

Effetti delle glumette e della temperatura sulla germinazione in tre varietà di avena (*Avena sativa* L.)

M. BALDANZI, T. LOMBARDI, A. STEFANI e A. ONNIS

ABSTRACT - *Caryopses dehulling and temperature effects on the germination of three Avena sativa L. varieties* - A germination test with non dormant seeds of three *Avena sativa* varieties ('Argentina', 'Lidia', 'Perona') was conducted. The effect of seed dehulling was evaluated by placing normal and dehulled caryopses in deionized water, in the dark and at different culture temperatures (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35°C). At all conditions and mostly after three days of imbibition, dehulled seeds exhibited higher germination percentages compared to normal seeds. The optimal range of culture temperature was 15-25°C for each cultivar and seed type. At the highest temperature the presence of glumellae induced a secondary dormancy state that was evident until 10 days. The results obtained, in particular at the extreme temperatures, were also discussed in relation to different geographical origin and selection of the three oat varieties.

Key words: Avena, dormancy, hulls, oat, seeds

Ricevuto il 17 Novembre 2003
Accettato il 22 Dicembre 2004

INTRODUZIONE

Avena sativa è coltivata sia per la granella sia per pascolo e foraggio. Considerando i diversi ambienti coltivati ad avena in un Paese, possiamo avere avena autunnale ed avena primaverile, in relazione alla più appropriata epoca di semina. In generale, l'avena autunnale destinata al pascolo dovrebbe essere seminata circa 30 giorni prima rispetto all'epoca dell'avena seminata per la produzione di granella. L'avena primaverile dovrebbe essere seminata prima che la temperatura media dell'aria raggiunga i 10°C e le temperature del terreno superino 1°C per una rapida ed uniforme germinazione delle cariossidi (MARSHALL *et al.*, 1992). Dato che gli effetti della temperatura sulla percentuale e sul tasso di germinazione variano tra le diverse specie di cereali, quei genotipi che possono germinare con un ampio range di temperature sarebbero da favorirsi rispetto a quelli con più specifiche esigenze termiche (QIU *et al.*, 1995).

Le prove standard di germinazione sull'avena sono generalmente condotte a 20-24°C.

COFFMAN (1923) riporta i risultati di prove di germinazione di semi non-dormienti a differenti temperature. La germinazione supera il 90% a temperature sopra i 7°C. Dopo 8 giorni a 4 e 2°C la germina-

zione risulta rispettivamente del 72 e del 2%. WIGGANS (1956) riporta che semi non-dormienti di tre varietà di avena germinano al 50% circa a 4,4°C ma meno del 2% dopo 2 settimane a 3,3°C. COFFMAN, STANTON (1938), in prove di germinazione su semi di *A. nuda* L., *A. byzantina* Koch, e 3 varietà di *A. sativa*, condotte a poca distanza dal raccolto, hanno rilevato come il livello di dormienza sia diverso nei genotipi di *A. sativa*, mentre *A. nuda* non mostra alcuna dormienza (SORRELLS, SIMMONS, 1992).

Usando linee pure di avene selvatiche e varietà di avena coltivata per una prova di germinazione a varie temperature nel range 4-32°C, NAYLOR, FEDEC (1978) hanno trovato che temperatura e genotipo interagiscono fortemente. A 4°C la cv Torch di *A. nuda* è risultata una settimana più precoce della cv Harmon di *A. sativa* mentre a 24°C e oltre le cariossidi nude sono risultate più lente delle normali.

I semi freschi di vari cereali come frumento, orzo, avena, germinano bene tra 0°C e 10-15°C, ma la loro germinazione diviene più difficile all'aumentare della temperatura. Ciò è dovuto a una speciale dormienza che deriva principalmente da un'inibizione esercitata dai tegumenti seminali e dalle glumelle nel

caso di semi vestiti come in orzo e avena (CORBINEAU *et al.*, 1986).

Col tempo però la dormienza dovuta agli involucri seminali diminuisce permettendo la germinazione fino a 30 o 35°C (LECAT *et al.*, 1992).

