

Consumo ed efficienza d'uso dell'acqua, accrescimento e produzione di due differenti genotipi di lenticchia in ambiente mediterraneo

Water Use and Water-Use Efficiency, Growth and Yield of Two Different Lentil Genotypes in Mediterranean Environment

U. Anastasi, G. Preiti, A. Pellicanò, C. Santonoceto

Dipartimento di Gestione dei Sistemi Agrari e Forestali (GESAF), Università degli Studi "Mediterranea" di Reggio Calabria, Loc. Feo di Vito, 89122 Reggio Calabria, Italia*

Riassunto

Tra le leguminose da granella autunno-vernine, la lenticchia merita di essere valorizzata negli agrosistemi del meridione d'Italia dove l'aridità primaverile-estiva riduce drasticamente la possibilità di scelta delle colture. Tuttavia, le conoscenze sulle modalità di utilizzazione dell'acqua e le conseguenze sull'accrescimento, la produzione e l'efficienza d'uso della risorsa idrica della specie sono limitate. Pertanto, tali aspetti sono stati studiati durante un biennio di ricerche condotte nel sud d'Italia, su due differenti genotipi di lenticchia, una varietà commerciale tardiva ed una popolazione locale precoce.

Il comportamento biologico e la dinamica di crescita dei genotipi sono stati condizionati dalla differente disponibilità idrica nelle fasi vegetativa e riproduttiva del ciclo biologico, conseguenza del diverso regime delle piogge che sono state quantitativamente equivalenti, ma diversamente distribuite nelle due annate di prova. Il consumo idrico, infatti, lievemente inferiore per il genotipo precoce che per quello tardivo, ha rivelato differenze tra gli anni sostanzialmente nel rapporto tra il periodo precedente e successivo alla fioritura. Nel primo anno, per effetto della maggiore piovosità autunno-vernina, i consumi idrici pre-fioritura sono risultati più elevati che nel secondo in cui, viceversa, la più consistente piovosità primaverile ha fatto aumentare i consumi idrici post-fioritura.

La varietà commerciale si è distinta per i più alti livelli di biomassa totale prodotta e del relativo indice di efficienza dell'acqua; la popolazione locale, invece, soprattutto in virtù della precocità e della più equilibrata ripartizione degli assimilati tra strutture vegetative e riproduttive della pianta, ha prodotto una quantità di granella significativamente più elevata, valorizzando più efficacemente la risorsa idrica.

Abstract

Among the cool-season pulse crops, lentil is worth valorising in the agro-ecosystems of the southern Italy where spring-summer drought drastically restricts the possibility of field crops choice. Nevertheless, there are little knowledge on the manner of water use and the consequences on growth, yield and water use efficiency of the species. Therefore, these aspects were studied during the two-year of researches conducted in southern Italy on two different lentil genotypes, a late commercial variety and an early landrace.

The biological behaviour and the growth dynamics of the genotypes were conditioned by the diverse water availability in the vegetative and reproductive phases of the biological cycle due to the different regime of the rains which were quantitatively equivalent, but diversely distributed in the two years of the trial. Indeed, water use that was slightly lower for the early genotype rather than for the late one, differed between the years substantially in the ratio of the period before and after flowering. In the first year, pre-flowering water use was higher as a consequence of the greater amount of autumn-winter rainfall in comparison to the second year in which the higher quantity of rainwater during the spring increased post-flowering water use.

The commercial variety attained higher levels of total biomass and water use efficiency for it; conversely, the landrace owing to earliness and more balanced assimilate partitioning between vegetative and reproductive plant structures produced a significantly higher amount of grains valorising more effectively the water resource.

Parole chiave: crescita, evapotraspirazione, *Lens culinaris*, produttività dell'acqua, resa in seme.

Key words: evapotranspiration, growth, *Lens culinaris*, seed yield, water productivity.

* E-mail: anastasi@unirc.it

Introduzione

Le leguminose da granella sono considerate un cardine degli agrosistemi mediterranei in virtù del connubio tra il valore agroecologico della loro coltivazione e quello strategico delle produzioni fornite (Howieson et al., 2000). Tra le specie autunno-vernine tradizionalmente coltivate negli areali agricoli caldoaridi del meridione italiano, la lenticchia merita di essere rivalutata poiché, oltre a richiedere bassi input per la coltivazione, fornisce un prodotto particolarmente apprezzato per la qualità nutrizionale ed organolettica. In tali ambienti, tuttavia, il deficit idrico e gli eccessi termici che frequentemente si verificano anche anticipatamente in primavera, possono condizionare lo sviluppo riproduttivo della lenticchia compromettendone la capacità produttiva, sebbene la specie è potenzialmente in grado di esprimere un complesso di caratteri essenziali nella risposta alla siccità.

