



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

FLORE

Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

Adattamento all'aridità delle varietà di frumento duro.

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

Original Citation:

Adattamento all'aridità delle varietà di frumento duro / G. VENORA; O. GRILLO; C. RAVALLI; E. PALCHETTI.
- In: L'INFORMATORE AGRARIO. - ISSN 0020-0689. - STAMPA. - INFORMATORE AGRARIO: SUPPLEMENTO
SICILIA INNOVAZIONE AGROALIMENTARE:(2006), pp. 27-30.

Availability:

This version is available at: 2158/595381 since:

Terms of use:

Open Access

La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (<https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf>)

Publisher copyright claim:

(Article begins on next page)

• ANALISI AL MICROSCOPIO DI ALCUNI CARATTERI MICROMORFOLOGICI

Adattamento all'aridità delle varietà di frumento duro

Lo studio delle modificazioni del culmo e delle foglie di 5 varietà italiane, coltivate in tre ambienti climatici diversi, mostra la loro differente reazione alla siccità, consentendo di individuare le varietà più adatte a condizioni di stress idrico

di G. Venora, O. Grillo,
C. Ravalli, E. Palchetti

Uno dei principali obiettivi dei ricercatori nel frumento, specie che copre il 13,87% della superficie arabile mondiale (Fao, 2004), è la selezione di nuovi genotipi più arido-tolleranti. Infatti, poiché una parte consistente della superficie coltivata mondiale è soggetta all'aridità, l'uso di varietà arido-tolleranti può contribuire al contenimento delle perdite di resa. Nel bacino del Mediterraneo ciò è di particolare interesse a causa delle scarse e irregolari distribuzioni della piovosità, da cui dipende circa il 75% della variabilità nella resa del frumento.

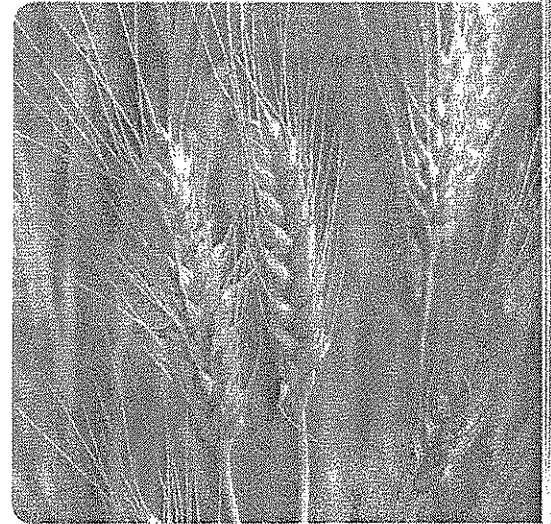
Nell'ultimo secolo la resa in granella del frumento è stata incrementata di circa il 150% come effetto di una migliore gestione agronomica e per l'uso di varietà con una più elevata resa potenziale.

I principali cambiamenti fisiologici, associati a questo incremento di resa, sono relativi a:

- un maggior livello di saturazione della luce per la fotosintesi;
- una minore sensibilità al fotoperiodo;
- una più lunga durata della fotosintesi;
- una riduzione dell'altezza della pianta;
- un maggiore indice di raccolta, con una migliore ripartizione della biomassa tra granella e vegetazione.

È noto che l'apparato stomatico è responsabile degli scambi gassosi nelle piante superiori; un'approfondita conoscenza delle sue caratteristiche può contribuire alla comprensione dei meccanismi che permettono alle piante di frumento di superare lunghi e/o severi stress d'aridità.

Nelle piante superiori il flusso dell'acqua è però consentito, con poche eccezioni, dal sistema vascolare. Gli organi agronomicamente importanti, come le cariossidi dei cereali, sono infatti con-



Spighe di grano duro in maturazione

nessi ai principali organi fotosintetici dal sistema vascolare (tessuto conduttore). Questo carattere non può essere tralasciato nello studio dell'adattabilità all'aridità perché né una sufficiente fonte né un elevato contenitore possono garantire da soli un cospicuo accumulo di assimilati negli organi di riserva.

