

Effetto dell'irrigazione sulla produzione e qualità del seme di bietola da zucchero

Enrico Noli*, Mauro Montanari, Paola Rossi Pisa

*Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroambientali, Università di Bologna
Viale G. Fanin 40, 40127 Bologna*

Data di presentazione: 15 marzo 2007

Data di accettazione: 14 settembre 2007

Riassunto

In Emilia-Romagna l'irrigazione è da tempo pratica diffusa nella produzione sementiera della bietola da zucchero, tuttavia le informazioni sulle più opportune modalità di adacquamento sono assai limitate. Nella presente sperimentazione, condotta per un triennio, è stata valutata l'influenza dell'epoca e del numero degli interventi irrigui sulla resa e sulla qualità del seme prodotto. Su una coltura da seme con trapianto a fine-febbraio, sono stati posti a confronto, con il testimone non irrigato, trattamenti irrigui per aspersione effettuati in fase di inizio fioritura, piena fioritura, fine fioritura e tutte le loro possibili combinazioni. Nel corso di due anni di prova è stato misurato il contenuto idrico del terreno ad intervalli settimanali, da immediatamente prima del primo intervento irriguo fino in prossimità della raccolta del seme. Queste indagini hanno mostrato che gli strati più superficiali (0-20 cm), maggiormente interessati dagli effetti dell'evapotraspirazione, hanno risentito in misura maggiore delle irrigazioni rispetto agli strati più profondi (20-40 cm). L'efficacia dei trattamenti irrigui sulla produzione di seme è apparsa strettamente dipendente dall'andamento delle precipitazioni; i trattamenti irrigui di piena e di fine fioritura, sia da soli che tra loro associati, hanno comunque determinato significativi incrementi della resa di seme e della percentuale di glomeruli di calibro superiore a 4,0 mm, mentre l'intervento irriguo di inizio fioritura è risultato del tutto inefficace. Sotto il profilo qualitativo non si sono osservati effetti significativi dei trattamenti irrigui sul peso di 1000 semi e sulla germinabilità, ad eccezione di una certa tendenza al peggioramento di quest'ultima in risposta ad adacquamenti in fine fioritura. In generale l'analisi delle relazioni tra caratteri ha comunque evidenziato una discreta correlazione tra produttività e qualità del seme.

Summary

SUGARBEET SEED'S YIELD AND QUALITY AS AFFECTED BY IRRIGATION

Irrigation to the sugar-beet seed crop is a common practice since many years in Emilia Romagna region, even though information on the most suitable ways to irrigate is very limited. The aim of this three-year long experimentation was to evaluate the influence of timing and number of irrigation treatments on seed yield and quality. Treatments at the onset, at full, and at the end of flowering, with all their possible combinations were compared among themselves and with the non-irrigated control. During the second and third years the water content of the soil was monitored weekly, starting from just before the first treatment to harvest. These measurements indicate that the upper layers (0-20 cm), which are more subjected to evapotranspiration, are more affected by irrigations than the deeper layers (20-40). The effectiveness of irrigation treatments on seed yield was tightly dependent in the distribution of precipitations. The treatments applied in full or late flowering, both separately or together, determined significant increases in yield and in the percentage of seed balls with a diameter higher than 4.0 mm, whereas those at the beginning of flowering did not produced any improvements. No significant effects of the different treatments on 1000-seed weight and germinability were observed, except for a slightly negative influence of irrigations applied at the end of flowering. When all the traits were considered, an overall moderate correlation was detected between seed yield and quality.

* Autore corrispondente: tel.: +39 051 2096253; fax: + 39 051 2096252. Indirizzo e-mail: enrico.noli@unibo.it

1. Introduzione

In passato, nelle zone italiane maggiormente vocate per la coltura da seme di bietola (*Beta vulgaris* L.), quali quelle caratterizzate da terreni argillosi dell'Emilia-Romagna e delle Marche, l'irrigazione non era considerata un fattore di produzione necessario. Pertanto, la moltiplicazione del seme di bietola veniva realizzata anche presso aziende non irrigue, purché in terreni non sabbiosi (Flamini, 1968). Negli ultimi anni, invece, i contratti di coltivazione stipulati dalle ditte sementiere prevedono obbligatoriamente l'esecuzione dell'irrigazione alla bietola da seme nel periodo fioritura-formazione del seme, per conseguire più elevati livelli produttivi e qualitativi. Le informazioni reperibili nella letteratura scientifica sull'influenza dell'irrigazione sulla produzione di seme di bietola sono, tuttavia, assai limitate. Aliev (1973) ha osservato, in ambiente subtropicale, la possibilità di incrementare la produzione di seme di bietola con l'irrigazione; in ambiente umido quale quello inglese, invece, la distribuzione di acqua nei mesi di luglio ed agosto non ha determinato, in colture da trapianto, alcun incremento nella produzione di seme, mentre effetti negativi si sono registrati sulla coltura a semina diretta (Longden e Johnson, 1975). Per quanto concerne l'aspetto qualitativo, una ricerca ungherese ha evidenziato, a seguito di irrigazione, sensibili aumenti di germinabilità e del peso di 1000 semi ed una riduzione del numero di semi non sviluppati (Csapody, 1980). In sperimentazioni più recenti, condotte in diverse località dell'Emilia Romagna (Anconelli, 2002), i maggiori incrementi delle rese in seme si sono ottenuti mediante interventi irrigui che prevedevano restituzioni pari al 50% e al 100% dell'evapotraspirazione massima, rispettivamente nelle fasi vegetative fino alla fioritura e nella fase di ingrossamento dei glomeruli.