Tra questi, oltre al meccanismo ecofisiologico di osmoregolazione, solo marginalmente oggetto di attenzione scientifica (Santonoceto et al., 2002), sono ritenuti di particolare interesse per la specie la precocità di fioritura, l'estensione e l'efficienza dell'apparato fotosintetizzante, la colorazione verde chiaro delle foglie durante la fase vegetativa che favoriscono il rapido accrescimento iniziale utile per la formazione di una quantità di biomassa tale da consentire una tempestiva copertura del suolo (Silim et al., 1993).

Dai risultati di prove condotte in ambiente semiarido è emerso, inoltre, che la lenticchia, notoriamente dotata di apparato radicale piuttosto superficiale, è in grado di estrarre acqua solo dai primi 80 cm di profilo del suolo, con consumi totali ed efficienza d'uso della risorsa idrica relativa alla biomassa totale ed alla granella oscillanti, rispettivamente, tra 179 e 353 mm, tra 9,4 e 18,1 e 2,1 e 5,2 kg ha mm⁻¹ (Zhang et al., 2000). Oweis et al. (2004), invece, con epoche di semina anticipate, normali e ritardate, hanno rilevato per le medesime variabili, valori compresi, nell'ordine, tra 160 e 310 mm, 16,0 e 25,0 e 2,6 e 7,2 kg ha mm⁻¹, confermando, altresì, quanto riportato in altri contributi scientifici circa il ruolo positivo dell'epoca di semina autunnale sull'accrescimento e la produzione di biomassa, direttamente correlati con l'incremento della resa in granella (Siddique et al., 1998).

L'anticipo della semina e/o la scelta di genotipi precoci sembrano essere, dunque, le principali opzioni agronomiche per consentire alla coltura di valorizzare gli apporti idrici naturali e fronteggiare l'eventuale aridità primaverile-estiva attraverso una collocazione ottimale e/o una minore durata del ciclo biologico.

Considerata l'importanza delle relazioni acqua-suolo-pianta nell'ambito dei sistemi colturali degli ambienti caldoaridi e constatato che per la lenticchia le conoscenze sulle modalità di utilizzazione dell'acqua e le relative conseguenze sull'accrescimento, la produzione e l'efficienza d'uso di questa risorsa sono piuttosto limitate, si è ritenuto opportuno riporre l'attenzione su tali aspetti.

Materiali e metodi

L'esperimento è stato realizzato negli anni 2003-04 e 2004-2005 a Gallina (38°10' N, 15°45' E, 232 m s.l.m.), Reggio Calabria, nel Sud d'Italia. Nel sito sperimentale, la temperatura e la piovosità medie pluriennali sono comprese, rispettivamente, tra 15 e 18° C e tra 400 e 700 mm, con spiccata variabilità pluviometrica interannuale; il suolo, classificato in generale "Typic Haploxeralfs" (USDA), presenta mediamente le seguenti caratteristiche: grana argilloso-sabbiosa, reazione neutra, dotazione ridotta di sostanza organica, N e P₂O₅ assimilabile, e buona di K₂O scambiabile, densità apparente 1,25 g cm⁻³, umidità alla capacità di campo ed al punto di appassimento pari, rispettivamente, a 30,8 e 17,4% in peso. Il terreno, coltivato in precedenza a frumento duro, è stato preparato per la semina mediante aratura estiva alla profondità di circa 30 cm ed erpicatura autunnale, durante la quale sono stati somministrati 120 Kg ha⁻¹ di P₂O₅.

Due genotipi di lenticchia, "Laird" (macrosperma), varietà canadese tardiva, ed "Ustica" (microsperma), popolazione locale precoce, sono state seminate, nell'ordine dei due anni di prova, il 22 ed il 7 dicembre in parcelle di 9 m² (1,8 x 5 m) con interfile di 30 cm, disposte in campo secondo un disegno sperimentale a blocchi randomizzati con tre repliche. L'investimento unitario

programmato era di 150 piante m⁻². La flora infestante è stata controllata mediante un'unica sarchiatura.

