

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA



FACOLTA' DI AGRARIA
Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali

TESI DI LAUREA MAGISTRALE
IN SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE

**PROVE DI TALEAGGIO DI ROSA (*ROSA* × *HYBRIDA* 'LA
SEVILLANA') E GERANIO (*PELARGONIUM PELTATUM* 'VILLE
DE PARIS') SU SUBSTRATI CONTENENTI Lolla di RISO E
RESIDUI DI DIGESTATO ANAEROBICO**

Relatore: Dott. Giampaolo Zanin

Correlatore: Dott. Antonio Bassan

Laureando: Simone Tassinato

ANNO ACCADEMICO 2010-2011

*Ai miei genitori
per avermi sempre supportato e incoraggiato in tutto e per tutto*

*A mia nonna e a mia zia
per essermi sempre state vicine e avermi sempre incoraggiato*

INDICE

1. RIASSUNTO	3
2. ABSTRACT	5
3. INTRODUZIONE	7
3.1 I SUBSTRATI	7
3.1.1 Tipologie di substrati	10
3.2 LA TORBA	12
3.2.1 Il processo di formazione della torba	13
3.2.2 Tipologie di torbiere	14
3.2.3 Caratteristiche botaniche della torba	17
3.2.4 Caratteristiche fisiche generali	19
3.2.5 Caratteristiche chimiche generali	20
3.2.6 Caratteristiche biologiche generali	21
3.2.7 Metodi di raccolta e ripristino delle torbiere	22
3.2.8 Diffusione delle aree torbose nel mondo	24
3.2.9 Aspetti tecnici, economici e ambientali legati all'utilizzo della torba.....	28
3.3 LA LOLLA DI RISO.....	32
3.3.1 Caratteristiche chimico-fisiche della lolla	35
3.3.2 Lolla di riso fresca e semicarbonizzata.....	36
3.3.3 Lolla carbonizzata.....	36
3.3.4 Lolla compostata.....	37
3.3.5 Lolla parboiled.....	38
3.3.6 Lolla macinata	41
3.4 LA DIGESTIONE ANAEROBICA	43
3.4.1 Il digestato	44
3.4.2 Il digestato da borlanda di frutta.....	49
3.5 PREPARAZIONE DEI MISCUGLI	51
3.6 I MISCUGLI PER LA RADICAZIONE.....	53
3.7 LA ROSA	54
3.8 IL GERANIO	55

3.9 SCOPO DELLA PROVA	57
4. MATERIALI E METODI	59
4.1 GENERALITA' SULLA PROVA	59
4.2 ANALISI DEI SUBSTRATI.....	60
4.2.1 Caratterizzazione chimica	60
4.2.2 Caratterizzazione fisica	65
4.3 PROVA DI TALEAGGIO	65
4.4 ANALISI STATISTICA DEI DATI.....	71
5. RISULTATI E DISCUSSIONE	73
5.1 ANALISI CHIMICO-FISICHE DEI SUBSTRATI.....	73
5.2 PRIMO RILIEVO SULLA ROSA.....	82
5.3 SECONDO RILIEVO SULLA ROSA.....	85
5.4 RILIEVO SUL GERANIO.....	90
6. CONCLUSIONI	97
7. BIBLIOGRAFIA	99
FIGURE E FOTO	109

1. RIASSUNTO

La scelta dei substrati per la coltivazione di piante orticole e floricole è uno degli aspetti che più condizionano la qualità delle produzioni. A tale proposito la torba è stata uno dei primi materiali impiegati per questi scopi ed in poco tempo è diventata il substrato più diffuso nel settore. Questo materiale di origine vegetale, formatosi in seguito alla parziale decomposizione e stratificazione di specie vegetali che vivono in particolari situazioni di ristagno idrico, viene classificata in diversi modi. Le caratteristiche chimico-fisiche della torba dipendono da diversi fattori tra cui il tipo di vegetazione ed il grado di decomposizione dei vegetali da cui sono composte. Quelle che vengono tradizionalmente estratte per l'uso orto florovivaistico sono le torbe alte, bionde e brune. La torba però presenta un'eccessiva ritenzione idrica e per migliorare questo aspetto spesso viene mescolata con altri materiali. Inoltre, anche aspetti di ordine economico e ambientale hanno fatto sì che ci si dirigesse verso la ricerca di materiali che possano in parte sostituirla, come la lolla di riso, oppure i digestati anaerobici.

La lolla è un sottoprodotto della lavorazione del riso di colore giallo o marrone chiaro che svolge la funzione di proteggere e trattenere sulla spiga il chicco di riso. Essa si ricava dall'eliminazione del rivestimento esterno del riso che costituisce per l'appunto la lolla di riso. Questa circonda la cariosside ed è composta da due foglie modificate, la palea e la lemma, dette anche genericamente glumelle o glumette.

Il pressante problema dell'esauribilità del petrolio combinati ai costi di smaltimento degli scarti delle produzioni agricolo-industriali hanno costretto la società moderna ad utilizzare il più possibile le risorse messe a disposizione dalla natura, sfruttando ciò che fino a non molto tempo fa era considerato come scarto. Sfruttando la digestione anaerobica gli scarti sono diventati una fonte energetica, in quanto da tale processo si ricava un sottoprodotto, il "digestato" anaerobico, che potrebbe venire utilizzato come ammendante agricolo.

In questo lavoro è stata dapprima fatta una caratterizzazione chimica e fisica dei substrati a base di torba e lolla di riso a diverse percentuali in volume (0, 33, 67 e 100%), con o senza l'aggiunta di un 20% (in volume) di residui di digestione anaerobica di borlanda di frutta, che ha seguito i metodi analitici CEN del 1999 appositamente preparati per i substrati.

In seguito sono state condotte delle prove di taleggio in ambiente protetto su due

specie, ovvero la rosa paesaggistica (*Rosa ×hybrida* 'La Sevillana' Maigekanu rossa) e il geranio parigino (*Pelargonium ×hederipholium* 'Ville de Paris' rosso), allo scopo di valutarne la risposta di queste due specie in sede di moltiplicazione vegetativa.

In base ai risultati ottenuti con le analisi chimiche dei substrati si è riscontrato che all'aumentare della quantità di lolla nel substrato si sono avuti squilibri di nutrienti (più elevate concentrazioni di N-NH₄ e K, più contenute dell'N-NO₃, del Ca, Mg e S) rispetto ai substrati composti da sola torba, mentre l'aggiunta di digestati ha generalmente aumentato i contenuti degli stessi.

Le analisi fisiche hanno messo in evidenza che l'utilizzo di lolla macinata ha avuto l'effetto di diminuire la porosità per l'aria, ha aumentato la capacità di ritenzione idrica, l'acqua disponibile e quella facilmente disponibile, ma comunque non in misura tale da risolvere il problema dell'eccessiva porosità per l'aria e della scarsa capacità di ritenzione idrica peculiare della lolla intera. Inoltre, l'aggiunta di digestati nei substrati ha avuto l'effetto benefico di aumentare la ritenzione idrica diminuendo al contempo la porosità per l'aria.

Per quanto riguarda la prova di taleggio sulla rosa, al rilievo finale la percentuale di radicazione è stata influenzata solo dalla percentuale di lolla, con il 33% che ha dato risultati statisticamente simili ai substrati senza lolla, mentre con percentuali superiori l'attecchimento è risultato scendere di oltre il 10%. L'accrescimento delle talee, comunque, per alcuni parametri ha mostrato valori significativamente inferiori già al 33% e ancora inferiori con percentuali pari o maggiori al 67%. Per quanto riguarda la presenza dei digestati nei miscugli, essi hanno apportato degli elementi nutritivi che hanno significato, in linea di massima, migliori risultati sugli accrescimenti delle talee, mentre non hanno avuto influenze sulla percentuale di attecchimento.

In geranio si è visto che l'aumento percentuale di lolla nel substrato non ha comportato grosse influenze sulla percentuale di attecchimento delle talee, la quale è rimasta molto alta anche con il 100% di lolla. Anche la qualità delle talee (peso fresco e secco delle radici, del fusto, ecc.) è risultata buona in tutti i substrati contenenti lolla, a parte quelli con il 100% che hanno fornito risultati poco soddisfacenti per alcuni parametri (peso fresco e secco radicale, del fusto, ecc.). Infine, è stato visto che l'aggiunta dei digestati nei miscugli, contrariamente a quanto successo su rosa, nonostante abbia avuto le stesse percentuali di radicazione delle talee, queste hanno presentato caratteristiche peggiori.

2. ABSTRACT

Cuttings propagation of rose (*Rosa xhybrida* ‘La Sevillana’) and geranium (*Pelargonium peltatum* ‘Ville de Paris’) on growing media containing rice hulls and anaerobic digested residues

To choose substrate for horticultural and flower plants cultivation is one of aspects that have more influence on production quality. For this purpose peat has been one of first material used and in a short time it has become the most common substrate in this sector. This material of vegetal origin, formed as a consequence of partial decomposition and stratification of plant species that live in particular situation of water stagnation is classified in different way. The chemical-physical characteristics of peat depends on different factors among which the vegetation quality and the decomposition degree of plant that compose it. Those that traditionally are extracted for horticultural purposes are high, white and black peat. However peat presents an excessive water retention and in order to improve this aspect it is often mixed with other materials. Moreover, also economical and environmental factors brought to the search of material that may replace it, as rice hulls or anaerobic digested residues.

Rice hulls are a rice processing by-product of yellow or bright brown color that has the function to protect and hold the rice grain into the ear. It is extracted by a process of elimination of the external grain coating that is precisely rice hulls. This part encloses the caryopsis and it is composed of two modified leaves, palea and lemma.

The urgent problem of petrol exhaustion together with disposal costs of agricultural-industrial production led the modern society to use more and more the natural resources, exploiting what, until lately, was considered as waste to discharge. Exploiting the anaerobic digestion, discards become a source of energy, because this process creates a by-product, the anaerobic "digestate", that should be used as agricultural amendment.

In this work at first has been done a chemical and physical characterization of substrates with base of peat and rice hulls with different percentage in volume (0, 33, 67 e 100%), with or without addition of a 20% (by volume) of anaerobic digestion residues of fruit pomace, that has followed the analytical method CEN of 1999 specifically prepared for the substrates.

Afterwards some cutting trials, in protected environment on two species, have been

conducted in order to evaluate the response of these two species during vegetative propagation. The trial has been conducted on landscape rose (*Rosa ×hybrida* 'La Sevillana' Maigekanu red) and parisian geranium (*Pelargonium ×hederiphodium* 'Ville de Paris' red).

According to the obtained results with the chemical analysis of substrate it was found that increasing the rice hulls quantity on the substrate there has been nutritional imbalance (higher concentration on N-NH₄ and K, more restricted on N-NO₃, Ca, Mg and S) compared with substrate only composed of peat, whereas the digestate addition has generally increased their contents.

The physical analysis has been referred that ground rice hulls use had the effect to decrease the air porosity, increase the water retention capacity, available water and easy available water, however without solving the problem of excessive air porosity and of lower water retention peculiar of whole rice hulls. Moreover, the digestate addition into the substrate led to the beneficial result of increase the water retention, decreasing at the same time the air porosity.

Concerning the cutting trial, at the final survey the rooting percentage was influenced only by the rice hulls percentage, with 33% that gave results statistically similar to those of substrate without rice hulls, while with higher percentage the rooting decreased of more than 10%. However, some cutting parameters were significantly lower already at 33% and even lower with percentage equal or higher than those at 67%. Concerning the digestate presence into the mixture, they brought nutritive elements that gave, by and large, better results on cutting enhancement, while they do not have influences on rooting percentage.

With geranium the rice hulls increase into the substrate did not imply considerable influences on cutting enhancement percentage, which remained quite high also with 100% of rice hulls. Also the cutting quality (fresh or dry weight of root, of shoots, etc.) was good in all substrates containing rice hulls, except those with 100% that gave unsatisfactory results for some parameters (fresh or dry weight of root, of shoots, etc.). Finally it was observed that the digestate addition into the mixture, in opposition to what observed with the rose, nevertheless the same rooting percentage, they presented worse characteristics.

3. INTRODUZIONE

3.1 I SUBSTRATI

I substrati di coltivazione si possono definire come un insieme di materiali organici ed inorganici che vanno a costituire il terreno artificiale sul quale si accrescono le piante coltivate nei semenzai, nei vivai o in contenitore. Oppure, come materiale solido distinto dal suolo naturale, di sintesi o residuale, organico o minerale, che messo in contenitore, sia in forma pura che mescolato, permette l'ancoraggio del sistema radicale della pianta, svolgendo pertanto un ruolo di supporto per la pianta. Il substrato può intervenire o meno nel processo della nutrizione minerale della pianta (Vezzosi, 2003).

L'allevamento di piante in contenitore e l'utilizzazione di substrati alternativi al terreno non sono un fenomeno recente. Già nel 1892, la torba, il terriccio e gli aghi di pino erano utilizzati per la preparazione di mezzi di crescita per allevare le azalee. Tuttavia, le prime esperienze su larga scala risalgono agli anni '20, quando Laurie in Ohio (USA) sperimentò l'uso di torba e sabbia come mezzi di crescita per diversi tipi di piante. Fin dalle prime ricerche si è cercato di mettere a punto una tecnica che soddisfacesse al meglio le caratteristiche necessarie per un loro equilibrato sviluppo (Bartolini e Petrucelli, 1991).

Le piante allevate in contenitore hanno a disposizione un limitato volume entro cui poter accrescere il proprio apparato radicale, perciò si presentano con un rapporto chioma/radice non equilibrato.

Le richieste di acqua, aria ed elementi nutritivi, inoltre, sono molto maggiori rispetto alle coltivazioni in pieno campo e le piante si possono presentare stentate in conseguenza anche di un eccessivo accumulo di sali, inadeguato drenaggio e una scarsa aerazione.

Il substrato deve fornire alla pianta aria, acqua e nutrienti nonché supporto fisico alle sue radici ed essere un ambiente adeguato per lo sviluppo di colonie di microrganismi benefici (Hulme e Hummel, 1993).

Secondo Perelli e Pimpini (2003), un substrato deve:

- avere struttura caratterizzata da accentuata porosità totale (per una buona capacità di ritenzione idrica) pari almeno al 75% con percentuali variabili di macro e micropori (preferibilmente 45% macropori e 30% micropori);

- la struttura si deve mantenere stabile nel tempo e resistere al compattamento e alla riduzione di volume in fase di disidratazione (restringimento). Un eccessivo restringimento del substrato, infatti, può causare la rottura delle radici. Un buon materiale dovrebbe presentare un grado di restringimento non superiore al 30% del volume. Alcuni substrati di natura organica, come la torba, una volta essiccati, possono manifestare anche caratteristiche di idrofobicità con conseguente aumento del tempo necessario per la reidratazione;
- fungere da supporto e ancoraggio dell'apparato radicale, con una densità apparente adatta a sostenere le piante o le talee in accrescimento. Alcuni substrati, a causa della loro incoerenza e del loro basso peso volumico apparente (PVA), come ad esempio il polistirolo in granuli (circa 35 kg m^{-3}), la torba di sfagno (circa 60 kg m^{-3}) e la perlite, non si prestano ad essere impiegati da soli nelle colture in vaso;
- avere una buona capacità di ritenzione idrica ed un buon contenuto d'aria in corrispondenza della capacità idrica massima per evitare problemi di asfissia e di raffreddamento del substrato. Nel caso delle colture in vaso, la capacità di ritenzione idrica varia a seconda dell'altezza del contenitore (essa aumenta man mano che ne diminuisce l'altezza). Per questo nei contenitori poco profondi è necessario aumentare i componenti drenanti del substrato. La capacità di ritenzione idrica deve comunque essere tale da garantire un costante livello di umidità del substrato senza dover ricorrere a frequenti irrigazioni. Se da una parte si deve garantire alla pianta la maggior quota possibile di acqua facilmente disponibile, dall'altra non si può rinunciare anche ad una adeguata aerazione dell'apparato radicale. La macroporosità deve garantire un adeguato apporto di ossigeno e permettere il rilascio della CO_2 formatasi nel corso della respirazione;
- avere un basso potere adsorbente, con scarsa capacità di scambio cationico (CSC) nel caso la cui la fertirrigazione sia continua; in caso contrario può essere più alto per evitare il dilavamento degli elementi nutritivi con gli apporti d'acqua successivi garantendo anche una piccola riserva di nutrienti disponibili per le piante. Generalmente i materiali di origine organica, contrariamente a quelli minerali, presentano una elevata CSC ed un alto potere tampone;
- possedere una dotazione di elementi nutritivi relativamente bassa o addirittura assente, ma comunque nota in modo tale da poter effettuare le opportune

concimazioni;

- avere un pH adatto alle specie coltivate, di facile regolazione e che si adegui facilmente alle esigenze della specie coltivata, per evitare squilibri dovuti all'insolubilizzazione di alcuni elementi. In tal modo risultano più facili le correzioni del pH su substrati acidi rispetto a quelli basici;
- avere una conducibilità elettrica (EC) relativamente bassa a testimonianza della scarsa presenza di Sali solubili. Questa misura è indice, non solo del contenuto degli elementi, ma anche della presenza di ioni che, pur non risultando importanti sotto il profilo nutrizionale (ad es. il sodio), possono rivestire un ruolo fondamentale nel valutare l'idoneità di impiego del substrato. L'eccesso di sali, infatti, provoca squilibri nutrizionali e tossicità da parte di alcuni ioni, in particolare cloro, boro e sodio;
- avere un buon potere tampone in modo tale che il substrato sia in grado di far fronte ai cambiamenti di pH dovuti all'apporto di acqua ricca in carbonati e concimi;
- avere un potere isolante elevato in modo da ridurre al minimo le escursioni termiche. Questa proprietà, correlata con la capacità di ritenzione idrica, può essere influenzata anche dal colore e dalla conducibilità termica del materiale. Infatti con l'aumento della temperatura, le escursioni termiche di un substrato sono tanto minori quanto maggiore è il suo contenuto d'acqua. Inoltre i substrati organici si riscaldano meno di quelli sabbiosi, poiché possiedono un più elevato calore specifico. E' stato dimostrato che i prodotti di origine industriale (ad es. perlite, polistirolo, vermiculite) presentano una ridotta dispersione termica per la loro bassa conducibilità;
- essere privo di agenti patogeni e sostanze fitotossiche. La sanità del substrato è assicurata dall'assenza di agenti patogeni (nematodi, funghi, insetti), di sostanze di origine naturale, di residui dell'attività agricola potenzialmente fitotossici e di semi di erbe infestanti. Alcuni materiali derivati da lavorazioni industriali (argilla espansa, perlite, lana di roccia, ecc.) presentano garanzie di sanità in virtù dei trattamenti subiti durante il ciclo di preparazione. Invece il riutilizzo di substrati di origine organica (torbe e fibra di cocco) oppure di origine inorganica (lana di roccia e perlite) può rappresentare un problema reale per la possibile presenza di patogeni e/o sostanze fitotossiche. Pertanto, gli interventi più

opportuni sono rappresentati dalla sterilizzazione mediante disinfezione fisica a mezzo di calore secco o umido. Gli interventi chimici (fumigazioni, ecc.) sono meno preferibili in quanto presentano rischi per l'operatore e pericoli di fitotossicità residua;

- mantenere le proprie caratteristiche nel tempo presentando un basso grado di decomponibilità. Per valutare la suddetta caratteristica esiste la scala di Von Post che, suddivisa in dieci punti, mette in relazione il peso volumico apparente con la percentuale della porosità totale. Il rapporto C/N costituisce un indice di decomponibilità del substrato: tanto maggiore è il valore tanto minori sono i processi degradativi;
- avere un basso costo di acquisto ed essere facilmente reperibile sul mercato;
- non subire una eccessiva compressione durante il trasporto in quanto potrebbe venirne compromessa la struttura, in modo irreversibile, perdendo la capacità di recuperare le caratteristiche iniziali.

3.1.1 Tipologie di substrati

I materiali che vengono utilizzati come substrati, sia da soli che in miscela, possono avere origini molto diverse tra loro. Operando una classificazione possono venire suddivisi in materiali organici ed in materiali inorganici; i primi possono derivare da processi naturali, mentre i secondi possono essere sottoprodotti dell'attività umana o derivare da sostanze chimiche di sintesi industriale di norma derivanti dal petrolio.

I materiali organici sono simili al terreno, spesso difforni, ricchi di sostanza organica in decomposizione e humus, dotati di un'elevata carica microbica e di una struttura fisico-meccanica instabile.

I materiali inorganici presentano maggiore uniformità, solitamente sono privi di elementi nutritivi e sia la sostanza organica che la flora microbica sono assenti. Sono, altresì, caratterizzati da una elevata sanità e mantengono più a lungo la struttura iniziale per cui possono essere utilizzati per un periodo di tempo più ampio.

L'utilizzazione dei substrati artificiali (inorganici) comporta interventi tempestivi ed adeguati, poiché eventuali squilibri fisico-chimici che possono insorgere durante la coltivazione sono più difficilmente eliminabili per la mancanza di sostanza organica che

li caratterizza.

I substrati artificiali possono costituire un perfezionamento rispetto a quelli tradizionali, o rappresentare materiali idonei alla preparazione di miscugli con quelli di più comune impiego (Graifenberg, 1969).

I materiali organici vengono a loro volta suddivisi in torbe, piante marine e sottoprodotti. I sottoprodotti possono derivare da:

- attività agricole (lolla di riso)
- attività agroindustriali (corteccia, fibra di legno, fibra di cocco)
- processi naturali (aghi di pino)
- compost
- attività civili (fanghi)

Tra i materiali inorganici si distinguono quelli:

- naturali (basalto, sabbia, pomice, tufo, ghiaia)
- lavorati (lana di roccia, argilla espansa, vermiculite espansa, perlite espansa)
- sintetici (poliestere, polistirolo espanso, poliuretano espanso)

Inoltre i substrati possono essere suddivisi in:

- fibrosi
- granulari

I substrati fibrosi, costituiti prevalentemente da materiale di origine organica, garantiscono un'elevata disponibilità di acqua utile (presentano alta microporosità), ridotti gradienti di umidità e di conducibilità elettrica (EC) ed è possibile utilizzarne modesti volumi per pianta; tuttavia hanno una modesta capacità per l'aria (bassa macroporosità). Inoltre i substrati inorganici presentano dei costi per lo smaltimento (es. lana di roccia).

I substrati granulari, composti soprattutto da materiale inorganico, presentano un'elevata capacità per l'aria, maggiore mantenimento della struttura ed una maggior facilità di gestione della conducibilità elettrica e dell'umidità. Di contro, hanno bassa disponibilità di acqua utile (bassa microporosità) accentuati gradienti di umidità e di conducibilità elettrica e richiedono un elevato volume per pianta.

La scelta del substrato idoneo deve essere fatta prendendo in considerazione l'ambiente in cui si andrà ad operare, la fase di coltivazione che si intende produrre, la specie e il sistema di coltivazione che si vuole adottare (Bassan, 2008).

3.2 LA TORBA

Fin dopo la seconda guerra mondiale la torba era conosciuta come risorsa energetica. In passato l'economia agraria di sussistenza, alla ricerca di combustibili disponibili ed economici, si affidava molto spesso all'estrazione di questo materiale. I primi esperimenti condotti da Lawrens e Newall su substrati a base di torba risalgono alla fine degli anni '30 (IPS, 2005).

A partire dagli anni '50 i Paesi Europei produttori di torba (Irlanda, Svezia, Germania, Danimarca, Finlandia ed ex Unione Sovietica) misero a punto numerosi programmi di sviluppo.

Negli anni '60 la torba perse competitività sul mercato mondiale come conseguenza del maggiore utilizzo dei derivati del petrolio, ad eccezione dell'Irlanda e dell'ex U.R.S.S. dove veniva usata sia per il piccolo consumo locale ma anche per la produzione di energia elettrica.

Soltanto dopo gli anni '70 si assiste ad un cambiamento di rotta riguardo l'uso della torba riscoprendone la sua destinazione agricola, in quanto da studi condotti sul suo utilizzo si è evidenziato che il petrolio, il gas e il carbone fornivano maggiore energia ad un costo minore. Infatti dagli anni '70 l'impiego della torba come substrato è cresciuto fino a divenire ai nostri giorni il più importante componente dei substrati sia da solo che in miscela con altri materiali. Essa infatti viene utilizzata sia per scopi ortofloricoli che nel giardinaggio (Sogni, 1988).

Oggi, sussiste ancora seppure in modo ridotto, l'uso della torba per produrre energia soprattutto per il riscaldamento domestico. In Germania utilizzano il suo carbone attivo come filtro per le centrali idriche. Nell'industria alimentare la torba viene utilizzata nella decolorazione e nel lavaggio dei prodotti e non mancano applicazioni anche in campo farmaceutico.

La torba, inoltre, può venire utilizzata, talvolta in combinazione con altri materiali come ad esempio fibra di cocco e compost, come biofiltro negli impianti di essiccazione e nelle fabbriche a vario indirizzo produttivo. In Germania e in Svezia il suo utilizzo riguarda il campo dell'edilizia come materiale di isolamento (Altmann, 2008).

3.2.1 Il processo di formazione della torba

La torba è un materiale risultante dalla parziale decomposizione, in ambiente saturo d'acqua, di diverse specie vegetali, soprattutto muschi e piante sia erbacee sia arbustive. Il loro contenuto minimo di sostanza organica è pari al 30% (Bunt, 1988; Joosten e Clarke, 2002).

Cattivello (1990) definisce la torba come un composto organico, a reazione acida, più o meno decomposto, di origine vegetale. Alla sua formazione concorrono fattori quali clima, quantità e tipo di apporto idrico. Il clima gioca un ruolo di fondamentale importanza in quanto influenza in larga misura la ricchezza ed il tipo di specie presenti nelle torbiere, oltre che la velocità di decomposizione dei residui vegetali.

La nascita della torba è il risultato dell'interazione di numerosi fattori tra cui le condizioni climatiche, la temperatura media annua, il bilancio idrico stagionale, la disponibilità di elementi minerali, la giacitura e il tipo di specie vegetali presenti. Il meccanismo di formazione della torba comincia quando il ritmo di accumulo di sostanza organica supera il ritmo di decomposizione della stessa; ha avuto origine circa diecimila anni fa e continua ancora oggi.

In ambienti come quelli sopraccitati, il ciclo del carbonio non si chiude con la stessa rapidità degli altri ambienti, ma può subire dei rallentamenti o delle interruzioni. In mancanza di ossigeno viene meno il processo di degradazione e di mineralizzazione, con un conseguente bilancio attivo di carbonio che si traduce in un accumulo sempre maggiore di sostanza organica fino alla formazione della torba (Kadlec e Knight, 1996).

Inoltre un importante fattore per la formazione delle torbe è la “capacità di degradazione”: ciò significa che alcune piante (es. *Phragmites* piuttosto che *Typha*) o parte di esse (rizomi piuttosto che fiori), o alcune sostanze (cere rispetto a zuccheri) sono meno predisposte alla loro degradazione favorendo l'accumulo della torba (Fig. 1). Questo fattore è a sua volta condizionato dalla composizione chimica e strutturale delle piante.

