

Effetti della temperatura sulla germinazione dei semi di *Euphorbia dendroides* L. di provenienza italiana ed albanese

V. CAVALLARO, L. FORTE, S. MINORE e F. MACCHIA

ABSTRACT - *The effects of temperature on germination of seeds of Euphorbia dendroides L. from Italy and Albania* - The influence of temperature on the germination process of *Euphorbia dendroides* L. of Italian and Albanian origin is examined in this paper. The results obtained show that this species does not undergo embryo dormancy and that the optimum temperatures for germination are between 12 and 24 °C, temperatures at which the process occurs quite rapidly. At lower temperatures there is a large reduction in the germination percentage that becomes zero at 3 °C. In addition, brief periods of low temperature are sufficient to block germination. These results have also enabled us to interpret the behaviour of this species in a natural setting. In fact, despite spreading seeds between the end of May and the beginning of June, the species does not germinate in summer due to the water deficit but starts the process between September and November, when water is available along the Mediterranean coast and the temperature is not below 12 °C. Temperature is therefore confirmed as a climatic element that can affect the area of distribution of this species, limiting its range to the North and at altitude. The differences found in the germination behaviour between the Italian and Albanian populations show a greater sensitivity in the Italian population to decreases in temperature leading us to hypothesize both the existence of populations better adapted to the greater continentality of the Eastern sector of the area of distribution of the species and that the two origins represent clearly distinct ecological strains.

Key words: chilling, ecology of germination, *Euphorbia dendroides* L., origin, temperature

Ricevuto il 29 Maggio 2007
Accettato il 22 Ottobre 2007

INTRODUZIONE

Euphorbia dendroides L. è inserita nel gruppo monofiletico delle euforbie mediterranee-macaronesiche, all'interno del quale risulta la specie più arcaica (MOLERO *et al.*, 2002). Ha una distribuzione strettamente stenomediterranea, con centro di distribuzione nella porzione centrale del Mediterraneo ma con stazioni sino alle coste dell'Asia Minore (Turchia meridionale e Palestina) e, pur essendo una specie spesso costiera, si può addentrare, in stazioni particolari, sino a 40 km e salire sino a 700 m di quota (BIANCO *et al.*, 1983/84).

Definita come un arbusto semi-succulento, (JACOBSEN, 1981) forma capsule trigone di 5-8 mm e dissemina verso la fine della primavera producendo semi lisci, di piccole dimensioni e dotati di elaiosoma (RÖSSLER, 1943).

In natura i semi germinano, a seconda delle condizioni climatiche delle differenti aree geografiche, tra settembre e novembre mostrando un'elevata capacità germinativa, confermata da prove condotte in serra fredda (PIOTTO, DI NOI, 2001).

Numerosi sono gli studi sulla germinazione di specie annuali del genere *Euphorbia* (KIGEL *et al.*, 1992; BRECKE, 1995), mentre pochi su quelle perenni, quali *E. caducifolia* Haines, *E. characias* L., *E. esula* L. e *E. nicaeensis* All. (SELLECK *et al.*, 1962; SEN, CHATTERJI, 1966; BEST *et al.*, 1980; GÓMEZ, ESPADALER, 1997; NARBONA *et al.*, 2006). In particolare per *E. dendroides* mancano studi sul comportamento germinativo in condizioni controllate (EICHBERGER, 2001).

La germinazione rappresenta una fase molto vulnerabile del ciclo ontogenetico poiché la probabilità che una plantula ha di sopravvivere ed affermarsi in un ambiente dipende fortemente dalla stagione e pertanto dalle condizioni ambientali in cui il seme germina (HARPER, 1977; MEYER *et al.*, 1990; MACCHIA *et al.*, 1995). Inoltre, poiché la germinazione è un processo irreversibile (BEWLEY, BLACK, 1994), se si verifica nel periodo sbagliato determina un danno alla popolazione (SILVERTOWN, CHARLESWORTH, 2001).

Numerosi fattori ambientali controllano la germinazione e senza dubbio la temperatura ha un ruolo rilevante anche sullo stato che alcuni tipi di dormienza inducono sui semi.

Il presente lavoro si pone l'obiettivo di esaminare gli effetti della temperatura sulla germinazione di *E. dendroides* attraverso l'analisi di popolazioni italiane ed albanesi.

MATERIALI E METODI

Semi provenienti da Santa Maria di Leuca (Lecce - Italia) e da Porto Palermo (Saranda - Albania) sono stati prelevati da capsule mature, raccolte da un numero elevato di piante (>30) rispettivamente il 14/6/2004 ed il 4/6/2004, e subito messi a germinare. I semi completi di elaiosoma sono stati posti in capsule Petri (\varnothing 15 cm) su carta da filtro e con acqua deionizzata, a loro volta collocate in celle termostate al buio; le capsule, inoltre, sono state avvolte con un foglio di alluminio. Sono state effettuate prove a temperatura costante di 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 e 24 °C (± 1 °C) e solo sulla popolazione italiana anche prove a temperatura costante di 15 °C dopo pre-trattamenti di *chilling* a 6 e 9 °C della durata di 5, 10, 20, 30 e 40 giorni. Per tutte le prove sono state effettuate 4 repliche da 50 semi ciascuna. I semi sono stati considerati germinati quando la radichetta raggiungeva la lunghezza di 1mm e le osservazioni sono state condotte ogni due giorni per un periodo di 40 giorni per le prove a temperatura costante e di 60 giorni per quelle con pre-trattamento di *chilling*.

