	cdef	87,6 ± 7,6	9,8 ± 0,9	a	5,7 ± 4,0
350	58,0 ± 6,9	bcdef	88,5 ± 3,0	5,9 ± 4,5	a	4,5 ± 5,0
400	43,0 ± 16,1	def	84,5 ± 9,0	6,0 ± 1,9	a	2,0 ± 0,5
450	36,0 ± 16,0	ef	80,8 ± 3,9	6,8 ± 5,5	a	4,7 ± 3,8
500	42,0 ± 19,2	def	89,9 ± 3,7	9,7 ± 1,2	a	9,5 ± 9,5
600	32,0 ± 13,8	f	86,9 ± 4,6	4,6 ± 2,6	a	2,0 ± 1,8
700	29,5 ± 13,8	f	88,5 ± 3,5	6,2 ± 2,3	a	3,5 ± 2,0
800	24,1 ± 5,1	f	91,0 ± 7,1	5,5 ± 5,4	a	1,1 ± 0,6
1000	24,4 ± 8,4	f	92,2 ± 3,9	3,3 ± 1,9	a	0,9 ± 0,4

Tabella 13 - Percentuale finale di germinazione (PFG) nei test di salinità e alcuni indici di velocità (media e dev. st.) dei semi di *S. patula* della popolazione ID1060 alle differenti concentrazioni di sale alla temperatura di 25 °C. Le lettere uguali indicano i gruppi omogenei per ogni concentrazione di sale.

	Germinazione (%)		Velocità			
Salinità (mM)	PFG (media ± dev.st.)	Gruppi omogenei (p< 0,05)	$\bar{I}_2$ (media ± dev.st.)	TMG (gg, media ± dev.st.)	Gruppi omogenei (p< 0,05)	t50 (media ± dev.st.)
0	68,4 ± 9,5	a	78,6 ± 5,2	8,7 ± 2,1	a	7,6 ± 3,0
50	50,0 ± 7,1	ab	89,5 ± 2,3	4,7 ± 1,8	a	2,6 ± 0,8
100	68,5 ± 14,2	a	84,8 ± 7,2	6,8 ± 3,4	a	3,4 ± 0,8
150	54,0 ± 6,6	ab	83,9 ± 8,3	7,1 ± 4,2	a	4,8 ± 2,4
200	53,2 ± 14,0	ab	81,9 ± 2,4	8,5 ± 1,7	a	4,9 ± 1,1
250	49,0 ± 4,5	ab	81,5 ± 8,8	8,2 ± 3,7	a	5,5 ± 3,0
300	35,0 ± 8,3	bc	84,2 ± 4,5	7,7 ± 2,1	a	4,0 ± 1,8
350	30,0 ± 6,5	bcde	83,2 ± 10,0	7,8 ± 5,6	a	5,0 ± 3,0
400	32,0 ± 17,7	bcd	82,9 ± 7,6	8,3 ± 4,4	a	5,3 ± 3,7
450	48,0 ± 19,1	ab	83,6 ± 1,7	6,4 ± 1,6	a	4,7 ± 0,7
500	44,9 ± 4,8	abc	75,6 ± 10,2	10,6 ± 3,6	a	6,8 ± 6,0
600	38,0 ± 16,5	bc	85,8 ± 7,2	6,2 ± 4,3	a	3,6 ± 2,6
700	7,1 ± 3,7	e	87,3 ± 12,9	4,9 ± 5,7	a	3,2 ± 1,9
800	18,8 ± 9,4	cde	91,0 ± 3,0	5,5 ± 5,4	a	2,0 ± 1,8
1000	9,94 ± 8,2	de	94,0 ± 5,3	2,2 ± 2,6	a	1,3 ± 1,0

Tabella 14 - Percentuale finale di germinazione (PFG) nei test di salinità e alcuni indici di velocità (media e dev. st.) dei semi di *S. patula* della popolazione ID1061 alle differenti concentrazioni di sale alla temperatura di 25 °C. Le lettere uguali indicano i gruppi omogenei per ogni concentrazione di sale.

	Germinazione (%)		Velocità			
Salinità (mM)	PFG (media ± dev.st.)	Gruppi omogenei (p< 0,05)	$\bar{I}_2$ (media ± dev.st.)	TMG (gg, media ± dev.st.)	Gruppi omogenei (p< 0,05)	t50 (media ± dev.st.)
0	78,0 ± 4,0	ab	90,1 ± 3,3	5,0 ± 1,9	a	2,5 ± 1,2
50	67,0 ± 3,3	ab	92,6 ± 2,2	3,2 ± 2,1	a	1,4 ± 0,5
100	60,0 ± 5,5	abc	89,6 ± 5,1	3,6 ± 2,2	a	4,7 ± 1,0
150	51,0 ± 9,0	abc	90,0 ± 3,3	4,7 ± 2,3	a	1,6 ± 0,9
200	45,8 ± 18,2	abcd	91,4 ± 3,9	4,2 ± 2,7	a	1,8 ± 0,8
250	48,0 ± 19,4	abc	87,7 ± 5,2	5,0 ± 2,2	a	3,0 ± 1,8
300	31,0 ± 11,8	cd	87,5 ± 8,4	5,7 ± 4,9	a	2,9 ± 2,0
350	57,5 ± 20,1	ab	91,0 ± 2,1	3,8 ± 0,9	a	1,2 ± 0,6
400	51,0 ± 17,7	ab	90,6 ± 4,8	3,9 ± 3,0	a	2,3 ± 1,2
450	40,4 ± 14,9	bcd	90,2 ± 4,2	4,1 ± 2,0	a	2,3 ± 1,4
500	42,9 ± 5,8	bcd	84,8 ± 8,1	7,9 ± 4,5	a	6,3 ± 6,4
600	31,0 ± 13,4	cd	94,5 ± 1,6	2,1 ± 0,8	a	0,8 ± 0,2
700	28,2 ± 5,4	cd	86,2 ± 4,4	5,5 ± 1,6	a	2,7 ± 1,2
800	17,1 ± 14,7	e	96,8 ± 1,9	1,3 ± 1,7	a	1,9 ± 1,8
1000	15,1 ± 5,1	e	92,1 ± 3,2	3,0 ± 1,5	a	1,3 ± 1,0

La germinazione dei semi di *S. patula* è influenzata dall'effetto del sale ID1048: [F(14, 45)=12,532; P<0,001]; ID1060: [F(14, 45)=12,002, P<0,001]; ID1061: [F(14, 45)=8,030; P<0,001]. La massima percentuale di germinazione raggiunta è di 91,0 % per la popolazione ID1048 e 68,5 % per la popolazione ID1060 alla concentrazione di 100 mM e di 67,0 % per la popolazione ID1061 alla concentrazione di 50 mM (Fig. 54). Il minimo di germinazione registrato è di 24,1 % alla concentrazione di 800 mM per la popolazione italiana ID1048, di 7,1 % alla concentrazione di 700 mM per la popolazione croata ID1060 e 15,0 % alla concentrazione di 1000 mM per la popolazione spagnola ID1061 (Fig. 54).

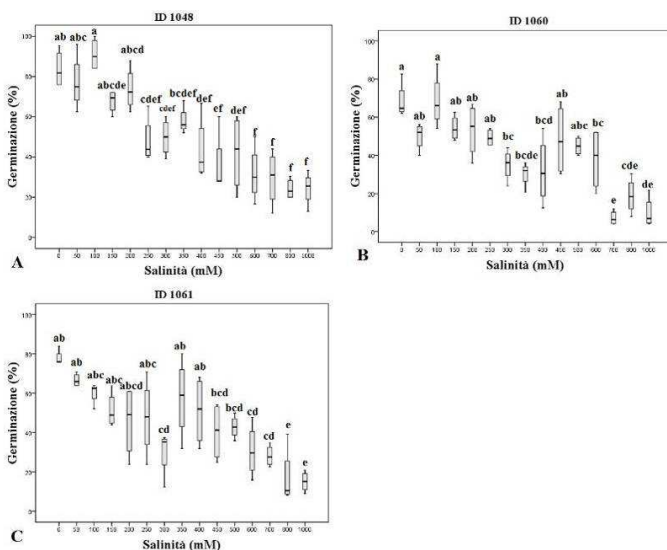
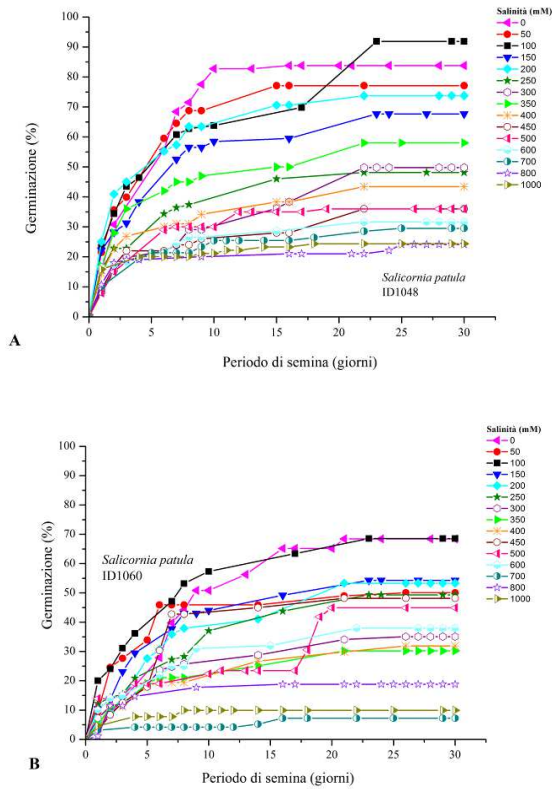


Fig. 54 - Box plot della percentuale di germinazione di *S. patula* **A)** ID1048: Riserva Naturale Regionale Sentina (IT); **B)** ID1060: Blace (CR) e **C)** ID1061: Sant Pere Pescador, Girona (ES) ai differenti livelli di salinità.

I semi delle tre popolazioni studiate di *S. patula* iniziano a germinare contemporaneamente a tutte le salinità non mostrando ritardi nell'inizio della loro germinazione (Fig. 55).



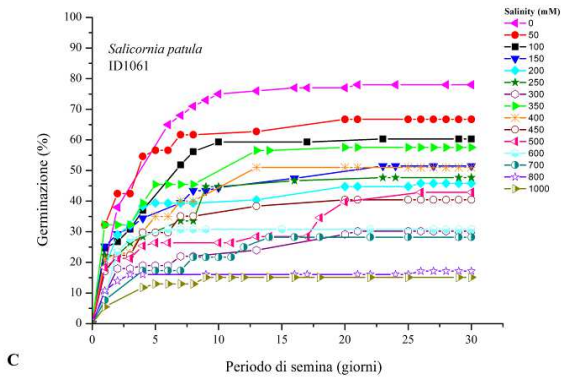


Fig. 55 - Percentuale di germinazione cumulativa dei semi di *S. patula* **A**): Riserva Naturale Regionale Sentina (IT) [ID1048]; **B**) ID1060: Blace (CR) [ID1060] e **C**) Sant Pere Pescador, Girona (ES) [ID1061] alle concentrazioni di salinità riportate in legenda.

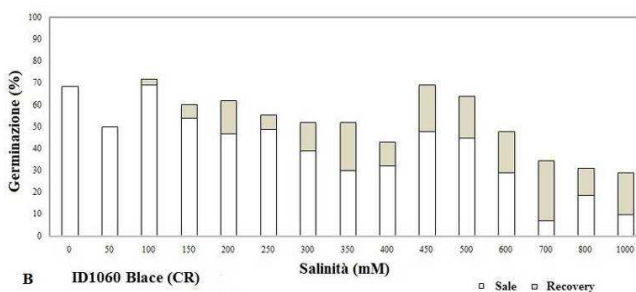
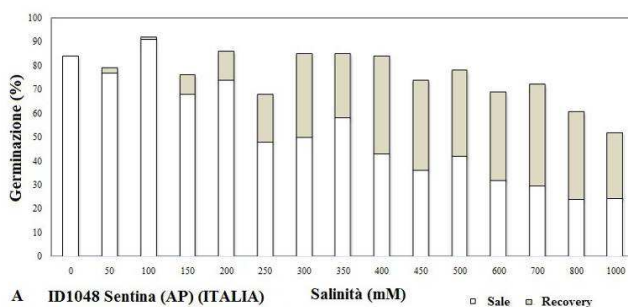
La velocità di germinazione, in particolare calcolata con l'indice del TMG, non mostra differenze significative [$P > 0,05$] nelle tre popolazioni studiate (Tab. 12; Tab. 13; Tab. 14) in relazione alle differenti concentrazioni saline testate. Non si può dedurre, perciò, né un potenziale osmotico di base né una costante idrotermica che descriva un valore di potenziale idrico correlato ai giorni di germinazione per le tre popolazioni di *S. patula* studiate. I semi delle tre popolazioni studiate mostrano una buona percentuale di germinazione nella fase di recupero dopo il passaggio di NaCl a tutte le differenti concentrazioni (Fig. 56). La percentuale più alta di recupero calcolata sul numero totale di semi seminati, è stata registrata a 700 mM sia dalla popolazione ID1048 (42,6 %; Fig. 56) sia dalla

popolazione ID1060 (27,6 %; Fig. 56) mentre per la popolazione ID1061 la percentuale più alta di recupero calcolata sul numero totale di semi seminati si verifica a 400 mM (32,0 %; Fig. 56). Calcolando la percentuale di recupero con la formula di Khan & Ungar (1984), le percentuali più alte ottenute sono di 72,0 % per la popolazione ID1048 alla concentrazione salina di 200 mM; di 35,7 % per la popolazione ID1060 alla concentrazione di 450 mM e di 72,5 % per la popolazione ID1061 alla concentrazione di 400 mM (Tab. 15). Il tasso di recupero di germinazione sembra pertanto essere influenzato dalla concentrazione di NaCl.

Tabella 15 - Percentuale finale di germinazione di recupero (RPGF) calcolata con la formula di Khan & Ungar (1984) delle tre popolazioni di *S. patula* studiate alle differenti concentrazioni di sale alla temperatura di 25 °C: [ID1048] Riserva Naturale Regionale Sentina (IT); [ID1060] Blace (CR); [ID1061] Sant Pere Pescador, Girona (ES).

NaCl (mM)	RPGF (%)		
	ID1048	ID1060	ID1061
0	0	0	0
50	29,1	0	17,0
100	6,2	8,7	11,8
150	24,0	12,7	22,0
200	72,0	33,6	22,7
250	36,8	13,3	31,1
300	69,0	20,8	24,3
350	64,6	30,9	27,0
400	71,4	22,1	72,5
450	56,1	35,8	31,9
500	65,7	33,7	31,2
600	53,6	31,2	56,8
700	58,7	25,8	18,7
800	48,4	15,7	24,5
1000	37,5	20,8	34,4

L' ANOVA ad una via ($P<0,05$) eseguita sulla percentuale di germinazione finale ottenuta nei test di salinità e la percentuale di germinazione finale ottenuta sul substrato neutro, mostra che la germinazione dei semi di *S. patula* sia della popolazione ID1048 sia della popolazione ID1061, non sono permanentemente inibiti dalla salinità ($P>0,05$) mentre la germinazione dei semi di *S. patula* [ID1060] è permanentemente inibita dalle alte salinità (700, 800 e 1000 mM). L'inibizione permanente, sebbene non sia presente su tutti i semi seminati, indica una significativa diminuzione nella germinazione [$F(14, 45)=4,470$, $P<0,001$].



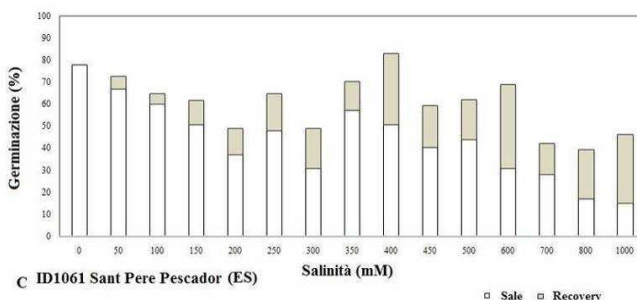


Fig. 56 - Effetto della salinità sulle percentuali di germinazione (bianco) e la germinazione totale (grigio chiaro) dopo la fase di recupero nelle tre popolazioni di *S. patula* studiate a 25 °C: **A**) Riserva Naturale Regionale Sentina (IT) [ID1048]; **B**) Blace (CR) [ID1060]; **C**) Sant Pere Pescador, Girona (ES) [ID1061].

La GLM mostra un effetto significativo dei fattori "Salinità" e "Sito di raccolta dei semi" (l'interazione tra i due fattori non è significativa). L'analisi della devianza quantifica il contributo dei diversi fattori alla risposta germinativa (Tab. 16). Le curve di risposta germinativa dei tre siti di raccolta hanno una relazione simile con le concentrazioni di salinità, con un graduale decremento nei diversi livelli medi di germinazione (Fig. 57; Tab. 16).

Tabella 16 - Analisi della devianza della GLM binomiale fittata sulla germinazione dei semi di *S. patula* vincolata alla salinità e ai siti di raccolta (Codici sign.: 0 '***'; 0,001 '**'; 0,05 '*'; 1).

Tabella analisi della devianza						
Fonte	Df	Deviazione	Deviazione (%)	Resid.Df	Resid. Dev.	valore-p
Deviazione Tot.				179,0	977,5	
Sale (S)	1	545,7	56,0	178,0	206,2	0,001 ***
Sito di raccolta (SC)	2	48,9	5,0	176,0	382,9	0,001 ***

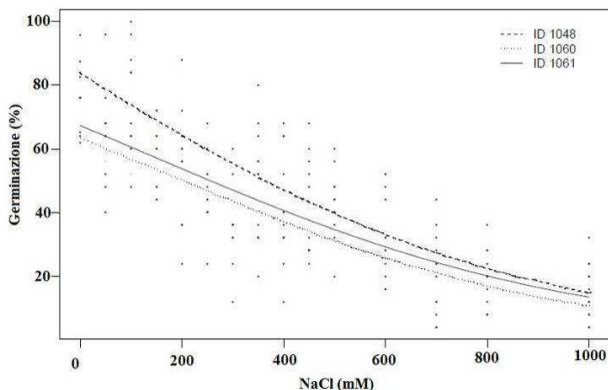
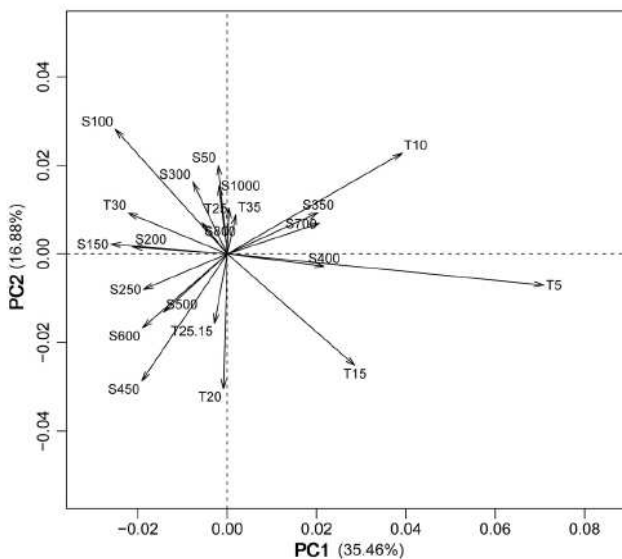


Fig. 57 - Curve binomiali GLM di risposta germinativa fittate sulla germinazione di *S. patula* (Germinazione) vincolata alla Salinità (NaCl) e al Sito di raccolta dei semi (SC). (Siti di raccolta: 1: Riserva Naturale Regionale Sentina (IT); 2: Blace (CR); 3: Sant Pere Pescador, Girona (ES).

La PCA identifica i principali gradienti che determinano il comportamento germinativo di *S. patula*. PC1 e PC2 totalizzano il 52,0 % della variazione totale e sottolineano chiaramente le principali differenze tra i tre siti di raccolta (Fig. 58). Il primo gradiente (PC1) è principalmente determinato e direttamente collegato alla germinazione alle basse temperature (T5, T10, T15) e separa chiaramente il sito 1 di Sant Pere Pescador dagli altri due (Blace e Sentina). Il secondo gradiente PC2 è principalmente determinato da S100, S300 e S50 ed è inversamente correlato con T20, T15, S450, T25/15 e separa il sito di raccolta Riserva Naturale Regionale Sentina dagli altri due. La successiva correlazione tra i fattori bioclimatici (Fig. 7; Fig. 19; Fig. 30) e le caratteristiche morfologiche dei semi (Tab. 2) ai siti nel biplot PCA descrive una relazione diretta tra peso (W_e) e PC1 e un'inversa

tra l'indice annuale ombrotermico (I_o) e PC1. Al contrario, PC2 è direttamente correlato con l'indice ombrotermico bimensile estivo (I_{os_2}), il volume del seme (V) e la lunghezza del seme (L) ed è inversamente correlato con la temperatura media annuale (T ; Fig. 58).



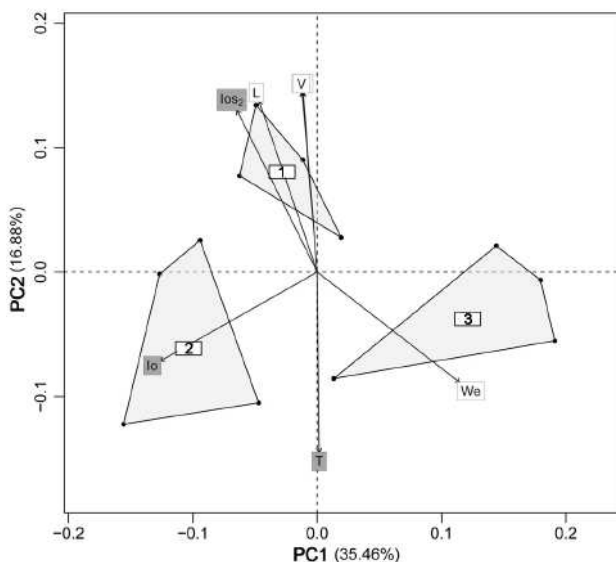


Fig. 58 - A) Plot dei punteggi di temperatura e salinità sugli assi 1 e 2 della di PCA. B) Plot dei tre siti di raccolta di *S. patula* con la sovrapposizione delle caratteristiche bioclimatiche e morfologiche. La percentuale della varianza dei dati considerati spiegata dall'asse 1 e 2 della PCA sono rispettivamente: 35,4 e 16,8 %.

Etichette: Concentrazioni saline: S50, 50 mM; S100, 100 mM; S150, 150 mM; S200, 200 mM; S250, 250 mM; S300, 300 mM; S350, 350 mM; S400, 400 mM; S450, 450 mM; S500, 500 mM; S600, 600 mM; S700, 700 mM; S800, 800 mM; S1000, 1000 mM; Temperature: T5, 5 °C; T10, 10 °C; T15, 15 °C; T20, 20 °C; T25, 25 °C; T30, 30 °C; T35, 35 °C; T25/15, la temperatura alternata a 25/15 °C. Indici bioclimatici dei siti di raccolta: Io, indice ombrotermico annuale, Ios₂, indice ombrotermico bimestrale estivo; T, temperatura media annua; P, precipitazione media annua. I valori medi delle caratteristiche morfologiche del seme: L, lunghezza; We, Peso; V, Volume. Siti di raccolta: 1, Girona; 2, Sentina; 3, Blace.

3.5.2. *Salicornia emerici* Duval-Jouve

3.5.2.1. Caratterizzazione macromorfologica dei semi

I semi di *S. emerici* (ID1053) della popolazione di Blace (CR) presentano la stessa forma e lo stesso colore delle popolazioni studiate di *S. patula* (Fig. 59).



Fig. 59 - Semi della popolazione di *S. emerici* proveniente Blace (CR). *a*) campione casuale di semi x1.6 e *b*) seme intero x5.0.

La media del volume dei semi è di $0,20 \text{ mm}^3$ e il peso medio è di $262,50 \mu\text{g}$ (Tab. 17; Fig. 60).

Tabella 17 - Media e deviazione standard dei valori di lunghezza (n=100), larghezza (n=100), volume (n=100) e peso (n=10 x 10) dei semi della popolazione ID1053 di *S. emerici* proveniente da Blace (CR).

pop	Lunghezza	Larghezza	Volume	Peso
	(mm, media $\pm$ dvst)	(mm, media $\pm$ dvst)	(mm^3 , media $\pm$ dvst)	(μg , media $\pm$ dvst)
1053	$1,24 \pm 0,14$	$0,72 \pm 0,07$	$0,20 \pm 0,05$	$262,50 \pm 48,6$

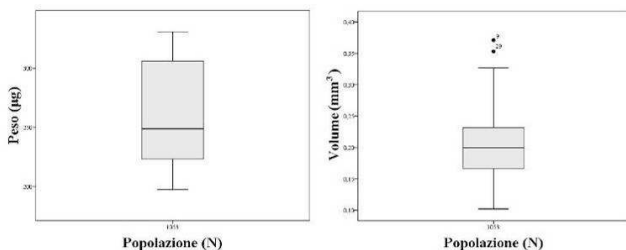


Fig. 60 - Box plot del peso (sinistra) e volume (destra) dei semi della popolazione ID1053 di *S. emerici*.

3.5.2.2. Caratterizzazione micromorfologica dei semi

La superficie del seme di *S. emerici* è simile a quella delle popolazioni studiate di *S. patula*. E' di color marrone e presenta dei piccoli rilievi. La regione ventrale e quella dorsale si differenziano per la presenza in senso longitudinale di un rigonfiamento (Fig. 61). La testa del seme mostra cellule epidermiche allungate con dei peli uncinati che formano un modello simile a quello dei pezzi di un puzzle (Fig. 62).



Fig. 61 - Immagini al SEM dei semi e dei peli della popolazione studiata di *S. emerici* di Blace (CR) a) x70 e b) x600.