Processo di decomposizione normale	Processo di formazione della torba
Residui vegetali + microorganismi + O ₂	Residui vegetali + batteri anaerobi
↓	↓
Humus + CO ₂ + H ₂ O	Torba + CH ₂

Fig. 1. Processi di decomposizione normale e di formazione della torba

I meccanismi che concorrono alla formazione di una torbiera sono principalmente di tre tipi:

- riempimento o interrimento (vegetazione paludosa che occupa gradualmente la porzione di uno stagno o di un laghetto con contemporaneo deposito di sostanza organica per processi di sedimentazione);
- formazione primaria (la torba si forma direttamente da suolo minerale umido);
- paludificazione (la torbiera si origina in suoli minerali originariamente poco umidi).

3.2.2 Tipologie di torbiere

A seconda del tipo di processo che subisce la sostanza organica e dell'ecosistema che si instaura si possono identificare luoghi diversi che vengono denominati Wetland, Peatland e Mire (Joosten e Clarke, 2002).

La zona umida o Wetland è un'area soggetta a periodiche inondazioni, satura di acqua e con una vegetazione idonea a svilupparsi in queste condizioni.

La torbiera o Peatland è un'area con o senza vegetazione che presenta uno strato superficiale di torba accumulatosi nel tempo, hanno una profondità minima di 30-60 cm, ma nella maggior parte dei casi varia dai 2 ai 12 m.

La torbiera "attiva" o Mire è una torbiera in cui i processi di formazione e accumulo della torba sono ancora in corso.

Le torbiere tropicali (Tropical Peatlands) sono situate esclusivamente nelle regioni temperate e temperato fredde dell'emisfero boreale (Canada e Russia) e australe (Terra del Fuoco, Nuova Zelanda), ma anche in certe regioni equatoriali (sud-est asiatico, Indonesia). Le abbondanti precipitazioni e i suoli scarsamente drenati assicurano un

ambiente idoneo per i processi di formazione di una torbiera. I depositi di torba sono individuati soprattutto lungo le linee costiere con una copertura di foresta pluviale e composte di residui legnosi parzialmente decomposti (Rydin e Jeglum, 2006).

Le torbiere basse o di palude (Fen bogs) si formano in bacini lacustri alimentati dalla falda acquifera sotterranea o dalle acque ricche di minerali che giungono per ruscellamento provenienti dalle alture circostanti. Si formano a seguito di processi di interrimento e sono presenti in molte aree del mondo compresa l'Italia. La loro origine è da collocarsi verso la fine dell'ultima glaciazione (circa 10000 anni fa), dove un costante processo di interrimento portò al riempimento di alcuni avvallamenti lacustri o di depressioni molto umide con una elevata presenza di specie vegetali variegata. Con l'andare dei cicli vegetativi, i resti delle piante parzialmente decomposti si depositarono sul fondo del bacino costituito da limo, argille e marne, formando un primo strato di torba di palude. Con l'accrescersi dei depositi, aumentava anche lo strato di torba accumulato, costituito in prevalenza da residui legnosi (canne, carici, muschi). Alla fine di questo lungo processo di formazione, l'antico bacino lacustre risultava completamente riempito da torba di palude. Tale processo può rappresentare anche il punto di partenza per la formazione di una torbiera alta.

Il pH di queste torbe varia da neutro a leggermente acido, con grado di decomposizione medio-alto. Inoltre sono di colore molto scuro, variabile dal bruno al nero (torba nera), con alto contenuto di sostanze nutritive, in particolare azoto e calcio. Il rapporto C/N è generalmente compreso tra 15 e 30. Presentano un certo grado di fragilità allo stato secco e una notevole plasticità allo stato umido che conferisce loro una certa suscettibilità alla compressione e alla deformazione. Non essendo omogenee risultano poco adatte alla produzione di terricci se impiegate tal quale, in quanto composte da diverse essenze vegetali, ma possono essere miscelate con altri materiali. In alcuni paesi vengono impiegate come combustibile per il riscaldamento domestico (Cattivello, 2009).

Le torbiere alte (Raised bogs) si sviluppano su torbiere di palude preesistenti, formando dei depositi a profilo convesso. Sono collocabili in ambienti a clima temperato-freddo, dove l'apporto idrico alla vegetazione è molto elevato, ed è dato unicamente dalle precipitazioni.

La vegetazione che ha portato alla formazione delle torbiere basse quando non viene più alimentata dalle acque superficiali cambia composizione botanica. Iniziano così ad insediarsi specie in grado di tollerare scarsi apporti di elementi nutritivi, ma con apporti

idrici atmosferici di 700-1000 mm annui. Le specie più adatte risultano perciò essere eriofori e alcuni tipi di sfagni. Di conseguenza si presentano due strati distinti di sfagni: uno più vecchio e ben umificato, poggiante direttamente sulla torbiera bassa; un altro più giovane e superficiale costituito essenzialmente da sfagni poco decomposti (Cattivello, 2009).

Questo tipo di torbe hanno un pH acido compreso tra 3 e 6,5 con un contenuto di sostanza organica oltre il 90%, e una omogeneità apprezzabile in quanto risultano essere composte da poche specie vegetali decomposte. I più importanti paesi produttori sono Finlandia, Irlanda, Inghilterra, Lituania, Canada, Lettonia, Norvegia, Germania, Russia, Estonia, Svezia. In questo tipo di torbiere si distinguono uno strato più profondo e molto decomposto di colore scuro (torba bruna), e uno più superficiale e meno decomposto di colore chiaro (torba bionda) (Cattivello, 2009).

Le torbe brune avendo pori molto piccoli presentano maggiore capacità idrica e minore porosità libera per l'aria. Inoltre, sono anche più dotate di CSC e potere tampone. Le loro caratteristiche fisiche variano a seconda della granulometria che consente di assorbire acqua fino a valori estremi di 10-15 volte il peso dell'unità di substrato. Tutte queste caratteristiche unite a proprietà costanti e uniformi rendono queste torbe sfruttabili industrialmente. E' importante ricordare che il pH molto basso di questi terreni rende necessaria una correzione con carbonato di calcio per elevare il pH stesso e rendere queste torbe adatte all'uso (Perelli e Pimpini, 2003).

Le torbe bionde, di più recente formazione, presentano una struttura leggermente diversa: pH acido, scarsità di elementi nutritivi, buona stabilità strutturale e buon potere assorbente le rendono apprezzabili per una facile programmazione di fertirrigazione. L'impiego di questa tipologia di torbe è in continua e rapida crescita, ed è considerato il materiale più apprezzato e utilizzato per ottenere terricci o substrati di qualità (Riva *et al.*, 2008).

Le torbiere di montagna (Blanket bogs) si formano in località con elevate precipitazioni annue (superiori a 1250 mm annui), tipiche delle zone montane e in certi casi anche collinari. I depositi formano uno strato continuo come una sorta di coperta che ricopre il terreno in modo più o meno uniforme. Questa tipologia di depositi sono situati in Irlanda e nelle isole britanniche, in Norvegia e Islanda per quanto riguarda l'Europa; Nuova Zelanda, Alaska, Giappone, Canada e Terra del Fuoco per quanto concerne il resto del mondo. Sono torbiere giovani, di recente formazione, costituite da specie vegetali in grado di sopravvivere in condizioni di suolo saturo d'acqua e con soli apporti

idrici atmosferici. Anche in questo caso sono rinvenibili due strati: uno più profondo costituito da materiale maggiormente decomposto dove si possono ritrovare resti di ceppi e tronchi; un altro più superficiale e poco decomposto con una vegetazione in attivo accrescimento in superficie. Queste torbe hanno media acidità (pH 4,5-5,5) e decomposizione, con caratteristiche proprie molto variabili. Non sono impiegate per la produzione di terricci in quanto non presentano una composizione omogenea; una volta estratte ed essiccate vengono utilizzate come combustibile domestico (Cattivello, 2009).

3.2.3 Caratteristiche botaniche della torba

La composizione botanica di una torba può essere variabile e la maggiore o minore presenza di una o dell'altra essenza, o di un insieme di specie floristiche, possono influenzare il prodotto finale (Cattivello, 2009).

Si possono distinguere tre tipologie di torbe:

- torbe erbacee composte soprattutto da carici, eriofori, canne di palude, giunchi, scirpi e tifi. Tutte queste torbe sono costituite da un'essenza principale, la quale assieme alle condizioni climatiche peculiari di una certa area geografica conferiscono determinate caratteristiche di composizione, colore e resistenza alla decomposizione alle torbe stesse;
- torbe legnose formate da residui di piante arbustive, resistenti alla decomposizione e con una buona ritenzione idrica;
- torbe di sfagno costituite da muschi di ambienti acidi, freddi, poveri di nutrienti e umidi; sono presenti in numerose specie (solo in Finlandia se ne contano circa 400 specie) e sono molto diffuse, questo perché gli sfagni si adattano meglio di altre specie agli ambienti difficili (Cattivello 2009, Laine e Vasander 1996).

Le torbe di carice, appartenenti al primo gruppo, si sono formate sotto l'influenza del drenaggio da suoli minerali, perciò con un buon contenuto di elementi nutritivi che, oltre ad aver permesso l'insediamento di numerose specie di carice (*Carex* spp.)(Fig. 2), ha permesso anche l'insediamento di giunchi (*Phragmites* spp.), pennacchi guainati (*Eriophorum vaginatum*) e calluna (*Calluna vulgaris*). Rispetto alla torba di sfagno ha un colore più scuro, un maggior grado di umificazione e decomposizione, alta CSC e bassa capacità di ritenzione idrica (Cattivello, 2009).



Fig. 2. *Carex gracilis* (Cattivello, 2009)

Le torbe di sfagno si sono create da numerose specie del genere *Sphagnum*. In generale gli sfagni sono costituiti da un fusticino lungo qualche centimetro avente un apice vegetativo chiamato capitulum. Dal fusticino si dipartono numerose piccole ramificazioni rivestite di piccolissime foglioline embricate. Esse sono composte da un unico strato di cellule differenziate in leucocisti (gialle, di grandi dimensioni e cave all'interno) e clorocisti (fotosintetizzanti e di piccole dimensioni) (Cattivello, 2009).

I gruppi più importanti di sfagni sono le acutifolia (*S. plumulosum*, *S. fuscum*, *S. rubellum*) e le cymbifolia (*S. imbricatum*, *S. magellanicum* riportato in Fig. 3, *S. papillosum*).



Fig. 3. *Sphagnum magellanicum* (Cattivello, 2009)

Le foglie delle cymbifolia, composte da un unico strato di cellule, hanno una conformazione a barca che permette loro di trattenere molta acqua originando torbe più sciolte e voluminose rispetto alle acutifolia, le quali sono caratterizzate da una minore ritenzione idrica che porta alla formazione di torbe più dense.

In generale le torbe di sfagno hanno consistenza spugnosa e fibrosa, alta porosità, buona capacità di ritenzione idrica (variabile da 4 a 10 volte il peso iniziale) e basso pH (Cattivello, 2009)

Caron e collaboratori (2005) da sperimentazioni basate su misurazioni empiriche ed eseguite su substrati con due diverse tipologie di torba, ovvero torba di sfagno e torba di carice, hanno messo in evidenza che i substrati con il 60% (in volume) di torba di sfagno presentavano una migliore risalita capillare e hanno fornito dei migliori risultati di crescita delle piante rispetto ai substrati col 30% di torba di sfagno o col 30% di torba di carice.

3.2.4 Caratteristiche fisiche generali

A seconda del loro grado di decomposizione e delle specie che le formano tutte le torbe hanno una propria capacità di ritenzione idrica, che può variare da 4 a 10 volte il volume iniziale. Il grado di decomposizione delle particelle organiche influisce direttamente sulle caratteristiche fisiche del materiale, in particolare sulla porosità totale, ma soprattutto sulla macroporosità (spazio occupato dall'aria). Con l'aumento della decomposizione, diminuisce il contenuto di fibre, con conseguente aumento della densità apparente e una maggiore percentuale di piccoli pori (Boelter, 1968).

La migliore stabilità strutturale ed il potere tampone più elevato si rinvengono nelle torbe di media o alta decomposizione mentre la massima ritenzione idrica ed il più alto contenuto d'aria si ritrovano nei tipi poco decomposti (H 1-3). Tuttavia, il miglior compromesso tra le varie caratteristiche fisiche e chimico-fisiche si ha nelle torbe di media decomposizione (H 4-6) (Cattivello, 2009).

Stabilire la struttura e la tessitura della torba non è semplice: un primo sistema prevede di passare il campione al setaccio. Questo è un metodo semplice e veloce, ma il risultato sarà molto influenzato dalla quantità di umidità del campione. Le torbe di sfagno giovani con particelle molto fini possono formare deboli aggregati quando le particelle secche vengono umidificate, e nella coltivazione in contenitore questi aggregati sono

sufficientemente stabili per aiutare a creare una buona struttura (Bunt, 1988).

A seconda del tipo di torba esistono diversi gradi di decomposizione della stessa (H), a seconda dei diversi fattori che entrano in gioco in questo processo. La progressiva degradazione del materiale organico di una torba può venire classificato mediante procedure visive, fisiche e chimiche ottenendo tre diverse categorie: torbe poco decomposte (H1-H3), torbe mediamente decomposte (H4-H6), torbe molto decomposte (H7-H10) (Tab. 1). Solitamente le torbe bionde presentano un grado di decomposizione tra H1 e H3, quelle brune tra H4 e H6, quelle nere tra H7 e H10. Valori più bassi sono tipici delle torbe giovani e poco decomposte mentre i valori più alti sono caratteristici delle torbe più mature e instabili (Cattivello, 2009).

Per determinare questo parametro si comprime un campione saturato e si analizza la qualità dell'acqua percolata; nel caso in cui il grado di decomposizione sia pari al livello H1 della scala l'acqua che percola sarà molto chiara; viceversa sarà scura. Un'altra metodologia per calcolare il grado di decomposizione è quella della determinazione del peso volumico apparente: si inumidisce il campione con una procedura standard e si stabilisce la naturale densità senza alcuna compressione.

Puustjärvi (1973) ha visto che esiste una buona correlazione tra densità apparente e grado di decomposizione, così come esiste una relazione lineare tra la CSC e la densità apparente.

Tab. 1. Principali caratteristiche fisiche delle torbe provenienti da torbiere alte.

Parametri	Poco decomposte	Mediamente decomposte	Molto decomposte
Grado di decomposizione secondo Von Post (H)	1-3	4-6	7-10
Densità apparente kg m ⁻³	<89	90-149	>150
Porosità totale(%v:v)	95-98	91-96	85-93
Volume d'aria a -1 kPa (%v:v)	10-60	10-40	5-25
Capacità di ritenzione idrica a -1 kPa (%v:v)	38-88	58-86	68-88

(Fonte: Cattivello, 2009)

3.2.5 Caratteristiche chimiche generali

Le caratteristiche chimiche esposte nella Tabella 2 sottostante variano a seconda del grado di umificazione del materiale:

Tab. 2. Principali caratteristiche chimiche delle torbe.

Caratteristiche	Torbe alte di sfagno		Torba nera bassa
	Torba bionda	Torba bruna	
Sostanza organica % s.s.	94-99	94-99	55-75
Ceneri % s.s.	1-6	1-6	23-30
CSC meq 100 g ⁻¹	100-150	120-170	80-150
Azoto totale % s.s.	0,5-2,5	0,5-2,5	1,5-3,5
Rapporto C/N	30-80	20-75	10-35
Calcio % s.s.	<0,4	<0,2	>2
pH	3,0-4,0	3,0-5,0	5,5-7,3

(Fonte: Perelli e Pimpini, 2003)

Il contenuto di magnesio delle torbe varia a seconda della vicinanza o meno alle zone costiere; i contenuti di azoto sono, invece, variabili a seconda della zona di estrazione. Il grado di acidità col passare del tempo tende ad aumentare in quanto aumenta la presenza di acidi umici. Contemporaneamente si osserva una graduale diminuzione degli zuccheri presenti. In linea generale si deve ricercare un prodotto con elevata CSC dovuta anche alla presenza di sostanza organica stabile, con un pH leggermente acido, un basso contenuto di sali e un'elevata capacità tampone. Questo genere di parametri può essere corretto e opportunamente adattato alle necessità della coltura nel corso dell'intera coltivazione.

Per quanto riguarda l'aspetto nutrizionale generalmente le torbe hanno un elevato contenuto di elementi nutritivi solubili ma, paradossalmente, un substrato povero o chimicamente inerte genera minori problemi nella sua gestione in quanto rende più agevole la definizione dell'apporto nutritivo (Riva *et al.*, 2008).

Relativamente ai metalli pesanti la torba ne presenta un basso contenuto, tale da renderla, sotto questo aspetto, nettamente preferibile al compost (Boldrin *et al.*, 2010).

3.2.6 Caratteristiche biologiche generali

Molti ricercatori considerano la torba un materiale sterile. In realtà i luoghi di estrazione, come le paludi e le torbiere, sono molto dinamici dal punto di vista microbiologico, soprattutto quando, con la prima fase di estrazione, perciò con

l'allontanamento delle acque, inizia il processo ossidativo della materia.

Un ottimo substrato non dovrebbe presentare agenti patogeni (nematodi, funghi, insetti), sostanze fitotossiche, residui di pesticidi o semi di malerbe. Dovrebbe poi essere caratterizzato da un'elevata inerzia biologica (Riva et al., 2008).

Un particolare fenomeno che riguarda le torbe è l'auto-bruciatura. Esso avviene quando il materiale è ammassato in cumulo e si assiste ad un forte innalzamento della temperatura che ne brucia il centro. Le spiegazioni di questo fenomeno sono ancora sconosciute. Comunque la torba bruciata è di facile riconoscimento in quanto risulta granulare al tatto e di difficile reidratazione. Dal punto di vista chimico presenta un'eccessiva CSC ed elevatissimi livelli di ammonio. Una volta bruciata la torba è suscettibile anche ad attacchi fungini appena sotto la superficie del cumulo. Chiaramente questa torba non può essere utilizzata per scopi professionali (Bragg, 1998).

3.2.7 Metodi di raccolta e ripristino delle torbiere

La raccolta della torba è la fase finale di un lungo percorso non inferiore a 5 anni. In questo periodo si susseguono varie operazioni finalizzate alla riduzione del contenuto idrico dal 95 all'80%. Si inizia aprendo una rete di canali drenanti, distanziati circa 15 metri l'uno dall'altro, e approfonditi man mano che la superficie si stabilizza (la superficie tra due canali si definisce campo). A partire dal terzo anno dall'inizio dei lavori si procede alla rimozione della vegetazione spontanea ed alla creazione della baulatura che dovrà assicurare un veloce sgrondo delle acque (Cattivello, 2005).

Si possono distinguere tre differenti sistemi di raccolta: fresatura, rivoltamento, andanatura e raccolta vera e propria. In una stagione normale la raccolta della torba avviene fra aprile e settembre.

Ogni fresatura rimuove uno strato superficiale di circa 2 cm che viene lasciato in campo fino a che il contenuto d'acqua raggiunge il 60%, che è il valore ottimale se la torba è destinata alla preparazione di substrati. Durante questo intervallo di tempo, generalmente di 3-4 giorni, si procede a varie operazioni di rivoltamento della strato fresato al fine di accelerare ed uniformare l'asciugatura. Si procede poi alla formazione di un'andana al centro di ogni campo. La raccolta prevede inizialmente la costituzione di cumuli in numero e dimensioni variabili a seconda del sistema utilizzato (Haku o

Peco) (Cattivello e Bord Na Mona, 2005). La torba viene infine raccolta mediante macchine aspiratrici e caricata su treni o rimorchi che provvederanno a portare il materiale fresato allo stabilimento di lavorazione. Nel corso della stagione si possono effettuare in media 12 raccolte, considerando che questo valore è enormemente influenzato dall'andamento termopluviometrico.

La raccolta per zollatura (Fig. 4) prevede l'asportazione della torba in unità a forma di mattoncino operata con una speciale macchina. La torba tagliata prima di essere trasportata presso lo stabilimento di lavorazione viene lasciata sul posto per subire un trattamento a basse temperature (Cattivello, 2005).



Fig. 4. Macchina zollatrice durante la raccolta della torba (Cattivello, 2009)

La raccolta idraulica viene impiegata nei casi in cui nella torbiera ci siano troppe radici o ceppaie tramite il lavaggio della torba con getti d'acqua direzionati sul bordo di un grosso fosso (Bunt, 1998).

La torba una volta raccolta subirà una serie di processi preparatori (setacciature, frantumazione ed imballaggio) per la sua commercializzazione.

Una volta esaurita l'attività estrattiva di una torbiera, il suolo può essere reimpiegato in ambito agricolo per la produzione di cereali, piccoli frutti, allevamento del bestiame o riforestazione. Oppure, come sta avvenendo nel nord Europa, si può provvedere al ripristino ambientale della torbiera qualora le attività agricole non siano sostenibili dal punto di vista ambientale e/o economico (Cattivello, 2009).

Altmann (2008) sostiene che uno dei principali obiettivi del post-utilizzo delle torbiere in Germania è la ricrescita della vegetazione tipica della palude. In Finlandia e in altri Stati membri dell'U.E. l'utilizzo predominante delle ex torbiere è indirizzato ad attività agricole e forestali.

Il processo di ripristino di una torbiera si avvia al termine delle operazioni di raccolta che non sono mai complete, ma lasciano sul fondo uno strato di materiale organico più o meno spesso. Si procede dunque al riallagamento (Fig. 5) degli appezzamenti tramite la chiusura di tutti i canali di drenaggio aperti in precedenza, e garantendo un certo spessore d'acqua mettendo a punto dei piccoli argini ai margini dei campi. Negli anni successivi si avrà un reinsediamento della flora preesistente grazie alla germinazione dei semi contenuti nella terra depositata a parte prima dello sfruttamento che viene riportata per costruire gli sbarramenti, e della fauna tipica; si forma nuovamente un tappeto di sfagni dove i processi di crescita e accumulo iniziano nuovamente. Quest'ultima fase si raggiunge dopo circa 15-20 anni dall'inizio delle operazioni di ripristino ambientale. Un ripristino accelerato dello sfagno in una torbiera è possibile ottenerlo mediante l'impianto dello stesso con un conseguente più rapido ripristino delle condizioni ambientali preesistenti (Cattivello, 2009).



Fig. 5. Torbiera dopo il riallagamento (Cattivello, 2009)

3.2.8 Diffusione delle aree torbose nel mondo

Nonostante i più grandi depositi di torba siano nell'emisfero settentrionale in regioni ad alta piovosità e bassa temperatura come il Canada, l'Europa nord-occidentale e la Russia (Fig. 6), se ne trovano di minori anche in regioni subtropicali e tropicali come in Florida, a Cuba e in Indonesia (Bunt, 1988).

Secondo i dati pubblicati dall'IPS (Fig. 7) l'estensione delle torbiere è di 324 milioni di km² di cui 19 in Europa, 174 in Nord America, 6 in Africa, 2 in Australia, 112 in Asia e 11 in Sud America.

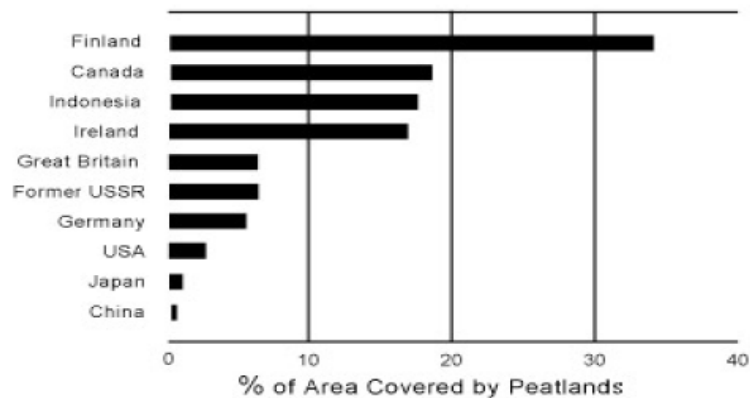


Fig. 6. Schema dei principali paesi con aree coperte da torbiere (Bunt, 1988)

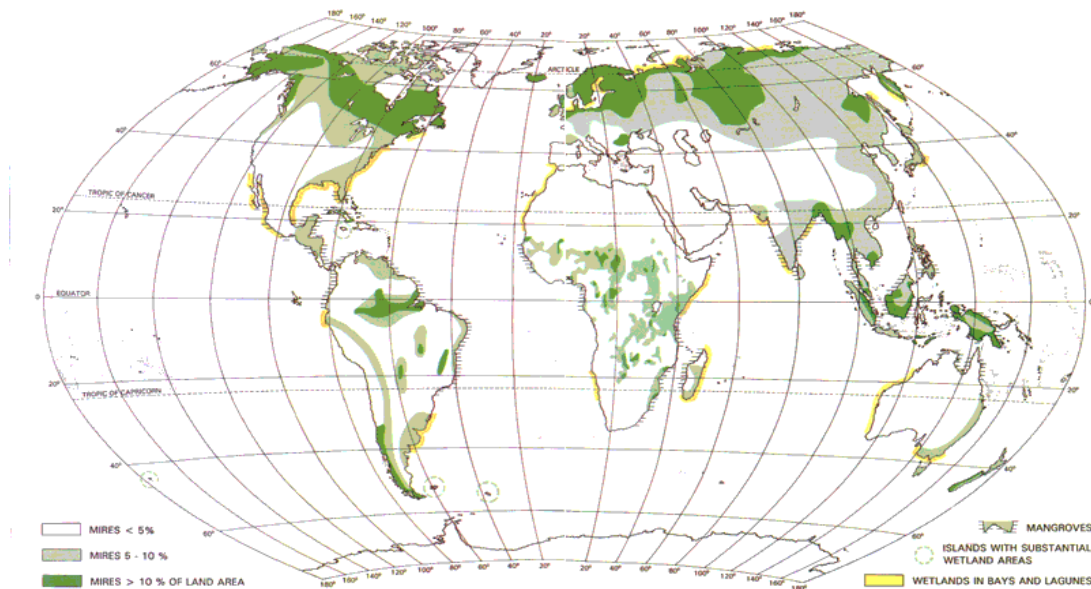


Fig. 7. Distribuzione delle torbiere nel mondo (IPS, 2002)

Il Canada con oltre 1,1 milioni di km² è la nazione con la più grande superficie di torbiere rispetto ad ogni altro paese. La più grande area torbosa si trova nei territori del nord-ovest (23% del totale canadese), Ontario (20%) e Manitoba (19%). La torba estratta viene totalmente utilizzata per l'agricoltura. Inoltre il Canada è il maggior produttore ed esportatore di torba per l'ortoflorovivaismo.

Negli Stati Uniti l'intera superficie coperta da suoli torbosi era di circa 214.000 km² (1995), concentrati soprattutto in Alaska (oltre il 50%). Altri depositi di torba si trovano negli stati del nord del Minnesota, Michigan, Wisconsin, lungo la costa orientale da

Maine fino alla Florida e lungo le regioni costiere del Golfo fino alla Louisiana.

La Finlandia dispone di circa 89.200 km² di torbiere sparse lungo tutto il territorio nazionale e comprende il 26% dell'intera superficie. I maggiori depositi si trovano in Lapponia, Oulu e Vaasa. La superficie destinata allo sfruttamento commerciale è di 6.220 km², di cui circa il 22% è destinata all'uso ortoflorovivaistico (Cattivello, 2005).