Il presente lavoro è stato condotto per esaminare gli effetti di glumelle, temperatura, varietà e interazione tra questi, sulla percentuale di germinazione in condizioni di laboratorio.

MATERIALI E METODI

Cariossidi di *A. sativa* L. raccolte alla maturità cornea (Luglio) da popolazioni allevate nei campi sperimentali di San Piero a Grado (Pisa) sono state conservate al buio in buste di carta a 5°C per otto mesi. Le prove sperimentali sono state condotte con tre varietà di avena con una diversa base genetica: 'Argentina' (= *A. byzantina* Koch), avena autunnale a grani rossi; 'Lidia', avena primaverile precoce, a grani bianchi; 'Perona', avena primaverile tardiva, a grani bianchi (Tab.1).

TABELLA 1

*Alcuni dettagli sui genotipi di avena in prova.
Some details of the oat genotypes tested.*

Varietà	Anno di costituzione	Origine	Breeder
Argentina	1969	Selezione linea n.109 in popolazione impura	Univ. di Pisa
Lidia	1982	Selezione dalla cv ICA-BACATA (Colombia)	Univ. di Pisa
Perona	1980	Cebeco6681xSelma	Cebeco (Olanda)

Questi genotipi sono caratterizzati da un differente habitus morfologico e fisiologico.

La cv 'Argentina', largamente coltivata nella penisola Italiana, generalmente presenta una migliore performance in resa granellare nelle regioni del Sud rispetto alle altre due varietà. In particolare la produzione in granella della cv 'Perona', principalmente destinata alla produzione di foraggio, può essere fortemente penalizzata dalle alte temperature durante il riempimento delle cariossidi.

Le prove di germinazione sono state condotte con frutti interi (cariossidi normali) e frutti privati a mano delle glumette (cariossidi nude), posti al buio in capsula Petri (10 cm) su carta da filtro Whatman No. 2 imbibita con 6 ml di acqua deionizzata, alle temperature costanti di 5, 10, 15, 20, 25, 30, e 35°C. Per ciascun trattamento sono state effettuate cinque repliche di 20 cariossidi. I semi sono stati considerati germinati alla rottura dei tegumenti da parte della radichetta; la capacità germinativa (espressa come % di semi germinati sul totale dei semi), è stata valuta-

ta al terzo e decimo giorno di coltura. In particolare, i dati relativi ai tre giorni danno un'indicazione, per ogni varietà, dell'energia germinativa e dell'eventuale stato di dormienza dei semi stessi. I due tipi di cariossidi, le sette temperature di germinazione, e le tre varietà di avena rappresentano rispettivamente il primo, secondo, e terzo trattamento in uno schema sperimentale a parcella suddivisa con cinque repliche considerando la capsula Petri come sub-sub-parcella. Dopo la trasformazione in arcoseno delle percentuali di germinazione, gli effetti dei trattamenti e delle interazioni sono stati determinati mediante ANOVA. Per il confronto tra le medie dei trattamenti si è usato il test della Minima Differenza Significativa (MDS).

Per i 12 diversi tipi di confronto a coppie, venivano usate le rispettive 12 formule appropriate per calcolare i corrispondenti valori di errore standard. Quando l'errore standard per la differenza tra le medie implicava più varianze dell'errore, si sono calcolati i valori del *t* di Student associati con i diversi confronti tra medie (GOMEZ, GOMEZ, 1984).

