

Incontro:

Amaranto: pseudocereale dai molteplici utilizzi.
Prove di adattabilità in Toscana
e prospettive di mercato

Firenze, 22 marzo 2013

PAOLO CASINI, FELICE LA ROCCA*

Amaranto (*Amaranthus* sp.), prove di adattabilità in Toscana. Primi risultati

INTRODUZIONE

La riscoperta e valorizzazione di alcuni pseudocereali anche esotici per i nostri ambienti, ha comportato l'individuazione di specie rimaste neglette per lungo tempo. Si possono citare in proposito il grano saraceno (*Fagopyrum esculentum* Moench.) e la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) (Casini, 2002; Tallarico et al., 2008) che hanno contribuito alla creazione di piccoli mercati sia nell'ambito alimentare che in quello non alimentare. Altra specie che recentemente è riuscita a conquistare una discreta fascia di mercato è l'amaranto (*Amaranthus* spp.), genere originario del Messico e del Centro America che, insieme al mais, al fagiolo, alla stessa quinoa e alle varie specie di zucca, è stato uno dei principali alimenti dei Maya e degli Aztechi (Sandre, 1950; Turchi, 1987). La coltivazione di queste piante, soprattutto in riferimento agli pseudocereali, è andata progressivamente riducendosi fino agli inizi del XX secolo poiché proibite fino dall'epoca dei *conquistadores* che le vietavano poiché legate a cerimonie religiose considerate offensive alle tradizioni cristiane. Per secoli queste specie sono rimaste confinate in piccole comunità in Messico e sull'Altipiano delle Ande dove, fortunatamente, si è conservata una certa biodiversità. Fino al XVIII secolo, in Europa l'amaranto era conosciuto soltanto come infestante o come pianta ornamentale, mentre in altre aree geografiche manteneva la sua utilizzazione come ortaggio e come sostituto di alcuni cereali.

La riscoperta di questa pianta come preziosa risorsa alimentare, risale agli anni Settanta, quando, alcuni studi avviati da Downton (1973), misero in evi-

* Dipartimento di Scienze delle Produzioni Agroalimentari e dell'Ambiente (DISPAA), Università di Firenze

denza le notevoli proprietà nutritive delle sue specie più diffuse: *Amaranthus cruentus* L., *A. hypochondriacus* L., *A. caudatus* L. e *A. edulis* Speg. Soprattutto nei confronti delle prime due, la ricerca si è sviluppata in misura tale da originare un importante mercato come negli Stati Uniti, Cina e India, dove l'amaranto viene coltivato su grandi superfici ed è considerato ormai al pari di altre colture industriali (Tucker, 1986; Granado e Lòpez, 1990).

Le principali caratteristiche di questa specie, di cui, oltre ai semi, si possono consumare anche le foglie a guisa di spinaci, sono l'elevato contenuto di proteine (15-18%) oltre che di lisina e di calcio rispettivamente con medie di 5.2 e 0.37 g/100 g di sostanza secca (Petr et al., 2003), oltre a essere caratterizzato dall'assenza di glutine e quindi idoneo all'alimentazione dei celiaci (Ballabio et al., 2011). In particolare il contenuto di lisina, superiore ad alcuni alimenti di origine vegetale (cereali, fagioli, soia) e animale (carne, latte, uova), conferisce a questa specie elevate potenzialità di mercato soprattutto là dove, fino a questo momento, è stata confinata quasi esclusivamente nel settore salutistico (Hackman e Mayers, 2003).

L'amaranto, oltre a costituire la base di un gran numero di preparazioni alimentari, viene impiegato anche per la formulazione di barrette, snack, muesli, semi soffiati, estrusi e altri prodotti come biscotti e pane. Per quest'ultimo impiego però, e in generale per la produzione di paste lievitate, è necessaria la miscelazione con farine di cereali che, nel caso di produzioni destinate ai celiaci possono essere di mais, sorgo, riso o miglio.

La farina di amaranto non contiene zuccheri semplici e questo, considerato l'elevato contenuto di amilopectina e di zuccheri complessi, consente il suo impiego nelle diete di obesi e diabetici.

Un'utilizzazione particolare di questa specie è quella del "latte di amaranto" che, per il suo ottimo bilanciamento degli aminoacidi e per l'elevato contenuto di calcio, è indicato per l'alimentazione dei bambini, anziani e degli intolleranti il lattosio (Teutonico e Dietrich, 1985).

Le foglie di alcune varietà particolarmente pigmentate, possono essere utilizzate per l'estrazione di un colorante rosso impiegato nell'industria alimentare, da non confondere però con l'E123, colorante sintetico (vietato in molte preparazioni alimentari) indicato anche come "Amaranto" proprio in considerazione della colorazione che conferisce ai preparati simile a quella della pianta.

Altrettanto interessante è l'impiego dell'amaranto nel settore non alimentare, sebbene questo aspetto non risulti ancora altrettanto studiato. Il settore cosmetico e farmacologico beneficiano soprattutto dell'elevato tenore di squalene dell'olio, un acido grasso contenuto in media per il 4.6%. È un composto strutturalmente molto simile al β -carotene, metabolita intermedio

nella sintesi del colesterolo. Recenti studi (Gonor et al., 2006; 2006; Shin et al., 2011) hanno messo in evidenza come lo squalene possa rientrare nella composizione di farmaci per la riduzione del colesterolo ematico.

L'olio di amaranto, contenuto nei semi in media per il 6.0%, con il suo tenore di tocoferoli, composti generalmente indicati come "vitamina E", insieme allo squalene, trova impiego nell'industria cosmetica soprattutto nel settore della cura della pelle e dei capelli e, più genericamente, nei formulati anallergici. Le proprietà riconosciute sono attribuite all'elevato potere antiossidante "anti-invecchiamento".

Altra particolare utilizzazione dell'amaranto nel settore non alimentare, è quella dell'impiego dell'amido caratterizzato da granuli molto piccoli (in media inferiori a 1 μm) e di forma poliedrica (Tomita et al., 1981; Tucker, 1986). A causa delle loro dimensioni e quindi della grande superficie specifica per unità di peso (rapporto tra la superficie sviluppata e volume), le particelle di amido possiedono un'elevata capacità di assorbimento e possono essere utilizzate come base per aerosol non allergici e anche come sostituto del talco in cosmesi.

Sebbene alcune potenzialità di questo pseudo cereale siano ormai consolidate anche al di fuori delle sue aree di origine, in Italia l'amaranto non ha ricevuto molte attenzioni. Questo, nonostante prove agronomiche, anche poliennali, abbiamo messo in evidenza la possibilità di introduzione della specie nel nostro Meridione anche con buoni risultati produttivi (Alba et al., 1997; Lovelli et al., 2005; Rivelli et al., 2008).

La disponibilità di genotipi presso banche internazionali di germoplasma, può consentire di valutare l'amaranto anche in altre realtà agroclimatiche sfruttando la sua caratteristica di specie rustica.

Lo scopo di questo contributo è quello di presentare i risultati di una prima valutazione della possibilità di coltivazione di *A. cruentus* e *A. hypochondriacus* in Italia Centrale. Questa attività rientra in un progetto più ampio che prevede, oltre alla valutazione di genotipi di diversa provenienza, anche la caratterizzazione dell'olio e delle sostanze funzionali.

LA PIANTA, CENNI DI AGROTECNICA

Botanicamente l'amaranto appartiene alla famiglia delle *Amaranthaceae*. Il genere *Amaranthus* comprende circa sessanta specie alcune delle quali vengono suddivise in relazione all'utilizzazione della pianta. È una pianta erbacea annuale di altezza variabile secondo la specie fra 0.5 e 3.5 metri con foglie di diverse forme, da ovale a lanceolata. I fiori sono riuniti in infiorescenze (panicoli) che possono essere eret-