I dati termopluviometrici sono stati acquisiti mediante una stazione automatica (Datalogger CR10X, Campbell Sci. U.K.). Durante il ciclo colturale, oltre a rilevare le date degli stadi biologici (emergenza, fioritura, maturazione fisiologica), sono stati periodicamente eseguiti prelievi di 5 piante, rappresentative di ciascuna parcella, sulle quali è stata determinata, mediante strumento integratore di superficie Li. 3100 (Li-Cor Inc., Lincoln, NB, U.S.A.), l'area verde di steli, foglie e valve. Nelle medesime strutture e nei semi è stata rilevata la sostanza secca, per essiccamento in stufa. A fine ciclo sono stati determinati la quantità di biomassa secca epigeica e la produzione di granella nelle piante ricadenti in un'area di saggio di ciascuna parcella, dopo avere prelevato sub-campioni di 5 piante per l'analisi delle componenti della resa.

Il consumo idrico (ETe) è stato valutato per ciascun genotipo, distintamente per i due sottoperiodi precedente e successivo alla fioritura, applicando l'espressione del bilancio idrico del suolo: $E_{te} = \Delta\theta + P$, dove $\Delta\theta$ indica le variazioni della riserva idrica del terreno nei periodi considerati, desunte dall'umidità rilevata con metodo gravimetrico fino a 0,8 m di profondità; P è la quantità di pioggia caduta nei medesimi intervalli. Considerati la giacitura pianeggiante e l'umidità del terreno che, nel profilo considerato, non ha mai superato la capacità di campo, le perdite per deflusso superficiale e per percolazione sono state poste pari a zero.

Dai dati produttivi finali di biomassa secca epigea totale e di granella sono stati calcolati, oltre all'indice di raccolto, l'efficienza di utilizzazione dell'acqua relativa ad entrambe le grandezze come rapporto tra i valori di queste e quelli dell'ETe totale. I dati biologici e quelli delle caratteristiche agronomiche sono stati elaborati mediante ANOVA ($P \leq 0,05$) relativa al disegno sperimentale adottato, inizialmente separata per ciascun anno; constatata l'omogeneità delle varianze degli errori, è stata eseguita un'analisi combinata tra i fattori anno e genotipo. I valori medi delle tesi sperimentali sono stati confrontati con il test della DMS ($P \leq 0,05$).

Risultati e discussione

Nella Figura 1 è rappresentato l'andamento meteorico del periodo ottobre-giugno nei due anni di sperimentazione. La temperatura, pressoché conforme a quella caratteristica del sito sperimentale, è risultata abbastanza simile anche nelle due annate di prova e pari, nella media di queste, a 14,6 °C, sebbene tra la terza decade di dicembre e la prima decade di marzo del 2003-04 siano stati registrati valori mediamente più bassi di 1,4 °C rispetto al medesimo periodo del 2004-05. In entrambe le annate non si sono, comunque, verificati abbassamenti e innalzamenti dei valori termici assoluti sotto i 2 °C e sopra i 30 °C. Il regime pluviometrico si è contraddistinto sia per l'abbondanza delle piogge, pari a 618 e 612 mm, nell'ordine dei due anni, sia per la loro distribuzione, quest'ultima differenziatasi anche tra le due annate di prova. Segnatamente, la piovosità nel periodo ottobre-novembre precedente la semina è stata nettamente prevalente nel primo anno che nel secondo (32 contro 13% sul totale), viceversa, piogge particolarmente copiose per la stagione primaverile sono cadute, tra aprile e giugno, nel secondo anno (31% in confronto al primo (16%).

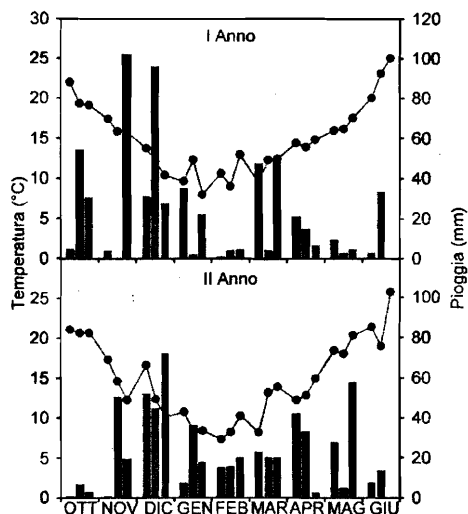


Figura 1. Temperatura media dell'aria (linee) e pioggia (istogrammi), per decadi, nella località di prova.