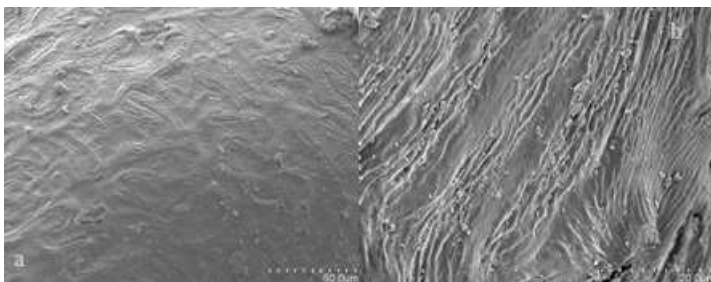


Fig. 62 - Immagini al SEM della superficie delle cellule epidermiche della popolazione studiata di *S. emerici*. **a)** x1000 e **b)** x20000.

3.5.2.3. Analisi ai raggi X

La qualità dei semi osservati ai raggi X è elevata, non sono infatti visibili semi vuoti o poco sviluppati (Fig. 63).

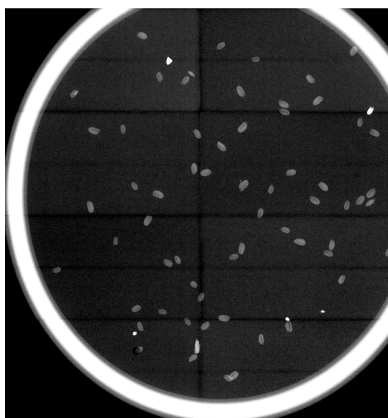


Fig. 63 - Semi della popolazione studiata di *S. emerici* osservata ai raggi X.

3.5.2.4. Analisi del contenuto di olio dei semi

Il lotto dei semi analizzati (0,056 g) della popolazione di Blace (ID1053) mostra 16,72 % di contenuto di olio.

3.5.2.5. Test di germinazione

3.5.2.5.1. Effetto della temperatura sulla germinazione

La germinazione di *S. emerici* [ID1053] è influenzata dalla temperatura [$F(6, 21)=6,834$; $P<0,001$] e non mostra una differenza significativa tra la temperatura costante (20 °C) ed alternata (25/15 °C) [$P>0,05$] (Fig. 64).

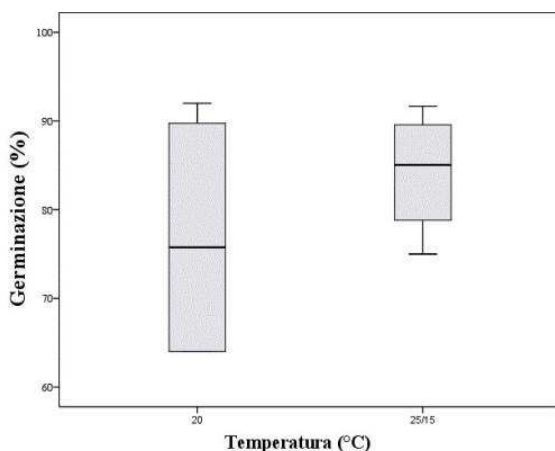


Fig. 64 - Box-plot di confronto tra le percentuali di germinazione a temperatura costante (20 °C) e a quella alternata (25/15 °C).

I dati delle medie percentuali presentano differenze significative evidenziate in tre gruppi omogenei [Tukey Test HSD ($P<0,05$)] (Tab. 18).

Tabella 18 - Percentuale finale di germinazione (PFG) e alcuni indici di velocità (media e deviazione standard) dei semi della popolazione ID1053 alle differenti temperature. Le lettere uguali indicano i gruppi omogenei per ogni temperatura.

	Germinazione (%)		Velocità			
Temperatura (°C)	PFG (media ± dev.st.)	Gruppi omogenei (p < 0,05)	$\bar{I}_2$ (media ± dev.st.)	TMG (gg, media ± dev.st.)	Gruppi omogenei (p < 0,05)	t50 (media ± dev.st.)
5	49,0 ± 18,3	c	83,2 ± 3,5	7,7 ± 2,32	b	3,9 ± 0,7
10	61,1 ± 10,9	bc	82,4 ± 5,9	7,5 ± 1,89	b	4,6 ± 1,9
15	68,3 ± 10,2	abc	86,5 ± 2,6	5,6 ± 0,92	ab	3,8 ± 1,1
20	76,9 ± 15	ab	87,0 ± 2,1	5,6 ± 0,86	ab	3,2 ± 0,5
25	88,9 ± 6,6	a	90,9 ± 1,6	4,2 ± 0,62	a	2,5 ± 0,5
30	84,0 ± 4,6	ab	90,5 ± 1,6	4,3 ± 0,63	a	2,4 ± 0,2
35	85,4 ± 5,7	ab	91,1 ± 1,1	3,2 ± 0,47	a	1,6 ± 0,5
25/15	84,2 ± 7,2	-	85,6 ± 3,9	6,1 ± 1,42	ab	4,2 ± 1,9

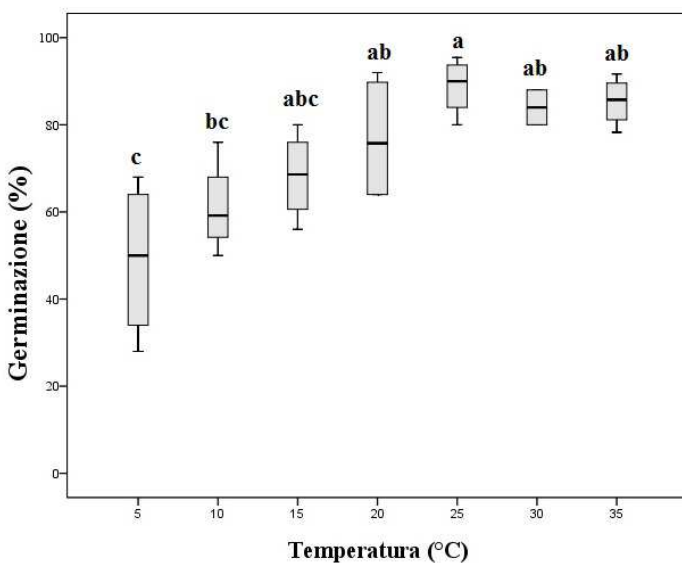


Fig. 65 - Box plot della percentuale di germinazione di *S. emerici* di Blace (CR) ai differenti regimi di temperatura.

L'intervallo di temperature con le percentuali di germinazione più elevate è tra 25 e 35 °C (88,9 % a 25 °C) e 25/15 °C (84,2 %) mentre la germinazione inferiore si osserva tra 5 e 10 °C (49,0 % a 5 °C; Fig. 65). I semi non presentano ritardi e germinano simultaneamente a tutte le temperature testate (Fig. 66).

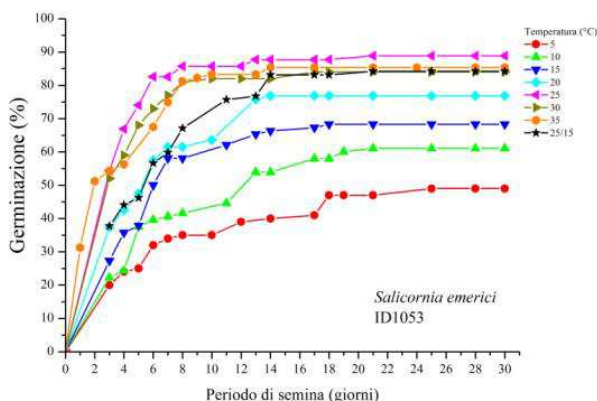


Fig. 66 - Percentuale di germinazione cumulativa dei semi della popolazione ID1053 alle temperature comprese tra 5 e 35 °C.

La velocità di germinazione dei semi della popolazione ID1053 non segue un andamento strettamente lineare. Il test ANOVA ad una via ($P < 0,05$) eseguito sui dati del TMG mostra differenze significative [$F(7, 24) = 5,903$; $P < 0,001$]. La velocità di germinazione è massima nell'intervallo compreso tra 35 e 25 °C e minima tra 5 e 10 °C (Tab. 18).

Dalla retta dell'inversa del TMG vs. la temperatura (Fig. 67) il valore di temperatura base, T_b , ottenuto è - 17 °C per la popolazione studiata. Il valore di Thermal Time, DD, è di 200 °C giorni.

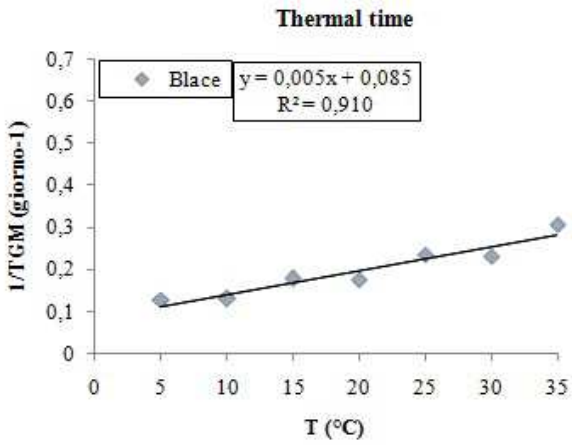


Fig. 67 - Inversa di 1/TMG: retta di regressione per il calcolo della Temperatura base (T_b) e il Thermal time (DD) della popolazione studiata di *S .emerici* ID1053.

La GLM ha evidenziato una relazione significativa tra la germinazione e la temperatura (Fig. 68). Il fattore temperatura spiega il 59,0 % della devianza totale spiegata (Tab. 19).

Tabella. 19 - Analisi della devianza della GLM binomiale fittata sulla germinazione dei semi di *S. emerici* vincolata alla temperatura (Codici Sign.: 0 '***', 0,001 '**', 0,05 '*'; 1).

Tabella analisi della devianza						
Fonte	Df	Devianza	Devianza (%)	Resid. Df.	Resid. Dev.	valore-p
Devianza Tot.				27,0	97,5	
Temperatura (T)	1	57,2	59,0	26,0	40,3	0,001 ***

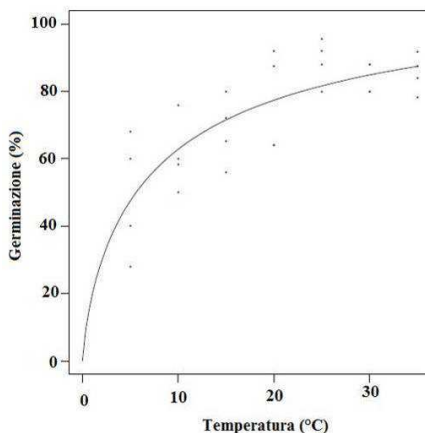


Fig. 68 - Curva binomiale GLM di risposta germinativa fittata sulla germinazione di *S. emerici* (Germinazione) vincolata alla temperatura (T).

3.5.2.5.2. Effetto del sale sulla germinazione

La percentuale finale di germinazione dei semi della popolazione ID1053 ottenuta su substrato neutro alla temperatura di 25 °C è di 89,0 %. Il test Tukey HSD ($P < 0,05$) eseguito sui dati di germinazione ai diversi livelli di salinità ha dimostrato che non ci sono differenze significative tra la germinazione su substrato neutro e la germinazione a concentrazioni di sale di 50, 100 e 200 (Tab. 20). La germinazione mostra una relazione significativa con l'effetto del sale [$F(14, 45) = 16,007$; $P < 0,001$].

Tabella 20 - Percentuale finale di germinazione (PFG) nei test di salinità e alcuni indici di velocità (media e dev. st.) dei semi di *S. emerici* (ID1053) alle differenti concentrazioni di sale alla temperatura di 25 °C. Le lettere uguali indicano i gruppi omogenei per ogni concentrazione di sale.

Salinità (mM)	Germinazione (%)		Velocità			
	PFG (media ± dev.st.)	Gruppi omogenei (p< 0,05)	$\bar{I}_2$ (media ± dev.st.)	TMG (gg, media ± dev.st.)	Gruppi omogenei (p< 0,05)	t50 (media ± dev.st.)
0	88,9 ± 6,6	a	90,9 ± 1,6	4,2 ± 0,6	a	2,5 ± 0,5
50	80,0 ± 3,0	ab	88,9 ± 3,8	5,4 ± 2,6	a	3,3 ± 1,3
100	68,3 ± 8,8	abc	87,3 ± 7,0	4,9 ± 2,9	a	4,0 ± 3,0
150	60,0 ± 9,2	bc	90,7 ± 2,5	3,6 ± 1,3	a	2,5 ± 1,2
200	80,0 ± 3,3	ab	89,2 ± 0,6	4,8 ± 1,1	a	2,8 ± 1,6
250	54,0 ± 14,8	bc	86,8 ± 3,5	6,8 ± 1,8	a	4,4 ± 1,8
300	59,0 ± 9,6	bc	74,1 ± 6,3	5,6 ± 1,7	a	2,7 ± 1,4
350	58,0 ± 6,9	bc	84,4 ± 5,3	7,3 ± 3,9	a	5,0 ± 1,5
400	58,2 ± 8,7	bc	85,2 ± 2,4	6,4 ± 0,8	a	4,4 ± 1,6
450	41,8 ± 23,0	cde	83,5 ± 8,6	8,3 ± 5,2	a	3,3 ± 2,2
500	42,0 ± 19,2	cd	86,2 ± 3,2	5,5 ± 1,5	a	3,3 ± 1,0
600	52,4 ± 15,9	bc	87,6 ± 4,9	5,9 ± 3,2	a	4,1 ± 2,5
700	22,8 ± 8,4	de	89,2 ± 3,9	6,3 ± 4,1	a	2,1 ± 1,3
800	17,4 ± 8,1	e	95,0 ± 3,6	1,8 ± 1,8	a	2,8 ± 2,2
1000	17,0 ± 10,4	e	90,1 ± 5,1	5,6 ± 3,5	a	1,8 ± 1,1

Le massime germinazioni raggiunte nei test di salinità dalla popolazione ID1053 sono di 80,0 % alla concentrazione di 50 e 200 mM mentre le minime germinazione registrate sono di 17,4 % alla concentrazione di 800 mM e 17,0 % alla concentrazione di 1000 mM (Fig. 69).

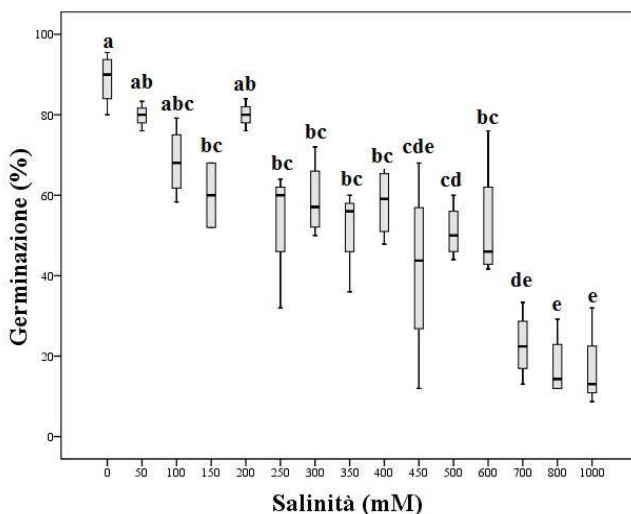


Fig. 69 - Boxplot della percentuale di germinazione di *S. emerici* [ID1053] ai differenti livelli di salinità.

I semi germinano contemporaneamente a tutte le salinità e non presentano ritardi (Fig. 70). I vari indici di velocità calcolati sottolineano come la velocità di germinazione della popolazione ID1053 non sembrerebbe avere una tendenza correlata all'aumentare della concentrazione di sale (Tab. 20).

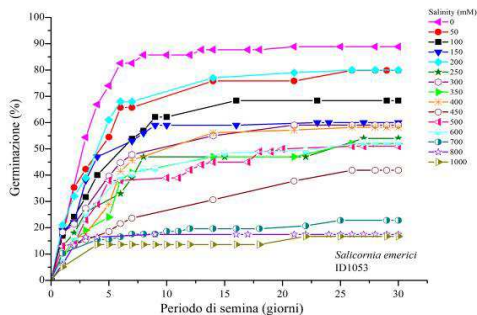


Fig. 70 - Percentuale di germinazione cumulativa dei semi di *S. emerici* (ID1053) alle concentrazioni di salinità riportate in legenda.

Infatti, l'ANOVA ($P < 0,05$) eseguita sui dati di velocità ricavati dall'indice del TMG, non mostra differenze significative [$P > 0,05$]. Pertanto non si evidenzia né un potenziale osmotico di base né una costante idrotermica che descrivano un valore di potenziale idrico correlato ai giorni di germinazione per la popolazione ID1053. Nella fase di recupero, dopo il passaggio di NaCl a tutte le differenti concentrazioni, i semi di *S. emerici* [ID1053] mostrano una buona percentuale di germinazione (Fig. 71).

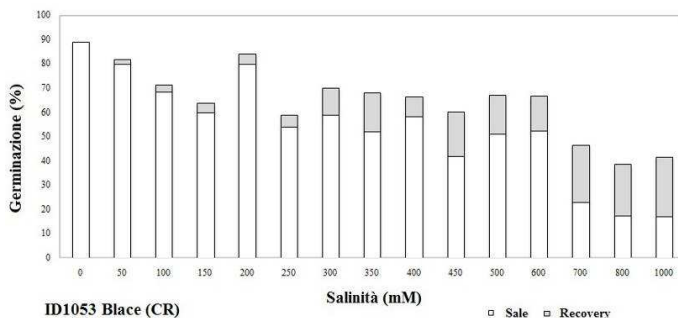


Fig. 71 - Effetto della salinità sulle percentuali di germinazione (bianco) e la germinazione totale (grigio chiaro) dopo la fase di recupero nella popolazione di *S. emerici* [ID1053] a 25 °C.

La percentuale più alta di recupero calcolata sul numero totale di semi seminati è di 24,6 % alla concentrazione di 1000 mM mentre utilizzando la formula di Khan & Ungar (1984), la percentuale di recupero più elevata di 41,5 % viene registrata a 600 mM (Fig. 71; Tab. 21).

Tabella 21 - Percentuale finale di germinazione di recupero (RPGF) calcolata con la formula di Khan & Ungar (1984) della popolazione di *S. emerici* studiata alle differenti concentrazioni di sale alla temperatura di 25 °C.

NaCl (mM)	RPGF (%)
	ID1053
0	0
50	8,3
100	8,1
150	10,4
200	21,6
250	11,5
300	27,3
350	38,3
400	19,5
450	34,8
500	32,6
600	41,5
700	31,8
800	17,2
1000	29,3

Il tasso di recupero di germinazione sembra essere influenzato dalla concentrazione di NaCl. L'ANOVA ($P < 0,05$) eseguita sulla percentuale di germinazione finale ottenuta nei test di salinità e la percentuale di germinazione finale ottenuta sul substrato neutro, mostrano che la germinazione dei semi di *S. emerici* [ID1053] sia permanentemente inibita dal fattore salinità alle concentrazioni di 250 e 450 mM e alle alte concentrazioni di salinità (700, 800 e 1000 mM). L'inibizione permanente, sebbene non si verifichi su tutti i semi, indica una significativa diminuzione della germinazione [$F(14, 45) = 6,787$ $P < 0,001$]. La GLM ha evidenziato una relazione significativa tra la germinazione e la salinità (Fig. 72). Il fattore salinità spiega il 68,0 % della devianza totale spiegata (Tab. 22).

Tabella 22 - Analisi della devianza della GLM binomiale fittata sulla germinazione dei semi di *S. emerici* vincolata alla salinità (Codici sign.: 0 '***'; 0,001 '**'; 0,05 '*'; 1).

Tabella analisi della devianza						
Fonte	Df	Devianza	Devianza (%)	Resid. Df	Resid. Dev.	valore-p
Devianza Tot.				47,0	252,6	
Salé (S)	1	173,6	68,0	46,0	79,0	0,001 ***

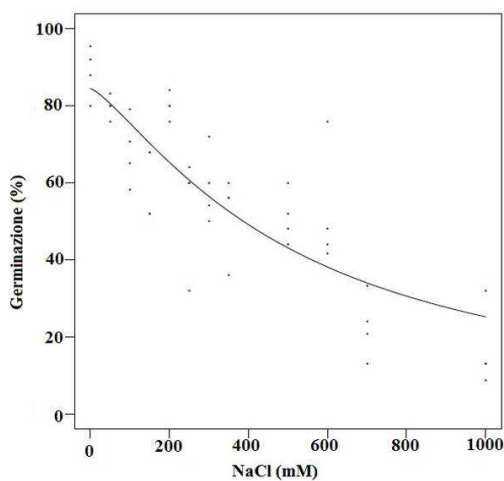


Fig. 72 - Curva binomiale GLM di risposta germinativa fittata sulla germinazione di *S. emerici* (Germinazione) vincolata alla Salinità (NaCl).

3.5.3. *Salicornia veneta* Pign. et Lausi

3.5.3.1. *Caratterizzazione macromorfologica*

I semi di *S. veneta* delle accessioni ID1046 di Blace (CR); ID1047 della Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio (IT), ID1115 della Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia (IT) e ID1118 della Riserva Naturale Regionale Sentina (IT) sono ellittici e lateralmente compressi. Il colore dei semi è marrone, con una testa membranosa coperta da lunghi peli appresati e uncinati all'apice (Fig. 73).





Fig. 73 - Semi delle quattro popolazioni di *S. veneta*. (1) Blace (CR) [ID1046]; (2) Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio (IT) [ID1047], (3) Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia (IT) [ID1115] e (4) Riserva Naturale Regionale Sentina (IT) [ID1118]. (a) x1.6 e (b) x5.0.

I semi della popolazione ID1047 sono più grandi dei semi delle popolazioni ID1046, ID1115 e ID1118 in base a quanto risulta dalla comparazione delle medie delle lunghezze [$F(3,396)=354,18$; $P<0,001$], larghezze [$F(3,396)=214,57$; $P<0,001$] e volume [$F(3,396)=268,23$; $P<0,001$] (Tab. 23; (Fig. 74). Inoltre, i semi della popolazione ID1047 sono più pesanti [$F(3,36)=287,44$; $P<0,01$] di quelli delle popolazioni ID1046, ID1115 e ID1118 (Tab. 23; Fig. 75).

Tabella 23 - Media e deviazione standard dei valori di lunghezza (n=100), larghezza (n=100), volume (n=100) e peso (n=10 x 10) dei semi delle quattro popolazioni. Popolazione ID1046 proveniente da Blace (CR), popolazione ID1047 proveniente dalla Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio (IT), popolazione ID1115

proveniente dalla Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia (IT) e popolazione ID1118 proveniente dalla Riserva Naturale Regionale Sentina (IT). Le lettere uguali indicano i gruppi omogenei per ogni misurazione.

POP	Lunghezza (mm, media ± dvst)	Larghezza (mm, media ± dvst)	Volume (mm3, media ± dvst)	Peso (µg, media ± dvst)
1046	1,28 ± 0,11 b	0,74 ± 0,05 b	0,29 ± 0,08 b	235,2 ± 40,8 c
1047	1,54 ± 0,16 a	0,92 ± 0,13 a	0,72 ± 0,46 a	458,2 ± 18,0 a
1115	0,96 ± 0,25 c	0,56 ± 0,17 c	0,14 ± 0,16 c	286,8 ± 20,6 b
1118	0,85 ± 0,09 d	0,58 ± 0,07 c	0,10 ± 0,04 c	108,9 ± 22,2 d

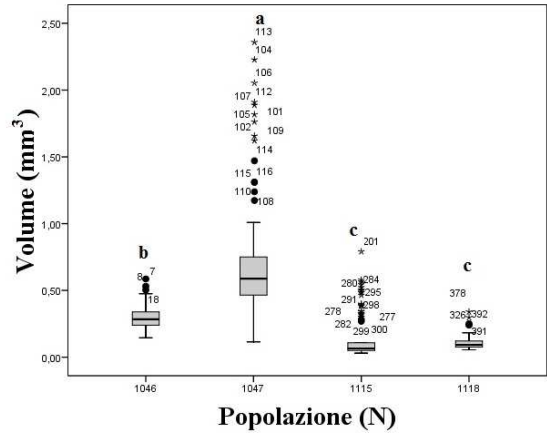


Fig. 74 - Boxplot dei volumi dei semi delle quattro popolazioni di *S. veneta*.

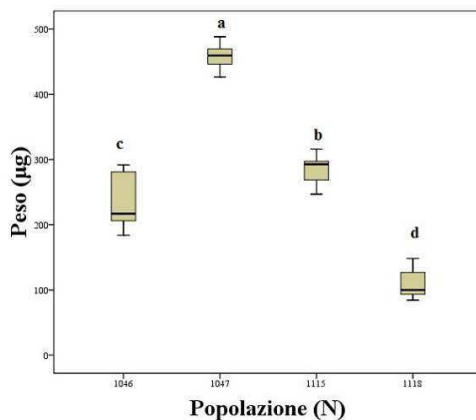


Fig. 75 - Boxplot dei pesi dei semi delle quattro popolazioni di *S. veneta*.

3.5.3.2. Caratterizzazione micromorfologica

La superficie del seme di *S. veneta* è pelosa e smussata. Le cellule epidermiche esterne della testa sono allungate e mostrano peli uncinati. L'embrione si presenta piegato. Il perisperma è assente. Non sono ricoperti da efflorescenza salina. La regione ventrale e quella dorsale è del tutto simile a quella di *S. patula* e di *S. emerici* (Fig. 76).