In Germania la maggior parte delle torbiere è situata nella bassa Sassonia, Mecklenburg-Pomerania occidentale e del Brandeburgo per un totale di circa 14.000 km². Le torbiere di palude attualmente costituiscono terre usate per scopi agricoli. Circa il 60% dell'intera superficie coperta da torbiere alte viene coltivata, e solo una minima parte inferiore al 10% è destinata alla produzione di torba in larga misura per l'ortoflorovivaismo o per il carbone attivo. Blankenburg (2006) riferisce che in Germania, paese leader per il ripristino delle torbiere, dal 1970 al 2008 circa 12.000 ettari di torbiere sono stati ripristinati nella Bassa Sassonia, zona questa in cui viene estratto il 90% del totale della torba estratta in Germania.

Le zone umide in Irlanda occupano una superficie di 13.470 km² (17% del territorio). Da queste vengono estratti annualmente più di 4 milioni di m³ di torba prevalentemente destinati al riscaldamento domestico e per scopi vivaistici. Le torbiere di palude si estendono per 1.022 km² (7,6% del totale) di cui solo 52 km² sono indisturbati, si trovano nel bacino del fiume Shannon e nelle contee di Offaly e Kerry. Le torbiere alte, presenti nella zona centrale dell'isola, si estendono per 3.392 km² (25,2% del totale) di cui solo 230 km² sono ancora vergini. Di questi 170 km² sono destinati all'estrazione per uso agricolo. Le torbiere di collina infine, presenti anche vicino alla costa, si estendono per 9.056 km² (67,2% del totale). Di questi solo 240 km² vengono sfruttati per produrre substrati.

In Gran Bretagna le torbiere coprono un'area di circa 17.500 km². Si stima che la Scozia abbia circa il 68% dell'intera superficie ricoperta da torbiere, l'Inghilterra il 23% e il Galles il 9%. L'estrazione della torba avviene solo su circa 5.400 ettari (ovvero lo 0,3% del totale della superficie delle torbiere). Tutta la torba prodotta è destinata al mercato ortoflorovivaistico.

In Svezia le torbiere sono collocate ovunque e si estendono per 64.000 km². Il maggior sito produttivo si trova a Sveg, al centro della Svezia, ad un'altezza di oltre 400 metri. La produzione di torba negli ultimi anni ha raggiunto la media di 1 milione di tonnellate per anno. Nel 1998 il 61% del materiale estratto è stato destinato all'agricoltura.

In Danimarca le attività agricole e di drenaggio hanno ridotto le originarie vaste

superfici di torbiere dal 20-25% al 3% dell'intera superficie nazionale. I mire si estendono per circa 1.420 km². La quasi totalità della torba prodotta viene utilizzata in agricoltura.

In Norvegia pur essendoci vaste aree di torbiere indisturbate (circa 24.000 km²), l'estrazione della torba per fini vivaistici è stata di livelli relativamente bassi.

In Russia l'intera superficie di torbiere è di circa 568.000 km² con i depositi ampiamente ed inegualmente sparsi sul territorio nazionale. Le principali torbiere sono situate nelle regioni nord-occidentali, nell'ovest della Siberia, vicino alle coste della Kamchatka e in molte altre zone dell'estremo est. Stime dicono che le torbiere siberiane siano il 75% del totale. Attualmente la maggior parte della produzione di torba è usata per l'agricoltura e per l'ortoflorovivaismo.

In Lettonia le torbiere coprono circa 6.400 km² (10% del territorio). La torba estratta viene prevalentemente utilizzata per scopi agricoli.

La Lituania dispone di torbiere sparse, con i più vasti accumuli situati nell'ovest e nel sud del paese.

In Estonia le torbiere occupano circa il 22% del territorio (oltre 9.000 km²). L'estrazione commerciale della torba ha luogo in circa 160 km² e più della metà del prodotto viene utilizzato in agricoltura.

In Bielorussia le torbiere si estendono per oltre 24.000 km² e in Ucraina ci sono oltre 10.000 km² di torbiere da cui la torba viene estratta prevalentemente per fini agricoli.

In Islanda le torbiere coprono circa 10.000 km² (10% della superficie) con elevato contenuto di ceneri (10-35%) dovuto alle ceneri vulcaniche, e perciò non idonee per il vivaismo.

In Italia ci sono significative riserve di torba bassa in Piemonte, Veneto e Lombardia che potrebbero fornire 2,5 miliardi di tonnellate.

In Grecia la torbiera Filippi copre circa 55 km² e vanta il primato mondiale di quasi 190 metri di profondità.

In Polonia l'area coperta da torbiere è di circa 12.000 km², con i depositi maggiori situati a nord e ad est del paese. Tutto il consumo di torba è per l'agricoltura e per l'ortoflorovivaismo.

Antartide (3.000 km²), Australia (1.330 km²), Nuova Zelanda (450 km²) e Tasmania (20 km²) hanno torbiere alte che con quelle della zona del Pacifico ricoprono una superficie di 8.009 km².

In Argentina ci sono circa 500 km² di torbiere (95% situati nell'Isola Grande nella Terra

del Fuoco) e vengono estratti circa 3.000 m³ di torba destinata all'agricoltura.

In Asia si trovano depositi subtropicali e le zone di particolare interesse sono in Indonesia.

In Africa le torbiere si estendono per 57.534 km². Le nazioni più interessanti sono il Congo (18.000 km²), l'Uganda (14.000 km²), lo Zambia (10.000 km²), il Botswana (3.000 km²), il Madagascar (1.500 km²) e il Burundi (IPS, 2002).

Secondo i dati forniti dall'International Peat Society (IPS, 2002) nel 1997 la produzione di torba per substrati e altri scopi è stata di circa 93,7 milioni di m³. Nel 2001 la produzione è salita a 105,3 milioni di m³ di cui il 35,8% destinato al vivaismo pari a circa 37,7 milioni di m³.

3.2.9 Aspetti tecnici, economici e ambientali legati all'utilizzo della torba

L'utilizzo della torba pura non è consigliato: le torbe generalmente presentano caratteristiche per l'aria non particolarmente buone, soprattutto le torbe brune hanno porosità libera quasi nulla. Per questo motivo in genere si consiglia di eseguire una miscelazione della torba con materiali minerali o organici atti a migliorare la porosità libera (Sogni, 1988).

Lo scopo della miscelazione della torba con materiali come perlite, vermiculite, argilla non hanno lo scopo di sostituirla, bensì di migliorarne le caratteristiche fisiche e chimiche del prodotto (Altmann, 2008).

E' noto che la maggior parte dei materiali diversi dalla torba utilizzati per fare i substrati, spesso hanno proprietà inferiori. Il fornitore o produttore è responsabile per qualsiasi danno derivante da substrati di coltivazione difettosi e quindi la propria reputazione e il proprio successo sono costantemente in gioco. Sono state investite molte risorse nelle sperimentazioni con lo scopo di trovare delle alternative alla torba. Nonostante si siano ottenuti scarsi risultati, alcuni materiali come fibra di legno, corteccia compostata, fibra di cocco, ecc., si sono affermati in misura maggiore, dimostrando di essere dei costituenti affidabili. Resta il fatto che i paesi con orticoltura intensiva o in espansione commerciale, aventi inadeguate riserve domestiche di torba, aumenteranno le importazioni della stessa e di substrati di coltivazione a base di torba. Queste sono le ragioni per cui nell'UE la quantità di substrati di coltivazione privi di torba è insignificante, pari al 3,7% di tutti i substrati prodotti nei 13 Stati membri

nell'UE (Schmilewski, 2008).

Schmilewski (1996) sostiene, altresì, che pur non essendoci altri materiali o substrati che come la torba combinino proprietà fisiche, chimiche e biologiche così favorevoli, i motivi per mescolare altri materiali con la torba in modo da migliorare le proprietà dei miscugli, usando anche additivi disponibili sul mercato come fertilizzanti, agenti di biocontrollo, ecc., sono da ricercare nella volontà di conservare le torbiere e proteggere la biodiversità, sviluppare un'industria sostenibile per la produzione di substrati di coltivazione e promuovere lo sviluppo dell'industria del compostaggio così da recuperare diversi tipi di rifiuti organici.

Una sempre maggiore attenzione viene posta per la tutela delle aree umide e delle torbiere. Fare un uso oculato delle torbiere significa da un lato garantire la loro tutela lasciando inalterate le funzioni naturali e dall'altro venire incontro alle esigenze delle attività umane. Le torbiere costituiscono importanti ecosistemi su cui si sviluppano diversi habitat naturali che garantiscono la diversità biologica, la sopravvivenza di alcune specie a rischio, sono fonte di acque dolci e svolgono l'importante funzione di riserva e sequestro di carbonio (sono la più grande riserva di carbonio della terra). Inoltre sono interessanti "archivi" geochimici e storici.

Secondo alcune stime dal 1800 ad oggi il nostro pianeta ha perso dal 10 al 20% delle terre umide a causa di cambiamenti climatici e della frenetica attività umana dovuta alle operazioni di bonifica per l'agricoltura e per le foreste rimanendo il fattore più importante che minaccia il cambiamento delle torbiere. La pressione umana su queste zone è sia diretta, attraverso il drenaggio, la conversione delle terre, il turismo e l'escavazione, che indiretta dovuto allo sviluppo di infrastrutture e all'inquinamento di aria e acqua (IPS, 2005).

L'Europa detiene il primato delle perdite di torbiere: secondo alcune stime la torba ha terminato il proprio processo di accumulo nel 60% di esse e ne sono rimaste inalterate solo il 10-20%. In molte nazioni europee sono rimaste meno dell'1% delle torbiere originali, soltanto Russia, Norvegia e Svezia hanno ancora la metà dei depositi torbosi originari (Joonsten e Clarke, 2002),

La torba, come è noto, è un materiale da considerarsi non rinnovabile e la sostenibilità ambientale di una così massiccia attività estrattiva viene messa in discussione sempre con maggior frequenza. Pertanto, è del tutto evidente come l'impiego della torba contrasti con numerosi principi fondanti l'agricoltura biologica confermati e meglio definiti anche nel Reg. CE n. 834/2007 di recente pubblicazione che sostituisce il Reg.

CEE 2092/91.

La difesa dell'ambiente e la massima riduzione dell'impiego di input produttivi esterni all'azienda o peggio, al suo territorio, sono principi che contrastano con l'impiego massiccio di torba e in particolare con il suo utilizzo nelle produzioni biologiche.

Il rispetto dei principi dell'agricoltura biologica determina la necessità di individuare materiali alternativi alla torba. Altri fattori che concorrono a limitarne l'uso e la diffusione sono:

- un crescente costo di importazione dai paesi produttori del Nord e dell'Est Europa e del Canada;
- un evidente e sostenuto inquinamento ambientale causato dal suddetto trasporto (Riva *et al.*, 2008).

La sempre minore quantità di torba a disposizione in Europa ha provocato un costante aumento dei prezzi che si è ripercosso sui coltivatori diretti, costringendoli a cercare substrati diversi o miscele che potessero diminuirne il costo. Nonostante questo il problema economico non è del tutto risolto. L'interesse verso le torbiere dell'Est Europa, da un lato assicura le quantità di torba richieste dal mercato, ma dall'altro, a causa delle maggiori distanze comporta maggiori spese per il trasporto. Inoltre annate anomale dal punto di vista meteorologico ostacolano la raccolta, lo stoccaggio e la movimentazione determinando scarsità di torba (vedi l'estate del 1998) (Cattivello e Melis, 1999).

In Italia il consumo annuale di substrati è costituito principalmente da torbe bionde e brune per la quasi totalità importata dall'estero (Riva *et al.*, 2008).

A questo si aggiunge anche "l'effetto triangolo": la maggior parte dei substrati prodotti, per accordi commerciali prima di arrivare nelle aziende italiane si ferma in Olanda, provocando un ulteriore rialzo dei prezzi. In Italia, infatti, poche sono le aziende che vanno a cercare il loro prodotto direttamente nei luoghi di estrazione (Cattivello e Melis, 1999).

Considerato il contesto e le problematiche descritte, non sono mancati gli interventi legislativi volti a riequilibrare la situazione, sia in senso ambientale che economico.

La Comunità Europea, attraverso la direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e fauna selvatiche ha incoraggiato gli Stati membri a porre in essere tutte le misure più idonee per la conservazione degli habitat a maggiore interesse naturalistico.

Nell'allegato 1 della Direttiva sono riportati i tipi di habitat naturali di interesse

comunitario la cui conservazione richiede la designazione di aree speciali di conservazione.

Nel lungo elenco figurano anche torbiere alte e basse e torbiere acide di sfagni. Nelle zone speciali di conservazione, gli Stati membri si impegnano ad attuare tutte le misure necessarie per garantire la conservazione degli habitat ed evitarne il degrado.

Negli ultimi anni, la restrizione dell'uso della torba e i suoi possibili effetti sull'attività vivaistica hanno determinato lo sviluppo della ricerca di alternative che associno il basso costo a qualità fisiche, chimiche e biologiche ottimali (Riva *et al.*, 2008)

Relativamente all'impatto ambientale delle torbiere si possono fare alcune considerazioni. L'estrazione della torba è possibile solo dopo alcune lavorazioni, tra cui il prosciugamento, che comportano alterazioni sull'ossidazione della sostanza organica e sulle emissioni dei gas serra (GHG). Per soddisfare i fabbisogni agricoli le torbiere sono state sottoposte a prosciugamento. Tali modificazioni hanno comportato un aumento considerevole delle emissioni dei GHG. D'altronde il prosciugamento delle torbiere è un passaggio obbligato per un loro uso agricolo ed esso comporta varie problematiche quali: aumenti delle emissioni di CO₂, N₂O, reazioni ossidative, minori emissioni di CH₄ e compattamento del terreno con successivo abbassamento della superficie. Le emissioni dei gas dipendono dalla temperatura della torbiera, dal livello dell'acqua freatica e dal contenuto di umidità. Una appropriata gestione dell'acqua risulta importante per minimizzare le emissioni di GHG prodotte dall'agricoltura su torbiera. Aumentando la quantità di acqua diminuiscono le emissioni di CO₂ e N₂O ma possono aumentare quelle di NH₄ (www.peatsociety.org).

Uno studio olandese rivolto ai muschi presenti sulla torba di sfagno e sullo sfagno stesso ha rivelato che gran parte del metano prodotto dalle torbiere viene consumato da batteri aerobici metano-ossidanti, noti come metanotrofi. In cambio tali metanotrofi cedono ai muschi e allo sfagno del carbonio. Questi risultati suggeriscono che l'interazione tra i metanotrofi, i muschi e gli sfagni potrebbero giocare un ruolo importante nel riciclaggio del carbonio nella vegetazione presente in un tappeto di sfagni, in particolare se impregnato d'acqua, riducendo potenzialmente le emissioni di metano (Kip *et al.*, 2010).

Un altro studio cinese consistente in prove di incubazione di campioni di torba selezionati nella zona delle Grandi montagne Hing'an, in cui sono stati studiati gli effetti della temperatura e dell'umidità sul potenziale di emissione della CO₂, ha messo in evidenza che i futuri cambiamenti climatici, dovuti ad un innalzamento delle

temperature, potrebbero comportare un aumento dei rilasci di CO₂ nell'atmosfera da parte delle torbiere della zona oggetto di studio (Wang *et al.*, 2010).

Nonostante il quadro sopra esposto, Bather e Miller (1991) sostengono che l'entità di CO₂ e CH₄ prodotti dalle torbiere è piccola e sostanzialmente insignificante rispetto a quella prodotta dai combustibili fossili quali carbone e petrolio.

L'impatto climatico causato dall'utilizzo delle torbiere nella selvicoltura risulta decisamente più basso rispetto a quello dato dall'agricoltura, questo perché nella selvicoltura si ha una minore ossidazione della sostanza organica. Infatti gli aumenti percentuali di ossidazione della sostanza organica dovuti all'aumento dell'aerazione causano aumenti delle emissioni di CO₂ nell'atmosfera.

Il rilascio dei gas serra si presenta inoltre durante l'estrazione della torba e in particolare essi avvengono durante la preparazione della superficie all'atto dell'eliminazione della vegetazione presente, durante l'estrazione della torba, dalla torba in deposito e durante il trasporto con combustioni successive ai trattamenti effettuati sull'area lavorata. Oltre il 90% delle emissioni di GHG sono da imputare alla combustione (www.peatociety.org).

3.3 LA LOLLA DI RISO

Il riso (*Oryza sativa* L.) è una pianta della famiglia delle graminacee, è annuale e originaria del sud-est asiatico. Assieme al frumento e al mais è uno dei tre cereali più conosciuti e coltivati in tutto il mondo. La pianta è composta da diversi organi e tra questi i principali componenti delle strutture riproduttive, una volta raggiunta la maturità dei frutti, sono la lolla, le cariossidi, l'embrione e l'endosperma (De Datta, 1981). Tra tutte queste parti anatomiche, quella più importante nel nostro caso è la lolla detta anche pula di riso.

Oggi le due specie di riso coltivate sono:

- *Oryza sativa* di origine asiatica, all'interno della quale si trovano tre importanti sottospecie: japonica, javanica e indica;
- *Oryza glaberrima* di origine africana, la cui coltivazione sta lentamente sparendo.

La sub specie japonica ha chicco tozzo che a cottura scuoce, ha una buona produttività e taglia della pianta corta. Da questa specie attraverso varie ibridazioni si ottengono le

principali varietà di riso coltivate in Italia (carnaroli, arborio, vialone nano, ecc.).

La sub specie javanica viene coltivata soprattutto nell'arcipelago indonesiano, è caratterizzata da un chicco lungo e largo e di scarso valore. Infatti questa sottospecie è la meno importante delle tre ed è utilizzata prevalentemente come banca dati genetica.

La sub specie indica coltivata in larga misura in India presenta chicco allungato con endosperma cristallino e resistente alla cottura, la taglia della pianta è elevata e porta molte foglie, ma con scarsa attitudine all'accestimento.

La resa totale del riso è pari a circa il 60%; ciò significa che da 100 kg di risone si ottengono circa 60 kg di riso raffinato e la rimanente parte è costituita dai sottoprodotti in cui la percentuale di lolla si aggira sul 15-20% del totale dei sottoprodotti.

La lolla è un sottoprodotto della lavorazione del riso. Essa si ottiene dal processo di sbramatura che subisce il risone (riso greggio) con il quale viene eliminato il rivestimento esterno del riso, ovvero le glumelle o lolla.

La lolla di riso è composta dalle brattee o glumelle che avvolgono la cariosside e che vengono da essa asportate mediante il processo di sbramatura durante la lavorazione del risone.

Le glumelle (Fig. 8) sono formate da due foglioline modificate chiamate palea e lemma, le quali costituiscono una sorta di astuccio erbaceo all'interno del quale ci sono gli organi fiorali rilasciati solo durante il periodo della fioritura. Lemma e palea hanno dimensioni differenti: la prima è più grande e può terminare con un prolungamento filiforme detto arista, la seconda ha dimensioni più ridotte e non è aristata (Angelini e Viggiani, 1998). Entrambe a maturazione presentano cellule lignificate e fragili, con un alto contenuto di silicati.

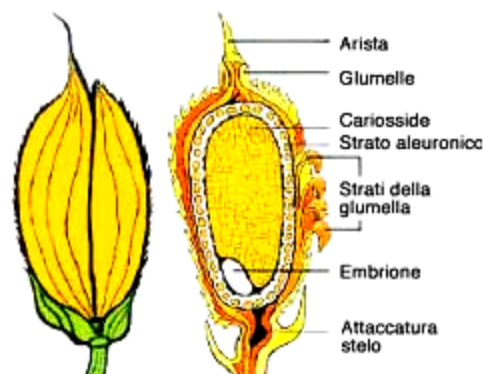


Fig. 8. Struttura del chicco di riso (Angelini e Viggiani, 1998)

La lolla può essere di colore giallo o marrone chiaro ed esercita la funzione di proteggere e trattenere sulla spiga il chicco di riso.

In alcuni casi il riso può subire il processo di “parboiling” che consente un’asportazione più facile delle glumelle aumentando contemporaneamente la conservabilità del riso stesso ed il suo contenuto in vitamine. Questo processo si applica mettendo il riso in vasche di grandi dimensioni riempite con acqua calda e trattandolo successivamente con del vapore ad alta pressione e temperatura. Il parboiling rende la lolla sterilizzata eliminando eventuali microorganismi presenti e libera il riso da eventuali semi vitali di malerbe.

In alcune riserie si applica, invece, il processo detto “masterfoods” dove il trattamento termico avviene dopo la sbramatura, ottenendo così una lolla non sterilizzata.

C’è da dire che molte riserie italiane, pur praticando entrambi i metodi nel medesimo stabilimento, non praticano la separazione della lolla parboiled da quella che non ha subito il trattamento. Per tale motivo ci sarà sempre una percentuale di lolla non sterilizzata con embrioni di riso vitali.

Da diversi lavori si è visto che la lolla può essere impiegata fresca, macinata, trattata con vapore o compostata, ed ha sempre evidenziato ottime potenzialità come componente dei substrati colturali. Essa viene indicata come substrato alternativo per colture fuori suolo o come componente per substrati in contenitore. Il suo utilizzo in campo agricolo è applicabile solo previo processo preliminare di sterilizzazione del prodotto grezzo (Namioka, 1977).

La lolla intera può venire impiegata nella composizione di terricci in percentuali variabili che vanno dal 20 al 30% con lo scopo di aumentare il volume d’aria nella massa. Essendo anche mediamente resistente alla decomposizione si consiglia di utilizzarla per periodi non superiori ad un anno; contrariamente sarebbe bene aumentare l’apporto di azoto per bilanciare la frazione immobilizzata a causa della decomposizione microbiologica (Cattivello, 2009).

Un’importante peculiarità della lolla è che nei contenitori alveolati tende a rimanere secca in superficie, lasciando la parte sottostante umida. Questo favorisce la minore presenza di funghi, insetti, alghe e muschio sui substrati (Sannazaro, 2008).

La lolla viene impiegata, inoltre, come:

- combustibile in impianti per la produzione di energia elettrica pulita e calore;
- lettiera negli allevamenti avicoli;
- fonte di ceneri per la fabbricazione di materiali refrattari in siderurgia, nella

- produzione di cemento e di detersivi;
- base per l'estrazione di furfurolo, un solvente usato per la produzione di resine, vernici, gomma e nylon;
- costituente di materiali abrasivi;

3.3.1 Caratteristiche chimico-fisiche della lolla

La lolla è costituita da un elevato livello di fibre crude, espresso come NDF (neutral detergent fiber) ed ADF (acid detergent fiber), possiede un elevato contenuto di lignina, cutina, silice insolubile ed un basso contenuto di cellulosa (Juliano, 1985). Inoltre presenta una discreta CSC ed un buon contenuto di fosforo e potassio. La discreta presenza di silice può presentare interessanti aspetti di natura fitopatologica nel controllo di alcune malattie fungine (Jeffrey, 1997). Si possono riscontrare anche elevati contenuti di manganese che a pH troppo acidi può diventare fitotossico (Handrek e Black, 1995).

Ha un basso livello energetico a causa dell'alto contenuto in ceneri ed il basso contenuto in grassi. Le proteine presenti sono: glutine (93%), albumina (5%), prolamina e globulina (entrambe all'1%), ed un contenuto maggiore di prolina rispetto alla lisina. A tale proposito Juliano (1985) sostiene che la lolla tra tutti i sottoprodotti della lavorazione del riso è quella a minore contenuto di proteine e carboidrati disponibili.

La lolla di riso può essere considerata una fonte preziosa di acidi fenolici, in particolare acido vanillico e p-cumarico, ma anche di altri componenti bioattivi con attività antiossidanti (Sunan e Sirithon, 2010).

I più importanti zuccheri presenti sono: principalmente xylosio e glucosio, secondariamente arabinosio, mannosio, ramnosio, fucosio e galattosio.

Analisi chimico-fisiche effettuate da Cadell (1988) mostrano che la lolla ha valori di porosità circa del 93,4%, una densità di volume di 110 kg m^{-3} e una densità specifica di $1,66 \text{ g cm}^{-3}$.

La lolla, inoltre, presenta scarsa capacità di risalita capillare (Cattivello, 2009).

3.3.2 Lolla di riso fresca e semicarbonizzata

La lolla di riso è un substrato che può essere utilizzato per la coltivazione idroponica, sia fresca che parzialmente carbonizzata (Calderòn, 2001). Esse sono caratterizzate da una buona inerzia chimica iniziale anche se con il passare degli anni inizia a decomporsi.

Il principale inconveniente della lolla è la bassa capacità di ritenzione idrica da cui deriva la difficoltà di ottenere un substrato omogeneamente umido quando viene utilizzata pura nei letti di semina e nei bancali. La sua scarsa capillarità provoca la formazione di zone molto umide adiacenti ad altre più secche che permangono anche per lunghi periodi di tempo (Calderòn, 2001).

Per migliorare, quindi, la ritenzione idrica della lolla si è ricorso:

- ad una sua parziale carbonizzazione. Questa pratica migliora notevolmente la bagnabilità, la capillarità e la capacità di ritenzione idrica in quanto il processo termico, eliminando la cera presente nel materiale fresco, ne riduce drasticamente le caratteristiche idrofobiche;
- a processi fermentativi e di invecchiamento;
- a miscele con materiali quali la sabbia di fiume o le scorie di carbone (Calderòn, 2001).

Sambo e collaboratori (2010) da studi condotti su salvia (*Salvia splendens*) e pomodoro (*Lycopersicon esculentum*) coltivati in miscugli di substrati composti da differenti combinazioni di torba di sfagno con percentuali crescenti di lolla di riso fresca (0,33,67 e 100%), e caratterizzati sia dal punto di vista chimico che fisico, hanno messo in evidenza che se la lolla di riso fresca superava il 33% in volume influenzava negativamente l'accrescimento di entrambe le specie, in particolare della salvia; infatti le piantine non erano in grado di raggiungere la taglia commerciabile.

3.3.3 Lolla carbonizzata

Data la sua facile disponibilità in Brasile, alcuni floricoltori commerciali brasiliani hanno valutato che dopo il processo di carbonizzazione la lolla presentava:

- più del 50% di sostanza secca;

- bassa densità di volume;
- pH vicino alla neutralità;
- basso volume di acqua nei micropori;
- alta porosità totale.

Da una caratterizzazione chimico-fisica della lolla di riso carbonizzata e dei vari substrati che la contenevano, è emerso che essa ha:

- bassa densità di volume, perciò tende ad alleggerire il substrato quando viene miscelata con la torba;
- porosità totale abbastanza simile alla torba ma con capacità di contenitore minore (17%);
- pH intorno alla neutralità che se posto in miscela con la torba innalza il valore della reazione;
- alta capacità per l'aria e conseguente bassa capacità di ritenzione dell'acqua.

La granulometria di questo materiale ha messo in evidenza che più del 77% delle particelle di lolla carbonizzata hanno una dimensione tra 0,5 e 2 mm che migliora il drenaggio quando viene miscelata con la torba e presenta un'alta permeabilità per l'acqua. Si può affermare, quindi, che la lolla di riso carbonizzata è un buon ammendante che migliora l'aerazione nei substrati utilizzati in ortofloricoltura come la torba o i suoli minerali (Kämpf e Jung, 1991).