Poiché sono pochi i dati disponibili in letteratura circa i cambiamenti delle strutture anatomiche durante lo stress idrico, in varietà di frumento duro con rese differenti, il presente lavoro studia le modificazioni micromorfologiche del

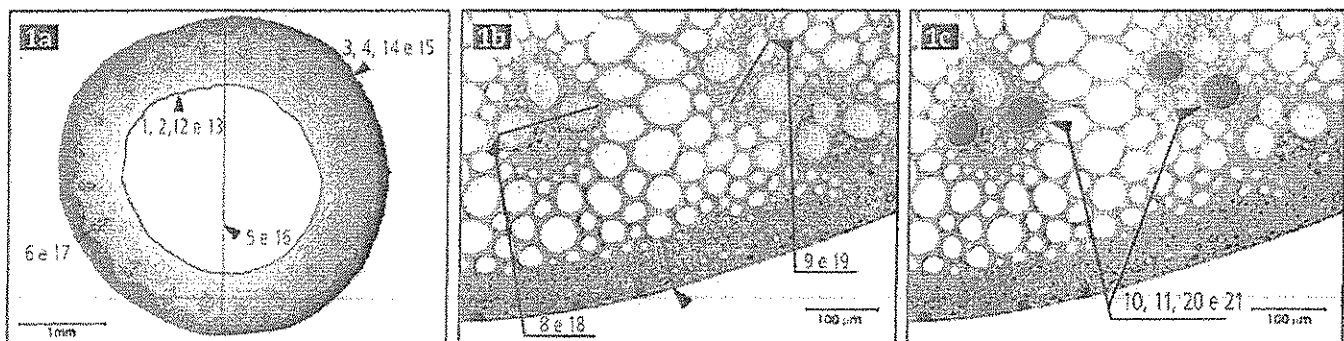


FIGURA 1 - Strutture micromorfologiche del culmo della pianta di frumento

La figura riporta i caratteri più importanti in relazione all'arido-tolleranza. In ciascuna immagine i numeri delle frecce si riferiscono ai caratteri come riportati in tabella 1; la barra di scala è mostrata in ciascuna immagine. Si può notare la sezione trasversale dell'ultimo internodo (1a) che è simile nell'aspetto al primo internodo. Le misure sono marcate in rosso. I fasci e i vasi metaxilematici sono visibili in 1b e 1c.

culmo e delle foglie indotte da differenti condizioni climatiche in un tipico ambiente mediterraneo.

La sperimentazione nel dettaglio

Cinque varietà italiane di frumento duro (Duilio, Simeto, Trinakria, Valnova e Vespri) sono state coltivate in tre ambienti siciliani scelti per le diverse caratteristiche di piovosità: favorevole alla coltivazione (Mineo-Catania), moderatamente stressante (Caltagirone-Catania) e molto stressante secco (Gela-Caltanissetta). Alla fase di fioritura sono stati campionati i culmi.

TABELLA 1 - Caratteri misurati del codice numerico e unità di misura.