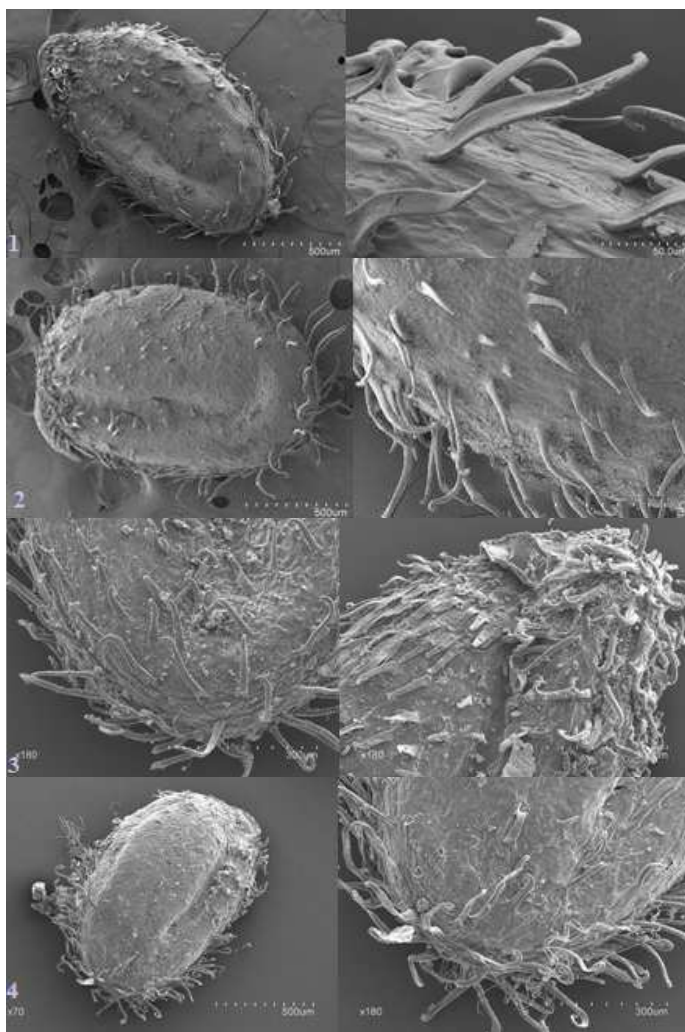


Fig. 76 - Semi e peli delle popolazioni studiate di *S. veneta* osservate al SEM: (1) Blace (CR) [ID1046]; (2) Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio (IT) [ID1047]; (3) Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia (IT) [ID1115]; (4) Riserva Naturale Regionale Sentina (IT) [ID1118]. (a) x70 e (b) x180.

La superficie del seme è ben sviluppata e presenta piccole cellule epidermiche che esibiscono un modello a puzzle (Fig. 77).

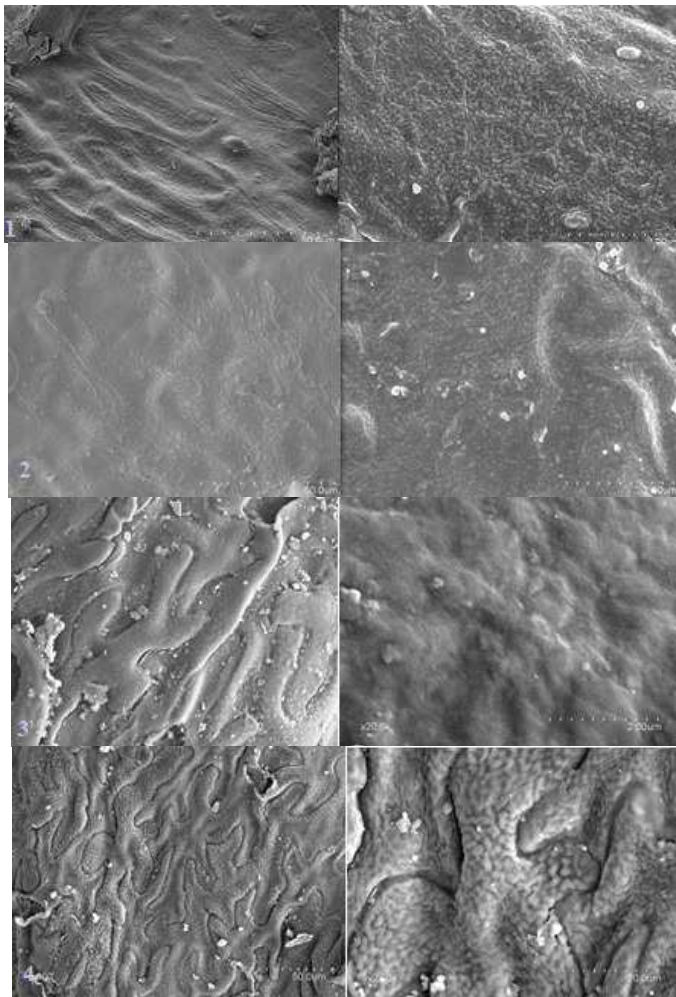


Fig. 77 - Superficie delle cellule epidermiche delle popolazioni studiate di *S. veneta* osservate al SEM: (1) Blace (CR) [ID1046]; (2) Riserva Naturale Statale Sacca di

Bellocchio (IT) [ID1047]; (3) Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia (IT) [ID1115]; (4) Riserva Naturale Regionale Sentina (IT) [ID1118]. (a) x1000 e (b) x20000.

3.5.3.3. Analisi ai raggi X

I lotti di semi delle quattro popolazioni analizzate sono tutti di buona qualità. Assenza di semi vuoti o danneggiati (Fig. 78).

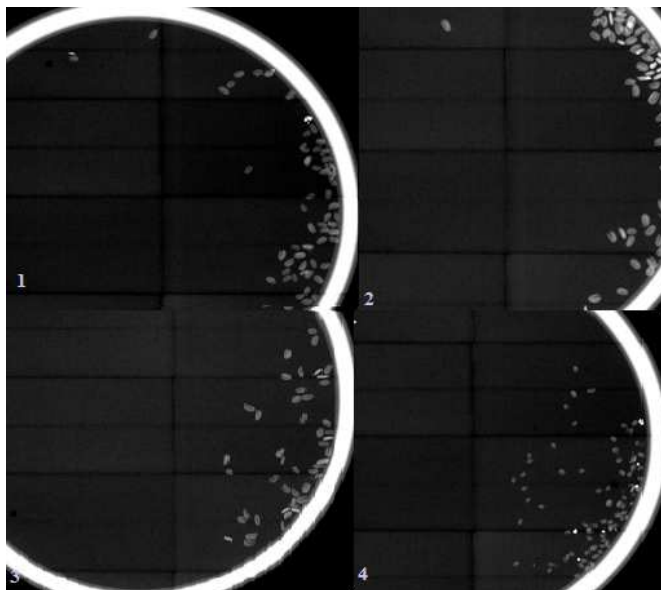


Fig. 78 - Semi delle popolazioni studiate di *S. veneta* osservate ai raggi X. (1) Blace (CR) [ID1046]; (2) Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio (IT) [ID1047]; (3) Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia (IT) [ID1115]; (4) Riserva Naturale Regionale Sentina (IT) [ID1118].

3.5.3.4. Analisi del contenuto di olio dei semi

Le quattro popolazioni hanno differenti contenuti percentuali di olio. La popolazione ID1115 (Margherita di Savoia) ha una maggiore quantità di olio rispetto alle altre popolazioni (Tab. 24).

Tabella 24 - Contenuto di olio (%) nei semi delle quattro popolazioni di *S. veneta*. [ID1046] Blace (CR); [ID1047] Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio (IT); [ID1115] Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia (IT); [ID1118] Riserva Naturale Regionale Sentina (IT).

Contenuto totale olio (%)		
POP	Quantità di semi (g)	Contenuto Olio (%)
1046	0,094	26,36
1047	0,092	22,62
1115	0,1498	27,91
1118	0,069	13,08

3.5.3.5. Test di germinazione

3.5.3.5.1. Effetto della temperatura sulla germinazione

Le quattro popolazioni non mostrano differenze significative nella percentuale di germinazione a temperatura costante (20 °C) rispetto a quella alternata (25/15 °C) [$P > 0,05$]. Sebbene la popolazione ID1118 sembrerebbe mostrare un differente comportamento anche se non è significativo ($P = 0,064$; Fig. 79).

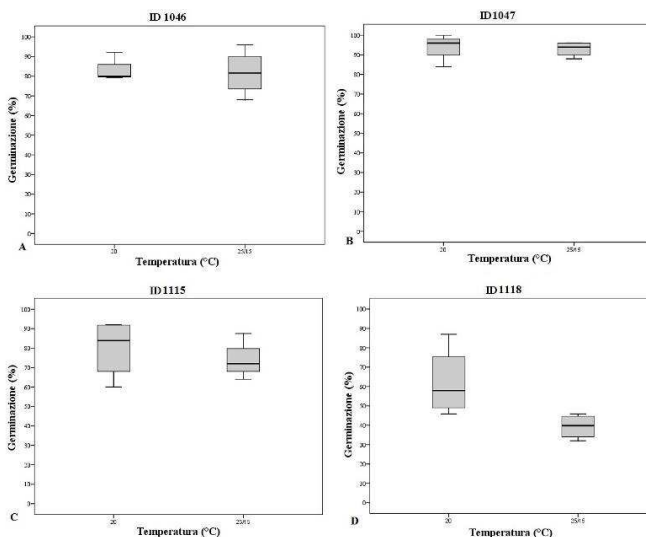


Fig. 79 - Box-plot delle percentuali di germinazione di *S. veneta* a temperatura costante (20 °C) ed alternata (25/15 °C) a confronto. **A)** Blace (CR) [ID1046]; **B)** Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio (IT) [ID1047]; **C)** Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia (IT) [ID1115]; **D)** Riserva Naturale Regionale Sentina (IT) [ID1118].

I semi delle popolazioni studiate di *S. veneta* mostrano una percentuale di germinazione significativamente influenzata dalla temperatura (ID1046: [F(6, 21)=12,006; $P<0,001$]; ID1047: [F(6, 21)=8,738; $P<0,001$]; ID1115: [F(6, 21)=4,790; $P=0,003$]; ID1118 [F(6, 21)=6,287; $P=0,001$]. Il test Tukey HSD ($P<0,05$) mostra differenze significative e separa i dati in gruppi omogenei: Tab. 25 [ID1046: a,b,c,d]; Tab. 26 [ID1047: a,b]; Tab. 27 [ID1115: a,b,c]; Tab. 28 [ID1118: a,b,c].

Tabella 25 - Percentuale finale di germinazione e diversi indici di velocità (media e deviazione standard) dei semi della popolazione ID1046 alle differenti temperature. Le stesse lettere indicano i gruppi omogenei per ogni temperatura.

Temperatura (°C)	Germinazione (%)		Velocità			
	PFG (media ± dev.st.)	Gruppi omogenei (p< 0,05)	$\bar{I}_2$ (media ± dev.st.)	TMG (gg, media ± dev.st.)	Gruppi omogenei (p< 0,05)	t50 (media ± dev.st.)
5	45,7 ± 21,3	d	81,0 ± 6,7	9,8 ± 0,7	d	5,9 ± 2,8
10	55,0 ± 15,4	cd	80,7 ± 2,9	7,8 ± 0,7	cd	6,0 ± 0,9
15	68,8 ± 11,8	bcd	85,6 ± 3,5	6,3 ± 1,3	bc	4,0 ± 1,7
20	82,8 ± 6,15	abc	83,1 ± 3,5	7,5 ± 1,2	cd	5,1 ± 1,4
25	98,0 ± 2,3	a	91,1 ± 1,0	4,0 ± 0,3	a	1,5 ± 1,2
30	88,9 ± 6,8	ab	90,1 ± 1,0	4,5 ± 0,4	ab	2,6 ± 0,7
35	85,9 ± 11,5	ab	93,2 ± 2,1	2,5 ± 1,0	a	1,6 ± 0,5
25/15	81,8 ± 11,6	-	82,9 ± 0,6	6,6 ± 0,4	c	3,1 ± 1,2

Tabella 26 - Percentuale finale di germinazione e diversi indici di velocità (media e deviazione standard) dei semi della popolazione ID1047 alle differenti temperature. Le stesse lettere indicano i gruppi omogenei per ogni temperatura.

Temperatura (°C)	Germinazione (%)		Velocità			
	PFG (media ± dev.st.)	Gruppi omogenei (p< 0,05)	$\bar{I}_2$ (media ± dev.st.)	TMG (gg, media ± dev.st.)	Gruppi omogenei (p< 0,05)	t50 (media ± dev.st.)
5	71,0 ± 3,8	b	86,6 ± 3,3	6,35 ± 1,8	bcd	3,1 ± 1,3
10	74,0 ± 9,5	b	83,9 ± 3,9	6,82 ± 1,2	cd	4,8 ± 1,6
15	91,0 ± 10,5	a	83,2 ± 4,0	7,39 ± 1,7	d	4,6 ± 1,8
20	94,0 ± 6,9	a	84,1 ± 2,5	6,94 ± 1,1	cd	4,4 ± 1,8
25	95,0 ± 2,0	a	89,1 ± 3,2	4,62 ± 1,1	abc	2,2 ± 0,8
30	96,0 ± 0,0	a	92,8 ± 1,4	3,64 ± 0,5	ab	2,4 ± 0,6
35	98,0 ± 2,3	a	95,4 ± 1,0	2,95 ± 0,3	a	0,9 ± 0,1
25/15	93,0 ± 3,8	-	91,1 ± 1,90	3,55 ± 0,6	a	2,5 ± 1,0

Tabella 27 - Percentuale finale di germinazione e diversi indici di velocità (media e deviazione standard) dei semi della popolazione ID1115 alle differenti temperature. Le stesse lettere indicano i gruppi omogenei per ogni temperatura.

Temperatura (°C)	Germinazione (%)		Velocità			
	PFG (media ± dev.st.)	Gruppi omogenei (p< 0,05)	$\bar{I}_2$ (media ± dev.st.)	TMG (gg, media ± dev.st.)	Gruppi omogenei (p< 0,05)	t50 (media ± dev.st.)
5	45,7 ± 20,9	c	84,6 ± 9,1	11,2 ± 5,84	c	6,6 ± 6,7
10	59,7 ± 11,4	bc	79,9 ± 3,6	7,9 ± 1,52	bc	6,4 ± 0,8
15	65,0 ± 10,5	abc	88,0 ± 2,6	5,1 ± 0,51	ab	3,1 ± 1,3
20	79,9 ± 15,2	ab	89,0 ± 2,0	3,9 ± 0,75	ab	4,2 ± 1,7
25	67,0 ± 11,9	abc	92,8 ± 1,8	3,2 ± 0,83	ab	1,7 ± 0,5
30	69,7 ± 11,6	abc	94,2 ± 1,7	2,2 ± 1,21	a	3,3 ± 0,3
35	90,0 ± 7,7	a	93,9 ± 1,9	2,1 ± 0,72	a	1,2 ± 0,5
25/15	76,5 ± 12,9	-	89,4 ± 1,7	5,58 ± 2,05	ab	1,5 ± 0,8

Tabella 28 - Percentuale finale di germinazione e diversi indici di velocità (media e deviazione standard) dei semi della popolazione ID1118 alle differenti temperature. Le stesse lettere indicano i gruppi omogenei per ogni temperatura.

Temperatura (°C)	Germinazione (%)		Velocità			
	PFG (media ± dev.st.)	Gruppi omogenei (p< 0,05)	$\bar{I}_2$ (media ± dev.st.)	TMG (gg, media ± dev.st.)	Gruppi omogenei (p< 0,05)	t50 (media ± dev.st.)
5	38,4 ± 12,4	bc	76,6 ± 3,5	9,26 ± 1,4	c	7,1 ± 1,8
10	24,9 ± 7,9	c	89,3 ± 1,7	4,5 ± 0,92	ab	3,3 ± 0,5
15	65,4 ± 23,9	ab	87,2 ± 2,7	6,3 ± 1,94	b	2,6 ± 0,6
20	62,2 ± 18,1	ab	90,0 ± 3,0	3,6 ± 1,16	ab	2,1 ± 1,4
25	37,8 ± 9,7	bc	93,4 ± 2,9	4,62 ± 1,12	a	1,1 ± 2,5
30	31,1 ± 13,1	bc	91,8 ± 3,3	2,4 ± 1,42	a	2,2 ± 1,0
35	76,4 ± 11,1	a	91,9 ± 1,3	2,2 ± 1,21	a	1,6 ± 0,4
25/15	39,3 ± 6,4	-	86,1 ± 4,3	2,1 ± 0,72	ab	4,4 ± 2,2

In generale, le popolazioni ID1047, ID1115 e ID 1118 hanno un intervallo di temperatura ottimale compreso tra 15 e 35 °C (Tab. 26; Tab. 27; Tab. 28; Fig. 80). Mentre, la popolazione ID1046 ha un intervallo ottimale di temperatura compreso tra 20 e 35 °C con la massima percentuale di germinazione a 25 °C con il 98,0 % e il minimo a 5 °C con il 45,7 % (Tab. 25; Fig. 80). Le altre popolazioni

raggiungono il massimo a 35 °C: ID1047 98,0 %; ID1115 90,0 %; ID1118 76,4 %. Le percentuali di germinazione più basse si verificano a 5 °C con 71,0 % (ID1047) e 45,7 % (ID1115) e a 10 °C con il 24,9 % (ID1118).

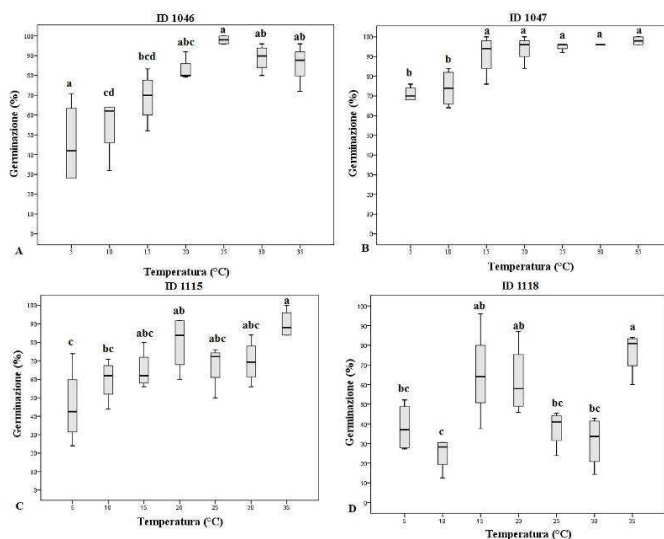
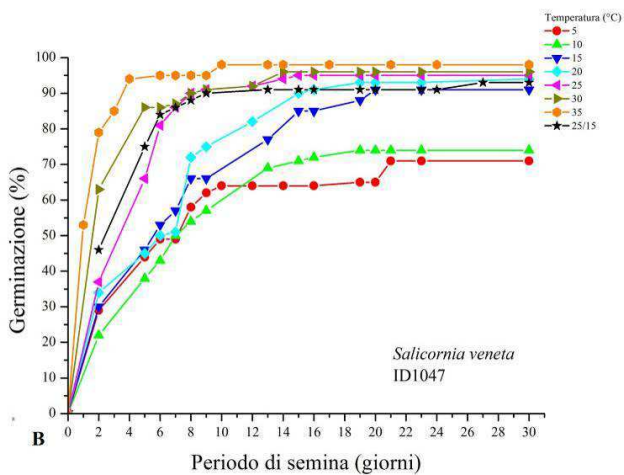
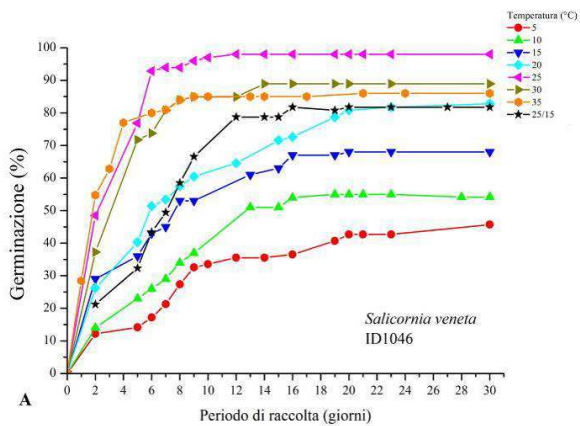


Fig. 80 - Box-plot della percentuale di germinazione di *S. veneta*. **A)** Blace (CR) [ID1046]; **B)** Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio (IT) [ID1047]; **C)** Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia (IT) [ID1115]; **D)** Riserva Naturale Regionale Sentina (IT) [ID1118] a differente regime di temperature.

I semi della quattro popolazioni studiate non hanno mostrato ritardi germinativi e hanno iniziato a germinare contemporaneamente a tutte le temperature (Fig. 81).



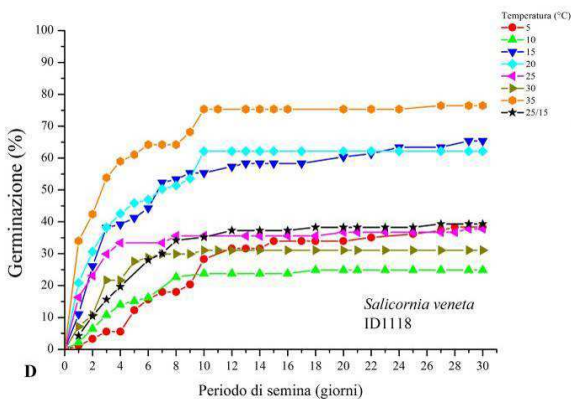
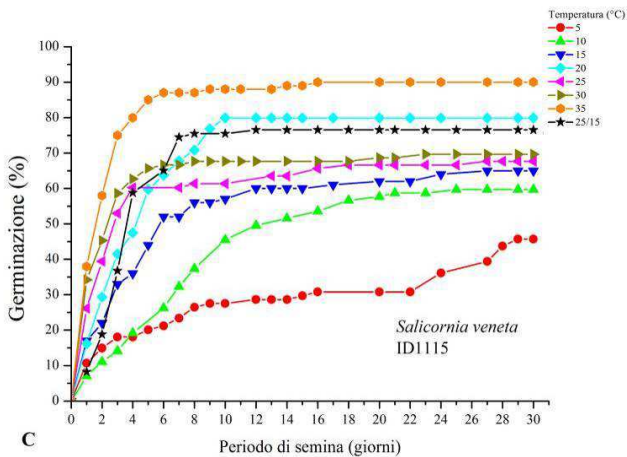


Fig. 81 - Percentuale di germinazione cumulativa dei semi di *S. veneta* **A)** Blace (CR) [ID1046]; **B)** Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio (IT) [ID1047]; **C)** Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia (IT) [ID1115]; **D)** Riserva Naturale Regionale Sentina (IT) [ID1118] alle temperature tra 5 e 35 °C.

Il tasso di germinazione delle quattro popolazioni studiate è elevato alla temperatura di 35 °C (Tab. 25; Tab. 26; Tab. 27; Tab. 28).

L'andamento del tasso di velocità, in generale, è lineare e cresce all'aumentare della temperatura. Il test ANOVA ad una via ($P < 0,05$) eseguito sui dati del TMG mostra differenze significative: ID1046 [$F(7, 24) = 32,344$; $P < 0,001$]; ID1047 [$F(7, 24) = 9,407$; $P < 0,001$]; ID1115 [$F(7, 24) = 7,052$; $P < 0,001$]; ID1118 [$F(7, 24) = 13,561$; $P < 0,001$] (Tab. 25; Tab. 26; Tab. 27; Tab. 28). Le velocità di germinazione massime registrate sono per la popolazione ID1046 a 25 e 35 °C (Tab. 25); per la popolazione ID1047 a 25/15 e 35 °C (Tab. 26); per la popolazione ID1115 a 30 e 35 °C (Tab. 27) e per la popolazione ID1118 nell'intervallo tra 25 e 35 °C (Tab. 28). Mentre, le velocità minime di germinazione sono state annotate a 5 °C nelle popolazioni ID1046, ID1115 e ID1118 (Tab. 25; Tab. 27; Tab. 28) mentre a 15 °C nella popolazione ID1047 (Tab. 26).

Il grafico in Fig. 82 rappresenta l'inversa del TMG *vs.* la temperatura calcolata per le quattro popolazioni studiate. Il valore ottenuto per la Temperatura base, T_b , è - 0,07 °C per la popolazione ID1047, - 0,25 °C per la popolazione ID1046, 6,5 °C per la popolazione ID1115, T_b , è - 0,08 °C per la popolazione ID1118. Il valore di Thermal Time, DD, è di 166 °C giorni per la popolazione ID1047, 125 °C giorni per la popolazione ID1046, 76,9 °C giorni per ID1115, 125 °C giorni per la popolazione ID1118.

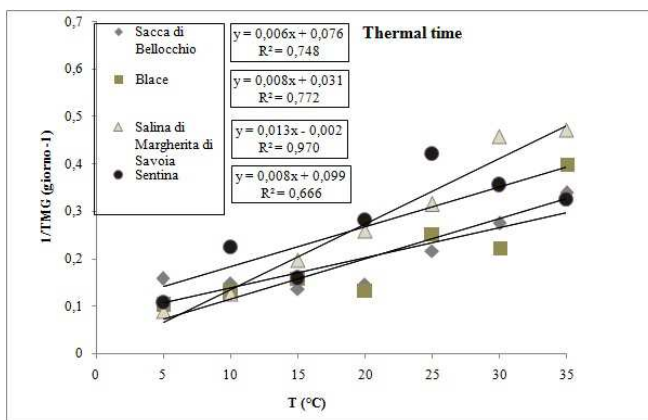


Fig. 82 - Inversa di 1/TMG: rette di regressione per il calcolo della Temperatura base (T_b) e il Thermal time (DD) delle popolazioni studiate di *S. veneta*: ID1047 (Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio, IT), ID1046 (Blace, CR), ID1115 (Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia, IT), ID1118 (Riserva Naturale Regionale Sentina, IT).