3.3.4 Lolla compostata

In seguito al compostaggio per 18-24 mesi la lolla costituisce un prodotto di buona qualità e a basso costo. Le caratteristiche di questo prodotto sono l'uniformità della dimensione delle sue particelle che hanno diametro di circa 1-2 mm e la stabilità nel tempo. Infatti dopo un anno o più di coltivazione in contenitore la rottura delle particelle di lolla è risultata minima.

Si è riscontrato che la lolla di riso compostata per 12 settimane era caratterizzata di un pH 6,2 e da valori di capacità di ritenzione idrica simili a quelli della torba di sfagno (Cadell, 1988).

In prove di coltivazione su bocca di leone è stato visto che miscele costituite dal 60% di lolla compostata, 20% di lolla sterilizzata e 20% di sabbia hanno fornito buoni risultati

sulla sua crescita, talvolta anche migliori rispetto alle miscele con il 60% di torba, 20% di lolla e 20% di sabbia (Cadell, 1988).

In un'altra prova in cui si è utilizzata lolla di riso compostata in substrati a base di torba per la coltivazione di piantine di peperone (*Capsicum annum*) non si è osservata alcuna diminuzione di azoto nei substrati, cosa che invece è accaduta in quelli contenenti lolla fresca (Lee *et al.*, 2000a).

Infine in uno studio condotto da Anda e collaboratori (2010) è stato visto che la lolla compostata può essere utilizzata per aumentare la quantità di sostanza organica nel terreno.

3.3.5 Lolla parboiled

Una delle prime ricerche su questo materiale è stata condotta per valutare le performance della lolla di riso parboiled utilizzata come componente in substrati per la coltivazione in contenitore di *Lilium longiflorum* con tre sistemi di forzatura dei bulbi. In questa prova sono stati confrontati dei substrati nei quali veniva utilizzata lolla di riso al posto del suolo o della sabbia con una miscela di suolo-sabbia-torba. A seguito delle sperimentazioni Einert (1972) ha concluso la prova affermando che la lolla può essere utilizzata con successo come componente nei substrati di crescita in vivaio per il *Lilium longiflorum*, in quanto alleggerisce il substrato, migliora il drenaggio e l'aerazione e contribuisce ad apportare elementi nutritivi, favorendo la crescita delle piante.

Da un altro studio si è visto che l'elevata quantità di manganese (Mn) presente sul substrato e maggiormente disponibile a seguito del trattamento di sterilizzazione a vapore (steaming), può risultare tossica per le piante. Tuttavia si è notato che il processo di parboiling elimina i patogeni e devitalizza i semi di malerbe, senza rilasciare livelli tossici di manganese (Einert, 1972).

Studi condotti da Evans e Gachukia (2008) hanno evidenziato che, in diversi substrati con il 20-30-40-50 e 60% di lolla parboiled, le concentrazioni di macro e micro elementi in tutti i casi erano a livelli raccomandati, ad eccezione del manganese. Le concentrazioni di Mn sono state entro i valori raccomandati fino al 50% di lolla nel substrato; nei casi in cui la lolla superava tale valore è stato visto che una corretta gestione del pH era importante per evitare un'eccessiva disponibilità di Mn.

In un'altra prova sono stati analizzati dei substrati contenenti lolla di riso parboiled per

la coltivazione di tulipani da bulbi commerciali. Tutti i substrati hanno prodotto piante di ottima qualità, in particolare, quelle coltivate sul miscuglio costituito da suolo e lolla di riso hanno mostrato una marcata influenza sulla crescita dell'apparato radicale dimostratasi con un aumento del peso secco delle radici rispetto alle piante cresciute sulle altre tesi. Questo perché la lolla di riso ha aumentato le dimensioni dei pori nei substrati che la contenevano. E', altresì, vero che questi substrati hanno richiesto più frequenti irrigazioni quando le temperature salivano (Einert e Baker, 1973).

Come affermato da Evans (2003) la lolla influenza le caratteristiche fisiche dei substrati e può essere impiegata come alternativa alla perlite essendo di più facile reperibilità sul mercato e di costo contenuto.

La perlite è un materiale artificiale e inerte, eccessivamente costoso a causa del processo di lavorazione che subisce e per il suo trasporto. Inoltre, allo stato secco produce una polvere silice altamente irritante per l'uomo. Alla luce di questo, la lolla potrebbe sostituire la perlite avendo un basso costo, essendo disponibile in grandi quantità e non provocando problemi all'uomo (Evans e Gachukia, 2004).

Si è visto che aggiungendo lolla di riso parboiled o perlite a substrati a base di torba in quantitativi fino al 30% del volume totale, la porosità totale, la macroporosità e la capacità di ritenzione idrica dei substrati sono risultate simili. Mentre i substrati con un volume di lolla compreso tra il 30 e l'80% hanno mostrato maggiore porosità totale e macroporosità ma minore capacità di ritenzione idrica rispetto a quelli con le stesse quantità di perlite (Evans, 2003).

In prove di coltivazione con specie annuali orticole e floricole fatte crescere su miscugli a base di lolla parboiled sono state misurate la grandezza dei germogli e delle radici. I risultati sono stati simili a quelli ottenuti utilizzando substrati contenenti più del 40% di lolla parboiled o di perlite (Evans, 2003).

Relativamente all'eventuale riduzione dell'azoto disponibile per le piante nel mezzo di coltivazione sono state condotte prove per valutare i livelli di ammonio NH_4^+ e di nitrato NO_3^- in substrati a base di torba miscelata con perlite o lolla di riso nelle seguenti % in volume: 20-30-40-50-60. I dati ottenuti dalle sperimentazioni hanno evidenziato che le concentrazioni di ammonio non sono risultate diverse tra le varie tesi, mentre le concentrazioni sono risultate significativamente più alte nei substrati con il 40% di perlite rispetto a quelli con l'equivalente quantità di lolla. Poiché, in tutti i substrati oggetto della prova non sono emerse differenze significative, Evans e Gachukia hanno ritenuto che l'unico risultato contrastante per la concentrazione di nitrati poteva essere

un dato errato (2004).

Uno studio in cui è stata utilizzata lolla di riso fresca in substrati a base di torba di sfagno per la coltivazione di piantine di peperone (*Capsicum annum*) aveva dimostrato che l'azoto nei tessuti diminuiva man mano che aumentava la quantità di lolla nei substrati, cosa che invece non accadeva quando veniva utilizzata lolla compostata. Questa diminuzione di azoto nei substrati contenenti lolla fresca è stata attribuita ad un parziale esaurimento dell'azoto (Lee *et al.*, 2000b).

Un'altra sperimentazione in cui si valutava il contenuto di azoto nei tessuti di piante di pomodoro coltivate su substrati composti dalle medesime quantità di perlite o di lolla parboiled ha evidenziato che la riduzione del contenuto di azoto nei tessuti vegetali non è risultata significativa. Le differenze ottenute non sono imputabili alla sottrazione dell'azoto a causa della lolla fresca o di quella parboiled, bensì a cambiamenti delle proprietà fisiche dei substrati.

A tale proposito una sperimentazione di Evans e Gachukia (2004) hanno messo in evidenza che piante cresciute su substrati di torba e lolla parboiled o di perlite in uguali volumi hanno le medesime concentrazioni di azoto nei tessuti.

Alla luce di tutti questi risultati si può affermare che la lolla di riso può sostituire la perlite come componente nei substrati senza che vi sia una significativa riduzione di azoto, senza la necessità di modificazioni nella programmazione della nutrizione minerale e senza impatti dell'azoto sui tessuti vegetali (Evans e Gachukia, 2004).

Altre prove di coltivazione di varie specie annuali (pomodoro, geranio e vinca) su substrati a base di torba e perlite o lolla di riso al 10-15-20-25-30-35 o 40% in volume hanno mostrato che nella maggioranza dei casi non ci sono state significative differenze nel peso secco delle radici e dei germogli delle piante (Evans e Gachukia, 2004).

E' importante ricordare che nella formulazione del substrato di coltura si devono considerare attentamente le esigenze delle specie e delle cultivar in esame. Prova ne danno le ricerche condotte da Zanin G. e collaboratori (2009) in cui la torba è stata sostituita con percentuali crescenti di lolla di riso (0%, 25%, 50%, 75%, 100%), e le varie miscele sono state caratterizzate chimicamente. E' risultato che tutti i supporti possono essere utilizzati per la coltivazione in vivaio, in quanto il pH, la conducibilità elettrica e il livello di carbonio organico sono stati compatibili con le raccomandazioni della letteratura. Tuttavia alcuni problemi possono sorgere dal contenuto sbilanciato dei nutrienti. La sperimentazione agronomica ha fornito risposte differenti tra le specie. Le specie in esame erano tre, ovvero pomodoro, peperone e due cv. di cicoria. Pomodoro e

peperone sono stati influenzati negativamente dalle concentrazioni maggiori di lolla nei substrati. Al contrario, la cicoria si adattava bene alla coltivazione su substrati con alta percentuale di lolla.

La probabile presenza di semi di piante infestanti e di riso è una fonte di insicurezza nell'uso della lolla di riso. Da una sperimentazione in serra è emerso che la lolla di riso parboiled non aveva semi di infestanti germinati, mentre quella non parboiled conteneva dei semi vitali. Dunque la lolla di riso parboiled (bollita e sterilizzata con varie tecniche) è da preferire in quanto subendo dei trattamenti termici vengono eliminati eventuali semi vitali di riso e malerbe. Si evince quindi che la lolla di riso risulta essere idonea all'uso nei substrati per l'orticoltura (Evans e Gachukia, 2004).

3.3.6 Lolla macinata

Nella maggior parte dei casi le proprietà fisiche dei substrati sono prevalentemente determinate dalla dimensione delle particelle che compongono il substrato. Le particelle di maggiori dimensioni tendono ad aumentare la presenza di macropori, i quali tendono a scaricare l'acqua velocemente dopo gli interventi irrigui e ad aumentare la presenza di aria nel substrato (Bunt, 1988; Raviv e Lieth, 2008). Con l'aumentare delle dimensioni delle particelle che compongono il substrato o con l'aumentare percentuale delle particelle di grandi dimensioni, avviene una diminuzione della quantità di pori occupati dall'aria. Al contrario, le particelle più piccole tendono ad impacchettarsi maggiormente rispetto a quelle grandi, con un calo della quantità di macropori e più in generale anche della porosità totale, ed un conseguente aumento della capacità di ritenzione idrica. Le dimensioni delle particelle del substrato influenzano le dimensioni dei pori del substrato e le dimensioni dei pori influenzano direttamente le proprietà fisiche del substrato.

Attraverso la macinazione della lolla di riso e la successiva setacciatura del prodotto macinato, con l'ausilio di setacci aventi maglie con diametri di varie dimensioni, si può ottenere un prodotto con dimensioni delle particelle diverse rispetto alla lolla intera e/o una miscela di particelle di dimensioni differenti che hanno proprietà fisiche simili alla torba di sfagno (Buck e Evans, 2010).

Da una sperimentazione di Sambo e collaboratori (2008) si è visto che lolla di riso parboiled macinata delle dimensioni di 1, 2, 4 e 6 mm, in nessun caso aveva le stesse

proprietà fisiche della torba. Tutte le granulometrie di lolla, comunque, avevano proprietà fisiche dai valori che rientravano nel range di quelli consigliati per un substrato in letteratura, mentre quella di 1 e 2 mm presentava le caratteristiche fisiche più simili alla torba.

In un altro studio Buck e Evans (2010) riferiscono che la lolla di riso parboiled macinata delle dimensioni di 0,18 mm aveva una porosità totale, una macroporosità e una capacità di ritenzione idrica molto simili alla torba di sfagno. Si è visto che sostituendo la torba con questa lolla di riso macinata fino al 40% in volume le proprietà fisiche, pur non presentando gli stessi valori espressi dalla torba, avevano valori compresi tra quelli comunemente consigliati per i substrati adibiti alla coltivazione di colture in serra.

In un'altra ricerca, dalla macinazione della lolla di riso parboiled e successiva setacciatura si sono ottenute tre tipologie di lolla di riso macinata di differenti classi granulometriche: la tipologia P3 di 1 mm, la tipologia P4 di 0,5 mm e la tipologia RH3, disponibile in commercio, di 0,18 mm. Indipendentemente dalle dimensioni delle particelle, tutte le tipologie di lolla avevano conducibilità elettrica (CE), concentrazioni di azoto ammoniacale (NH_4^+) e di azoto nitrico (NO_3^-) non troppo elevate e in un range accettabile per il loro utilizzo come substrato di radicazione. Tuttavia, il pH e le concentrazioni di fosforo e potassio sono stati superiori a quelli della torba di sfagno e anche ai livelli raccomandati in letteratura (Evans *et al.*, 2011).

Evans e Gachukia (2008) hanno visto che la lolla di riso potrebbe rilasciare silicati prontamente disponibili che causerebbero l'aumento del pH nel tempo.

Se si utilizza un sistema di produzione in cui vi è una scarsa lisciviazione e con livelli di pH, fosforo e potassio troppo alti sarebbe problematico utilizzare la lolla di riso macinata come unico substrato oppure come componente di un miscuglio. Comunque, qualora la lolla venga utilizzata come unico substrato il pH può essere opportunamente abbassato con l'aggiunta di elementi quali zolfo elementare, solfato di alluminio, solfato di ferro, ecc. Inoltre, la lolla può essere mescolata con una componente acida come la torba al fine di ottenere un substrato avente un pH accettabile. Lo stesso vale per il fosforo e il potassio, i quali si possono regolare mescolando la lolla con la torba di sfagno oppure con corteccia compostata. Questi ultimi avendo un più basso contenuto di fosforo e potassio consentono di ottenere un substrato con quantità accettabili di entrambi gli elementi (Evans *et al.*, 2011).

3.4 LA DIGESTIONE ANAEROBICA

Con digestione anaerobica si intende la trasformazione in assenza di ossigeno della sostanza organica in biogas, ovvero un gas formato principalmente da metano e per la restante parte da biossido di carbonio e tracce di altri gas (idrogeno solforato, ammoniaca, idrogeno, vapore acqueo e ammine). Le 4 fasi del processo di digestione anaerobica sono:

- idrolisi (molecole organiche decomposte in molecole più semplici);
- acidogenesi (ulteriore scissione e semplificazione delle molecole in acidi grassi con produzione di ammoniaca, anidride carbonica e acido solfidrico);
- acetogenesi (molecole derivanti dalla fase precedente elaborate ulteriormente con produzione di anidride carbonica, idrogeno e acido acetico);
- metanogenesi (produzione di metano, anidride carbonica e acqua).

La digestione anaerobica può essere effettuata sia a umido che a secco. La digestione a secco si riferisce a miscele di materiale con contenuto minimo in solidi del 30%, mentre la digestione a umido si riferisce a miscele con un minimo del 15% di contenuto in solidi. Essa deve avvenire ad intervalli di temperatura ottimali compresi tra 20-45 °C o 50-52 °C a seconda del tipo di batteri (mesofili o termofili) che intervengono con diversi tempi d'azione: 15-30 giorni i primi, 15 giorni i secondi. Essendo il processo con batteri termofili più costoso perché richiede una maggior quantità di energia, la digestione mesofila è più diffusa.

Il processo di digestione anaerobica porta alla formazione di tre sottoprodotti: il biogas, il digestato acidogenico e il digestato metanogenico che possono trovare diversi impieghi (Piccinini, 2004).

Il biogas è una miscela gassosa composta prevalentemente da metano e anidride carbonica, ma contenente anche una piccola quantità di idrogeno e occasionalmente tracce di acido solfidrico.

Il biogas può essere bruciato per produrre energia elettrica solitamente con motore a scoppio o microturbina. Il gas è spesso utilizzato nel processo di cogenerazione, per la produzione di energia elettrica e sfruttando il calore per riscaldare gli stessi digestori o effettuare il teleriscaldamento.

Il digestato acidogenico è un materiale organico stabile composto prevalentemente da lignina e cellulosa, ma anche da una varietà di componenti minerali e da una matrice di

cellule batteriche morte; possono essere presenti anche alcune materie plastiche. Esso, inoltre, somiglia al compost domestico e può essere utilizzato come suo sostituto, o per produrre materiale da costruzione derivato da fibre di legno.

Il digestato metanogenico è il terzo sottoprodotto della digestione anaerobica e, in relazione alla qualità del materiale sottoposto a digestione, può rappresentare un fertilizzante eccellente e ricco di nutrienti.

La sostanza organica normalmente utilizzata nella digestione anaerobica rappresenta una quota del peso delle matrici caricate nei digestori anaerobici variabile, a seconda della qualità delle matrici stesse, dal 3-4 al 90-95%. L'ingestato (matrici organiche di partenza che vengono caricate nel digestore come insilato di mais, farina di mais, farina di riso, liquame suino e bovino, pollina, deiezioni di coniglio, fanghi di depurazione, frazione organica dei rifiuti, rifiuto a base vegetale, scarti di frutta, scarti di carne, scarti di macellazione e lattiero caseari, trebbie e fanghi di produzione della birra, melasso, glicerina, scarti della lavorazione dell'olio d'oliva, ecc.) con il più basso contenuto di sostanza organica è riconducibile agli effluenti zootecnici come liquame e letame di allevamenti suini, bovini e avicoli, mentre quello che ne contiene di più è riconducibile alle frazioni più nobili delle colture dedicate o dei sottoprodotti agroindustriali.

Al termine del processo di digestione anaerobica, che può avvenire in reattori in continuo o discontinuo, la quota residua di prodotto non trasformata in biogas, ovvero il digestato, viene scaricata dal digestore e deve essere gestita e utilizzata secondo il codice delle "buone pratiche agricole" come nutriente per le colture (Fabbri, 2010).

3.4.1 Il digestato

Il digestato, sottoprodotto del processo di digestione anaerobica, è un materiale stabilizzato con buone caratteristiche fertilizzanti, con un "pronto effetto" dovuto alla mineralizzazione dell'azoto organico a ammoniacale (Barbanti *et al.*, 2010).

La composizione del digestato e il suo inquadramento normativo variano in funzione sia della tipologia di biomasse in entrata che della classificazione (agricola o meno) dell'attività di valorizzazione energetica delle stesse (Piccinini *et al.*, 2009).

In generale la gestione del digestato è notevolmente agevolata se esso viene sottoposto a separazione solido-liquido. In tal caso, infatti, genera una frazione liquida con basso residuo secco (2-8% di sostanza secca), che contiene principalmente azoto in forma

ammoniacale, e una frazione solida palabile (25-30% di sostanza secca) con un'elevata percentuale di sostanza organica parzialmente stabilizzata (umo-simile o humus precursore).

La frazione liquida potrebbe essere usata, quindi, per fertilizzare le colture, al posto del concime di sintesi, a patto che venga utilizzata in periodi coincidenti con lo sviluppo colturale e limitando le emissioni gassose ammoniacali che avvengono durante la distribuzione. Infatti, la frazione liquida conterrà elementi nutritivi nelle stesse quantità presenti nelle biomasse in entrata ma in forma più facilmente assimilabile rispetto alle matrici di origine ed avrà quindi le caratteristiche di un concime a pronto effetto con un potere nutrizionale non inferiore alle stesse (Fabbri, 2010).

Adani e D'Imporziano (2009) sostengono che la frazione liquida abbia elevato valore nutritivo e che contenendo elementi nutritivi in forma minerale come N-NH_4 , H_3PO_4 e altre forme di P, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e SO_4^{2-} sia assimilabile ad un fertilizzante minerale in soluzione acquosa in cui anche la presenza di oligoelementi gli conferisce completezza nutrizionale. Inoltre, la frazione liquida presenta un elevato titolo di azoto ammoniacale (> 75 %) ed un rapporto N/P elevato. Tali caratteristiche permettono l'utilizzo di tale frazione in totale equivalenza e sostituzione dei fertilizzanti minerali azotati, consentendo al contempo anche un apporto di P e K nei rapporti richiesti dalla pianta oltre ad una serie di oligoelementi. Tutto ciò comporta un risparmio economico ed una maggior protezione dell'ambiente.

La frazione solida, nella quale si concentrerà la sostanza organica non digerita, assumerà proprietà ammendanti ovvero in grado di apportare miglioramenti alla struttura del terreno. Le proprietà della frazione solida possono ulteriormente migliorare attraverso il compostaggio: tale fase aerobica completa la degradazione della sostanza organica labile, iniziata nella fase anaerobica (digestione). Ne deriva perciò un aumento della stabilità della sostanza organica residua correlato all'effetto ammendante (Piccinini *et al.*, 2009).

Ancora secondo Adani e D'Imporziano (2009) la frazione solida risulta di grande utilità per ripristinare il bilancio umico dei suoli, soprattutto nei suoli Italiani e padani che hanno perso negli ultimi 50-60 anni circa il 50% del contenuto di sostanza organica totale.

L'utilizzo agronomico del digestato quale fertilizzante non deve tener conto solo del semplice apporto di elementi di fertilità in sostituzione dei concimi di sintesi, ma anche della possibilità di chiusura del ciclo del carbonio e dei nutrienti che sono la chiave di

lettura di un'agricoltura sostenibile che riporta la centralità del recupero di materia quale mezzo di sostentamento della produzione agraria.

L'acquisizione da parte del digestato di uno status di "fertilizzante" che possa godere della fiducia degli operatori agricoli e della popolazione passa attraverso un attento esame delle caratteristiche chimiche e biologiche del materiale, nonché delle implicazioni ambientali legate al suo utilizzo. In particolare una completa caratterizzazione del digestato deve considerare i seguenti aspetti:

- proprietà fertilizzanti che ne giustifichino l'utilizzo;
- impatto odorigeno;
- aspetti igienico-sanitari;
- aspetti di protezione dell'ambiente.

Anche se in letteratura ci sono poche informazioni sulle caratteristiche agronomiche e chimico-agrarie del digestato, un elevato contenuto in elementi fertilizzanti in forme prontamente disponibili, come N-NH_4 , H_3PO_4 e altre forme di P , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e SO_4^{2-} in primis, suggeriscono un suo utilizzo quale fertilizzante a pronto effetto, in alternativa ai tradizionali fertilizzanti chimici. La maggior disponibilità delle forme di azoto presenti nel digestato, frutto delle complesse bio-trasformazioni che avvengono durante il processo biologico, configurano il digestato quale fertilizzante azotato a pronto effetto, la cui efficienza non differisce molto dai tradizionali concimi minerali di sintesi quali urea e solfato ammonico. Non meno importante risulta la presenza di elementi come Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} e di oligoelementi nel digestato, che gli conferiscono quelle proprietà di "fertilizzante completo ed equilibrato" alla base dello sviluppo di un'agricoltura più sostenibile (Adani e D'Imporziano, 2009).

Tambone e collaboratori (2010) sostengono che il digestato ha delle proprietà fertilizzanti molto buone per l'alto contenuto di nutrienti (N, P, K) in esso presenti e in forma disponibile. In questo modo sembra essere un ottimo candidato per sostituire i fertilizzanti inorganici, contribuendo anche ad innalzare a breve termine il contenuto di materia organica del suolo.

Durante la digestione anaerobica i composti azotati presenti nell'ingestato non vengono eliminati, ma solo parzialmente trasformati da una forma ad un'altra e si ritrovano quindi integralmente nel digestato.

Come sostiene Fabbri (2010) il digestato è il frutto di una serie molto complessa di reazioni che, seppur non variando in modo significativo il quantitativo di azoto

introdotto, ne modifica la composizione. Durante il processo parte delle diverse forme di azoto organico caricate vengono demolite per produrre biogas, mentre il gruppo amminico ad esse legato viene liberato in soluzione sottoforma di azoto ammoniacale. L'entità di queste reazioni dipende dal tipo di composto azotato e dall'efficienza del processo di digestione anaerobica. Parte dell'azoto ammoniacale presente nel materiale all'interno dei digestori viene allontanato con il biogas stesso, ma tale quota rappresenta in genere non più dell'1-2% della quantità di azoto caricato complessivamente nel digestore con le diverse matrici. Le quote di azoto organico e ammoniacale che si ritrovano nel digestato dipendono, quindi, dal tipo di materiale utilizzato per alimentare il digestore: nel caso di soli effluenti, la quota di azoto ammoniacale può arrivare fino all'80-85% dell'azoto totale; se si tratta di colture dedicate, invece, arriva al massimo al 50-60%.

Mantovi e collaboratori (2009) sostengono che dal punto di vista ambientale l'azoto viene convertito sino anche a più del 70% in azoto ammoniacale rendendosi maggiormente disponibile per le colture purché la distribuzione avvenga in epoca a ridosso di quella di utilizzo da parte delle piante. A tale proposito l'alta concentrazione di azoto ammoniacale presente nel digestato comporta tuttavia la necessità di distribuirlo in pre-semina con immediato interrimento per limitare le perdite di volatilizzazione dell'ammoniaca.

La corretta e virtuosa valorizzazione agronomica del digestato deriva in primo luogo da una necessità di protezione dell'ambiente. Tale necessità è particolarmente importante in quanto, in passato, si è sempre visto l'utilizzo del digestato in agricoltura come una causa di disturbo dell'ambiente, frutto della mancanza di informazioni corrette e dati scientifici. Al contrario, l'utilizzo del digestato in agricoltura, più che un'opportunità di utilizzo di un fertilizzante "naturale" offre la possibilità di una forte riduzione degli impatti prodotti dall'attività agricola.

Quanto appena affermato può essere sintetizzato in sei punti principali (Adani e D'Imporziano, 2009):

1. Emissioni di metano e gas serra: il corretto utilizzo dei reflui dopo la digestione anaerobica e la restituzione del materiale al suolo permette un significativo abbattimento delle emissioni di metano contribuendo alla riduzione, su scala Nazionale, dell'emissione di GHG.
2. Riduzioni delle emissioni di ammoniaca: i fattori che influenzano le emissioni di ammoniaca dopo la distribuzione in campo sono la viscosità del mezzo e il pH.

La digestione anaerobica aumenta il pH del mezzo (con maggiore possibilità di volatilizzazione), ma determina una minore viscosità, ancor più evidente nel caso di utilizzo della frazione liquida. E' evidente che un corretto utilizzo della frazione liquida per "iniezione" consente la forte riduzione dell'emissione di ammoniaca (paragonabile a quanto avviene con l'utilizzo di fertilizzanti di sintesi ad es. urea o solfato ammonico). C'è da aggiungere che la rapida infiltrazione del digestato liquido e la presenza di ammoniaca sottoforma di NH_4^+ permette una sua rapida immobilizzazione sui siti di scambio dei colloidi del suolo.