Scopo di questa ricerca pluriennale è stato

quello di valutare gli effetti dell'irrigazione sulla produzione e sulla qualità del seme di barbabietola da zucchero con riferimento allo stadio di avanzamento della fioritura ed al numero degli interventi irrigui.

2. Materiali e metodi

La sperimentazione di campo è stata realizzata ad Ozzano dell'Emilia, nella pianura padana, presso l'azienda agraria dell'Università di Bologna, su terreno di granulometria intermedia tendente all'argilloso, nel triennio 1996-97-98. L'indagine, condotta su coltura 'da radice a seme' utilizzando il portaseme monogerme diploide della varietà 'Maraton' della Maribo, prevedeva il confronto con un testimone non irrigato dei tre trattamenti irrigui per aspersione: *A* ad inizio fioritura (ultima decade di maggio), *B* in piena fioritura (tra il 10 ed il 15 giugno) e *C* a fine fioritura (fine giugno-inizio luglio) da soli o nelle quattro combinazioni tra loro possibili e cioè *A+B*, *A+C*, *B+C* e *A+B+C*. Le date ed i volumi di adacquamento per ciascun intervento irriguo, sono riportati in tabella 1.

Le tesi sono state distribuite in campo secondo uno schema sperimentale a blocchi randomizzati con quattro ripetizioni. Le parcelle erano costituite da tre file portaseme, affiancate da due file impollinanti (una per lato) lunghe 7 m; il distanziamento tra ed entro file era pari a 0,7 e 0,35 m, rispettivamente, per una densità di circa 4 piante m⁻². L'area di saggio, relativa alle sole file portaseme, era pari a 14,7 m². Per evitare influenze dei trattamenti irrigui sulle parcelle limitrofe queste sono state tra loro separate da sette file di bordo.

Il trapianto è stato effettuato nei giorni 01.04.1996, 25.02.1997 e 11.02.1998, con fittoni di circa 3 cm, su terreni previamente coltivati con un cereale autunno-vernino. Le tecniche

Tabella 1. Date e volumi di adacquamento dei trattamenti irrigui nel triennio di sperimentazione.

Table 1. Dates and volumes of the irrigation treatments in the three years of trial.

Anno	1° intervento (inizio fioritura)		2° intervento (piena fioritura)		3° intervento (fine fioritura)	
	data (d/m)	volume (m ³ ha ⁻¹)	data (d/m)	volume (m ³ ha ⁻¹)	data (d/m)	volume (m ³ ha ⁻¹)
1996	3-6	250	17-6	450	1-7	450
1997	21-5	450	11-6	450	2-7	450
1998	1-6	250	10-6	350	2-7	350

colturali sono state simili a quelle in uso per la coltura di bietola da seme nella regione, ed in particolare: concimazione alla preparazione del terreno con 200 kg ha⁻¹ di P₂O₅ e 125 kg ha⁻¹ di N ed in copertura con 125 kg ha⁻¹ di N; diserbo con Goltix dopo il trapianto e successivamente con lavorazioni manuali; trattamenti antiparassitari per il controllo di altica, cleono ed afidi, ed anticercosporici. La raccolta è stata effettuata nei giorni 28.07, 17.07 e 20.07, rispettivamente, nel 1996, 1997 e 1998.

Nel 1997 e nel 1998 il contenuto idrico del terreno per le otto tesi a confronto è stato determinato su campioni prelevati settimanalmente a quattro diverse profondità (0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm), a partire da subito prima del primo intervento irriguo fino a poco prima della raccolta del seme. Per ciascuna tesi la raccolta dei campioni è stata effettuata solo sulle parcelle di un blocco, sempre il medesimo per i successivi prelievi. Per il prelievo si è utilizzata una trivella manuale graduata che ha permesso la suddivisione di ciascun campione nei quattro sottocampioni relativi alle diverse profondità. Il contenuto idrico è stato determinato mediante essiccamento in stufa a 105 °C per 16 ore. L'umidità del terreno alla capacità idrica di campo, determinata con il metodo dell'aiuola in campo (Cavazza et al. 1977), era di 24% del peso secco e quella al punto di appassimento permanente (metodo di Richards a 15 bar) del 12% p.s.

Alla raccolta sono state determinate la produzione e l'umidità dei glomeruli; in laboratorio è stata quindi eseguita la pulitura meccanica, senza 'levigatura', con eliminazione dei residui vegetali e dei glomeruli di diametro inferiore a 3,00 mm. Sono stati quindi determinati: la resa in seme, rapportata all'8% di umidità, il peso di 1000 semi e la germinabilità (su un campione di 400 semi/parcella) ed è stata effettuata la calibratura del seme (su 100 g di seme/parcella) usando vagli di calibro 3,0, 3,5 e 4,0 mm.

I dati sperimentali, previa trasformazione in valori angolari delle percentuali di semi germinati, sono stati sottoposti ad analisi della varianza separatamente per anno e quindi all'analisi combinata dei valori delle tre annate; i test statistici relativi a quest'ultima sono stati realizzati assumendo un modello misto, considerando fissi gli effetti delle tesi irrigue e casuali gli effetti delle annate.

La significatività dei confronti tra valori medi delle singole tesi irrigate e del testimone è stata saggiata con il test di Dunnett, mentre quella relativa ai confronti tra i valori medi delle diverse tesi irrigue è stata valutata con il test di Duncan.

Inoltre, per avere un'indicazione più approfondita circa gli effetti dei diversi interventi irrigui, i valori medi triennali delle tesi sono stati sottoposti ad analisi della regressione multipla considerando come variabili indipendenti le tre epoche di intervento irriguo (*A, B, C*) cui sono stati attribuiti i valori 1 o 0 in relazione alla effettuazione o meno dell'intervento stesso.

