

Confronto fra criteri di fertilizzazione biologica e convenzionale in agrumeti

Francesco Intrigliolo^{1*}, Stefano Canali², Giancarlo Rocuzzo¹, Corrado Ciaccia², Biagio Torrisci¹, Alberto Alianello², Michele Scirè¹ e Fabio Tittarelli²

¹ Consiglio per la Ricerca e Sperimentazione in Agricoltura - ACM Centro di Ricerca per l'Agrumicoltura e le Colture Mediterranee, Acireale (CT)

² Consiglio per la Ricerca e Sperimentazione in Agricoltura - RPS Centro di ricerca per lo studio delle relazioni tra pianta e suolo, Roma

Comparison between organic and conventional fertilisation criteria in citrus orchards

Abstract. In Italy and worldwide, the organic farming sector has constantly grown during the last two decades. Citrus fruits have always played an important role in the organic food system, being among the most demanded products in the organic market. In this article, with reference to the most relevant scientific literature, main aspects of organic citrus orchards fertility management and plant nutrition are treated and the results of a case study carried out in Eastern Sicily are reported. The described long term experiment aims at comparing conventional and organic orange production management in terms of yield, fruit quality, soil fertility and plant nutritional status. According to the results obtained it is possible to affirm that organic citrus management is a technically feasible option for citrus growers and that the implementation of organic method for citrus production improves long term soil fertility and plant nutritional status.

Key words: orange, long term experiment, soil fertility, leaf analysis, fruit quality.

Introduzione

Le statistiche più aggiornate sulla produzione agrumicola italiana riportano che la produzione biologica rappresenta circa il 12,8% della superficie totale (FAOSTAT, 2009). Fra le cultivar di arancio [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] la Valencia late, per la sua duplice attitudine, al consumo fresco e alla produzione di succhi, è una varietà di rilevante interesse economico.

Il valore del mercato dei 27 Paesi dell'Unione Europea per la frutta e verdura certificata bio è stima-

to in 1,7 miliardi di dollari nel 2002 (FoodNews, 2003), equivalente al 15 - 20% del totale delle vendite al dettaglio dei prodotti biologici. Fra le diverse categorie di prodotto biologico, gli agrumi si attestano al primo posto in termini di vendite e consumi nella UE, seguite dalle banane (*Musa spp.* L.). La gestione della fertilità negli agrumeti convenzionali è basata sull'analisi del terreno, sulla diagnostica fogliare e sull'aspettativa di resa, ed è realizzata prevalentemente con l'utilizzo di concimi minerali di sintesi.

Negli ultimi anni, con il metodo biologico, si è sviluppato un sistema di produzione basato, laddove reso possibile dalle condizioni pedo-colturali, sull'uso di risorse interne all'azienda, senza il ricorso a concimi di sintesi e limitando l'utilizzo dei prodotti fitosanitari solamente a quelli consentiti dai disciplinari (Nardi *et al.*, 2007).

Per quanto riguarda la gestione della fertilità, un aspetto chiave degli agro-ecosistemi biologici è il mantenimento o l'incremento della sostanza organica del terreno attraverso l'impiego di concimi e ammendanti organici. I fertilizzanti organici, nel loro insieme, sono utilizzati con lo scopo principale di fornire elementi della nutrizione al sistema suolo-pianta (Canali e Tittarelli, 2000). Il rilascio degli elementi della nutrizione dai fertilizzanti organici dipende dalla mineralizzazione della sostanza organica, processo influenzato da numerosi fattori quali la temperatura, il contenuto di umidità, il pH, la disponibilità di ossigeno, la tessitura del terreno e la popolazione microbica. Oltre all'aspetto puramente nutrizionale, si ipotizza che la somministrazione di fertilizzanti organici ripetuta nel tempo possa determinare un aumento del contenuto di sostanza organica del terreno, migliorandone così le proprietà fisiche, chimiche e biologiche.

I principali obiettivi di questa ricerca sono stati quelli di valutare gli effetti di lungo periodo di ripetute applicazioni di fertilizzanti organici sulla fertilità del suolo, sullo stato nutrizionale delle piante, sulla resa e sulla qualità dei frutti.

* francesco.intrigliolo@entecra.it

Materiali e metodi

Schema sperimentale

La ricerca è stata condotta presso l'azienda sperimentale Palazzelli del CRA-ACM in territorio di Lentini (SR), su un appezzamento di piante adulte di arancio cv 'Valencia late' innestate su arancio amaro (*C. aurantium* L.), impiantate al sesto di m 6 x 4, gestito con il metodo dell'agricoltura biologica a partire dal 1995.

Il disegno sperimentale adottato è stato di tipo fattoriale: il fattore 1 era il trattamento fertilizzante e il fattore 2 la dose applicata. Al fattore 1, nell'ultimo quinquennio, corrispondevano 4 trattamenti: i primi 2 sono stati realizzati aggiungendo 2 tipologie di compost (ammendante), ottenuti rispettivamente da residui dell'industria agrumaria (CRC) e da effluenti di allevamento (FYM); il terzo trattamento è stato effettuato aggiungendo pollina (PM), uno dei concimi organici maggiormente diffusi in Italia; il trattamento di controllo è consistito nella fertilizzazione mediante l'utilizzo di concimi minerali di sintesi (MIN). Al fattore 2 sono stati associati due livelli (dosi): dose piena (100%) e dose ridotta (75%). La dose piena dei fertilizzanti organici e del concime minerale è stata definita in modo da distribuire a tutti i trattamenti la stessa quantità di azoto, sufficiente a soddisfare i fabbisogni delle colture, come indicato nelle linee guida per la fertilizzazione degli agrumi (Intrigliolo *et al.*, 1999). L'obiettivo dell'introduzione della dose ridotta è stato quello di valutare la fattibilità della riduzione della concimazione, in vista di un possibile abbattimento dei costi per la gestione dell'agrumeto. Il quantitativo apportato degli altri elementi nei diversi trattamenti è stato in funzione della composizione elementare dei fertilizzanti organici somministrati. Al contrario, il trattamento con concimi minerali ha ricevuto P_2O_5 e

K_2O come suggerito dalle buone pratiche agricole, ma senza alcun apporto di carbonio organico (tab. 1).

Fertilità dei suoli

Il campionamento dei suoli è stato effettuato alla fine del ciclo di fertilizzazione. Per ciascuno dei 12 campioni raccolti sono stati collezionati 4 sub-campioni, i quali, dopo essere stati essiccati all'aria, vagliati (2 mm) e successivamente miscelati sono stati conservati per le analisi, eseguite in triplo.

- Parametri chimici. Il contenuto percentuale di carbonio organico totale (TOC, mg kg⁻¹) è stato ottenuto secondo il metodo di Springer e Klee (1954). L'azoto totale (N_{tot}, mg kg⁻¹) è stato misurato con il metodo Kjeldahl. In seguito alle analisi effettuate è stato calcolato il rapporto C/N. La frazione della sostanza organica estraibile (C_{ext}) è stata ottenuta utilizzando 100 ml di NaOH/Na₄P₂O₇ (0,1 N), a 65 °C per 48 ore, per ciascun campione di suolo (5 g). Gli acidi umici e fulvici (CHA+FA) sono stati determinati per frazionamento e successiva purificazione su colonna di polivinilpirrolidone (PVP), in accordo con Ciavatta e Govi (1993).
- Parametri biochimici e chimici. La respirazione di ciascun campione di terreno è stata misurata in un sistema chiuso secondo la metodica descritta da Isermeyer (1952). Due repliche da 25 g di ciascun campione di suolo sono state incubate a 30 °C in condizione di ritenzione idrica ottimale. L'evoluzione di CO₂ è stata misurata dopo 1, 2, 4, 7, 10, 14, 17 e 21 giorni. I valori medi ottenuti al 21° giorno per ciascun campione, sono stati considerati come valori di respirazione basale della biomassa (C_B). La mineralizzazione del carbonio organico (PMC) è stata calcolata dai valori giornalieri di respirazione attraverso un modello cine-

Tab. 1 - Quantitativo di C organico, macro e microelementi somministrati annualmente durante la prova.
Tab. 1 - Amount of organic C, macro- and micronutrient elements applied yearly during the field experiment.

Dose	Tesi	C (kg ha ⁻¹)	N (kg ha ⁻¹)	C/N	P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Fe (kg ha ⁻¹)	Zn (kg ha ⁻¹)	Mn (kg ha ⁻¹)
100,00%	MIN	-	190	-	125	162	-	-	-
	CRC	2.750	192	14	59	101	21,0	1,4	1,6
	PM	1.544	191	8	227	193	11,2	0,6	1,2
	FYM	1.768	192	9	242	239	7,0	2,8	3,8
75,00%	MIN	-	142	-	94	122	-	-	-
	CRC	2.063	144	14	44	76	15,8	1,1	1,2
	PM	1.158	143	8	170	145	8,4	0,5	0,9
	FYM	1.326	144	9	181	179	5,3	2,1	2,9

MIN = concime minerale; CRC = ammendante compostato verde da residui agrumicoli; PM = concime organico NP (Pollina); FYM = ammendante (letame).

tico di primo ordine [$C_t = C_0(1 - e^{-kt})$]. Nel modello, C_t corrisponde al valore cumulativo del carbonio mineralizzato nel tempo t di osservazione (giorni), mentre il C_0 è il carbonio potenzialmente mineralizzabile e k è la costante cinetica (1/giorni) (Riffaldi *et al.*, 1996). I valori del carbonio mineralizzato sono espressi come $\text{mg } C_{\text{co}_2} \times \text{kg}_{\text{suolo}}^{-1}$. L'azoto potenzialmente mineralizzabile (NPM) è stato stimato da N-NH_4 (mg kg^{-1}) accumulato dopo 7 giorni di incubazione anaerobica a 40°C , in accordo con Sahrawat e Ponnampereuma (1978), modificato da Canali e co-autori (2000).