| Codice parametro | Parte di pianta | Unità |
|--|---|--------------------|
| Culmo, primo internodo (ultimo internodo) | | |
| 1 (12) | Area della cavità del culmo | mm ² |
| 2 (13) | Perimetro della cavità del culmo | mm |
| 3 (14) | Area culmo | mm ² |
| 4 (15) | Perimetro culmo | mm |
| 5 (16) | Diametro culmo | mm |
| 6 (17) | Fasci per culmo | n. |
| 7 | Spessore sclerenchima corticale | µm |
| 8 (18) | Amplezza fasci | µm |
| 9 (19) | Altezza fasci | µm |
| 10 (20) | Area vasi metaxilematici | µm ² |
| 11 (21) | Perimetro vasi metaxilematici | µm |
| Foglia a bandiera | | |
| 22 | Fasci-venature per foglia | n. |
| 23 | Amplezza foglia | mm |
| 24 | Spessore nervatura centrale | µm |
| 25 | Spessore lamina fogliare | µm |
| 26 | Area vasi metaxilematici | µm ² |
| 27 | Perimetro vasi metaxilematici | µm |
| 28-40 | Lunghezza foglia a bandiera | mm |
| 29-41 | Amplezza foglia a bandiera | mm |
| 30-42 | Area foglia a bandiera | mm ² |
| 31-(43) | Densità degli stomi nella pagina superiore (inferiore) | n./mm ² |
| 32-(44) | Lunghezza degli stomi nella pagina superiore (inferiore) | µm |
| 33-(45) | Amplezza degli stomi nella pagina superiore (inferiore) | µm |
| 34-(46) | Area degli stomi nella pagina superiore (inferiore) | µm ² |
| 35-(47) | Perimetro degli stomi nella pagina superiore (inferiore) | µm |
| 36-(48) | File di stomi nella pagina superiore (inferiore) | n. |
| 37-(49) | Densità di file di stomi nella pagina superiore (inferiore) | n./mm |
| 38-(50) | Superficie traspirante nella pagina superiore (inferiore) | mm ² |
| 39-(51) | Percentuale di superficie traspirante (inferiore) | % |

Su campioni della zona intermedia del primo e ultimo internodo (peduncolo) e della foglia a bandiera sono stati successivamente analizzati al microscopio 51 parametri anatomici e micromorfologici (tabella 1) per indagare il loro grado di coinvolgimento nell'adattamento all'aridità. Cinque caratteri agronomici sono stati registrati alla raccolta (resa/altezza pianta, numero spighe/m², peso ettolitrico e peso 1.000 semi). I dati ottenuti sono poi stati sottoposti ad analisi statistica (maggiori dettagli nel paragrafo materiali e metodi).

Risultati

Dall'analisi della varianza si evince che, quasi tutti i caratteri considerati sono fortemente condizionati dall'ambiente di coltivazione tranne il numero di fasci per culmo del primo internodo e l'ampiezza degli stomi nella pagina superiore della foglia a bandiera. Il fattore varietà mostra un forte livello di significatività, anche se inferiore rispetto all'ambiente. Cinque variabili non risultano significative (fasci per culmo del primo e dell'ultimo internodo, area dei vasi xylematici del peduncolo, ampiezza degli stomi e superficie traspirante nella pagina superiore). Riguardo all'interazione, essa non appare significativa per sei parametri (i caratteri 8, 10, 11, 22, 24 e 51 della tabella 1), che invece mostrano significatività per i fattori varietà e ambiente presi singolarmente. Il fattore varietà non è significativo per altre tre variabili (fasci per culmo, perimetro dei vasi xylematici del peduncolo e ampiezza degli stomi della pagina superiore) e, infine, solo una variabile (ampiezza degli stomi della pagina superiore) non è significativa né per le interazioni, né per il fattore ambiente. Si descrivono i diversi caratteri in relazione alla parte di pianta da cui derivano.

Culmo-primo internodo. La varietà Simeto ha mostrato un culmo (primo internodo) tanto lignificato che non è stato possibile esaminarlo istologicamente. Tutti i parametri riferiti a questa sezione (dall'1 all'11 nella tabella 1) sono molto influenzati sia dagli ambienti (stress/non stress) che dalle varietà. Infatti i valori più grandi sono sempre registrati a Mineo e i più piccoli a Gela con la sola eccezione dei parametri fasci per culmo e altezza fasci. Le varietà mostrano sempre lo stesso andamento e Simeto ha sempre i valori più elevati. Inoltre l'area del culmo (figura 1a), che