Andamento climatico

I primi tre mesi del 1996 sono stati contraddistinti da piogge eccezionalmente abbondanti anche confrontati con i valori ventennali (Fig. 1a), che hanno reso impraticabile il campo e causato un notevole ritardo nell'epoca di trapianto, realizzato oltre un mese più tardi rispetto alla norma. Molto piovosi e con temperature medie superiori a quelle medie pluriennali sono stati i mesi di aprile e maggio, mentre molto scarse sono state le precipitazioni in giugno, durante le fasi di fioritura-impollinazione, ed in luglio, durante lo sviluppo e la maturazione del seme.

Le scarse precipitazioni e le temperature superiori alla media pluriennale, che hanno caratterizzato i primi mesi del 1997 (Fig. 1b), hanno permesso di effettuare il trapianto nell'epoca più idonea. Nei mesi di aprile e maggio, in cui si sono verificate precipitazioni inferiori e temperature non molto discoste dai valori medi pluriennali dello stesso periodo, lo sviluppo vegetativo della coltura è stato regolare. La fioritura è avvenuta in epoca leggermente anticipata rispetto alla norma e non è stata negativamente influenzata dalle piogge, abbondanti ma concentrate nella prima decade di giugno, mentre nelle due decadi successive la quasi completa assenza di precipitazioni e le temperature superiori alla media hanno favorito la formazione del seme. In luglio, le condizioni climatiche non hanno ostacolato la raccolta e l'essiccazione del seme.

L'inizio del 1998 è stato, come il precedente, caratterizzato da scarse piogge e da temperature superiori a quelle medie stagionali e tali da favorire una tempestiva esecuzione del trapianto (Fig. 1c). Le precipitazioni durante i me-

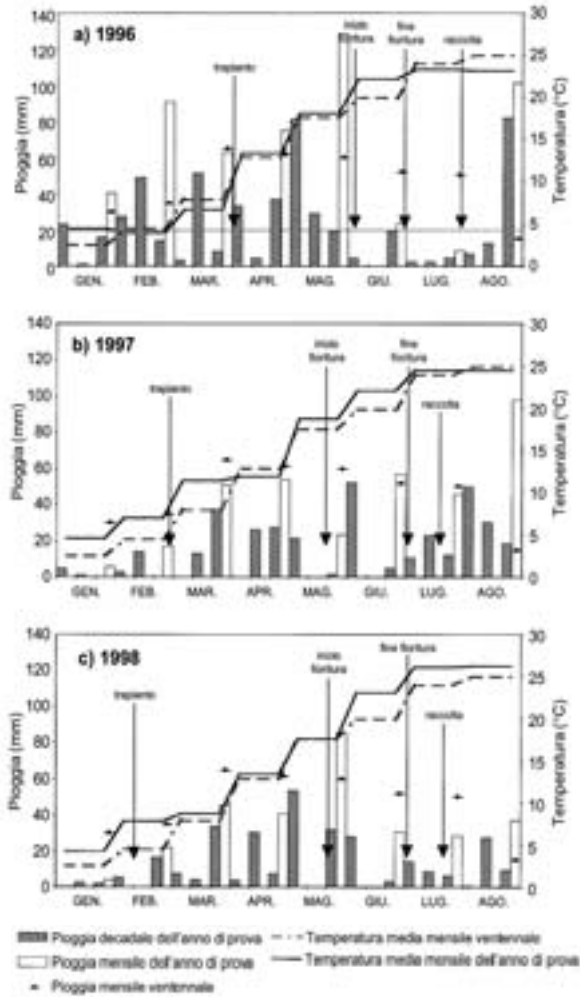


Figura 1. Andamento termo-pluviometrico nei tre anni di sperimentazione.

Figure 1. Temperatures and rainfalls in the three years of field trial.

si di marzo ed aprile sono state lievemente inferiori alle medie pluriennali, tuttavia l'attecchimento e lo sviluppo vegetativo delle piantine hanno avuto un normale decorso. Le abbondanti piogge e le temperature miti d'inizio maggio hanno favorito una regolare crescita vegetativa ed incrementato le riserve idriche per la successiva fase di fioritura. Nonostante alcune forti precipitazioni avvenute tra maggio e giugno, l'allegagione è risultata nella norma. Successivamente e fino al termine del ciclo della coltura, la bassa piovosità e le temperature superiori alle medie pluriennali, hanno favorito la formazione, la maturazione e la raccolta del seme.

3. Risultati e discussione

Contenuto idrico del terreno

Le figure 2 e 3 riportano, rispettivamente per gli anni 1997 e 1998, l'andamento dell'umidità nel terreno a diverse profondità in relazione alle precipitazioni ed agli interventi irrigui effettuati. Per semplicità di rappresentazione i grafici mostrano solo gli andamenti relativi alle tesi A, B, C, A+B+C ed al testimone T non irrigato; inoltre, per semplicità e brevità, si presentano i dati medi relativi solo agli strati 0-20 e 20-40 cm, molto indicativi dell'assorbimento della pianta e dell'evapotraspirazione. Per ciascuna tesi il valore di umidità riportato è quello medio delle tesi che a quel momento avevano ricevuto i medesimi trattamenti irrigui.