Stato nutrizionale delle piante e produzione

Lo stato nutrizionale delle piante di agrume è stato rilevato prelevando da ogni pianta indice, nel mese di ottobre di ogni anno, 20 foglie da rametti terminali non fruttiferi della vegetazione primaverile (Embleton *et al.*, 1973; Intrigliolo *et al.*, 1999). Sul materiale fogliare, previa essiccazione in stufa a 65°C fino a peso costante, sono stati determinati l'N con il metodo micro-Kjeldahl; P, K, Ca, Mg, Fe, Zn e Mn mediante ICP-OES (Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry), dopo incenerimento a 550°C ed estrazione con acido nitrico al 1%. Inoltre, è stata rilevata l'entità della produzione, il numero, il peso medio e le caratteristiche qualitative dei frutti.

Analisi statistica

Per valutare l'efficacia dei 4 trattamenti e delle due dosi, i dati ottenuti sono stati elaborati mediante analisi della varianza (ANOVA), utilizzando il pacchetto SPSS.

Risultati e discussione

I risultati ottenuti dalle analisi dei campioni di suolo, sono riportati nella tabella 2.

La maggior parte dei parametri chimici e biochimici analizzati mettono in evidenza delle differenze statisticamente significative fra i diversi trattamenti fertilizzanti. I risultati che riguardano anche i parametri chimici più "robusti", quali ad esempio il carbonio organico totale, confermano quanto evidenziato precedentemente (Canali *et al.*, 2004) solo dai parametri biochimici più sensibili. In particolare, per il parametro C_{org} , il trattamento CRC ha mostrato dei valori significativamente maggiori del controllo (2,52 vs $1,92 \text{ g } C_{\text{org}} 100\text{g}^{-1}$ suolo); anche il contenuto di C_{org} di PM e FYM è risultato maggiore del controllo (13% e 20% rispettivamente), sebbene con differenze non statisticamente significative. Un andamento simile è

Tab. 2 - Parametri chimici e biochimici di fertilità del suolo.
Tab. 2 - Chemical and biochemical soil fertility parameters.

	C_{org}	$C_{(\text{HA}+\text{FA})}$	PMC	N_{tot}	PMN
Tesi					
MIN	1,92 a	0,90 a	331 a	1.723 a	38 ab
CRC	2,52 b	1,19 b	547 b	2.339 b	50 b
PM	2,17 ab	1,03 ab	328 a	1.982 a	35 a
FYM	2,33 ab	1,04 ab	389 a	2.052 a	45 ab
Dose					
100%	2,26	1,03	406	2.061	42
75%	2,22	1,04	391	1.987	42
Medie	2,24	1,04	399	2.024	42

C_{org} = Carbonio organico totale ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$); $C_{(\text{HA}+\text{FA})}$ = Carbonio degli acidi umici e fulvici ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$); PMC = Carbonio potenzialmente mineralizzabile (mg kg^{-1}); N_{tot} = Azoto totale (mg kg^{-1}); PMN = Azoto potenzialmente mineralizzabile (mg kg^{-1}).

Separazione delle medie con il test HSD di Tukey ($p \leq 0,05$).

stato riscontrato anche per il parametro $C_{\text{HA}+\text{FA}}$. Il trattamento CRC ha mostrato, inoltre, valori più alti di PMC sia rispetto al controllo sia rispetto ai trattamenti PM e FYM (tab. 2), mentre non sono state osservate differenze significative tra MIN, PM e FYM. Analogo risultato è stato raggiunto con i parametri chimici e biochimici relativi all'azoto. Infine, per quanto riguarda l'effetto dose, nessuno dei parametri di fertilità studiati ha mostrato delle differenze significative fra la dose piena e la dose ridotta.

In merito ai risultati dello stato nutrizionale delle piante e della produzione gli esiti sono stati riportati nelle tabelle 3 e 4.

Il contenuto di nutrienti fogliari in entrambi i fattori si colloca nel *range* di ottimalità (Intrigliolo *et al.*, 1999). Il contenuto di N fogliare non ha mostrato differenze significative tra i trattamenti; il P è risultato statisticamente più alto in CRC ma solo rispetto ai trattamenti PM e MIN, mentre per il K il CRC ha mostrato valori superiori rispetto a MIN. In sintesi si registra una maggiore efficienza d'uso dei nutrienti nel trattamento CRC rispetto agli altri trattamenti.

Nessuna differenza è stata evidenziata per il calcio, mentre il trattamento con FYM ha registrato un contenuto di Mg inferiore rispetto agli altri. Differenze molto significative sono state riscontrate per i contenuti di micronutrienti, con valori più alti a favore del trattamento CRC. Si sottolinea che i più elevati livelli di ferro fogliare in CRC sono solo parzialmente giustificati dal maggior apporto, mentre sembra interessante notare come tale trattamento migliori la biodisponibilità degli altri nutrienti fondamentali per lo sviluppo delle piante.

In merito ai parametri qualitativi dei frutti, si è confermata le differenze tra CRC e gli altri trattamenti

Tab. 3 - Contenuto di elementi nutritivi nelle foglie.
 Tab. 3 - Nutrients content in leaves.

	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn
	(g 100g ⁻¹)					(mg kg ⁻¹)		
Tesi								
MIN	2,58	0,128 b	0,76 b	4,94	0,47 a	111 b	14 b	12 b
CRC	2,54	0,133 a	0,84 a	4,94	0,46 a	120 a	16 a	14 a
PM	2,52	0,128 b	0,79 ab	5,03	0,46 a	105 b	14 b	12 b
FYM	2,54	0,129 ab	0,81 ab	4,90	0,43 b	98 c	14 b	12 b
Dose								
100 %	2,55	0,129	0,81	4,92	0,45	109	15	13
75 %	2,53	0,129	0,80	4,99	0,46	107	14	12
Media	2,54	0,129	0,80	4,95	0,45	108	14	12

Separazione delle medie con il test HSD di Tukey ($p \leq 0,05$)

Tab. 4 - Produzione e parametri qualitativi dei frutti.
 Tab. 4 - Yield and fruit quality parameters.

	Prod	PM	SB	CC	RS	CF	SST	AT	RM	Vit C
Tesi										
MIN	123,2	165	5,2	10,9	49,4	4,67	10,54 ab	1,31 a	8,11 b	51,9 b
CRC	126,5	169	5,2	11,1	50,5	4,85	10,23 b	1,21 b	8,52 a	53,7 a
PM	117,9	168	5,4	10,3	51,5	4,61	10,60 a	1,27 ab	8,37 b	52,5 ab
FYM	118,1	172	5,1	10,5	50,1	4,50	10,40 ab	1,29 a	8,20 b	52,5 ab
Dose										
100 %	126,2 a	169	5,4 a	11,0 a	51,1 a	4,60	10,48	1,26	8,42 a	52,9
75 %	116,8 b	168	5,0 b	10,4 b	49,7 b	4,71	10,41	1,28	8,18 b	52,5
Media	121,5	168	5,2	10,7	50,4	4,66	10,44	1,27	8,30	52,7

Prod = produzione (kg pianta⁻¹); PM = peso medio frutto (g); SB = spessore buccia (mm); CC = colonna carpellare (mm); RS = resa in succo (g 100g⁻¹); CF = consistenza frutto - penetrometro (kg cm⁻²); SST = solidi solubili totali (g 100g⁻¹); AT = acidità totale (g 100g⁻¹); RM = rapporto di maturazione (SST/AT); Vit C = vitamina C (mg 100 ml⁻¹).

Separazione delle medie con il test HSD di Tukey ($p \leq 0,05$).

ti, in particolare CRC ha mostrato valori più bassi di solidi solubili totali (SST) e acidità (TA), più elevato rapporto di maturazione e maggiore contenuto di vitamina C (tab. 4).

Per quanto riguarda il fattore 2, non è stata notata alcuna differenza significativa per i livelli nutrizionali. In merito ai parametri qualitativi si è registrato una complessiva riduzione di quasi tutti i parametri ad eccezione della consistenza dei frutti e dell'acidità.

Sul fronte della resa, si è registrata una significativa riduzione dovuta al fattore dose, che non ha però avuto effetti significativi sullo stato nutrizionale delle piante e sui parametri qualitativi dei frutti.

Si sottolinea che l'unica differenza a carico della qualità dei frutti era da attribuire solo alla tipologia del trattamento; l'uso di CRC ha migliorato le principali caratteristiche qualitative dei frutti, in particolare rispetto al trattamento MIN, confermando quanto riscontrato da Rapisarda *et al.* (2005).

Conclusioni

Una lettura comprensiva di tutti i risultati riportati sopra consente di affermare che la gestione della fertilità attraverso l'utilizzo di concimi organici e in particolare di ammendanti organici (compost da residui dell'industria agrumaria, CRC) ha comportato, nel lungo periodo un aumento dello *stock* di C organico del suolo e, quindi, un miglioramento della funzione *sink* del terreno (minore contributo del suolo all'emissione di gas ad effetto serra). L'applicazione del metodo biologico nella gestione della fertilità del terreno, nel lungo periodo, ha determinato un miglioramento dello stato nutrizionale delle piante così come risulta dall'analisi fogliare (per alcuni elementi: P, Fe, Zn, Mn). Dal confronto fra l'applicazione del metodo convenzionale e del metodo biologico non sono rilevabili differenze significative né in termini di resa, né di qualità della produzione, sebbene un aumento di

concentrazione di Vitamina C sia stato riscontrato nel succo di arance biologiche rispetto alla produzione convenzionale. Si può quindi concludere, sulla base anche della letteratura scientifica disponibile, che la gestione dell'agrumento con il metodo biologico è tecnicamente fattibile e rappresenta un'opzione percorribile per i produttori agrumicoli.