Campo di grano duro danneggiato dalla siccità

riassume bene anche l'andamento degli altri parametri, mostra una correlazione significativa ($r = 0,64^*$) con la produzione di granella, infatti nell'ambiente secco (Gela) diminuisce del 33% rispetto all'ambiente non stressato (Mineo). Ciò è dovuto al fatto che si tratta della principale parte anatomica che fornisce gli assimilati. Una elevata correlazione positiva ($r = 0,802^{**}$) è presente tra il parametro dell'area dei vasi xylematici e la resa. Riguardo alle interazioni, Simeto è la varietà più stabile in ogni ambiente.

Culmo-ultimo internodo. Tutti i 10 parametri di questa sezione risultano correlati positivamente agli stessi dell'analoga parte anatomica del 1° internodo, ma diversamente da questi raggiungono i valori più elevati a Caltagirone. Ciò può essere attribuito a qualche evento meteorico durante lo sviluppo dell'ultimo internodo, che ha influenzato lo sviluppo di questa parte anatomica. D'altro

canto, il numero di fasci per culmo (figura 1a) mantiene il solito andamento e risulta l'unico correlato ($r = 0,59^*$) al peso ettolitrico. Gela si conferma come l'ambiente

Dall'analisi di culmo e foglia al microscopio emergono le modalità con cui il frumento si adatta alla siccità

più stressato con i valori più bassi. Anche l'effetto varietà segue in generale l'andamento del primo internodo, con Simeto che mostra sempre i valori più elevati. Per quanto concerne gli effetti interazione, Simeto sembra la varietà più stabile nelle diverse condizioni di stress.

Foglia a bandiera. I risultati dei parametri fogliari (dal 28 al 51 in tabella 1) sono così riportati: 6 sono micromorfologici, 3 sono macromorfologici e 18 sono stomatici (9 abassiali e 9 adassiali).

Considerando l'effetto ambiente, 5 parametri micromorfologici (22, 24, 25, 26 e 27) mostrano un comportamento simile al primo internodo (valori più elevati a Mineo) e risultano positivamente correlati ai caratteri agronomici. Le varietà reagiscono agli ambienti nello stesso modo, mostrando considerevoli differenze quantitative.

Stomi aperti durante lo stress

Alcuni autori (Blumm et al., 1981) hanno osservato che i genotipi capaci di mantenere un elevato potenziale idrico senza la chiusura stomatica sono adeguati alle condizioni di aridità. La chiusura stomatica non è infatti un processo di conservazione dell'acqua, ma un fenomeno passivo in relazione alla perdita di turgore delle cellule di guardia e mostra l'incapacità delle piante a contrastare l'aridità. Shimshi ed Ephrat (1975) hanno riscontrato che le piante con gli stomi aperti davano rese più elevate senza un maggiore consumo idrico. Recentemente anche Zaharieva et al. (2001) hanno osservato che la chiusura degli stomi influenza negativamente la resa.

Un altro aspetto da considerare è la temperatura. Infatti, la chiusura degli stomi produce un aumento della temperatura fogliare di circa 5-6 °C a causa dell'amplificazione della differenza di pressione di vapore tra foglia e atmosfera. Questo aumento è seguito da una più elevata traspirazione cuticolare e conseguente perdita di parte dell'acqua conservata dalla chiusura stomatica

(Rawson et al., 1978). Inoltre Jones et al. (1981) hanno osservato che la chiusura degli stomi per lungo tempo può causare la distruzione dei tilacoidi dei cloroplasti. La traspirazione fogliare è il più potente mezzo di assorbimento di acqua e nutrienti dal suolo, poiché crea un più basso potenziale idrico della parte areica della pianta rispetto al suolo. In un precedente lavoro sul frumento duro (Venora e Calcagno, 1991a) le caratteristiche dimensionali dell'apparato stomatico e fotosintetizzante sono stati analizzati in molti ambienti differenti per piovosità. Ciò ha mostrato che le varietà che avevano gli stomi aperti durante lo stress sono state le più tolleranti all'aridità, in termini di stabilità di resa in granella. Questi parametri sembrano utili per selezionare genotipi con rese elevate, anche in condizioni di stress idrico. Venora e Benedettelli (1993) hanno condotto l'analisi genetica di caratteri stomatici e fogliari in un incrocio tra due varietà di frumento duro con rese diverse in dipendenza della piovosità, scoprendo che questi caratteri sono multigenici.

