

FRUTTICOLTURA Uno studio evidenzia l'efficacia della simbiosi fra pianta e micorrizza

di Elisa Luciani*, Tommaso Frioni**, Sergio Tombesi**, Alberto Palliotti*, Daniela Farinelli*

Nocciolo, la micorizzazione combatte gli stress climatici

Effetti della nuova micorrizza arbuscolare *Glomus iranicum* su cv. Tonda Giffoni

In un contesto di cambiamento climatico, la siccità e le alte temperature (T) sono diventate un problema rilevante per l'agricoltura. Le T medie annuali nel bacino del Mediterraneo risultano oggi infatti superiori di circa 1,4 °C rispetto al livello pre-industriale; un valore che supera di 0,4 °C circa l'incremento medio della T globale (Cramer et al. 2018). Si calcola che, nel caso di un aumento di T medie di soli 2 °C (l'obiettivo delle Conferenze sul Clima), le precipitazioni estive subiranno una decurtazione dal 10 al 30% a seconda dei territori, determinando un aumento della siccità e una forte decrescita della produttività agricola, soprattutto nei Paesi più a Sud del bacino del Mediterraneo. L'Italia è in linea con questi dati: nel 2017 l'innalzamento della T media annuale è stata di 1,3 °C, soprattutto in primavera (+2 °C) e in estate (+2,8 °C), tanto da rendere tale annata la terza più calda a partire dal 1961, dopo 2007 e 2003. Inoltre il 2017 è stato anche il secondo anno meno piovoso, soprattutto in estate, con un'anomalia di precipitazione cumulata media di -22%. Tra i meccanismi di difesa che le piante hanno sviluppato nel corso della loro evoluzione

rientrano i rapporti simbiotici a livello radicale con funghi micorrizici, quali le micorrizze arbuscolari (MA). È stato infatti dimostrato che le MA migliorano la resistenza agli stress abiotici grazie al potenziamento di meccanismi, quali: a) aumento del volume di suolo esplorato dall'apparato radicale; b) incremento dell'assorbimento di acqua ed elementi nutritivi dal micelio extra-radiale; c) miglioramento della fisiologia di base (fotosintesi, funzionalità stomatica, ecc.). Pertanto le MA possono rappresentare una valida tecnica colturale, del tutto eco-compatibile, per il controllo degli stress estivi, ovvero termici ed idrici, soprattutto in colture sensibili quali il nocciolo. Questa specie infatti, oltre ad avere un apparato radicale piuttosto superficiale, non è in grado di controllare efficacemente la funzionalità stomatica in situazioni di intensi stress estivi. Come tale richiede zone vocate, ovvero che abbiano precipitazioni annuali di 800-1.000 mm, distribuite equamente durante l'anno, incluso primavera ed estate, ove la necessità idrica è di almeno 80-100 mm mensili ed assenza di piogge non superiore ai 30 giorni consecutivi, nonché temperature estive otti-

1. Pianta di nocciolo, cv. Tonda Giffoni di 4 anni di età, inoculata con *G. iranicum* (sinistra) e non (destra) (20 giugno 2018). Le piante micorrizzate presentavano una maggiore quantità di foglie