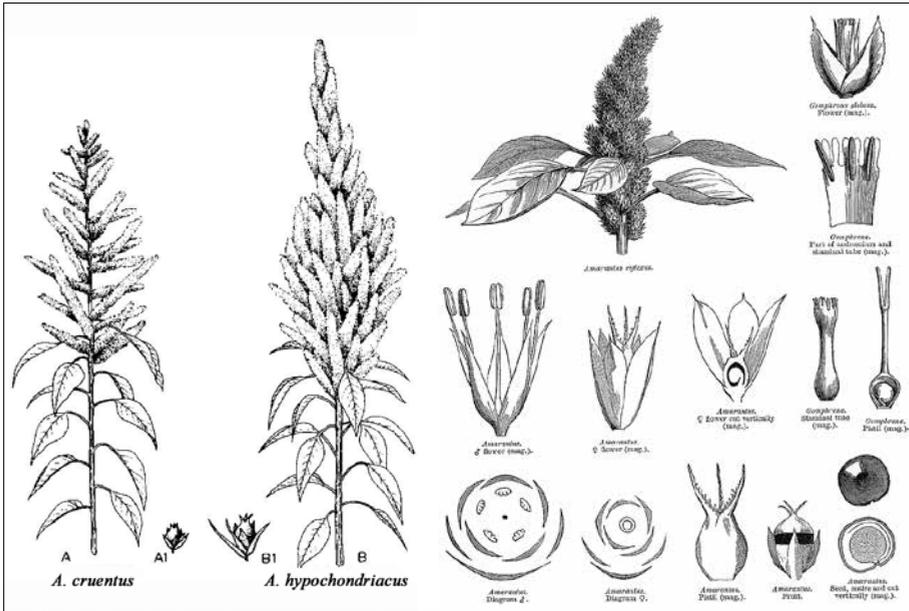


Fig. 1 Aspetto delle piante e principali caratteristiche botaniche di *A. cruentus* e *A. hypochondriacus*

te o pendenti, ramificate, lunghe sino a 90-100 cm di colore rosso tipico (dovuto al contenuto di betacianine), verde o giallognolo. I semi sono di piccole dimensioni di forma circolare schiacciata, simile a una lente, di colore variabile da molto chiaro a bianco-latte, a giallo-oro, oppure dal bruno al nero. Misurano circa 1-1.5 mm di diametro e il peso di 1000 semi e compreso tra 0.5-0.6 a 1 g.

Nelle aree di origine l'amaranto è coltivato anche in altitudine fino a circa 2800 m s.l.m. soprattutto utilizzando *A. caudatus* e *A. hypochondriacus*. In altre aree a clima temperato, l'*A. cruentus* è la specie sulla quale si è sviluppata una tecnica colturale adatta a un'agricoltura industriale anche se, come vedremo, ancora da perfezionare in alcuni suoi aspetti.

Nei nostri ambienti l'amaranto è una tipica coltura primaverile-estiva che si può inserire in rotazioni con cereali, leguminose e ortaggi. In considerazione delle ridotte dimensioni del seme, la preparazione del letto di semina assume una particolare importanza per la buona riuscita della coltura che per questo esige terreni abbastanza sciolti e con pH compreso tra 6 e 7.5. La tecnica di semina più impiegata è quella a file distanti 50-60 cm; si può procedere a fila continua (10-12 kg ha⁻¹ di seme) o ricorrere alla semina di precisione (3-5 kg ha⁻¹) con densità molto variabili secondo l'architettura della varietà impiegata; da 20 a 60 piante m⁻².

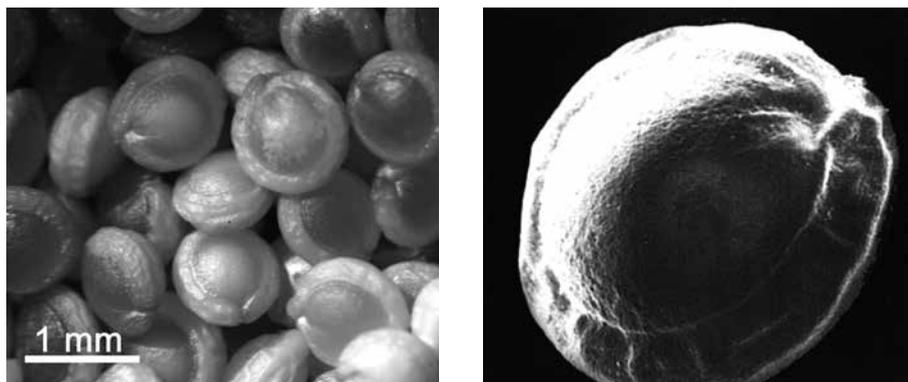


Fig. 2 Semi di *Amaranthus cruentus* L. (a sinistra) e particolare al microscopio a scansione (a destra)

Secondo la fertilità del terreno e la precessione colturale, è buona norma distribuire una concimazione in presemina con rapporto 1:2:0.5 tra azoto, fosforo e potassio considerando come base circa 50-80 kg ha⁻¹ del primo elemento.

Quando le piante hanno raggiunto un'altezza di circa 20-25 cm si procede con una sarchiatura che talvolta deve essere ripetuta insieme a una rincalzatura soprattutto se le piante sono molto alte e con panicoli lunghi e ricadenti. Il ciclo della specie è molto variabile tra 70 e 160 giorni dalla semina.

La maturazione è scalare e la raccolta è la fase più delicata di tutta la tecnica agronomica. Infatti i semi maturi si staccano facilmente dal panico provocando perdite di una certa consistenza soprattutto se si procede con la raccolta meccanica, anche se piccole differenze sono state osservate secondo la varietà utilizzata. Per minimizzare le perdite di seme, si dovrà raggiungere un compromesso tra maturità e umidità del panico oppure, allo stesso modo di altre specie, tagliare le piante e, dopo essiccamento procedere alla trebbiatura.

MATERIALE E METODI

Confronto varietale

Le prove sono state condotte negli anni 2011 e 2012 presso l'azienda del Centro per il Collaudo e il Trasferimento dell'Innovazione di Cesa (Arezzo) della Regione Toscana su un terreno limoso-sabbioso a reazione neutra. Sono stati valutati dieci genotipi di *Amaranthus cruentus* e due di *A. hypochondriacus* di

ACCESSIONE	PROVENIENZA	SPECIE
AMES 2003	ETIOPIA	<i>A. cruentus</i>
AMES 5148	PUERTO RICO	<i>A. cruentus</i>
AMES 5386	INDIA	<i>A. cruentus</i>
AMES 26015	POLONIA	<i>A. cruentus</i>
PI 477913	MESSICO	<i>A. cruentus</i>
PI 511719	GUATEMALA	<i>A. cruentus</i>
PI 576481	MESSICO	<i>A. cruentus</i>
PI 643045	MESSICO	<i>A. cruentus</i>
PI 643053	MESSICO	<i>A. cruentus</i>
PI 649507	MESSICO	<i>A. cruentus</i>
AMES 5615	TAIWAN	<i>A. hypochondriacus</i>
PI 633596	NEPAL	<i>A. hypochondriacus</i>

Tab. 1 *Provenienza e specie dei genotipi di Amaranthus messi a confronto*

SCHEDA AGRONOMICA	2011	2012
PRECEDENTE COLTURALE	Frumento	Canna
CONCIMAZIONE PRE-SEMINA	N: 50 kg ha ⁻¹ P: 100 kg ha ⁻¹	N: 50 kg ha ⁻¹ P: 100 kg ha ⁻¹
TRAPIANTO	13 maggio 26 luglio	17 maggio
RACCOLTA	13 ottobre	1-9 agosto

Tab. 2 *Scheda agronomica delle prove in campo*

diversa provenienza (tab. 1) reperiti presso il North Central Regional Plant Introduction Station (United State Department of Agriculture - USDA).

È stato approntato uno schema a blocco randomizzato con tre repliche. Ogni parcella era costituita da 4 file lunghe 5 m e distanti 0,50 m.

Allo scopo di assicurare la buona riuscita della prova e la densità stabilita di 33 piante m⁻², si è fatto ricorso al trapianto seminando in plateau alveolati durante i primi giorni di aprile e ponendo le piantine a dimora il 13 maggio del 2011 e il 22 maggio nel 2012. In coincidenza della preparazione del letto di semina, sono stati distribuiti 46 kg ha⁻¹ di N e 100 kg ha⁻¹ di P₂O₅. Per il controllo delle infestanti si è fatto ricorso a due sarchiature. A seguito di un attacco di altica (*Chaetocnema tibialis* Illiger), dopo 10 giorni dal trapianto si è provveduto a un trattamento con insetticida a base di deltametrina. La raccolta è stata eseguita manualmente a partire dal 26 luglio nel 2011 e dal 19 luglio nel 2012 e si è protratta per circa 30 giorni secondo la scalarità di maturazione dei genotipi. I risultati sono stati elaborati ricorrendo all'analisi della varianza e le medie sono state separate con il test di Tukey.



Fig. 3 *Campo sperimentale 2011. Panicoli di Amaranthus cruentus L. in fase di maturazione*

Densità di semina

La prova è stata condotta nel 2012 utilizzando uno schema sperimentale split-plot con tre ripetizioni. La parcella principale rappresentava le varietà (AMES 5148, PI511719, PI643045) mentre le sub-parcelle le diverse densità di semina (7,5, 15, 30 e 60 piante m^{-2}). Le unità sperimentali erano caratterizzate da 4 file lunghe 5 m e distanti 0,5 m.

La densità desiderata è stata ottenuta attraverso il trapianto delle piantine e la tecnica agronomica è stata la stessa di quella utilizzata per il confronto varietale (tab. 2). Durante il ciclo colturale, a intervalli regolari sono stati rilevati i seguenti dati biometrici: altezza della pianta, copertura del terreno e ramificazioni per pianta con panicoli. Questi dati sono stati rilevati come media di 5 piante - campione identificate permanentemente all'interno delle due file centrali delle parcelle.