3. Emissioni di N_2O : le emissioni di protossido di azoto sono in funzione della quantità di azoto applicata al suolo. D'altronde la presenza di sostanza organica facilmente biodegradabile rende il potenziale di emissione più elevato. Il digestato è un materiale organico fortemente stabilizzato e recalcitrante in seguito ai processi di stabilizzazione operati dalla digestione anaerobica; inoltre, l'utilizzo del separato liquido, riducendo ancor di più l'apporto di frazione organica in concomitanza dell'apporto di azoto, contribuisce alla riduzione delle emissioni di N_2O .
4. Recupero di unità fertilizzanti: il recupero e la valorizzazione di unità di azoto e di fosforo, possibile con un utilizzo virtuoso del digestato e del separato liquido in particolare, determinano una assenza di emissioni di anidride carbonica, monossido di carbonio, ossidi di azoto e zolfo, acido cloridrico e sostanze coinvolte nei fenomeni di riscaldamento globale e acidificazione.
5. Distribuzione di materiale organico stabilizzato e igienizzato: la sicurezza nei confronti della popolazione significa un basso contenuto di microrganismi indicatori di situazioni di rischio per la salute pubblica o comunque simili a quelli di altre biomasse liberamente utilizzabili e commercializzabili (es. compost). La digestione anaerobica permette la stabilizzazione e l'abbattimento della carica microbica dei materiali di partenza.
6. Riduzione dell'impatto odorigeno: la produzione di odori risulta un problema reale nel riutilizzo di reflui di allevamento. La digestione anaerobica, in seguito ai complessi processi biologici che la caratterizzano, determina una forte riduzione della "putrescibilità della frazione organica". Tale effetto ha un riflesso diretto sulla disponibilità di nutrimento per i microrganismi che, in condizioni anaerobiche, sono i responsabili della produzione di odori. Un

concetto importante per valutare l'impatto e la qualità di una matrice da valorizzare sul territorio è la stabilità biologica. La misura della stabilità biologica in condizioni standardizzate si è rivelata un ottimo parametro per la stima indiretta della produzione di odori, aspetto questo non trascurabile se si considerano le spesso moleste pratiche agricole di spandimento dei liquami zootecnici.

3.4.2 Il digestato da borlanda di frutta

Nonostante da sempre gli studi si siano maggiormente concentrati sui digestati di matrice organica zootecnica (reflui zootecnici), negli ultimi anni si è cercato di utilizzare altri tipi di biomasse di partenza, totalmente di origine vegetale, ottenendo digestati relativamente diversi dai precedenti.

La biomassa indica qualsiasi sostanza organica, sia vivente che morta, derivata direttamente o indirettamente dalla fotosintesi che è il processo fisiologico che consente agli organismi dotati di clorofilla di captare l'energia radiante, di trasformarla in energia chimica e di immagazzinarla sotto forma di molecole più o meno complesse.

Dalle attività agricole, forestali e agroindustriali derivano una serie di scarti di diverse tipologie che sono potenzialmente utilizzabili per la produzione di energia:

- le potature degli alberi da frutto;
- le paglie dei cereali, gli steli, le foglie e i residui in genere di varie coltivazioni;
- i residui di prima e seconda lavorazione del legno;
- le vinacce, le sanse, i noccioli e gusci di frutta, ecc.

Il processo di distillazione dell'etanolo è ottenuto a partire dalle seguenti materie prime opportunamente fermentate: frutta, vini, fecce di vino, melasso. I sottoprodotti della distillazione (fecce esauste, borlanda di frutta) possono essere utilizzati come biomassa di partenza per la produzione di biogas. La distillazione è una tecnica di separazione che sfrutta la differenza dei punti di ebollizione delle diverse sostanze presenti in una miscela. È usata sia per separare miscele complesse che per purificare sostanze. Negli impianti moderni l'energia termica necessaria per la distillazione viene fornita sotto forma di vapore. L'alto costo dei combustibili, il costo di smaltimento dei sottoprodotti di distillazione, la consapevolezza sempre maggiore del concetto di sostenibilità ambientale e le più approfondite conoscenze tecnico-funzionali dei bio-

digestori hanno reso economicamente vantaggioso utilizzare le biomasse considerate costi come sottoprodotti della distillazione.

Come sottoprodotto della produzione anaerobica del gas troviamo il digestato di borlanda di frutta che si sta cercando di valorizzare dal punto di vista agronomico e che può essere utilizzato come fertilizzante nelle colture ortoflovaistiche.

Il Dipartimento di Agronomia ambientale e Produzioni vegetali dell'Università di Padova ha condotto delle sperimentazioni in tale direzione le quali propongono l'utilizzo di questo residuo come concime organico azotato nella coltivazione della lattuga. Dai risultati ottenuti si è potuto notare che il digestato anaerobico di borlanda di frutta contribuisce in modo positivo all'accrescimento e allo sviluppo della coltura di lattuga quando viene accoppiato alla concimazione minerale. Questo perché la graduale messa a disposizione degli elementi nutritivi da parte del digestato risulta essere troppo lenta rispetto alle richieste nutrizionali della pianta. Inoltre permette un minor accumulo di azoto nella sostanza secca (1,6 - 2% di N/SS) rispetto ad una concimazione minerale che porta ad un maggior accumulo di azoto nella sostanza secca (2,3% in media). Con questo studio si è potuto dimostrare che è possibile effettuare la concimazione con il digestato anaerobico di borlanda di frutta nella produzione della lattuga.

Il digestato può essere utilizzato e può fornire dei risultati simili alla concimazione minerale azotata sia dal punto di vista produttivo che dal punto di vista morfofisiologico. Questo però a condizione che il tempo intercorso tra la fertilizzazione e il trapianto sia sufficiente per la completa mineralizzazione dell'azoto organico, senza che venga peggiorata la qualità del prodotto, il che potrebbe significare elevati accumuli di nitrato e/o di metalli pesanti (Sambo *et al.*, 2010).

Sambo e collaboratori (2010) da studi condotti su salvia (*Salvia splendens*) e pomodoro (*Lycopersicon esculentum*) coltivati in miscugli di substrati composti da differenti combinazioni di torba di sfagno e percentuali crescenti di lolla di riso fresca (0, 33, 67 e 100%) con o senza digestato anaerobico di borlanda di frutta in ragione del 20% in volume, e caratterizzati sia dal punto di vista chimico che fisico, hanno messo in evidenza che l'incremento di lolla di riso fresca nel miscuglio senza il digestato influenzava negativamente l'accrescimento di entrambe le specie, in particolare della salvia. Inoltre, si è visto che il digestato era in grado di migliorare le caratteristiche dei miscugli, tanto che le performances della salvia coltivata nei substrati aventi il digestato erano molto simili a quelle dei substrati senza la lolla di riso fresca.

3.4.2.1 Caratteristiche chimiche del digestato di borlanda di frutta

Il digestato di borlanda di frutta presenta valori di pH leggermente al di sopra della neutralità ma non a livelli preoccupanti. Il basso valore del rapporto C/N indica una rapida decomponibilità del materiale e quindi un veloce rilascio dei nutrienti che sono presenti in quantitativi abbastanza elevati, considerando la tipologia del materiale utilizzato (Sambo *et al.*, 2010).

Tab. 3. Composizione chimica del digestato di borlanda di frutta.

Parametro	Valore
pH	7,68
EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	1462
SS (%)	30,21
Umidità (%)	69,79
SO (%)	49,94
Ceneri (%)	50,06
CO	28097
N totale (%)	3,90
P (%)	0,58
K (%)	0,30
C/N	7,44

(Fonte: Sambo *et al.*, 2010)

3.5 PREPARAZIONE DEI MISCUGLI

L'utilizzo di un solo substrato spesso non garantisce le caratteristiche idonee per una determinata coltura e quindi è consigliabile ricorrere alle miscele di più materiali. Inizialmente questa tecnica prevedeva che il terreno agrario fosse un elemento principale, ma la sempre più attenta ricerca di un substrato ideale ha portato alla sua sostituzione con moltissimi nuovi materiali di diversa tipologia.

Per migliorare le caratteristiche dei componenti originali ed abbassare i costi, si ricorre all'impiego di miscugli. Basandosi sulle caratteristiche chimico-fisiche dei materiali di partenza ci si può prefiggere diversi obiettivi da raggiungere:

- la perlite, il polistirolo, la sabbia grossolana e l'argilla espansa si possono impiegare per aumentare la porosità libera e il drenaggio;
- la torba bionda è molto utile per innalzare l'acidità;
- maggiori quantitativi di materiale organico o opportune quantità di terreno argilloso si possono utilizzare per aumentare la CSC e il potere tampone;
- la torba, la vermiculite e la fibra di cocco si possono usare per aumentare la capacità di ritenzione idrica;
- i substrati a bassa velocità di decomposizione favoriscono una maggiore durata e stabilità.

La scelta dei materiali da miscelare deve considerare le condizioni climatiche in cui la coltura viene fatta crescere:

- quando si opera in ambienti umidi e con bassa radiazione solare dovranno essere preferiti componenti aventi buona porosità al fine di garantire un buon drenaggio con conseguente rapido sgrondo delle acque in eccesso;
- con temperature elevate si deve evitare il rischio di un rapido essiccamento, senza dimenticare che la degradazione dei materiali organici è più rapida, pertanto è consigliabile l'impiego di componenti con una maggiore capacità di ritenzione idrica e che non permettano una veloce evaporazione (es. la torba). Contemporaneamente devono garantire resistenza alla decomposizione (es. aghi di pino).

Il miscuglio finale deve essere una massa omogenea e facilmente mescolabile, con una buona calibratura delle particelle ed una sufficiente umidità. A tale scopo, la miscelazione viene compiuta con l'ausilio di macchine come trinciatrici, mulini, ecc. Queste operazioni complesse, delicate e onerose a livello economico a causa di una elevata richiesta di manodopera, hanno spinto i coltivatori a rivolgersi ad aziende specializzate. Quando si opera su grossi quantitativi si riscontra una migliore uniformità del prodotto. E' consigliabile evitare di conservare a lungo il substrato dopo la preparazione che preveda anche la concimazione, prevenendo problemi di alterazione ed inquinamento del substrato stesso. In ogni caso è sempre opportuno misurare il pH e la salinità al termine della preparazione del miscuglio.

Nella formulazione dei miscugli considerare solo la loro composizione (tipo e percentuale dei costituenti) può non essere sufficiente a causa della possibile variabilità delle materie prime utilizzate e dalla modalità di miscelazione adottata (questo ultimo

aspetto vale soprattutto se il substrato viene preparato direttamente dal coltivatore) (Bassan, 2008).

3.6 I MISCUGLI PER LA RADICAZIONE

Nel caso dei miscugli utilizzati per la radicazione di talee sono indispensabili substrati ad elevata capacità per l'aria e un efficiente drenaggio, allo scopo di evitare il più possibile un ambiente asfittico che potrebbe inibire le prime fasi della crescita radicale (Frangi, 2009).

Per avere una migliore aerazione ed una buona disponibilità di acqua per la pianta, soprattutto per i contenitori di piccole dimensioni spesso utilizzati per la radicazione delle talee, è bene applicare poca acqua e frequentemente. Occorre anche fare attenzione alle dimensioni ed alla velocità del flusso idrico per non rischiare dilavamenti o asportazioni di substrato. Inoltre, la conoscenza di alcune proprietà idrauliche del cosiddetto sistema substrato-contenitore, quali la capacità di contenitore (ovvero il contenuto di acqua massimo per un substrato posto in un particolare contenitore, cioè la quantità d'acqua che il sistema trattiene dopo un'irrigazione fino a saturazione e successivo drenaggio sgocciolamento) non dovrebbe essere inferiore al 50% del volume del contenitore, e il contenuto di acqua facilmente disponibile (cioè la differenza tra il contenuto idrico a -1 kPa e quello a -5 kPa) è alla base della determinazione del volume di adacquamento e, conseguentemente, della frequenza dell'irrigazione (Paradossi *et al.*, 2009).

Nella preparazione dei miscugli per colture con radici particolarmente esigenti in termini di ossigeno e/o condotte in contenitori di piccole dimensioni, come ad esempio le celle dei contenitori alveolati impiegati nella produzione di talee radicate, occorre utilizzare dei substrati con un'elevata capacità di drenaggio dell'acqua (Paradossi *et al.*, 2009).

Le materie prime che si possono utilizzare per formare i miscugli da utilizzare per la radicazione delle talee sono: torba bionda vagliata finemente (8-10 mm), torba bruna in percentuale limitata (massimo 20%), perlite. Può essere aggiunta una limitata quantità di concime a pronto effetto e di microelementi (500 g m^{-3}). E' consigliata una granulometria fine per agevolare il riempimento di contenitori di limitate dimensioni

largamente utilizzati per la radicazione delle talee (Frangi, 2009). Sempre secondo Frangi (2009) indicativamente i substrati per la radicazione delle talee dovrebbero avere preferibilmente questi valori:

- volume d'aria a pF1 (% v:v) compreso tra 30 e 60;
- volume d'acqua a pF1 (% v:v) compreso tra 40 e 60;
- volume d'acqua facilmente disponibile (% v:v) compreso tra 20 e 30.

Generalmente si osserva la più elevata sensibilità da parte di moltissime specie durante la radicazione delle talee; per questo motivo la conducibilità elettrica (EC) non dovrebbe superare i valori di 1,5-2,5 mS cm⁻¹ (con rapporto estrattivo 1:5) per la maggior parte delle colture, considerando che la tolleranza delle singole specie varia anche in relazione allo stadio di accrescimento della pianta (Perelli e Pimpini, 2003).

Relativamente all'utilizzo del compost nella formulazione dei miscugli uno studio condotto da Weyman-Kaczmarkova e collaboratori (2002) sulla radicazione di talee di geranio (*Pelargonium peltatum* hort.) ha dimostrato che il compost può stimolare la radicazione in maniera significativa aumentando la lunghezza delle radici fino all'80% e la biomassa delle stesse oltre il 40%. Inoltre, si è riscontrato anche un incremento della biomassa della parte aerea del 35%.

3.7 LA ROSA

Il genere *Rosa* appartiene alla famiglia delle *Rosacee* e all'ordine delle *Rosales*. E' un arbusto eretto o sarmentoso, a foglie composte da 5, 7, 11 e anche 13 foglioline decidue, con stipole libere o saldate. Il fusto porta aculei molto diversi da una specie all'altra, a volte con funzioni decorative. Gli aculei possono essere frammisti ad acicoli e a peli ghiandolosi. Le foglioline lucenti o opache hanno i margini dentati con i denti che possono essere semplici o doppi. Il colore è verde più o meno scuro o glauco nella pagina superiore e a volte rosso in quella inferiore. I fiori ermafroditi solitari e riuniti in infiorescenze a corimbo sono formati da una corolla dialipetala, con 5 petali carnosì e arrotondati nelle forme spontanee, e molto più numerosi in quelle coltivate (anche 50-60); il calice dialisepalo è composto da 5 sepali che in condizioni climatiche sfavorevoli possono diventare simili a foglie. Il frutto è un cinorrodo di forma e colore differenti da una specie all'altra, è formato dall'ingrossamento del ricettacolo che contiene semi

(acheni gialli o marroni) frammisti a peli (Accati Garibaldi, 1993).

In particolare la rosa paesaggistica *Rosa ×hybrida* 'La Sevillana' Maigekanu è una rosa floribunda introdotta da Meilland in Francia nel 1978. Presenta boccioli conici che schiudono in fiori semidoppi color vermiglio scuro, leggermente profumati, riuniti in mazzi di grandi dimensioni. Forma una pianta a portamento cespuglioso e compatto alto fino a 1,2 metri, è molto vigorosa, è una buona rifiorante e mantiene la fioritura. Il fogliame è di colore verde bronzeo e semi-opaco. E' una rosa buona per zone molto calde e asciutte, è rustica e può resistere fino a -29 °C (Phillips e Rix, 2006).

In Italia i dati Istat del 2006 riguardanti le statistiche dell'agricoltura degli anni 2001-2002 riferite alla produzione di piante intere da vaso di rosaio, indicano una produzione totale nazionale in serra pari a 4.107.752 piante, ed una produzione totale in piena aria di 5.451.050 piante. In particolare il Veneto, per quanto riguarda la produzione di piante di rosaio in piena aria, si colloca al primo posto nella graduatoria nazionale per regioni con una produzione di 3.374.500 piante.

La moltiplicazione della specie avviene soprattutto per talea, ed è importante ricordare che durante la radicazione delle talee è auspicabile utilizzare un substrato di coltivazione ben drenato in modo che vi sia un'eccellente aerazione dello stesso. Comunemente si utilizzano substrati a base di torba aventi pH tra il 5,5 e il 6,7 (Dole e Wilkins, 2004).

3.8 IL GERANIO

I gerani appartengono al genere *Pelargonium*, appartenente alla famiglia delle *Geraniaceae*, nome quest'ultimo che deriva da *geranos* che significa gru, per alludere al frutto che ha la forma del becco di una gru.

Il genere *Pelargonium* è originario del Capo di Buona Speranza, in Sud Africa, in una zona compresa tra 30 e 35° di latitudine Sud, a clima desertico, scarsa piovosità, terreno povero e temperatura compresa tra 10 e 20°C. Qui il genere *Pelargonium* si adatta alle condizioni sfavorevoli sviluppando un apparato radicale profondo che può scendere nel terreno fino anche ad 1 metro, ha foglie ispessite e tomentose per ridurre la traspirazione, il fusto è diventato legnoso e nodoso con aspetto xerofitico. Il fiore è zigomorfo (cioè con corolla irregolare) con sette stami e uno sperone nettario sotto il

sepalò inferiore. Il geranio è una pianta eliofila che nelle zone di origine fiorisce tutto l'anno, mentre nelle nostre zone indicativamente fiorisce da marzo a settembre.

In particolare il *P. peltatum hort.* (= *P. xhaederifolium hort.*) o geranio edera deriva dall'incrocio tra il *P. peltatum* e il *P. lateripes* del Sud Africa (Accati Garibaldi, 1993).

Il geranio edera noto in Europa fin dal 1701 è una pianta perenne a stelo erbaceo con internodi molto lunghi e sottili, portamento decumbente, foglie glabre, carnose, peltate a 5 lobi ottusi con margini interi e picciolate; esse ricordano quelle dell'edera e sono cuoiose. Esistono gerani edera con foglie screziate di bianco-crema. Di questo gruppo fanno parte i mini edera come "la Ville de Paris" (noti anche come parigini). I fiori a forma di ombrelle hanno colori che variano nelle tonalità del lilla e del rosa, ma esistono anche varietà bianche; se vengono coltivati in esposizione molto soleggiata producono una notevole quantità di fiori, arrivando anche a coprire l'intero fogliame.

La moltiplicazione del geranio avviene prevalentemente per talea. La talea che viene utilizzata a tale scopo solitamente è costituita da un getto composto da 3-4 foglie da cui vengono rimosse quelle basali e le stipole poiché, in tal modo, si inserisce più facilmente nel substrato di coltivazione.

Come substrato generalmente si usa una miscela di torba e perlite con aggiunta di carbonato di calcio per correggere il pH. L'optimum di pH per il geranio si aggira tra 5,6 e 6 ma per il geranio edera è consigliato un pH leggermente inferiore tra 5,3 e 5,5; particolare attenzione va posta in caso di pH superiori a 6,2 ed elevate concentrazioni di manganese nel substrato che potrebbero causare tossicità da manganese.

Temperature elevate dell'aria accompagnate da elevata umidità relativa (ottenuta mediante impianti di nebulizzazione) e riscaldamento basale sono le condizioni che assicurano la radicazione delle talee in 15-20 giorni, anche senza l'impiego di fitoregolatori (Accati Garibaldi, 1993; Masera, 1970).

Sotto l'aspetto economico il geranio è la pianta fiorita che nell'annata 2010 è stata al secondo posto negli acquisti delle famiglie italiane, dopo il ciclamino, per la categoria "piante fiorite" con il 19,7% delle preferenze, in diminuzione di 3 punti percentuali rispetto all'annata 2009 (quota percentuale calcolata come rapporto tra il numero di dichiarazioni di acquisto di piante di geranio ed il numero complessivo di acquirenti per il settore "piante fiorite") (ISMEA Asa Mercati, 2011).

In Italia i dati Istat del 2006 riguardanti le statistiche dell'agricoltura degli anni 2001-2002 riferite alla produzione di piante intere da vaso di geranio, indicano una produzione totale nazionale in serra pari a 59.562.518 piante, ed una produzione totale

in piena aria di 2.229.950 piante. In particolare il Veneto, per quanto riguarda la produzione di piante di geranio in serra, si colloca al secondo posto nella graduatoria nazionale per regioni dopo il Lazio, con una produzione di 9.738.000 piante.

3.9 SCOPO DELLA PROVA

L'obiettivo del lavoro è stato quello di valutare dal punto di vista chimico-fisico alcuni substrati costituiti dalla combinazione di ben precise percentuali di torba e lolla di riso con l'utilizzo o meno di digestato anaerobico di borlanda di frutta, e verificarne l'idoneità ad essere impiegati come substrato per il taleggio. Per cercare di esplorare esigenze differenti sono state scelte le specie ornamentali di Rosa e Geranio caratterizzate da tipologie di talee (semilegnose ed erbacee; di nodo e di punto) diverse.

4. MATERIALI E METODI

4.1 GENERALITA' SULLA PROVA

Le prove di coltivazione si sono svolte presso le serre dell'azienda Agraria Sperimentale "Lucio Toniolo" della Facoltà di Agraria di Padova, situata a Legnaro (PD) mentre le analisi di caratterizzazione dei substrati e delle matrici vegetali si sono svolte presso il laboratorio del dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali dell'Università degli Studi di Padova (Polo di Agripolis).

Le materie prime utilizzate nelle sperimentazioni sono state:

- substrato torboso composto dal miscuglio di torba bruna, torba bionda e perlite (da ora chiamato semplicemente torba);
- lolla di riso macinata a circa 2 mm fornita dalla ditta "La Pila" Soc.Agr. Coop. situata a Isola della Scala (VR);
- digestati anaerobici ovvero la frazione solida dei residui della digestione anaerobica degli scarti dell'industria della distilleria della frutta (da ora chiamato semplicemente digestato).

Utilizzando questi tre materiali in proporzioni ben precise si sono preparati 8 miscugli di coltivazione, derivati dalla combinazione fattoriale di:

1. quattro percentuali relative di lolla e torba:
 - a) torba 100%, indicata come tesi 0;
 - b) torba 67% e lolla 33%, indicata come tesi 33;
 - c) torba 33% e lolla 67%, indicata come tesi 67;
 - d) lolla 100%, indicata come tesi 100;
2. addizione o meno di un 20% (in volume) di digestato.

Le percentuali effettive dei diversi miscugli sono riportate in tabella 4.

Tabella 4. Composizione degli 8 substrati in prova (Foto 1). I valori percentuali sono espressi in volume.

Codice Tesi	Torba	Lolla di riso	Digestato
0-	100	0.0	0.0
33-	66.7	33.3	0.0
67-	33.3	66.7	0.0
100-	0.0	100	0.0
0+	80.0	0.0	20.0
33+	53.6	26.4	20.0
67+	26.4	53.6	20.0
100+	0.0	80.0	20.0

4.2 ANALISI DEI SUBSTRATI

Sui substrati ottenuti sono state condotte delle analisi chimico-fisiche che verranno di seguito descritte.

4.2.1 Caratterizzazione chimica

Per la caratterizzazione chimica dei substrati sono state condotte diverse analisi seguendo determinati parametri:

- sostanza secca (SS) e sostanza organica (SO);
- pH;
- conducibilità elettrica (EC) per conoscere la salinità;
- capacità di scambio cationico (CSC);
- azoto totale (N Kjeldhal);
- contenuto di nitrati sull'estratto acquoso;
- determinazione del contenuto di elementi nutritivi solubili in acqua.

Le analisi sono state condotte in triplo.

4.2.1.1 Determinazione della sostanza secca e dell' umidità

Per questa analisi è stata seguita la metodica CEN 13040 pubblicata nel 2000.

Attrezzatura: forno essiccatore a 103 °C, vaschette in alluminio, bilancia analitica con 3 decimali.

Procedura: sono state pesate le vaschette su cui sono stati stesi 50 g di campione. Si è posto tutto in una stufa a 103 °C per 24 ore e dopo il raffreddamento lo si è pesato.

La sostanza secca, individuata con la seconda pesata del campione secco, è stata quindi trasformata in valore percentuale.

Il contenuto di umidità è stato determinato come differenza tra la prima pesata del campione tal quale e la seconda del campione secco, questo valore è stato poi espresso in percentuale.

4.2.1.2 Determinazione della sostanza organica

Per questa analisi è stata seguita la metodica CEN 13039 pubblicata nel 1999.

Attrezzatura: forno essiccatore a 103 °C, muffola a 550 °C, ciotoline in porcellana, bilancia analitica con 4 decimali.

Procedura: sono state pesate le ciotoline su cui sono stati stesi circa 5 g di campione secco frantumato precedentemente nel mortaio (secondo la metodica CEN 13040). Si è posto il tutto in una stufa a 103 °C per 4 ore e dopo il raffreddamento lo si è pesato.

I campioni sono quindi stati messi in muffola a 550 °C per 6 ore. Una volta raffreddati i campioni sono stati pesati. Il contenuto di sostanza organica è stato espresso come una percentuale data dalla seguente equazione:

$$Wom = \frac{m1 - m2}{m1 - m0} * 100$$

dove:

- Wom è il contenuto di sostanza organica in % di peso;
- m0 è il peso della ciotolina;
- m1 è il peso della ciotolina e del campione dopo il forno;
- m2 è il peso della ciotolina e del campione dopo la muffola.

4.2.1.3 Determinazione del pH

Per questa analisi si è seguito la metodica CEN 13037 pubblicata nel 1999.

Attrezzatura: pH-metro a compensazione di temperatura, agitatore, beker in plastica o vetro.

Reagenti: H₂O deionizzata (con pH > 5,6 ed EC < 200 $\mu\text{S cm}^{-1}$ a 25 °C), soluzioni tampone a pH 4,01 e 7,01.

Procedura: Dopo aver pesato l'equivalente di 60 ml di substrato umido (vedi metodica CEN 13040) con un margine di errore di 1 g, i campioni sono stati trasferiti in beker. Sono stati aggiunti 300 ml di acqua deionizzata, e una volta tappati sono stati posti in agitazione per 1 ora.

Si è tarato il pH-metro immergendo l'elettrodo nelle soluzioni tampone a pH 4,01 e 7,01 secondo le indicazioni del costruttore e misurato il pH immergendo l'elettrodo nella sospensione.

4.2.1.4 Determinazione della conducibilità elettrica (EC)

Per questa analisi è stata seguita la metodica CEN 13038 pubblicata nel 1999.

Attrezzatura: conduttivimetro a compensazione di temperatura, agitatore, beker in plastica o vetro.

Reagenti: H₂O deionizzata (con pH > 5,6 ed EC < 200 $\mu\text{S cm}^{-1}$ a 25 °C), soluzioni a conducibilità nota 1413 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

Procedura: Dopo aver pesato l'equivalente di 60 ml di substrato umido (vedi metodica CEN 13040) con un margine di errore di 1 g, i campioni sono stati trasferiti in beker. Sono stati aggiunti 300 ml di acqua deionizzata, e dopo averli tappati sono stati posti in agitazione per 1 ora.

Una volta calibrato il conduttivi metro, immergendo l'elettrodo nella soluzione a conducibilità nota secondo le indicazioni del costruttore, si è misurata la conducibilità elettrica immergendo l'elettrodo nella sospensione.