Al termine di ciascuna prova i semi non germinati sono stati classificati con l'ausilio del *cut test* in vuoti, morti, ossia con endosperma deliquescente, e apparentemente vivi ma non germinati. In quest'ultima categoria sono stati classificati quei semi che alla fine delle prove presentavano tegumento intatto ed endosperma bianco e consistente.

I dati grezzi sono stati elaborati per ottenere, al netto dei semi vuoti, le percentuali di germinazione, le percentuali dei semi morti e di quelli classificati vivi ma non germinati. Per ciascuna combinazione di provenienza e trattamento a temperatura costante, compresa nel *range* tra 12 e 24 °C, sono stati inoltre calcolati i tempi medi di germinazione (MTG) (BEWLEY, BLACK, 1994). Per le prove a temperatura costante, dopo trasformazione delle percentuali in arcoseno, gli effetti dei trattamenti e delle interazioni sono stati determinati mediante ANOVA a due fattori (temperatura e provenienza) con repliche sia sulle percentuali di germinazione che di semi morti e vivi non germinati. Gli effetti dei trattamenti termici sui tempi medi di germinazione sono stati determinati in maniera analoga ai precedenti (fatta eccezione per la trasformazione dei dati in arcoseno), mentre per le prove con pre-trattamento di *chilling* i due fattori sono costituiti dalla durata del *chilling* e dalla temperatura di pre-trattamento. Per il confronto tra le medie dei trattamenti è stato usato il test della Minima Differenza Significativa (MDS) di Tukey.

Nelle figure le percentuali di germinazione sono espresse dalle medie delle repliche trasformate in arcoseno. Le analisi statistiche sono state condotte mediante l'utilizzo del pacchetto software SPSS 11.5 (SPSS Inc., Chicago 1989-2002).

RISULTATI

L'analisi della varianza, condotta sui dati di germinazione in relazione ai fattori analizzati (temperatura e provenienza) e loro interazioni, evidenzia differenze altamente significative nelle percentuali di semi germinati e di semi vivi ma non germinati, mentre non significative per le percentuali di semi morti (Tab. 1). I diversi trattamenti termici, quindi, incidono in maniera significativa sul processo germinativo di questa specie ed in particolare si ha che le temperature più basse (≤ 9 °C) determinano una forte riduzione della percentuale di germinazione, che a 3 °C diventa nulla. Le alte percentuali mostrate alle temperature comprese tra 12 e 24 °C indicano che la specie non presenta dormienza embrionale. Le due provenienze considerate, inoltre, presentano un diverso comportamento alla germinazione (Tab. 1) con differenze altamente significative alle temperature di 9 e 12 °C (Tab. 2, Fig. 1). In particolare, è possibile distinguere, per le due provenienze, differenti *pattern* di germinazione in funzione della temperatura.

TABELLA 1

*Analisi statistica (ANOVA) per l'influenza della temperatura sulle percentuali di germinazione, di semi morti e semi classificati vivi ma non germinati, trasformate in arcoseno, di semi di E. dendroides con otto livelli di temperatura e due provenienze. (DF = Gradi di libertà; *** = $p < 0.001$; n.s. = non significativo).*

*Statistical analysis (ANOVA) of temperature influence on arcsin transformed percentages of E. dendroides seeds classified germinated, dead and not germinated but alive at eight temperature levels and from two origins. (DF = Degrees of freedom; *** = $p < 0.001$; n.s. = not significant).*

Fonti di variazione	DF	Varianze	F calcolato	
Percentuale di germinazione				
Temperatura (A)	7	4816.07	127.64	***
Provenienza (B)	1	1415.07	37.50	***
AxB	7	384.03	10.18	***
Errore	48	37.73		
Percentuale semi vivi ma non germinati				
Temperatura (A)	7	4104.58	76.78	***
Provenienza (B)	1	5437.92	101.72	***
AxB	7	264.68	4.95	***
Errore	48	53.46		
Percentuale semi morti				
Temperatura (A)	7	77.71	1.08	n.s.
Provenienza (B)	1	147.04	2.05	n.s.
AxB	7	71.05	0.99	n.s.
Errore	48	71.69		

TABELLA 2

Differenze tra le medie delle percentuali di germinazione trasformate in arcoseno di semi di *E. dendroides* delle due provenienze a otto livelli di temperatura. In grassetto le differenze con $p < 0.01$ e in corsivo con $p < 0.05$. Differences between arcsin transformed mean germination percentages of *E. dendroides* seeds from Italy and Albania at eight temperature levels. Differences with $p < 0.01$ in bold type and with $p < 0.05$ in italic type.