La raccolta è stata eseguita manualmente a partire dal 19 luglio nel 2012 e si è protratta per circa 30 giorni secondo la scalarità di maturazione dei genotipi. I risultati sono stati elaborati ricorrendo all'analisi della varianza e le medie sono state separate con il test di Tukey.

RISULTATI

Confronto varietale

I decorsi stagionali particolarmente caldi e asciutti hanno messo a dura prova la rusticità di questa pianta e le sua tolleranza all'aridità. La pluviometria totale registrata durante le prove (figg. 4 e 5) è stata di 147 e 160 mm rispettivamente nel 2011 e nel 2012, ma nel secondo anno sono state osservate temperature massime quasi sempre superiori ai 30°C (massima 34,9°C) a partire dalla seconda decade di giugno fino alla fine di Agosto. Oltre alle elevate temperature, in questo periodo è stata osservata anche una marcata siccità corrispondente a soli 5 mm fino alla seconda decade di agosto. Ciò significa che subito dopo l'inizio dell'emissione del panicolo (fase di "budstage") e per tutto il suo sviluppo e fioritura, le piante hanno dovuto far fronte a uno stress idrico che volutamente non abbiamo affrontato con irrigazioni di soccorso.

Per tutti i genotipi a confronto l'emissione del panicolo ha avuto inizio in un periodo compreso tra 19 e 30 giorni dal trapianto (fig. 6) e, relativamente alle sole accessioni di *A. cruentus*, la maturità è stata raggiunta in media dopo 88 Giorni Dal Trapianto (GDT) nel 2011 e a 71 nel 2012. Questo anticipo

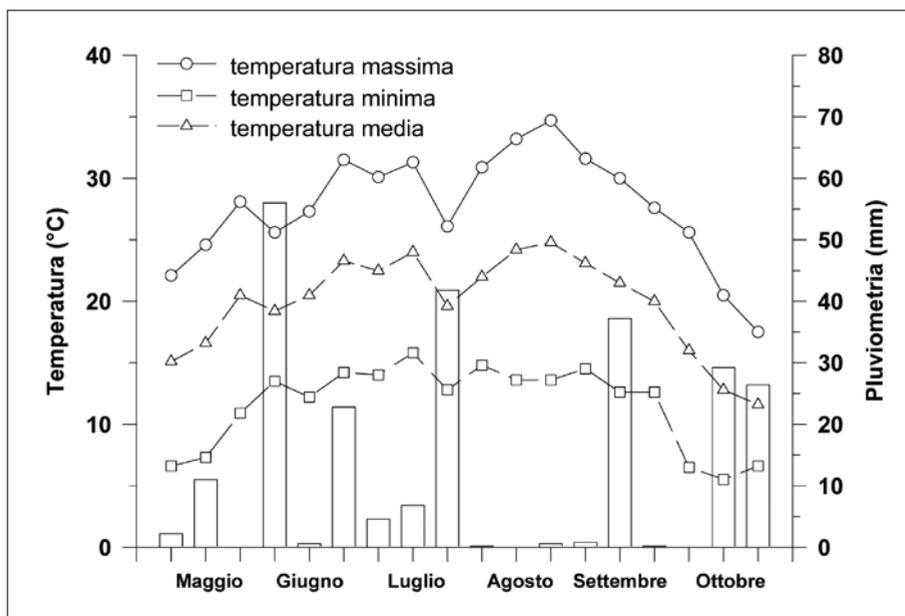


Fig. 4 Medie decadali dell'andamento termopluviometrico registrato durante la prova del 2011

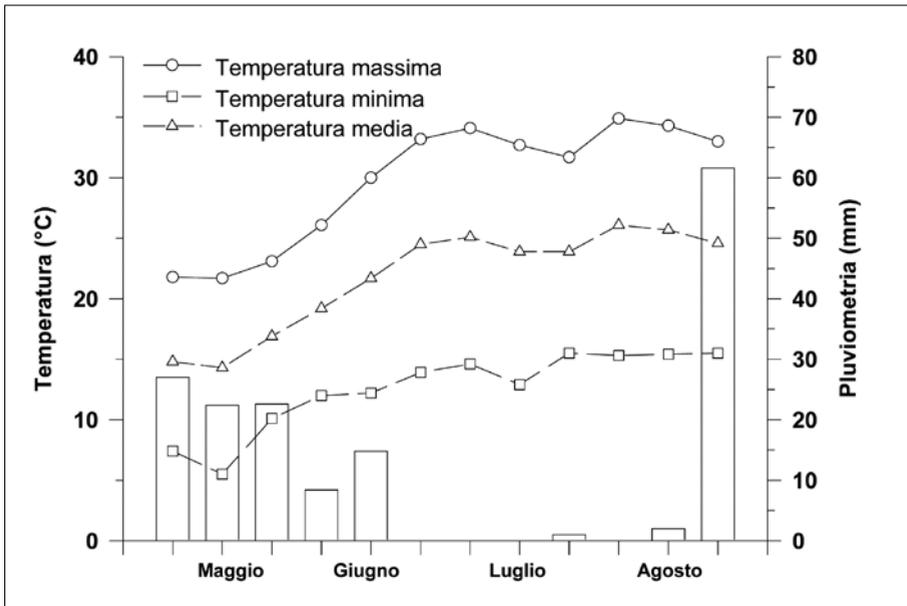


Fig. 5 Medie decadali dell'andamento termopluviometrico registrato durante la prova del 2012

di oltre due settimane è da attribuire alla marcata siccità e alle elevate temperature che hanno indotto le piante ad accorciare le fasi fenologiche. I genotipi AMES 5615 e PI 633596, appartenenti alla specie *A. hypochondriacus*, sono state le più tardive avendo raggiunto la maturazione rispettivamente dopo 109 e 119 GDT con una differenza significativa rispetto a tutti gli altri genotipi.

La produzione in seme è stata molto variabile (fig. 7) in accordo ai genotipi e all'anno di prova con le rese massime individuabili nell'ambito delle provenienze messicane e per AMES 5148 (Puerto Rico) e PI 511719 (Guatemala): 3.7 - 5.2 t ha⁻¹ nel 2011, 1.5 - 1.7 t ha⁻¹ nel 2012.

I dati riferiti al contenuto proteico e di lipidi totali dei semi (figg. 8 e 9) ha messo in evidenza differenze significative fra i genotipi. I valori più elevati sono stati registrati per AMES 5148 e PI 477913 per le proteine (16.8%) e per tutti i genotipi messicani oltre che per PI633596 (*A. hypochondriacus*) per quanto riguarda i lipidi (5.0 - 6.2%).

Il profilo degli aminoacidi riportato in tabella 3 mette in evidenza l'acido glutammico (GLU) come principale costituente delle proteine dell'amaranto con una media del 43%. Vengono altresì confermati i dati circa l'elevato contenuto in lisina (LYS) con una media del 4% ma con varietà che sfiorano il valore di 6% (AMES 2003).

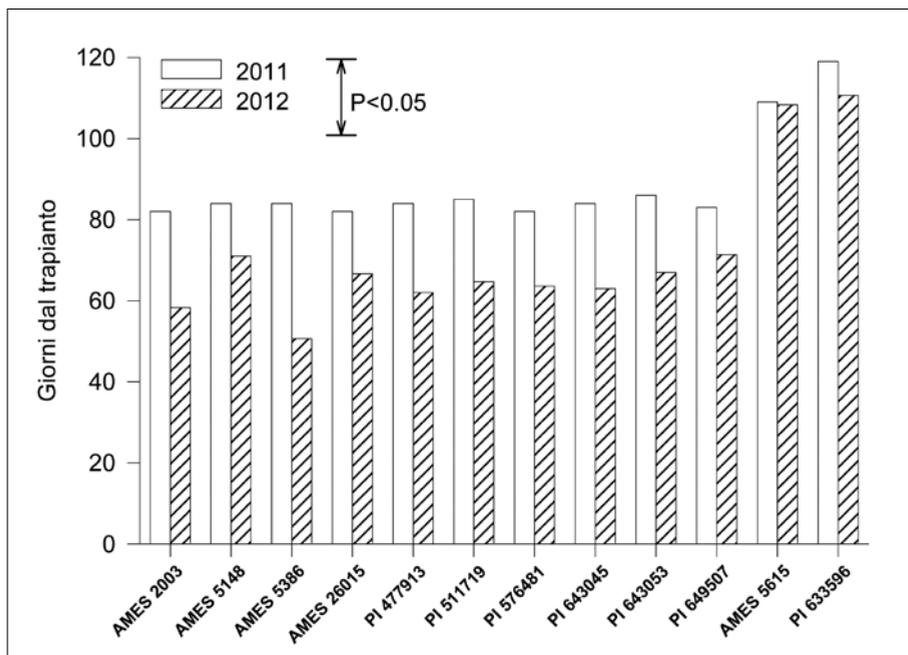


Fig. 6 Epoca di maturazione dei diversi genotipi

Nei riguardi dello squalene e degli acidi grassi (tab. 4) si può osservare l'ottimo contenuto del primo elemento di tutti i genotipi (media 6,9%) con punte particolari che raggiungono l'8% per PI 643045, PI 643053 e PI 649507. Da sottolineare anche il buon contenuto di acido oleico e linoleico con le rispettive medie di 21,3 e 39,0%. Raggruppando gli acidi grassi insaturi (AGI), monoinsaturi (AGM) e polinsaturi (AGE), si notano infine notevoli differenze tra le due specie prese in esame. Infatti, mentre per *A. cruentus* sono state osservate le medie di 63, 14 e 23% rispettivamente per AGI, AGM e AGE, per *A. hypochondriacus* i valori sono stati di 41, 16 e 43%.