Per quanto riguarda l'interazione varietà × ambiente, un cospicuo incremento dello spessore della lamina (figura 2b) è spesso osservato negli ambienti stressati, insieme con una riduzione dell'area fogliare (30-42, tabella 2a). Per i parametri 25, 26 e 30-42 la varietà Simeto sembra la meno influenzata dallo stress idrico rispetto alle altre; infatti mostra una limitata riduzione dello spessore della lamina fogliare e la minore riduzione dell'area dei vasi metaxilematici. Di contro Trinakria reagisce alla disponibilità idrica con una riduzione dello spessore della lamina fogliare.

I tre parametri macroscopici, ovvero

lunghezza, ampiezza e area della foglia a bandiera, sono collineari tra loro e positivamente correlati con la produzione ($r = 0,70^*$). L'area fogliare li riassume. Essa diminuisce del 38% a Gela, ambiente stressato, rispetto a Mineo, ambiente favorevole alla coltura, in accordo a molti riferimenti bibliografici. Molti parametri stomatici sono in relazione con le condizioni di aridità. Il comportamento dei parametri stomatici, dal 31 al 51 (figura 3a, 3b e 3c), può essere riassunto, per ciascuna pagina fogliare, con i parametri della superficie traspirante nella pagina inferiore (38) e superiore (50), poiché essi sono sta-

ti calcolati matematicamente utilizzando tutti gli altri. La superficie traspirante è correlata positivamente con la produzione ($r = 0,58^*$), decresce del 31% a Gela, rispetto all'ambiente non stressato, mentre la percentuale di superficie traspirante aumenta. Questo fenomeno è particolarmente evidente nella pagina superiore. Ancora Simeto appare la varietà più stabile.

Discussione

Dall'osservazione dei risultati si può affermare che nel frumento duro alcuni parametri più che altri sono influenzati dalle condizioni ambientali durante la coltivazione; quindi sono potenzialmente utilizzabili in un progetto di selezione mirato all'arido-tolleranza.

Primo internodo. In letteratura non sono riportati specifici studi sull'area del culmo e sull'area e perimetri dei vasi xilematici (parametri 3, 10 e 11 - figura 1a e 1c). Il primo internodo cresce in maggior parte durante l'inverno dove non ci sono condizioni di stress idrico; ciò nonostante la correlazione positiva con i caratteri agronomici indica che una pianta vigorosa, sin dalle prime fasi di sviluppo, è buona per una elevata produzione finale. Inoltre assicura un migliore trasporto di soluti dalle radici, fonte di approvvigionamento, alla spiga, luogo di accumulo. L'area del culmo (figura 1a) è facilmente misurabile anche in campo: è un parametro fortemente associato alla tolleranza allo stress, culmi più grandi in ambiente stressato assicureranno una maggiore produzione. Simeto, la varietà produttivamente più stabile, ha fatto registrare i valori più elevati.