4.2.1.5 Determinazione della capacità di scambio cationico (CSC)

Per questa analisi è stato adottato il Metodo Ufficiale n° XIII.2 (ISO 11260) del supplemento ordinario G.U. n° 248 del 21/10/1999 a cui sono state fatte alcune modifiche in quanto la metodica non si è adattata ai campioni con maggiore percentuale di torba ed ha inizialmente dato luogo a risultati parziali non rispondenti alla verità.

Secondo il protocollo i campioni devono essere saturati con una soluzione di bario cloruro a pH 8,2 con ripetuti trattamenti, a cui in seguito si aggiunge una soluzione nota di magnesio solfato che porta alla formazione di bario solfato insolubile e quindi allo

scambio Ba/Mg. L'eccesso di magnesio viene determinato tramite una titolazione complessometrica da cui deriva tramite opportuni calcoli la CSC.

Apparecchiatura: agitatore rotante (40 giri min^{-1}) od oscillante ($120\text{-}140 \text{ cicli min}^{-1}$), tubi da 50 ml con tappo, filtri in fibra di vetro con diametro di 47 mm e 25 mm (Whatman), strumentazione per filtrazione sottovuoto.

Reagenti preparati:

- soluzione di bario cloruro a pH 8,2 ($\text{BaCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$);
- soluzione di magnesio solfato ($\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$);
- soluzione di sale bisodico dell'acido etilendiamminotetracetico (EDTA);
- soluzione tampone a pH 10;
- indicatore di nero eriocromo T ($\text{C}_2\text{OH}_{12}\text{N}_3\text{NaO}_7\text{S}$);

Si sono dapprima pesati i tubi con i relativi tappi. Quindi dopo aver trasferito 2 g del campione secco (vedi metodica CEN 13040) in un tubo da 50 ml con tappo, si è rilevato il peso del tubo più il campione (A). Si sono aggiunti 25 ml della soluzione di bario cloruro e quindi agitato le tesi per 1 ora.

Successivamente i campioni sono stati filtrati a vuoto con filtri in fibra di vetro \varnothing 47 mm precedentemente pesati. Terminata tale operazione questi ultimi sono stati inseriti nel tubo. Si è poi ripetuto il trattamento per altre 2 volte.

Successivamente i campioni sono stati lavati e agitati con 30 ml di H_2O per 30 minuti a cui è seguita un'altra filtrazione secondo le modalità sopra indicate. A questo punto è stato rilevato nuovamente il peso del tubo più il campione (B). Con una buretta di precisione sono stati prelevati 25 ml della soluzione di magnesio solfato e trasferiti nel tubo che è stato quindi agitato dapprima manualmente fino alla completa dispersione del campione e successivamente con l'agitatore oscillante per 30 minuti. Si è praticata quindi una filtrazione a vuoto con filtri in fibra di vetro \varnothing 25 mm (non pesati) volta a recuperare la soluzione limpida. Dopo aver prelevato e trasferito in un matraccio conico 10 ml della soluzione limpida, sono stati aggiunti 100 ml di H_2O , 10 ml della soluzione tampone a pH 10 ed una punta di spatola di indicatore.

E' stata preparata inoltre la prova in bianco, trasferendo in matraccio conico 100 ml di H_2O , 10 ml della soluzione di magnesio solfato e una punta di spatola di indicatore. I campioni e la prova in bianco, infine, sono stati titolati con la soluzione di EDTA fino al viraggio nella colorazione azzurra.

Per il calcolo del valore di CSC è stata utilizzata l'espressione :

$$CSC = \frac{(VB - VA) * 0,25 * (25 + B + A)}{M} * 2$$

dove:

- CSC = capacità di scambio cationico, espressa in milliequivalenti per cento grammi di suolo (meq 100 g⁻¹);
- VA = volume della soluzione di EDTA utilizzato per la titolazione della soluzione del campione, espresso in millilitri (ml);
- VB = volume della soluzione di EDTA utilizzato per la titolazione della soluzione della prova in bianco, espresso in millilitri (ml);
- A = peso del tubo da 50 ml con tappo + il campione + peso dei filtri in fibra di vetro del diametro di 47 mm, espresso in grammi (g);
- B = peso del tubo da 50 ml con tappo + il campione dopo saturazione con soluzione di bario cloruro, filtrazioni a vuoto e lavaggio con H₂O, espresso in grammi (g);
- m = peso del campione utilizzato, espresso in grammi (g);
- 0,25 = rapporto volumetrico;
- 2 = fattore di conversione.

4.2.1.6 Determinazione del contenuto di elementi nutritivi solubili in acqua

Per la determinazione degli elementi nutritivi solubili in acqua (N-NO₃, P₂O₅, K, SO₄, Ca, Mg) si è adottato il metodo UNI CEN 13652 (2001). Gli estratti successivamente sono stati filtrati con filtri per siringa in acetato di cellulosa (0.20 µm) ed analizzati mediante cromatografia ionica (I.C.).

Le cromatografie ioniche (IC) sono state effettuate usando un sistema cromatografico con modalità isocratica (Dinox ICS-900), costituito da una pompa che consente di operare in modalità e da un rilevatore di conducibilità (Dionex DS5) con soppressore anionico (AMMS 300, 4 mm) per l'analisi degli anioni e soppressore cationico (CMMS 300, 4 mm) per l'analisi dei cationi. La colonna Ion Pac AS23 con dimensioni 4x250 mm è stata utilizzata per l'analisi degli anioni mentre la colonna Ion Pac CS12A con dimensioni 4x250 mm è stata utilizzata per l'analisi dei cationi. Entrambe sono precedute da una precolonna. I dati forniti da questo sistema sono stati raccolti ed elaborati usando il software Chromeleon per sistemi LC. Le iniezioni sono state fatte usando l'autocampionatore AS-DV. L'eluente utilizzato per l'identificazione degli anioni è costituito da sodio carbonato (4.5 mM) e sodio bicarbonato (0.8 mM). Mentre

l'eluente utilizzato per l'identificazione dei cationi è costituito da acido metansolfonico (20 mM). Il flusso utilizzato 31 ml min^{-1} e la colonna cromatografica operano a temperatura ambiente. La curva di calibrazione è stata ottenuta con diluizioni seriali della soluzione madre. Per l'analisi degli anioni è stata utilizzata una miscela costituita da fluoruri, cloruri, nitriti, bromuri, nitrati, fosfati e solfati. Per l'analisi dei cationi è stata utilizzata una miscela costituita da litio, sodio, ammonio, potassio, magnesio e calcio.

4.2.2 Caratterizzazione fisica

La densità apparente (DA) è stata determinata adottando la metodica UNI CEN 13040 (1999). Le proprietà fisico-idrauliche dei substrati sono state valutate per mezzo di Tempe cell 1400 (Soilmoisture Equipment Corporation, Santa Barbara, USA). I campioni di substrato sono stati saturati con acqua demineralizzata e deaerata e sottoposti alle pressioni di -1, -2, -5 e -10 kPa. I pesi dei campioni sono stati registrati nel momento in cui il sistema substrato a pressione aveva raggiunto uno stato di equilibrio. Il volume di acqua trattenuta dal substrato tra 0 e -1 kPa di pressione è stata considerata come la capacità per l'aria (CA). Il volume d'acqua trattenuta dal substrato a -1 kPa è stata considerata come la capacità di ritenzione idrica (CRI). Il volume d'acqua trattenuto a valori compresi tra -1 e -10 kPa e tra -1 e -5 kPa sono stati considerati rispettivamente acqua disponibile per le piante (AD) e acqua facilmente disponibile (AFD). Si è considerata acqua di riserva (AR) quella trattenuta tra -5 e -10 kPa. Il volume d'acqua trattenuto da valori inferiori a -10 kPa è stato considerato come acqua non disponibile (AND) (Bunt, 1988; De Boodt e Verdonck, 1972).

4.3 PROVA DI TALEAGGIO

I miscugli preparati come descritto in precedenza sono stati impiegati per una prova di taleaggio. Prima dell'impiego a tutti i substrati è stato aggiunto *Trichoderma harzianum*, alla concentrazione di 250 g m^{-3} , per scongiurare l'eventuale insorgenza di patologie fungine. Successivamente sono stati riempiti con i vari substrati i vassoi alveolati per la radicazione e l'accrescimento delle talee composti da 74 fori, con una superficie di circa 16 cm^2 per alveolo, un volume di $48,6 \text{ cm}^3$, sempre per alveolo, ed

una capienza totale per vasoio di 3,5 litri.

Per ogni tesi (0-;33-;67-;100-;0+;26,4+;53,6+;80+) sono stati preparati 4 vassoi per un totale di 32 vassoi.

La prova di coltivazione è stata fatta su talee di due specie ornamentali: rosa paesaggistica (*Rosa ×hybrida* “La Sevillana” Maigekanu rossa e geranio parigino *Pelargonium ×hederipholium* “Ville de Paris”, rosso.

Per quanto riguarda la rosa nella fase di taleaggio è stata trapiantata una talea per ogni singolo alveolo. Le talee uninodali (Foto 1) utilizzate presentavano le caratteristiche medie iniziali riportate nella tabella 5.

Tabella 5. Caratteristiche iniziali delle talee di rosa impiegate nella prova.

Parametro	Valore	Dev. Standard
Diametro (mm)	3,51	0,72
Lunghezza fusto (mm)	24,2	3,36
Numero foglie	4	0
Peso fresco foglie (mg)	316	89,6
Peso fresco fusto (mg)	222	107
Peso fresco totale (mg)	538	132
Peso secco foglie (mg)	940	20,7
Peso secco fusto (mg)	660	44,5
Peso secco totale (mg)	160	51,5
Sostanza secca foglie (%)	30,2	4,03
Sostanza secca fusto (%)	26,9	10,8
Sostanza secca totale (%)	29,4	5,13

Successivamente alla fase di trapianto delle talee (avvenuto il 5 luglio 2010) i 32 vassoi alveolati composti dalle diverse tesi di substrati (Foto 2) sono stati posizionati in una serra ferro-vetro (larghezza 10 m, lunghezza 13 m, altezza al colmo 6 m e alla gronda 4 m; aperture laterali e al colmo del tipo ad ala), sopra un bancale secondo uno schema sperimentale completamente randomizzato. Il bancale è stato coperto da un film di polietilene trasparente con la funzione di mantenere un'umidità ambientale prossima al 100%, indispensabile affinché avvenisse la formazione del callo di radicazione e delle prime radichette alla base delle talee; questa fase è durata complessivamente 17 giorni. A tale scopo il bancale era anche provvisto di un impianto mist automatizzato con interventi di 10'' ognuno dalle 9 alle 12 volte al giorno in modo tale da mantenere il 100% di umidità senza bagnare eccessivamente il substrato (Foto 4). Il numero di interventi e la durata degli stessi sono diminuiti scendendo prima a 6 interventi al

giorno di 5'' per 2 giorni e poi a 2 interventi al giorno sempre di 5'' per altri 2 giorni, ovvero i 4 giorni antecedenti la fine della prima fase. Di seguito le talee sono state spostate nella serra-tunnel (lunghezza 25 m, larghezza 12 m, altezza alla gronda 3.5 m e al colmo 6 m, copertura con doppio film di polietilene a lunga durata (triennale) e antigoccia; aperture di colmo a doppia ala e laterali a tendina).

Qui i vassoi sono stati posizionati a terra, seguendo la stessa disposizione, ed è stato sistemato attorno ad essi un film di polietilene affinché venisse mantenuta una certa umidità a contatto con le talee. Il sistema di irrigazione consisteva in una serie di ugelli posizionati tra i vassoi che nebulizzavano l'acqua di irrigazione. In un primo momento si sono previsti 6 interventi irrigui giornalieri di 5'' ognuno, per poi scendere a 4 interventi, poi a 3 interventi giornalieri ed infine ad un intervento al giorno della durata di 10''. Questa fase è durata 16 giorni. Negli rimanenti 11 giorni della prova l'irrigazione è proseguita manualmente al bisogno, ovvero in modo differenziato per ciascuna tesi.

Per l'affrancamento e iniziale indurimento delle talee la prassi vivaistica prevede la spuntatura del germoglio emesso dalla talea. In questa prova, la spuntatura è avvenuta in tre epoche diverse (31, 37 e 39 giorni dall' inizio della prova) in modo da cimare tutte le talee nella stessa fase fenologica.

Durante tutta la fase di coltivazione sono stati effettuati 5 interventi fungicidi. Il primo a distanza di 2 settimane dal trapianto iniziale delle talee, gli altri 4 dopo il trasferimento in serra-tunnel e a cadenza settimanale. Ad esclusione del primo intervento fungicida, avvenuto quando le talee si trovavano sul bancale del mist, e del secondo, in cui le stesse erano nella serra-tunnel, gli altri 3 interventi fungicidi sono stati eseguiti in concomitanza alle operazioni di spuntatura; dopo tali interventi le piante potevano essere più suscettibili ad eventuali attacchi fungini, da qui la decisione di effettuare i trattamenti fungicidi subito dopo gli interventi di spuntatura.

I prodotti e le quantità utilizzate negli interventi fungicidi sono stati: primo intervento Sportac 2 ml L⁻¹ (p.a. procloraz 450 g L⁻¹); secondo intervento Topas (p.a. penconazolo) 0,3 ml L⁻¹ + Ramedit combi (p.a.cimoxanil + rame) 3 g L⁻¹ per una soluzione totale di 0,6 L; gli ultimi 3 interventi di solo Ramedit combi con una soluzione totale di 0,6 L.

La concimazione è stata fatta a giorni alterni a partire dal quinto giorno successivo alla collocazione delle talee in serra-tunnel, fino alla fine della prova. La concimazione è avvenuta impiegando un concime idrosolubile commerciale dal titolo 15-5-25 + 2CaO e 6MgO. La concentrazione impiegata è stata tale da portare la conducibilità elettrica

della soluzione ad un valore di $1200 \mu\text{S cm}^{-1}$ nei primi tre interventi fertilizzanti effettuati dal 29/7/2010 al 2/8/2010, mentre in tutti i successivi interventi fino al secondo rilievo ovvero dal 4/8/2010 al 29/8/2010 la soluzione nutritiva aveva una conducibilità elettrica di $1500 \mu\text{S/cm}$. Ad ogni intervento sono stati distribuiti 0,5 L di soluzione nutritiva per vassoio.

Per valutare l'accrescimento delle piante sono stati effettuati 2 rilievi distruttivi, il primo alla prima fase, quella che ha visto le talee sotto mist; il secondo alla fine della prova. Per ciascun rilievo le valutazioni sono state eseguite su 8 talee per tesi e vassoio/ripetizione. Nel primo rilievo i parametri misurati sono stati: diametro del fusto; presenza o meno del callo; eventuale lunghezza della radice; peso fresco della stessa; peso fresco del fusto; peso fresco del germoglio; peso fresco della foglia.

Nel secondo rilievo i parametri misurati sono stati: diametro del fusto; diametro del germoglio; lunghezza del germoglio, valore SPAD (ovvero la stima della concentrazione di clorofilla tramite SPAD 502, konica-Minolta-Japan) ottenuta dalla media delle 2 misurazioni eseguite sulle foglie apicali di maggiori dimensioni; peso fresco della radice; peso fresco del fusto; peso fresco della foglia vecchia; peso fresco del fusto del germoglio; peso fresco delle foglie del germoglio. Inoltre, durante l'intera prova, è stato annotato il numero di semi di riso germinati derivanti dalla lolla di riso (Foto 4).

In entrambi i rilievi il materiale vegetale è stato posto in forno ventilato a $105 \text{ }^\circ\text{C}$ per 48 ore e successivamente è stato misurato il peso secco di foglie, fusti, radici e germogli.

Relativamente al geranio, nonostante la tecnica vivaistica preveda l'inserimento di due talee per ciascun alveolo, come per rosa è stata impiegata una talea sola per alveolo. Le talee utilizzate presentavano le seguenti caratteristiche medie iniziali riportate nella tabella 6.

Anche in questo caso, in data 17 agosto 2010, le talee sono state trapiantate su 32 vassoi corrispondenti alle diverse tesi di substrati e sono stati posizionati sotto mist all'interno della serra ferro-vetro. Qui vi sono rimaste per 2 settimane, in condizioni di umidità del 100% grazie a 6 interventi giornalieri di nebulizzazione tramite mist di $10''$ ognuno per i primi 5 giorni successivi al trapianto delle talee, per poi passare a 4 interventi giornalieri sempre di $10''$ ognuno per i restanti giorni di permanenza sotto mist.

Successivamente, per l'indurimento delle talee, le plantule sono state trasportate nella serra-tunnel e i vassoi sono stati posizionati a terra sistemando attorno ad essi un film in polietilene con lo scopo di mantenere più elevata l'umidità ambientale.

Tabella 6. Caratteristiche iniziali delle talee di geranio impiegate nella prova.

Parametro	Valore	Dev. Standard
Diametro (mm)	2,71	0,28
Altezza apice (mm)	53,7	7,95
Numero foglie espanse	1,3	0,48
Numero foglie in espansione	2,2	0,79
Peso fresco foglie (mg)	793	234
Peso fresco fusto (mg)	345	72
Peso fresco totale (mg)	1138	277
Peso secco fogli (mg)e	84	32
Peso secco fusto (mg)	26	16
Peso secco totale (mg)	110	43
sostanza secca foglie (%)	10,8 %	2,67
sostanza secca fusto (%)	7,61 %	4,61
sostanza secca totale (%)	9,77 %	3,03

In tutta questa fase fino alla fine della prova l'irrigazione è stata abbinata alla concimazione distribuendo a giorni alterni, assieme all'acqua, un concime idrosolubile commerciale dal titolo 15-5-25 + 2CaO e 6MgO. La concentrazione impiegata è stata tale da portare la conducibilità elettrica della soluzione ad un valore di 1200 $\mu\text{S cm}^{-1}$ nei primi 2 interventi effettuati dal 31/8/2010 al 2/9/2010, mentre nei successivi interventi eseguiti fino al giorno del rilievo, ovvero dal 4/9/2010 al 13/9/2010, la soluzione nutritiva aveva una conducibilità elettrica di 1500 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

Durante la fase di coltivazione in serra-tunnel sono stati effettuati 2 interventi fungicidi entrambi con Ramedit combi con una soluzione totale di 0,6 L.

Infine è stato effettuato un unico rilievo quando le piante di geranio (8 per tesi e vassoio) avevano una dimensione tale da essere pronte per il trapianto in vaso. Per valutare il loro accrescimento sono stati misurati i seguenti parametri: diametro del germoglio; lunghezza dello stesso; numero di foglie espanse, numero di foglie piccole; valore SPAD (anche in questo caso ottenuto dalla media delle 2 misurazioni eseguite sulle foglie più giovani completamente espanse); peso fresco delle radici; peso fresco del germoglio; peso fresco delle foglie; numero di semi di riso germinati derivanti dalla lolla di riso.

Successivamente il materiale vegetale è stato posto in stufa a 105 °C per 48 ore ed è stato misurato il peso secco di foglie, radici e germogli.

Per entrambe le specie, alla fine della prova è stata condotta l'analisi della concentrazione di azoto sui tessuti vegetali dell'intera pianta. Il materiale vegetale delle

8 talle di ciascun contenitore sono state unite e quindi sono state eseguite 32 analisi (8 substrati \times 4 vassoi). La valutazione è stata condotta impiegando il metodo Kieldhal, e la procedura è riportata di seguito.

Reagenti: acqua deionizzata, acido solforico concentrato 96%, pastiglie di Kiertabs (catalizzatore a base di CuSO_4 e K_2SO_4), titolante (indicatore precostituito), NaOH.

Apparecchiatura: digestore.

Procedura: Dopo aver pesato 500 mg per ciascun campione ed aver introdotto il materiale da analizzare in bustine di carta di composizione nota si è acceso il digestore e programmato ad una temperatura di 450 °C. Le singole bustine sono quindi state messe in provettoni numerati in cui sono state aggiunte una pastiglia di Kiertabs ciascuna (contenente CuSO_4 e KSO_4 per denaturare le proteine) e 20 ml di acido solforico concentrato al 96%.

In seguito i provettoni sono stati collocati nel digestore alla temperatura di 450°C e lasciati bollire per 2 ore al termine delle quali sono stati collocati su un apposito vassoio.

Quando i campioni si sono raffreddati sono stati aggiunti circa 50 ml di acqua deionizzata agitandoli manualmente. Poiché questa operazione ha generato calore si è atteso nuovamente che la temperatura scendesse, per poi trasferire le soluzioni da analizzare dai provettoni a dei matracci numerati da 250 ml. Ciascun campione è stato portato a volume (250 ml) con l'aggiunta di acqua deionizzata. Prima di esser portato a volume, il liquido è stato filtrato in quanto presentava sospensioni.

La lettura dell'azoto è stata eseguita tramite lo strumento FIA STAR 5000 della Foss Italia S.P.A. procedendo come descritto:

- dopo aver acceso il campionatore, l'analizzatore ed il computer nel programma FIA ci si è assicurati che passasse acqua all'interno dei tubicini della strumentazione;
- si è preparata la curva di taratura con soluzioni a concentrazioni di azoto note (0; 0,25; 1,0; 2,0; 5,0 M);
- si sono caricati i campioni sul campionatore e si è atteso che la temperatura dell'analizzatore raggiungesse i 40 °C;
- si è immesso il titolante regolando la sua assorbanza con delle gocce di NaOH 0,01 M;
- si è fatto partire il campionatore per analizzare i campioni.

Successivamente sul computer sono stati registrati i valori delle concentrazioni di azoto dei campioni analizzati.

Per calcolare la percentuale di azoto è stata utilizzata la seguente formula:

$$N(\%) = \frac{(L * D * 100)}{1000000 * P}$$

dove:

- L è la lettura dell'analizzatore in mg L⁻¹ diluito a 250 ml;
- D è l'eventuale diluizione con H₂O se il campione era troppo concentrato;
- P è il peso del campione.

4.4 ANALISI STATISTICA DEI DATI

Tutti i dati raccolti sono stati sottoposti all'analisi della varianza (ANOVA) e le medie separate tramite il test di Tukey. I dati percentuali sono stati trasformati nei rispettivi valori angolari prima dell'analisi della varianza.

5. RISULTATI E DISCUSSIONE

5.1 ANALISI CHIMICO-FISICHE DEI SUBSTRATI

Il peso volumico apparente (PVA) è diminuito all'aumentare della percentuale relativa di lolla, nei confronti della torba, ma solamente fino a percentuali del 67%. Oltre questa percentuale il PVA non cambia. Infatti, se nei substrati contenenti lo 0% di lolla il PVA è pari a 388 g L^{-1} , con il 67% tale valore scende del 19.4% (Fig. 9).

Sul PVA agisce anche la presenza o meno di digestati nei substrati (Fig. 10). Quelli con il digestato hanno presentato un PVA di 359 g L^{-1} contro un 318 g L^{-1} dei substrati senza digestato, ovvero con un aumento di tale valore a favore dei substrati con il digestato dell'11.4%.

Per questo parametro, comunque, esiste anche un effetto di interazione tra i fattori principali (Fig. 11). Infatti, nei substrati contenenti lo 0% di lolla la presenza di digestati ha aumentato il PVA da 349 a 428 g L^{-1} . I valori, poi sono diminuiti all'aumentare della percentuale di lolla ma in modo più importante nel caso dei substrati contenenti digestati (-29.7%), rispetto a quelli che ne sono privi (-11.1%).

Secondo Jenkins and Jarrell (1989), valori ottimali di PVA sono quelli tra 150 – 1300 g L^{-3} e quindi i valori osservati rientrano pienamente in questo range.

Il pH è aumentato all'aumentare della percentuale di lolla (Fig. 12). Il pH dei substrati contenenti lo 0% di lolla è stato pari a 4.95. Il valore è aumentato del 13.1% con il 33% di lolla, del 19.9% con il 67% di lolla e del 22.9% con il 100% di lolla.

Per quanto riguarda la presenza o meno di digestati (Fig. 13) è stato appurato che i substrati con il digestato hanno presentato un pH superiore rispetto a quelli senza digestato del 13.6%.

L'effetto di interazione tra i fattori principali mostra che i substrati senza digestati e con il 33% di lolla hanno presentato un pH maggiore rispetto a quelli con lo 0% del 28.4%, che cresce ancora fino al 67% di lolla con un ulteriore incremento del 10.5% per poi non variare ulteriormente in maniera significativa. I substrati con i digestati hanno mostrato valori sempre maggiori rispetto a quelli senza, e i valori sono aumentati in modo progressivo con l'aumento della percentuale di lolla. Con il 100% di lolla, l'incremento del pH è stato del 18.7% rispetto al 0% di lolla e con il 100% di lolla presentavano un pH di 6.73, il quale diminuiva di 5.35% con il 67% di lolla, dell'11.3%

con il 33% e del 15.7% con lo 0% (Fig. 14).

Secondo alcuni autori, il pH ottimale per un substrato varia da 5.2 a 5.5 (Zaccheo, 2009) mentre per altri tra 6.2 e 6.8 (Bailey, 1996). Dai risultati ottenuti risulta che tutti i substrati rientrano nei range sopra indicati ad eccezione del substrato contenente sola torba che risulta troppo acido. Va tenuto presente che, da questo punto di vista, non esiste uno standard assoluto in quanto esistono esigenze specifiche per le diverse specie. La conducibilità elettrica (EC) più elevata è stata rilevata nei substrati con lo 0% di lolla con valori di 0.46 mS cm^{-1} (Fig. 15). La stessa è diminuita, all'aumentare della percentuale di lolla, del 19.4% con il 33% di lolla nel substrato fino ad un 25.4% con il 67%, per poi crescere nuovamente con il 100% ma con valori comunque inferiori del 11.4% rispetto allo 0% di lolla.

Sulla EC ha agito anche la presenza dei digestati (Fig. 16). Infatti, i substrati che li contenevano hanno mostrato una EC di 0.53 mS cm^{-1} , maggiore del 49.2% rispetto a quelli che ne erano privi.

Per quanto riguarda l'interazione “% di lolla × digestato” (Fig. 17) i risultati mostrano che i substrati con i digestati hanno presentato valori di EC più elevati, ovvero di 0.62 mS cm^{-1} , con lo 0% di lolla nel substrato, per poi diminuire progressivamente del 7.57% con il 33%, del 20.0% con il 67% e del 28.6% con il 100%. I substrati privi di digestati hanno avuto valore di EC più alto (0.38 mS cm^{-1}) col 100% di lolla nel substrato, superiore del 18.2% rispetto ai substrati con lo 0% di lolla, e addirittura del 53.0% rispetto a quelli con il 33% di lolla.

Bunt (1988) indica come ottimali, per la germinazione dei semi o la radicazione delle talee, valori inferiori a 2.0 mS cm^{-1} ; secondo Pozzi e Valagussa (2009) i valori di EC normali variano tra 0.20 e 0.50 mS cm^{-1} . In tutti i casi, comunque, i substrati utilizzati nella prova sembrano rientrare senza grossi problemi entro i valori ideali.

La capacità di scambio cationico (CSC) è risultata maggiore nei substrati con lo 0% di lolla (Fig. 18), i quali presentavano un valore di $135 \text{ meq } 100 \text{ g}^{-1}$; all'aumentare della percentuale di lolla nel substrato è diminuita progressivamente anche la CSC con valori di -35.2% con il 33% di lolla, di -52.3% con il 67% e di -65.3% con il 100%.