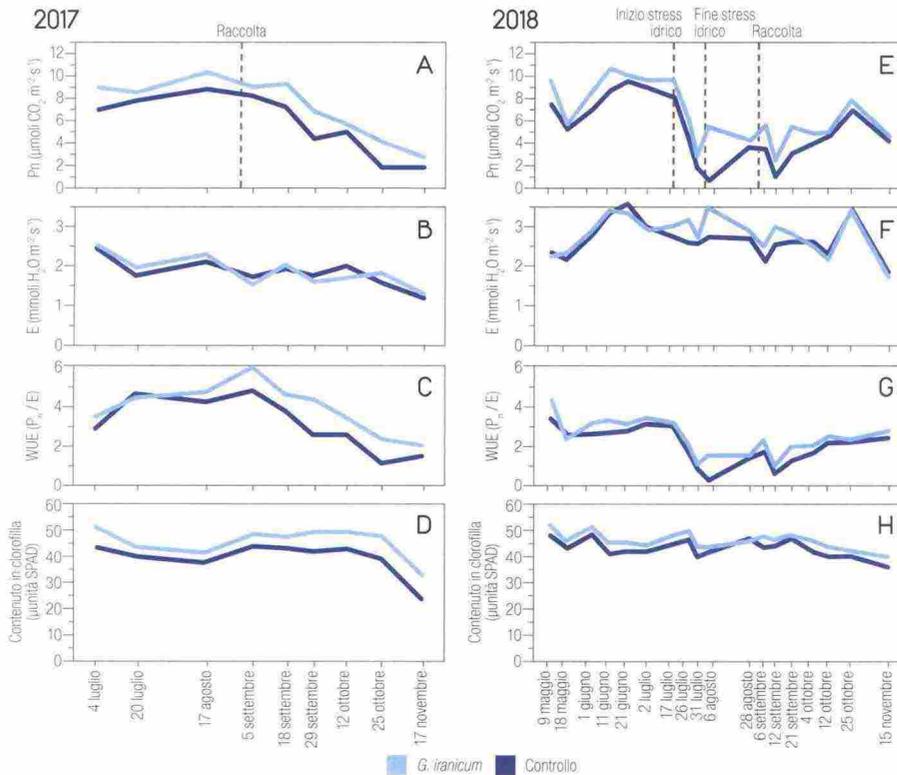
2. Pianta di nocciolo cv. Tonda Giffoni di 4 anni di età inoculata con *G. iranicum* (sinistra) e non (destra) durante la fase di fioritura (metà gennaio 2018). Le piante micorrizzate presentavano una maggiore quantità di fiori maschili (amenti) rispetto al controllo



TECNICA E TECNOLOGIA

Fig. 1 Evoluzione stagionale della fisiologia di base

Fotosintesi netta (Pn), traspirazione (E), water use efficiency (WUE= fotosintesi/traspirazione) e contenuto in clorofilla in piante di nocciolo cv. Tonda Giffoni di 4 anni di età inoculate con *G. iranicum* e non (controllo) 2017-2018



mali intorno ai 27°C e comunque non superiori a 35°C. La mancanza di tali condizioni provocano cali rilevanti di fotosintesi netta ed elevati tassi di traspirazione, cui possono seguire fenomeni di fotoinibizione con clorosi delle foglie fino al loro disseccamento. Risultato finale: accrescimento ridotto delle nocchie, aumento del numero di frutti vuoti, riduzione dello sviluppo dei germogli con decurtazioni produttive sia nell'annata con in corso che in quella successiva, scarso reintegro delle riserve nutrizionali negli organi preposti. Ciò premesso, nel triennio 2016-2018, è stato testato un nuovo formulato, denominato MycoUp, a base del fungo micorrizico *Glomus*

iranicum var. *tenuihypharum* sp. *nova*, al fine di mitigare gli effetti degli stress multipli estivi in un nocciolo di 4 anni della varietà Tonda Giffoni, con distanze di m 5 x 4 (500 piante/ha) e dotato di un impianto di irrigazione a goccia su terreno franco - argilloso nei pressi di Deruta (Perugia). Da metà maggio a tutto agosto, nel 2017 sono stati somministrati volumi di acqua pari a 384 m³/ha (24 irrigazioni, una ogni 4 giorni con 2 gocciolatori per pianta da 4 l/ora, pari a 16 l/pianta/intervento); nel 2018 sono stati invece somministrati 310 m³/ha (20 irrigazioni totali). Le piante sono state trattate ogni anno con MycoUp a metà maggio, alla dose di 3 kg/ha.

Condizioni meteo dell'areale

Rispetto ai valori medi del periodo 2004-2016, nel 2017 le T medie sono risultate più elevate di 3,1 °C nei mesi di giugno ed agosto e di 1 °C a maggio e luglio, mentre nel 2018 l'aumento di T in tutti i mesi estivi è stato di circa 1 °C (tab. 1). Inoltre si è avuto un aumento dei giorni con T massima superiore a 35 °C, che sono stati ben 35 nel 2017 e soltanto 8 nel 2018. Nel 2017, dal 25 luglio al 10 agosto, cioè per 17 giorni consecutivi, la T massima dell'aria è stata costantemente superiore a 35 °C, mentre nel 2018 tale condizione si è presentata solo per 4 giorni consecutivi a metà luglio e inizio agosto. Il 2017 è stato un anno anche molto siccitoso per tutto il periodo primaverile-estivo, a differenza del 2018, in cui maggio è stato molto piovoso, ma con giugno e luglio molto siccitosi rispetto al periodo 2004-2016. In entrambe le annate le condizioni ambientali sono pertanto risultate non particolarmente favorevoli alla coltivazione del nocciolo, in quanto la T massima dell'aria è risultata superiore ai 35 °C (T critica massima) per più giorni consecutivi, in concomitanza con assenza di precipitazioni.