Mentre negli anni passati si è messo in evidenza il ruolo del riciclo dei residui organici resi disponibili nell'agroecosistema agrumicolo, la nuova frontiera per la ricerca del settore sarà l'applicazione dei principi di "intensificazione ecofunzionale" alla realtà agrumicola specializzata. Secondo tali principi, definiti da Schmid e co-autori (2009), è possibile ottenere produzioni stabili e di qualità attraverso un uso ottimale delle risorse interne al sistema. Nel caso dell'agrumicoltura specializzata tipica del nostro Paese, le risorse interne al sistema sono da ricercare nelle colture di copertura (leguminose, graminacee, crucifere e miscugli) e nella loro gestione (sovescio, *mulching*) che possono consentire un'adeguata modulazione nel rilascio degli elementi della nutrizione e nella gestione delle limitate risorse idriche. Una ricerca multidisciplinare sul riciclo della sostanza organica, l'aumento dell'efficienza di utilizzazione dell'acqua, la gestione delle colture di copertura e la loro interazione in un ambiente a clima mediterraneo, può rappresentare, pertanto, il futuro campo di indagine per l'applicazione dei principi dell'intensificazione ecofunzionale ai nostri sistemi produttivi specializzati ortofrutticoli.

Riassunto

Nell'ultimo ventennio la produzione agricola biologica è costantemente aumentata e gli agrumi sono fra i prodotti maggiormente rappresentati. In questo articolo si descrivono i principali aspetti relativi alla fertilità del suolo e alla nutrizione delle piante negli agrumeti condotti con il metodo biologico. In particolare, sono riportati i risultati di una sperimentazione di lungo periodo che ha avuto l'obiettivo di confrontare i metodi convenzionale e biologico in termini di resa, qualità della produzione, fertilità del terreno e stato nutrizionale delle piante. Sulla base dei risultati ottenuti, è possibile affermare che la gestione dell'agrumeto secondo il metodo biologico è un'opzione sostenibile, che migliora nel lungo periodo la fertilità del terreno e lo stato nutrizionale delle piante.

Parole chiave: arancio, sperimentazione di lungo periodo, fertilità del suolo, analisi fogliare, qualità dei frutti.

Bibliografia

- CANALI S., INTRIGLIOLO F., ROCCUZZO G., GIUFFRIDA A., BENEDETTI A., 2000. *Soil quality assessment and nitrogen nutrition in an organically managed orange orchard in Sicily (South Italy)*. Proc. X Int. Colloquium for the Optimization of Plant Nutrition. April 8-13 Cairo, Egypt.
- CANALI S., TITTARELLI F., 2000. *Il metodo biologico*. Il Divulgatore - Agricoltura, Alimentazione, Ambiente. Ed. Gruppo Calderini Edagricole, XXIII(3): 47-57
- CANALI S., TRINCHERA A., INTRIGLIOLO F., POMPILI L., NISINI L., MOCALI S., TORRISI B., 2004. *Effect of long term addition of composts and poultry manure on soil quality of citrus orchards in Southern Italy*. Biol. Fertil. Soils 40: 206-210.
- CIAVATTA C., GOVI M., 1993. *Use of insoluble polyvinylpyrrolidone and isoelectric focusing in the study of humic substances in soils and organic wastes*. J. Chromatogr. 643: 261-270.
- EMBLETON T.W., REITZ H.J., JONES W.W., 1973. *Citrus Fertilization*. In: Reuther W. (ed) The Citrus Industry. University of California, Div. Agric. Sciences (Berkeley, CA, USA), 3: 122-182.
- FAOSTAT, 2009. <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. Accessed 11 July 2011.
- FOODNEWS, 2003. Natural Selection, Nat Ingredients/Organics, March 2003, Tunbridge Wells, UK.
- INTRIGLIOLO F., ROCCUZZO G., LACERTOSA G., RAPISARDA P., CANALI S., 1999. *Agrumi: modalità di campionamento per terreno, foglie, acque d'irrigazione e frutti. Valori analitici di riferimento*. (Ed. F. Intrigliolo). C.U.E.C.M., Catania, 86 p.
- ISERMEYER H., 1952. *Eine einfache Methode sur Bestimmung der Bodenatmung und der Karbonate im Boden*. Z. Pflanzenernähr Bodenkd, 56: 26-38.
- NARDI P., CANALI S., TITTARELLI F., 2007. *Metodi per migliorare la fertilità del terreno*. I Supplementi di "Agricoltura", n. 34, Regione Emilia Romagna, Assessorato all'Agricoltura: 12-17.
- RAPISARDA P., CALABRETTA M.L., ROMANO G., INTRIGLIOLO F., 2005. *Nitrogen metabolism components as a tool to discriminate between organic and conventional citrus fruits*. J. Agric. Food Chem. 53:2664-2669.
- RIFFALDI R., SAVIOZZI A., LEVI-MINZI R., 1996. *Carbon mineralization kinetics as influenced by soil properties*. Biol. Fertil. Soils, 22:293-298.
- SAHRAWAT K. L., PONNAMPERUMA F. N., 1978. *Measurement of exchangeable NH₄⁺ in tropical land soils*. Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 282-283
- SCHMID O., PADEL S., HALBERG N., HUBER M., DARNHOFER I., MICHELONI C., KOOPMANS C., BÜGEL S., STOPES C., WILLER H., SCHLÜTER M., CUOCO E., 2009. *Strategic Research Agenda for organic food and farming*. Technology Platform Organics, IFOAM EU Group, Brussels, Belgio, 116 pp.
- SPRINGER U., KLEE J., 1954. *Prüfung der Leistungsfähigkeit von einigen wichtigeren Verfahren zur Bestimmung des Kohlenstoffs mittels Chromschwefelsäure sowie Vorschlag einer neuen Schnellmethode*. Z Pflanzenernähr Dang Bodenkd. 64: 1.

Applicazione di un modello predittivo per la stima dei fabbisogni nutritivi di piante di arancio

Giancarlo Roccuzzo^{1*}, Damiano Zanotelli², Maria Allegra¹, Fiorella Stagno¹, Francesco Intrigliolo¹ e Massimo Tagliavini²

¹ *Consiglio per la Ricerca e Sperimentazione in Agricoltura - ACM Centro di Ricerca per l'Agrumicoltura e le Colture Mediterranee, Acireale (CT)*

² *Facoltà di Scienze e Tecnologie, Libera Università di Bolzano-Bozen*

Use of a predictive model to estimate the nutrient needs of orange trees

Abstract. The results of a foregoing study on allometric relationships between branch circumferences and wood or leaf biomass were utilized for the estimation of cumulative yearly nutrient needs of "Tarocco" orange [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] in two mature citrus orchards. Branch circumference increment during one year (1.94-2.10 %) led to a biomass increase between 880 and 1300 kg ha⁻¹ (d.m.). Yield accounted for 40 to 60% of annual biomass increase. N, P and Ca should be available in soil for citrus plant uptake from April to October, whereas K uptake seems to end by September.

Key words: allometric relationships, nutrient uptake, biomass, growth.

Introduzione

Malgrado la notevole massa di informazioni disponibili sulle risposte fisiologiche ed agronomiche di piante di agrume a dosi crescenti di nutrienti (Embleton *et al.*, 1973; Intrigliolo *et al.*, 1990; Legaz *et al.*, 1981), sui livelli ottimali delle analisi fogliari (Intrigliolo *et al.*, 1999) e sulle quantità di biomassa e nutrienti presenti in un agrumeto (Mattos *et al.*, 2003), l'assenza di metodologie di stima della loro disponibilità, che siano di facile applicazione nella pratica agricola, ha ostacolato il miglioramento dell'efficienza nell'uso dei nutrienti in alcune aree di produzione.

Il principale flusso vegetativo degli agrumi è quello primaverile, che supporta i fiori, mentre i due successivi flussi, estivo ed autunnale, sono puramente vegetativi, con l'eccezione di lime e limoni (Hall e

Albrigo, 2007). La vegetazione dell'anno precedente è fondamentale per gli aspetti produttivi, poiché i germogli misti o a fiore si sviluppano prevalentemente sul legno di un anno (Obreza e Morgan, 2008). Ogni anno vengono prodotti nuovi germogli con nuove foglie, fiori e frutti e gli organi preesistenti incrementano di dimensione mediante crescita secondaria. Durante la stagione vegetativa la pianta perde parte della biomassa per l'abscissione delle foglie e, con frequenza variabile in funzione degli interventi di potatura, foglie e rami di vario ordine. Questa pratica è utilizzata per ridurre la dimensione delle piante, permettere la penetrazione della luce all'interno della chioma, migliorare le condizioni sanitarie e la qualità della produzione, superare l'alternanza di produzione (Intrigliolo e Roccuzzo, 2011).

La morfologia di piante di arancio [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] cv "Tarocco" nella tipica area di produzione nella Sicilia orientale include un breve tronco (da 50 a 100 cm di altezza), da cui si dipartono 3-4 branche principali. Ogni branca è suddivisa in alcune branche secondarie, che a loro volta portano branche di ordine superiore (Intrigliolo e Roccuzzo, 2011).

L'assorbimento di elementi nutritivi può essere quantificato attraverso la somma degli incrementi nel contenuto di nutrienti dei singoli organi, includendo quelli dei frutti raccolti, della biomassa eliminata con la potatura e delle foglie cadute. La biomassa dei frutti (espressa per pianta o per ettaro) può essere stimata abbastanza facilmente alla raccolta. Analogamente, anche il quantitativo di materiale asportato con la potatura e di foglie abscisse può essere, con buona approssimazione, individuato in campo. L'incremento di biomassa degli organi legnosi e delle foglie, invece, non può essere misurato direttamente.

La messa a punto di modelli di previsione della necessità di apporti esterni di nutrienti nell'agrumeto deve partire dall'individuazione delle richieste dell'albero, spesso funzione dei ritmi di crescita e dalla disponibilità degli elementi nutritivi nel terreno. Inoltre, le richieste da parte delle colture arboree

* giancarlo.roccuzzo@entecra.it

variano nel corso della stagione ed il loro incompleto soddisfacimento attraverso l'assorbimento può divenire critico per l'attività vegetativa e riproduttiva. Non è sufficiente che nel corso della stagione vi sia una disponibilità di nutrienti pari alle asportazioni annuali, ma risulta indispensabile che il rilascio o la disponibilità segua, per ogni singolo elemento, la specifica cinetica di assorbimento da parte dell'albero.