L'assenza di digestati nei substrati ha determinato una CSC maggiore, rispetto a quelli che ne avevano, del 3.27% (Fig. 19).

L'effetto di interazione tra i fattori principali evidenzia che la CSC (Fig. 20) più elevata nei substrati senza digestati è stata riscontrata con lo 0% di lolla ($145 \text{ meq } 100 \text{ g}^{-1}$), più elevata di quella osservata sempre col lo 0% di lolla e con i digestati (+12.8%).

All'aumentare della percentuale di lolla i valori sono poi diminuiti progressivamente e senza differenze tra i substrati contenenti la stessa percentuale relativa di lolla.

Come indicato da Bunt (1988) i valori consigliati per i substrati variano da 50 a 100 meq 100 g⁻¹. Rispetto a questi valori, i substrati con il 33 e il 67% di lolla sono da considerarsi ottimali. Va precisato comunque, che quelli con lo 0 e il 100% di lolla non si sono discostati di molto dai valori ideali.

Dalla figura 21 si nota che la percentuale di sostanza organica (SO) è aumentata all'aumentare del contenuto di lolla nei substrati. Infatti, con lo 0% di lolla la percentuale di SO è stata del 56.1%, la quale è aumentata del 22.4% con il 33% di lolla, del 33.9% con il 67% e del 41.7% con il 100%.

Per quanto riguarda la presenza di digestati si è visto che quelli con presentavano una minore quantità di SO (8.92%) rispetto a quelli senza digestati (Fig. 22). Per questo parametro, inoltre, non si è verificata una significativa interazione “% di lolla × digestato”.

La minor percentuale di carbonio organico (CO) si è riscontrata nei substrati con lo 0% di lolla nel substrato (32.6%), ed è via via aumentata progressivamente con l'aumentare della quantità di lolla con valori più alti del 22.4% con il 33% di lolla, del 33.7% con il 67% e del 41.7% con il 100% (Fig. 23).

Così come per la SO, i substrati con digestati hanno mostrato una quantità di CO minore rispetto a quelli che ne avevano dell'8.92% (Fig. 24), mentre l'effetto di interazione tra i fattori principali non è stato significativo.

L'elevato contenuto di sostanza organica nei substrati è considerato un fattore positivo, tanto che le torbe bionde di maggior pregio hanno sostanza organica prossima al 100% (Bunt, 1988). L'aumento della lolla nel substrato ha avuto effetto positivo aumentando la quantità di sostanza organica, così come la presenza di digestati ha diminuito tale parametro, seppure di poco, come anche riscontrato dalle sperimentazioni condotte da Zanta (2011).

La figura 25 evidenzia che la più alta percentuale di azoto kjeldhal (N-kjeldhal) nei substrati era presente in quelli con lo 0% di lolla. La stessa è progressivamente diminuita all'aumentare della quantità di lolla nel substrato con valori più contenuti del 43.3% con il 33% di lolla, del 61.7% con il 67% e del 77.2% con il 100%.

I substrati con digestati hanno evidenziato una quantità di N-kjeldhal nettamente superiore rispetto a quelli senza i digestati (+222.0%) (Fig. 26), mentre non c'è stato alcun effetto di interazione significativo tra i fattori principali.

Il grafico 27 mostra che i substrati con lo 0% di lolla avevano la quantità di azoto nitrico (N-NO₃) più alta (27.0 mg L⁻¹), la quale diminuisce progressivamente all'aumentare della quantità di lolla, ed è maggiore del 40.7% rispetto a quelli con il 33% di lolla, del 65.8% con il 67% e dell'86.1% con il 100%.

I substrati privi di digestati hanno avuto una quantità largamente inferiore di N-NO₃ rispetto a quelli con i digestati, pari a -368% (Fig. 28).

L'effetto di interazione tra i fattori principali nei substrati con i digestati è stato più marcato rispetto a quelli senza digestati. Infatti, con lo 0% di lolla e con presenza di digestati si è avuto il valore più elevato di N-NO₃ (36.5 mg L⁻¹), superiore del 51.8% rispetto ai substrati senza digestati e con la stessa quantità di lolla, del 15.6% rispetto a quelli con i digestati e con il 33% di lolla, del 49.6% con il 67% e dell'81.9% con il 100%. Inoltre, la quantità di N-NO₃ nei substrati con lo 0% di lolla e privi di digestati è stata superiore del 92.7% rispetto a quelli con il 33% di lolla, per poi non variare più significativamente (Fig. 29).

Rispetto ai valori considerati normali di N-NO₃ (11-23 mg L⁻¹; Pozzi e Valagussa, 2009), il substrato testimone (0-) rientra entro questi range. L'aggiunta di lolla, notoriamente povera in questo elemento, ne ha ridotto eccessivamente le concentrazioni. D'altro canto, l'aggiunta di digestati ha portato ad un aumento dell'N-NO₃ che è stato eccessivo soprattutto nel caso dei substrati privi di lolla, mentre non è stato sufficiente nel caso della sola lolla.

La concentrazione di azoto ammoniacale (N-NH₄) nei substrati con lo 0% di lolla è stato di 0.39 mg L⁻¹ e tale valore non si è differenziato significativamente da quelli con il 33% e il 67% di lolla, mentre i substrati con il 100% di lolla hanno mostrato un valore decisamente superiore a quelli con lo 0% (200%) (Fig. 30).

I substrati con i digestati hanno evidenziato una concentrazione di N-NH₄ superiore del 71.4% rispetto a quelli che ne erano privi (Fig. 31).

La figura 32 mostra un effetto significativo dell'interazione e, infatti, mentre senza digestati i valori, a dosi crescenti di lolla, non si sono discostati significativamente dal valore di 0.68 mg L⁻¹ osservato con lo 0% di lolla, con i digestati vi è stato un aumento della concentrazione a partire da quelli contenenti il 67% di lolla.

Se i valori di N-NH₄ ritenuti ottimali sono tra 8 e 12 mg L⁻¹ (Pozzi e Valagussa 2009) si può notare che quelli ottenuti dai substrati sia con percentuali crescenti di lolla, sia con l'aggiunta di digestati, sono rimasti molto bassi, addirittura sotto il milligrammo per litro, ad eccezione dei substrati con il 100% di lolla e con i digestati, che hanno avuto un

valore di poco inferiore ai 2 mg L⁻¹.

L'anidride fosforica (P₂O₅) è stata maggiore nei substrati con lo 0% di lolla con il valore di 8.24 mg L⁻¹. Tale valore è stato inferiore del 50.1% a quello dei substrati con il 33% di lolla e del 65.8% di quello con il 67% di lolla. Con sola lolla la diminuzione è stata più contenuta (9.94%) (Fig. 33).

L'effetto principale della presenza dei digestati nei substrati non è risultato significativo. La figura 34, evidenzia però un effetto di interazione tra i fattori principali. Infatti, i substrati con i digestati con lo 0% di lolla fino al 67% hanno avuto valori superiori di P₂O₅, rispetto a quelli privi di digestati e con le medesime quantità di lolla, del 19.4, 78.3 e 162%, rispettivamente con lo 0, 33 e 67% di lolla; diversamente, nel caso dei substrati con il 100% di lolla le concentrazioni sono risultate superiori in assenza di digestati e pari ad un +66.0%.

Nonostante per tutte le percentuali di lolla nel substrato, sia con che senza digestati, i valori di P₂O₅ siano stati ben sotto ai valori normali tra 14 e 19 mg L⁻¹ consigliati da Pozzi e Valagussa (2009), e che aggiungendo i digestati nei casi dei substrati con lo 0, il 33 e il 67% si è avuto un leggero miglioramento di tale parametro.

Il potassio (K) nei substrati con lo 0% di lolla è stata di 58.7 mg L⁻¹ (Fig. 35). All'aumentare della percentuale di lolla nel substrato è aumentata progressivamente la concentrazione di K, tale da essere la più elevata con il 100% di lolla (+97.6% rispetto allo 0%).

La presenza di digestati nei substrati ha evidenziato che quelli con i digestati presentavano una concentrazione maggiore di K del 72.0% rispetto a quelli senza (Fig. 36).

L'effetto di interazione evidenzia che in assenza di digestati la concentrazione di potassio è aumentata progressivamente con l'aumento del contenuto di lolla. Con i digestati, i valori sono, in linea generale, stati superiori a quelli senza e l'aumento, all'aumentare della lolla, è risultato significativo solamente sino al 67% (Fig. 37).

I valori ottenuti in tutti i casi sono stati ampiamente superiori a quelli ottimali consigliati (4-14 mg L⁻¹) (Pozzi e Valagussa 2009); non solo, sia l'aumento della quantità di lolla che l'aggiunta di digestati hanno ulteriormente aumentato la concentrazione di K nei substrati.

La concentrazione di calcio (Ca) è stata più elevata nei substrati con lo 0% di lolla e pari a 32.5 mg L⁻¹, per poi diminuire progressivamente all'aumentare della quantità di lolla e rispettivamente del 59.1% con il 33% di lolla, dell'86.4% con il 67% e del 92.9% con il

100% (Fig. 38).

La presenza di digestati nei substrati ha comportato una maggior concentrazione di Ca rispetto a quelli senza del 225% (Fig. 39).

Il valore maggiore della concentrazione di Ca nei substrati con i digestati è stato quello corrispondente allo 0% di lolla (44.4 mg L^{-1}), che è diminuita progressivamente del 43.5% con il 33% di lolla, dell'81.9% con il 67% e del 93.9% con il 100%. Nei substrati senza digestati, in generale i valori sono stati più bassi rispetto a quelli con digestati. Inoltre, le concentrazioni nei substrati contenenti il 33 o superiori percentuali di lolla sono state decisamente inferiori rispetto a quella del substrato contenete lo 0% di lolla (Fig. 40).

Valori ottimali di calcio secondo vari autori si aggirano intorno a $10\text{-}19 \text{ mg L}^{-1}$ (Pozzi e Valagussa, 2009). Solo nei substrati senza digestati e con lo 0% di lolla si hanno avuto valori vicini a quelli ottimali. Con percentuali maggiori di lolla la concentrazione di calcio è stata bassissima. Inoltre, aggiungendo i digestati nel substrato con lo 0% di lolla il calcio è aumentato in maniera eccessiva, con il 33% i valori sono migliorati, mentre con il 67 e il 100% gli aumenti sono stati comunque troppo contenuti.

La maggior concentrazione di magnesio (Mg) è stata riscontrata nei substrati con lo 0% di lolla (10.9 mg L^{-1}) come mostra la figura 41. I substrati con il 33% di lolla, rispetto al precedente, hanno avuto una diminuzione del 68.0% della concentrazione di Mg e dell'86.1% con il 67%, per poi non variare più in modo significativo.

La presenza dei digestati nei substrati ha portato ad una maggior quantità di Mg del 52.4% rispetto a quelli che ne erano privi (Fig.42).

L'effetto di interazione tra i fattori principali (Fig. 43) è stata anche in questo caso significativa. Nei substrati con i digestati hanno mostrato una diminuzione progressiva della concentrazione di Mg a partire dal valore più alto corrispondente allo 0% di lolla (11.6 mg L^{-1}) del 45.9% con il 33% di lolla, dell'81.4% con il 67% e del 94.3% con il 100%. I substrati senza digestati aventi il valore più elevato corrispondente allo 0% di lolla (10.3 mg L^{-1}) hanno avuto una netta diminuzione (-93.0%) già con il 33% di lolla, mentre successivamente non è variato in modo rilevante.

La concentrazione di magnesio secondo Pozzi e Valagussa (2009) dovrebbe essere compresa tra $6 \text{ e } 10 \text{ mg L}^{-1}$. Dai risultati ottenuti si è visto che il substrato testimone (0-) rientra in questo range mentre di già con il 33% i valori sono troppo bassi. L'aggiunta di digestati migliora la concentrazione nel caso del 33% di lolla, ma con percentuali maggiori l'aumento non è stato sufficiente.

La concentrazione di zolfo (S) è stata massima nei substrati con lo 0% di lolla ed è diminuita progressivamente all'aumentare della quantità di lolla. Infatti, con il 33% di lolla è stata di -39.7%, con il 67% di -69.0% e con il 100% di -87.1% (Fig. 44).

La presenza di digestati nei substrati ha comportato una maggior concentrazione di S pari al 32.0% rispetto a quelli che ne erano sprovvisti (Fig. 45), e non c'è stata alcuna interazione significativa tra i fattori principali.

Valori ottimali di S nei substrati si aggirano sui 12-15 mg L⁻¹ (Pozzi e Valagussa, 2009). Alla luce di questo si può notare che concentrazioni ottimali si sono registrate con le più contenute percentuali di lolla e i valori bassi delle più alte percentuali sono comunque migliorate dall'aggiunta di digestati.

In generale l'aggiunta di lolla porta ad uno squilibrio di nutrienti nel substrato (maggiore N-NH₄ e K, minore N-NO₃, Ca, Mg e S) rispetto ai substrati contenenti sola torba, mentre l'aggiunta di digestati ha spesso aumentato i contenuti di nutrienti. Questi dati sono in accordo con quanto riportato da Zanin e collaboratori (2011), Bassan e collaboratori (in stampa), Gachukia e Evan (2008) e Evans e Gachukia (2008).

La porosità totale (PT) dei substrati con lo 0% di lolla è stata del 90.2% in volume (Fig. 46). I substrati con il 33% di lolla non si sono differenziati significativamente dallo 0%, quelli con il 67% hanno avuto una diminuzione di valore del 5.65% e quelli con il 100% di -8.54%.

La presenza di digestati nei substrati ha portato ad un minor valore di PT dell'1.02% rispetto a quelli senza (Fig. 47).

L'effetto di interazione tra i fattori principali (Fig. 48) mette in evidenza che la presenza di digestati non ha modificato la PT nei substrato contenenti 0, 33 e 67% di lolla, mentre con il 100% di lolla, la presenza di digestati ne ha ridotto significativamente i valori (-4.27%).

Secondo Arnold Bik (1983) e Boertje (1984) i valori consigliati sono tra il 70 e il 90%. Ancora, secondo Jenkins e Jarrel (1989) sono tra il 60 e il 75%. Di conseguenza si può affermare che i valori osservati rientrano in tutti questi range consigliati dai diversi autori, o li superano di pochissimo (vedi substrati con lo 0% di lolla e senza digestati e quelli con il 33% con e senza digestati).

La figura 49 mostra che la minore macroporosità (PA) riscontrata con quantità di lolla nel substrato dello 0% (38.4%) che è poi progressivamente aumentata fino al 67% (+38.3 e +44.8% rispettivamente con il 33 e il 67% di lolla) per poi non variare più significativamente.

La presenza di digestati nei substrati ha fatto registrare una diminuzione della PA del 14.5% rispetto a quelli che ne erano privi (Fig. 50).

La PA nei substrati con lo 0% di lolla e privi di digestati è stata del 41.9% ed è aumentata del 32.0% con il 33% e del 46.1% con il 67%, per poi non variare ulteriormente in modo significativo. Per quanto riguarda quelli con i digestati il valore più basso di PA lo si è avuto con lo 0% di lolla (35.0%); tale valore è aumentato nei substrati con il 33% del 45.7% per poi non variare più in maniera significativa (Fig. 51). Secondo Bunt (1988) e Jenkins e Jarrell (1989) la porosità per l'aria ideale dovrebbe essere tra il 10 e il 20%. I risultati ottenuti hanno mostrato che già nei substrati con lo 0% di lolla tale parametro era ben al di sopra dei valori ottimali, con percentuali di lolla superiori i valori sono ulteriormente cresciuti. Va precisato, però, che tendenzialmente la presenza dei digestati ha diminuito gli elevati valori di porosità per l'aria. I valori già alti ottenuti nei substrati con sola lolla sono comunque indicativi del fatto che i substrati impiegati comunemente per il taleggio (così come per i semenzali) sono particolarmente porosi per le particolari esigenze colturali (elevata umidità; altezza dei contenitori bassi, ecc.).

La capacità di ritenzione idrica (CRI) massima, verificatasi nei substrati con lo 0% di lolla (51.8%) è scesa progressivamente fino al 67%, ovvero di -25.9% con il 33% e di -43.2% con il 67%, per poi rimanere praticamente invariata tra il 67 e il 100% di lolla (Fig. 52).

La presenza di digestati ha indotto una maggiore CRI, rispetto a quelli che ne erano privi, del 20.9% (Fig. 53), mentre non c'è stato effetto di interazione significativa tra i fattori principali.

La quantità di acqua disponibile (AD) più elevata si è avuta nei substrati con lo 0% di lolla (18.7%), la quale è diminuita del 31.0% con il 33% e del 55.2% con il 67%, per poi non variare ulteriormente (Fig. 54).

I substrati con i digestati hanno mostrato una maggiore AD rispetto a quelli senza del 22.0% (Fig. 55).

La figura 56 mostra che non ci sono state differenze significative tra substrati senza e con i digestati allo 0 e al 33% di lolla nel substrato. Per quanto riguarda i substrati con il 67% di lolla, invece, si può notare che quelli con i digestati presentavano una maggiore AD, rispetto a quelli senza, del 63.3%, con il 100% del 123%.

L'acqua facilmente disponibile (AFD) si è avuta in quantità maggiori nei substrati con lo 0% di lolla (14.3%), per poi diminuire progressivamente all'aumentare della

percentuale di lolla fino al 67% (-29.4% con il 33% e -55.4% con il 67%), successivamente non variando oltre in modo significativo (Fig. 57).

La presenza di digestati ha favorito una più elevata quantità di AFD del 24.1% rispetto a quelli privi (Fig. 58).

La figura 59 mostra che non c'è stata alcuna variazione significativa tra i substrati senza e con i digestati nel caso di lolla dallo 0% al 67%, mentre in quelli composti da sola lolla si nota che quelli con i digestati hanno avuto una AFD nettamente superiore (+155%) rispetto a quelli senza.

La quantità di acqua di riserva (AR) è stata più elevata nei substrati con lo 0% di lolla (4.44%) ed è poi diminuita del 36.7% con il 33% e del 55.0% con il 67%, per poi non variare dal punto di vista statistico (Fig.60).

I substrati con i digestati hanno avuto una quantità di AR superiore rispetto a quelli che ne erano privi pari al 19.2% (Fig. 61).

In figura 62 è evidenziato come nei substrati con percentuali di lolla dello 0%, 33% e 100% non ci siano state differenze significative tra quelli con i digestati e quelli senza; diversamente nei substrati con il 67% di lolla, è stata rilevante quantità maggiore di AR in quelli con i digestati rispetto a quelli senza (167%).

Arnold Bik (1983), Boertje (1984) e Jenkins e Jarrell (1989) ritengono che i valori ottimali di ritenzione idrica di un substrato si debbano aggirare sul 45-65%. De Boodt e Ve De Boodt e Verdonck (1972) riportano che l'AD, l'AFD e l'AR dovrebbero essere rispettivamente il 25-40% e il 20-30% e il 4-10%. Dai risultati ottenuti si evince che solo i substrati senza lolla rientrano all'interno di questo range mentre l'aumento del contenuto di lolla tende a ridurlo. Comunque, la presenza di digestati ha, almeno per le percentuali più basse di lolla, permesso di rientrare nei valori consigliati.

Il valore di acqua non disponibile (AND) è risultato massimo nei substrati con lo 0% di lolla (33.1%), ed è poi diminuito progressivamente fino al 67% (-23.0% con il 33% e -36.2% con il 67%) per poi rimanere quasi invariato (Fig. 63).

I substrati con i digestati hanno mostrato una quantità di AND superiore del 20.3% rispetto a quelli senza (Fig. 64).

La figura 65 mostra come i substrati senza digestati e con percentuali crescenti di lolla (dallo 0% fino al 67%) abbiano diminuito progressivamente la quantità di AND rispetto al valore massimo riscontrato con lo 0% di lolla (30.0%); con il 100% di lolla l'AND non si è differenziata significativamente dai substrati con il 33 e il 67%. Per quanto concerne i substrati con i digestati essi hanno evidenziato la più alta quantità di AND

con lo 0% di lolla (36.1%) per poi subire una progressiva diminuzione all'aumentare della percentuale di lolla pari a -21.9% con il 33%, -31.6% con il 67% e -45.4% con il 100%.

Il peggioramento, in generale, delle caratteristiche fisiche dei substrati all'aumentare della percentuale di lolla tal quale è stata documentata da diversi autori (Evans e Gachukia (2007), Simeoni (2011)) che hanno rilevato il forte aumento della porosità per l'aria e diminuzione della capacità di ritenzione idrica, tanto che Evans e Gachukia consigliano di usare una percentuale di lolla inferiore a quella che si usa per la perlite per avere la stessa porosità. L'impiego di lolla di riso macinata diminuisce la porosità per l'aria e aumenta la capacità di ritenzione idrica, l'acqua disponibile e l'acqua facilmente disponibile rispetto a quella intera, ma non in misura tale da eliminare il problema, come visto anche da Zanta (2011).

L'aggiunta di digestati, come è stato visto, riduce la porosità per l'aria e aumenta la capacità di ritenzione idrica nei substrati contenenti elevate percentuali di lolla e questo è il linea con quanto osservato da Zanta (2011).

5.2 PRIMO RILIEVO SULLA ROSA

Al primo rilievo, eseguito 16 giorni dopo il taleaggio, la percentuale di talee radicate non è risultata essere influenzata dalla percentuale di lolla nei substrati quanto piuttosto dalla presenza dei digestati. In assenza di digestati, infatti, nei substrati che li contenevano, solamente il 40.6% delle talee aveva radicato, mentre con i digestati la percentuale è salita al 67.2% (Fig. 66).

Il diametro medio della base delle talee è stato di 4.25 mm e non è parso essere influenzato né dai diversi contenuti percentuali di lolla nei substrati, né dalla presenza di digestati e neanche dall'interazione tra i fattori principali (dati non riportati).

La lunghezza maggiore delle radici è stata riscontrata nei substrati con lo 0% di lolla ed è stata pari a 51.5 mm; nei substrati contenenti il 33 e il 67% di lolla tale parametro non si è discostato significativamente dallo 0%, mentre in quelli composti da sola lolla c'è stata una diminuzione della lunghezza radicale del 77.5% (Fig. 67).

Per quanto riguarda la presenza dei digestati nei substrati essa ha comportato una maggiore lunghezza radicale del 59.8% rispetto a quelli che ne erano privi (Fig. 68).

La figura 69 mostra come il peso fresco delle radici abbia avuto il valore più elevato con lo 0% di lolla nel substrato (0.04 g), e come non ci siano state differenze significative con i substrati aventi il 33 e il 67% di lolla; un netto calo del peso fresco, invece, c'è stato nei substrati con il 100% di lolla rispetto allo 0% (-75.0%).

La presenza di digestati nei substrati ha portato ad un peso fresco radicale doppio rispetto a quelli senza (Fig. 70), mentre non c'è stato un significativo effetto di interazione tra i fattori principali.

Il peso fresco del fusto medio è stato di 0.35 g e non è stato significativamente influenzato né dai diversi contenuti percentuali di lolla nei substrati, né dalla presenza o assenza di digestati e nemmeno dall'interazione tra i fattori principali.

I substrati senza lolla hanno evidenziato il più alto valore di peso fresco del germoglio pari a 0.10 g; quelli con il 33% di lolla hanno avuto una diminuzione del 50.0% di tale parametro e i substrati con il 67 e 100% non si sono differenziati significativamente dal 33%. E', altresì, vero che i substrati con il 67% di lolla non si sono differenziati significativamente dallo 0% (Fig. 71).

La figura 72 evidenzia che, in relazione al loro effetto sul peso fresco del germoglio, i substrati con i digestati non si sono differenziati da quelli senza ne caso di percentuali di lolla dello 0, 33 e 100%; diversamente, quelli con il 67% di lolla e con i digestati hanno prodotto un aumento del peso fresco del germoglio pari al 233% rispetto a quelli senza.

Il peso fresco medio della foglia (0.46 g) e quello dell'intera parte aerea (0.89 g) non sono stati influenzati significativamente né dai diversi contenuti percentuali di lolla nei substrati, né dalla presenza di digestati e nemmeno dall'interazione tra i fattori principali.

Il peso fresco totale corrispondente ai substrati con lo 0% di lolla è stato di 0.99 g, maggiore rispetto a quelli con il 33 e il 100% di lolla di circa il 12% (Fig. 73).

Il rapporto chioma-radice sul peso fresco è stato in media di 57.5 e non è stato significativamente influenzato né dalle diverse quantità di lolla, né dalla presenza di digestati e neanche dall'interazione tra i fattori principali.

La figura 74 mostra come il peso secco delle radici di 3.68 mg, osservato in corrispondenza dello 0% di lolla, non sia diminuito significativamente con il 33 e il 67%; il peso delle radici è risultato invece inferiore con il 100% di lolla (-69.6%).

La presenza dei digestati nei substrati ha aumentato il peso secco radicale del 92.7% rispetto a quelli che ne erano privi (Fig. 75), mentre l'effetto di interazione tra i fattori principali non è stato significativo.

In media il peso secco del fusto della talea è stato di 109 mg e non è stato influenzato significativamente né dalle diverse percentuali di lolla nel substrato, né dalla presenza di digestati o dall'effetto di interazione tra i fattori principali.

Il peso secco del germoglio più elevato è stato riscontrato nei substrati con lo 0% di lolla (23.8 mg), il quale è calato del 45.4% con il 33%, per poi non modificarsi ulteriormente in modo significativo con percentuali di lolla via via crescenti (Fig. 76).

L'effetto principale della presenza dei digestati nei substrati non è stato significativo, mentre in Fig. 77 si nota che l'aggiunta dei digestati non ha modificato significativamente il peso secco del germoglio quando le percentuali di lolla erano dello 0, 33 e 67%, mentre con il 67% i substrati con i digestati hanno indotto un netto aumento di questo parametro (+166%) rispetto a quelli senza.

La ripartizione percentuale della sostanza secca tra i diversi organi della pianta è stata influenzata solamente dalla percentuale di lolla nel substrato. Come si può notare in figura 78, infatti, in proporzione, con i substrati contenenti il 100% di lolla, le radici delle talee hanno presentato pesi inferiori rispetto quelle degli altri substrati.

Il peso secco della foglia originale della talea mediamente è stato di 155 mg, quello della parte aerea di 281 mg, quello totale di 284 mg ed il rapporto chioma-radice sul peso secco è stato in media di 137.5; Per tutti e quattro questi parametri non c'è stata un'influenza significativa delle diverse quantità di lolla nei substrati e neppure della presenza dei digestati o dell'effetto di interazione tra questi.

Nei substrati con lo 0% di lolla si è avuta una quantità di sostanza secca delle radici pari all'11.4%, la quale non è stata significativamente con i substrati con il 33 e il 67% di lolla, mentre in quelli con il 100% questa è aumentata del 29.8% (Fig. 79).

Dalla figura 80 si nota che nei substrati con lo 0 e il 67%, aventi o meno i digestati, i valori di sostanza secca delle radici non sono statisticamente differenti, mentre in quelli con il 33 e il 100% di lolla c'è stata una diminuzione dei valori della sostanza secca nei substrati con i digestati rispetto a quelli senza e rispettivamente di -29.1% e di -30.9%.