RISULTATI

In Tab. 2 sono riportati i risultati relativi all'analisi della varianza in relazione ai fattori analizzati (tipo di cariossidi, temperatura, varietà) e loro interazioni per i dati di germinazione dopo tre e 10 giorni di coltura. Dopo tre giorni, a ciascuna temperatura, i semi delle cariossidi normali (il termine "cariossidi" sarà di seguito sostituito con seme) presentano livelli più bassi di germinazione dei semi nudi (Tab. 3). Nonostante ciò, confrontando le medie dei due tipi di seme alla stessa combinazione di temperatura e cultivar, non si riscontrano differenze ($P=0.01$) per Argentina a 5°C, Perona a 30°C e Lidia nel range 15-35°C. A 10 giorni di coltura sono presenti differenze significative in ogni varietà solo alla temperatura più alta (35°C), ma nel caso di Perona l'effetto glumelle risultava significativo anche nel range 5-20°C (Tab. 3). Confrontando due temperature alla stessa combinazione tipo di cariossidi e cultivar, differenze sono osservabili tra 5-10°C, 10-15°C e 30-35°C con i semi normali.

Nel caso di Argentina, solo 25 e 30°C differiscono per $P=0,05$. Con i semi nudi si notano differenze tra 5 e 10°C per le tre varietà e tra 10 e 15°C per Argentina e Perona. Dopo 10 giorni con i semi normali, differenze significative tra 5-10°C, 20-25°C, e 25-30°C risultano per Argentina e Perona. Con Lidia e Perona 30°C risulta differente da 35°C. Con semi nudi si notano differenze solo con Argentina tra 5 e 10°C, e confrontando 35°C e le temperature inferiori a 30°C (Fig. 1). Considerando le medie delle varietà a tre giorni di coltura, Lidia risulta differente dalle altre varietà a semi normali a 15-20°C e 30-35°C. Perona differisce da Argentina a 10°C. Con semi nudi a 10°C Lidia germina meglio rispetto sia ad Argentina che a Perona. A 30°C Argentina differisce da Lidia per $P=0,05$ e a 35°C da Perona. Dopo 10 giorni, Lidia a semi normali risulta differente dalle altre varietà a tutte le temperature eccetto che a 10 e a 25°C.

TABELLA 2

Analisi della varianza della percentuale di germinazione, trasformata in arcoseno, con due tipi di seme, sette livelli di temperatura e tre varietà di avena dopo 3 e 10 giorni di coltura.

Analysis of variance of arcsin transformation percentage germination with two seed types, at seven temperature levels for three oat varieties after 3 and 10 days of culture.

Fonti di variazione	Gradi di libertà	Varianze		F calcolato	
		3 giorni	10 giorni	3 giorni	10 giorni
Repliche	4	18.65	39.23		
Tipo di seme (A)	1	30098.8	6671.45	1173.48***	366.21***
Errore (A)	4	25.65	18.22		
Temperatura (B)	6	26597.38	1361.53	405.48***	20.27***
AxB	6	2078.18	663.95	31.68***	9.89***
Errore (B)	48	65.60	67.17		
Varietà (C)	2	3632.43	3442.16	44.07***	40.73***
AxC	2	458.58	1163.83	5.56**	13.77***
BxC	12	254.32	151.67	3.09**	1.80
AxBxC	12	309.78	180.69	3.76**	2.14*
Errore (C)	112	82.42	84.52		

TABELLA 3

Medie trasformate della percentuale di germinazione in cariossidi normali e nude di tre varietà di avena a sette livelli di temperatura dopo tre e dieci giorni di coltura. Sulla sinistra le MDS per confrontare i tipi di cariosside alla stessa combinazione di temperatura e varietà. Sulla destra le MDS per confrontare due varietà con lo stesso tipo di cariosside e temperatura.

Transformed mean of percent germination of three oat varieties with normal and dehulled caryopses at seven temperatures levels after three and ten days of culture. On the left side the LSD values for comparing the caryopsis type at the same combination of temperature and varieties. On the right side the LSD values for comparing two varieties with the same type of caryopses and temperature.