Nel 1997 è risultato evidente, in entrambi gli strati, l'effetto del primo trattamento irriguo ad inizio fioritura (A), mentre meno marcati sono stati quelli del secondo alla piena fioritura (B)

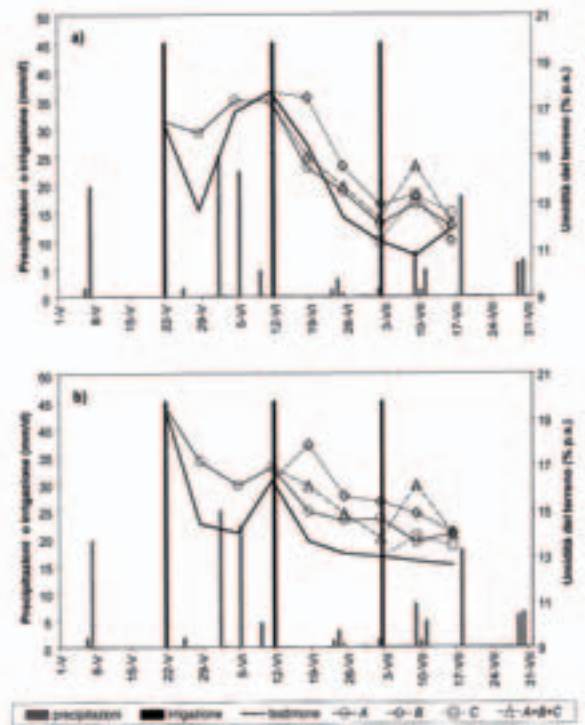


Figura 2. Esperimento 1997: precipitazioni, interventi irrigui ed andamento del contenuto idrico del terreno nel testimone e nelle tesi A, B, C e A+B+C. a): strato 0-20 cm; b): strato 20-40 cm.

Figure 2. 1997 field trial: rainfalls, irrigations and soil water content in the control plot and in the A, B, C and A+B+C treatment plots. A) 0-20 cm layer; b): 20-40 cm layer.

e del terzo a fine fioritura (C) (Fig. 2); nelle parcelle non trattate si sono registrati, in genere, livelli di umidità del terreno più bassi rispetto a quello delle parcelle irrigate, ad eccezione del periodo successivo alle precipitazioni della prima decade di giugno che hanno determinato il raggiungimento di valori di umidità simili nelle varie parcelle ed in entrambi gli strati del profilo. Nella fase compresa tra il secondo ed il terzo intervento irriguo, caratterizzata da scarsissime precipitazioni, il decremento in contenuto idrico è stato più drastico, come atteso, nello strato superiore rispetto a quello profondo. In entrambi gli strati comunque i valori di umidità sono stati sempre compresi tra la capacità idrica di campo e il punto di appassimento e nello strato 20-40 cm le umidità sono state mediamente più elevate. È inoltre opportuno osservare che, in entrambi gli strati, la tesi che aveva ricevuto il solo trattamento in piena fioritura (B) ha mostrato livelli di umidità superiori a

quelle irrigate ad inizio fioritura (A e A+B); tale maggiore disponibilità idrica potrebbe essere attribuita a minori perdite per evapotraspirazione poiché le piante non irrigate nella fase precedente avevano uno sviluppo più contenuto (Rossi Pisa et al., 1991).

Nel 1998 (Fig. 3), le misurazioni del contenuto idrico hanno evidenziato diversificazioni tra i trattamenti, di una certa entità solamente per il primo ed il terzo trattamento irriguo e limitatamente allo strato più superficiale (0-20 cm). Il secondo trattamento, effettuato dopo un periodo piuttosto piovoso, non ha determinato incrementi di rilievo nei livelli di umidità nelle tesi trattate (B e A+B+C) nei confronti di quelle asciutte (T e C).

Nel periodo compreso tra il secondo ed il terzo intervento irriguo l'andamento dell'umidità del terreno è stato simile a quello osservato nell'annata precedente, e cioè caratterizzato da un calo drastico (dal 17% al 12-13% circa) nello strato superficiale, mentre più contenute sono state le variazioni nello strato inferiore. Sensibile, ma limitato alla parte superficiale del profilo, è stato l'incremento di umidità riscontrato a seguito dell'intervento irriguo di fine fioritura.

In entrambi gli anni i valori finali di umidità sono stati più elevati nello strato 20-40 cm, ben al di sopra del punto di appassimento.

Produzione e caratteristiche del seme

Nelle tabelle 2, 3, 4 e 5 sono riportati, oltre ai risultati ottenuti nei singoli anni di prova, quelli medi del triennio, relativi alla produzione di seme e ad alcune delle componenti della qualità dello stesso, come il peso di 1000 semi, la germinabilità e le percentuali di seme corrispondenti ai diversi calibri.

Esperimento 1996

Il forzato rinvio del trapianto dei fittoni, motivato dai fattori climatici sopra ricordati, ha determinato ritardi nelle successive fasi vegetative della coltura, con effetti negativi sullo sviluppo vegetativo e sulla produzione di seme la cui qualità, inoltre, è risultata inferiore, in termini di peso, di dimensioni e di germinabilità, rispetto a quella rilevata negli anni di prova successivi.

Le limitate precipitazioni, che hanno caratterizzato in giugno la fase di fioritura ed in lu-

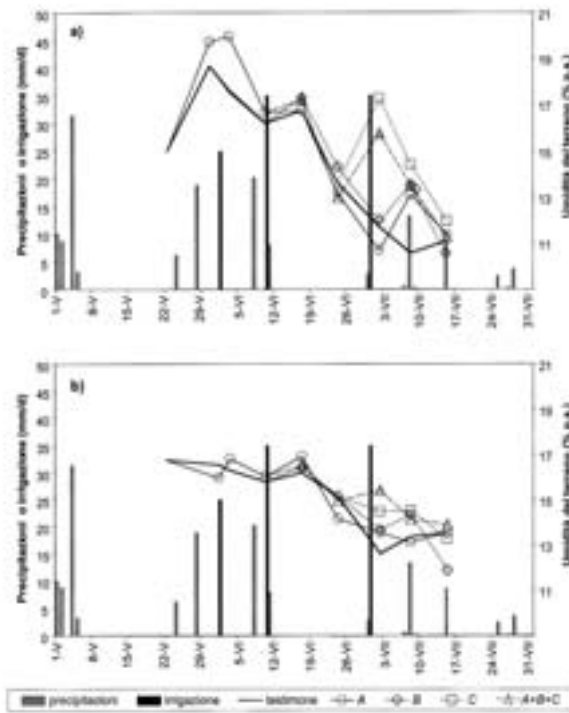


Figura 3. Esperimento 1998: precipitazioni, interventi irrigui ed andamento del contenuto idrico del terreno nel testimone e nelle tesi A, B, C e A+B+C. a): strato 0-20 cm; b): strato 20-40 cm.