Figure 1. Ten-day average air temperature (lines) and rainfall (bars) at the experimental site.

L'investimento unitario, verificato alla raccolta, non si è apprezzabilmente discostato da quello programmato, essendo risultato pari, in media, rispettivamente in "Laird" ed "Ustica", a 142 e 144 piante m⁻², nel primo anno, ed a 150 e 146 piante m⁻², nel secondo.

L'emergenza delle piante è avvenuta, in media, a 16 giorni dalla semina, senza rilevanti variazioni nell'ambito delle cultivar e delle annate (Fig. 2). Nel 2003-04, "Laird" ed "Ustica" hanno avviato la fioritura a 125 e 97 giorni dall'emergenza ed hanno completato la maturazione dopo 37 e 56 giorni, rispettivamente.

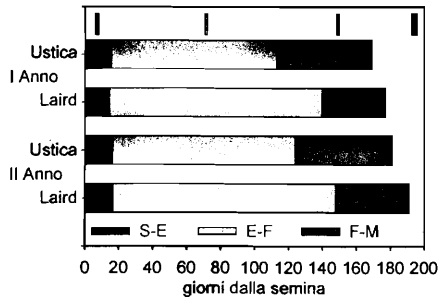


Figura 2. Durata delle fenofasi e del ciclo biologico in lenticchia (in alto, DMS $P \leq 0,05$ dell'interazione A x G).

Figure 2. Duration of the phenophases and of the biological cycle in lentil (LSD $P \leq 0,05$ of Y x G interaction, at the top).

Nel 2004-05, entrambi i genotipi, pur con la differenza di precocità che li caratterizza, hanno significativamente procrastinato, rispetto al primo anno, sia la fioritura avvenuta a 131 e 107 giorni dall'emergenza, sia la maturazione verificatasi a 43 e 57 giorni dalla fioritura, nell'ordine per "Laird" ed "Ustica". Tuttavia, alla maggiore precocità di fioritura di "Ustica", più accentuata nel primo dei due anni, è corrisposto, in confronto a "Laird", un prolungamento della fase riproduttiva, pari a 19 giorni, nel primo anno, ed a 14 giorni, nel secondo. Conseguentemente, il divario in termini di durata dell'intero ciclo, tra i genotipi, è stato, nelle due annate, di 8 e 10 giorni.

I dati medi relativi all'analisi di crescita delle piante (area verde e peso secco) hanno rivelato una variabilità contenuta in tutti i campionamenti, nell'ambito dei quali, l'errore standard è variato tra $\pm 0,098$ e $\pm 10,591$, $n = 15$ (valori non mostrati). La superficie verde e la sostanza secca epigea totali hanno presentato differenze di ordine cronologico e quantitativo, oltre che di ripartizione tra le strutture della pianta (Fig. 3). Tra i genotipi, sono emerse differenze apprezzabili di estensione della superficie verde solo nella prima annata (in media, rispettivamente in "Laird" ed "Ustica", 164,3 contro 136,4 cm² pianta⁻¹, nel primo anno e 201,9 contro 205,1 cm² pianta⁻¹, nel secondo). Il divario del peso secco tra le due cultivar è risultato, invece, dello stesso ordine di grandezza nei due anni (in media, 3,3 contro 2,1 g pianta⁻¹, rispettivamente, per "Laird"