3 giorni	Temperatura (°C)						
	5	10	15	20	25	30	35
<i>Normali</i>							
Argentina	1.25	11.69	70.59	75.15	78.34	65.73	37.65
Lidia	1.25	21.27	94.42	88.98	85.75	94.42	81.92
Perona	1.25	29.69	69.48	74.87	75.11	75.98	43.75
<i>Nude</i>							
Argentina	10.59	71.79	94.42	90.08	94.42	85.75	76.48
Lidia	16.23	94.42	94.42	98.75	98.75	98.75	93.31
Perona	19.31	72.90	98.75	94.42	98.75	90.08	88.98
MDS .05	10.95					MDS .05	11.37
MDS .01	14.60					MDS .01	15.04
10 giorni							
<i>Normali</i>							
Argentina	71.46	83.54	81.80	79.44	93.31	67.22	56.42
Lidia	90.08	94.42	98.75	98.75	98.75	98.75	83.54
Perona	67.22	85.75	80.31	85.75	98.75	84.64	46.76
<i>Nude</i>							
Argentina	75.98	94.42	94.42	90.08	94.42	85.75	81.92
Lidia	90.08	98.75	98.75	98.75	98.75	98.75	98.75
Perona	98.75	98.75	98.75	98.75	98.75	90.08	98.75
MDS .05	11.04					MDS .05	11.51

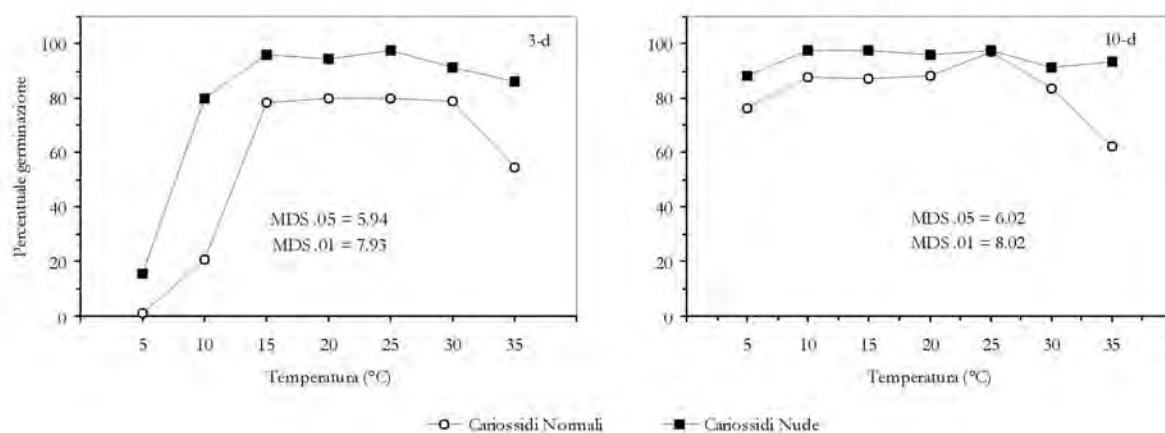


Fig. 1

Medie trasformate in arcoseno della percentuale di germinazione di cariossidi normali e sgucciate di tre varietà di avena a sette livelli di temperatura dopo 3 e 10 giorni di coltura. Le MDS sono riportate per confrontare due temperature alla stessa combinazione di cariossidi e varietà.

Arcsin transformed mean of percent germination of three oat varieties with normal and dehulled caryopses at seven temperature levels after 3 and 10 days of culture. The LSD values are to compare two temperatures at the same combination of caryopsis and variety.

Con semi nudi Lidia e Perona germinano meglio di Argentina a 5 e 35°C. Argentina è diversa da Lidia anche a 30°C (Tab. 3).

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Questi risultati confermano, per la germinazione dei semi di *A. sativa*, l'importanza delle strutture esterne alle cariossidi (glumelle) facenti parte della spighetta, anche nel caso di semi non dormienti.

Dopo 3 e 10 giorni di coltura i dati di germinazione mostrano, in tutte e tre le varietà, che i semi nudi germinano prima rispetto a quelli normali, come osservato in molte altre specie di *Gramineae* (LENOIR *et al.*, 1983, 1986; CORBINEAU *et al.*, 1992). In alcuni casi la presenza di glumelle induce persino uno stato di dormienza secondaria che persiste fino a 10 giorni di imbibizione.