Figure 3. 1998 field trial: rainfalls, irrigations and soil water content in the control plot and in the A, B, C and A+B+C treatment plots. A) 0-20 cm layer; b): 20-40 cm layer.

Tabella 2. Esperimento 1996: valori medi dei trattamenti irrigui per le variabili rilevate.

Table 2. 1996 field trial: mean values of the traits considered for the different irrigation treatments.

	Resa di seme (al 8% di H ₂ O)	Peso di 1000 semi	Germinabilità	Classi di calibro seme (mm)		
	(t ha ⁻¹)	(g)	(%)	> 4 (%)	> 3,5 < 4,0 (%)	> 3 < 3,5 (%)
Testimone (non irrigato)	1,46	9,76	56,9	32,0	49,8	18,3
A (inizio fioritura)	1,70 b	9,58	59,9 ab	26,8 b	50,8	17,3 bc
B (piena fioritura)	2,04 ab	9,95	58,0 ab	34,0 ab	48,8	22,5 ab
C (fine fioritura)	1,66 b	9,45	51,2 ab	26,0 b	49,8	24,3 a
A + B	1,95 ab	9,55	66,8 a	29,5 ab	49,5	21,0 abc
A + C	1,84 ab	9,72	62,1 ab	28,8 ab	48,3	23,0 ab
B + C	1,94 ab	9,77	45,7 b	35,5 a	48,5	16,0 c
A + B + C	2,16 a**	10,12	65,9 a	35,5 a	48,3	16,3 c
Media	1,84	9,74	58,4	31,0	49,2	19,8

Entro ogni colonna le medie contrassegnate dalle stesse lettere non sono tra loro significativamente diverse per P 0,05 (test di Duncan).

** Diverso dal testimone per P 0,01 (test di Dunnett).

glio le fasi di sviluppo e di maturazione del seme, hanno reso particolarmente apprezzabili gli effetti degli interventi irrigui sia in termini di sviluppo vegetativo (dati non riportati) che di produzione di seme (Tab. 2). In particolare, per quanto riguarda quest'ultimo aspetto, le tesi che avevano ricevuto il trattamento irriguo in piena fioritura (B, A+B, B+C ed A+B+C), hanno fornito produzioni superiori al testimone non irrigato, pur se in misura statisticamente apprezzabile solo per il trattamento A+B+C. I livelli produttivi conseguiti con i trattamenti singoli di inizio e di fine fioritura sono apparsi più bassi, seppur in termini soltanto apparenti, di quelli degli altri trattamenti irrigui. Ciò potrebbe essere messo in relazione con un effetto negativo dell'eccesso di umidità del terreno, all'inizio della fioritura, come sopra ricordato e, viceversa, con un effetto negativo della carenza idrica protrattasi per oltre venti giorni prima dell'unico trattamento irriguo di fine fioritura.

Per ciò che riguarda la qualità del seme (peso di 1000 semi, germinabilità e calibro) non sono state osservate differenze statisticamente apprezzabili tra i diversi trattamenti irrigui ed il testimone; si è osservata, comunque, una tendenza a fornire semi di maggiori dimensioni con i trattamenti di piena e di fine fioritura (B, B+C ed A+B+C), per i quali si sono registrati, rispettivamente, i valori più alti nei calibri maggiori e quelli più bassi nei calibri minori. Risultati tendenzialmente negativi sono stati ottenuti con gli apporti irrigui di inizio e di fine fiori-

tura sia effettuati da soli che tra loro combinati. La germinabilità del seme, complessivamente di entità ridotta (58,7% come media della prova), ha mostrato differenze di entità non trascurabile, che hanno raggiunto talvolta livelli significativi, ma con andamenti scarsamente comprensibili, in risposta ai trattamenti irrigui.

Esperimento 1997

In questa annata (Tab. 3), caratterizzata da un andamento climatico più siccitoso del precedente, si sono avute rese di seme crescenti, anche se in termini statisticamente non significativi, all'aumentare del numero degli interventi irrigui, con una tendenza percepibile anche a livello dello sviluppo vegetativo (dati non riportati).

Trascurabili, benché talvolta statisticamente significative sono state le differenze tra tesi per il peso di 1000 semi e per la germinabilità del seme, che è risultata la più elevata del triennio, mentre i maggiori effetti dei trattamenti irrigui sono stati osservati per le frazioni di calibro del seme, ove le differenze hanno raggiunto livelli altamente significativi. Nel complesso, i dati relativi a tali variabili hanno evidenziato la superiorità del trattamento irriguo effettuato in piena fioritura soprattutto quando seguito da quello a fine fioritura (B+C). Oltre che sotto l'aspetto fenologico, tali effetti appaiono interpretabili considerando l'andamento dell'umidità del terreno (Fig. 2): la più elevata umidità del terreno registrata nelle parcelle che avevano ir-

Tabella 3. Esperimento 1997: valori medi dei trattamenti irrigui per le variabili rilevate.

Table 3. 1997 field trial: mean values of the traits considered for the different irrigation treatments.