La tabella 5 dimostra la ricchezza dei semi di amaranto in P (5124 mg kg⁻¹), K (4112 mg kg⁻¹), Ca (2246 mg kg⁻¹) e Mg (2161 mg kg⁻¹).

I dati relativi ai contenuti di polifenoli (fig. 10) e di flavonoidi (fig. 11), mettono in evidenza differenze sostanziali tra i diversi genotipi. Quelli caratterizzati da semi neri e una colorazione rossa delle foglie e degli steli, presentano contenuti più elevati di questi antiossidanti con una media di 2,0 mg/g di sostanza fresca per i polifenoli e di 1,1 di flavonoidi. Quest'ultimi costituiscono dal 35 al 40% dei polifenoli totali per le varietà a seme nero (AMES 2003, AMES 5386, AMES 2605, AMES 5615).

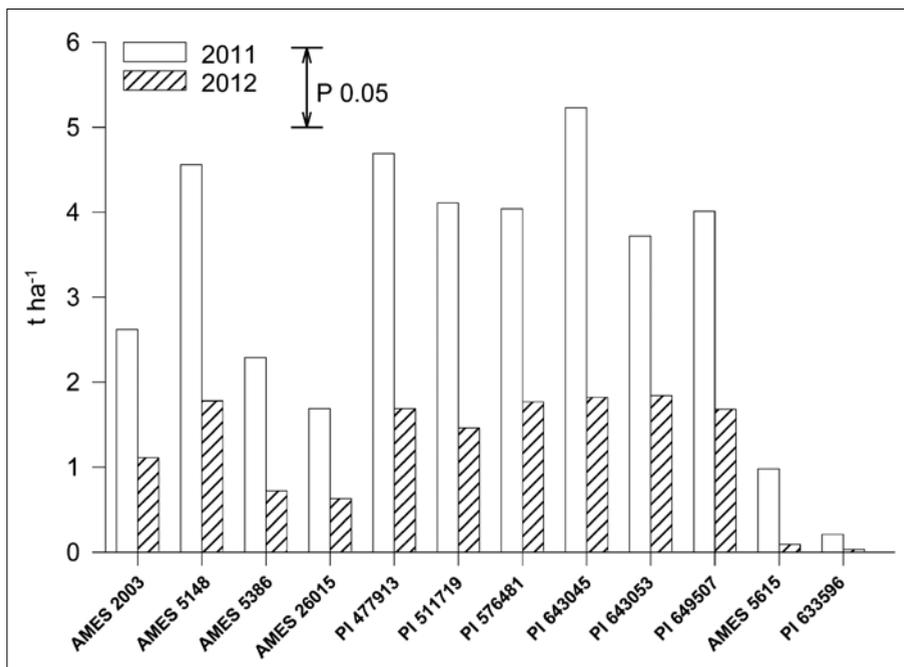


Fig. 7 Resa in granella delle varietà messe a confronto

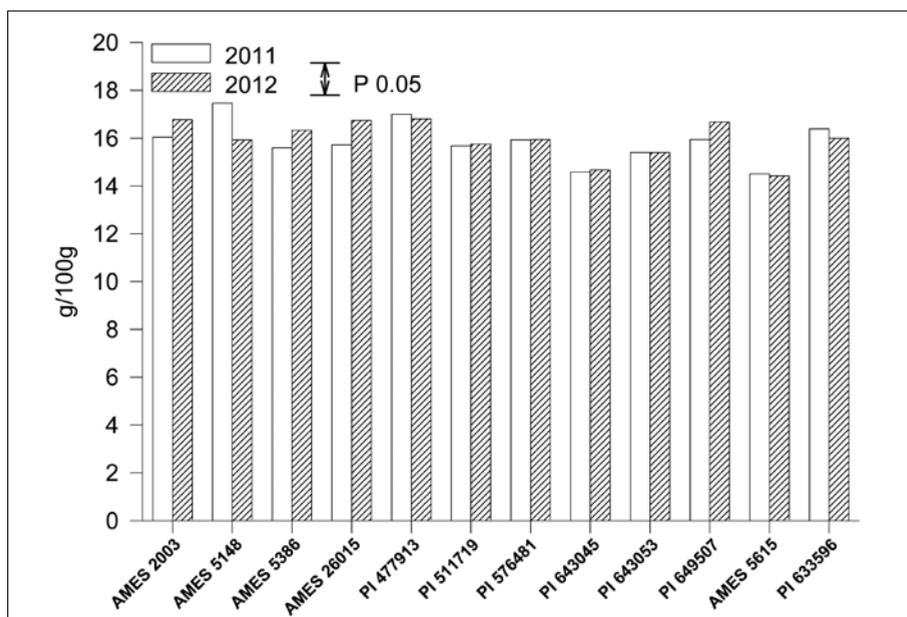


Fig. 8 Contenuto di proteine totali nei semi

VARIETÀ	ALA	GLY	VAL	LEU	ILE	THR	SER	PRO	ASN	MET	GLU	PHE	GLN	LYS	HIS	TYR	TRP
AMES 2003	4,1	3,3	3,0	2,4	2,2	0,4	0,3	2,4	10,6	3,7	40,2	1,8	5,8	5,9	1,1	3,2	9,7
AMES 5148	4,4	3,4	2,8	2,4	2,2	2,7	0,6	2,3	7,1	2,4	39,3	1,6	11,7	4,5	1,4	3,0	8,1
AMES 5386	4,4	3,2	2,4	2,0	1,9	1,9	0,5	2,4	7,5	2,3	44,1	1,5	9,1	5,1	1,8	2,6	7,2
AMES 26015	7,5	5,4	4,0	3,4	3,1	0,4	0,4	2,9	8,8	4,8	38,7	2,3	2,4	4,0	1,4	3,0	7,5
PI 477913	4,5	4,0	3,0	2,3	2,3	3,6	1,6	2,3	6,5	1,9	43,9	1,8	7,6	4,2	1,3	2,8	6,2
PI 511719	3,2	2,0	2,0	1,6	1,6	1,5	0,2	2,2	5,2	1,1	55,2	1,2	9,1	3,2	2,4	2,4	5,8
PI 576481	3,3	3,0	2,8	2,2	2,2	6,4	0,9	2,5	7,5	1,5	40,3	1,9	10,6	4,0	1,8	2,9	6,2
PI 643045	3,1	1,9	2,3	1,8	1,8	1,5	0,3	2,3	4,8	1,3	49,0	1,3	14,0	3,6	2,0	2,4	6,7
PI 643053	4,1	3,9	3,2	2,5	2,5	0,3	0,2	2,5	7,5	2,0	40,7	2,0	11,8	4,8	2,0	3,0	7,0
PI 649507	3,7	2,3	2,1	1,6	1,4	0,2	0,1	2,5	6,1	0,8	42,4	1,0	24,0	3,7	1,5	2,0	4,5
AMES 5615	3,8	3,3	2,6	2,1	2,1	0,3	0,2	2,6	7,3	1,5	42,8	1,7	13,0	4,3	4,0	2,5	6,1
PI 633596	4,0	4,0	3,3	2,5	2,4	0,3	0,2	2,7	8,5	2,3	35,1	2,4	16,6	3,7	2,6	2,8	6,5
media	4,2	3,3	2,8	2,2	2,2	1,6	0,5	2,5	7,3	2,1	42,6	1,7	11,3	4,2	1,9	2,7	6,8
s.d.	1,1	0,9	0,5	0,5	0,4	1,8	0,4	0,2	1,5	1,1	5,0	0,4	5,3	0,7	0,7	0,3	1,2

Tab. 3 Profilo degli aminoacidi (% sulle proteine)