		Italia								Albania							
		Temperatura °C															
		3	6	9	12	15	18	21	24	3	6	9	12	15	18	21	24
Italia	3	----															
	6	14.05	----														
	9	3.78	10.27	----													
	12	37.98	23.93	34.20	----												
	15	54.61	40.56	50.83	<i>16.63</i>	----											
	18	52.38	38.33	48.60	14.40	2.23	----										
	21	50.08	36.03	46.30	12.10	4.53	2.30	----									
	24	49.06	35.01	45.28	11.08	5.55	3.32	1.02	----								
Albania	3	0.00	14.05	3.78	37.98	54.61	52.38	50.08	49.06	----							
	6	0.00	14.05	3.78	37.98	54.61	52.38	50.08	49.06	0.00	----						
	9	35.21	21.16	31.43	2.77	19.40	17.17	<i>14.87</i>	13.85	35.21	35.21	----					
	12	60.29	46.24	56.51	22.31	5.68	7.91	10.21	11.23	60.29	60.29	25.08	----				
	15	69.68	55.63	65.90	31.70	<i>15.07</i>	17.30	19.60	20.62	69.68	69.68	34.47	9.39	----			
	18	58.17	44.12	54.39	20.19	3.56	5.79	8.09	9.11	58.17	58.17	22.96	2.12	11.51	----		
	21	57.67	43.62	53.89	19.69	3.06	5.29	7.59	8.61	57.67	57.67	22.46	2.62	12.01	0.50	----	
	24	56.16	42.11	52.38	18.18	1.55	3.78	6.08	7.10	56.16	56.16	20.95	4.13	13.52	2.01	1.51	----

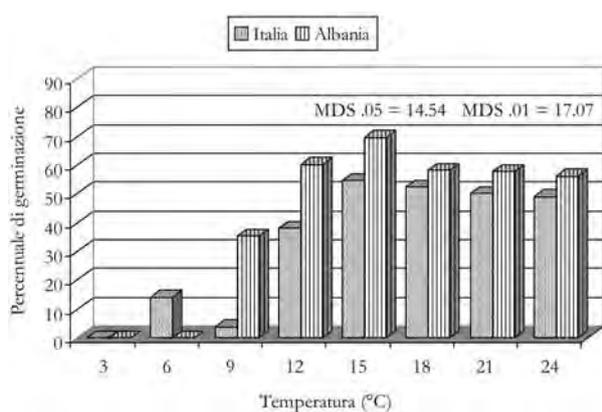


Fig. 1
Percentuali di germinazione trasformate in arcoseno di semi di *E. dendroides* di provenienza italiana e albanese con otto livelli di temperatura. Arcsin transformed germination percentages of *E. dendroides* seeds from Italy and Albania versus temperature.

Nella provenienza italiana le percentuali di germinazione sono molto basse o nulle nel range compreso tra 3 e 9 °C, alte tra 15 e 24 °C e intermedie a

12 °C (Tab. 2, Fig. 1). In quella albanese, invece, le percentuali sono basse o nulle nel range compreso tra 3 e 6 °C, alte tra 12 e 24 °C, mentre intermedie a 9 °C (Tab. 2, Fig. 1). Risulta, pertanto, che la riduzione della percentuale di germinazione indotta dal diminuire della temperatura è marcata già a 9 °C per i semi italiani, mentre per quelli di provenienza albanese lo è a 6 °C, in quanto a 9 °C la percentuale di germinazione si mantiene ancora a livelli superiori al 33%.

Il trend generale osservato per la specie relativo alla diminuzione della capacità germinativa in funzione della riduzione della temperatura non sembrerebbe legato alla perdita di vitalità da parte dei semi, in quanto le percentuali di quelli risultati evidentemente morti alla fine di ciascuna prova, ed al netto di quelli vuoti, non mostrano differenze statisticamente significative (Tab. 1, Fig. 2). Al contrario, differenze altamente significative sono state rilevate nelle percentuali di semi vivi ma non germinati sia per quanto riguarda i fattori temperatura e provenienza e sia per la loro interazione (Tab. 1, Fig. 3). Tuttavia, la classificazione dei semi effettuata al termine di ogni prova con il cut test non offre garanzie sufficienti per escludere in maniera assolutamente certa un effetto della temperatura sulla vitalità dei semi.