	Resa di seme (al 8% di H ₂ O) (t ha ⁻¹)	Peso di 1000 semi (g)	Germinabilità (%)	Classi di calibro seme (mm)		
				> 4 (%)	> 3,5 < 4,0 (%)	> 3 < 3,5 (%)
Testimone (non irrigato)	2,16	10,78	85,8	48,5	38,5	13,0
A (inizio fioritura)	2,24	10,45 b	86,6 ab	42,3 e	41,8 a	16,0 a
B (piena fioritura)	2,42	11,08 ab	85,4 ab	53,0 ab	34,5 cd	12,5 bc
C (fine fioritura)	2,48	10,44 b	82,3 b	48,8 bcd	38,5 abc	12,8 bc
A + B	2,32	10,39 b	85,6 ab	46,0 cde	38,0 bcd	16,0 a
A + C	2,33	10,27 b	84,1 ab	45,5 de	40,3 ab	14,3 ab
B + C	2,59	11,46 a	88,4 a	55,3 a	34,0 d	10,8 c
A + B + C	2,50	11,03 ab	87,3 a	52,3 abc	36,0 bcd	11,8 bc
Media	2,38	10,74	85,7	48,9	37,7	13,4

Entro ogni colonna le medie contrassegnate dalle stesse lettere non sono tra loro significativamente diverse per P 0,05 (test di Duncan).

cevuto il primo intervento irriguo rispetto a quelle non irrigate, protrattasi per breve tempo nello strato superficiale, non ha prodotto alcun effetto positivo per tali caratteristiche qualitative, mentre l'irrigazione effettuata in piena fioritura, seguita da un periodo siccitoso, ha determinato, nelle parcelle irrigate, il mantenimento di livelli di disponibilità idrica più elevati sia nello strato superficiale che in quello profondo.

Esperimento 1998

Anche in questo terzo anno di prova (Tab. 4) i trattamenti irrigui, pur avendo determinato visibili effetti positivi sullo sviluppo vegetativo

delle piante (dati non riportati), di entità crescente in relazione al numero di interventi, non hanno influito in modo significativo sulla resa di seme.

Variazioni trascurabili e statisticamente irrilevanti sono state osservate per il peso di 1000 semi che, similmente alla produzione, ha raggiunto, in questa annata, i valori medi più elevati del triennio, in risposta alle favorevoli condizioni climatiche che hanno caratterizzato la stagione colturale, in genere, e la fase di allegazione e maturazione, in particolare. Variazioni maggiori tra i trattamenti, anche se non significative, si sono rilevate per la germinabilità; differenze statisticamente apprezzabili si sono in-

Tabella 4. Esperimento 1998: valori medi dei trattamenti irrigui per le variabili rilevate.

Table 4. 1998 field trial: mean values of the traits considered for the different irrigation treatments.

	Resa di seme (al 8% di H ₂ O) (t ha ⁻¹)	Peso di 1000 semi (g)	Germinabilità (%)	Classi di calibro seme (mm)		
				> 4 (%)	> 3,5 < 4,0 (%)	> 3 < 3,5 (%)
Testimone (non irrigato)	2,81	14,03	81,5	71,8	19,8	8,5
A (inizio fioritura)	2,59	13,78	82,7	72,3 abc	20,0 abc	7,8 abc
B (piena fioritura)	2,67	13,95	84,0	74,8 ab	18,0 c	7,3 bc
C (fine fioritura)	2,91	13,69	76,7	70,3 bc	21,3 a	8,5 abc
A + B	2,57	13,93	79,6	70,0 bc	20,8 ab	9,3 ab
A + C	2,69	12,96	75,5	67,8 c	22,3 a	10,0 a
B + C	2,75	13,69	75,8	75,3 a	18,3 bc	6,5 c
A + B + C	2,83	14,05	75,7	70,0 bc	20,3 abc	9,8 ab
Media	2,73	13,76	79,0	71,5	20,1	8,4

Entro ogni colonna le medie contrassegnate dalle stesse lettere non sono tra loro significativamente diverse per P 0,05 (test di Duncan).

Tabella 5. Triennio 1996-1998: valori medi dei trattamenti irrigui per le variabili rilevate.

Table 5. Field trials of the triennium 1996-1998: mean values of the traits considered for the different irrigation treatments.

	Resa di seme (al 8% di H ₂ O)	Peso di 1000 semi	Germinabilità	Classi di calibro seme (mm)		
	(t ha ⁻¹)	(g)	(%)	> 4 (%)	> 3,5 < 4,0 (%)	> 3 < 3,5 (%)
Testimone (non irrigato)	2,14	11,52	75,7	50,8	36,0	13,3
A (inizio fioritura)	2,18 b	11,27 ab	77,2 ab	47,1 b	37,5 a	15,4 a
B (piena fioritura)	2,38 ab	11,66 a	76,8 abc	53,9 a	33,8 c	12,3 b
C (fine fioritura)	2,35 ab	11,19 ab	70,8 c	48,3 b	36,5 ab	15,2 a
A + B	2,28 ab	11,29 ab	77,8 a	48,5 b	36,1 ab	15,4 a
A + C	2,29 ab	10,98 b	74,4 abc	47,3 b	36,9 a	15,8 a
B + C	2,43 a*	11,64 a	71,4 bc	55,3 a	33,6 c	11,1 b
A + B + C	2,49 a**	11,73 a	76,9 abc	52,6 a	34,8 bc	12,6 b
Media	2,32	11,41	75,2	50,5	35,6	13,9

Entro ogni colonna le medie contrassegnate dalle stesse lettere non sono tra loro significativamente diverse per P 0,05 (test di Duncan).