In uno studio di campo sono stati quantificati i flussi dei più importanti macroelementi dal suolo all'albero in funzione delle principali variabili in grado di modularli, al fine di produrre un modello descrittivo del destino dei nutrienti che potesse costituire la base per un modello di tipo predittivo (Roccuzzo *et al.*, 2012).

Per realizzare la stima della biomassa e dei suoi incrementi annuali è stata realizzata una serie di campionamenti distruttivi di branche di piante di agrume, per ottenere delle relazioni tra la circonferenza della branca all'inserzione con il tronco ed il peso degli organi legnosi e delle foglie. Sia nel caso del legno sia in quello delle foglie una regressione quadratica è stata quella che ha mostrato maggiore significatività rispetto ai dati sperimentali ottenuti.

$$(1) \text{ Biomassa branche e rami (kg s.s.)} = 1,17184 - 0,28921 C_{\text{branca}} + 0,02507 C_{\text{branca}}^2$$

$$R^2 = 0,957$$

$$(2) \text{ Biomassa foglie (kg s.s.)} = 0,393648 - 0,004688 C_{\text{branca}} + 0,003155 C_{\text{branca}}^2$$

$$R^2 = 0,889$$

dove: C_{branca} = circonferenza branca (cm)

Le equazioni (1) e (2) possono essere utilizzate per calcolare l'incremento annuale di biomassa degli organi legnosi e fogliari, misurando l'incremento annuale della circonferenza delle branche.

In questa nota è stato utilizzato l'approccio pubblicato in Roccuzzo *et al.* (2012), adattandolo a due impianti di arancio di diverse età e produzione, al fine di ottenere stime delle loro asportazioni in elementi minerali.

Materiale e metodi

Stima degli incrementi annuali di biomassa

Per questa simulazione sono stati utilizzati dati registrati nel 2010, nel 2011 e dati storici rilevati in due appezzamenti situati nell'azienda sperimentale Palazzelli del CRA-ACM a Lentini - Siracusa (37°20' N; 14°53' E). In entrambi i casi gli alberi erano di arancio cv "Tarocco"; nel primo appezzamento gli alberi del clone Tarocco Rosso erano innestati su citrange Carrizo [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf. x *C.*

sinensis (L.)] e avevano 12 anni, nel secondo gli alberi, di 25 anni, del clone Tarocco Sciara erano innestati su arancio amaro (*Citrus aurantium* L.). Il sesto d'impianto era in entrambi i casi di m 6 x 4 (416 piante ha⁻¹), il suolo franco sabbioso (633 g kg⁻¹ sabbia, 232 g kg⁻¹ limo, 135 g kg⁻¹ argilla nell'appezzamento 1; 682 g kg⁻¹ sabbia, 159 g kg⁻¹ limo, 159 g kg⁻¹ argilla nell'appezzamento 2) con un pH (H₂O) medio di 7,8 e un contenuto di sostanza organica inferiore a 20 g kg⁻¹.

La selezione degli appezzamenti è stata effettuata anche in funzione del regime di apporti nutrizionali ricevuti in passato.

Nel mese di dicembre 2010 (T0) nell'appezzamento 1 sono state selezionate 10 piante, che ben rappresentavano la realtà della zona per quanto concerne produzione e qualità dei frutti. Per ciascuna delle 10 piante selezionate sono stati rilevati il numero di branche e la circonferenza di ciascuna branca. La circonferenza media della branca era il dato necessario per l'applicazione delle due regressioni che hanno consentito di stimare, separatamente, la consistenza della biomassa verde e della biomassa legnosa (s.s. kg pianta⁻¹) di ciascuna branca (Roccuzzo *et al.*, 2012). Per stimare la biomassa del tronco sono state misurate le circonferenze basali, apicali e l'altezza del tronco dalla superficie del terreno; il volume è stato calcolato come tronco di cono ed il valore ottenuto è stato moltiplicato per la densità media del legno (0,708 kg m⁻³), ricavata da campionamenti distruttivi di 5 tronchi di piante contigue a quelle indice.

La conoscenza del numero medio di branche, della loro circonferenza e del numero di piante per ettaro ha consentito di ottenere una stima dei valori di biomassa (kg ha⁻¹). Moltiplicando il peso secco di ciascun organo della pianta per il suo specifico contenuto in elementi nutritivi, ricavato da un database precedentemente ottenuto (tab. 1), è stato possibile calcolare il contenuto totale di nutrienti della biomassa. Nel dicembre 2011 (T1), ad un anno di distanza, sono stati ripetuti i medesimi rilievi sulle piante selezionate, ricavando l'incremento annuale netto delle dimensioni degli organi rilevati e, conseguentemente, l'incremento della biomassa e del relativo contenuto in elementi nutritivi. Nel febbraio 2011 è stata rilevata l'entità della produzione e determinato il peso secco dei frutti.

Durante l'estate sono stati rilevati i dati sulla biomassa rimossa con la potatura; la quantificazione della biomassa delle foglie abscisse è stata effettuata sulla base della biomassa fogliare precedente e del tempo medio di residenza delle foglie sull'albero, desunta da pregresse esperienze. L'abscissione delle foglie inizia generalmente in marzo, con il suo massimo ad inizio estate, e si conclude alla fine di agosto.

Tab. 1 - Concentrazione in elementi nutritivi degli organi di piante di arancio "Tarocco". I dati (sulla s.s.) sono medie \pm errore standard. Tra parentesi sono riportati i valori minimi e massimi. (Modificata da Rocuzzo *et al.*, 2012).

Tab.1 - Nutrient concentration of 'Tarocco' orange trees organs. Concentration data (based on d.w.) are averages \pm standard error. Data in parenthesis refer to minimum and maximum values. (Modified from Rocuzzo *et al.*, 2012).

Organo	N	P	K	Ca	Mg	Fonte****
	mg g ⁻¹					
Tronco e branche (in inverno) *	6,6 \pm 0,1 (6,2-7,4)	0,44 \pm 0,03 (0,4-0,5)	1,2 \pm 0,08 (0,9-1,6)	17,3 \pm 0,6 (14,9-20,0)	1,2 \pm 0,1 (0,9-1,7)	1,4
Foglie (in inverno) **	22,8 \pm 0,3 (21,3-25,5)	1,2 \pm 0,1 (1,0-1,5)	5,2 \pm 0,5 (2,6-7,5)	45,3 \pm 1,4 (35,8-48,4)	3,3 \pm 0,1 (2,7-3,8)	1, 2, 4
Frutti (alla raccolta)	10,6 \pm 0,2 (7,2-11,1)	1,3 \pm 0,03 (0,9-1,5)	6,6 \pm 0,1 (5,3-8,4)	4,6 \pm 0,2 (3,0-7,7)	0,8 \pm 0,03 (0,7-1,0)	1, 3, 4
Materiale di potatura (succhioni) ***	11,9 \pm 0,2 (11,6-12,3)	1,5 \pm 0,04 (1,4-1,6)	6,9 \pm 0,2 (6,5-7,2)	20,3 \pm 0,5 (19,3-20,8)	2,0 \pm 0,1 (1,8-2,1)	1,4
Foglie abscisse	15,4 \pm 0,8 (14,7-18,9)	1,0 \pm 0,1 (0,9-1,3)	2,0 \pm 0,3 (1,6-3,2)	77,2 \pm 6,1 (66,3-96,1)	3,9 \pm 0,2 (3,3-4,5)	4

* Valori medi di legno di età differente; media ponderata sul peso secco di diversi organi sul totale degli organi legnosi

** Valori medi di foglie di età differente; media ponderata sul peso secco (foglie di due anni, foglie primaverili di un anno, foglie di un anno dei flussi estivo e autunnale) sul totale della biomassa fogliare

*** Rimosso in estate

**** Fonte e numerosità: 1. Analisi dei campioni dell'appezzamento 1. N=10; 2. Intrigliolo *et al.*, 1981; 3. Rapisarda *et al.*, 1995; 4. Database CRA-ACM

I dati relativi all'appezzamento 2, oggetto di un'altra sperimentazione pluriennale, sono stati ricavati in base all'esperienza pregressa e all'incremento medio annuale delle dimensioni delle branche, pari al 2,10%. Per la stima della produzione di frutti e della biomassa rimossa con la potatura estiva sono stati utilizzati dati storici, mentre la stima della biomassa delle foglie abscisse è stata calcolata analogamente a quanto realizzato nell'appezzamento 1.

Dinamica annuale di assorbimento dei nutrienti

Questa parte dello studio è stata incentrata sulle dinamiche di assorbimento e distribuzione dei nutrienti nei germogli e nei frutti durante la stagione ed è stata realizzata nell'appezzamento 1. È stato contato il numero di germogli presenti su una branca di ciascuna pianta indice ed è stato stimato il numero totale di germogli per pianta, moltiplicando il numero di germogli di una branca per il numero di branche.

È stata effettuata una serie di campionamenti distruttivi di 10 germogli per pianta nelle seguenti date: 12/4, 12/5, 11/6, 12/7, 11/8, 13/9, 12/10, 12/11, 13/12 nel 2010 e 12/1, 21/2 nel 2011.

A partire dall'11 giugno 2010 è stato contato il numero di frutti presenti su una branca delle piante indice; tale valore è stato moltiplicato per il numero di branche totali per stimare il numero totale di frutti per pianta. Sono stati prelevati 5 frutti per pianta, secondo lo stesso calendario adottato per il campionamento dei germogli, fino alla raccolta commerciale (21/2/2011).

I germogli ed i frutti prelevati sono stati essiccati in stufa a 105 °C fino a peso costante, per determinarne il peso secco, quindi macinati. Una aliquota di 0,2 g è stata utilizzata per la determinazione del contenuto in N con il metodo micro-Kjeldahl (Büchi Distillation Unit K370), mentre un'altra aliquota di 1 g è stata incenerita in muffola a 550 °C, portata in soluzione con HNO₃ (soluzione 1% v/v) e analizzata mediante ICP-OES (Perkin Elmer, Italia) per la determinazione del contenuto in P, K, Ca e Mg.