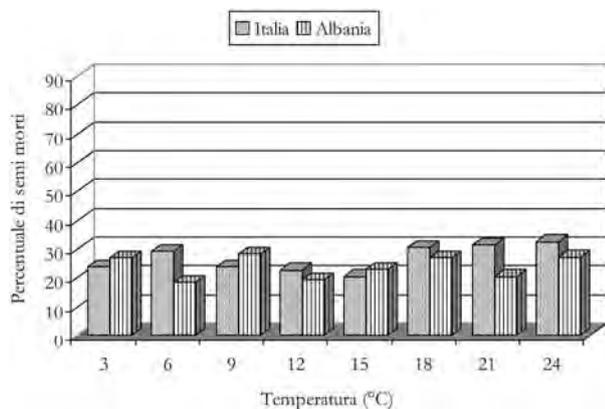


Fig. 2

Percentuali trasformate in arcoseno di semi morti di *E. dendroides* di provenienza italiana e albanese con otto livelli di temperatura.

Arcsin transformed percentages of dead *E. dendroides* seeds from Italy and Albania versus temperature.

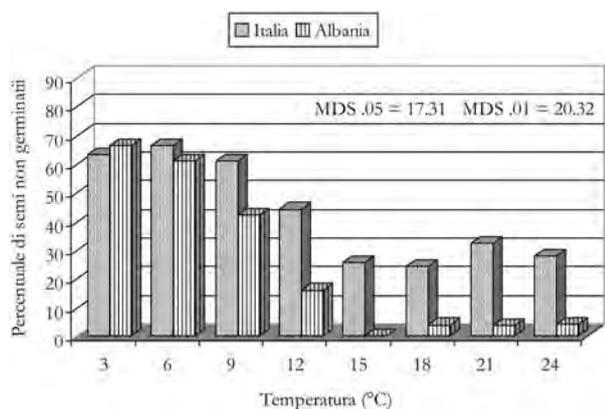


Fig. 3

Percentuali trasformate in arcoseno di semi non germinati ma classificati vivi di *E. dendroides* di provenienza italiana e albanese con otto livelli di temperatura.

Arcsin transformed percentages of not germinated but classified alive of *E. dendroides* seeds from Italy and Albania versus temperature.

In base ai tempi medi di germinazione (MTG) calcolati solo per le prove a temperatura costante in cui le percentuali di germinazione di entrambe le provenienze hanno raggiunto almeno circa il 40%, la velocità del processo germinativo è risultata in generale piuttosto elevata e comunque influenzata sia dalla temperatura di prova che dalla provenienza dei semi (Tab. 3). Per quanto riguarda il fattore temperatura, emerge che la velocità del processo germinativo risulta differente nelle due provenienze. Infatti, mentre per quella italiana le differenze negli MTG sono almeno in parte statisticamente significative, per quella albanese, invece, non c'è significatività (Fig. 4). Queste differenti risposte sono alquanto concordi con quanto già emerso circa l'influenza del fattore

TABELLA 3

Analisi statistica (ANOVA) per l'influenza della temperatura sul tempo medio di germinazione (MTG) di semi di *E. dendroides*, con cinque livelli di temperatura e due provenienze. (DF = Gradi di libertà; *** = $p < 0.001$).

Statistical analysis (ANOVA) of the influence of temperature on mean time of germination (MTG) of *E. dendroides* seeds at five temperature levels from Italy and Albania. (DF = Degrees of freedom; *** = $p < 0.001$).

Fonti di variazione	DF	Varianze	F calcolato
MTG			
Temperatura (A)	4	6.05	16.25 ***
Provenienza (B)	1	15.07	40.46 ***
AxB	4	3.09	8.31 ***
Errore	30	0.37	

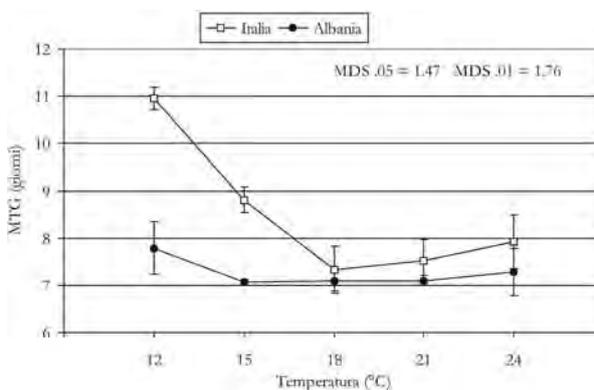


Fig. 4

Tempi medi di germinazione (MTG) di semi di *E. dendroides* di provenienza italiana e albanese in funzione della temperatura.

Mean time of germination (MTG) of *E. dendroides* seeds from Italy and Albania versus temperature.

temperatura sul processo germinativo delle due diverse provenienze e rimarca la maggiore sensibilità della provenienza italiana alla diminuzione del parametro termico.