*, ** Diverso dal testimone per P 0,05 e P 0,01, rispettivamente (test di Dunnett).

vece osservate per le classi di calibro, con una tendenza analoga, sebbene meno marcata di quella osservata nelle precedenti annate, a fornire seme di dimensioni maggiori in risposta all'apporto irriguo in piena fioritura seguito o meno da un apporto a fine fioritura (B+C). La minore entità degli effetti positivi di tali trattamenti, rispetto alle annate precedenti, potrebbe essere attribuita alla buona dotazione idrica del terreno a seguito delle piogge verificatesi dalla fase precedente la fioritura fino alla piena fioritura e alle più ridotte differenze di disponibilità idrica rilevate in tale periodo tra le parcelle irrigate e quelle non irrigate.

Valori medi del triennio

Nonostante gli effetti delle annate siano risultati altamente significativi per tutti i caratteri presi in esame, l'interazione "trattamenti x annate" ha raggiunto la significatività solo per la percentuale di glomeruli con calibro compreso tra 3 e 3,5 mm; gli effetti medi dei trattamenti irrigui sono risultati statisticamente diversi tra loro per la resa di seme e per le tre frazioni di calibro (dati non riportati). Tali risultati indicano che gli effetti indotti dai trattamenti irrigui sulla produzione e sulle dimensioni dei semi possono considerarsi sufficientemente ripetibili anche in condizioni climatiche dissimili come sono state quelle che hanno caratterizzato questa sperimentazione.

I valori medi del triennio (Tab. 5) permettono di rilevare come la produzione di seme sia

risultata positivamente influenzata dagli apporti irrigui, e soprattutto da quelli somministrati in piena ed a fine fioritura, con incrementi rispetto al testimone non irrigato che hanno raggiunto livelli significativi per i trattamenti B+C e A+B+C, tesi quest'ultima che ha fornito le produzioni più elevate.

Sotto il profilo qualitativo, i trattamenti irrigui non hanno indotto apprezzabili variazioni rispetto al testimone per tutte le variabili considerate. In termini di peso e di dimensioni dei glomeruli, i valori più alti sono stati ottenuti con gli apporti irrigui in piena fioritura, da soli o quando seguiti da quelli di fine fioritura (B, B+C), mentre tendenzialmente negative sono state le risposte agli interventi irrigui effettuati solo in corrispondenza dell'inizio della fioritura, o solo alla fine della fioritura, o in entrambe le fasi (A+C). La germinabilità ha mostrato una risposta positiva ai trattamenti in fase di inizio e piena fioritura (A, B e A+B) e negativa a quelli più tardivi (C e B+C).

L'analisi della regressione multipla ha evidenziato che gli effetti dei trattamenti irrigui nelle successive fasi di fioritura sono risultati riconducibili per quasi tutte le variabili ad un modello essenzialmente lineare: la varianza della regressione è, infatti, risultata sempre significativa mentre le deviazioni dalla regressione hanno raggiunto un livello statisticamente apprezzabile solo per la frazione di prodotto con calibro < 3,5 mm (dati non riportati).

L'esame dei coefficienti di regressione (Tab.

Tabella 6. Effetti dell'epoca di irrigazione sulle variabili rilevate. Coefficienti di regressione multipla dei valori medi del triennio sulle tre epoche di irrigazione.

Table 6. Effects of irrigation time on the traits considered. Multiple regression coefficients of the mean values of the triennium over the three irrigation times.

	Resa di seme (8% di H ₂ O)	Peso di 1000 semi	Germinabilità	Classi di calibro seme (mm)		
	(t ha ⁻¹)	(g)	(%)	> 4 (%)	> 3,5 < 4,0 (%)	> 3 < 3,5 (%)
Intercetta	2,17 **	11,36 **	59,9 **	49,6 **	36,2 **	14,2 **
a	-0,02 ns	-0,18 ns	1,9 *	-3,2 ns	1,4 *	1,8 ns
b	0,16 **	0,34 ns	0,8 ns	4,2 *	-2,2 **	-2,0 ns
c	0,14 *	-0,05 ns	-2,3 *	0,8 ns	-0,4 ns	-0,5 ns
R	0,95 **	0,78 ns	0,94 **	0,91 *	0,96 **	0,84 *

a, b, c: coefficienti relativi agli apporti irrigui effettuati rispettivamente all'inizio, in piena e a fine fioritura.

R: coefficiente di correlazione multipla.

ns, *, **: non significativo, significativo per P 0,05 e per P 0,01, rispettivamente.

6), permette di trarre una sintetica indicazione circa l'epoca di irrigazione di più opportuna. Gli apporti idrici all'inizio della fioritura non sono apparsi utili nel determinare variazioni produttive, mentre effetti positivi sono stati espliciti da quelli effettuati a metà ed a fine fioritura. Gli interventi irrigui effettuati a metà fioritura hanno altresì determinato un significativo incremento della frazione di prodotto con calibro superiore ai 4 mm, ma non hanno influito sul peso di 1000 semi e sulla germinabilità del seme. Per quest'ultimo aspetto si può comunque evidenziare un certo peggioramento del prodotto passando dagli apporti idrici in fase di inizio della fioritura a quelli realizzati alla fine della fioritura.

L'analisi delle relazioni tra i caratteri presi in esame (Tab. 7), calcolate utilizzando i valori parcellari dei tre esperimenti, ha posto in evidenza correlazioni positive altamente significative tra resa di seme e: peso di 1000 semi, germinabilità e frazione di prodotto con calibro su-

periore a 4 mm, evidenziando che condizioni ambientali favorevoli alla produttività consentono anche l'ottenimento di un prodotto di qualità migliore.