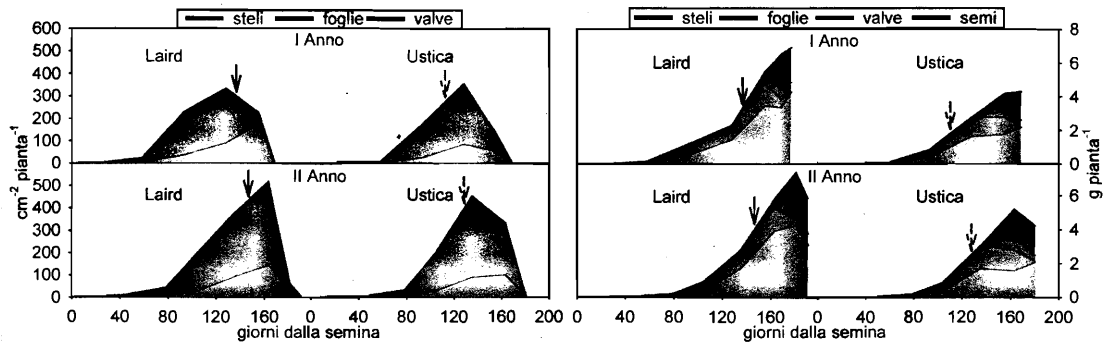


Figura 3. Andamento nel tempo della ripartizione della superficie verde (a sinistra) e della sostanza secca (a destra) in lenticchia. Le frecce indicano lo stadio di fioritura.

Figure 3. Time course of green area (left) and dry matter (right) partitioning in lentil. Arrows indicate the flowering stage.

ed Ustica). Nel primo anno, entrambi i genotipi hanno raggiunto la massima estensione dell'area verde totale dopo 128 giorni dalla semina (334,7 e 354,3 cm² pianta⁻¹ in "Laird" ed "Ustica", rispettivamente); nel secondo anno, invece, "Laird" ha raggiunto l'area verde più elevata dopo 163 giorni (519,7 cm² pianta⁻¹) e "Ustica" dopo 135 giorni (454,0 cm² pianta⁻¹). Il peso secco totale massimo è stato ottenuto, per entrambe le cultivar, a fine ciclo (6,9 g pianta⁻¹, "Laird" e 4,3 g pianta⁻¹, "Ustica"), nella prima annata; dopo 181 e 163 giorni dalla semina (7,4 e 5,2 g pianta⁻¹, nell'ordine per "Laird" ed "Ustica"), nell'annata successiva.

L'area verde delle foglie, indipendentemente dagli anni, è risultata fin dagli stadi iniziali di crescita, sensibilmente superiore a quella degli steli, attestandosi nel periodo della fioritura su una quota pari a circa il 75% in "Laird" e 85% in "Ustica". Ad allegazione avanzata, la superficie fogliare verde, nel genotipo tardivo si è ridotta, con una rapida progressione, più marcata nel primo anno, portandosi su livelli decisamente inferiori all'area verde degli steli; al contrario, nel genotipo precoce, la quota verde delle foglie era ancora prevalente su quella degli steli. L'incidenza della superficie verde delle valve su quella complessiva, benché di modesta entità, è risultata superiore in "Laird", in particolare nella prima annata.

Nei due genotipi, pertanto, il ruolo svolto dalle strutture fotosintetizzanti nell'elaborazione e traslocazione degli assimilati è stato sostanzialmente diverso durante la fase riproduttiva ed ha visto, nella cultivar tardiva, in particolare nel primo anno, ridursi la funzione delle foglie, per effetto di una loro più anticipata senescenza. Il genotipo precoce, invece, oltre ad avere sviluppato una superficie verde totale comparabile a quella dell'altra cultivar, è stato in grado di mantenerla attiva più a lungo nella fase di riempimento del seme proprio per effetto del contributo dell'apparato fogliare, prevalente su quello degli steli, principalmente nella seconda annata. Coerentemente con la dinamica della superficie verde, le variazioni ponderali dell'accumulo di materia secca nelle piante hanno evidenziato una prevalenza delle foglie sugli steli in misura pressoché analoga in entrambi i genotipi: fino a 93 giorni dalla semina, nel 2003-04 e fino a 104 giorni, nel 2004-05, allorché la proporzione di sostanza secca nei suddetti organi risultava, rispettivamente, di circa il 60 e 40%. In seguito, nella fase riproduttiva, la distribuzione della sostanza secca nelle diverse strutture della pianta si è modificata articolandosi in modo diverso nei due genotipi e negli anni. A fine ciclo, infatti, il peso secco di steli, foglie, valve e semi è risultato, nell'ordine: 62, 0, 8 e 30% per "Laird", 51, 0, 10 e 39% per "Ustica", il primo anno; 53, 0, 12 e 35% per "Laird", 49, 0, 10 e 41% per "Ustica", il secondo anno.