VARIETÀ	SQUALENE	CI4:0	CI6:0	CI6:1	CI8:0	CI8:1	CI8:2	CI20:0	CI18:3	C22:0
AMES 2003	5,5	0,3	10,9	1,2	4,1	19,1	37,3	0,7	1,2	0,3
AMES 5148	7,8	0,3	12,2	1,1	3,0	24,4	35,8	0,6	1,2	0,3
AMES 5386	6,5	0,3	12,4	1,2	4,3	22,5	40,3	0,7	1,2	0,4
AMES 26015	5,9	0,3	12,1	1,3	4,6	21,1	40,8	0,7	1,2	0,4
PI 477913	7,0	0,3	12,3	1,1	3,1	23,8	37,1	0,6	1,2	0,3
PI 511719	6,1	0,2	9,7	1,0	2,9	14,1	46,5	0,6	1,1	0,3
PI 576481	6,9	0,3	9,6	0,9	2,5	20,4	32,2	0,5	1,1w	0,3
PI 643045	7,9	0,3	12,5	1,1	3,3	25,9	32,7	0,6	1,2	0,3
PI 643053	8,2	0,3	11,7	1,1	2,9	24,1	33,1	0,6	1,2	0,3
PI 649507	8,0	0,3	12,4	1,1	3,1	24,5	34,2	0,6	1,3	0,3
AMES 5615	6,4	0,3	11,2	1,1	3,5	18,0	48,4	0,6	1,3	0,3
PI 633596	6,7	0,3	11,5	1,2	3,0	17,4	49,5	0,6	1,4	0,3
MEDIA	6,9	0,3	11,5	1,1	3,4	21,3	39,0	0,6	1,2	0,3
s.d.	0,9	0,0	1,0	0,1	0,7	3,6	6,2	0,1	0,1	0,0

Tab. 4 Profilo degli acidi grassi (% su olio)

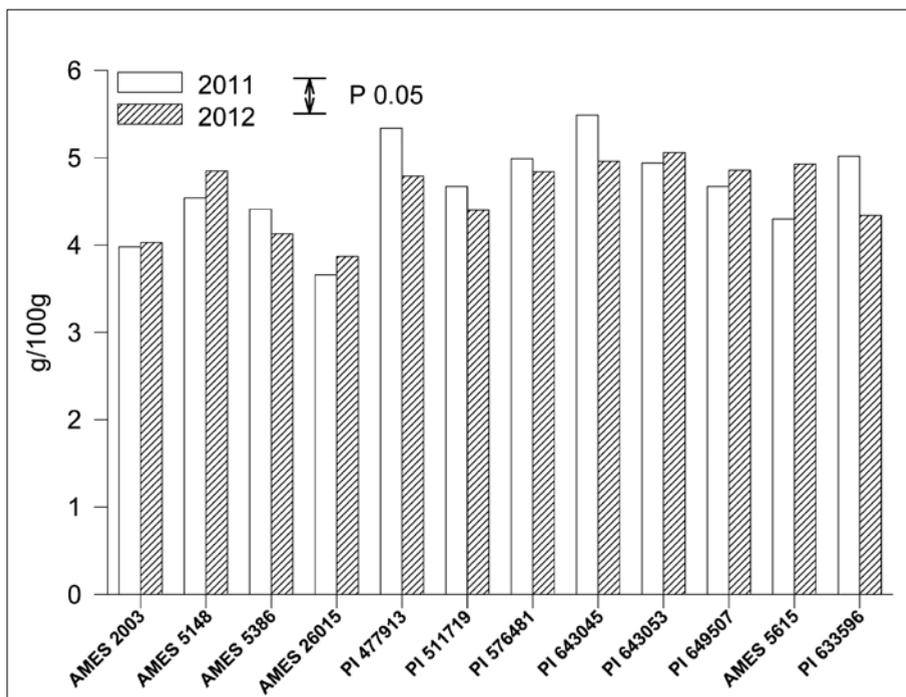


Fig. 9 *Contenuto di lipidi nei semi*

VARIETÀ	CA	CU	FE	K	MG	NA	P	SE
AMES 2003	2053	2,28	146,20	4442	2130	4,58	5098	0,0020
AMES 5148	1885	3,16	125,90	4117	2592	4,86	5378	0,0019
AMES 5386	2975	2,09	109,13	4162	2955	5,31	5214	0,0013
AMES 26015	2724	1,01	111,40	3854	2797	4,79	5380	0,0011
PI 477913	1574	2,89	75,19	3801	1588	4,42	5753	0,0012
PI 511719	2648	2,65	50,50	4351	2070	4,52	4983	0,0013
PI 576481	2438	5,26	85,11	3661	1908	5,98	5272	0,0015
PI 643045	2554	3,27	184,73	4761	2045	6,21	4823	0,0010
PI 643053	2180	3,36	133,23	3889	1747	4,90	4858	0,0014
PI 649507	1679	2,82	104,93	3565	2053	4,72	4975	0,0014
AMES 5615	2649	2,65	50,54	4348	2062	4,52	4978	0,0013
PI 633596	1594	3,64	76,76	4393	2003	5,51	4771	0,0044
MEDIA	2246	2,92	104,47	4112	2162	5,03	5124	0,0016
s.d.	485	1,01	39,73	362	410	0,60	287	0,0009

Tab. 5 *Contenuto in elementi minerali della farina*

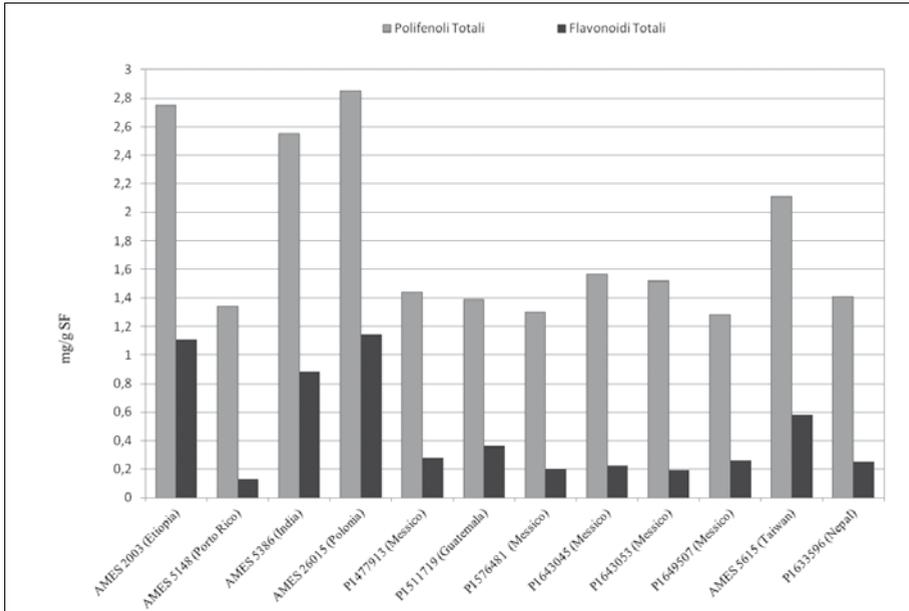


Fig. 10 *Contenuto di polifenoli e flavonoidi dei semi*

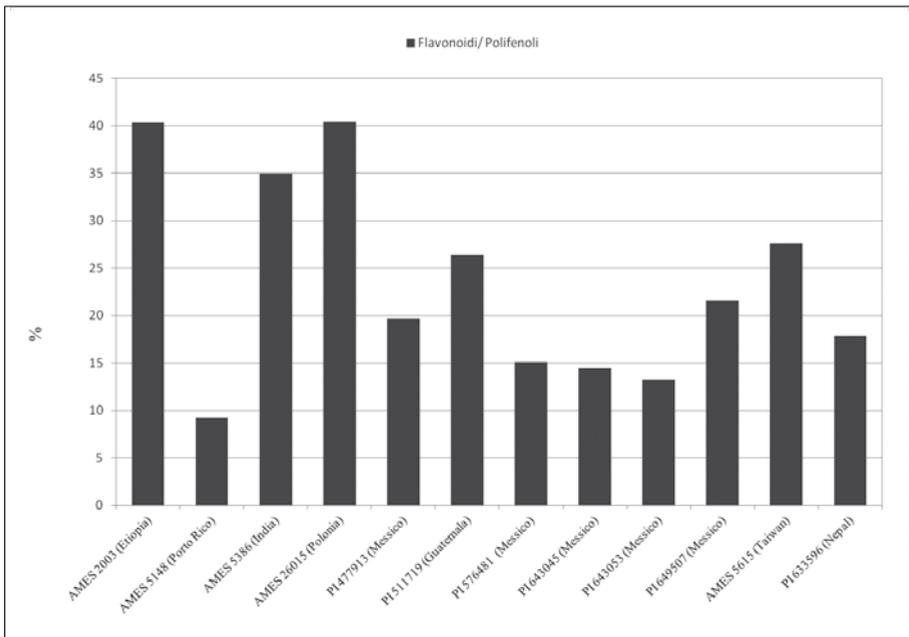


Fig. 11 *Rapporto polifenoli / flavonoidi dei semi*



Fig. 12 *Panoramiche delle parcelle dopo pochi giorni dal trapianto*



Fig. 13 *Parcelle in fase di fioritura*

Densità di semina

L'andamento dell'altezza delle piante riportato in figura 14, mette in evidenza come, per le varietà AMES 5148 e PI 511719, alla densità massima di 60 piante m^{-2} , si registri una significativa riduzione dell'accrescimento che per la