La GLM ha evidenziato una significativa relazione tra la risposta germinativa delle quattro popolazioni studiate di *S. veneta* e i fattori temperatura (T) e sito di raccolta (SC) e loro interazione (T x SC) (Fig. 83). L'analisi della devianza ha permesso di testare le relazioni e quantificare il contributo dei diversi fattori alla risposta germinativa (Tab. 29). L'interazione si esprime nelle curve germinative differenti (Fig. 83). Infatti, le popolazioni della Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio (ID1047) e di Blace (ID1046) presentano un pattern e dei livelli germinativi differenti dalle curve delle popolazioni della Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia (ID1115) e della Riserva Naturale Regionale Sentina (ID1118; Fig. 83). Questo andamento è dovuto all'effetto significativo che ha il sito di raccolta

dei semi sui test di germinazione. Infatti, la popolazione ID1047 ha una germinazione più elevata rispetto alla popolazione ID1046, alla popolazione ID1115 (3) e alla popolazione ID1118 (Fig. 83).

Tabella 29 - Analisi della devianza della GLM binomiale fittata sulla germinazione dei semi di *S. veneta* vincolata alla temperatura e al sito di raccolta (Codici Sign.: 0 '***', 0,001 '**', 0,05 '*', 1).

Tabella analisi della devianza						
Fonte	Df	Devianza	Devianza (%)	Resid. Df	Resid. Dev.	valore-p
Devianza Tot.				111,0	777,4	
Temperatura (T)	1	160,3	21,0	110,0	617,1	0,001 ***
Sito di Raccolta (SC)	3	287,1	37,0	107,0	330,0	0,001 ***
T x SC	3	35,7	4,0	104,0	294,3	0,01 **

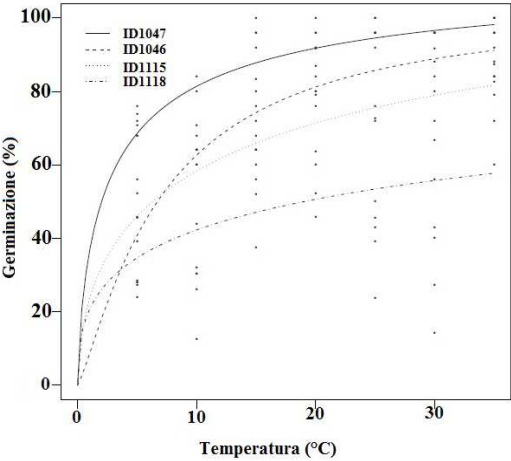


Fig. 83 - Curve binomiali GLM di risposta germinativa fittate sulla germinazione di *S. veneta* (Germinazione) vincolata alla Temperatura (T) e al Sito di raccolta dei semi (SC). (Siti di raccolta: ID1046: Blace (CR); ID1047: Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio (IT); ID1115: Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia (IT); ID1118: Riserva Naturale Regionale Sentina (IT)).

3.5.3.2. Effetto del sale sulla germinazione

La germinazione finale dei semi delle popolazioni studiate ottenuta su substrato neutro alla temperatura di 25 °C è di 98,0 % (ID1046), di 95,0 % (ID1047), di 67,7 % (ID1115) e di 37,8 % (ID1118). I dati di germinazione ai diversi livelli di salinità mostrano che non ci sono differenze significative tra la germinazione su substrato neutro e la germinazione a concentrazioni di sale [test Tukey HSD ($P < 0,05$): 100 mM per ID1046 (Tab. 30); da 50 a 500 mM per ID1047 (Tab. 31); a 100 e 200 mM per ID1115 (Tab. 32) e a 100, 200 e 500 mM per ID1118 (Tab. 33).

Tabella 30 - Percentuale finale di germinazione (PFG) nei test di salinità e alcuni indici di velocità (media e dev. st.) dei semi di *S. veneta* della popolazione ID1046 alle differenti concentrazioni di sale alla temperatura di 25 °C. Le stesse lettere indicano i gruppi omogenei per ogni concentrazione di sale.

Salinità (mM)	Germinazione (%)		Velocità			
	PFG (media ± dev.st.)	Gruppi omogenei ($p < 0,05$)	$\bar{I}_2$ (media ± dev.st.)	TMG (gg, media ± dev.st.)	Gruppi omogenei ($p < 0,05$)	t50 (media ± dev.st.)
0	98,0 ± 2,3	a	91,1 ± 1,0	4,0 ± 0,3	a	1,5 ± 1,2
50	73,7 ± 9,3	b	86,9 ± 2,0	5,4 ± 1,0	ab	3,3 ± 1,0
100	95,0 ± 7,6	a	85,7 ± 6,9	6,6 ± 4,3	ab	4,6 ± 3,3
150	63,1 ± 12,6	bc	87,6 ± 4,3	6,1 ± 2,7	ab	3,8 ± 1,7
200	57,7 ± 18,9	bc	90,8 ± 2,7	3,6 ± 1,5	a	2,4 ± 1,2
250	64,8 ± 12,5	bc	85,1 ± 1,6	7,0 ± 1,5	ab	3,1 ± 1,0
300	41,0 ± 8,9	cd	87,7 ± 4,8	6,0 ± 3,2	ab	3,1 ± 1,8
350	39,0 ± 11,6	cd	86,3 ± 3,5	5,8 ± 1,9	ab	4,2 ± 1,5
400	40,8 ± 8,8	cd	88,4 ± 2,8	4,3 ± 0,9	a	3,6 ± 1,7
450	48,5 ± 3,4	bcd	83,3 ± 3,6	7,1 ± 1,4	ab	4,8 ± 1,9
500	42,0 ± 14,8	cd	72,2 ± 9,2	11,3 ± 2,3	b	9,0 ± 3,7
600	37,0 ± 5,0	cd	79,8 ± 8,1	8,0 ± 2,8	ab	4,9 ± 3,8
700	25,0 ± 5,0	d	93,0 ± 4,7	3,1 ± 3,1	a	1,9 ± 0,9
800	22,0 ± 18,3	d	90,0 ± 6,3	8,2 ± 0,8	ab	2,3 ± 2,0
1000	21,6 ± 8,3	d	89,5 ± 2,8	4,8 ± 1,9	ab	1,9 ± 1,0

Tabella 31 - Percentuale finale di germinazione (PFG) nei test di salinità e alcuni indici di velocità (media e dev. st.) dei semi di *S. veneta* della popolazione ID1047

alle differenti concentrazioni di sale alla temperatura di 25 °C. Le stesse lettere indicano i gruppi omogenei per ogni concentrazione di sale.

Salinità (mM)	Germinazione (%)		Velocità			
	PFG (media ± dev.st.)	Gruppi omogenei (p< 0,05)	$\bar{I}_2$ (media ± dev.st.)	TMG (gg. media ± dev.st.)	Gruppi omogenei (p< 0,05)	t50 (media ± dev.st.)
0	95,0 ± 2,0	ab	89,1 ± 3,2	4,6 ± 1,1	abc	2,2 ± 0,8
50	94,0 ± 2,3	ab	93,9 ± 0,6	2,3 ± 0,5	abc	1,2 ± 0,4
100	100,0 ± 0,0	a	92,6 ± 0,5	2,8 ± 0,2	abc	1,7 ± 0,7
150	93,0 ± 6,8	ab	93,6 ± 1,1	2,2 ± 0,5	abc	1,7 ± 0,6
200	94,0 ± 6,9	ab	94,6 ± 1,1	1,7 ± 0,4	a	1,6 ± 0,4
250	88,0 ± 9,8	abc	92,8 ± 1,4	3,33 ± 1,0	abc	2,5 ± 0,6
300	75,0 ± 13,6	bcd	91,7 ± 1,8	2,2 ± 1,4	ab	1,2 ± 0,5
350	75,1 ± 8,2	bcd	94,5 ± 2,1	4,5 ± 1,4	abc	2,7 ± 0,5
400	59,0 ± 6,8	abc	89,1 ± 1,9	4,1 ± 1,3	abc	1,7 ± 0,6
450	76,0 ± 7,3	bcd	91,1 ± 1,3	3,8 ± 2,0	abc	1,6 ± 0,5
500	87,0 ± 10,0	abc	88,1 ± 2,4	5,8 ± 2,0	abc	2,3 ± 0,7
600	65,0 ± 11,9	cde	86,2 ± 7,0	6,4 ± 3,6	c	3,6 ± 4,3
700	50,5 ± 9,2	de	94,6 ± 3,1	2,1 ± 1,8	ab	0,8 ± 0,1
800	37,0 ± 18,3	e	94,4 ± 2,2	3,6 ± 0,8	abc	0,8 ± 0,2
1000	36,1 ± 8,9	e	79,9 ± 4,9	6,3 ± 3,0	abc	4,1 ± 2,0

Tabella 32 - Percentuale finale di germinazione (PFG) nei test di salinità e alcuni indici di velocità (media e dev. st.) dei semi di *S. veneta* della popolazione ID1115 alle differenti concentrazioni di sale alla temperatura di 25 °C. Le stesse lettere indicano i gruppi omogenei per ogni concentrazione di sale.

Salinità (mM)	Germinazione (%)		Velocità			
	PFG (media ± dev.st.)	Gruppi omogenei (p< 0,05)	$\bar{I}_2$ (media ± dev.st.)	TMG (gg. media ± dev.st.)	Gruppi omogenei (p< 0,05)	t50 (media ± dev.st.)
0	67,7 ± 11,9	a	92,8 ± 1,8	2,4 ± 1,42	a	1,7 ± 0,5
100	70,9 ± 6,3	a	92,5 ± 1,5	3,38 ± 1,47	a	1,7 ± 0,4
200	58,5 ± 13,5	ab	93,6 ± 0,5	2,23 ± 0,22	a	1,9 ± 0,4
500	37,8 ± 5,7	b	91,6 ± 1,0	3,99 ± 1,47	a	2,0 ± 0,1
1000	12,2 ± 9,5	c	54,2 ± 35,5	10,4 ± 7,36	a	8,4 ± 9,1

Tabella 33 - Percentuale finale di germinazione (PFG) nei test di salinità e alcuni indici di velocità (media e dev. st.) dei semi di *S. veneta* della popolazione ID1118 alle differenti concentrazioni di sale alla temperatura di 25 °C. Le stesse lettere indicano i gruppi omogenei per ogni concentrazione di sale.

Salinità (mM)	Germinazione (%)		Velocità			
	PFG (media ± dev.st.)	Gruppi omogenei (p < 0,05)	I ₂ (media ± dev.st.)	TMG (gg. media ± dev.st.)	Gruppi omogenei (p < 0,05)	t50 (media ± dev.st.)
0	37,8 ± 9,7	a	93,4 ± 2,9	4,62 ± 1,12	ab	1,1 ± 2,5
100	46,1 ± 15,1	a	81,5 ± 3,2	10,96 ± 1,18	b	5,4 ± 4,5
200	26,3 ± 9,8	ab	91,2 ± 4,1	3,25 ± 1,88	ab	2,3 ± 0,8
500	22,3 ± 5,6	ab	95,7 ± 1,9	1,28 ± 0,92	a	0,9 ± 0,4
1000	13,2 ± 9,3	b	73,4 ± 31,3	10,88 ± 8,68	b	3,6 ± 5,3

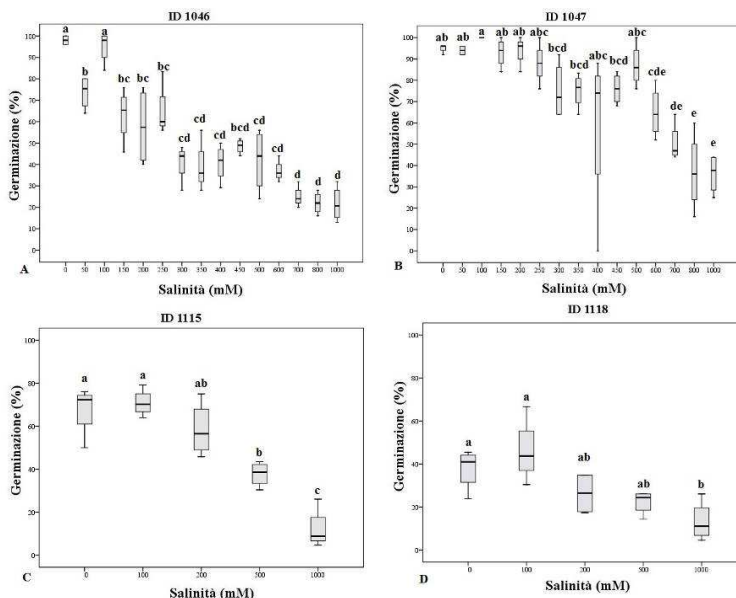
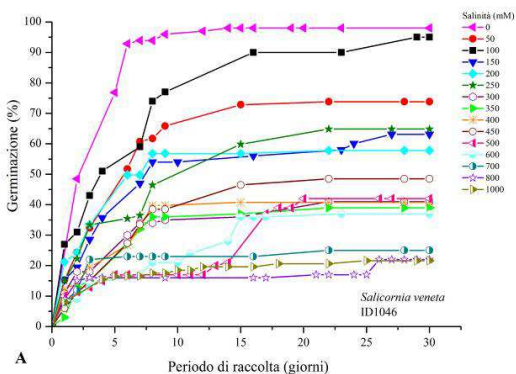


Fig. 84 - Boxplot della percentuale di germinazione di *S. veneta*. **A)** Blace (CR) [ID1046]; **B)** Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio (IT) [ID1047]; **C)** Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia (IT) [ID1115]; **D)** Riserva Naturale Statale Sentina (IT) [ID1118] ai differenti livelli di salinità.

La germinazione delle popolazioni studiate di *S. veneta* ha mostrato una relazione significativa con le concentrazioni di sale poiché diminuisce con l'effetto del sale (ID1046: [F(14, 45)=25,984;

$P < 0,001$]; ID1047: $[F(14, 45)=13,314; P < 0,001]$; ID1115: $[F(14, 45)=25,165; P < 0,001]$; ID1118: $[F(15, 19)=6,513; P=0,003]$). Le quattro popolazioni studiate raggiungono il massimo della germinazione alla concentrazione salina di 100 mM: 95,0 % (ID1046); 100,0 % (ID1047); 70,9 % (ID1115) e 46,1 % (ID1118) (Tab. 30; Tab. 31; Tab. 32; Tab. 33; Fig. 84). Il minimo di germinazione registrato per le quattro popolazioni è alla concentrazione di 1000 mM: 21,6 % (ID1046); 36,1 % (ID1047); 12,2 % (ID1115) e 13,2 % (ID1118) (Tab. 30; Tab. 31; Tab. 32; Tab. 33; Fig. 84). I semi delle quattro popolazioni iniziano a germinare contemporaneamente a tutte le salinità, non mostrando ritardi nell'inizio della loro germinazione (Fig. 85).



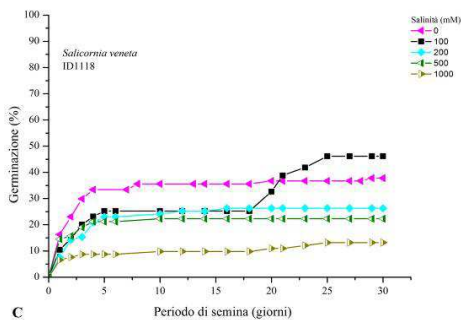
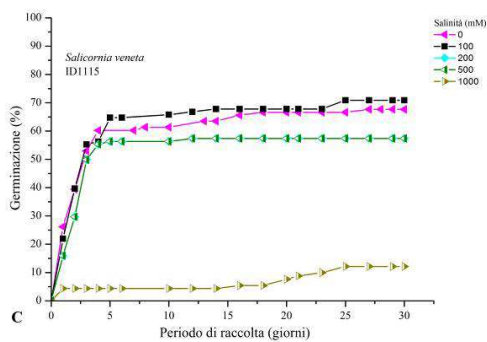
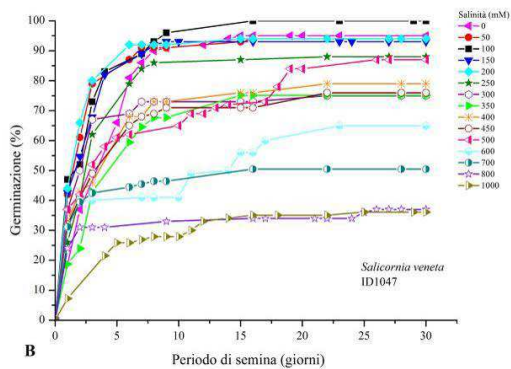


Fig. 85 - Percentuale di germinazione cumulativa dei semi di *S. veneta*. A) Blace (CR) [ID1046]; B) Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio (IT) [ID1047]; C) Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia (IT) [ID1115]; D) Riserva Naturale Regionale Sentina (IT) [ID1118] alle concentrazioni di salinità riportate in legenda.

Il test ANOVA ($P < 0,05$) eseguito sui dati del TMG mostra differenze significative nella popolazione ID1046 [$F(14,45)=2,35$; $P=0,015$]; nella popolazione ID1047 [$F(14, 45)=3,49$; $P < 0,001$] e nella popolazione ID1118 [$F(4, 15)=5,47$; $P=0,006$] (Tab. 30; Tab. 31; Tab. 33). Mentre, nel TMG della popolazione ID1115 non emergono differenze significative [$P > 0,05$] (Tab. 32). Le velocità di germinazione massime registrate sono per la popolazione ID1046 alla concentrazione salina di 0, 200, 400 e 700 mM (Tab. 30); per la popolazione ID1047 a 200 mM (Tab. 31) e per la popolazione ID1118 a 500 mM (Tab. 33). Mentre, le velocità minime di germinazione sono state annotate a 500 mM nella popolazione ID1046 (Tab. 30); a 600 mM nella popolazione ID1047 (Tab. 31) e sia 100 sia 1000 mM nella popolazione ID1118 (Tab. 33). Gli andamenti non strettamente lineari delle quattro popolazioni non permettono di dedurre un potenziale osmotico di base né una costante idrotermica che descriva un valore di potenziale idrico correlato ai giorni di germinazione. I semi delle popolazioni studiate mostrano una buona percentuale di germinazione nella fase di recupero dopo il passaggio di NaCl alle differenti concentrazioni (Fig. 86).

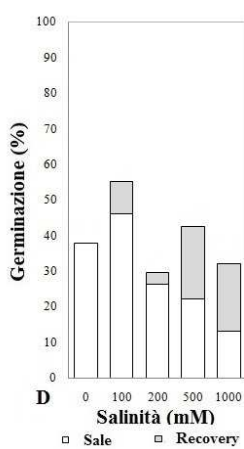
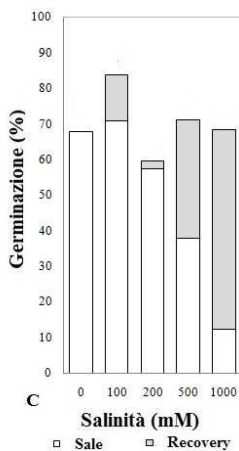
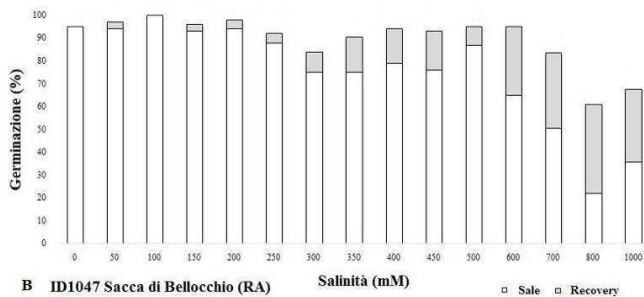
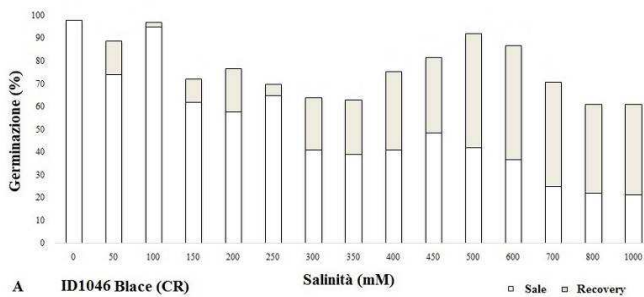


Fig. 86 - Effetto della salinità sulle percentuali di germinazione (bianco) e la germinazione totale (grigio chiaro) dopo la fase di recupero nelle popolazioni studiate di *S. veneta* a 25 °C: **A**) Blace (CR) [ID1046]; **B**) Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio (IT) [ID1047]; **C**) Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia (IT) [ID1115]; **D**) Riserva Naturale Regionale Sentina (IT) [ID1118].

Le percentuali più alte di recupero calcolate sul numero totale di semi seminati sono di 50,0 % alle concentrazioni saline di 500 e 600 mM per la popolazione ID1046, di 39,0 % alla concentrazione salina di 800 mM per la popolazione ID1047, di 56,2 % alla concentrazione salina di 1000 mM per la popolazione ID1115 e di 20,1 % alla concentrazione salina di 500 mM per la popolazione ID1118 (Fig. 86). Con il calcolo della percentuale di recupero con la formula di Khan & Ungar (1984), le percentuali più elevate si sono registrate per la popolazione ID1046: 72,2 % a 200 mM, per la popolazione ID1047: 87,9 % a 600 mM, per la popolazione ID1115: 64,0 % a 1000 mM e per la popolazione ID1118: 26,2 % a 600 mM (Tab. 34).

Tabella 34 - Percentuale finale di germinazione di recupero (RPGF) calcolata con la formula di Khan & Ungar (1984) delle popolazioni di *S. veneta* studiate alle differenti concentrazioni di sale alla temperatura di 25 °C. ID1046: Blace (CR); ID1047: Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio (IT); ID1115: Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia (IT); ID1118: Riserva Naturale Regionale Sentina (IT).

NaCl (mM)	RPGF (%)			
	ID1046	ID1047	ID1115	ID1118
0	0	0	0	0
50	25,0	69,5	-	-
100	12,5	0	22,6	7,8
150	27,5	12,5	-	-
200	47,5	62,5	4,5	4,3
250	16,0	29,1	-	-
300	36,7	31,6	-	-
350	38,9	62,0	-	-
400	58,0	71,8	-	-
450	67,3	73,6	-	-
500	87,4	43,7	53,6	26,2
600	79,1	87,9	-	-
700	61,6	70,0	-	-
800	47,3	54,7	-	-
1000	51,0	50,1	64,0	21,4

Il tasso di recupero di germinazione sembra essere influenzato dalla concentrazione di NaCl. L'ANOVA ad una via ($P < 0,05$) eseguita sulla percentuale di germinazione finale ottenuta nei test di salinità e la percentuale di germinazione finale ottenuta su substrato neutro mostra che la germinazione dei semi è permanentemente inibita sebbene non si verifichi in tutti i semi seminati ad elevate concentrazioni saline (700, 800 e 1000 mM) e a 300 e 350 mM [$F(14,45)=8,955$, $P < 0,001$] nei semi della popolazione ID1046 e a 1000 mM [$F(14,45)=5,321$, $P < 0,001$] nei semi della popolazione ID1047. Non mostra invece inibizione permanente [$P > 0,05$] nei semi della popolazione ID1115 né in quelli della popolazione ID1118. La GLM ha mostrato una significativa relazione tra la risposta germinativa con i fattori salinità (S) e sito di raccolta (SC). Le risposte germinative delle differenti popolazioni sono presentate in Fig. 87. L'analisi della devianza ha permesso di testare le relazioni e quantificare il contributo dei diversi fattori alla risposta germinativa (Tab. 31). Le curve di risposta

germinativa dei quattro siti di raccolta hanno diversi comportamenti in risposta alle concentrazioni saline, con un graduale decremento nei diversi livelli medi di germinazione (Fig. 87; Tab. 32). Infatti le popolazioni ID1047 e ID1115 mostrano una maggior tolleranza all'aumento delle concentrazioni saline, mentre le popolazioni ID1046 e ID1118 diminuiscono la germinazione in maniera più rapida all'aumentare delle concentrazione saline.

Tabella 32 - Analisi della devianza della GLM binomiale fittata sulla germinazione dei semi di *S. veneta* vincolata alla salinità e ai siti di raccolta (Codici sign.: 0 '***'; 0,001 '**'; 0,05 '*'; 1).

Tabella analisi della devianza						
Fonte	Df	Deviazione	Deviazione (%)	Resid.Df	Resid. Dev.	valore-p
Deviazione Tot.				79,0	906,4	
Salé (S)	1	334,8	37,0	78,0	571,6	0,001 ***
Sito di raccolta (SC)	3	380,4	42,0	75,0	191,3	0,001 ***
S x SC	3	31,3	3,4	72,0	160,0	0,01 **

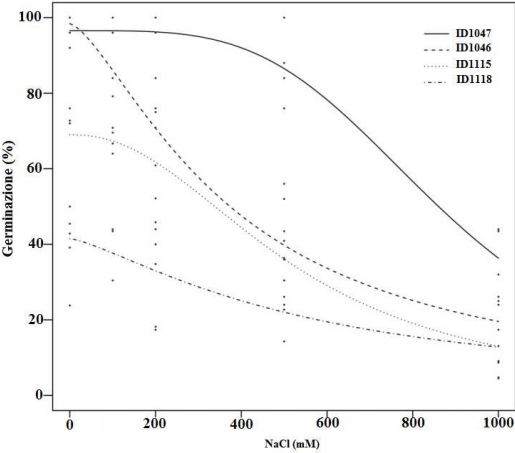


Fig. 87 - Curve binomiali GLM di risposta germinativa fittate sulla germinazione di *S. veneta* (Germinazione) vincolata alla Salinità (NaCl) e al Sito di raccolta dei semi (SC). (Siti di raccolta: **ID1047**- Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio (IT); **ID1046** - Blace (CR); **ID1115**- Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia (IT); **ID1118**-Riserva Naturale Regionale Sentina (IT).