L'influenza delle basse temperature sulla capacità germinativa della specie, ed in particolare della provenienza italiana, è ulteriormente messa in evidenza dall'analisi della varianza condotta sui dati di germinazione ottenuti con le prove dopo pre-trattamento di *chilling* a 6 e 9 °C. Dei fattori analizzati (durata del *chilling* e temperatura di pre-trattamento) è risultata altamente significativa solo la durata del pre-trattamento (Tab. 4) che, quando superiore o uguale a 20 giorni, rende molto basse le percentuali di germinazione (Fig. 5). I risultati di queste prove indicano, quindi, che gli effetti delle basse temperature sono significativi anche quando di durata molto breve; già dopo 10 giorni si ha un netto calo della percentuale di germinazione (Fig. 5).

TABELLA 4

Analisi statistica (ANOVA) per l'influenza del pre-trattamento di chilling sulle percentuali di germinazione trasformate in arcoseno di semi di *E. dendroides*, con due livelli di temperatura e cinque durate del pre-trattamento. (DF = Gradi di libertà; *** = $p < 0.001$; n.s. = non significativo).
 Statistical analysis (ANOVA) of the influence of chilling pre-treatment on arcsin transformed germination percentages of *E. dendroides* seeds at two temperature levels and five pre-treatment lengths. (DF = Degrees of freedom; *** = $p < 0.001$; n.s. = not significant).

Fonti di variazione	DF	Varianze	F calcolato	
Percentuale di germinazione				
Durata chilling (A)	4	5174.57	261.45	***
Temp. chilling (B)	1	64.18	3.24	n.s.
AxB	4	36.21	1.83	n.s.
Errore	30	19.79		

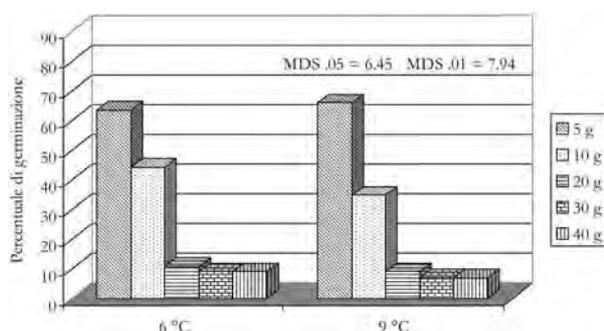


Fig. 5

Percentuali di germinazione trasformate in arcoseno di semi di *E. dendroides* alla temperatura costante di 15 °C dopo pre-trattamenti di chilling a due differenti temperature e di diversa durata.

Arcsin transformed germination percentages of *E. dendroides* seeds at constant temperature of 15 °C after chilling pre-treatments at two temperature levels and different lengths.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I risultati ottenuti mostrano che in *E. dendroides* non vi è dormienza embrionale, così come già osservato in altre entità del genere *Euphorbia* (AL-SAMMAN *et al.*, 2001), e che il processo germinativo è influenzato in maniera significativa dal parametro termico, il quale incide sulle percentuali di germinazione, sulla velocità del processo e sullo stato di dormienza secondaria o vitalità dei semi. Infatti, con temperature comprese nel range tra 12 e 24 °C, la germinazione avviene con alte percentuali e piuttosto velocemente, con un tempo medio compreso tra 7 e 9 giorni circa. Viceversa, a temperature inferiori, si ha una forte riduzione della percentuale di germinazione, che a 3 °C diventa nulla, ed un netto aumento di semi vivi non germinati. Inoltre, sono sufficienti brevi periodi di bassa temperatura affinché si determini un blocco della germinazione.

Le evidenze sperimentali farebbero ipotizzare per questa specie l'induzione di una dormienza secondaria da parte delle basse temperature, cioè una dormienza che si sviluppa in semi maturi come risposta a condizioni ambientali sfavorevoli (KARSEN, 1980/81; BASKIN, BASKIN, 1998; CASTRO, ROMERO-GARCÍA, 1999) e che ne determina la perdita della capacità di germinare anche quando trasferiti in condizioni ottimali. L'assenza di una dormienza primaria e l'eventuale induzione di una dormienza secondaria ipotizzate per *E. dendroides* non rappresenterebbero un caso particolare, in quanto è noto che la dormienza secondaria può essere indotta sia in semi che hanno superato la dormienza primaria e sia in semi in cui la dormienza primaria è assente (KARSEN, 1980/81; BEWLEY, BLACK, 1994; CASTRO, ROMERO-GARCÍA, 2003). Tuttavia, non è possibile escludere un effetto della temperatura sulla vitalità dei semi in quanto il *cut test* non offre garanzie sufficienti. In ogni caso, anche se le due possibilità lasciano spazio per ipotizzare differenti strategie adattative nell'ecologia della germinazione di *E. dendroides*, rimane il dato che le basse temperature, anche quando sono di breve durata, riducono drasticamente la capacità germinativa e quindi rappresentano un fattore limitante la germinazione di questa specie.