I dati di concentrazione sono stati moltiplicati per il peso secco totale dei germogli e dei frutti per ottenere il contenuto in nutrienti (kg organo⁻¹ ha⁻¹).

Risultati e discussione

Nel primo appezzamento, l'incremento medio rilevato della circonferenza delle branche all'inserzione del tronco ($T_1 - T_0$) è stato di cm $0,46 \pm 0,01$ (e.s.), pari all'1,94 % della circonferenza iniziale (tab. 2). Nel primo e nel secondo appezzamento è stata rimossa attraverso la potatura estiva, rispettivamente, una biomassa pari a 1.084 e 1.537 kg ha⁻¹ (s.s.) (tab. 2). La produzione totale di frutti è risultata di 15.670 kg ha⁻¹ (con una s.s. pari al 17,8%) nell'appezzamento 1, e di 36.480 kg ha⁻¹ (s.s. 18,6%) nell'appezzamento 2.

Con le regressioni 1 e 2, le informazioni sul numero medio di branche per pianta (tab. 2) e sul numero di piante per ha (416 nei due casi) è stato possibile determinare le quantità di biomassa e nutrienti annualmente accumulate nelle strutture dell'albero (tab. 3).

Tab. 2 - Dati medi rilevati o stimati negli appezzamenti 1 e 2 per il calcolo dell'incremento della biomassa epigea.
 Tab. 2 - Observed or estimated data in field 1 and 2 to calculate above ground biomass increase.

Appezzamento	Circonferenza medi branca T0 (cm)	Circonferenza media branca T1 (cm)	Numero medio branche	Produzione frutti (kg S.F. ha ⁻¹)	Foglie caduche (% biomassa foglie T0)	Potatura estiva (kg S.S.ha ⁻¹)
1	23,6	24,1	3,6	15.670	38	1.084
2	28,1	28,7	3,4	36.480	38	1.537

L'incremento annuale di biomassa delle strutture legnose ha rappresentato il 13% e il 10% del totale negli appezzamenti 1 e 2, rispettivamente. L'incremento della biomassa fogliare ha rappresentato, invece, una piccola percentuale del totale (1-2%). Il maggiore livello produttivo dell'appezzamento 2 ha spostato verso i frutti una maggiore quantità della biomassa annuale (61%) rispetto a quanto riscontrato nell'appezzamento 1 (47%). Proporzionalmente la frazione di incremento annuale di biomassa dovuta al materiale di potatura e alle foglie abscisse (tab. 3) è stata maggiore nell'appezzamento 1 (38%) rispetto all'appezzamento 2 (27%).

Per quanto riguarda la ripartizione dei nutrienti, anche in questo caso, il maggiore carico produttivo nell'appezzamento 2 ha comportato lo spostamento di quantità maggiori verso i frutti. Ad esempio per il K, il 74% delle quantità assorbite e ripartite nella parte aerea, è stato ritrovato nei frutti, mentre nell'appezzamento 1 tale dato corrispondeva solo al 62%. Questo andamento è stato osservato, seppure a livelli più bassi, anche per N e P, che ha mostrato valori assoluti di assorbimento molto limitati (7 e 13 kg ha⁻¹).

L'elemento assorbito in maggiore quantità è stato il Ca (143-203 kg ha⁻¹), anche se una parte rilevante (71-78%) di tali quantitativi è ritornata al suolo attraverso le foglie abscisse ed il materiale di potatura.

Stesso fenomeno era possibile notare per il Mg, anche se in minor misura (55-66%).

I germogli dell'anno, il cui numero per pianta è variato da 1.286 a 2.225, hanno rapidamente incrementato la loro biomassa sino a giugno, diminuendo il ritmo di crescita, che si è arrestato in ottobre. La crescita dei frutti è stata più graduale sino alla raccolta; il ritmo di accumulo di sostanza secca nei frutti è stato particolarmente alto per tutta l'estate, riducendosi gradualmente sino a febbraio (Rocuzzo *et al.*, 2012).

L'andamento complessivo dell'incremento della biomassa annuale (germogli e frutti) ha mostrato una prima fase di crescita vigorosa, corrispondente a quella della vegetazione primaverile, seguita da una fase di crescita più graduale sino a novembre (fig. 1). A partire dal mese di novembre il leggero aumento di biomassa delle piante era ad esclusivo carico dei frutti, indicando che a partire da tale data le piante sono entrate in una fase di ridotta attività metabolica (dati non riportati).

La dinamica degli elementi ha mostrato per l'N una fase di assorbimento sino a settembre-ottobre e la successiva rimobilizzazione a partire da novembre (fig. 1). I dati del P hanno rivelato un assorbimento rapido sino a luglio e di minore entità da agosto ad ottobre; i quantitativi sono sembrati parimente distribuiti tra germogli e frutti (dati non riportati).

Tab. 3 - Incremento annuo stimato della biomassa (sostanza secca) epigea e delle quantità di nutrienti assorbite e ripartite nella parte aerea dei 2 appezzamenti.

Tab. 3 - Estimate of annual biomass increment (dry weight) and nutrients uptake in above ground organs in field 1 and 2.

Appezzamento	Organo	Incremento biomassa		N		P		K		Ca		Mg	
		kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%
1	Tronco, branche, rametti	783,7	13	5,17	8	0,34	5	0,94	3	13,56	9	0,94	9
	Nuove foglie	100,2	2	2,28	3	0,12	2	0,52	2	4,54	3	0,33	3
	Foglie caduche	1.170,3	20	18,02	27	1,18	17	2,34	8	90,35	63	4,56	45
	Potatura estiva	1.084,2	18	12,9	19	1,63	24	7,48	25	22,01	15	2,17	21
	Frutti	2.789,0	47	29,56	44	3,63	53	18,41	62	12,83	9	2,23	22
	Totale	5.927,4	100	67,95	100	6,9	100	29,69	100	143,28	100	10,23	100
2	Tronco, branche, rametti	1.151,7	10	7,6	6	0,51	4	1,38	2	19,92	10	1,38	9
	Nuove foglie	145,6	1	3,32	3	0,17	1	0,76	1	6,6	3	0,48	3
	Foglie caduche	1.487,5	13	22,91	18	1,5	11	2,98	5	114,84	56	5,8	36
	Potatura estiva	1.537,0	14	18,29	15	2,31	17	10,61	18	31,2	15	3,07	19
	Frutti	6.778,0	61	71,85	58	8,81	66	44,73	74	31,18	15	5,42	34
	Totale	11.099,8	100	123,97	100	13,3	100	60,45	100	203,74	100	16,16	100

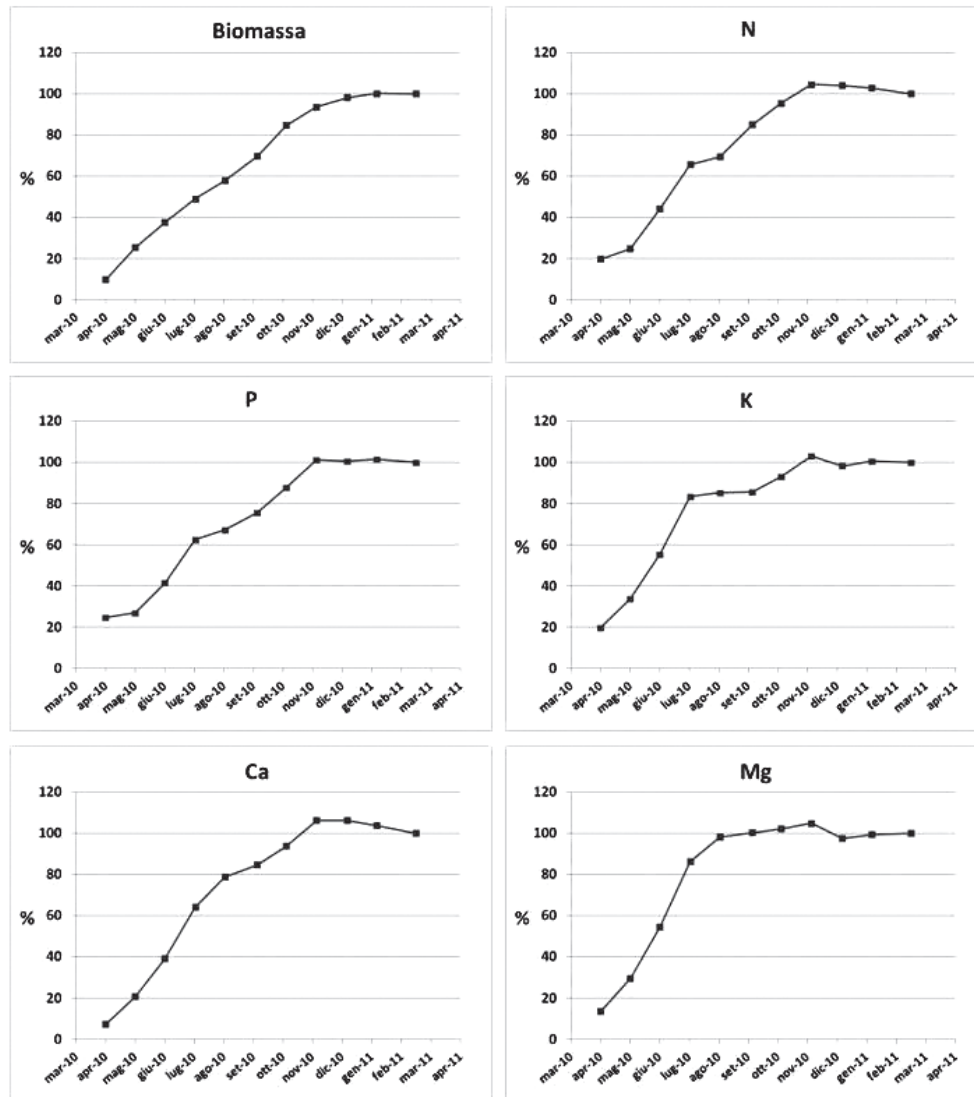


Fig. 1 - Dinamica annuale di incremento della biomassa epigea (frutti + germogli) e del suo contenuto in nutrienti (N, P, K, Ca, Mg) delle piante di arancio nell'appezzamento 1 (dati espressi come percentuale della quantità finale).