Ultimo internodo. Lo studio del parametro 17 (figura 1a) mostra come un appropriato numero di fasci assicura una buona formazione della cariosside in relazione alla capacità di traslocazione e di accumulo. La correlazione negativa con il numero di spighe può essere spiegata

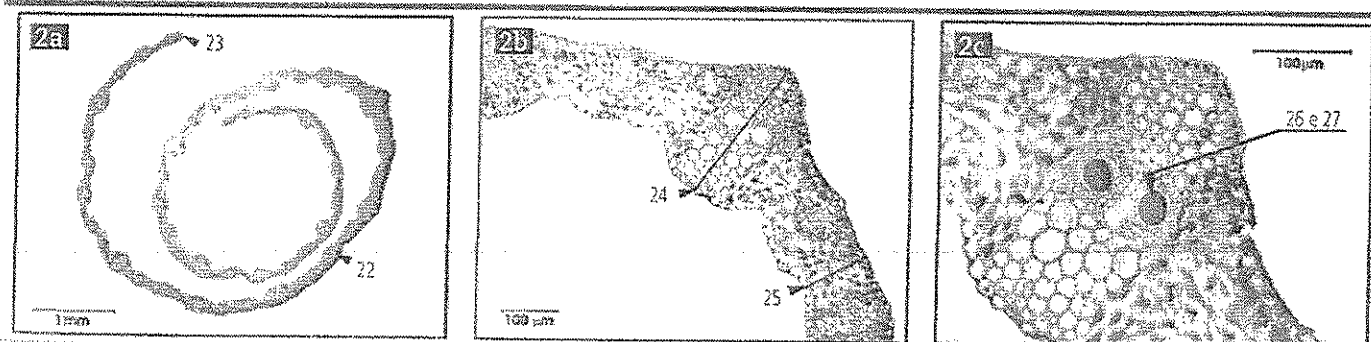


FIGURA 2 - Strutture micromorfologiche della foglia a bandiera

L'intera sezione di una foglia a bandiera avvolta come una spirale (2a), i fasci sono marcati in rosso. Il maggior ingrandimento consente di evidenziare lo spessore della nervatura centrale (2b), lo spessore della lamina e l'area dei vasi metaxilematici (2c).

perché questo parametro è analizzato solo nel culmo principale. Quindi, nel caso di una riduzione dei culmi, esso mostra come il solo culmo rimanente, nei casi estremi, ha una migliore prestazione, aumentando il numero di fasci.

Foglia a bandiera. Nella foglia a bandiera lo spessore della nervatura centrale, la lunghezza, l'ampiezza e l'area (parametri 24, 28, 29 e 30) sono correlati sia alla produzione che allo stress. Foglie più grandi e spesse (parametri 23, 25) (figura 2b e 2c) assicurano una più elevata produzione sia in ambienti favorevoli che stressanti. Varietà come Simeto, che in ambiente stressante subiscono una minore riduzione fogliare senza riduzione di resa, sono considerate arido-tolleranti. Inoltre questi parametri sono facilmente rilevabili. Riguardo ai caratteri stomatici, la riduzione dell'area traspirante può essere considerata un meccanismo di sopravvivenza in condizioni di aridità. Per ottimizzare la resa, la pianta deve tenere gli stomi aperti durante lo stress, così che possa ricevere più acqua e nutrienti dal suolo. In questo caso tali genotipi possono essere considerati arido-resistenti. L'incremento nell'area traspirante in condizioni di stress non può essere ottenuto selezionando per l'elevata frequenza di stomi e densità di file di stomi a causa della correlazione negativa tra questi parametri e la lunghezza, il perimetro e l'area della foglia a bandiera. Questi

parametri possono essere utilizzati per una selezione negativa. Una caratteristica delle piante arido-resistenti è la capacità di tenere gli stomi aperti

durante stress prolungati e quindi l'apertura stomatica è il carattere più utile. I più elevati valori di apertura stomatica sono stati riscontrati in Simeto e Duilio, seguiti da Valnova, Trinakria e Vespro. Questo andamento è simile a quello mostrato per la stabilità di resa e per l'area traspirante in condizioni di stress. I dati di apertura stomatica registrati nella pa-