Il comportamento germinativo in natura per molte specie può essere predetto basandosi sulle risposte ottenute in laboratorio (GRIME *et al.*, 1981) ed in particolare quelle alla luce ed alla temperatura possono essere usate per prevedere il momento in cui in natura si verifica la germinazione (BASKIN, BASKIN, 1988; GRIME, 1989). Pertanto, sulla scorta delle evidenze sperimentali è possibile interpretare il comportamento di *E. dendroides* in natura. Questa specie, pur disseminando tra fine maggio ed inizio di giugno, non germina in estate a causa della prolungata aridità (quiescenza dei semi) e viceversa trova nel periodo autunnale le condizioni ottimali per la germinazione, spostando quindi generalmente l'emergenza della radice tra settembre e novembre, quando lungo le coste del mediterraneo, oltre a realizzarsi una buona disponibilità idrica, le temperature non sono inferiori a 12 °C. Tale interpretazione è confermata dalle osservazioni effettuate in natura (EICHBERGER, 2001; Macchia, Forte, dati inediti). Questo comportamento è comune a molte specie presenti in ambiente mediterraneo dove la germinazione è spesso ristretta a brevi periodi primaverili o autunnali ed è altamente improbabile che avvenga durante l'arida estate (GARCIA-FAYOS *et al.*, 2000; QUILICHINI, DEBUSSCHE, 2000). Questa limitazione temporale della germinazione può risultare particolarmente critica per le specie, come *E. dendroides*, i cui semi non sono dormienti e di conseguenza non formano una persistente *seed bank* nel suolo. In questi casi la rigenerazione può avvenire solo nei brevi periodi in cui i fattori ecologici (temperatura ed umidità) risultano adatti, e di conseguenza può essere esposta a notevoli rischi (CASTRO *et al.*, 2005).

Altro elemento critico per la diffusione in natura di questa specie è la forte perdita della capacità germi-

nativa alle temperature inferiori a 12 °C. Questa risposta al fattore termico ben si accorda con la sua area di distribuzione tipicamente stenomediterranea (BIANCO *et al.*, 1983/84) e con quanti ritengono (BIANCO *et al.*, 1991; EICHBERGER, 2001) che la sensibilità al freddo mostrata dalla specie definisce i confini a nord del suo areale e le impedisce di salire di quota.

In molte specie la variabilità nel processo germinativo presentato da differenti popolazioni è un caso piuttosto comune (BASKIN, BASKIN, 1973; ANGO-STO, MATILLA, 1993; MCGEE, MARSHALL, 1994; NORDBORG, BERGELSON, 1999) e può essere determinata o da condizioni ecologiche stazionali che si verificano durante la maturazione dei semi (*pre-conditioning*) (BASKIN, BASKIN, 1973; GUTTERMAN, 1992; BASKIN, BASKIN, 1998; MEYER, ALLEN, 1999) oppure, come affermato in numerosi lavori, da fattori genetici che sono alla base della differenziazione ecotipica (VAN DER VEGTE, 1978; HACKER *et al.*, 1984). Come già rilevato in altre specie dello stesso genere, quale *E. nicaeensis* (NARBONA *et al.*, 2006), anche in *E. dendroides* sono state riscontrate differenze nel comportamento germinativo nelle popolazioni di diversa provenienza italiana ed albanese. I risultati ottenuti, infatti, mostrano che la riduzione della percentuale di germinazione, indotta dalle temperature più basse, è presente già a 12 °C e spinta a 9 °C per i semi di provenienza italiana, mentre per quelli albanesi la percentuale di germinazione comincia a decrescere solo a 9 °C ed a 6 °C diventa nulla. Queste differenze tra le provenienze indagate evidenziano una maggiore sensibilità di quella italiana alla diminuzione del parametro termico e permettono di ipotizzare l'esistenza di popolazioni, da verificare sperimentalmente con ulteriori studi, meglio adattate al maggior grado di continentalità del settore orientale dell'area di distribuzione della specie. In quest'ottica è plausibile anche ipotizzare che alla base del differente comportamento germinativo riscontrato tra le due provenienze vi sia una differenziazione genetica riconducibile alla promozione selettiva da parte dell'ambiente di determinati geni e che, quindi, le due provenienze possano avere valore di razze ecologiche.

I risultati ottenuti, infine, sono un'ulteriore conferma a quanti (QADERI, CAVERS, 2002; PÉREZ-GARCÍA *et al.*, 2003) sostengono che gli studi sulla germinazione condotti su una sola popolazione vanno considerati con molta cautela e risultano poco indicativi del comportamento complessivo della specie, in quanto diverse popolazioni possono avere differenti capacità germinative.

Ringraziamenti - Si ringrazia il signor Fernando Trovè per l'ausilio fornito nelle prove sperimentali.

LETTERATURA CITATA

AL-SAMMAN N., MARTIN A., PUECH S., 2001 - *Inflorescence architecture variability and its possible relationships to environment or age in a Mediterranean species*, *Euphorbia nicaeensis* All. (Euphorbiaceae).