I risultati

Fisiologia di base: nel biennio in esame, le piante micorrizzate hanno mostrato un potenziamento dell'attività fotosintetica (Pn) per quasi tutto il periodo vegeto-produttivo (fig. 1A, E). Questo risultato è, almeno in parte da associare, ad un maggior contenuto in clorofilla nelle foglie delle piante micorrizzate (fig. 1D, H). La traspirazione non ha subito modifiche sostanziali, mentre il WUE ha evidenziato aumenti rilevanti nelle piante micorrizzate, soprattutto nel periodo di post-raccolta (fig. 1B, C). Questo risultato potrebbe essere di supporto al secondo picco di crescita autunnale delle radici, tipico del nocciolo.

Al fine di valutare la risposta delle piante ad una minore disponibilità idrica, nel 2018 in corrispondenza di alte T, ovvero nella seconda metà di luglio, è stato impostato un ciclo di stress idrico mediante chiusura dell'impianto di irrigazione per 17 giorni, durante il quale non si sono verificate piogge. In tale periodo, in cui la T massima dell'aria ha raggiunto 33 °C, la Pn

tab. 1 Temperature medie (T°) e precipitazioni (mm), l'impatto del global warming nei diversi mesi

	Maggio (°C)		Giugno (°C)		Luglio (°C)		Agosto (°C)	
	T°	mm	T°	mm	T°	mm	T°	mm
2004-2016	17,1 ± 0,4	78,7 ± 15	21,5 ± 0,2	54, ± 11,6	24,5 ± 0,3	33,9 ± 11,4	23,7 ± 0,4	56,7 ± 12,9
2017	18,1	25,0	24,7	26,0	25,5	16,0	26,8	16,0
2018	18,3	125,0	22,1	27,0	25,5	20,0	24,3	54,0

tab. 2 - Caratteristiche della Tonda Giffoni micorrizata e non (controllo)

	Lunghezza ramo fruttifero (cm)	Lunghezza internodi (cm)	Numero gemme miste/cm	Numero amenti/cm di ramo	Totale fiori femminili e maschili/cm di ramo
Controllo	14,9 b	1,7 b	0,20 b	0,17 b	0,37 b
Micorrizato	24,4 a	2,1 a	0,24 a	0,26 a	0,50 a

tab. 3 - Produzioni e qualità della Tonda Giffoni micorrizata e non (controllo)

	Resa in sgusciato (%)	Peso fresco nucula (g)	Peso fresco seme (g)	Semi vuoti (%)	Indice di rotondità seme	Calibro 11-13 mm (%)	Calibro 12-14 mm (%)
Controllo	44,6 a	2,3 a	1,0 a	4,3 a	1,0 a	21,3 a	42,7 a
Micorrizato	45,6 a	2,5 a	1,1 a	5,0 a	1,0 a	28,0 b	56,0 b

ha subito una drastica riduzione, pur rimanendo nelle piante micorrizzate sempre maggiore che nel controllo (*fig. 1E*). Successivamente le piante trattate con *G. iranicum* hanno risposto subito con una veloce e consistente ripresa della Pn, al contrario di quelle non micorrizzate che mostravano valori ottimali di Pn solo a partire da metà settembre. Tale comportamento è legato al fatto che in questa specie l'efficienza fotosintetica è influenzata molto di più dagli eventi meteo, di quanto non succeda per l'apertura stomatica, della quale essa non sem-

bra possedere una grande capacità di controllo/regolazione durante i periodi di stress. I noccioli micorrizzati, oltre a recuperare rapidamente l'efficienza fotosintetica dopo il periodo di stress, hanno mantenuto più a lungo l'apparato fogliare in attività, presentando una Pn costantemente superiore anche in post raccolta (*fig. 1A, E*). Questa maggiore efficienza della chioma, evidenziata anche dai valori di WUE spesso più elevati, potrebbe dipendere da un maggiore sviluppo dell'apparato radicale cui segue una migliore capacità di utilizzo dell'ac-