4. Conclusioni

I risultati sperimentali ottenuti nel triennio di prova consentono di pervenire alle seguenti considerazioni conclusive:

1. Le analisi sul contenuto idrico del terreno hanno mostrato che gli strati più superficiali (0-20 cm), che sono quelli maggiormente interessati dall'azione dell'evapotraspirazione e delle precipitazioni anche di scarso apporto, hanno risentito in misura maggiore delle irrigazioni rispetto agli strati più profondi (20-40 cm).
2. L'efficacia degli interventi irrigui sulla produzione di seme di bietola non può essere disgiunta dall'andamento climatico ed in particolare dalla sua influenza sullo svolgimento delle operazioni colturali. Infatti, nel primo anno di prova, il forte ritardo nel trapianto della coltura (oltre un mese rispetto agli anni successivi) ha determinato uno sviluppo vegetativo assai più contenuto e produzioni di seme più basse e di qualità inferiore a quelle degli altri anni di prova. In tale situazione, la coltura ha dimostrato di avvalersi in maggior misura degli apporti irrigui effettuati dall'inizio alla fine della fioritura.

Tabella 7. Coefficienti di correlazione su base parcellare tra le variabili rilevate nel triennio.

Table 7. Correlation coefficients on a plot basis between the traits considered in the triennium.

	Peso di 1000 semi	Germinabilità	Seme > 4mm
Resa seme	0,71**	0,54**	0,79**
Peso di 1000 semi		0,42**	0,90**
Germinabilità			0,55**

** Significativo per P 0,01.

3. In termini quantitativi e qualitativi la produzione di seme nei tre anni di prova ha mostrato andamenti che indicano la generale efficacia dei trattamenti irrigui. Ciò è in accordo con i risultati di Aliev (1973) e Csapody (1980), che hanno operato in ambienti agroclimatici con estati ad andamento caldo-arido come quello in cui si è sperimentato, ma non con i risultati di Longden e Johnson (1975) che hanno invece operato in clima tipicamente piovoso delle estati inglesi. L'efficacia dei trattamenti irrigui sulla produzione è apparsa, come atteso, strettamente dipendente dall'andamento delle precipitazioni. Risulterebbe così giustificato, ad esempio, il minore effetto sulle rese in seme dei trattamenti irrigui di inizio fioritura nel primo anno e di piena fioritura nel terzo anno, fasi precedute da abbondanti precipitazioni.
4. Dall'esame dei risultati sia annuali che medi, appare evidente l'efficacia dei trattamenti irrigui di piena fioritura e di fine fioritura sulla resa e sulla qualità del seme. Le fasi fenologiche di piena e fine fioritura, che per la scalarità di sviluppo delle infiorescenze si sovrappongono in buona parte con la fase di riempimento dei glomeruli, cadono infatti in un periodo (metà giugno-inizio luglio) in genere caratterizzato da ridotte precipitazioni ed intensa evapotraspirazione, a differenza di quella di inizio fioritura che coincide spesso con un periodo non critico in quanto a disponibilità idrica. Questi dati paiono confermare quanto osservato in altri studi (Anconelli, 2002) che hanno evidenziato l'efficacia degli apporti irrigui nella fase di accrescimento dei glomeruli, mentre i trattamenti effettuati nelle fasi precedenti, oltre che non necessari, potrebbero rivelarsi dannosi per gli effetti negativi dovuti al ristagno idrico o perché stimolanti la crescita vegetativa ed il conseguente consumo idrico a scapito della formazione del seme. Per tali ragioni, per una razionale gestione

delle risorse idriche, appare raccomandabile l'effettuazione degli interventi irrigui sulla base della stima del bilancio idrico attraverso l'utilizzo di coefficienti colturali o la sua diretta determinazione strumentale.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano i professori Attilio Lovato e Sergio Conti per i consigli forniti durante lo svolgimento della ricerca e la stesura del testo. Per la conduzione delle analisi della qualità del seme si ringraziano i tecnici del Laboratorio di Ricerca e Analisi Sementi (LaRAS): Emma Beltrami, Giuseppe Gamberini, Eugenio Grassi e Giovanni Urso.

Bibliografia

- Aliev S. 1973. 74 centners of sugar-beet seed from one sowing. *Zemledelie*, 7:56-57.
- Anconelli S. 2002. Ottimizzazione della gestione delle irrigazioni per il miglioramento qualitativo delle colture sementiere. 53° Convegno sementiero, Cesena, 25 ottobre, 2002.
- Cavazza L., Agabbio M., Barbera G., Bergamini A., Cacci D., Deidda P., Linsalata D., Lo Cascio B., Luppi G., Marras G., Murtas A., Natali S., Onofrii M., Ponzia G., Rossi Pisa P., Ruggiero C., Xiloyannis C. 1977. Primi risultati sulla determinazione della capacità idrica di campo. AIGR, I sezione: incontro di studio su: misure idrologiche ed idrauliche nel terreno agrario e forestale, Milano, 3-4 ottobre, 3-10.
- Csapody G. 1980. Influence of irrigation on sugar beet seed quality. *Wissenschaftliche Beiträge*, Martin-Luther Universität Halle Wittenberg, 20:552-555.
- Flamini B. 1968. La produzione del seme di Barbabietola. *Quaderno ENSE*, 22.
- Longden P.C., Johnson M.G. 1975. Irrigating the sugar beet seed crop in England. *Experimental-Husbandry*, 29:97-101.
- Rossi Pisa P., Pitacco A., Fortini S. 1991. Fattori ambientali e geometria fogliare della bietola da zucchero in due regimi idrici. Supplemento agli Atti dei Georgofili – Anno 1990. Convegno "Agrometeorologia, Agricoltura e Ambiente", 673-682.