La PCA delle germinazioni ottenute per le quattro differenti popolazioni nei test di temperatura e salinità, ha identificato i principali gradienti di variazione nelle risposte germinative e i livelli di salinità e temperatura che più hanno contribuito a tali gradienti (Fig. 88). I primi due gradienti spiegano l'80 % della variazione totale (PC1 = 69 %, PC2 = 11 %). Il primo gradiente (PC1) oppone la popolazione ID1047 della Sacca di Bellocchio con le più alte risposte germinative alla popolazione ID1118 della Sentina con le più basse risposte germinative. Il secondo gradiente (PC2) cattura la variazione delle risposte germinative interna alle popolazioni. Le correlazioni significative tra i PC site scores e le variabili morfologiche e bioclimatiche sono state sovrainposte al PCA biplot e rappresentate come frecce con lunghezza proporzionale alla correlazione (Fig. 88). PC1 è principalmente e direttamente correlato al peso (WE) ed in parte al contenuto di olio (OIL). PC2 è direttamente correlato alle precipitazioni medie annue (P), all'indice ombrotermico annuale Io, e inversamente alla temperatura annuale media (T) e salinità (SAL) (Fig. 88).

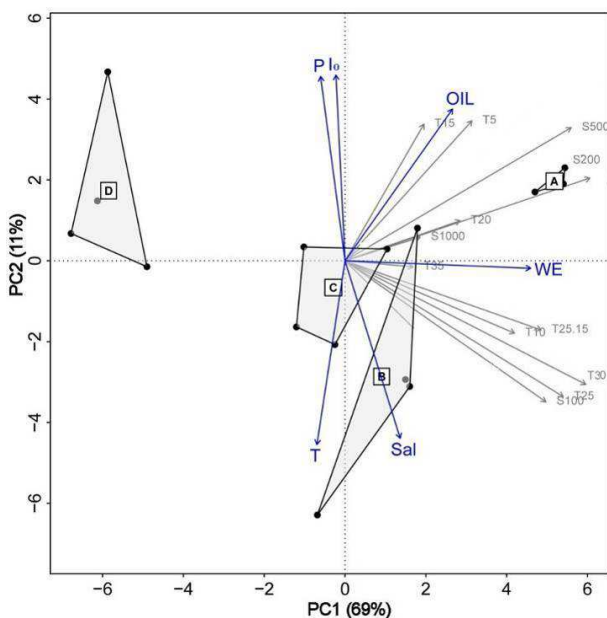


Fig. 88 - Plot dei quattro siti di raccolta di *S. veneta* con la sovrapposizione delle caratteristiche bioclimatiche e morfologiche. La percentuale della varianza dei dati considerati spiegata dall'asse 1 e 2 della PCA sono rispettivamente: 69,0 e 11,0 %.

Etichette: concentrazioni saline: S50, 50 mM; S100, 100 mM; S150, 150 mM; S200, 200 mM; S250, 250 mM; S300, 300 mM; S350, 350 mM; S400, 400 mM; S450, 450 mM; S500, 500 mM; S600, 600 mM; S700, 700 mM; S800, 800 mM; S1000, 1000 mM. Temperature: T5, 5 °C; T10, 10 °C; T15, 15 °C; T20, 20 °C; T25, 25 °C; T30, 30 °C; T35, 35 °C; T25/15, la temperatura alternata a 25/15 °C. Indici bioclimatici dei siti di raccolta: Io, indice ombrotermico annuale, Ios₂, indice ombrotermico bimestrale estivo; T, temperatura media annua; P, precipitazione media annua. I valori medi delle caratteristiche morfologiche del seme: L, lunghezza; We, Peso; V, Volume; Oil, contenuto di olio.

Siti di raccolta: A, Sacca di Bellocchio; B, Blace, C, Salina di Margherita di Savoia; D, Sentina.

4. DISCUSSIONI

4.1. Vegetazione iperalofila pioniera a *Salicornia*

Da un punto di vista sintassonomico, in linea con il Prodroso della Vegetazione Italiana, *S. patula*, *S. emerici* e *S. veneta* sono specie caratteristiche dell'alleanza *Salicornion patulae* Géhu & Géhu-Franck ex Rivas-Martínez 1990 (*Holotypus*: *Suaedo maritimae-Salicornietum patulae* (Brullo & Furnari, 1976) Géhu & Géhu-Franck 1984 Rivas-Martínez 1990 *corr.*), dell'ordine *Thero-Salicornietalia* Tüxen in Tüxen & Oberdorfer ex Géhu & Géhu-Franck 1984 e della classe *Thero-Suaedetia splendidis* Rivas-Martínez 1972 (Biondi *et al.*, 2014a). In Italia, queste comunità annuali si sviluppano in contatto catenale, all'interno delle chiare delle formazioni alofile perenni, con la classe *Sarcocornietea fruticosae*. L'alleanza *Salicornion patulae* è in rapporto catenale con formazioni emicriptofitiche dell'ordine *Juncetalia maritimi* là dove diminuisce la presenza di sale. In alcune situazioni, queste comunità annuali si trovano anche in contatto con la vegetazione delle scogliere e delle comunità vegetali delle spiagge sabbiose.

Suaedo maritimae-Salicornietum patulae rilevato nelle diverse località di raccolta dei semi di *S. patula* (Tab. 2) è similmente diffuso in diverse località italiane sia lungo le coste tirreniche (Arcipelago Toscano e Isola d'Elba, Foggi *et al.*, 2006; Salina di Tarquinia, Porto di Civitavecchia, Iberite, 1992; Parco Nazionale del Circeo, Frondoni & Iberite, 1997; Foce del Fiume Crati, Maiorca *et al.*, 2005) sia

adriatiche (Golfo di Trieste; Kaligarič & Škornik, 2006; Salina di Comacchio; Pellizzari *et al.*, 2007; Foce del Po, Gargano; Géhu *et al.*, 1984; Foce del Candelaro, Biondi & Casavecchia, 2010; Saline di Margherita di Savoia, Corbetta *et al.*, 2006). Attualmente, l'associazione presente nella Sentina risulta l'unica stazione stabile di *S. patula* nella Regione Marche ed è presente anche nella sua subassociazione *crypsidetosum aculeati* (Tab. 4 in Biondi *et al.*, 1988). Si tratta di una vegetazione terofitica aperta e pioniera che si sviluppa sui substrati sabbiosi-limosi, ricoperti d'acqua durante l'inverno e che si screpolano nella stagione calda a seguito delle forti evaporazioni. Inoltre, sempre, presso la Riserva Naturale Regionale Sentina (AP, IT) *S. patula* si inserisce nelle piccole radure che si formano nell'ambito delle formazioni perenni riferibili all'associazione *Spergulario-Puccinellietum distantis* Freekes 1934 (Biondi *et al.*, 1989) creando con *Aster tripolium* e *Crypsis aculeata*, una variante relazionata alla morfologia del bacino e alla presenza di un alto contenuto di sali. Nello studio sulla vegetazione del litorale marchigiano, Biondi *et al.* (1989) hanno rinvenuto l'associazione *Suaedo maritimae-Salicornietum patulae* anche presso il porto turistico di Ancona, ma tale stazione è scomparsa nel corso degli anni. La comunità monospecifica di *S. emerici* rilevata nella baia di Blace (Tab. 3) e attribuita all'associazione *Salicornietum emerici*, presenta caratteristiche simili rispetto le altre comunità descritte lungo le coste mediterranee ed atlantiche. Dal punto di vista fitosociologico,

Salicornietum emerici O. Bolòs 1962 è la prima associazione descritta per le comunità dominate da *S. emerici* della Spagna meridionale. L'associazione spagnola *Salicornietum emerici* O. Bolòs 1962, in seguito, fu utilizzata anche per descrivere le comunità di salicornie annuali localizzate soprattutto nella parte occidentale della Sicilia (Trapani e Mazara del Vallo; Brullo & Furnari, 1976). Géhu *et al.* (1978), in seguito, riprendono il concetto collettivo dell'associazione *Salicornietum emerici* O. Bolòs 1962 ex Brullo & Furnari 1976 individuandone due aspetti che rappresentano due varianti territoriali. Infatti, per la costa atlantica francese descrivono l'associazione *Puccinellio maritimae-Salicornietum emerici* Géhu et Géhu-Franck 1979 mentre per la costa mediterranea francese l'associazione *Arthrocnemo glauci-Salicornietum emerici* (Francia, Camarque, Catalogna e Sicilia). In Italia, Croazia e Slovenia *Salicornietum emerici* O. Bolòs 1962 ex Brullo & Furnari 1976 è diffuso lungo le coste adriatiche (Golfo di Trieste, nelle saline di Nin, Rtna, nelle saline di Dinjiska, Pag e nella laguna costiera di Zrče, Pag, Šajna *et al.*, 2013; Kaligarič & Šajna, 2014; Isola di Olib; Jasprica *et al.*, 2016, Piana del fiume Buna, Albania; Fanelli *et al.*, 2015; Saline di Margherita di Savoia, Foce Carapelle, Sciandrello & Tomaselli, 2014).

La vegetazione dominata da *S. veneta* rilevata in diverse località (Tab. 4) si presenta in popolamenti mono o paucispecifici ed è afferibile all'associazione *Salicornietum venetae* Pignatti 1966.

Questa cenosi, considerata per molti anni endemica del Nord Adriatico, si sviluppa in depressioni coperte d'acqua per la maggior parte della stagione estiva e negli anni successivi alla sua descrizione è stata rinvenuta in diverse stazioni italiane e croate (paragrafo 2.4.3). Inoltre, presso la Foce del Candelaro, *S. veneta* forma popolamenti con *Suaeda splendens* afferibili all'associazione *Suaedo splendens-Salicornietum venetae* (Biondi & Casavecchia, 2010).

4.2. *Salicornia patula* Duval-Jouve

S. patula colonizza le zone di transizione instabili tra i fanghi stabilmente allagati e la vegetazione perenne. In queste condizioni ambientali estremamente variabili, il fenomeno del dimorfismo è un'importante strategia per la sopravvivenza ed offre molteplici opportunità ad una popolazione di mantenere la sua continuità (Philipupillai & Ungar, 1984; Berger, 1985; Khan & Ungar, 1986). In linea con studi precedenti (Grouzis *et al.*, 1976; Berger, 1985; Šajna *et al.*, 2013) i semi delle popolazioni studiate di *S. patula* mostrano un accentuato eteromorfismo: semi centrali grandi e semi laterali piccoli. I semi di tali popolazioni non sono stati separati e selezionati casualmente durante i test di germinazione con il fine di analizzare la risposta e la versatilità di queste piante di breve durata nel loro ambiente naturale. Infatti, in questo studio non è stata rinvenuta nessuna differenza nella risposta germinativa tra semi piccoli e grandi e in accordo con Šajna *et al.* (2013) le popolazioni studiate non necessitano nessun pretrattamento per germinare in condizioni saline.

Questo dato è in contrasto con alcuni protocolli reperibili in letteratura che prevedono per la germinazione dei semi di *S. patula* in condizioni saline trattamenti per favorire la germinazione quali scarificazione e stratificazione fredda (Grouzis *et al.*, 1976) o variazione giorno notte (Philipupillai & Ungar, 1984). Da quanto è emerso dalle analisi condotte, i semi delle popolazioni di *S. patula* studiate presentano un'elevata capacità germinativa in un ampio intervallo sia per quanto riguarda le differenti temperature sia le concentrazioni saline (Tab. 8; Tab. 9; Tab. 10; Tab. 12; Tab. 13; Tab. 14). Il peso dei semi riscontrato nella popolazione di Sant Pere Pescador risulta significativamente differente rispetto a quello delle popolazioni della Riserva Naturale Regionale Sentina e di Blace (Tab. 6; Fig. 44; Fig. 45). Inoltre, nella PCA, l'asse PC1 è correlato con il peso del seme riaffermando la diversità germinativa di Girona collegata al peso del seme più grande (Fig. 58). Tali valori sono stati confrontati con quelli disponibili in letteratura per semi della stessa specie. I valori di 390 e 450 μg indicati da Šajna *et al.* (2013), sono considerevolmente più grandi di quelli registrati per le tre popolazioni studiate. Il peso del seme è una caratteristica morfologica fortemente collegata alla germinazione (Harper, 1977; Baskin & Baskin, 1998; Tremayne & Richards, 2000; Ellison, 2001) tradizionalmente considerata costante in una specie (Harper *et al.*, 1970; Harper, 1977). Tuttavia, numerosi studi hanno dimostrato che il peso del seme nell'ambito della specie, o anche in un singolo individuo, è in grado di variare notevolmente

(Hendrix, 1984; Wolfe, 1995; Li *et al.*, 2015) a causa di differenze di temperatura (McWilliams *et al.*, 1968; Santamaría *et al.*, 2003), di fotoperiodo (Cook, 1975), d'umidità (Dyuryagina, 1975; Schimpf, 1977) e di stagionalità (Pluess *et al.*, 2005). Vi è una variazione significativa tra il volume medio calcolato per la popolazione della Sentina e quello delle altre popolazioni (Tab. 6). Questa variazione è inoltre, identificata dall'asse PC2 che è fortemente correlato al volume (Fig. 58). La differenza di volume potrebbe essere influenzata dalle caratteristiche delle piante al momento della raccolta dei semi (Khan, 2004) e dalle condizioni ambientali in cui la pianta si è sviluppata (Winn, 1988). Le ornamentazioni dei semi delle tre popolazioni sono simili a quelle della popolazione di *S. europea* studiata da Gul & Weber (1999) e Sherpherd *et al.* (2005). Per quanto concerne la morfologia dell'embrione, in base alla caratterizzazione proposta da Martin (1946), può essere descritto come grande, ricurvo e senza un perisperma amilaceo. In accordo con lo studio di Sherpherd *et al.* (2005) l'assenza di un perisperma amilaceo fa sì che i semi, durante le fasi iniziali della germinazione, debbano affidarsi unicamente alle riserve di energia contenute nei cotiledoni. Pertanto, la presenza di un embrione avente spessore doppio rispetto alla lunghezza del seme sembra conferire un vantaggio, facilitando la rapida germinazione ed avviando una crescita ottimale della pianta prima della fioritura e la formazione dei semi. Le tre popolazioni presentano un quantitativo percentuale in olio al loro interno molto elevato rispecchiando il loro

andamento germinativo molto alto (Tab. 7). I valori percentuali di contenuto in olio dei semi di *S. patula* delle popolazioni indagate sono simili a quelli reperibili in bibliografia per altre specie dello stesso genere (27 - 32%; Anwar *et al.*, 2002; 22,4 %; Eganathan *et al.*, 2006). Infatti, soprattutto nelle specie annuali, la quantità e la qualità delle riserve nei semi svolgono un ruolo importante nella germinazione e spesso determinano il successo riproduttivo (fitness) nella pianta stessa (Linder Randal, 2000). Il loro grado di competitività spesso è stabilito dal tempo di germinazione e dal loro tasso di crescita durante la prima fase di sviluppo (Weiner, 1985; Weiner & Thomas, 1986; Silvertown, 1988) che sono influenzati, a loro volta, dalla presenza di una componente di oli saturi ed insaturi al loro interno che provvedono a rendere più precoce e rapida la crescita (Linder Randal, 2000). Le diverse percentuali di germinazione a differenti livelli di temperature delle tre popolazioni sembrano essere legate principalmente alle differenti caratteristiche bioclimatiche dei siti di raccolta, in particolare, all'indice ombrotermico annuale (Io). Infatti, nella PCA, l'asse PC1 ordina i tre siti di raccolta secondo un gradiente decrescente di umidità: Blace (Io=6,18), Riserva Naturale Regionale Sentina (Io=4,21) e la località più secca Sant Pere Pescador (Io=3,02) (Fig. 28; Fig. 29; Fig. 30). Inoltre, l'analisi della varianza identifica l'effetto dei "siti di raccolta dei semi" come un fattore importante nei test alle diverse temperature (Fig. 53; Tab. 11). Come prevedibile, l'effetto "sito" è importante nella risposta di germinazione

di questa specie (Baskin & Baskin, 1973; Bewley & Black, 1994; Estrelles *et al.*, 2010, 2015; Liu *et al.*, 2014), anche se la germinazione dei semi delle specie alofite è regolata da numerosi altri fattori come acqua, temperatura, luce, salinità del suolo e le loro interazioni (Noe & Zedler, 2000). Vi è una notevole variazione nella risposta della germinazione dei semi delle alofite e nei diversi fattori coinvolti. Luce e temperatura sono insufficienti, in alcuni casi, a spiegare le differenze di germinazione registrate anche in specie correlate molto strettamente perciò si ritiene che la risposta fisiologica della germinazione dei semi delle alofite si sia evoluta adattandosi alle specifiche condizioni ambientali (Khan & Gul, 2006; Estrelles *et al.*, 2015). Infatti, la germinazione dei semi della popolazione di Sant Pere Pescador mostra una strategia di germinazione 'opportunistica' (Guterman, 1993), presentando un differente comportamento nella germinazione rispetto alle altre due popolazioni in quanto raggiunge immediatamente un'alta percentuale di germinazione a basse temperature (5, 10 e 15 °C) mentre le altre popolazioni (Riserva Naturale Regionale Sentina e Blace) mostrano un andamento molto più graduale (Fig. 53). La rapida risposta germinativa riportata nel breve periodo di condizioni di umidità del terreno potrebbe essere un adattamento alle condizioni ambientali aride (Estrelles *et al.*, 2015). I semi sono pronti a germinare quando si verificano condizioni favorevoli per la germinazione, dando alla popolazione un vantaggio competitivo attraverso la germinazione precoce (Ross & Harper, 1972; Zia & Khan, 2004). Ciò indica che il

fattore limitante per la germinazione non è la temperatura ma la disponibilità di acqua (Estrelles *et al.*, 2015). Secondo Shaikh *et al.* (2013) questo comportamento è necessario in particolare nelle specie annuali che devono avere semi vitali e pronti per germogliare. Pertanto, come accade per i semi della popolazione di *Suaeda corniculata* subsp. *mongolica* studiata da Cao *et al.* (2012) in cui la germinazione avviene sia in primavera (basse temperature, basse precipitazioni, moderate salinità) sia a metà-fine estate (alte temperature, elevate precipitazioni, basse salinità) i semi della popolazione di Girona potrebbero avere un comportamento simile. In generale, per i semi di *S. patula* possiamo confermare che l'intervallo di temperatura ottimale è compreso tra 25 e 35 °C come riportato in studi effettuati su semi di una popolazione di *S. europea* del Nord America per i quali si è registrata la massima germinazione a 25 °C e la minima a 10 °C (Ungar, 1977). La germinazione aumenta con l'aumentare della temperatura conformemente a quanto riportato in diversi studi sulla germinazione di *Salicornia rubra* e *S. pacifica* var. *utahensis*, alofite del deserto del Gran Bacino, a differenti regimi di temperature (Khan & Weber, 1986; Khan *et al.*, 2001). I semi di *S. patula* non hanno mostrato differenze significative tra le percentuali di germinazione a temperatura costante (20 °C) e quelle a temperatura alternata (25/15 °C; Fig. 50). Questo dato è in linea con gli studi effettuati da Berger (1985) sui semi di una popolazione di *S. patula* raccolti ad Etang de Vaccares, Camargue (Francia meridionale), dove

non si è evidenziata una differenza significativa tra la percentuale massima di germinazione ottenuta a temperatura costante ottimale di 23 °C e quella ottenuta a temperatura alternata di 25/12 °C. Questo dato è in contrasto con i risultati ottenuti da diversi autori per molte alofite che hanno indicato come ottimale la temperatura alternata in *Salicornia bigelovii* (25/30 °C; Rueda-Puente *et al.*, 2007), *S. rubra* (25/35 °C; Khan *et al.*, 2000), *S. pacifica* var. *utahensis* (25/5 °C; Khan & Weber, 1986) e *S. europea* (5/15 °C e 15/25 °C (Philipupillai & Ungar, 1984). La velocità di germinazione in rapporto alla temperatura nelle tre popolazioni di *S. patula* studiate evidenzia come la popolazione di Sant Pere Pescador ($R^2=0,76$; $P>0,001$) sia maggiormente performante rispetto alle altre. I semi delle tre popolazioni studiate di *S. patula*, in particolare la popolazione di Girona, hanno velocità di germinazione molto alte e aumentano il loro tasso di velocità di germinazione in condizioni saline in linea con lo studio di germinazione di *S. ramosissima* (Rubio-Casal *et al.*, 2003). Ciò appare in contraddizione con le ricerche di altri autori che indicano come l'esposizione ad alte concentrazioni di salinità provochi una diminuzione della velocità di germinazione (Kaufman, 1969; Ungar, 1991). In linea con Keifer & Ungar (1997), la tolleranza alla salinità nei semi delle piante annuali, durante la fase di germinazione, è legata soprattutto alle condizioni ambientali del sito al momento della germinazione stessa, mentre la risposta dei semi che fanno parte della banca dei semi del suolo è strettamente legata all'esposizione al

sale durante il periodo di dormienza del seme. I risultati riportati sembrano dimostrare che i semi delle tre popolazioni di *S. patula* studiate hanno mostrato un carattere comune: le condizioni ottimali per la germinazione si presentano in assenza di sale o in substrato salino con concentrazioni medio-elevate fino a 500 mM di NaCl (Tab. 8; Tab. 9; Tab. 10; Tab. 12; Tab. 13; Tab. 14). Questi dati confermano la regola quasi generale sulla germinazione delle specie alofite (Langlois, 1966; Grouzis *et al.*, 1976; Ungar, 1991; Khan & Gul, 2006). In generale, questo comportamento suggerisce che *S. patula* sia una specie molto tollerante ad alte concentrazioni di NaCl e mostri un comportamento germinativo simile alle altre specie del genere *Salicornia* quali: *S. herbacea* (1700 mM; Chapman, 1960); *S. pacifica* var. *utahensis* (680 mM; Khan & Gul, 2006); *S. patula* (340 mM; Berger, 1985; Šajna *et al.*, 2013); *S. dolichostachya* e *S. brachystachya* (240 mM; Huiskes *et al.*, 1985); *S. brachiata* (600 mM; Joshi & Iyengar, 1982); *S. rubra* (1000 mM; Khan *et al.*, 2000); *S. bigelovii* (1000 mM, Rivers & Weber, 1971) e *S. europea* (850 mM; Ungar, 1962). In particolare, i semi della popolazione di Blace sono meno tolleranti al sale (9,9 % a 1000 mM) rispetto a quelli delle popolazioni della Sentina (24,3 % a 1000 mM) e di Sant Pere Pescador (15,1 % a 1000 mM). Nella fase di recupero, le tre popolazioni studiate si sono tra loro ben differenziate (Fig. 56). Secondo Noe & Zedler (2000) e Estrelles *et al.* (2015), una variazione annua nella quantità e nella distribuzione delle precipitazioni provoca

significativi cambiamenti stagionali nelle concentrazioni saline e modifica il grado di umidità e, di conseguenza, la germinazione dei semi. Il rapporto tra la copertura vegetale, l'umidità del terreno e la salinità può cambiare durante l'anno (Alvarez Rogel *et al.*, 2000). Questo potrebbe avere grandi effetti sia sull'arco temporale di germinazione sia sulle dinamiche di comunità (Harper, 1977). Le curve di risposta germinativa al fattore salinità delle tre popolazioni sono molto simili tra loro (Fig. 57). La variabilità di germinazione nei test di salinità indotta dal fattore "sito di raccolta" può spiegare un adattamento alla siccità estiva della specie (Tab. 15; Fig. 57). Infatti, nella PCA, l'asse PC2 separa il sito della Riserva Naturale Regionale Sentina ($Ios_2=2,02$, $T=15$ °C) dagli altri due (Blace $Ios_2=1,7$, $T=16,1$; Sant Pere Pescador, $Ios_2=1,36$, $T=15,9$ °C). I semi della popolazione ID1048 della Riserva Naturale Regionale Sentina, dove si registrano precipitazioni medie annuali di 757 mm, distribuite prevalentemente in autunno e si verificano quattro mesi consecutivi di deficit idrico (Fig. 8), Ios_2 pari a 2,02 e Io a 4,21, non sembrano affetti da un'inibizione permanente mostrando inoltre un'ottima germinazione nella fase di recupero. Similmente, i semi della popolazione ID1061 di Sant Pere Pescador, stazione in cui si osservano precipitazioni medie annuali di 579 mm, prevalentemente distribuite in autunno con quattro mesi di deficit idrico (Fig. 30), Ios_2 pari a 1,36 e Io a 3,02, non mostrano un'inibizione permanente dopo la rimozione del sale. Al contrario, i semi della popolazione ID1060 proveniente da Blace, dove

le precipitazioni medie annuali ammontano a 1194 mm, distribuite prevalentemente in autunno e in primavera con tre mesi di deficit idrico (Fig. 20), I_{os_2} di 1,7 e I_o di 6,18, hanno un'inibizione permanente nella fase di recupero ad alte concentrazioni di sale (700/800/1000 mM).

4.3. *Salicornia emerici* Duval-Jouve

S. emerici è una specie tipica delle saline (Šajna *et al.* 2013) e colonizza le zone costiere con terreni argillosi o limoso-argillosi finemente strutturati dove la salinità è relativamente alta e vi è una diretta esposizione alle fluttuazioni dell'acqua di mare e dei nutrienti e delle maree (Géhu *et al.*, 1978; Biondi *et al.*, 2004).

Le condizioni ottimali di germinazione si verificano a fine inverno, dopo l'interruzione della dormienza grazie al freddo (Grouzis *et al.*, 1976). In accordo con diversi studi reperibili in letteratura (Grouzis *et al.*, 1976; Šajna *et al.*, 2013), i semi di *S. emerici* della popolazione studiata hanno semi centrali e laterali simili non evidenziando pertanto un eteromorfismo come si osserva invece in *S. patula*.