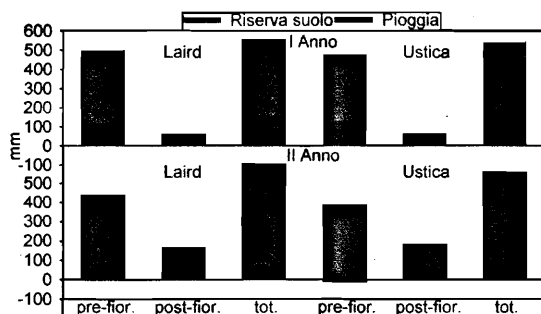


Figura 4. Consumo idrico, pre, post-fioritura e totale, in lenticchia.

Figure 4. Pre-flowering, post-flowering and total water use in lentil.

contro 130 mm per "Ustica"), conseguenza anche della elevata piovosità verificatasi prima della semina. Quest'ultima, infatti, ha contribuito a mantenere l'umidità nel profilo di suolo considerato sopra il coefficiente di appassimento anche nel periodo successivo.

Nel 2004-05, invece, alla maggiore piovosità complessiva durante il ciclo colturale in confronto alla precedente annata (527 e 513 mm, in ordine per "Laird" ed "Ustica"), hanno contribuito, in gran parte, le precipitazioni primaverili (101 e 127 mm, per "Laird" ed "Ustica", rispettivamente) che hanno, altresì, consentito la costituzione di una riserva idrica nel suolo (62 e 54 mm, in ordine per "Laird" ed "Ustica") la cui tardiva disponibilità ha favorito il prolungamento dell'attività vegetativa soprattutto di "Laird".

Nella media degli anni, la cultivar precoce ha evidenziato rispetto al genotipo tardivo, una produzione finale di biomassa secca, inferiore e, viceversa, una resa in granella ed un indice di raccolto superiori, in misura significativa (Tab. 1). Indipendentemente dalle cultivar, la sostanza secca totale e la resa in seme sono risultate significativamente più basse nel secondo anno,

Nella Figura 4 sono riportati i consumi idrici delle due cultivar nei due anni di prova. L'ETE totale, lievemente inferiore per "Ustica" rispetto a "Laird" (548 contro 576 mm, in media) per effetto della maggiore durata del ciclo di quest'ultimo genotipo, è risultata, in media, più contenuta nel primo anno (547 mm) che nel secondo (577 mm). Nel 2003-04, in particolare, la minore quantità di pioggia intercettata durante il ciclo colturale rispetto all'anno successivo (392 e 389 mm, rispettivamente, per "Laird" ed "Ustica"), è stata parzialmente compensata dalla maggiore consistenza della riserva idrica del terreno nel periodo pre-fioritura (119 mm per "Laird"

rispettivamente di 0,9 e di 0,4 t ha⁻¹, in confronto al primo; i valori medi dell'indice di raccolto, invece, sono risultati simili tra gli anni.

La migliore prestazione produttiva del genotipo precoce può dunque trovare giustificazione nella valorizzazione della risorsa idrica in un periodo del ciclo colturale più favorevole, anche sotto il profilo termico, alla crescita ed allo sviluppo riproduttivo, come dimostra anche l'assetto delle componenti della produzione. Sebbene, infatti, il peso unitario del seme di "Laird" sia circa il doppio di quello di "Ustica", quest'ultimo genotipo si è distinto, principalmente per il numero di baccelli per pianta, significativamente più elevato di 22 e 30 unità, rispettivamente nel primo e nel secondo anno e, marginalmente, per il numero di semi per baccello. Concordemente con i risultati relativi ad accrescimento, consumi idrici e produzione, l'indice di efficienza dell'acqua relativo all'intera biomassa è risultato significativamente superiore in "Laird", con un vantaggio nei confronti di "Ustica" più rilevante nel primo dei due anni, segno che la produzione di biomassa è stata più favorevolmente condizionata dalla possibilità di disporre di una maggiore umidità nel suolo durante la fase vegetativa del ciclo biologico.

Tabella 1. Caratteristiche agronomiche in lenticchia. Effetti medi del genotipo, dell'anno e loro interazione.
Table 1. Agronomic characteristics in lentil. Main effects of genotype, year, and their interaction.