Come in altre specie, quale per esempio l'orzo, le glumelle possono influenzare la germinazione sia come barriera meccanica sia privando di ossigeno l'embrione, probabilmente attraverso l'ossidazione di composti fenolici (CORBINEAU *et al.*, 1986). Inoltre, in avena i meccanismi inibitori della germinazione sono largamente dovuti alle glumelle in quanto sia il pericarpo che i tegumenti perdono velocemente questa proprietà. Una cariosside nuda di avena non potrebbe, infatti, sopravvivere a lungo e sarebbe costretta a germinare il prima possibile. È ben noto che i semi svestiti generalmente hanno una sopravvivenza più breve nel terreno rispetto ai semi intatti (SIMPSON, 1990).

L'analisi dei risultati in relazione alla temperatura mostra un range ottimale tra 15 e 25°C per entrambi i tipi di semi, normali e nudi, come pure per tutte e tre le varietà. L'effetto di ciascuna temperatura risulta comunque differente nei primi tre giorni di

coltura. In particolare, per i semi normali alle temperature estreme (5, 10, e 35°C in questo lavoro) si rileva la presenza di un marcato stato di dormienza relativa (LANG *et al.*, 1987), che risulta evidente nei semi nudi solo alla temperatura più bassa. Risultati simili sono riportati da NAYLOR, FEDEC (1978) in diversi genotipi di *Avena fatua* L. che mostravano differenze significative solo a 4, 8, e 32°C. Tuttavia, è importante notare che le temperature estreme condizionano in modo diverso il tasso di germinazione. L'effetto inibitorio sulla germinazione è evidente a 5°C solo dopo tre giorni indipendentemente dal tipo di seme o dalla varietà, mentre risulta significativo a 35°C anche dopo i 10 giorni, in accordo ai risultati di RADFORD, KEY (1993). Un effetto di termodormienza secondaria, probabilmente connesso alle caratteristiche di una specie microterma come l'avena, potrebbe esserne la causa. Ciò non risulta nella cv Lidia, che mostra valori più alti ed omogenei per entrambi i tipi di seme e con differenti temperature. I vantaggi adattativi delle caratteristiche di germinazione e la relazione con la distribuzione geografica delle due specie *A. fatua* e *A. sterilis* L. sono ben dimostrati (FERNANDEZ-QUINANTILLA *et al.*, 1990). Considerando l'origine sub-tropicale della cv Lidia, questi risultati suggeriscono l'ipotesi di una relazione tra gli effetti della temperatura sulla germinazione e la diversa origine geografica dei genotipi, anche a livello intra-specifico. I buoni risultati della cv Lidia in questa prova di laboratorio, se confermati in appropriate prove di emergenza in campo, inducono a considerare il controllo genetico della capacità germinativa di questa varietà. Infine, questi risultati suggeriscono che rimuovere le glumelle dalle cariossidi di avena può essere utile per una sicura e rapida germinazione nei casi di semi F₁ o di altri semi particolarmente importanti.

Ringraziamenti - Questa ricerca è stata attuata nell'ambito del finanziamento n. 94.01107.CT06 del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