Il peso dei semi della popolazione studiata (Tab. 16), confrontato con i dati reperibili in bibliografia relativi a semi della stessa specie, è simile a quello della popolazione registrata nel database del Royal Botanic Gardens Kew (2016; 274,8 µg), mentre presentano un peso inferiore rispetto alla popolazione croata studiata da Šajna *et al.* (2013; 380 µg). La media della lunghezza dei semi della popolazione studiata (Tab. 16) è simile alla lunghezza media dei semi di *S. emerici* (1,28 mm) analizzati da Grouzis *et al.* (1976) raccolti lungo le coste della Linguadoca e della Camargue. Le ornamentazioni dei semi e l'embrione di *S. emerici* sono simili a quelli descritti per le popolazioni di *S. patula* (Gasparri *et al.*, 2016) e di *S. europea* (Martin, 1946; Gul & Weber, 1999; Sherpherd *et al.*, 2005). Come già si è commentato

per le popolazioni di *S. patula*, la presenza di un embrione grande conferisce un vantaggio sia nella fase di germinazione sia nella fase di crescita della plantula (Sherpherd *et al.*, 2005). I valori percentuali di contenuto in olio dei semi di *S. emerici* sono simili a quelli presenti in bibliografia per altre specie dello stesso genere (27,0 - 32,0 %; Anwar *et al.*, 2002; 22,4 %; Eganathan *et al.*, 2006).

I semi della popolazione di *S. emerici* studiata presentano un'elevata capacità germinativa in un ampio intervallo di temperature e di concentrazione salina (Tab. 17; Tab. 19). Mostrano il loro range ottimale tra 20-35 °C. In linea con lo studio affrontato da Šajna *et al.* (2013) i semi non necessitano di alcun pretrattamento per germinare. Questo dato è in contrasto con quanto registrato per i semi di *S. emerici* delle coste della Linguadoca e della Camargue (Grouzis *et al.*, 1976) che necessitano di una stratificazione fredda a 5 °C per 30 giorni. La germinazione dei semi della popolazione ID1053 aumenta con l'aumentare della temperatura in linea con i diversi studi effettuati sulla germinazione di *Salicornia* sp.pl. (Khan & Weber, 1986; Khan *et al.*, 2001). La capacità di *S. emerici* di germinare rapidamente a temperature alte è probabilmente un vantaggio ecologico che mantiene alto il successo riproduttivo della popolazione, come osservato da Khan *et al.* (2000) in *S. rubra* e nelle popolazioni studiate sia di *S. patula* sia di *S. veneta*. Inoltre, oltre al calcolo delle percentuali di germinazione e della velocità sono stati verificati altri parametri, come

la temperatura base (Tb) e il thermal time (DD) che indicano come la specie si adatti all'aumentare della temperatura (Fig. 67).

I semi della popolazione studiata di *S. emerici* tollerano elevate concentrazioni saline (Fig. 69; Tab. 20) e presentano un graduale decremento nella percentuale media di germinazione all'aumentare della concentrazione salina (Fig. 72). Pertanto, *S. emerici* è una specie molto tollerante all'effetto del sale e mostra un comportamento simile alle altre alofite presenti in letteratura e riportate nel paragrafo precedente.

Nella fase di recupero, i semi di *S. emerici* hanno una buona germinazione e presentano un'inibizione permanente nella fase di recupero a concentrazioni saline elevate (700/800/1000 mM; Fig. 71). Questo potrebbe suggerire una risposta germinativa legata alle precipitazioni annuali della località croata (paragrafo 4.2. *S. patula*). I semi di *S. patula* di Blace hanno lo stesso comportamento nella fase di recupero, sebbene siano maggiormente tolleranti al sale, dei semi di *S. patula* dalla stessa località. In generale, i risultati suggeriscono che il diverso comportamento germinativo dei semi delle due specie in condizioni di elevate concentrazioni saline possa essere dovuto alla loro diversa posizione ecologica e alla loro diversa biologia.

Infatti, *S. emerici* e *S. patula* occupano diversi microhabitat e raramente co-abitano. *S. patula* colonizza i livelli superiori delle pianure alluvionali o dei terreni sabbiosi che sono asciutti e poveri di nutrienti durante l'estate (Grouzis *et al.*, 1976; Šajna *et al.*, 2013) e

forma mosaici con altre formazioni perenni (Biondi *et al.*, 2004). Al contrario, *S. emerici* forma comunità pioniera, omogenee, dense e monospecifiche, che si localizzano in depressioni a lungo allagate, generalmente aperte verso il mare dove la concentrazione salina è superiore (Géhu *et al.*, 1978; Biondi *et al.*, 2004).

Inoltre, dal punto di vista biologico, il diverso numero cromosomico di *S. emerici*, tetraploide, rispetto a quello diploide di *S. patula*, può suggerire un vantaggio in termini di resistenza agli stress. Secondo alcuni autori, infatti, le specie tetraploidi sono più tolleranti allo stress salino rispetto alle specie diploidi (*Citrus rootstocks*, Saleh *et al.*, 2008; *Gossypium* sp.pl., Gorham *et al.*, 2009; *Oryza sativa*, Tu *et al.*, 2014; *Solanum* sp.pl.; Shateriana *et al.*, 2005). Questo comportamento è stato dimostrato anche con lo studio sulla risposta ecofisiologica di *S. dolichostachya* e *S. brachystachya* effettuato da Rozema *et al.* (1987) in cui *S. dolichostachya* (specie tetraploide) è risultata essere più tollerante al sale rispetto a *S. brachystachya* (specie diploide).

4.4. *Salicornia veneta* Pign. et Lausi

S. veneta è dotata di un notevole macrosomatismo sia per quanto riguarda le dimensioni generali della pianta sia per quelle fiorali (perigonio, antere e polline). Anche le dimensioni dei semi risultano significativamente più grandi e il rivestimento tricomatoso più sviluppato (Lausi, 1969; Iberite, 1996; Kaligarič *et al.*, 2008). In linea con altri studi (Lausi, 1969; Šajna *et al.*, 2013) i semi delle popolazioni studiate di *S. veneta* non presentano eteromorfismo.

Il peso e il volume della popolazione ID1047 della Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio sono significativamente differenti rispetto a quelli delle altre popolazioni (Tab. 21). I valori pubblicati in letteratura per semi della stessa specie, 415 µg (Šajna *et al.*, 2013), sono simili a quelli registrati per le quattro popolazioni studiate. Le ornamentazioni dei semi e l'embrione dei semi delle quattro popolazioni sono simili a quelli descritti nei semi delle popolazioni di *S. patula* (Gasparri *et al.*, 2016) e *S. emerici* studiate. Le quattro popolazioni presentano un quantitativo di olio percentuale al loro interno elevato simile ai valori presenti in bibliografia (27 - 32 %; Anwar *et al.*, 2002; 22,4 %; Eganathan *et al.*, 2006), rispecchiando il loro andamento germinativo (Tab. 22). Infatti, la popolazione ID1118 della Sentina rispetto alle altre popolazioni mostra un seme di taglia e di peso più ridotto che presenta un basso contenuto in olio al suo interno. Queste caratteristiche determinano una germinazione più bassa agli stessi intervalli di temperature e alle stesse concentrazioni

di NaCl rispetto a quella riscontrata nelle altre popolazioni di *S. veneta* studiate. Come si evince anche dalla PCA, le diverse percentuali di germinazione a diversi livelli di temperature delle quattro popolazioni sembrerebbero essere legate principalmente alle diverse caratteristiche morfologiche dei semi, in particolare, al peso e al contenuto di olio (Fig. 88). Le caratteristiche dei semi, inclusi taglia e peso del seme, sono importanti parametri per il successo riproduttivo di una pianta ed influenzano profondamente il suo processo rigenerativo (Harper, 1977; Baskin & Baskin, 1998; Bond *et al.*, 1999; Ellison, 2001). La variazione nel volume e nel peso dei semi nella stessa specie è il risultato di differenze genetiche dovute alle piante madri (Guttermann, 1992), alle differenze ambientali nei micro siti (temperatura, luce, acqua e livelli di nutrienti, Susko & Lovett-Doust, 2000), alla riduzione delle risorse disponibili durante la fase di crescita (Cavers *et al.*, 1979; Winn, 1988) e alle caratteristiche delle piante nel momento della raccolta dei semi (Khan, 2004). In linea con lo studio di Xu *et al.* (2014) i semi più pesanti, che dovrebbero presentare embrioni più grandi ed endosperma con più nutrienti (López-Castañeda *et al.*, 1996), hanno mostrato una percentuale di germinazione più alta (Tab. 23; Tab. 24; Tab. 25; Tab. 26; Tab. 27; Tab. 28; Tab. 29; Tab. 30). In generale, i semi delle quattro popolazioni studiate di *S. veneta* mostrano un'elevata capacità germinativa e presentano un intervallo di temperatura ottimale tra 25 e 35 °C come riportato in altri studi effettuati sui semi di una popolazione di *S. europea* (Ungar, 1977) e di

S. patula (Gasparri *et al.*, 2016). La germinazione aumenta con l'aumentare della temperatura conformemente a quanto riportato in diversi studi sulla germinazione di *Salicornia* sp.pl. (Khan & Weber, 1986; Khan *et al.*, 2001). I semi di *S. veneta* non hanno mostrato una differenza significativa tra le percentuali di germinazione a temperatura costante (20 °C) e quelle a temperatura alternata (25/15 °C). Questo dato è in linea con gli studi effettuati da Rojas-Arèchiga *et al.* (2001); Mattana *et al.* (2010); Cogoni *et al.* (2012); De Vitis *et al.* (2014) che ritengono che i semi più piccoli di 2 mg non risentano delle temperature alternate. La risposta germinativa delle quattro popolazioni di *S. veneta* si differenzia in relazione all'effetto dei "siti di raccolta" (Fig. 83). Infatti, i semi della popolazione ID1047 mostrano un comportamento più performante raggiungendo immediatamente un'alta percentuale di germinazione alle basse temperature rispetto le altre popolazioni (Tab. 27; Fig. 83). Questa distanza è ben identificata anche nella PCA dove spazialmente secondo l'asse PC1 le popolazioni più simili in peso e in contenuto di olio sono quella della Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia e quella della Sentina (Fig. 88). La velocità di germinazione analizzata in funzione della temperatura nelle quattro popolazioni studiate di *S. veneta* evidenzia come siano specie performanti (Fig. 82). Questo comportamento è giustificato dall'ambiente ipersalino in cui le piante si sviluppano che fa sì che il fattore limitante per la germinazione non sia la temperatura ma la disponibilità idrica. Infatti,

i suoli campionati presso le stazioni italiane utilizzate come serbatoio di raccolta dei semi di *S. veneta*, hanno una conducibilità elettrolitica elevata (Tab. 5) e questo parametro è fortemente correlato con la disponibilità d'acqua e il suo assorbimento. *S. veneta* è una specie molto tollerante ad alte concentrazioni di NaCl e mostra un comportamento germinativo simile alle altre alofite del genere *Salicornia* presentando ottime percentuali di germinazione anche nei test di salinità in linea con gli altri risultati ottenuti nei test effettuati sui semi delle popolazioni di *S. patula* e *S. emerici* (Tab. 23; Tab. 24; Tab. 25; Tab. 26; Tab. 28; Tab. 29; Tab. 30; Tab. 31). Le risposte germinative delle differenti popolazioni hanno diversi comportamenti in risposta alle concentrazioni saline, con un graduale decremento nei diversi livelli medi di germinazione e presentano un'interazione significativa tra il fattore salinità ed l' effetto del sito di raccolta (Fig. 87) come descritto anche nel paragrafo 4.1. Nella fase di recupero, le quattro popolazioni studiate si sono differenziate tra loro presentando un comportamento analogo alle popolazioni studiate di *S. patula* (Gasparri *et al.*, 2016), principalmente legato alla variazione nella quantità e nella distribuzione delle precipitazioni annue e perciò nelle concentrazioni saline, con il grado di umidità e la germinazione dei semi (Noe & Zedler, 2000; Estrelles *et al.*, 2015; Fig. 86). Infatti, i semi della popolazione ID1115 della Riserva Naturale Statale Salina di Margherita di Savoia (caratteristiche bioclimatiche descritte nel paragrafo 4.1.), e quelli della popolazione ID1118 (caratteristiche

bioclimatiche descritte nel paragrafo 4.1.), non mostrano un'inibizione permanente dopo la rimozione del sale; inoltre mostrano un'ottima germinazione nella fase di recupero (Fig. 86). Al contrario, i semi della popolazione ID1046 proveniente da Blace (caratteristiche bioclimatiche descritte nel paragrafo 4.1.) hanno un'inibizione permanente, sebbene non sia presente su tutti i semi seminati, nella fase di recupero ad alte concentrazioni di sale (700/800/1000 mM). Similmente, anche i semi della popolazione ID1047 proveniente dalla Riserva Naturale Statale Sacca di Bellocchio (caratteristiche bioclimatiche descritte nel paragrafo 4.1.) hanno un'inibizione permanente, sebbene non sia presente su tutti i semi seminati, nella fase di recupero a 1000 mM. I risultati riportati sembrano dimostrare che i semi della popolazione di Blace, così come osservato in *S. patula* proveniente dalla stessa località, siano meno tolleranti al sale rispetto alle altre popolazioni studiate.

5. CONCLUSIONI

Sono state indagate le risposte germinative di *S. patula*, *S. emerici* e *S. veneta* in relazione alla temperatura, alla concentrazione salina e al macroclima delle località di raccolta dei semi.

Tutte le specie hanno dimostrato elevate percentuali medie di germinazione finale in un ampio intervallo di temperature e di concentrazioni saline in tempi relativamente brevi.

In sintesi, l'epoca di raccolta, in relazione alle condizioni climatiche è variabile di anno in anno ma si può affermare che il periodo migliore si concentri tra le ultime due settimane di novembre e le prime di dicembre.

I principali risultati ottenuti con lo studio delle tre diverse specie di salicornie hanno evidenziato che il modello germinativo di *S. patula* sembrerebbe rispecchiare un buon adattamento delle diverse popolazioni alle condizioni ambientali tipiche delle varie località indagate. In particolar modo, il comportamento germinativo delle tre popolazioni di *S. patula* si caratterizza e si diversifica in relazione alle caratteristiche bioclimatiche delle località di raccolta e al peso dei semi. Per quanto riguarda *S. emerici*, questa si dimostra un'ottima specie alofila da impiegare nei progetti di recupero degli ambienti ipersalini in quanto presenta alte percentuali finali di germinazione in intervalli di temperature e concentrazione salina molto ampi.

Lo studio del comportamento germinativo dei semi di *S. veneta* provenienti da quattro differenti località adriatiche ha permesso di ottenere un protocollo di facile applicazione per la germinazione di

questa specie rara e rigorosamente protetta per la quale i fattori che ne determinano il successo germinativo sono risultati essere il volume e il peso del seme.

La temperatura ottimale di germinazione delle tre specie studiate è di 25 °C soprattutto nella fase di sviluppo e per mantenimento delle plantule.

I parametri di temperatura base e di costante termica, fondamentali per fornire indicazioni agronomiche, dimostrano una forte capacità di adattamento in queste specie al fine della germinabilità del seme. Infatti, la maggior parte dei semi è germinata molto velocemente nei primi giorni. In eventuali prove future i controlli dei semi germinati potrebbero essere effettuati a distanza di poche ore l'uno dall'altro così da ottenere una maggiore precisione nel dato.

I semi delle specie studiate sono molto tolleranti e hanno un comportamento germinativo simile ai semi delle altre alofite. Infatti, mostrano germinazione anche alla concentrazione salina di 1000 mM di NaCl. Nelle ricerche che seguiranno ci si orienterà a testare la capacità colonizzatrice in tali specie valutando i limiti di tollerabilità delle specie alla variazione di temperatura e salinità.

I risultati qui ottenuti rappresentano un punto di partenza per la 'conoscenza germinativa' di tali specie e pertanto rappresentano un valido contributo alla redazione di protocolli di germinazione che possano essere facilmente utilizzati per la moltiplicazione di queste specie iperalofile. Tale conoscenza è di fondamentale importanza per

le applicazioni in campo ambientali e agronomico (es. in progetti di recupero ambientale e produzione di piante a scopi alimentari e industriali). Al fine di aumentare le conoscenze utili per progetti di conservazione e recupero ambientale degli ambienti ipersalini, inoltre, è importante conoscere approfonditamente le esigenze ecologiche delle diverse cenosi a cui le differenti specie di salicornie appartengono. Come si è detto, *S. patula* è la specie dominante dell'associazione *Suaedo maritimae-Salicornietum patulae* che si sviluppa in terrazzi limoso-argillosi allagati per brevi periodi dell'anno dove l'acqua del mare arriva meno frequentemente e la salinità, pertanto, è inferiore rispetto a quella presente negli altri biotopi indagati. Le comunità di *S. emerici* (*Salicornietum emerici*) e di *S. veneta* (*Salicornietum venetae*) colonizzano al contrario suoli limoso-argillosi, più bassi, a contatto diretto con l'acqua di mare. Le condizioni ecologiche in cui le diverse specie si sviluppano devono essere ben conosciute soprattutto, nella fase preliminare della preparazione dell'area d'intervento in previsione di scavi e livellamenti del terreno e nella semina o messa a dimora di queste specie.

6. BIBLIOGRAFIA

- AA. VV. (1986) Carta Geologica delle Marche. Scala 1:250.000.
- Adams, D.A. (1963) Factors influencing vascular plant zonation in North Carolina saltmarshes. *Ecology*, **44**: 445–456.
- Alegro, A., Biljaković, M., Bogdanović, S. & Boršić, I. (2004) Psammohalophytic vegetation on the largest sand area on Croatian coast: The island of Mljet, southern Adriatic. *Biologia*, **59**: 435–445.
- Alvarez Rogel, J., Alcaraz Ariza, F. & Roque Ortiz, S. (2000) Soil salinity and moisture gradients and plant zonation in Mediterranean salt marshes of Southeast Spain. *Wetlands*, **20**: 357–372.
- Amen, R.D. (1968) A model of seed dormancy. *The Botanical Review*, **34**: 1–31.
- Andreucci, F. (1996) Caratteristiche fitosociologiche e sinecologiche delle principali associazioni vegetali di un'area dl litorale nord-adriatico. *Tesi di Dottorato*.
- Andreucci, F., Biondi, E., Calandra, R. & Zuccarello, V. (1999) La vegetazione alofila della Riserva Naturale Sacca di Bellocchio (Adriatico settentrionale). *Aspetti ecologici e naturalistici dei sistemi lagunari e costieri. Atti XIII Convegno del Gruppo per l'Ecologia di Base 'G. Gadio', Venezia 25-27 maggio 1996 Suppl. Boll. Museo civico Storia Naturale di Venezia, vol. 49*: 147–172.
- Andreucci, F., Biondi, E., Feoli, E. & Zuccarello, V. (2000) Modeling environmental responses of plant associations by fuzzy set theory. *Community Ecology*, **1**: 73–80.
- Andreucci, F., Biondi, E. & Zuccarello, V. (1996) La vegetazione alofila della Sacca di Bellocchio (Adriatico Settentrionale). *Giorn. bot. ital.*, **130**: 271–273.
- Angus, J.F., Cunningham, R.B., Moncur, M.W. & Mackenzie, D.H. (1981) Phasic development in field crops. I. Thermal response in the seedling phase. *Field Crops Research*: 365–378.
- Anonimo. (1979) Convezione di Berna.
- Anonimo. (1992) Direttiva Habitat.
- Anwar, F., Bhangar, M.I., Khalil, M., Nasir, A. & Ismail, S. (2002) Analytical characterization of *Salicornia bigelovii* Seed Oil cultivated in Pakistan. *Journal of agricultural and food chemistry*, **50**: 4210–4214.
- Audisio, P., Muscio, G., Pignatti, S. & Solari, M. (2002) Dune e spiagge sabbiose, ambienti fra terra e mare. Quaderni Habitat.
- Bacchetta, G., Fenu, G., Mattana, E., Piotto, B. & Virevaire, M. (2006) *Manuale per La Raccolta, Studio, Conservazione E Gestione Ex Situ Del Germoplasma*, APAT- Agen. I.G.E.R. srl, Roma.
- Barthlott, W. (1984) Microstructural features of seed surface. *Current Concepts in Plant Taxonomy*: 95–105. London.
- Baskin, J.M. & Baskin, C.C. (1973) Plant population differences in dormancy and germination characteristics of seeds: heredity or environment? *American Midland Naturalist*, **90**: 493–498.
- Baskin, C.C. & Baskin, J.M. (1998) (2001) *Seeds: Ecology, Biogeography an Evolution for Dormanc and Germination*. Academic Press, San Diego.
- Baskin, C.C. & Baskin, J.M. (2004) A classification system for seed dormancy. *Seed science research*, **14**: 1–16.

- Batla, D., Grundy, A., Dent, K.C., Clay, H.A. & Finch-Savage, W.E. (2009) A quantitative analysis of temperature-dependent dormancy changes in *Polygonum aviculare* seeds. *Seed Science Research*, **49**: 428–438.
- Benech-Arnold, R., Sánchez, R.A., Forcella, F., Kruka, B.C. & Ghersaa, C.M. (2000) Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. *Field Crops Research*, **67**: 105–122.
- Berger, A. (1985) Seed dimorphism and germination behaviour in *Salicornia patula* (ed Dr W. Junk Publishers). *Vegetatio*, **61**: 137–143.
- Bewley, J.D. (1997) Seed germination and dormancy. *Plant Cell.*, **9**, 1055–1066.
- Bewley, J.D. & Black, M. (1994) *Seeds Physiology of Development and Germination*. Plenum Press, New York and London.
- BGCI. (2010) Botanical Garden Conservation International (BGCI). *International Agenda for Botanic Gardens in Conservation International 2nd Edition*
- Bierhuizen, J.F. & Wagenvoort, W.A. (1974) Some aspects of seed germination in vegetables. 1. The determination and application of heat sums and minimum temperature for germination. *Sci. Hortic.*, **2**: 213–219.
- Binet, P. (1965) Action de la température et de la salinité sur la germination des graines de *Glaux maritima* L. *Bull. Soc. Bot. France*, **112**: 346–350.
- Biondi, E. (1999) Diversità fitocenotica degli ambienti costieri italiani. In: Aspetti ecologici e naturalistici dei sistemi lagunari e costieri. Atti XIII Convegno del Gruppo per l'Ecologia di Base 'G. Gadio', Venezia 25-27 maggio 1996. *Suppl. Boll. Museo civico Storia Naturale di Venezia*, **49**: 39–105.
- Biondi, E. (2011) Phytosociology today: Methodological and conceptual evolution. *Plant Biosyst.*, **145**: 19–29.
- Biondi, E., Blasi, C., Allegrezza, M., Anzellotti, I., Azzella, M.M., Carli, E., Casavecchia, S., Copiz, R., Del Vico, E., Facioni, L., Galdenzi, D., Gasparri, R., Lasen, C., Pesaresi, S., Poldini, L., Sburlino, G., Taffetani, F., Vagge, I. & Zitti, S. (2014) Plant communities of Italy: *The Vegetation Prodrôme*. *Plant Biosyst.*, **148**: 728–814.
- Biondi, E., Blasi, C., Burrascano, S., Casavecchia, S., Copiz, R., Del Vico, E., Galdenzi, D., Gigante, D., Lasen, C., Spampinato, G., Venanzoni, R. & Zivkovic, L. (2013) Manuale Italiano di interpretazione degli habitat della Direttiva 92/43/CEE. Società Botanica It, D.P.N., <http://vnr.unipg.it/habitat>
- Biondi, E., Brugiapaglia, E., Allegrezza, M. & Ballelli, S. (1989) La vegetazione del litorale marchigiano (Adriatico centro-settrionale). *Colloques phytos.*, **XIX**: 429–460.
- Biondi, E. & Casavecchia, S. (2010) The halophilous retro-dune grasslands of the Italian Adriatic coastline. *Braun-Blanquetia*, **46**: 111–127.
- Biondi, E., Filigheddu, R. & Farris, E. (2004) Cartography and diachronic analysis of the vegetation of S'Ena Arrubia Lagoon (CentreWestern Sardinia). *Fitosociologia*, **41**: 109–116.
- Biondi, E. & Formica, E. (2000) *Studio Floristico E Vegetazionale Della Sentina Di Porto d'Ascoli* (ed Linea Grafica). Osservatorio Ambientale Provinciale Provincia di Ascoli Piceno, Assessorato all'Ambiente, Centobuchi, AP.
- Biondi, E., Géhu, J.-M. & Ballelli, S. (1988) La vegetazione della 'Sentina' di Porto d'Ascoli (Adriatico Centrale): un ambiente umido da recuperare. *Micologia e Vegetazione MEDITERRANEA*, **III**: 31–46.