Fattori e tesi sperimentali	Produzione		Indice di raccolto	Baccelli pianta (n)	Semi baccello (n)	Peso seme (mg)	Produttività acqua			
	biomassa (t ha ⁻¹)	seme					biomassa	seme (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)		
Genotipo	Laird	9,1 a	2,3 b	0,25 b	21,7 b	1,2 b	63,3 a	15,9 a	4,2 b	
	Ustica	6,3 b	2,8 a	0,46 a	47,9 a	1,5 a	30,5 b	11,5 b	5,8 a	
Anno	I	8,1 a	2,8 a	0,35 a	34,6 a	1,4 a	46,6 a	14,9 a	5,5 a	
	II	7,3 b	2,4 b	0,33 a	35,0 a	1,3 a	47,2 a	12,5 b	4,6 b	
A x G	I	Laird	9,8	2,5	0,25	23,4	1,3	61,6	17,8	4,7
		Ustica	6,4	3,0	0,48	45,8	1,6	31,6	12,0	6,3
	II	Laird	8,4	2,1	0,25	19,9	1,2	65,0	14,0	3,7
		Ustica	6,1	2,7	0,44	50,0	1,4	29,4	11,1	5,4
DMS ($P \leq 0,05$)		ns	ns	ns	2,6	ns	3,2	1,5	ns	

* Nell'ambito di ciascun fattore, medie seguite da lettere diverse sono significativamente differenti per $P \leq 0,05$; ns, non significativo.

Al contrario, l'efficienza dell'acqua riferita al prodotto utile è stata statisticamente superiore, in misura analoga nei due anni, per il genotipo precoce rispetto a quello tardivo.

Conclusioni

I risultati ottenuti, per quanto positivamente condizionati dal regime pluviometrico del biennio di prove, confermano la superiorità del genotipo precoce già osservata, in annate con una piovosità meno favorevole, nel medesimo ambiente (Santonoceto et al., l.c.), concordando anche con quanto emerso in altri areali mediterranei simili per condizioni climatiche (Silim et al., l.c.). Tuttavia, le migliori prestazioni agronomiche della popolazione locale in confronto alla cultivar di provenienza estera sembrano risiedere, più che in un uno, in un complesso di caratteri di "aridoresistenza" che il primo dei due genotipi è in grado di esprimere e che lo mettono in condizione di vantaggio nel valorizzare le risorse idriche.

Tali caratteri sono individuabili, oltre che nella precocità, nell'*habitus* xeromorfo, nella possibilità di aggiustare osmoticamente il potenziale idrico dei succhi cellulari (Santonoceto et al., l.c.), che gli consente di superare periodi pur transitori di deficit idrico, ed altresì nella capacità di modulare l'accrescimento vegetativo e lo sviluppo riproduttivo, ritardando la senescenza dei tessuti verdi e traslocando tempestivamente e più efficacemente gli elaborati negli organi utili, cui consegue un significativo incremento dell'indice di raccolto.

Bibliografia

- HOWIESON J.G., O'HARA G.W., CARR S.J. 2000. Changing roles for legumes in Mediterranean agriculture: developments from an Australian perspective. *Field Crops. Res.*, 65: 107-122.
- OWEIS T., HACHUM A., PALA M. 2004. Lentil production under supplemental irrigation in a Mediterranean environment. *Agric. Water Manage.*, 68: 251-265.
- SANTONOCETO C., ANASTASI U., MONTI M., PREITI G. 2002. Soil-plant water relations, growth and yield ability of lentil (*Lens culinaris* Medik.). Book of proceedings, VII Congress of Europ. Soc. for Agron. (ESA). Cordoba, Spain, July 2002. 139-140.
- SIDDIQUE K.H.M, LOSS S.P., PRITCHARD D.L., REGAN K.L., TENNANT D., JETTNER R.L., WILKINSON D. 1998. Adaptation of lentil (*Lens culinaris* Medik.) to Mediterranean-type environments: effect of time of sowing on growth, yield and water use. *Aust. J. of Agric. Res.*, 49: 613-626.
- SILIM S.N., SAXENA M.C., ERSKINE W. 1993. Adaptation of lentil to the Mediterranean environment. I. Factors affecting yield under drought conditions. *Expl. Agric.*, 29: 9-19.
- ZHANG H., PALA M., OWEIS T., HARRIS H. 2000. Water use and water-use efficiency of chickpea and lentil in a Mediterranean environment. *Aust. J. of Agric. Res.*, 51 (2): 295-304.