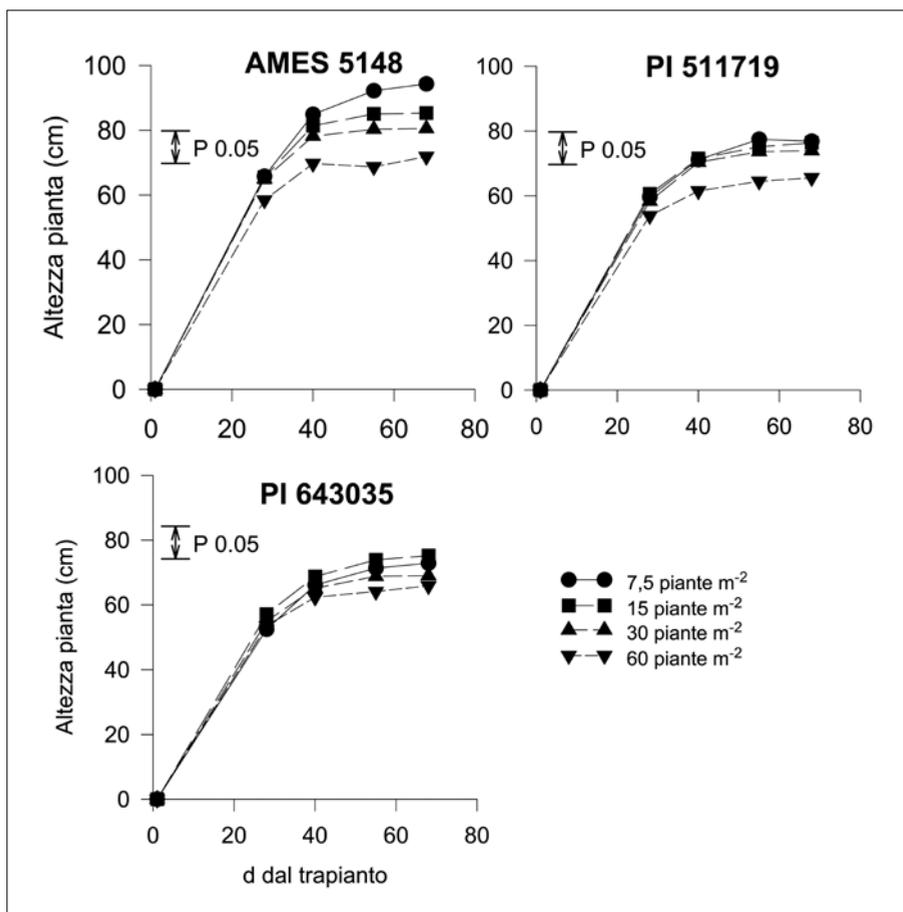


Fig. 14 *Andamento dell'altezza delle piante in relazione alle densità di semina*

prima varietà raggiunge i 50 cm in corrispondenza della densità minore. La PI 643035 sembra invece più adattabile alle elevate densità (forte competizione interspecifica) con variazioni non significative dell'altezza.

Andamenti differenti per le varietà sono stati registrati nei confronti della copertura del terreno (fig. 15). Quest'ultima, soprattutto nella fasi iniziali della coltivazione, tende a essere migliore fino a circa 40 GDT. Per i genotipi AMES 5148 e PI 643035, in coincidenza di questa fase si riscontra una forte diminuzione della copertura (10-20%) dovuta al prolungarsi della siccità. PI 511719 sembrerebbe più tollerante non avendo fatto riscontrare diminuzioni significative di questo parametro.

La figura 16 mette chiaramente in evidenza come l'incremento della densità comporti una forte riduzione dell'emissione delle ramificazioni con panicoli.

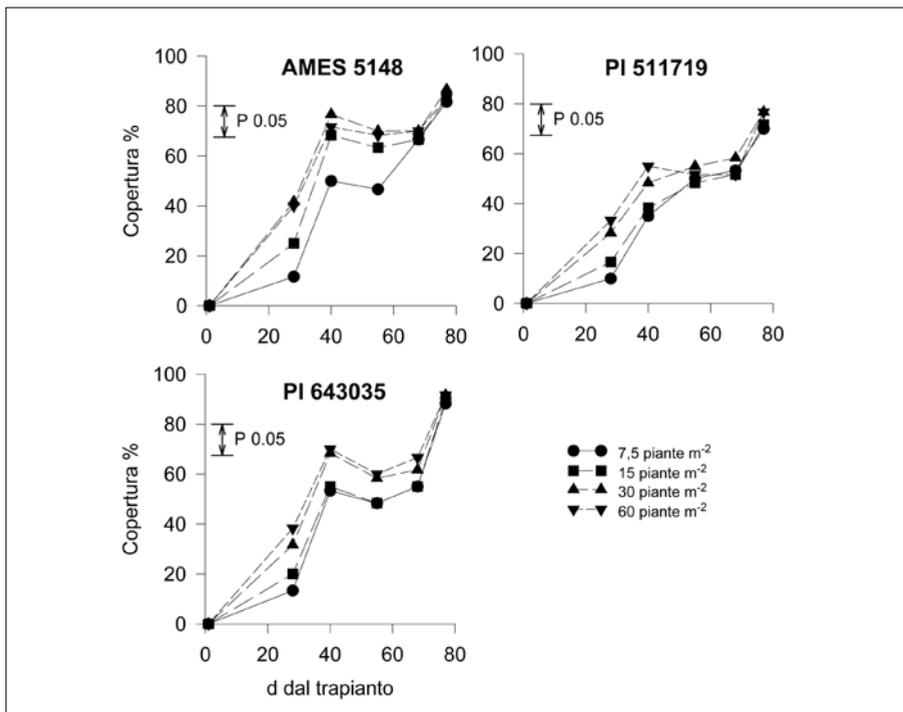


Fig. 15 Andamento della copertura del terreno delle piante in relazione alle densità di semina

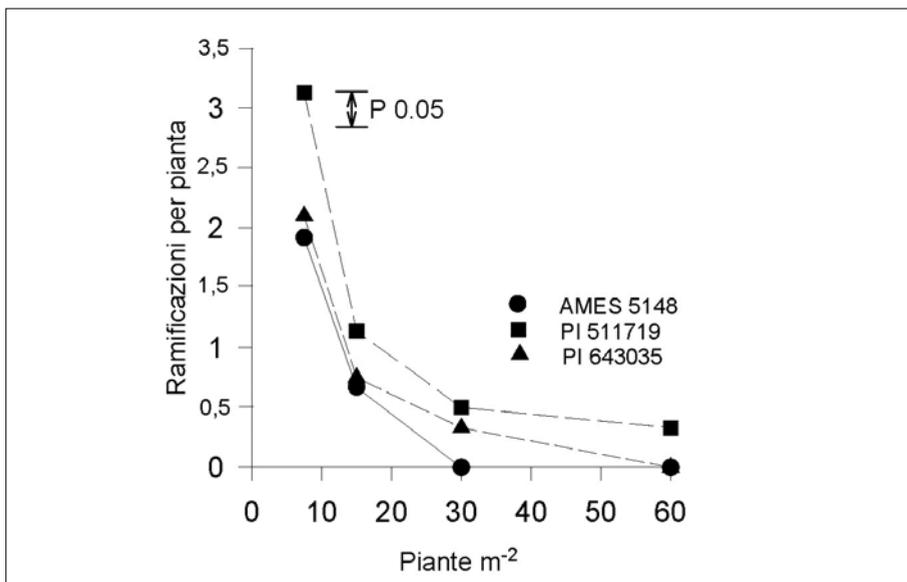


Fig. 16 Ramificazioni con panicoli per pianta

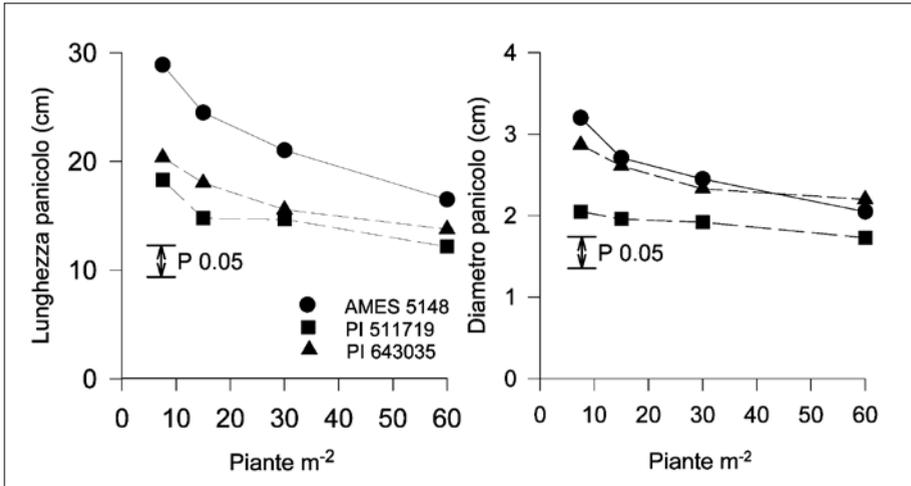


Fig. 17 Andamento della lunghezza del panicolo principale in relazione alle densità di semina