Fig. 1 - Annual trend of above ground biomass (fruits + shoots) and nutrients (N, P, K, Ca, Mg) increase of orange trees in field No 1 (data are shown as a percentage of final amounts).

Anche per il K l'assorbimento è stato rapido sino a luglio, quindi ha subito una stasi fino a settembre e una leggera ripresa fra ottobre e novembre. A partire da agosto la diminuzione dei quantitativi riscontrati nei germogli e il relativo incremento dell'elemento nei frutti ha mostrato chiaramente la rimobilizzazione verso questi (dati non riportati).

Ca e Mg sono risultati elementi contenuti prevalentemente nelle parti vegetative (90% e 75% del contenuto totale nelle piante, rispettivamente, alla fine del ciclo). La concentrazione di Ca nei frutti di arancio (tab. 1) è risultata abbastanza alta se comparata a quanto riportato da Tagliavini *et al.* (2000) per gli altri fruttiferi, che tendono ad accumulare nei frutti più K rispetto agli agrumi.

Le radici non sono state considerate nello studio. È

noto che la biomassa radicale in piante adulte varia tra il 22 ed il 33 % della biomassa totale, se analizzata dopo la raccolta (Kato *et al.*, 1984; Feigenbaum *et al.*, 1987; Morgan *et al.*, 2006), ma il quantitativo di nutrienti assorbiti che rimangono a livello radicale è, per lo meno per l'N, abbastanza basso e comunque inferiore al 10% del quantitativo totale assorbito annualmente (Feigenbaum *et al.*, 1987).

I dati ottenuti (tab. 3) sono in accordo con quanto precedentemente riscontrato (Roccuzzo *et al.*, 2012), seppure con differenze legate allo sviluppo delle piante e ai livelli produttivi. La produzione ha rappresentato, comunque, il 40-60% della biomassa prodotta annualmente; questo ha comportato delle variazioni nelle asportazioni stimate, visto il differente contenuto in elementi nutritivi nei vari organi (tab. 1).

Conclusioni

La conoscenza della dinamica di assorbimento degli elementi nutritivi nel corso della stagione è un prerequisito che consente la sincronizzazione dell'epoca di applicazione dei nutrienti con le esigenze delle piante. Ad eccezione di K e Mg, la dinamica di accumulo dei nutrienti negli organi epigei in fase di sviluppo (frutti e germogli) ha seguito quella della biomassa per gran parte della stagione. I nostri dati suggeriscono che N, P e Ca dovrebbero essere disponibili nel suolo per l'assorbimento radicale delle piante di arancio da aprile ad ottobre, mentre l'assorbimento del K sembra esaurirsi in luglio, con una temporanea ripresa in ottobre e novembre. Il Mg dovrebbe essere disponibile per l'assorbimento sino a luglio-agosto. Da novembre a febbraio i quantitativi di nutrienti presenti nella chioma delle piante sono rimasti stabili o sono diminuiti, indicando, così, che non si è verificato alcun assorbimento in questo periodo, quando è verosimile ipotizzare una traslocazione interna di N e K verso gli organi perenni o i frutti.

I dati relativi ai quantitativi globali di nutrienti assorbiti devono essere integrati con informazioni sul loro destino nell'ecosistema. Mentre gli elementi contenuti nei frutti e quelli immagazzinati nelle strutture della pianta lasciano direttamente o indirettamente il sistema, parte dei nutrienti assorbiti ritorna al suolo attraverso l'abscissione delle foglie, il materiale di risulta della potatura o la decomposizione radicale (Baddeley e Watson, 2005) e sono potenzialmente disponibili per essere nuovamente assorbiti dalle radici delle piante, dopo la loro decomposizione e mineralizzazione (Brunetto *et al.*, 2011; Dou *et al.*, 1997; Tagliavini *et al.*, 2007).

Il modello predittivo proposto consente, con la rilevazione di pochi dati (numero medio e circonferenza media delle branche, materiale eliminato con la potatura, foglie abscisse e produzione), in presenza di una banca dati di concentrazione dei nutrienti negli organi dell'albero, di ricavare le esigenze annuali di un agrumeto, per la definizione ponderata del piano di fertilizzazione.

Riassunto

I risultati di un precedente studio sulle relazioni allometriche tra la circonferenza della branca ed il peso degli organi legnosi e delle foglie sono stati utilizzati per calcolare le esigenze annuali di piante adulte di arancio [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] cv "Tarocco" in due agrumeti commerciali.

L'incremento dimensionale annuale delle branche

(1,94-2,10 %) ha comportato un aumento di biomassa variabile tra 880 e 1.300 kg ha⁻¹ (s.s.), la produzione ha rappresentato il 40-60% della biomassa prodotta annualmente. N, P e Ca dovrebbero essere disponibili nel suolo per l'assorbimento radicale delle piante di arancio da aprile ad ottobre, mentre l'assorbimento del K sembra esaurirsi in settembre.

Parole chiave: relazioni allometriche, assorbimento di nutrienti, biomassa, crescita.

Bibliografia

- BADDELEY J.A., WATSON C.A., 2005. *Influences of root diameter, tree age, soil depth and season on fine root survivorship in Prunus avium*. Plant and Soil 276: 15-22.
- BRUNETTO, G., VENTURA, M., SCANDELLARI, F., CERETTA, C.A., KAMINSKI, J., WELLINGTON DE MELO, G., TAGLIAVINI, M., 2011. *Nutrient release during the decomposition of mowed perennial ryegrass and white clover and its contribution to nitrogen nutrition of grapevine*. Nutrient Cycling in Agroecosystems 90: 299-308.
- COSTA C., MENESATTI P., PAGLIA G., PALLOTTINO F., AGUZZIC J., RIMATORI V., RUSSO G., RECUPERO S., REFORGIATO RECUPERO G., 2009. *Quantitative evaluation of Tarocco sweet orange fruit shape using optoelectronic elliptic Fourier based analysis*. Postharvest Biology and Technology 54: 38-47.
- DOU, H., ALVA, A.K., KHAKURAL, B.R., 1997. *Nitrogen mineralization from citrus tree residues under different production conditions*. Soil Science Soc. America J. 61: 1226-1232.
- EMBLETON T.W., REITZ H.J., JONES W.W., 1973. *Citrus Fertilization*. In: Reuther W. (ed) The Citrus Industry. University of California, Div. Agric. Sciences (Berkeley, CA, USA) 3: 122-182.
- FEIGENBAUM, S., BIELORAI, H., ERNER, Y., DASBERG, S., 1987. *The fate of ¹⁵N labeled nitrogen applied to mature citrus trees*. Plant and Soil 97: 179-187.
- HALL D., ALBRIGO L.G., 2007. *Estimating the relative abundance of flush shoots in Citrus with implications on monitoring insects associated with flush*. HortScience 42(2): 364-368.
- INTRIGLIOLO F., SCUDERI A., RACITI G., 1981. *Variazioni dei contenuti minerali nelle foglie dell'arancio "Tarocco" della linea nucellare nel corso dell'anno*. Tecnica Agric. 23(1-2): 3-19.
- INTRIGLIOLO F., TROPEA M., RACITI G., SSAMBUCCO G., GIUFFRIDA A. 1990. *Nutrizione minerale dell'arancio. 4° contributo: influenza delle concimazioni sulla nutrizione e sulla produzione del "tarocco" nucellare e vecchia linea*. Annali ist. Sperim. Agrumicoltura, xxiii:69-110.
- INTRIGLIOLO F., ROCCUZZO G., LACERTOSA G., RAPISARDA P., CANALI S., 1999. *Agrumi: modalità di campionamento per terreno, foglie, acque d'irrigazione e frutti. Valori analitici di riferimento*. C.U.E.C.M. (Catania), pp. 86.
- INTRIGLIOLO F., ROCCUZZO G., 2011. *Modern trends in Citrus pruning in Italy*. Adv. Hort. Science 25(3): 187-192.
- ISTAT, 2011. Home : consultazione dati : navigazione tra i dati : coltivazioni : coltivazioni legnose : agrumi http://agri.istat.it/sag_is_pdwout/jsp/Introduzione.jsp?id=15A|21A|31A
- KATO, T., YAMAGATA, M., TSUKAHARA, S., 1984. *Storage forms and reservoirs of nitrogen used for new shoot development in Satsuma mandarin trees*. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 52: 393-398.
- LEGAZ F., PRIMO-MILLO E., PRIMO-YUFERA E., GIL C., 1981. *Dynamics of ¹⁵N-labelled nitrogen nutrients in Valencia orange trees*. Proc. Int. Soc. Citriculture 2: 575-582.
- MATTOS D. JR., GRAETZ D.A., ALVA A.A., 2003. *Biomass and*

- nitrogen-15 partitioning in citrus trees on a sandy entisol.* Soil Science Society of America Journal 67: 555-563.
- MORGAN, K.T., SCHOLBERG, J.M.S., OBREZA, T.A., WHEATON, T.A., 2006. *Size, biomass, and nitrogen relationships with sweet orange tree growth.* Journal of the American Society for Horticultural Science 131(1):149-156.
- OBREZA T.A., MORGAN K.T., 2008. *Nutrition of Florida Citrus trees.* University of Florida-IFAS SL 253, Soil and Water Science Department (USA), 96 pp.
- RAPISARDA P., INTRIGLIOLO F., INTELISANO S., 1995. *Fruit mineral analysis of two "Tarocco" clones of sweet orange to estimate fruit mineral removals.* Acta Horticulturae 383: 125-133
- REFORGIATO RECUPERO G., CONTINELLA G., 2006. *I portinesti in agrumicoltura: evoluzione e prospettive.* Frutticoltura 68(1): 24-28.
- ROCCUZZO G., ZANOTELLI D., ALLEGRA M., GIUFFRIDA A., TORRISI B., LEONARDI A., QUIÑONES A., INTRIGLIOLO F., TAGLIAVINI M., 2012. *Assessing nutrient uptake by field-grown orange trees.* European J. Agron. 41: 73-80.
- TAGLIAVINI, M., ZAVALLONI, C., ROMBOLÀ, A.D., QUARTIERI, M., MALAGUTI, D., MAZZANTI, F., MILLARD, P., MARANGONI, B., 2000. *Mineral nutrient partitioning to fruits of deciduous trees.* Acta Horticulturae 512: 131-140.
- TAGLIAVINI, M., TONON, G., SCANDELLARI, F., QUIÑONES, A., GIOACCHINI, P., PALMIERI, S., MENARBIN, G., MASIA, A., 2007. *Nutrient release during the decomposition of abscised leaves and mowed grasses in an apple (Malus domestica) orchard.* Agriculture, Ecosystems & Environment 118: 191-200.