qua, potenziandone la fornitura alle foglie tale da assicurare un'ottimale apertura stomatica anche in situazioni di scarsa disponibilità idrica ed alte T. Del resto è stato dimostrato che il *G. iranicum* è in grado di potenziare l'assorbimento non solo di acqua, ma anche di elementi nutritivi, tra cui il magnesio, principale costituente della clorofilla (Giri e Mukerji 2004). In entrambi gli anni di indagine, nelle piante micorrizzate è stato riscontrato per l'intera stagione un aumento del contenuto in pigmenti fotosintetici, incluso il periodo della filloptosi (*fig. 1D, H e foto 1*). In condizioni di stress termico questo risultato può essere messo in relazione con il fatto che le MA contribuiscono a proteggere i pigmenti fotosintetici dai processi di foto-ossidazione durante gli stress termici, preservando l'efficienza dei fotosistemi.

Nel 2018, nel periodo di minore disponibilità idrica, ovvero durante il periodo di stress idrico imposto mediante il blocco del reintegro irriguo, le piante micorrizzate hanno mantenuto un'efficienza fotochimica del PSII maggiore del controllo, come dimostrano i valori di Fv/Fm sempre superiori a 0,65 (*fig. 2*). Nei noccioli non micorrizzati i valori di Fv/Fm sono invece scesi ben al di sotto del valore soglia, ovvero 0,60, che innesca i processi di fotoinibizione cronica con clorosi e necrosi a carico dei tes-

TECNICA E TECNOLOGIA

Fig. 2 Evoluzione dell'efficienza fotosintetica

Attività fotochimica dei fotosistemi II (Fv/Fm) da luglio a novembre 2018 in piante di nocciolo cv. Tonda Giffoni di 4 anni di età inoculate con *G. iranicum* e non (controllo)

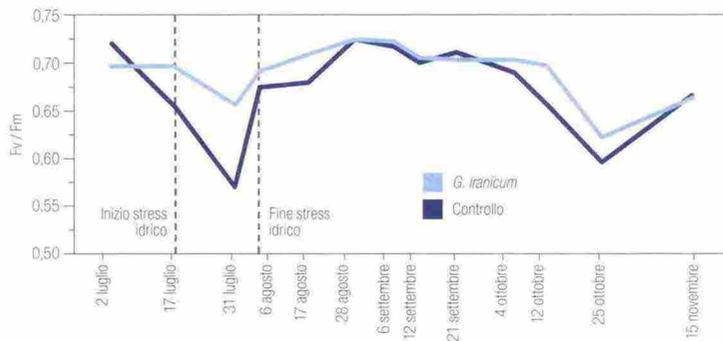
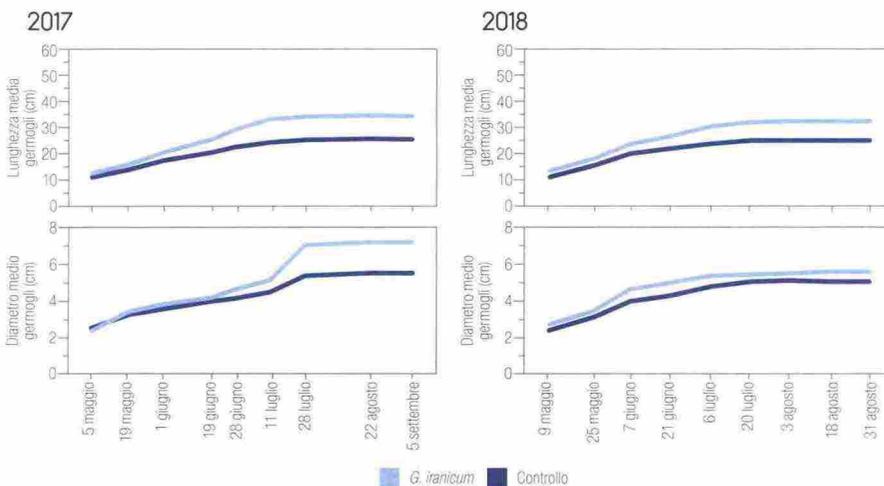


Fig. 3 Evoluzione della lunghezza e del diametro dei germogli

Dinamica stagionale di accrescimento dei germogli di un anno in piante di nocciolo cv. Tonda Giffoni di 4 anni di età micorrizzate e non (controllo) nel biennio 2017-2018



suti fogliari. Al reintegro della risorsa idrica, sia le piante controllo sia quelle micorrizzate hanno recuperato l'efficienza fotochimica in breve tempo (fig. 2), ma in queste ultime il recupero della Pn è stato molto più veloce (fig. 1E). Il *G. iranicum* è quindi in grado di proteggere i fotosistemi in condizioni di carenza idrica e alte T, mantenendone l'integrità per poi consentire alle foglie, una volta superato lo stress, un recupero pieno e veloce della Pn.