- Bot. J. Limn. Soc., 136: 99-105.
- ANGOSTO T., MATILLA A.L., 1993 - *Germination, seed-coat structure and protein patterns of seeds from Adenocarpus decorticans and Astragalus granatensis growing at differential altitudes*. *Seed Sci. Technol.*, 21: 317-326.
- BASKIN C.C., BASKIN J.M., 1973 - *Plant population differences in dormancy and germination characteristics of seeds: heredity or environment?* *Am. Midl. Nat.*, 90 (2): 493-498.
- , 1988 - *Germination ecophysiology of herbaceous plant species in a temperate region*. *Amer. J. Bot.*, 75: 286-305.
- , 1998 - *Seed. Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic Press, San Diego.
- BEST K.F., BOWES G.G., THOMAS A.G., MAW M.G., 1980 - *The biology of Canadian weeds*. 39. *Euphorbia esula* L.. *Can. J. Plant Sci.*, 60: 651-663.
- BEWLEY J.D., BLACK M., 1994 - *Seeds: Physiology of Development and Germination*. 2nd ed. Plenum Press, New York, London.
- BIANCO P., MEDAGLI P., BEDALOV M., 1983/84 - *Revisione dell'areale della Euphorbia dendroides L. entità stenomediterranea macaronesiana, relitto interglaciale*. *Ann. Fac. Agr.*, XXXII: 385-409.
- BIANCO P., MEDAGLI P., BEDALOV M., D'EMERICO S., MASTROPASQUA L., 1991 - *Considérations sur Euphorbia dendroides L., espèce sténo-méditerranéenne macaronésienne*. *Botanica Chronika*, 10: 689-696.
- BRECKE B.J., 1995 - *Wild poinsettia (Euphorbia heterophylla) germination and emergence*. *Weed Sci.*, 43: 103-106.
- CASTRO J., ROMERO-GARCÍA A.T., 1999 - *Dormancy and germination in Cistus clusii (Cistaceae): effect of biotic and abiotic factors*. *Rev. Ecol. (Terre et Vie)*, 54: 19-28.
- , 2003 - *Tratamientos promotores de la germinación en tres especies autóctonas del matorral del se ibérico*. *Monogr. Fl. Veg. Béticas*, 13: 111-116.
- CASTRO J., ZAMORA R., HÓDAR J.A., GÓMEZ J.M., 2005 - *Ecology of seed germination of Pinus sylvestris L. at its southern, Mediterranean distribution range*. *Invest. Agrar. Sist. Recur. For.*, 14(2): 143-152.
- EICHBERGER C., 2001 - *Die Baumartige Wolfsmilch Euphorbia dendroides L.; Biologie, Ökologie, Pflanzensoziologie und soziokulturelle Stellung einer mediterranen Art*. *Dissertationes Botanicae, Band 344*.
- GARCIA-FAYOS P., GARCIA-VENTOSO B., CERDÀ A., 2000 - *Limitations to plant establishment on eroded slopes in southeastern Spain*. *J. Veg. Sci.*, 11: 77-86.
- GÓMEZ C., ESPADALER X., 1997 - *Manipulación por hormigas de semillas de Euphorbia characias (Euphorbiaceae) dentro del hormiguero*. *Scientia Gerundensis*, 23: 53-61.
- GRIME J.P., 1989 - *Seed banks in ecological perspective*. Pp. XV-XXII. In: LECK M.A., PARKER V.T., SIMPSON R.L. (Eds), *Ecology of Soil Seed Banks*. Academic Press, San Diego, USA.
- GRIME J.P., MASON G., CURTIS A.V., RODMAN J., BAND S.R., MOWFORTH M.A.G., NEAL A.M., SHAW S., 1981 - *A comparative study of germination characteristics in a local flora*. *J. Ecol.*, 69: 1017-1059.
- GUTTERMAN Y., 1992 - *Maternal effects on seeds during development*. In: FENNER M., (Ed.), *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*: 59-84. Cab International, Wallingford.
- HACKER J.B., ANDREW M.H., MCIVOR J.G., MOTT J.J., 1984 - *Evaluation in contrasting climates of dormancy characteristics of seed of Digitaria milaniana*. *J. Appl. Ecol.*, 21: 961-969.