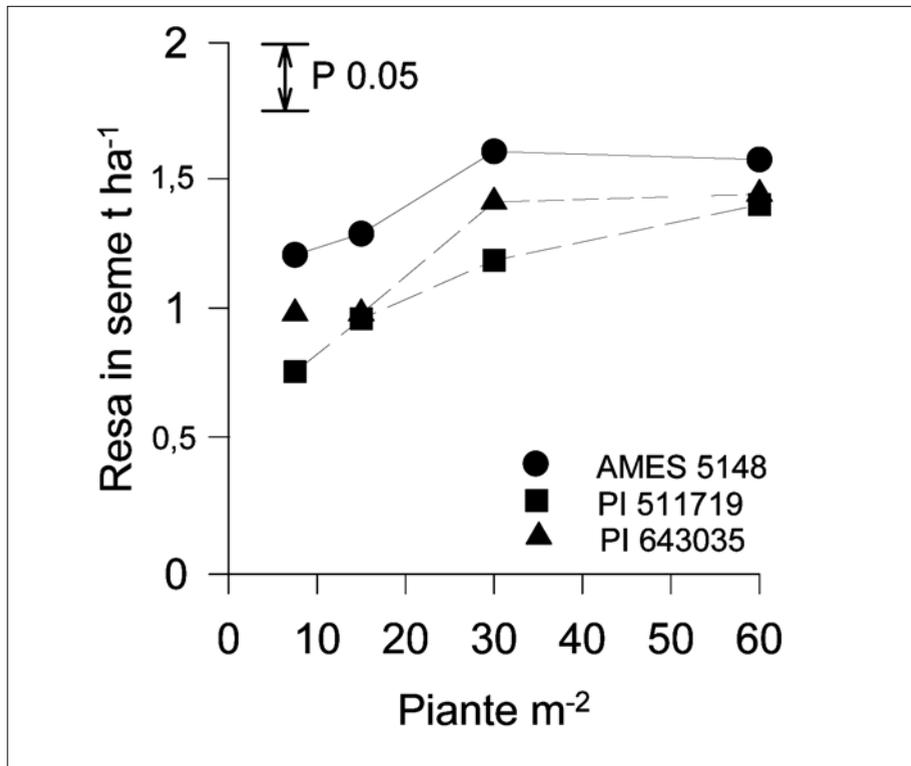


Fig. 18 Andamento della lunghezza del panicolo principale in relazione alle densità di semina

Già da 7,5 a 15 piante per m², le ramificazioni si riducono in media del 50% per poi ridursi quasi a 0 a partire da 30 piante m². In corrispondenza di questa densità, la AMES 5148 reagisce mantenendo soltanto il panicolo principale.

A causa dell'elevata competizione interspecifica, sia il diametro che la lunghezza del panicolo tendono a diminuire con l'incremento della densità (fig. 17).

Nei confronti della resa in seme (fig. 18) è stato osservato un significativo incremento della produzione in seme fino a 30 piante m²: 50% passando da 7,5 piante m² a 30.

CONCLUSIONI

I risultati di queste prime prove di coltivazione in Italia Centrale confermano quanto emerso in sperimentazioni condotte in Meridione (Alba et al., 1997; Lovelli et al., 2005; Rivelli et al., 2008) sulla migliore adattabilità di *A. cruentus* ai nostri ambienti ai fini della produzione di seme. In particolare, nell'ambito delle provenienze delle accessioni messe in prova, quelle provenienti dal Messico sembrano più adattabili. Seppure nei limiti delle prove parcellari infatti, quest'ultime si sono espresse con rese molto elevate superando anche le 5 t ha⁻¹ e con buoni contenuti sia di proteine che di lipidi soprattutto nella prova del 2011.

L'amaranto dunque, si conferma come una potenziale specie a ciclo primaverile-estivo per i nostri ambienti soprattutto là dove, in questo periodo, si temono fenomeni di siccità per altre colture. Tuttavia sussistono ancora aspetti da affrontare sia di ordine agronomico che di mercato.

Certamente la tecnica agronomica deve essere messa a punto soprattutto nei riguardi dell'epoca e della densità di semina. Particolarmente per il secondo aspetto, per cercare di limitare l'eccessiva ramificazione delle piante e per favorire l'emissione e il migliore sviluppo del panicolo principale, quello cioè, che contribuisce in larga misura alla produzione di seme nella maggior parte delle varietà. La giusta densità è utile anche per cercare di limitare la competizione delle infestanti, visto che l'amaranto, specialmente nelle prime fasi di sviluppo, soffre della presenza delle avventizie a causa del suo lento accrescimento e conseguente scarsa copertura iniziale del terreno. Altro aspetto da mettere a punto è quello della raccolta, legato soprattutto alla dispersione del seme. Per alcune varietà, la perdita di seme alla raccolta meccanica può raggiungere anche il 50% della piena potenzialità produttiva. Anche la regolazione delle macchine deve ricevere un'attenzione particolare in considerazione delle piccole dimensioni del seme che rischia di essere danneggiato (Tucker, 1986).



Fig. 19 *Panoramica delle parcelle all'inizio dell'emissione del panicolo*



Fig. 20 *Panoramica delle parcelle in fase di fioritura*

Il mercato italiano di specie assimilabili all'amaranto è praticamente inesistente e quindi risulta molto difficile trarre conclusioni circa l'economicità della coltura. Ma i mercati, volendo, si possono creare. Certamente questa pianta non è destinata a sostituire nessuno dei grandi cereali, ma in conside-

razione delle sue molteplici utilizzazioni, fette di mercato si potrebbero anche articolare dove la richiesta sia di semi che di olio, è attualmente soddisfatta esclusivamente dall'importazione. La qualità del prodotto di base (seme) e di quello derivato (per esempio l'olio), insieme a quella dell'origine nazionale, potrebbe costituire una "chiave" di ingresso in mercati al momento dominati dall'importazione.

In sintesi, stante la concreta possibilità di coltivazione di questa specie nei nostri ambienti, il mercato dovrebbe essere creato in accordo alle industrie (alimentari e non) disposte a inserire l'amaranto e i suoi prodotti nelle loro filiere, altrimenti la diffusione in Italia di questo pseudocereale e delle colture simili, risulterà molto difficile.

RIASSUNTO

L'Amaranto (*Amaranthus* spp.) è uno pseudocereale annuale originario del Messico e dell'America Centrale. Domesticato fin dall'epoca pre-Inca, l'amaranto è diventato uno degli alimenti base delle popolazioni locali grazie alle sue qualità nutritive ed alla rusticità. Un rinnovato interesse alla sua coltivazione, è stato registrato a partire dagli anni Settanta del secolo scorso in America del Sud ma anche negli Stati Uniti ed in Europa dove la specie viene studiata per la produzione di seme anche per la trasformazione industriale. Questa prova fa parte di un progetto più ampio che prevede la valutazione della coltivazione dell'amaranto in Italia Centrale e la messa a punto della tecnica agronomica. Complessivamente sono stati valutati dodici genotipi di *Amaranthus cruentus* L. e di *A. hypochondriacus* L.. Le prove in campo sono state effettuate in provincia di Arezzo (43° 18' nord; 11° 47' est) negli anni 2011 e 2012. La sensibilità al fotoperiodo non ha consentito la produzione di seme di tutti i genotipi di *A. hypochondriacus* che potrebbero invece essere utilizzati per la produzione di biomassa. Tutte le accessioni di *A. cruentus* hanno raggiunto la piena maturità con soddisfacenti produzioni di seme nonostante la marcata siccità riscontrata in entrambi gli anni di prova.