LETTERATURA CITATA

- COFFMAN F.A., 1923 - *The minimum temperature of germination of seeds*. J. Am. Soc. Agron., 15: 257-270.
- COFFMAN F.A., STANTON T.R., 1938 - *Variation in freshly harvested Avena*. J. Agron. Res., 57: 57-72.
- CORBINEAU F., BELAID D., CÔME D., 1992 - *Dormancy of Bromus rubens L. seeds in relation to temperature, light and oxygen effects*. Weed Res., 32: 303-310.
- CORBINEAU F., LECAT S., CÔME D., 1986 - *Dormancy of three cultivars of oat seeds (Avena sativa L.)*. Seed Sci. Tech., 14: 725-735.
- FERNANDEZ-QUINANTILLA C., GONZALES ANDUJAR J.L., APPLEBY A.P., 1990 - *Characterization of the germination and emergence response to temperature and soil moisture of Avena fatua and A. sterilis*. Weed Res., 30: 289-295.
- GOMEZ K.A., GOMEZ A.A., 1984 - *Statistical Procedures for Agricultural Research*. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc. ISBN 0-471-87092-7.
- LANG G.A., EARLY J.D., MARTIN G.C., DARNELL R.L., 1987 - *Endo-, para- and ecodormancy: physiological terminology and classification of dormancy research*. Hort. Sci., 22: 371-377.
- LECAT S., CORBINEAU F., CÔME D., 1992 - *Effects of gibberellic acid on the germination of dormant oat (Avena sativa L.) seeds as related to temperature, oxygen, and energy metabolism*. Seed Sci. Tech., 20: 421-433.
- LENOIR C., CORBINEAU F., CÔME D., 1983 - *Roles des glumelles dans la dormance des semences d'orge*. Physiol. Veg., 21: 633-643.
- , 1986 - *Barley (Hordeum vulgare) seed dormancy as related to glumella characteristics*. Physiol. Plant., 68: 301-307.
- MARSHALL H.G., MCDANIEL M.E., CREGGER L.M., 1992 - *Cultural Practices for Growing Oat in the United States*. In: MARSHALL H.G., SORRELLS M.E. (eds.), *Oat Science and Technology*. Agron. Monogr., 33. ASA, CSSA, Madison, WI. ISBN 0-89118-110-5.
- NAYLOR J.M., FEDEC P., 1978 - *Dormancy studies in seed of Avena fatua*. 8. *Genetic diversity affecting response to temperature*. Can. J. Bot., 56: 2224-2229.
- QIU J., MOSJIDIS J.A., WILLIAMS J.C., 1995 - *Variability for Temperature of Germination in Sericea lespedeza Germplasm*. Crop Sci., 35: 237-241.
- RADFORD B.J., KEY A.J., 1993 - *Temperature Affects Germination, Mesocotyl Length and Coleoptile Length of Oats Genotypes*. Aust. J. Agr. Res., 44: 677-688.
- SIMPSON G.M., 1990 - *Seed dormancy in grasses*. Cambridge Univ. Press, 297 pp.
- SORRELLS M.E., SIMMONS S.R., 1992 - *Influence of Environment on the Development and Adaptation of Oat*. In: MARSHALL H.G., SORRELLS M.E. (eds.), *Oat Science and Technology*. Agron. Monogr., 33. ASA, CSSA, Madison, WI. ISBN 0-89118-110-5.
- WIGGANS S.C., 1956 - *The effect of seasonal temperatures on maturity of oats planted at different dates*. Agron. J., 48: 21-25.

RIASSUNTO - È stata condotta una prova di germinazione con semi non dormienti di tre varietà di *Avena sativa* L. ('Argentina', 'Lidia', 'Perona'). L'effetto della glumelle è stato valutato ponendo cariossidi normali e private delle glumelle (nude) in acqua deionizzata, al buio e a differenti temperature di coltura (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35°C). A tutte le condizioni e maggiormente dopo tre giorni di imbibizione, i semi nudi esibivano maggiori percentuali di germinazione rispetto ai semi normali. Il range ottimale della temperatura di coltura era 15-25°C per ogni cultivar e tipo di seme. Alle temperature più alte la presenza delle glumelle induceva uno stato di dormienza secondario evidente fino a 10 giorni di coltura. I risultati ottenuti, in particolare alle temperature estreme, sono discussi anche in relazione alla diversa origine geografica e selezione delle tre varietà di avena.

AUTORI

Marco Baldanzi, Tiziana Lombardi*, Antonino Onnis, Dipartimento di Agronomia e Gestione dell'Agroecosistema, Università di Pisa, Via S. Michele degli Scalzi 2, 56124 Pisa, Italy
 Agostino Stefani, Scuola Superiore di Studi Universitari e di Perfezionamento Sant'Anna, Via Giosuè Carducci 40, 56127 Pisa, Italy

*e-mail: tlomb@agr.unipi.it