- Biondi, E., Vagge, I., Fogu, C. & Mossa, L. (1997) *Salicornia dolichostachya* Moss (Chenopodiaceae). Segnalazioni floristiche italiane: 887. *Inform. Bot. Ital.*, **29**: 292.
- Black, M., Bewley, J.D. & Halmer, P. (2006) *The Encyclopedia of Seeds. Science, Technology and Uses*. Cromwell Press, Trowbrige.
- Blasi, C., Biondi, E. & Izco, J. (2011) 100 years of plantsociology: a celebration. *Plant Biosyst.*, **145**: 1–3.
- Blasi, C. & Frondoni, F. (2011) Modern perspectives for plant sociology: The case of ecological land classification and the ecoregions of Italy. *Plant Biosyst.*, **145**: 30–37.
- Bond, W.J., Honig, M. & Maze, K.E. (1999) Seed size and seedling emergence: an allometric relationship and some ecological implications. *Oecologia*, **120**: 132–136.
- Boorman, L.A. & Hazelden, J. (1995) New marshes for old; salt marsh creation in Essex, England. *Ocean Challenge*: 34–37.
- Boorman, L., Hazelden, J. & Boorman, M. (2002) New Salt Marshes for Old - Salt Marsh Creation and Management. *Littoral -The Changing Coast*: 35–45.
- Bradford, K.J. (1995) Water relations in seed germination. *Seed development and germination*, Marcel Dek (eds J. Kigel & G. Galili), 351–396. New York, USA.
- Braun-Blanquet, J. (1964) *Pflanzensoziologie*, 3rd ed. Springer, Wien-New York.
- Breil, M., Catenacci, M. & Travisi, C. (2004) Impatti del cambiamento climatico sulle zone costiere: Quantificazione economica di impatti e di misure di adattamento – sintesi di risultati e indicazioni metodologiche per la ricerca futura. 96 p.
- Brilli-Cattarini, A. (1970) Segnalazione di piante nuove, inedite o notevoli per la regione marchigiana. *Giornale botanico italiano*, **103**: 367–384.
- Brilli-Cattarini, A. & Ballelli, S. (1980) Segnalazione di piante nuove, inedite o notevoli per la regione marchigiana. *Giornale botanico italiano*, **113**: 327–358.
- Brilli-Cattarini, A. & Gubellini, L. (1987) Segnalazioni Floristiche Italiane: 427–443. *Inform. Bot. Ital.*, **19**: 106–111.
- Brullo, S. & Furnari, F. (1976) Le associazioni vegetali degli ambienti palustri costieri della Sicilia. *Not. Fitosoc.*, **11**: 1–43.
- Caniglia, G., Lapini, L., Muscio, G., Paradisi, S., Perco, F., Ratti, E., Solari, M., Serra, L. & Stoch, F. (2002) Laghi costieri e stagni salmastri. un delicato equilibrio fra acque dolci e salate. *Quaderni habitat*, **8**: 7–158.
- Cao, D., Baskin, C.C., Baskin, J.M., Yang, F. & Huang, Z. (2012) Comparison of germination and seed bank dynamics of dimorphic seeds of the cold desert halophyte *Suaeda corniculata* subsp. *mongolica*. *Annals of Botany*, **110**: 1545–1558.
- Casco, H. & Dias, L.S. (2008) Estimating seed mass and volume from linear dimensions of seeds. *Seed Science and Technology*, **36**, 230–236.
- Cavers, P.B., Heagy, M.I. & Kokron, R.F. (1979) The biology of Canadian weeds. 35. *Alliaria petiolata* (M.Bieb.) Cavara and Grande. *Canadian Journal of Botany*, **59**: 217–229.
- CBD. (1992) *Convention on Biological Diversity*.
- Chapman, V.J. (1942) The new perspective in the halophytes. *Quart. Rev. Biol.*, **17**: 291–311.
- Chapman, V.J. (1960) *Salt Marshes and Salt Deserts of the World* (ed LH Books Ltd). Interscience Publ., Inc., New York, London.
- Coffey, C. & Richartz, S. (2003) *The Habitat Directive: Generating Strong Response*.
- Cogoni, D., Mattana, E., Fenu, G. & Bacchetta, G. (2012) From seed to seedling: A

- critical transitional stage for the Mediterranean psammophilous species *Dianthus morisianus* (Caryophyllaceae). *Plant Biosyst.* **146**: 910–917.
- Cohen, J.L., Williams, T., Plucknett, D.L. & Shands, H. (1991) Ex Situ Conservation of Plant Genetic Resources: Global Development and Environmental Concerns. *Science*, **253**: 866–872.
- Commissione Europea. (2003) Commissione Europea.
- Conti, F., Abbate, G., Alessandrini, A. & Blasi, C. (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., Grunanger, P. & Gubellini, L. (2007a) *Integrazioni Alla Checklist Della Flora Vascolare Italiana*, 10th ed.
- Conti, F., Bracchetti, L. & Gubellini, L. (2007b) Flora vascolare della Riserva Naturale Regionale Sentina (Marche). *Delpinoa*, **49**, 89–110.
- Conti, F., Bracchetti, L. & Gubellini, L. (2013) *Flora Della Riserva Naturale Regionale Sentina . Atlante Fotografico Delle Piante Vascolari*. Tip. Fastedit, Acquaviva Picena, Ascoli Piceno.
- Cook, R.E. (1975) The photoinductive control of seed weight in *Chenopodium rubrum* L. *Am. J. Bot.*, **62**: 427–431.
- Corbetta, F. (1976) Linamenti vegetazionali della Sacca di Bellocchio (Foce del Reno). *Lab.di Zool. Appl.alla caccia. Scritti in memoria di Augusto Toschi*, **VII**: 247–269.
- Corbetta, F., La Monica, M., Pirone, G., Burri, E. & Ivona, A. (2006) La vegetazione delle Saline di Margherita di Savoia (Puglia). *Micologia e Vegetazione MEDITERRANEA*, **21**: 141–156.
- Covell, S., Ellis, R.H., Roberts, E.H. & Summerfield, R. (1986) The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. I. A comparison of chickpea, lentil, soyabean and cowpea at constant temperatures. *Journal of Experimental Botany*, **37**: 705–715.
- Crocker, W. (1916) Mechanics of Dormancy in Seeds. *American Journal of Botany*, **3**: 99–120.
- D'Antonio, C. & Meyerson, L.A. (2002) Exotic plant species as problems and solutions in ecological restoration: A synthesis. *Restoration Ecology*, **10**: 703–713.
- Dati Istat. (2000) Dati ISTAT.
- Davy, A.J., Bishop, G.F. & Costa, C.S.B. (2001) *Salicornia* L. (*Salicornia pusilla* J. Woods, *S. ramosissima* J. Woods, *S. europea* L., *S. obscura* P.W. Ball & Tutin, *S. nitens* P.W. Ball & Tutin, *S. fragilis* P.W. Ball & Tutin and *S. dolichostachya* Moss.) *Journal of Ecology*, **89**: 681–707.
- Dias, L.S. & Ganhão, E. (2012) Extending the range for accurate estimation of seed volume from incomplete linear dimension data. *Seed Science and Technology*, **40**: 129–133.
- Doody, J.P. (2008) Saltmarsh Conservation, Management and Restoration. *Coastal Systems and Continental Margins*. p. 217. Springer.
- Duval-Jouve, J. (1868) *Bull. Soc. Bot. France*, **15**: 175–177.
- Dyuryagina, G.P. (1975) Effect of ecological conditions on morphological variability

- of the seeds of Altai species of the genus *Aconitum* L. *Ekologiya*, **6**: 78–80.
- EEA. (2008) Cambiamenti climatici
- Eganathan, P., Subramanian, R., Latha, R. & Srinivasa Rao, C. (2006) Oil analysis in seeds of *Salicornia brachiata*. *Industrial Crops and Products*, **23**: 177–179.
- Ellis, R.H., Covell, S., Roberts, E.H. & Summerfield, R.J. (1986a) The influence of temperature on seed germination in grain legumes. II. Intraspecific variation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) at constant temperatures. *Journal of Experimental Botany*, **37**: 1503–1515.
- Ellis, R.H., Covell, S., Roberts, E.H. & Summerfield, R.J. (1986b) The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. II. Interspecific variation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) at constant temperature. *Journal of Experimental Botany*, **37**: 1503–1515.
- Ellis, R.H. & Roberts, E.H. (1980) Towards a rational basis for testing seed quality. *Seed Production*. Butterworths (ed P.D. Hebblethwaite), pp. 605–635. London.
- Ellis, R.H., Simon, G. & Covell, S. (1987) The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. III. A comparison of five faba bean genotypes at constant temperatures using a new screening method. *Journal of Experimental Botany*, **38**, 1033–1043.
- Ellison, A.M. (2001) Interspecific and intraspecific variation in seed size and germination requirements of sarracenia (sarraceniaceae). *Am.J.Bot.*, **88**: 429–437.
- Engelmann, F. & Engels, J.M.M. (2002) Technologies and Strategies for ex situ Conservation. *Managing Plant Genetic Diversity* (eds J.M.M. Engels, R. V. Ramanatha, A.H.D. Brown & M.T. Jackson), pp. 89–104. CAB International and IPGRI, Wallingford and Rome,.
- ENSCONET. (2009) Manuale ENSCONET per la raccolta dei semi delle piante spontanee : versione italiana di Seed collecting manual for wild species.
- Estrelles, E., Biondi, E., Galié, M., Mainardi, F., Hurtado, A. & Soriano, P. (2015) Aridity level, rainfall pattern and soil features as key factors in germination strategies in salt-affected plant communities. *Journal of Arid Environments*, **117**: 1–9.
- Estrelles, E., Güemes, J., Riera, J., Boscaiu, M., Ibars, A.M. & Costa, M. (2010) Seed Germination Behaviour in *Sideritis* from Different Iberian Habitats. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj*, **38**: 9–13.
- Fanelli, G., De Sanctis, M., Gjeta, E., Attorre, F. & Mullaj, A. (2015) The vegetation of the Buna river protected landscape (Albania). *Hacquetia*, **15**: 1–46.
- Fenner, M. & Thompson, K. (2005) *The Ecology of Seeds*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Filigheddu, R., Farris, E. & Biondi, E. (2000) The vegetation of S'Ena Arrubia lagoon (centre-western Sardinia). *Fitosociologia*, **37**: 39–59.
- Finch-Savage, W.E. & Leubner-Metzger, G. (2006) Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist*, **171**: 501–523.
- Flores, J. & Briones, O. (2001) Plant life-form and germination in a Mexican inter-tropical desert: effects of soil water potential and temperature. *Journal of Arid Environments*, **47**: 485–497.
- Foggi, B., Cartei, L., Pignotti, L., Signorini, M.A., Viciani, D., Dell'Olmo, L. & Menicagli, E. (2006) Il paesaggio vegetale dell'isola d'Elba (Arcipelago toscano):

- studio di fitosociologia e cartografico. *Fitosociologia*, **43**: 3–95.
- Freitag, H. (2011) Typification of *Salicornia perennans* Willd. (*Chenopodiaceae*/*Amaranthaceae*) and the significance on names by Pallas. *Willdenowia*, **41**: 231–237.
- Frondoni, R. & Iberite, M. (1997) Contributo alla conoscenza della vegetazione del Parco Nazionale del Circeo: le comunità a salicornie annuali. *Fitosociologia*, **34**: 121–125.
- Garcia-Huidobro, J., Monteith, J.L. & Squire, G.R. (1982) Time, temperature and germination of pearl millet (*Pennisetum typhoides*) I. Constant temperature. *Journal of Experimental Botany*, 288–296.
- Gardarin, A., Dürr, C. & Colbach, N. (2010) Effects of seed depth and soil structure on the emergence of weeds with contrasted seed traits. *Weed Research*, **50**, 91–101.
- Gasparri, R., Casavecchia, S., Galié, M., Pesaresi, S., Soriano, P., Estrelles, E. & Biondi, E. (2016) Germination pattern of *Salicornia patula* as an adaptation to environmental conditions of the specific populations. *Plant Sociology*, **53**: 87–100.
- Géhu, J.M. (1992) Les Salicornes annuelles d'Europe: système taxonomique et essai de clé de détermination. *Colloq. phytosoc.*, **18**: 227–241.
- Géhu, J.M. (2006) *Dictionnaire de Sociologie et Synécologie Végétales* (ed J Cramer.). Berlin-Stuttgart.
- Géhu, J.M., Costa, M., Scoppola, A., Biondi, E., Marchiori, S., Peris, J.B., Frank, J., Caniglia, G. & Veri, L. (1984) Essai synsystématique et synchorologique sur les végétations littorales italiennes dans un but conservatoire. *Doc. Phytosoc.*, **8**: 393–474.
- Géhu, J.M., Géhu-Frank, J. & Caron, B. (1978) Les salicornietum emerici et ramosissimae du littoral méditerranéen français. *Acta Botánica Malacitana*, **4**: 79–88.
- Genovesi, P., Angelini, P., Bianchi, E., Dupré, E., Ercole, S., Giacanelli, V., Ronchi, F. & Stoch, F. (2014) *Specie E Habitat Di Interesse Comunitario in Italia: Distribuzione, Stato Di Conservazione E Trend*. ISPRA, Serie Rapporti, 194/2014.
- Gorham, J., Läuchli, A. & Leidi, E.O. (2009) Plant Responses to Salinity. *Physiology of Cotton*. pp. 129–141. Springer Science & Business Media.
- Grigore, M.N., Ivanescu, L. & Toma, C. (2014) *Halophytes: An Integrative Anatomical Study* (ed SIP Switzerland).
- Grouzis, M., Berger, A. & Heim, G. (1976) Polymorphisme et germination des graines chez trois espèces annuelles du genre *Salicornia*. *Oecol.Plant*: 41–52.
- Grouzis, M., Heim, G. & Berger, A. (1977) Croissance et accumulation de sels chez deux salicornes annuelles du littoral méditerranéen. *Oecol.Plant*, **12**: 307–322.
- Gul, B. & Weber, D.J. (1999) Sem studies on seed coat patterns in eight halophytic species of the family *Chenopodiaceae*. *J. Indian bot. Soc.*, **78**: 331–338.
- Gulzar, S. & Khan, M.A. (2001) Seed germination of a halophytic grass *Aeluropus lagapoides* Druce. *Annals of Botany*, **87**: 319–324.
- Gummerson, R.J. (1986) The effect of constant temperatures and osmotic potential on the germination of sugar beet. *Journal of Experimental Botany*: 729–958.
- Gutterman, Y. (1992) Maternal effects on seeds during development. *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities* (ed M. Fenner), 27–59. CAB International and IPGRI.
- Gutterman, Y. (1993) *Seed Germination in Desert Plants*. Springer-Verlag, Berlin.

- Gutterman, Y. (2000) Genotypic and phenotypic germination survival strategies of ecotypes and annual plant species in the Negev Desert of Israel. *Seed biology: Advances and applications : proceedings of the sixth International Workshop on Seeds, Mérida, México, 1999* (ed J. Black, M., Bradford, K.J., Vázquez-Ramos), p. 389. CABI Pub, Wallingford, Oxon., UK, New York.
- Hardegree, S.P. & Van Vactor, S.S. (2000) Germination and emergence of primed grass seeds under field and stimulated-field temperature regimes. *Ann. Bot.*: 379–390.
- Hardegree, S.P., Van Vactor, S.S., Pierson, F.B. & Palmquist, D.E. (1999) Predicting variable temperature response of non-dormant seeds from constant-temperature germination data. *Journal of Range Management*, **52**: 83–91.
- Harlan, J.R. (1992) *Crops & Man*. WI: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America Institute Madison.
- Harper, J.L. (1977) *Population Biology of Plants*. Academic Press, New York-London-San Francisco.
- Harper, J.L., Lovell, P.H. & Moore, K.G. (1970) The Shapes and Sizes of Seeds. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **1**: 327–356.
- Hegarty, T.W. (1973) Temperature coefficient (Q₁₀), seed germination and other biological processes, *Nature* Lon: 305–306.
- Heim, G. & Grouzis, M. (1978) Halophilie et résistance au sel chez deux *Salicornes* annuelles du littoral méditerranéen. *Soc. Bot. Fr.*, **3-4**: 61–69.
- Hendrix, S.D. (1984) Variation in seed weight and its effects on germination in *Pastinaca sativa* L. (Umbelliferae). *Am. J. Bot.*, **71**: 795–802.
- Heydecker, W. (1977) Stress and seed germination: an agronomic view. *The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination* (ed M.A. Khan), 237–282. Elsevier.
- Hijmans, R., Cameron, S., Parra, J., Jones, P. & Jarvis, A. (2005) Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int J Climatol*, **25**: 1965–1978.
- Hilhorst, H.W.H. (2007) Definitions and Hypotheses of seed dormancy. *Seed Development, Dormancy and Germination, Annual Plant Reviews* (ed B.K. & N. H.): 50–67.
- Horvat, I., Glavač, V. & Ellenberg, H. (1974) *Vegetation Südosteuropas*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena.
- http://www.marbef.org/wiki/salt_marshes.
- Huiskes, A.H.L., Stienstra, A.W., Koutstaal, B.P., Soelen, M.M. & Markusse Van, J. (1985) Germination ecology of *Salicornia dolichostachya* and *Salicornia brachystachya*. *Acta Botanica Neerlandica*, **34**: 369–380.
- Iberite, M. (1992) La vegetazione macrofitica e algale della Riserva Naturale di Popolamento Animale Salina di Tarquinia. *Olmi M., Zapparoli, M. L' Ambiente nella Tuscia laziale. Aree protette e di interesse naturalistico della Provincia di Viterbo*. 203–207.
- Iberite, M. (1996) Contribution to knowledge of the genus *Salicornia* L. (*Chenopodiaceae*) in Italy. *Annali di Botanica*, **LIV**: 145–153.
- Ingrouille, M.J. & Pearson, J. (1987) The pattern of morphological variation in the *Salicornia europea* L. aggregate (*Chenopodiaceae*). *Watsonia*, **16**: 269–281.
- International Seed Testing Association. (2006) *International Rules for Seed Testing*, Edition 20. Basserdorf, CH-Switzerland.
- Jasprica, N., Carić, M. & Batistić, M. (2003) The marshland vegetation (*Phragmites-Magocaricetea*, *Isoëto-Nanojuncetea*) and hydrology in the Hutovo Blato Natural Park

- (Neretva River delta, Bosnia and Herzegovina). *Phyton*, **43**: 281–294.
- Jasprica, N., Milović, M., Kovačić, S. & Stamenković, V. (2016) Phytocoenotic diversity of the NE-Adriatic island of Olib. *Plant Sociology*, **53**: 55–81.
- JNCC. (2016) *Joint Nature Conservation Committee. Council Directive 92/43/EEC on the Conservation of Natural Habitats and of Wild Fauna and Flora*. Monkstone House, City Road, Peterborough, PE1 1JY.
- Jones, R., Ougham, H., Howard, T. & Waaland, S. (2013) *The Molecular Life of Plants*. A John Wiley and Sons, Ltd. Publication, UK.
- Joshi, A.J. & Iyengar, E.R.R. (1982) Effect of salinity on the germination of *Salicornia brachiata* Roxb. *Indian Journal of Plant Physiology*, **25**, 65–69.
- Kadereit, G., Ball, P., Beer, S., Mucina, L., Sokoloff, D., Teege, P., Yaprak, A.E. & Freitag, H. (2007) A taxonomic nightmare come true: phylogeny and biogeography of glassworts (*Salicornia* L., *Chenopodiaceae*). *Taxon*, **56**: 1143–1170.
- Kadereit, G., Mucina, L. & Freitag, H. (2006) Phylogeny of *Salicornioideae* (*Chenopodiaceae*): diversification, biogeography, and evolutionary trends in leaf and flower morphology. *Taxon*, **55**: 617–642.
- Kadereit, G., Piirainen, M., Vanderpoorten, A. & Lambinon, J. (2012) Cryptic taxa should have names: Reflections in the glasswort genus *Salicornia* (Amaranthaceae). *Taxon*, **61**: 1227–1239.
- Kaligarič, M., Bohanec, B., Simonovik, B. & Šajna, N. (2008) Genetic and morphologic variability of annual glassworts (*Salicornia* L.) from the Gulf of Trieste (Northern Adriatic). *Aquatic Botany*, **89**: 275–282.
- Kaligarič, M. & Šajna, N. (2014) Rod caklenjača (*Salicornia*) u flori hrvatske. *Glasnik Hrvatskog botaničkog društva*, **2**: 4–6.
- Kaligarič, M. & Škornik, S. (2006) Halophile vegetation of the slovenian seacoast: *Thero-Salicornietea* and *Spartinetea maritimae*. *Hacquetia*, **5**: 25–36.
- Katschnig, D., Broekman, R. & Rozema, J. (2013) Salt tolerance in the halophyte *Salicornia dolichostachya* Moss: Growth, morphology and physiology. *Environmental and Experimental Botany*, **92**: 32–42.
- Kaufman, M.R. (1969) Effects of water potential of germination of lettuce, sunflower, and citrus seeds. *Canadian Journal of Botany*, **49**: 410–515.
- Kaur, S., Gupta, N. & Kaur, A.K. (2002) Effect of osmo- and hydropriming of chickpea seeds on seedling growth and carbohydrate metabolism under water deficit stress. *Plant Growth Regulation*, **37**: 17–22.
- Kebreab, E. & Murdoch, A.J. (1999) A model of effects of a wider range of constant and alternating temperatures on seed germination of four *Orobanches* species. *Ann. Bot.*: 549–557.
- Keifer, C.H. & Ungar, I.A. (1997) The effect of extended exposure to hypersaline conditions on the germination of five inland halophyte species. *American Journal of Botany*, **83**: 104–111.
- Khan, M.L. (2004) Effects of seed mass on seedling success in *Artocarpus heterophyllus* L., a tropical tree species of north-east India. *Acta Oecologica*, **25**: 103–110.
- Khan, M.A., Ansari, R., Ali, H., Gul, B. & Nielsen, B.L. (2009) *Panicum turgidum*: a sustainable feed alternative for cattle in saline areas. *Agric. Ecosys. Environ.*, **129**: 542–546.

- Khan, M.A. & Gul, B. (1998) High salt tolerance in the germinating dimorphic seeds of *Arthrocnemum macrostachyum*. *International Journal Plant Science*, **159**: 826–832.
- Khan, M.A. & Gul, B. (2006) Halophyte seed germination. *Ecophysiology of High Salinity Tolerant Plants* : 11–30. Springer.
- Khan, M.A., Gul, B. & Weber, D.J. (2000) Germination responses of *Salicornia rubra* to temperature and salinity. *Journal of Arid Environments*, **45**: 207–214.
- Khan, M.A., Gul, B. & Weber, D.J. (2001) Germination of dimorphic seeds of *Suaeda moquinii* under high salinity stress. *Australian Journal of Botany*, **49**: 185–192.
- Khan, M.A. & Gulzar, S. (2003) Light, salinity, and temperature effects on the seed germination of perennial grasses. *American Journal of Botany*, **90**: 131–134.
- Khan, A. & Rayner, G.D. (2003) Robustness to Non-Normality of Common Tests for the Many-Sample Location Problem. *Journal of applied mathematics and decisio sciences*, **7**: 187–206.
- Khan, M.. & Ungar, I.A. (1984) Seed polymorphism and germination responses to salinity stress in *Atriplex triangularis* Willd. *Botanical Gazette*, **145**: 487–494.
- Khan, M.A. & Ungar, I.A. (1986) Life history and population dynamics of *Atriplex triangularis*. *Vegetatio*, **66**: 17–25.
- Khan, M.A. & Ungar, I.A. (1997) Effects of thermoperiod on recovery of seed germination of halophytes from saline conditions. *American Journal of Botany*, **84**: 279–283.
- Khan, M.A. & Weber, D.J. (1986) Factors influencing seed germination in *Salicornia pacifica* var. *utahensis*. *American Journal of Botany*, 1163–1167.
- Lahondre, C. (2004) Les salicornes s.l. (*Salicornia* L., *Sarcocornia* A. J. Scott et *Arthrocnemum* Moq.) sur le côtes françaises. *Bull. Soc. Bot. Centre-Quest*, **24**: 1–122.
- Lakušić, R., Pavlović, D., Abadžić, S. & Grgić, P. (1977) Prodrum of plant communities of Bosnia and Herzegovina. *God.biol.inst. Univ. Sarajevo*, **30**: 1–87.
- Langlois, J. (1966) Étude comparée de l'aptitude à germer des graines de *Salicornia stricta* Dumort, *Salicornia disarticulata* Moss. et *Salicornia radicans* Smith. *Revue générale de botanique*, **73**: 25–39.
- Lausi, D. (1969) Descrizione di nuova *Salicornia* dalla Laguna veneta. *Gior. bot. Ital.*, **103**: 183–188.
- Li, Z., Lu, W., Yang, L., Kong, X. & Deng, X. (2015) Seed weight and germination behavior of the submerged plant *Potamogeton pectinatus* in the arid zone of northwest China. *Ecology and Evolution*, **5**: 1504–1512.
- Linder Randal, C. (2000) Adaptive evolution of seed oils in plants: accounting for the biogeographic distribution of saturated and unsaturated fatty acids in seed oils. *The american naturalist*, **156**: 442–457.
- López Valiente, C. (2011) *Respuesta germinativa y tolerancia al estrés salino en comunidades dunares*.
- López-Castañeda, C., Richards, R.A., Farquhar, G.D. & Williamson, R.E. (1996) Seed and seedling characteristics contributing to variation in early vigor among temperate cereals. *Crop Sci*, **36**: 1257–1266.
- Macke, A.J. & Ungar, I.A. (1971) The effects of salinity on germination and early growth of *Puccinellia nuttalliana*. *Can. J. Bot.*, **49**: 515–520.
- Maiorca, G., Spampinato, G. & Crisafulli, A. (2005) *Carta della vegetazione reale della*

- Foce Del Fiume Crati (Cs-Calabria) (scala 1: 4.000).
- Marshall, B. & Thompson, R. (1987) Applications of a model to predict the time to maturity of calabrese Brassica oleracea. *Annals of Botany*, **60**: 521–529.
- Martin, A.C. (1946) The comparative internal morphology of seeds. *American Midland Naturalist*, **36**: 513–660.
- Mattana, E., Daws, M.I. & Bacchetta, G. (2010) Comparative germination ecology of the endemic *Centranthus amazonum* (Valerianaceae) and its widespread congener *Centranthus ruber*. *Plant Species Biology*, **25**: 165–172.
- Maxted, N. (2012) *Agrobiodiversity Conservation: securing the Diversity of Crop Wild Relatives and Landraces.*, CABI.
- Maxted, N., Ford-Lloyd, B.V. & Hawkes, J.G. (1997) *Plant Genetic Conservation: The In Situ Approach*. Springer, London.
- McWilliams, E.L., Landers, R.Q. & Mahlstede, J.P. (1968) Variation in seed weight and germination in populations of *Amaranthus retroflexus* L. *Ecology*, **49**: 290–296.
- Ni, B.R. & Bradford, K.J. (1992) Quantitative models characterizing seed germination responses to abscisic acid and osmoticum. *Plant Physiology*: 1057–1068.
- Nikolaeva, M.G. (1969) Physiology of deep dormancy in seeds. (ed Academy of Sciences of the USSR. V.L. Komarov Botanical Institute): 192–219.
- Nikolaeva, M.G. (1977) Factors controlling the seed dormancy pattern. *The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination*: 51–74.
- Noe, G.B. & Zedler, J.B. (2000) Differential effects of four abiotic factors on the germination of salt marsh annuals. *American Journal of Botany*, **87**: 1679–1692.
- Palumbo, G. & Selvaggi, D. (eds. 2003) Le coste italiane. *LIPU Italia*, p. 239.
- Papini, A., Tripanera, G.B., Maggini, F., Filigheddu, R. & Biondi, E. (2004) New insights in *Salicornia* L. and allied genera (*Chenopodiaceae*) inferred from nrDNA sequence data. *Plant Biosyst*, **138**: 215–223.
- Pellizzari, M., Barbieri, C., Caramori, G., Pagnoni, G.A. & Piccoli, F. (2007) La vegetazione della Salina di Comacchio (Ferrara, Parco del Delta del Po): ripristino ecologico e conservazione degli habitat. *Fitosociologia*, **44**: 77–82.
- Perich, J.G. & Sais, L. V. (2002) La vegetació halòfila dels aiguamolls de l' Empordà. *Bull. Inst.Cat.Hist.Nat.*, **70**, 21–40.
- Pesaresi, S., Galdenzi, D., Biondi, E. & Casavecchia, S. (2014) Bioclimate of Italy: application of the worldwide bioclimatic classification system. *Journal of Maps*, **10**: 538–553.
- Philipupillai, J. & Ungar, I.A. (1984) The effect of seed dimorphism on the germination and survival of *Salicornia europaea* L. populations. *American journal of botany*, **71**: 542–549.
- Pignatti, S. (1982) *Flora d'Italia*. Edagricole, Bologna.
- Piotto, B., Giacanelli, V. & Ercole, S. (Eds. 2010) La Conservazione Ex Situ Della Biodiversità Delle Specie Vegetali Spontanee E Coltivate in Italia. Stato Dell'arte, Criticità E Azioni Da Compire, ISPRA. Manuali e linee guida ISPRA 54/2010, Roma.
- Pluess, A.R., Schütz, W. & Stöcklin, J. (2005) Seed weight increases with altitude in the Swiss Alps between related species but not among populations of individual species. *Oecologia*, **144**: 55–61.
- Pott, R. (2011) Phytosociology: A modern geobotanical method. *Plant Biosyst*, **145**: 9–

18.