Messa a punto di substrati colturali idonei alla produzione in biologico di portinnesti di agrumi

Thaer Yaseen¹, Anna Maria D'Onghia^{1*}, Vincenzo Verrastro¹, Maria Luisa Calabretta² e Francesco Intrigliolo²

¹ Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes / Istituto Agronomico Mediterraneo di Bari (CIHEAM/IAMB), Valenzano (BA)

² Consiglio per la Ricerca e Sperimentazione in Agricoltura - ACM Centro di Ricerca per l'Agrumicoltura e le Colture Mediterranee, Acireale (CT)

Setting up of growing media suitable for organic production of citrus rootstocks

Abstract. In this work were evaluated two organic growing media, in which the peat has been partly substituted with organic soil improvers. The effects of a commercial soil improver (ECOS) and an experimental one (COMPAS) were evaluated in comparison with IAM-C growing media, for the development of organic growing media with low peat content, suitable for the development and production of organic citrus rootstocks. In both organic growing media, the percentage of peat has been reduced up to 15%, an organic fertilizer was added (0.5%) and pH was acidified with elemental sulfur (0.16%). The results obtained showed that the use of organic soil improvers as a partial substitute of peat represents a valid alternative to traditional organic growing media, normally manufactured with high peat percentages.

Key words: nursery, soil improver, peat, compost.

Introduzione

Nell'ultimo decennio, in Italia, si è assistito ad un progressivo incremento delle superfici destinate all'agrumicoltura condotta secondo il metodo biologico, sia attraverso la riconversione di vecchi impianti sia con la costituzione di nuovi agrumeti. Per questi ultimi, però, non è stato possibile disporre di materiale vivaistico prodotto secondo quanto stabilito dalla normativa europea per le produzioni biologiche (reg. CE 834/2007 e reg. CE 889/2008). Per avere materiale vivaistico 'in biologico' occorre che i materiali di riproduzione vegetativa (piante porta-seme, sementi e

piante porta-marze) siano ottenuti senza l'impiego di organismi geneticamente modificati e/o prodotti derivati da tali organismi e allevati 'in biologico' per almeno due cicli colturali.

Nel caso specifico degli agrumi, il materiale vivaistico deve essere prodotto in contenitore per soddisfare sia i requisiti sanitari previsti nella categoria CAC (D.M. 14/4/1997) e certificato 'virus controllato' e 'virus esente' (D.M. 20/11/2006), sia quelli richiesti dalla normativa sull'agricoltura biologica (reg. CE 834/2007 e reg. CE 889/2008).

L'allevamento degli agrumi in vaso permette di ottenere una migliore gestione della fertilità e un controllo più efficace dei patogeni tellurici, che rappresentano un limite importante per il buon esito della produzione vivaistica. Inoltre, per queste specie, la cui moltiplicazione si realizza anche per talea semilegnosa, l'uso di piante innestate su semenzali non richiede l'utilizzo di sostanze ormonali di sintesi per favorire la radicazione.

Per ciò che riguarda i substrati colturali, nella preparazione delle miscele è fondamentale ridurre significativamente il quantitativo di torba, trattandosi di una risorsa naturale non rinnovabile, ed utilizzare in alternativa matrici di qualità. Infatti, è importante impiegare ammendanti di qualità e fertilizzanti organici idonei allo sviluppo delle diverse specie di agrumi (Canali *et al.*, 2012), tenendo conto anche della facile reperibilità di queste matrici sul mercato a costi contenuti. Inoltre, la composizione organica del substrato migliora la crescita delle piante e le rende meno suscettibili alle infezioni dagli agenti patogeni tellurici (Ayodele, 1997; Muhammad *et al.*, 2001).

Ad oggi, non sono disponibili substrati colturali per l'allevamento biologico delle piante di agrumi in vivaio che permettano di operare nel rispetto della disciplina europea. Per far fronte a questa necessità e rispondere alle attese del comparto vivaistico agrumi-

* donghia@iamb.it

colo che intende operare in regime biologico, l'Istituto Agronomico Mediterraneo di Bari (IAMB) e il Centro di Ricerca per l'Agrumicoltura e le Colture Mediterranee (CRA-ACM) di Acireale hanno avviato, nell'ambito del progetto RAVAGRU, delle prove sperimentali in serra, al fine di valutare diverse matrici di qualità per la produzione di substrati biologici idonei all'allevamento dei portinnesti di agrumi.

Materiali e metodi

L'attività sperimentale ha riguardato sia la scelta dei siti e delle condizioni sperimentali in cui effettuare le prove, sia la messa a punto di idonei substrati di coltivazione a basso contenuto in torba adatti per la produzione in biologico di piante di agrumi.

Sono state condotte due prove: Prova 1 presso lo IAMB, in serra termocondizionata; Prova 2 presso il CRA-ACM, in serra fredda. In entrambe le prove è stato seguito uno schema sperimentale a blocco randomizzato con 20 repliche per ciascun substrato.

Per la preparazione dei substrati biologici sono stati utilizzati come matrici organiche:

- ammendante organico commerciale a base di residui RSU da raccolta differenziata, senza fanghi di depurazione "ECOS" (Berco s.r.l.), scelto per il basso livello di metalli pesanti e certificato per l'agricoltura biologica;
- ammendante sperimentale "Compost da Pastazzo" (COMPAS), prodotto dal CRA-ACM ed ottenuto dagli scarti di lavorazione degli agrumi (Calabretta *et al.*, 2004).

Per la preparazione delle miscele è stato utilizzato come substrato di riferimento quello a base prevalente di torba 'IAMB-C', composto anche da sabbia, come materiale inerte, e da Guanito (fertilizzante organico commerciale a base di pollina, Ital Pollina S.p.A.) come matrice organica di base.

Le tesi a confronto (tab. 1) sono state:

- ECOS: substrato base con l'aggiunta di ammendante ECOS, in ragione del 30%;
- COMPAS: substrato base con l'aggiunta di ammendante COMPAS, in ragione del 30%;
- IAMB-C: substrato base, come controllo.

Per evitare l'effetto fitotossico del 'Guanito' sui semenzali, durante la fase di preparazione dei substrati si è proceduto ad aggiungere una dose minima pari allo 0,5% (D'Onghia *et al.*, 2009). Tutti i substrati sono stati analizzati per valutarne le caratteristiche fisico-chimiche: il pH (in H₂O 1:2,5), la conducibilità elettrica EC 1:10 a 25 °C, la densità relativa e la capacità di ritenzione idrica, la sostanza organica, il carbonio organico, l'azoto totale e calcolato, il C/N, il

Tab. 1 - Percentuali dei componenti dei substrati colturali biologici oggetto di studio.

Tab. 1 - Percentage of the components of the studied organic growing media.

ECOS	%	COMPAS	%	IAMB-C	%
Sabbia sterile	20	Sabbia sterile	20	Sabbia sterile	20
Perlite	15	Perlite	15	Perlite	15
Pomice	20	Pomice	20	Pomice	20
Torba	15	Torba	15	Torba	45
ECOS	30	COMPAS	30		
Zolfo	0,16	Zolfo	0,16	Zolfo	0,16
Guanito	0,50	Guanito	0,50	Guanito	0,50
Microelementi	0,02	Microelementi	0,02	Microelementi	0,02

fosforo, il potassio e il magnesio.

Per entrambe le prove, il seme è stato raccolto da piante portaseme di arancio amaro (*Citrus aurantium* L.), allevate in biologico, presso strutture a rete a prova d'insetto dello IAMB ed è stato trattato con una soluzione rameica al 50%, seguendo la procedura descritta da Salama *et al.* (2008).

I semenzali di arancio amaro ottenuti nelle prove di germinazione sono stati trapiantati nei substrati dopo un anno per la Prova 1 e dopo un mese per la Prova 2.

I parametri di valutazione, misurati a intervalli mensili nell'arco di un anno, per la prova 1 (dicembre 2008-dicembre 2009) e di otto mesi per la prova 2 (maggio-dicembre 2009), sono stati: la crescita delle piante in altezza, i valori dell'intensità della colorazione verde delle foglie (SPAD, Minolta) e la comparsa sulle foglie di sintomi di squilibri nutrizionali.

Risultati e discussione

L'esito delle analisi, condotte in entrambe le prove sulle miscele con ammendanti, ha evidenziato valori iniziali di pH molto alti rispetto a quello del substrato IAM-C (6,6): 7,9 nel caso del substrato a base di ECOS e 8,2 in quello con il COMPAS (tab. 2). La presenza dell'ammendante, infatti, innalza notevolmente il pH perché alto è il pH di queste matrici e più bassa è la quantità di torba in grado di acidificare la miscela, come invece avviene nello IAM-C. Per intervenire sul pH basico delle miscele con ammendante è stato utilizzato lo 0.16% di zolfo elementare (El-Sayed *et al.*, 2008) che ha portato il valore finale di pH intorno a 7.