- HARPER J.L., 1977 - *Population biology of plants*. Academic Press, London.
- JACOBSEN H., 1981 - *Das Sukkulenten Lexikon*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York. 2. Aufl. 645 pp. & Anhang.
- KARSSSEN C.M., 1980/81 - *Environmental conditions and endogenous mechanism involved in secondary dormancy of seeds*. Israel J. Bot., 29: 59-64.
- KIGEL J., LIOR E., ZAMIR L., RUBIN B., 1992 - *Biology of reproduction in the summer weed Euphorbia geniculata Ortega*. Weed Res., 32: 317-328.
- MACCHIA F., CAVALLARO V., FORTE L., 1995 - *Ontogenesi della plantula di Quercus ilex L. in relazione alla temperatura*. Studi Trentini Sci. Nat. - Acta Biologica, 69: 97-104.
- MCGEE K.P., MARSHALL D.L., 1994 - *Effects of variable moisture availability on seed germination in three populations of Larrea tridentata*. Am. Midl. Nat., 130: 75-82.
- MEYER S.E., ALLEN P.S., 1999 - *Ecological genetic of seed germination regulation in Bromus tectorum L. I. Phenotypic variance among and within populations*. Oecologia, 120: 27-34.
- MEYER S.E., MONSEN S.B., MCARTUR E.D., 1990 - *Germination response of Artemisia tridentata (Asteraceae) to light and chill: patterns of between-population variation*. Bot. Gaz., 151: 176-183.
- MOLERO J., GARNATJE T., ROVIRA A., GARCIA-JACAS N., SUSANNA A., 2002 - *Karyological evolution and molecular phylogeny in macaronesia dendroid spurges (Euphorbia subsect. Pachycladae)*. Plant Syst. Evol., 231: 109-132.
- NARBONA E., ORTIZ P.L., ARISTA M., 2006 - *Germination variability and the effect of various pre-treatment on germination in the perennial spurge Euphorbia nicaeensis*. All. Flora, 201: 633-641.
- NORDBORG M., BERGELSON J., 1999 - *The effect of seed and rosette cold treatment on germination and flowering time in some Arabidopsis thaliana (Brassicaceae) ecotypes*. Am. J. Bot., 86: 470-475.
- PÉREZ-GARCÍA F., HORNERO J., GONZALEZ-BENITO M.E., 2003 - *Interpopulation variation in seed germination of five Mediterranean Labiatae shrubby species*. Isr. J. Plant Sci., 51: 117-124.
- PIOTTO B., DI NOI A. (Eds.), 2001 - *Propagazione per semi di alberi ed arbusti della flora mediterranea*. ANPA. Roma.
- QADERI M.M., CAVERS P.B., 2002 - *Interpopulation and interyear variation in germination in scotch thistle, Onopordum acanthium L., grown in a common garden: genetics vs. environment*. Plant Ecol., 162: 1-8.
- QUILICHINI A., DEBUSSCHE M., 2000 - *Seed dispersal and germination patterns in a rare Mediterranean island endemic (Anchusa crispa Viv., Boraginaceae)*. Acta Oecol., 21: 303-313.
- RÖSSLER L., 1943 - *Vergleichende Morphologie der Samen europäischer Euphorbia-Arten*. Beih. Bot. Centralbl., 62: 97-174.
- SELLECK G.W., COUPLAND R.T., FRANKTON G., 1962 - *Leafy spurge in Saskatchewan*. Ecol. Monogr., 32: 1-29.
- SEN D.N., CHATTERJI U.N., 1966 - *Eco-physiological observation of Euphorbia caducifolia Haines*. Sci. Cult., 32: 317-319.
- SILVERTOWN J., CHARLESWORTH D., 2001 - *Introduction to plant population biology*. 4th ed. Blackwell, Oxford.
- VAN DER VEGTE F.W., 1978 - *Population differentiation and germination ecology in Stellaria media (L.) Vill.* Oecologia, 37: 231-245.

RIASSUNTO - Nel presente lavoro sono stati esaminati gli effetti della temperatura sul processo germinativo di *Euphorbia dendroides* L. di provenienza italiana ed albanese. I risultati ottenuti mostrano che questa specie non presenta dormienza embrionale e che le temperature ottimali per la germinazione sono comprese tra 12 e 24 °C, temperature a cui il processo si attua anche piuttosto velocemente. Viceversa, a valori inferiori, si ha una forte riduzione della percentuale di semi germinati, che diventa nulla a 3 °C. Inoltre, sono sufficienti brevi periodi di bassa temperatura affinché si determini un blocco della germinazione. Questi risultati permettono anche di interpretare il comportamento della specie in natura; infatti essa, pur disseminando tra fine maggio ed inizio di giugno, non germina in estate a causa dell'aridità mentre avvia il processo germinativo tra settembre e novembre, quando lungo le coste del mediterraneo, oltre a realizzarsi una buona disponibilità idrica, le temperature non sono inferiori a 12 °C. La temperatura viene pertanto confermata come elemento climatico che può incidere sull'area di distribuzione di questa specie, delimitando i confini a nord dell'areale e impedendone la salita in quota. Le differenze riscontrate nel comportamento germinativo tra la popolazione italiana ed albanese evidenziano una maggiore sensibilità di quella italiana alla diminuzione del parametro termico e permettono di ipotizzare sia l'esistenza di popolazioni meglio adattate al maggior grado di continentalità del settore orientale dell'area di distribuzione della specie e sia che le due provenienze siano razze ecologiche ben distinte.

AUTORI

Viviana Cavallaro, Luigi Forte, Sebastiano Minore, Francesco Macchia, Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali, Museo Orto Botanico, Università di Bari, Via E. Orabona 4, 70126 Bari, e-mail: cavallaro@botanica.uniba.it