ABSTRACT

Amaranth (*Amaranthus* spp.) is an annual pseudocereal that originates from Mexico and Central America. It became a domesticated plant in the Pre-Inca period, and has always been one of the basic foods of the local populations thanks to its nutritional qualities and rusticity. Renewed interest for growing this plant was shown in Southern America in the Seventies and now also in the United States and in Europe, where it is being studied both for grain production and for use in industrial production. This experiment is part of a project with the following objectives: 1. Evaluation of the possibility of the adaptation of accessions of different origins to Central Italy environment; 2. Setting up of the agronomic technique. Twelve genotypes of amaranth (*Amaranthus*

cruentus L. and *A. hypochondriacus* L.) were evaluated as spring sowing in 2011 and 2012. The field experiment was carried out in Central Italy (43° 18' north; 11° 47' est). Their sensitivity to the photoperiod makes the *A. hypochondriacus* genotypes unsuitable for the introduction into Central Italy. As these genotypes are unable to complete their cycle of development, they therefore cannot be considered for seed production, though they could be excellent producers of biomass. All the *A. cruentus* accessions reached physiological maturity that produces seeds in spite of the drought that characterized both years of experiment.

BIBLIOGRAFIA

- ADOM K.K., SORRELLS M.E., LIU R.H. (2003): *Phytochemical profiles and antioxidant activity of wheat varieties*, «J. Agric. Food Chem.», 51, pp. 7825-7834.
- AKANKSHA SRIVASTAVA, DHAN PRAKASH, TEWARI S.K. (2002): *Evaluation of nutraceutical composition of vegetable and grain Amaranthus species*, «Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences», 24, 4, pp. 1050-1055. 20 ref.
- ALBA E., POLIGNANO G. B., NOTARNICOLA L. (1997): *Yield stability in a set of Amaranthus entries in Southern Italy*, «Ital. J. Agron.», 1, pp. 65-71.
- BALLABIO C., UBERTI F., DI LORENZO C., BRANDOLINI A., PENAS E., RESTANI P. (2011): *Biochemical and immunochemical characterization of different varieties of Amaranth (Amaranthus L. spp.) as a safe ingredient for gluten-free products*, «J. Agric. Food Chem.», 59 (24), pp. 12969-74.
- CARLSSON R. (1980): *Quantity and quality of Amaranthus grain from plants in temperate, cold and hot, and subtropical climates-A review*, in *Proceedings of the Second Amaranth Conference*, p. 48, Rodale Press, Emmaus, PA.
- CASINI P. (2002): *Possibilità di introdurre la quinoa negli ambienti mediterranei*, «L'Informatore Agrario», LVIII (27), pp. 29-32.
- DINELLI G., SEGURA-CARRETERO A., DI SILVESTRO R., MAROTTI I., ARRÁEZ-ROMÁN D., BENEDETTELLI S., GHISELLI L., FERNANDEZ-GUTIERREZ A. (2011): *Profiles of phenolic compounds in modern and old common wheat varieties determined by liquid chromatography coupled with time-of-flight mass spectrometry*, «Journal of Chromatography», 1218, pp. 7670-7681.
- DOWNTON W. J.S. (1973): *Amaranthus edulis. A high lysine grain amaranth*, *World Crops* 25, 20.
- ESCUADERO N.L., ARELLANO M.L., DE LUCO J.M., GIMENEZ M.S., MUCCIARELLI S.I. (2004): *Comparison of the chemical composition and nutritional value of Amaranthus cruentus flour and its protein concentrate*, «Plant Foods for Human Nutrition», 59, 1, pp. 15-21. 41 ref.
- FASUYI A.O. (2007): *Amaranthus cruentus leaf meal as a protein supplement in broiler finisher diets*, «African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development», 7, 6, unpaginated. 29 ref.
- GÉLINAS B., SEGUIN P. (2008): *Evaluation of management practices for grain Amaranth production in Eastern Canada*, «Agronomy Journal», 100 (2), pp. 344-350.
- GIMPLINGER D.M., DOBOS G., SCHONLECHNER R., KAUL H.P. (2007): *Yield and quality of grain amaranth (Amaranthus sp.) in Eastern Austria*, «Plant Soil Environ.», 53 (3), pp. 105-112.

- GONOR K.V., POGOZHEVA A.V., KULAKOVA S.N., MEDVEDEV F.A., MIROSHNICHENKO L.A. (2006): *The influence of diet with including amaranth oil on lipid metabolism in patients with ischemic heart disease and hyperlipoproteidemia*, «Vopr. Pitan.», 75 (3), pp. 17-21.
- GRANADOS S.D., LÒPEZ R.G.F. (1990): *Chinampas: historia y etnobotanica de la "alegría"* (*Amaranthus hypocondriacus* L.), En: *El amaranto Amaranthus spp. Su cultivo e aprovechamiento*. Montecillo, Mexico.
- HACKAM D., MYERS R. (2003): *Market opportunities for grain amaranth and buckwheat growers in Missouri*, Report to the Federal-State Marketing Improvement Program, Washington, DC.
- KHANDAKER L., ALI M.B., OBA S. (2008): *Total polyphenol and antioxidant activity of red amaranth as affected by different sunlight level*, «Journal of the Japanese Society for Horticultural Science», 77, 4, pp. 395-401. 34 ref.
- LOVELLI S., PIZZA S., CAPOLNIO T., GHERBIN P., PERNIOLA M. (2005): *Analisi di crescita e valutazione agronomica di alcune specie erbacee a basso tenore di glutine*, in Proceedings of 34th Congresso of the Italian Society of Agronomy, 20-22 September, Foggia, Italy, pp. 298-299.
- MANZELLI M. (2012): *Amaranto*, in *Produzioni erbacee in ambienti tropicali e subtropicali*, Pàtron Editore, Bologna.
- PETR J., MICHALIK I., TLASKALOVA H., CAPOUCHOVA I., FAMERA O., URMISKA D., TUKOVA L., KNOBLOCHOVA H. (2003): *Extension of the spectra of plant products for the diet in celiac disease*, «Czech J. Food Sci.», 21, pp. 59-70.
- POLA LÒPEZ R., SPETTER J., LORENZ K. (2007): *El resurgimiento de un cultivo ancestral: amaranto*, «LEISA Revista de Agroetologia», Diciembre 2007, pp. 19-22.
- RIVELLI A.R., GHERBIN P., DE MARIA S., PIZZA S. (2008): *Field evaluation of Amaranthus Species for Seed and Biomass Yields in Southern Italy*, «Ital. J. Agron. / Riv. Agron.», 3, pp. 225-229.
- SAUER J.D. (1950): *The grain amaranths: A survey of their history and classification*, «Ann. Mo. Bot. Gard.», 37, pp. 561-632.
- SAUNDERS R.M., BECKER R. (1984): *Amaranthus: A potential food and feed resource*, in *Advances in cereal science and technology*, volume VI, American Association of Cereal Chemists, INC MN., pp. 357-397.
- SHIN D.H., HEO H.J., LEE Y.J., KIM H.K. (2004): *Amaranth squalene reduces serum and liver lipid levels in rats fed cholesterol diet*, «Br. J. Biomed. Sci.», 61 (1), pp. 11-14.
- SINGLETON V.L., ORTHOFER R., LAMUELA-RAVENTOS R.M. (1999): *Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent*, «Meth. Enzym.», 299, pp. 152-178.
- STEFFENSEN S.K., RINNAN A., MORTENSEN A.G., LAURSEN B., TROIANI R.M., DE NOELLEMEYER E.J., JANOVSKA D., DUSEK K., DELANO-FRIER J., TABERNER A., CHRISTOPHERSEN C., FOMSGAARD I.S. (2011): *Variations in the polyphenol content of seeds of field grown Amaranthus genotypes*, «Food Chemistry», 129, 1, pp. 131-138. 31 ref.
- TALLARICO R., GHISELLI L., ROMAGNOLI S., BENEDETTI S. (2008): *Grano saraceno coltura dai molti usi*, «L'Informatore Agrario», 35, pp. 45-46.
- TEUTONICO R.A., DIETRICH K. (1985): *Amaranth: Composition, Properties, and Application of a Rediscovered Food Crop*, in *Ecological Agriculture Projects*.
- TOADER M., ROMAN G.V. (2009): *Experimental results regarding morphological, biological and yield quality of Amaranthus hypocondriacus species under the central part of Romanian Plain conditions*, «Research Journal of Agricultural Science», 41, 1, pp. 54-57. 6 ref.

- TOMITA Y., SUGIMOTO Y., SAKOMOTO S. AND FUWA H. (1981): *Some properties of starches of grain amaranths and several millets*, «J. Nutr. Sci. Vitaminol.», 27, 471.
- TUCKER J.B. (1986): *Amaranth: the once and future crop*, «BioScience», vol. 36 (1), pp. 9-13.
- TURCHI F. (1987): *L'amaranto: una coltura poco nota ricca di interessanti prospettive*, «Rivista di Agricoltura Subtropicale e Tropicale», 57 (1-2), pp. 89-116.