Prova 1

Nei primi 5 mesi di prova in serra termocondizionata la crescita in altezza delle piante (fig. 1) è risultata inferiore nella tesi con la miscela COMPAS, anche

Tab. 2 - Caratteristiche chimico-fisiche dei substrati colturali biologici oggetto di studio.

Tab. 2 - Chemical and physical characteristics of the studied organic growing media.

Parametri	Unità	ECOS	COMPAS	IAMB-C
pH (in H ₂ O 1:2.5)		7,9	8,2	6,6
EC (1:10 at 25 °C)	dS/m	0,49	0,36	0,36
Carbonio organico	g/kg s.s.	102,4	64,5	66,4
Sostanza organica	g/kg s.s.	176,5	111,2	114,5
Azoto totale	g/kg s.s.	4,6	4,0	3,2
C/N		22,3	16,1	20,8
P ₂ O ₅	mg/kg s.s.	25,1	11,7	30,9
K	mg/kg s.s.	308,6	282,5	400
Mg	mg/kg s.s.	600	670	750
Densità relativa	g/cm ³	0,75	1,06	0,85
Capacità di mantenimento dell'acqua	% H ₂ O/s.s.	104,2	54,8	90,4

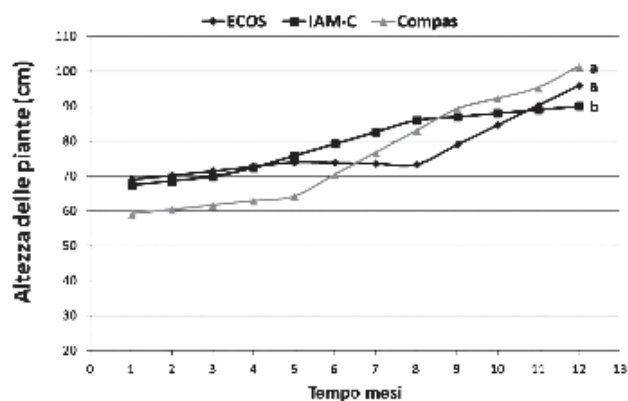


Fig. 1 - Confronto sulla crescita di semenzali di arancio amaro allevati in diversi substrati colturali biologici. A lettere diverse corrisponde significatività per $p \leq 0,05$ (test di Duncan).

Fig. 1 - Comparison of statistical results of the growth of sour orange seedlings grown in the organic growing. Mean separation was performed according to Duncan test at $P \leq 0,05$.

se un incremento sostanziale è stato osservato su tutte le tesi. Nei mesi seguenti, sino al termine della prova (1 anno), l'incremento in altezza ottenuto nelle piante con miscela COMPAS è stato continuo e maggiore rispetto a quello conseguito nelle piante allevate nella altre 2 miscele. Alla fine della prova i valori in altezza ottenuti nelle piante con miscele a base di ammendanti sono risultati statisticamente maggiori rispetto a quelli ottenuti con il substrato di riferimento IAMB-C. Tale differenza non è stata, invece, significativa tra le piante con i due substrati COMPAS ed ECOS.

L'analisi statistica dei valori dello SPAD, ottenuti su tutte le piante nei tre substrati, non ha mostrato una differenza significativa e non è stata osservata alcuna sintomatologia di squilibrio nutrizionale a carico delle foglie in tutto il periodo della sperimentazione.

Tab. 3 - Parametri rilevati nella Prova 2. A lettere diverse corrisponde significatività per $p \leq 0,05$ (test di Duncan).

Tab. 3 - Detected parameters in Trial 2. Mean separation was performed according to Duncan test at $P \leq 0,05$.

Miscela	Altezza piante (cm)	SPAD
ECOS	22,1 b	47,37 b
COMPAS	19,9 b	45,68 b
IAMB-C	38,3 a	55,98 a

Prova 2

A differenza della prova 1, le condizioni ambientali diverse, quali serra non riscaldata e precoce trapianto delle piantine ad un solo mese, hanno determinato la morte di diversi semenzali, in egual misura per i tre substrati, non consentendo il protrarsi della prova oltre gli otto mesi.

I dati di accrescimento finale (tab. 3), pur considerando le differenze fra le due prove, confermano, in parte, quanto ottenuto nella prova 1 nei primi otto mesi: un maggiore sviluppo in altezza delle piante allevate nel substrato IAMB-C. Le differenze sono state statisticamente significative a favore di questo substrato rispetto agli altri due; stesso risultato è stato conseguito anche per i valori dello SPAD.

Conclusioni

Dai risultati ottenuti si evince che i substrati utilizzati in questo lavoro, con l'aggiunta di ammendanti in parziale sostituzione della torba, rappresentano una valida alternativa al substrato biologico IAMB-C, in cui la torba rappresenta il 45% del volume del substrato. Infatti, le piante allevate nelle miscele con ammendante hanno registrato una crescita maggiore rispetto alla IAMB-C ed uno stato nutrizionale ottimale. Questi risultati confermano quanto riscontrato da Torrisi *et al.* (2004) sulla valutazione di substrati con ammendanti da impiegare negli agrumi ornamentali. La notevole riduzione della componente torba in entrambi i substrati costituisce un risultato significativo tanto dal punto di vista ambientale quanto da quello economico, in quanto trattasi di risorsa non rinnovabile con costi di produzione molto elevati. Questo lavoro ha evidenziato le potenzialità del COMPAS per la produzione di substrati colturali biologici, utilizzando lo scarto dell'industria agrumaria destinato altrimenti allo smaltimento.

In considerazione dei risultati molto promettenti conseguiti in questo lavoro, è auspicabile procedere alla valutazione dei substrati con ammendanti utilizzando anche altri portinnesti di agrumi e piante innestate. Inoltre, è di fondamentale importanza validare in vivaio l'efficacia di questi substrati nelle diverse

fasi del ciclo produttivo, al fine di fornire ai vivaisti i substrati più idonei all'allevamento di piante di agrumi in biologico.

Riassunto

Due substrati biologici, in cui la torba è stata parzialmente sostituita con ammendanti, uno commerciale (ECOS) ed uno sperimentale (COMPAS), sono stati confrontati con il substrato IAMB-C a base di torba. In entrambi i substrati la percentuale di torba è stata ridotta al 15%, è stato aggiunto un fertilizzante organico (0,5%) e il pH è stato acidificato con zolfo elementare (0,16%). I risultati ottenuti con i substrati sperimentati hanno mostrato come l'utilizzo di ammendanti biologici, in parziale sostituzione della torba, rappresenti una valida soluzione nel vivaismo agrumicolo.

Parole chiave: vivaismo, ammendante, torba.

Bibliografia

- AYODELE V. I., 1997. *Substrates for production of ornamentals in Nigeria*. Proceedings of the 15th Hortson Conference, Ago, Iwoye, Ogun State, Nigeria.
- CALABRETTA M. L., TITTARELLI F., TRINCERA A., DI BARTOLOMEO E., DE SIMONE C., PIERANDREI F., GIUFFRIDA A., REA E., INTRIGLIOLO F., 2004. *Citrus waste as matrix for compost production*. Proc. 10th Int. Soc. Citriculture Congress, Agadir (Morocco) 15-20 February 2004, (2): 663-667.
- CANALI S., ROCCUZZO G., TITTARELLI F., CIACCIA C., STAGNO F., INTRIGLIOLO F., 2012. *Organic citrus: soil fertility and plant nutrition management*. In: Advances In Citrus Nutrition. Srivastava A.K. (Ed.), Springer-Verlag, The Netherlands.
- D'ONGHIA A. M., ISMAIL A. M., YASEEN T., IPPOLITO A. and NIGRO F., 2009. *Guano biofertilizer in the biological control of Verticillium wilt of olive plantlets*. Atti del 15° Convegno Nazionale della Società Italiana di Patologia Vegetale, Locorotondo (Bari), 28 Settembre - 1 Ottobre: 198.
- EL-SAYED M., D'ONGHIA A. M., CALABRETTA M. L., VERRASTRO V., INTRIGLIOLO F., 2008. *Plant compost as a peat moss-substitute in growing media for the production of organic citrus rootstocks*. Proceeding of the 11th International Society of Citriculture, Wuhan (China) 2 -30 Ottobre, (2): 973.
- MUHAMMAD S., SUBERU H. A., AMUSA N. A., AGAJI M. D., 2001. *The effect of soil amendment with sawdust and rice husks on the growth and incidence of seedling blight of Tamarrindus indica linn caused by Macrophomina phaseolina and Rhizoctonia solani Moor*. J. Agr. Res., 2: 40-46.
- REG. CE n. 834/2007 DEL CONSIGLIO del 28 giugno 2007 relativo alla produzione biologica e all'etichettatura dei prodotti biologici e che abroga il regolamento (CEE) n. 2092/91. Gazzetta ufficiale dell'Unione europea n. L 189: 1-23.
- REG. CE n. 889/2008 DELLA COMMISSIONE del 5 settembre 2008 recante modalità di applicazione del regolamento (CE) n. 834/2007 del Consiglio relativo alla produzione biologica e all'etichettatura dei prodotti biologici, per quanto riguarda la produzione biologica, l'etichettatura e i controlli. Gazzetta ufficiale dell'Unione europea n. L 250: 1-84.
- SALAMA A. E., YASEEN T., CIRVILLERI G., IPPOLITO A., D'ONGHIA A. M., 2008. *Effects of organic treatments on the storage and use of sour orange seeds*. Proceeding of the 11th International Society of Citriculture, Wuhan (China) 26 -30 Ottobre 2008, (2): 921-924.
- TORRISI B., RECUPERO S., CALDARERA F., ALLEGRA M., INTRIGLIOLO F. 2004. *Comparison between different growing substrates for ornamental citrus trees*. Proc. 10th Int. Soc. Citriculture Congress, Agadir, Morocco, 1:220-222.