Price, L.L. (2007) *From Pedestrian Fare to Gourmet Trend: The Case of Salicornia Europea L., a Traditional Gathered Wild Sea Shore Vegetable*.

Probert, R.J. (2000) The role of temperature in the regulation of seed dormancy and germination. *Seeds. The ecology of regeneration in plant communities (2nd edition)*, CABI: 261–292.

Qu, X., Baskin, J.M., Wang, L. & Huang, Z. (2008a) Effects of cold stratification, temperature, light and salinity on seed germination and radicle growth of the desert halophyte shrub, *Kalidium caspicum* (Chenopodiaceae). *Plant Growth Regul*: 241–248.

Qu, X., Huang, Z., Baskin, J.M. & Baskin, C.C. (2008b) Effect of Temperature, Light and Salinity on Seed Germination and Radicle Growth of the Geographically Widespread Halophyte Shrub *Halocnemum strobilaceum*. *Annals of Botany*, **101**: 293–299.

Quaranta, M., Russo, E. & Palmisciano, M. (2000) *La Zona Umida Della Salina Di Margherita Di Savoia. Guida Naturalistica*. Tipolitografia 'Miulli'.

R Development Core Team. (2011) *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: The R Foundation for Statistical Computing.

Ramani, B., Reeck, T., Debez, A., Stelzer, R., Huchzermeyer, B., Schmidt, A. & Papenbrock, J. (2006) *Aster tripolium* L. and *Sesuvium portulacastrum* L.: two halophytes, two strategies to survive in saline habitats. *Plant Physiology and Biochemistry*, **44**: 395–408.

Ramirez-padilla, C.A. & Valverde, T. (2005) Germination responses of three congeneric cactus species (*Neobuxbaumia*) with different degrees of rarity. *Journal of Arid Environments*, **61**: 333–343.

Rasband, W. 1997-2012. ImageJ. Bethesda, MD : U.S National Institutes of Health.

Redondo, S., Rubio-Casal, A.E., Castillo, J.M., Luque, C.J., Álvarez, A.A., Luque, T. & Figueroa, M.E. (2004) Influences of salinity and light on germination of three *Sarcocornia* taxa with contrasted habitats. *Aquatic Botany*, **78**: 255–264.

Ritz, C. & Streibig, J.C. (2005) Bioassay Analysis using R. *Journal of Statistical Software*, **12**, 1–22.

Rivas-Martínez, S. (2005) Notions on dynamic-catenal phytosociology as a basis of landscape science. *Plant Biosyst*, **139**: 135–144.

Rivas-Martínez, S., Rivas Sáenz, S. & Penas, A. (2011) *Worldwide Bioclimatic Classification System*.

Rivas-Sáenz, S. (2009) Global Bioclimatic Belts, <http://www.globalbioclimatics.org/form/online.htm>; accessed on 22 january 2016.

Rivers, W.G. & Weber, D.J. (1971) The Influence of Salinity and Temperature on Seed Germination in *Salicornia bigelovii*. *Physiologia Plantarum*, **24**: 73–75.

Roberts, E.H. (1988) Temperature and seed germination. *Symposium of society Experimental Biology*: 109–132.

Rojas-Arèchiga, M., Casas, A. & Vázquez-Yanes, C. (2001) Seed germination of wild an cultivated *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) from the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Central Mexico. *Journal of Arid Environments*, **49**: 279–287.

Roman, E.S., Murphy, S.D. & Swanton, C.J. (2000) Simulation of *Chenopodium album* seedling emergence. *Weed Sci*, **48**: 217–224.

- Roman, E.S., Thomas, A.G., Murphy, S.D. & Swanton, C.J. (1999) Modelling germination and seedling elongation of common lambsquarters (*Chenopodium album*). *Weed Sci.*: 149–155.
- Ross, M.L. & Harper, J.L. (1972) Occupation of biological space During seedling establishment. *Journal of Ecology*, **60**: 77–88.
- Royal Botanic Gardens Kew. (2016) Seed Information Database (SID). Version 7.1. Available from: <http://data.kew.org/sid/> (March 2016).
- Rozema, J., Van Der List, J., C. Schat, H., Van Diggelen, J. & Broekman, R.A. (1987) Ecophysiological response of *Salicornia dolichostachya* and *Salicornia brachystachya* to seawater inundation. *Vegetation between land and sea*. pp. 180–187. Dr.W.Junk Publishers, Dordrecht/Boston/Lancaster.
- Rubio-Casal, A.E., Castillo, J.M., Luque, C.J. & Figueroa, M.E. (2003) Influence of salinity on germination and seeds viability of two primary colonizers of Mediterranean salt pans. *Journal of Arid Environments*, **53**: 145–154.
- Rueda-Puente, E.O., García-Hernández, J.L., Preciado-Rangel, P., Murillo-Amador, B., Tarazón-Herrera, M.A., Flores-Hernández, A., Holguin-Peña, J., Aybar, A.N., Barrón Hoyos, J.M., Weimers, D., Mwandemele, O., Kaaya, G., Mayoral, J.L. & Troyo-Diéguez, E. (2007) Germination of *Salicornia bigelovii* Ecotypes under Stressing Conditions of Temperature and Salinity and Ameliorative Effects of Plant Growth-promoting Bacteria. *J. Agronomy & Crop Science*, **193**, 167–176.
- Šajna, N., Regvar, M., Kaligarič, S., Škvorc, Ž. & Kaligarič, M. (2013) Germination characteristics of *Salicornia patula* Duval-Jouve, *S. emerici* Duval Jouve, and *S. veneta* Pign. et Lausi and their occurrence in Croatia. *Acta Bot. Croat.*, **72**: 347–358.
- Saleh, B., Allario, T., Dambier, D., Ollitrault, P. & Morillon, R. (2008) Tetraploid citrus rootstocks are more tolerant to salt stress than diploid. *Comptes Rendus Biologies*, **331**: 703–710.
- Sánchez, J.M., Otero, X.L. & Izco, J. (1998) Relation between vegetation and environmental characteristics in a salt-marsh system on the coast of Northwest Spain. *Plant Ecology*, **136**: 1–8.
- Santamaría, L., Figuerola, J., Pilon, J., Mjelde, M., Green, A.J. & De Boer, T. (2003) Plant performance across latitude: the role of plasticity and local adaptation in an aquatic plant. *Ecology*, **84**: 2454–2461.
- Schimpf, D.J. (1977) Seed weight of *Amaranthus retroflexus* in relation to moisture and length of growing season. *Ecology*, **58**: 450–453.
- Sciandrello, S. & Tomaselli, V. (2014) Coastal salt-marshes plant communities of the *Salicornietea fruticosae* class in Apulia (Italy). *Biologia*, **69**: 53–69.
- SER. (2004) The Ser Primer on Ecological Restoration. Society for Ecological Restoration International, Science and Policy Working Group.
- Shaikh, F., Gul, B., Ansari, R., Alatar, A.R.A., Hegazy, A.K. & Khan, M.A. (2013) Comparative effects of NaCl and sea salt on seed germination of two halophytic grasses under various light and temperature regimes. *Pakistan Journal of Botany*, **45**: 743–754.
- Shateriana, J., Waterera, D., De Jongb, H. & Tanino, K.K.T. (2005) Differential stress responses to NaCl salt application in early- and late-maturing diploid potato (*Solanum sp.*) clones. *Environ. and Experimental Botany*, **54**: 202–212.

- Sherpherd, K.A., Macfarlane, T.D. & Colmer, T.D. (2005) Morphology, Anatomy and Histochemistry of the *Salicornioideae* (*Chenopodiaceae*). *Annals of Botany*, **95**: 917–933.
- Silvertown, J. (1988) The demographic and evolutionary consequences of seed dormancy. *Plant population ecology*, 205–219. Blackwell, Oxford.
- Stumpf, D., Prisco, J., Weeks, J., Lindley, V. & O'Leary, J. (1986) Salinity and *Salicornia bigelovii* Torr. seedling establishment water relations. *Journal of Exp. Botany*, **37**: 160–169.
- Susko, D.J. & Lovett-Doust, L. (2000) Patterns of seed mass variation and their effects on seedling traits in *Alliaria petiolata* (*Brassicaceae*). *Am. Journal of Botany*, **87**: 56–66.
- Thanos, C. & Doussi, M.A. (1995) Ecophysiology of seed germination in endemic labiataes of Crete. *Israel Journal of Plant Sciences*, **43**: 227–237.
- Thompson, P.A. (1970) Characterisation of the germination responses to temperature of species and ecotypes. *Nature Lond.*, **225**: 827–831.
- Thompson, P.A. & Fox, D.J.C. (1976) The germination responses of vegetable seeds in relation to their history of cultivation by man. *Sci. Hortic.*, **4**: 1–14.
- Thorntwaite, C.W. (1948) An Approach Toward A Rational Classification of Climate. *Geographical Review*, **38**: 54–94.
- Tischew, S., Kirmer, A. & Lorenz, A. (2009) Alternative Restoration Strategies in Farmer Lignite Mining Areas of Eastern Germany. *Biodiversity:structure and function*, 185–218. Eolss Publishers Co., Ltd Oxford, United Kingdom.
- Tremayne, M.A. & Richards, A.J. (2000) Seed weight and seed number affect subsequent fitness in outcrossing and selfing *Primula* species. *New Phytologist*, **148**: 127–142.
- Trudgill, D., Honek, A. & van Straalen, N. (2005) Thermal time - concepts and utility. *Annals of Applied Biology*, **146**: 1–14.
- Trudgill, D.L., Squire, G.R. & Thompson, K. (2000) A thermal time basis for comparing the germination requirements of some British herbaceous plants. *New Phytologist*, **145**, 107–114.
- Tu, Y., Jiang, A., Gan, L., Hossain, M., Zhang, J., Peng, B., Xiong, Y., Song, Z., Cai, D. & Xu, W. (2014) Genome duplication improves rice root resistance to salt stress. *Rice*, **7**: 1–15.
- Ungar, I.A. (1962) Influence of salinity on seed germination in succulent halophytes. *Ecology*, **3**: 329–335.
- Ungar, I.A. (1977) The relationship between soil water potential and plant water potential in two inland halophytes under field conditions. *Bot. Gaz.*: 498–501.
- Ungar, I.A. (1978) Halophyte seed germination. *Bot.Rev.*: 233–264.
- Ungar, I.A. (1982) *Germination ecology of halophytes. Contributions to the ecology of halophytes*: 143–154.
- Ungar, I.A. (1987) Population ecology of halophyte seeds. *The Bot Review*, **53**: 301–334.
- Ungar, I.A. (1991) *Ecophysiology of Vascular Halophytes*, Boca Raton. CRC Press.
- Ungar, I.A. (1995) Seed germination and seed-bank ecology of halophytes. *Seed Development and Germination*. Marcel and Dekker Inc, NY.
- Vanderpoorten, A., Hardy, O.J., Lambinon, J. & Raspé, O. (2011) Two reproductively isolated cytotypes and a swarm of highly inbred, disconnected population: a glimpse into *Salicornia*'s evolutionary history and challenging taxonomy. *Journal of*

Evolutionary Biology, **24**: 630–644.

Vegis, A. (1963) Dormancy in higher plants. *Annual review of Plant Physiology*, **15**: 185–224.

Ventura, Y., Wuddineh, W.A., Myrzabayeva, M., Alikulov, Z., Khozin-Goldberg, I., Shpigel, M., Samocha, T.M. & Sagi, M. (2011) Effect of seawater concentration on the productivity and nutritional value of annual *Salicornia* and perennial *Sarcocornia* halophytes as leafy vegetable crops. *Scientia Horticultura*, **128**: 189–196.

Vicente, M.J., Conesa, E., Álvarez-Rogel, J., Antonio Franco, J. & Martínez-Sánchez, J.J. (2007) Effects of various salts on the germination of three perennial salt marsh species. *Aquatic Botany*, **87**: 167–170.

De Vitis, M., Seal, C.E., Ulian, T., Pritchard, H.W., Magrini, S., Fabrini, G. & Mattana, E. (2014) Rapid adaptation of seed germination requirements of the threatened Mediterranean species *Malcolmia littorea* (Brassicaceae) and implications for its reintroduction. *South African Journal of Botany*, **94**: 46–50.

Vitousek, P.M., D'Antonio, C.M., Loope, F. L. & Westbrooks, R. (1996) Biological invasions as global environmental change. *American Scientist*, **84**: 468–478.

Vleeshouwers, L.M., Bouwmeester, H.J. & Karssen, C. (1995) Redefining seed dormancy: an attempt to integrate physiology and ecology. *Journal of Ecology*, **83**: 1031–1037.

Waisel, Y. (1972) *Biology of Halophytes*. Academic Press, New York.

Weiner, J. (1985) Size hierarchies in experimental populations of plants. *Ecology*, **66**: 743–752.

Weiner, J. & Thomas, S.C. (1986) Size variability and competition in plant monocultures. *Oikos*, **47**: 211–222.

Werker, E. (1997) *Seed Anatomy*. Gebruder Borntraeger, Berlin, Germany.

Wilkoń-Michalska, J. (1985) Structure and dynamics of the inland populations of *Salicornia patula*. *Vegetatio*, **61**, 145–154.

Williams, C., Davis, K. & Cheyne, P. (2003) *The CBD for Botanists: An Introduction to the Convention on Biological Diversity for People Working with Botanical Collections*. Royal Botanic Gardens, Kew.

Williams, P. & Faber, P. (2001) Salt Marsh Restoration Experience in San Francisco Bay. *Journal of Coastal Research*, **27**: 203–211.

Winn, A.A. (1988) Ecological and evolutionary consequences of seed size in *Prunella vulgaris*. *Ecology*, **69**: 1537–1544.

Wolfe, L.M. (1995) The genetics and ecology of seed size variation in a biennial plant, *Hydrophyllum appendiculatum* (Hydrophyllaceae). *Oecologia*, **101**: 343–352.

Wolters, M., Garbutt, A. & Bakker, J.P. (2005) Salt-marsh restoration: evaluating the success of de-embankments in north-west Europe. *Biological Conservation*: 249–268.

Xu, J., Wenlong, L., Zhang, C., Liu, W. & Du, G. (2014) Variation in Seed Germination of 134 Common Species on the Eastern Tibetan Plateau: Phylogenetic, *Life History and Environmental Correlates*. *PLoS ONE*, **9**.

Zia, S. & Khan, M.A. (2004) Effect of light, salinity, and temperature on seed germination of *Limonium stocksii*. *Canadian Journal of Botany*, **82** 151–157.

Zobel, M., Van der Maarel, E. & Dupré, C. (1998) Species pool: the concept, its determination and significance for community restoration. *Appl. Veg. Sci.*, **1**: 55–66.

7. APPENDICE

Plant Sociology, Vol. 53, No. 1, June 2016, pp. 91-104
DOI 10.7338/pls2016531/06

PLANT SOCIOLOGY
©Italian Society for
Vegetation Science

Germination pattern of *Salicornia patula* as an adaptation to environmental conditions of the specific populations

R. Gasparri¹, S. Casavecchia¹, M. Galié¹, S. Pesaresi¹, P. Soriano², E. Estrelles², E. Biondi¹

¹Department of Agricultural, Food and Environmental Sciences, Marche Polytechnic University, 60131 Ancona, Italy.

²ICBiBE-Jardí Botànic, University of Valencia, Calle Quart 80, 46008 Valencia, Spain.

Abstract

Salicornia patula Duval-Jouve is a diploid species that usually shows a small bushy growth form. It is an important component of the halophytic annual pioneer vegetation of salt marshes. This hyper-saline vegetation is rare and threatened by a wide variety of pressures (tourist and industrial practices, coast management, invasive species) in the European Mediterranean area. *S. patula* is a characteristic species in the habitat 1310 "Salicornia and other annuals colonizing mud and sand". This paper shows an analysis (by GLM and PCA) on the germination response to temperature and salinity of three populations of *S. patula* from different localities (Italy, Spain and Croatia) in order to identify the key factors controlling germination phases for the implementation of projects on conservation and environmental restoration of the hypersaline environments. We assessed the inter-specific competitiveness of species related to several localities. The germination of *S. patula* was mainly influenced by temperature and salinity and secondly by the site of collection of seeds. In fact, even though *S. patula* optimal temperature range was between 25 and 35° C, the pattern of the germination response curve shows three distinct levels induced by the site of collection of seeds. For salinity, *S. patula* showed the ability to germinate at high salinities even in this case with distinct levels induced by the site of collection of seeds. This might suggest an adaptation of *S. patula* to the different sites bioclimatic conditions here estimated by summer and annual aridity. The population of Sentina Natural Regional Reserve had higher percentages of germination under saline conditions than the other populations. The seeds of the population from Blace were less salt tolerant than those of the populations from Sentina and Girona in the recovery responses. In conclusion, the local environmental conditions, especially I_o and I_{os} , are important variables to characterize and diversify the seed germination behavior in the three populations. In addition, *S. patula* seeds are able to germinate in high percentages in a rather wide range of temperature and salt concentration. Thus, it can be stated that the *S. patula* populations studied can be easily multiplied and successfully used for projects on conservation and environmental restoration of hypersaline environments.

Download articolo completo

<http://www.scienzadellavegetazione.it/sisv/documenti/Articolo/pdf/431.pdf>

8. RINGRAZIAMENTI

La realizzazione di questa ricerca è stata possibile grazie alla preziosa collaborazione di numerose persone che mi hanno saputo consigliare e aiutare in questi tre anni intesi e formativi per la mia preparazione.

Un grazie speciale è per il Professor Edoardo Biondi che non solo mi ha dato la possibilità di realizzare questo progetto e da grande maestro qual è ha arricchito quotidianamente la mia conoscenza scientifica e personale in maniera formativa e stimolante dandomi la grande possibilità di apprendere come vanno osservate le cose che ci circondano.

Ringrazio profondamente la mia tutor, la Professoressa Simona Casavecchia per esser sempre stata presente con la sua gentilezza e amicizia sia come riferimento scientifico sia come supporto morale.

Ringrazio la SoGENUS. Spa, il suo direttore generale Dr. Mauro Ragaini e il direttore tecnico Dott. Geol. Massimo Mosca per aver partecipato al finanziamento di questo progetto di ricerca.

Ringrazio il Dr. Simone Pesaresi per aver condiviso con me idee innovative con grande generosità e per avermi sempre ricordato che il riposo fa parte dell'allenamento.

Ringrazio il Dr. Marco Galíe per infinite cose, per il prezioso scambio d'idee, opinioni, canzoni, libri e per tutto il tempo passato insieme presso la Banca del Germoplasma "Orto Botanico Selva di Gallignano".

Ringrazio tutti i membri dell'area botanica e dell'Orto Botanico Selva di Gallignano il Prof. Fabio Taffetani, Prof. Marina Allegrezza, Dr. Silvia Zitti e Dr. Diana Galdenzi, Dr. Stefano Orlandini, Massimiliano Paoli e Dr. Maurizio Bianchelli. Un grazie va anche al nostro "anarchico" Marco Berti sempre presente nei nostri ricordi.

Ringrazio infinitamente la Professoressa Pilar Soriano, la Dr. Elena Estrelles, la Professoressa. Ana Ibars, la Dr. Josefa Prieto-Mossi e il Professor Manuel Costa per avermi accolto calorosamente presso la loro struttura e nella loro quotidianità. Grazie a loro Valencia sarà sempre un bellissimo ricordo.

Ringrazio la Dr. Charlotte Seal per le stimolanti discussioni e per avermi dato la possibilità di effettuare una parte della mia ricerca presso la Millenium Seed Bank.

Ringrazio il vice Ispettore Emanuele Battani del Posto Fisso di Casalborsetti e l'Ispettore Ruggero Matera del Posto Fisso di Margherita di Savoia del Corpo Forestale dello Stato per averci accompagnato nei luoghi scelti per la raccolta semi.

Ringrazio tutti quelli che hanno allietato le mie giornate in questi tre anni con sorrisi, parole e sincera amicizia "perdendo" un po' di tempo con la sottoscritta. Ringrazio le giovani donne di Valencia, Julietta & Anto, e le lunghe chiacchiere al profumo di mate in calle de roteros 16, la "mia croata preferita" Marjia, per lunghe passeggiate e le conversazioni surrealiste, Chiara coraggiosa e instancabile compagna di lavoro e di tramonti indimenticabili e Cristian "ADDIRITTURA" per i suoi simpatici diretti modi di fare...

Ringrazio tutti i ragazzi della Millenium Seed Bank, Deb, Paul & Maud per il mese trascorso insieme tra libri e microscopi. Ringrazio, in particolare, Ludo per la sintonia

immediata che si è instaurata tra di noi e per aver allietato con la sua presenza numerose sere di lavoro nella buia biblioteca e Alex per la spontaneità dei suoi vent'anni, la costante compagnia nelle attività quotidiane e nelle lunghe passeggiate nel giardino.

Ringrazio tutti i colleghi di dottorato in particolar modo, Barbara, Elisa, Valeria, Maria Antonietta e Matteo sperando che la chat continui sempre a squillare. Un grazie speciale è per Simone per aver condiviso con me in questi tre anni ansie, paure, gioie, musica, libri, amici e famiglia e per essere diventato uno amico caro.

Ringrazio tutti i miei amici, Caterina, Sara, Aurora, Michela, Marco, Luca, Matteo, Luca, Stefano e Nicola per aver ascoltato pazientemente le mie avventure e/o sventure ed esserci sempre stati per un film, una birretta o semplicemente per un sorriso.

Ringrazio la mia famiglia, mia madre e mio padre per l'infinità pazienza nei miei confronti e per aver capito quasi in ogni situazione quale fosse il momento giusto...

Ringrazio mio fratello e il suo essere così diverso da me che mi ha aiutato a comprendere la giustezza delle cose e saperle ridimensionare e prenderle nel giusto modo...ringrazio Silvia per la sua dolcezza e comprensione...

Ringrazio Andrea, colui che c'è sempre stato anche quando sarebbe stato più semplice non esserci, colui che mi aiutato a preparare le valigie per i miei periodi all'estero, colui che ha saputo capire le mie malinconie, rispettare le mie idee e i miei sogni...

Ringrazio me stessa per "non essermi mai posta il come, il dove, il perché, pigramente rassegnata al non importa, al non so quando o quanto" sono andata avanti inseguendo i miei sogni e facendo sempre quello desideravo fare.

"Con l'autolesionismo, ci faccio una statua, la penso perfetta, la chiamo tristezza, la rivesto di apparenza, poi la chiamo vita e la chiamo così perché la dedico a voi. È solo il pensiero che vi rende così forti, così presenti, così costanti, tanto da scegliere le pene da sopportare per prevalere nella guerra dei rapporti. Ed io, che faccio parte, della schiera dei perdenti, comprendo il ruolo, il mio ruolo e lascio scorrere i pensieri come la pioggia, sulla finestra dei vent'anni. Ma mi porto più lontano, lontano da tutti, spaventato dai consigli di chi ha già visto, ha già sentito, ha già provato, ma non è me e non può capire, non può aiutarmi. Ricordatevi di noi fra trent'anni che avremo bisogno di voi sarete l'orgoglio di tanti ma solo un appiglio per noi"

Come reagire al presente, Fast animal and slow kids, Alaska (2015)