Simeto può essere considerata una varietà modello di adattamento all'aridità

La capacità del sistema vascolare di mobilizzare gli assimilati nella granella in accrescimento è uno dei fattori che può limitare la resa nei cereali. Alcuni autori (Nátrová 1985, 1987, 1991), analizzando varietà di frumento invernale e linee in fase di miglioramento, hanno trovato che la capacità di trasporto del peduncolo è direttamente proporzionale al peso secco totale delle cariossidi per spiga alla maturazione. Una proporzionalità simile è stata riportata anche per varietà di avena e per

gina inferiore (rivolta verso la parte opposta rispetto al culmo) riflettono questo andamento più accuratamente. Quindi la dimensione dell'apertura stomatica della superficie inferiore nelle piante allevate in condizioni di aridità è un carattere utile per selezionare genotipi arido-tolleranti.

Conclusioni

I risultati ci consentono di supporre che molti parametri studiati possono essere affidabili per selezionare genotipi con una migliore tolleranza all'aridità. Ma non tutti sono facilmente rilevabili, i più semplici so-

no: area del culmo (figura 1a); spessore della nervatura centrale; spessore della lamina fogliare (figura 2b); lunghezza, ampiezza e area della foglia a bandiera.

A questi è possibile aggiungere altri meno semplici da misurare ma egualmente affidabili, come l'area e il perimetro dei vasi metaxilematici (figura 1c) nel primo internodo e i parametri 20 e 21 nell'ultimo internodo, l'ampiezza stomatica della lamina superiore (adaxiale) (figura 3b); nella foglia a bandiera le file di stomi (in entrambe le pagine) (figura 3a); la densità

di file di stomi (in entrambe le pagine); l'area traspirante della lamina inferiore (abaxiale).

Questo tipo di caratteri selezionabili può avere differenti livelli di applicazione:

- tutti questi parametri possono essere analizzati come QTL e associati a marcatori molecolari, in particolari popolazioni di frumento espressamente sviluppate (RIL);

- i parametri fortemente correlati con le performance agronomiche possono essere utilizzati nella scelta dei parentali nei programmi di miglioramento;

- i caratteri più facilmente rilevabili possono essere fruttuosamente usati nella selezione in popolazioni segreganti F₂-F₂ per ottenere varietà stabili allo stress di aridità.

- i parametri fortemente correlati con le performance agronomiche possono essere utilizzati nella scelta dei parentali nei programmi di miglioramento;
- i caratteri più facilmente rilevabili possono essere fruttuosamente usati nella selezione in popolazioni segreganti F₂-F₂ per ottenere varietà stabili allo stress di aridità.

Simeto può essere considerata una varietà modello, manifesta infatti una regolarità di reazione agli ambienti e caratteristiche uniche in confronto alle altre varietà studiate, con buone rese sia negli ambienti favorevoli che stressanti.

Gianfranco Venora,
Oscar Grillo

Concetta Ravalli

Stazione sperimentale di granicoltura
per la Sicilia - Caltagirone (Catania)
lab.biologia@granicoltura.it

Enrico Palchetti

Dipartimento di scienze agronomiche
e gestione del territorio agro-forestale (Disat)
Università di Firenze



FIGURA 3 - Visione al microscopio dei caratteri stomatici

Densità di file di stomi (3a), lunghezza e ampiezza stomatica (3b), area e perimetro (3c).

Questa ricerca è stata finanziariamente supportata dal Ministero dell'Istruzione, Università e ricerca.

La bibliografia, il paragrafo «Materiali e metodi», la tabella 2 con la significatività dei dati correlati alle variabili ambiente, varietà e interazioni e la tabella 3 riportante la media di tutti i rilievi raccolti divisi per varietà e ambiente saranno consultabili sul sito Internet all'indirizzo:

www.informatoreagrarario.it/banca dati

SICILIA

innovazione agroalimentare

- 
- La Sicilia a Vinitaly e Sol
 - Qualità del grano duro
 - Vitigni autoctoni siciliani
 - Una terra di grandi extravergine