Attività vegeto-produttiva: in entrambi gli anni di indagine le piante micorrizzate hanno formato germogli di maggiore lunghezza e diametro (foto 1 e fig. 3). L'aumento della Pn evidenziato durante l'intera stagione nei noccioli micorrizzati ha potenziato l'utilizzo degli

elementi nutritivi nell'accrescimento vegetativo. Infatti, anche il peso del materiale asportato con la potatura dalle piante micorrizzate è risultato maggiore di quello della tesi controllo, rispettivamente 2,1 contro 1,7 kg/pianta.

La maggiore lunghezza dei germogli rilevata nei noccioli micorrizzati (+63% rispetto al controllo) ha esercitato un'influenza rilevante anche nel processo di fioritura. Nel gennaio 2018, queste hanno infatti mostrato un aumento nei fiori sia femminili (+20%) che maschili (+53%) (tab. 2 e foto 2). Ciò si è tradotto in un aumento significativo della produzione di nocciole (+38% rispetto al controllo), ovvero 1,46 contro 1,06 kg/pianta della tesi non micorrizzata. La resa in sgusciato si è attestata

intorno al 45% senza differenze tra le tesi (tab. 3); noccule e semi sono risultati di dimensioni medio-piccole con una frequenza di semi vuoti decisamente bassa (tab. 3). Per quanto riguarda i caratteri carpologici, in entrambe le tesi i semi hanno mostrato un indice di rotondità pari a 1, ovvero sferoidali. Nelle piante trattate con *G. iranicum* è risultata maggiore la presenza di semi con calibro di 11-13 mm e 12-14 mm, le dimensioni richieste dalle industrie dolciarie (tab. 3).

Strumento per mitigare gli stress

Questa indagine eseguita su giovani noccioli in campo conferma l'elevata sensibilità del nocciolo agli stress estivi e che le micorrize arbuscolari possono essere un ottimo strumento culturale in grado di mitigare tali stress. Ciò assume particolare rilevanza soprattutto nelle zone dove la disponibilità di acqua è limitata e/o nelle aree di nuova coltivazione, non sempre vocate. In condizioni di stress estivi, il *G. iranicum* ottimizza la fisiologia di base, incrementando l'attività fotoassimilativa e il pool dei pigmenti fotosintetici, mantenendo l'integrità dei fotosistemi dei cloroplasti ed aumentando l'assorbimento di acqua ed elementi nutritivi in un periodo critico che coincide con la fase di accrescimento e di riempimento dei frutti (Farinelli et al. 2001). Inoltre i noccioli micorrizzati hanno mostrato un più rapido accrescimento vegetativo, con una maggiore lunghezza dei rami fruttiferi che ha consentito di ottenere una più elevata quantità di fiori femminili e maschili e produzione di nocciole. In questa specie è nota la correlazione positiva tra la lunghezza dei rami di un anno e l'attività produttiva, per cui la riduzione della crescita vegetativa si riflette negativamente sulla produttività futura (Pisetta 2011).

Utile appare inoltre la capacità del MycoUp nel mantenere le foglie funzionali per tempi più lunghi, allungandone la permanenza sulle piante e ritardando la relativa senescenza e abscissione, con positivi effetti su fioritura e ripresa vegetativa. In conclusione, il MycoUp applicato ad una specie sensibile ai deficit idrici e agli eccessi termici, quale il nocciolo, riesce a stimolare l'attività vegetativa che è strettamente legata alla produzione, nonché a garantire una buona fisiologia di base in estate e a prolungare l'attività fotosintetica in post-raccolta durante la seconda fase di accrescimento radicale.

*Dip. Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali - Università di Perugia

**Dip. Scienze delle Produzioni Vegetali Sostenibili - Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza

La bibliografia è disponibile presso gli autori