Mentre le diverse percentuali di lolla nel substrato, come anche l'effetto di interazione tra i fattori principali, non hanno avuto effetti significativi sulla quantità di sostanza secca del fusto, la figura 81 evidenzia che i substrati con i digestati, per tale parametro, hanno portato a valori inferiori del 9.6% rispetto a quelli senza.

La quantità di sostanza secca del germoglio è stata mediamente del 27.0% mentre quella delle foglie del 33.2%; in entrambi i casi non c'è stata alcuna influenza significativa delle diverse quantità di lolla nel substrato o della presenza di digestati o dell'effetto di

interazione tra i fattori principali.

La sostanza secca totale delle talee radicate nei substrati con lo 0% di lolla è risultata essere del 29.5%, la quale è rimasta costante fino al 67% di lolla; infatti, a tale percentuale la sostanza secca è cresciuta del 6.4% rispetto allo 0%, per poi rimanere invariata con 100% (Fig. 82).

La presenza di digestati nei substrati ha causato una diminuzione del valore del 4.7% rispetto a quelli senza (Fig. 83), mentre l'effetto di interazione tra i fattori principali non è stato significativo.

Il contenuto di azoto nei tessuti è stato mediamente dell'1.45% e non è stato influenzato significativamente né dalle diverse quantità di lolla nei substrati, né dalla presenza dei digestati e neanche dall'effetto di interazione tra i fattori principali.

Valutando nel complesso i risultati ottenuti al primo rilievo, effettuato dopo soli 16 giorni dal taleaggio, la percentuale di radicazione è risultata influenzata dalla presenza di digestati, che sono parsi favorire questo aspetto, ma non dalla presenza di lolla. Questo effetto positivo dei digestati in fase precoce, è stato confermato anche dalla qualità della radicazione (maggiore lunghezza delle radici e maggior peso fresco e secco delle stesse). Da questo punto di vista, la presenza di lolla nel substrato è stata negativa, almeno alle percentuali più elevate (100% di lolla).

5.3 SECONDO RILIEVO SULLA ROSA

Alla fine della prova, la percentuale di attecchimento delle talee è stata influenzata solamente dalla percentuale di lolla nel substrato (Fig. 84). Le percentuali più alte sono state osservate con i substrati contenenti lo 0 e il 33% di lolla (in media l' 83.3%), mentre con il 67 e il 100% di lolla la percentuale è stata più contenuta (<74%).

La figura 85 mostra che il diametro del fusto vecchio nei substrati con lo 0% di lolla è stato di 4.25 mm. Da questo valore si sono differenziati i substrati con il 33% (+16.5%), mentre quelli con il 67 e il 100% non lo hanno fatto in modo significativo.

La presenza dei digestati nei substrati ha portato ad un aumento del diametro del fusto vecchio pari al 5.87% rispetto a quelli senza (Fig. 86), mentre non è stato significativo l'effetto di interazione tra i fattori principali.

Il diametro del germoglio delle talee allevate nel substrato col lo 0% di lolla non è

risultato diverso rispetto a quelli delle talee degli altri substrati. Comunque, il diametro di quelli ottenuti con il 33% di lolla è risultato superiore a quelli con contenuti di lolla superiori (Fig. 87).

La massima lunghezza del germoglio è stata misurata nei substrati con lo 0% di lolla (10.6 mm) ed è diminuita progressivamente all'aumentare della quantità di lolla nel substrato fino al 67% (-43.3%), per poi restare invariata (Fig. 88).

Dal valore SPAD più elevato, misurato nei substrati con lo 0% di lolla, si è avuta una diminuzione del 17.8% con il 33%, per poi non avere più alcuna variazione fino al 100% (Fig. 89).

I substrati con i digestati hanno manifestato valori di SPAD superiori del 12.7% rispetto a quelli senza (Fig. 90).

La figura 91 evidenzia che se il valore SPAD nei substrati con lo 0, il 33 e il 67% non hanno avuto differenze in funzione della presenza o meno dei digestati; quelli con il 100%, invece, con i digestati hanno manifestato valori superiori del 37.3% rispetto a quelli senza.

Il peso fresco delle radici maggiore lo si è avuto nei substrati con lo 0% di lolla (0.62 g) ed è rimasto invariato fino al 33%, mentre è diminuito del 22.6% con il 67% e non variando oltre fino al 100% (Fig. 92).

I substrati con i digestati hanno portato ad un aumento del peso fresco delle radici del 25.5% rispetto a quelli senza (Fig. 93), mentre l'effetto di interazione tra fattori principali non è stato significativo.

Il peso fresco del fusto vecchio nei substrati con lo 0% è stato di 0.38 g ed è aumentato del 36.8% con il 33%, non modificandosi ulteriormente in modo significativo (Fig. 94).

Mediamente il peso fresco della foglia vecchia è stato di 0.40 g e non è stato influenzato in modo significativo né dalle crescenti percentuali di lolla, né dalla presenza dei digestati nel substrato e neanche dall'interazione tra i fattori principali.

I substrati con lo 0 e il 33% di lolla non hanno indotto differenze significative nei riguardi del peso fresco del fusto nuovo (0.39 e 0.33 g rispettivamente con lo 0 e il 33% di lolla), mentre è diminuito del 41.0% con il 67% per poi non variare oltre a percentuali di lolla superiori (Fig. 95).

Il peso fresco delle foglie nuove è diminuito all'aumentare della quantità di lolla nel substrato ma solo fino al 67%; infatti, è stato massimo con lo 0% (1.37 g), è diminuito del 49.6% con il 67%, ed è rimasta invariato fino al 100% (Fig. 96).

I pesi freschi più elevati della chioma e totale sono stato riscontrato nei substrati con lo

0% di lolla (2.25 e 2.87 g, rispettivamente) e non sono variati significativamente con il 33%. Al 67% è stata osservata una diminuzione del 20.0 e 20.6% dei pesi freschi che poi sono rimasti invariati (Figg. 97 e 98).

Il rapporto chioma-radice sul peso fresco è risultato pressoché costante dallo 0 al 67% di lolla (4.07 con lo 0%) ed è aumentato del 35.4% con il 100% (Fig. 99).

La presenza di digestati nei substrati ha causato un minore rapporto chioma-radice sul peso fresco del 29.7% rispetto a quelli che ne erano privi (Fig. 100).

In figura 101 si nota come i substrati con e senza digestati e a parità di quantità di lolla non si differenzino significativamente a percentuali dello 0, 33 e 67%, mentre quelli con il 100% di lolla e con i digestati hanno mostrato quasi un dimezzamento del valore del rapporto chioma-radice.

Mentre le diverse percentuali di lolla nel substrato e l'interazione tra i fattori principali non siano state significative, si può notare in figura 102 che i substrati addizionati di digestati hanno avuto un aumento del peso secco delle radici del 16.3% rispetto a quelli che ne erano sprovvisti.

Il peso secco del fusto vecchio è stato minore nei substrati con lo 0% di lolla (119 mg) rispetto agli altri substrati che, mediamente è stato superiore del 41.3% (Fig. 103).

Il peso secco della foglia vecchia, mediamente, è risultato essere 132 mg e non è stato influenzato significativamente da nessuno dei fattori considerati.

Per quanto concerne il peso secco del fusto nuovo, solo le diverse percentuali di lolla nel substrato hanno avuto effetti significativi; in particolare il più alto valore di questo parametro è stato misurato nei substrati con lo 0% di lolla (97.8 mg), che è diminuito del 20.2% con il 33% e del 41.9% con il 67% (Fig. 104).

Il peso secco delle foglie nuove pari a 357 mg nei substrati con lo 0% di lolla è calato del 28.9% con il 33% e del 49.9% con il 67%, per non variare più in modo statisticamente significativo nei substrati di sola lolla (Fig. 105).

La presenza di digestati nei substrati ha comportato un aumento del peso secco delle foglie nuove pari al 15.5% rispetto a quelli privi (Fig. 106).

Le figure 107 e 108 mostra come a percentuali di lolla nel substrato fino al 67% di lolla non ci siano state variazioni significative del peso secco della chioma e totale rispetto allo 0% (606 e 680 mg), diminuendo, invece, sempre rispetto allo 0%, del 17.8 e 16.6% con il 100%, rispettivamente.

Per quanto riguarda il rapporto chioma-radice sul peso secco le crescenti percentuali di lolla nel substrato non hanno avuto effetti significativi. Al contrario, come si può notare

nella figura 109, la presenza di digestati nei substrati ha influenzato negativamente tale rapporto abbassandolo del 19.2% rispetto a quelli senza.

La figura 110 evidenzia che, nei substrati con lo 0, il 33 e il 67% di lolla, la presenza di digestati non hanno indotto alcuna differenza sul rapporto chioma-radice, mentre i substrati con il 100% di lolla e con i digestati hanno avuto una diminuzione di valore del 34.8% rispetto a quelli che ne erano privi.

Relativamente alla ripartizione della sostanza secca tra i diversi organi delle talee in funzione della percentuale di lolla nei substrati (Fig. 111), sul peso secco totale, all'aumentare della lolla tendenzialmente si è avuto una importanza maggiore delle strutture vecchie (fusto e foglia) a scapito di quelle nuove (fusto e foglie).

La ripartizione della sostanza secca in funzione della presenza o meno dei digestati nei substrati (Fig. 112), sul peso secco totale, evidenzia come la presenza dei digestati abbia prodotto un aumento della sostanza secca delle radici del 14.1% rispetto a quelli senza.

La sostanza secca delle radici è stata minore nei substrati con lo 0% di lolla (12.0%) ed è rimasta invariata fino al 33%, per aumentare del 25.0% con il 67% e non oltre fino al 100% (Fig. 113).

La sostanza secca del fusto vecchio mentre non è stata influenzata dalle crescenti percentuali di lolla nel substrato, lo è stata dalla presenza dei digestati nel substrato solo nel caso di quelli con il 33% di lolla che, in presenza di digestati, è stato superiore del 5.5% rispetto a quelli senza (Fig. 114).

La figura 115 illustra che i substrati con e senza digestati a parità di lolla nelle percentuali di 0, 67 e 100% non hanno indotto differenze significative sulla sostanza secca del fusto vecchio; invece, quelli con il 33% e i digestati sono stati superiori a quelli senza del 12.7%.

La sostanza secca della foglia vecchia è stata influenzata solo dalle crescenti percentuali di lolla nel substrato. Infatti, è stata simile in quelli con lo 0 e il 33% di lolla (30.5% con lo 0%) ed è aumentata del 9.2% con il 67%, non variando oltre con quantità di lolla superiori (Fig. 116).

La sostanza secca del fusto e delle foglie nuove ha subito effetti significativi solo dalla presenza dei digestati nel substrato, infatti, i substrati con i digestati hanno avuto un aumento di tale sostanza secca del 9.8 e 5.9%, rispettivamente, nei confronti di quelli che ne erano privi (Figg. 117 e 118).

La sostanza secca della chioma è stata del 26.9% con lo 0% di lolla nel substrato, ed è aumentata solo fino al 33% (+6.3%) e rimanendo invariata a quantità di lolla maggiori

(Fig. 119).

I substrati con i digestati hanno mostrato una superiorità della sostanza secca della chioma del 5.4% rispetto a quelli senza (Fig. 120).

La figura 121 evidenzia che i substrati con e senza digestati, a parità di lolla alle percentuali dello 0, 33 e 67%, non hanno mostrato differenze significative in termini di influenza sulla percentuale di sostanza secca della chioma, cosa che, invece, è successa in quelli con il 100% dove i substrati provvisti di digestati hanno avuto un aumento di valore pari all'11.1% rispetto a quelli che ne erano sprovvisti.

La sostanza secca totale è stata influenzata solo dalle crescenti quantità di lolla nel substrato (Fig. 122). Se con lo 0% di lolla tale sostanza secca è stata del 23.7%, con il 33% è stata del 25.3% (+6.7%), non aumentando ulteriormente a quantità maggiori di lolla.

Anche per quanto riguarda la concentrazione di azoto nei tessuti solamente le crescenti quantità di lolla nel substrato hanno avuto effetti significativi (Fig. 123). Con lo 0% di lolla nel substrato tale valore è stato dell'1.72%, è diminuito del 20.3% con il 33% e del 30.8% con il 67%, per poi non modificarsi ulteriormente in modo significativo fino al 100%.

Il numero di piante di riso germinate è stato chiaramente nullo nei substrati senza lolla (Fig. 124), nonostante che, con il 33% di lolla si sia avuta una germinazione pari a 0.6 piante per vaso, dal punto di vista statistico solamente con il 67 e 100% di lolla si sono avute germinazioni significativamente rilevanti (1.26 piante per vaso).

In generale la risposta delle talee di rosa alla fine della prova (57 giorni dal taleaggio e 16 giorni dopo il primo rilievo), sono parse piuttosto diverse rispetto a quanto visto nel primo rilievo. Innanzitutto la percentuale di attecchimento è risultata influenzata solamente dalla percentuale di lolla nel substrato. Seppur più contenuto in termini assoluti, dal punto di vista statistico il 33% di lolla ha dato risultati simili a quelli del substrato senza lolla. Con percentuali superiori l'attecchimento è diminuito di oltre il 10%. Dal punto di vista degli accrescimenti delle talee, comunque, salvo alcuni parametri particolari (peso fresco delle radici e del fusto nuovo, peso secco delle radici), già con il 33% di lolla le talee hanno mostrato valori inferiori (es. peso fresco di foglie nuove e peso fresco e secco di fusto e foglie nuove) e ancora più bassi con percentuali pari o superiori al 67%.

In bibliografia non sono state trovate informazioni su prove sperimentali volte alla valutazione della risposta alla radicazione di rosa su substrati contenenti lolla. Sono

state condotte, però, delle esperienze su semenzali e sulla coltivazione di varie specie tra cui anche la rosa. Baggio (2007) ha riportato che percentuali di lolla del 25% possono migliorare alcuni aspetti della produzione di *Osmanthus xburkwoodii*. Nella produzione di semenzali di radicchio 'N01', percentuali di lolla del 25-50 e 75% hanno migliorato gli accrescimenti (Zanin *et al.*, 2011). La risposta, comunque, è molto specie (e addirittura varietale) specifica, infatti, sempre Zanin e collaboratori (2011) ha notato risposte lineari e negative all'aumento della percentuale di lolla in pomodoro 'Hypeel' e peperone 'Corzo' e indifferente (fino al 75% di lolla) per radicchio 'Leonardo'. Bosa (2007), ha osservato, in *Catharanthus roseus* una risposta negativa solamente con percentuali superiori al 25%. Chiaramente, l'effetto negativo dell'aggiunta di lolla, soprattutto alle elevate percentuali di lolla, sono da attribuire principalmente alle peggiorate caratteristiche fisiche e in parte anche agli squilibri tra i nutrienti.

Anche se nel rilievo finale non sono state trovate differenze, nella percentuale di attecchimento, tra substrati con e senza digestati, gli accrescimenti delle talee sono, in linea di massima, risultati migliori quando i digestati sono stati incorporati nei miscugli (es. peso fresco delle radici, rapporto chioma-radici, sostanza secca delle radici e delle foglie nuove, percentuale di sostanza secca di fusti e foglie nuove). L'effetto positivo dei digestati qui ottenuto è il linea con quanto riportato da Bassan *et al.* (in stampa), che hanno lavorato con semenzali di pomodoro e *Salvia splendens*, e anche da Simeoni (2011) che ha coltivato rosa su substrati analoghi ai presenti.

L'effetto positivo dei digestati è da attribuire alle aumentate disponibilità di nutrienti. D'altro canto, il maggiore valore SPAD, parametro che può essere utilizzato per la valutazione dello stato nutrizionale della pianta, in particolare della nutrizione azotata (Li *et al.*, 1998; Swiader and Moore, 2002; Wang *et al.*, 2004), osservato con l'impiego di digestati, avvalorava questa ipotesi.

5.4 RILIEVO SUL GERANIO

La percentuale di attecchimento delle talee di geranio è stato maggiore nei substrati con lo 0% di lolla (96.7%) e non ha subito diminuzioni significative con il 33%, cosa che è avvenuta con il 67% (-5.03%) e non variando oltre fino al 100% (Fig. 125). La presenza

di digestati nei substrati come anche l'effetto di interazione tra i fattori principali non sono stati significativi.

Il diametro della talea è stato influenzato significativamente solo dalla presenza di digestati nel substrato (Fig. 126). Quelli con i digestati hanno subito un effetto negativo per tale parametro riducendolo del 5.57% rispetto a quelli senza digestati.

Mediamente l'altezza della talea radicata è stata 8.60 cm, il numero di foglie espanse è stato 3.17, il numero di foglie in espansione 2.16 e quello di foglie totali 5.33. Per questi quattro parametri non c'è stato alcun effetto significativo né da parte delle diverse percentuali di lolla nel substrato, né dalla presenza di digestati e neanche dall'interazione tra i fattori principali.

Lo SPAD ha subito effetti significativi solo nei substrati aventi crescenti quantità di lolla; infatti, se i substrati con lo 0, il 33 e il 100% di lolla hanno avuto tendenzialmente lo stesso valore di SPAD (circa 43.0), questo è diminuito in quelli con il 67% (-6.74%) (Fig. 127).

Il peso fresco delle radici nei substrati con il 33% di lolla nel substrato è risultato superiore, rispetto allo 0%, del 55.5%. Aumentando ulteriormente la percentuale di lolla non si è assistito ad un ulteriore aumento (Fig. 128).

La presenza di digestati nel substrato ha comportato una diminuzione del peso fresco delle radici del 35.5% rispetto a quelli senza (Fig. 129).

La figura 130 illustra che se i substrati con lo 0% di lolla e senza digestati hanno avuto un peso fresco radicale di 0.18 g, tale valore è aumentato del 77.8% con il 33% e non è variato significativamente fino al 100%. I substrati con i digestati hanno mostrato dei valori statisticamente non differenti tra le varie percentuali di lolla (0.17 g con lo 0%).

Il peso fresco del fusto è stato di 0.49 g con lo 0% di lolla. Rispetto a questo valore, solamente con il 100% di lolla si è avuto una diminuzione significativa (-14.3%) (Fig. 131). L'effetto di interazione tra i fattori principali e la presenza di digestati nel substrato non hanno dato effetti significativi.

In media il peso fresco delle foglie è stato 1.73 g, quello della chioma 2.18 g e quello totale 2.44g; nessuno di questi tre parametri è stato influenzato significativamente dalle crescenti percentuali di lolla nel substrato, o dalla presenza di digestati o, ancora, dall'interazione tra i fattori principali.

La figura 132 mostra che il maggiore rapporto chioma-radice sul peso fresco è stato a favore dei substrati con lo 0% di lolla (15.6) ed è diminuito del 40.6% con il 33%, non modificandosi più significativamente fino al 100%.

La presenza di digestati nei substrati ha significato un aumento del rapporto chioma-radice del 33.6% rispetto a quelli senza (Fig. 133).

I substrati senza digestati e con lo 0% di lolla hanno avuto un rapporto chioma-radice sul peso fresco di 16.6; questo è diminuito del 57.6% con il 33% rimanendo pressoché invariato con dosi crescenti di lolla. Per quanto concerne i substrati con i digestati non c'è stata variazione significativa dallo 0 al 100% di lolla (14.5 con lo 0%) (Fig. 134).

Il peso secco delle radici è stato minore nei substrati con lo 0% di lolla (13.1 mg) ed è cresciuto del 61.1% con il 33% e del 107% con il 67%. Con il 100% di lolla si hanno avuto valori non significativamente differenti da quelli con il 33% (Fig. 135).

La presenza dei digestati nei substrati ha portato ad una diminuzione del peso secco radicale del 32.6% rispetto a quelli senza (Fig. 136).

La figura 137 evidenzia che dai substrati senza digestati e con lo 0% di lolla aventi un valore di peso secco delle radici di 13.1 mg; questo è aumento del 96.9% con il 33% e del 154% con il 67%. I substrati con il 100% di lolla hanno avuto valori statisticamente simili a quelli con il 33%. Per quanto concerne i substrati con i digestati, quelli con il 67% di lolla hanno avuto un aumento del 59.1% rispetto a quelli con lo 0%. Con il 100% di lolla, il peso secco delle radici non è cambiato rispetto a quello dello 0%.

Il peso secco del fusto è stato mediamente di 42.9 mg, quello delle foglie di 150 mg, quello della chioma di 193 mg mentre quello totale è stato 213 mg; in tutti e quattro i casi non c'è stato alcun effetto significativo della presenza di digestati nei substrati, né delle diverse percentuali di lolla né dell'interazione tra i fattori principali.

Il rapporto chioma-radice sul peso secco è stato massimo nei substrati con lo 0% di lolla e pari a 18.7, per poi diminuire del 38.0% con il 33% e restare tendenzialmente invariato fino al 100% (Fig. 138).

La presenza di digestati nei substrati ha avuto l'effetto di aumentare il rapporto chioma-radice sul peso secco del 30.6% rispetto a quelli che ne erano privi (Fig. 139).

Tra i substrati senza digestati quelli con lo 0% di lolla hanno evidenziato il più elevato rapporto chioma-radice sul peso secco, il quale è sceso del 58.3% con il 33% e non modificandosi più significativamente fino al 100%. Quelli con i digestati hanno avuto valori statisticamente simili tra i substrati con lo 0 (17.8), il 33 e il 100% di lolla, mentre in quelli con il 67% il rapporto chioma-radici è diminuito del 40.4% rispetto a quelli con lo 0% (Fig. 140).

Riguardo all'effetto del contenuto di lolla nei substrati sulla ripartizione percentuale della sostanza secca si può notare in figura 141 che le foglie e il fusto hanno contribuito

in modo più importante al peso secco totale nel caso dei substrati contenenti lo 0% di lolla che, infatti, ha mostrato il valore più basso per le radici. Il contrario è stato osservato nei substrati con il 67% di lolla.

La presenza di digestati, sempre riguardo alla ripartizione percentuale della sostanza secca, ha mostrato che nei substrati con i digestati c'è stato un tendenziale aumento, seppure leggero, dell'importanza del fusto a scapito delle radici rispetto a quelli senza (Fig. 142).

La figura 143 mette in evidenza che il substrato senza digestati e con lo 0% di lolla ha presentato il maggior contributo delle foglie sul peso secco totale rispetto agli altri senza digestati. Questa differenza non è risultata significativa nel caso dei substrati contenenti i digestati. Sia nei substrati con digestati, che quelli senza, il contributo delle radici al peso secco totale è stato il più basso nei substrati privi di lolla.

La sostanza secca delle radici non è cambiata significativamente confrontando i substrati con lo 0, il 33 e il 100% di lolla (7.53% con lo 0%), mentre è salita del 22.3% con il 67% (Fig. 144). La presenza di digestati nei substrati e l'effetto di interazione tra i fattori principali non hanno avuto effetti significativi sulla sostanza secca radicale.

In media la sostanza secca del fusto è stata del 9.7%, quella delle foglie dell'8.92% e quella della chioma dell'8.92%; in nessuno dei tre casi ci sono stati effetti statisticamente rilevanti sui parametri allo studio né da parte dei digestati nei substrati, né dalle diverse quantità di lolla e nemmeno dall'interazione tra i fattori principali.

La sostanza secca totale è stata influenzata significativamente solo dalle differenti percentuali di lolla nei substrati. Infatti, rispetto a quanto ottenuto con il substrato contenente lo 0% di lolla, con il 67% si è avuto un aumento contenuto (+2.39%) ma significativo della sostanza secca totale. Con il 100%, invece, si è avuta una diminuzione (-5.23%) (Fig. 145).

La concentrazione di azoto nei tessuti della talea radicata nei substrati con lo 0% di lolla è stato del 3.09%. Questo valore è calato del 12.3% con il 33% di lolla, rimanendo pressoché invariato fino al 67% per poi scendere nuovamente, rispetto allo 0%, del 20.1% con il 100% (Fig. 146).

La figura 147 evidenzia che la presenza di digestati nei substrati ha portato ad un aumento della concentrazione di azoto nei tessuti pari al 7.98% rispetto a quelli senza (Fig. 147).

I substrati con lo 0% di lolla e senza digestati hanno espresso la maggior concentrazione di azoto nei tessuti (3.20%) rispetto ai quelli con percentuali di lolla superiori. Infatti,

con il 33% c'è stata una diminuzione del parametro in questione pari al 26.6%, il quale all'aumentare della percentuale di lolla non è variato ulteriormente in maniera significativa. I substrati con i digestati aventi lo 0% di lolla fino al 67% non hanno presentato valori significativamente diversi della concentrazione di azoto nei tessuti (2.97% con lo 0%), che, invece, è diminuita con il 100% (-17.8%) (Fig. 148).

Il numero medio di piante di riso germinate è stato 0.68 e questo parametro non ha subito effetti significativi dalla presenza di digestati nei substrati, né dalle diverse percentuali di lolla e neanche dall'interazione tra i fattori principali.

In generale, possiamo ricapitolare asserendo che l'aumento della percentuale di lolla nel substrato ha influito molto di meno sul processo di attecchimento delle talee di geranio rispetto a quanto precedentemente osservato in rosa. Infatti, la percentuale di attecchimento è stata molto alta con il substrato privo di lolla (99.3 %) e comunque molto buona anche con il 100% di lolla (94.8%). Inoltre, la qualità delle talee (peso fresco e secco delle radici; rapporto chioma radici ecc.) è stato buono in qualunque substrato contenente lolla. Forse da escludere è il substrato contenente lolla al 100% in quanto ha dato risultati poco soddisfacenti per alcuni parametri (peso fresco del fusto, peso fresco e secco delle radici).

In esperienze condotte da altri autori nella coltivazione di questo geranio l'effetto negativo dell'aggiunta di lolla al substrato si è vista di già al 33% di lolla nel caso di impiego di lolla tal quale (Zanella, 2011); o solamente con percentuali pari o superiori al 67% nel caso di lolla macinata (Franceschini, 2011).

Rispetto alla presenza o meno dei digestati, il geranio ha dato risultati opposti a quelli riportati per rosa e, infatti, ha portato a radicare la stessa percentuale di talee, ma peggiorando le caratteristiche delle stesse (minore diametro delle talee, minore peso fresco e secco delle radici, maggiore rapporto chioma-radici).

D'altro canto, anche in fase di coltivazione, la presenza di digestati nel substrato ha mostrato i suoi effetti negativi in quanto ha indotto un minore valore SPAD e un minore peso fresco e secco delle radici, mentre per altri parametri l'effetto è stato positivo (peso fresco e secco di foglie e fusti) (Franceschini, 2011; Zanella, 2011).

Durante lo svolgimento di entrambe le prove è stata osservata la germinazione di alcuni semi di riso (Foto 4). Nel caso della rosa vi è stato un ovvio aumento dei semi germinati all'aumentare del contenuto di lolla nel substrato, mentre nella prova di geranio il numero di semi germinati è stato così basso da non dare differenze significative. Questo evento, da ritenersi sempre negativo, non deve preoccupare in quanto nel momento in

cui la lolla di riso dovesse entrare nel circuito dei substrati potrebbe essere usata non fresca ma parboiled. In questo caso verosimilmente le caratteristiche chimico-fisiche e la risposta agronomica non dovrebbero cambiare, rispetto a quelle osservate nella prova, senza però creare problemi di germinazione del riso.

6. CONCLUSIONI

Le analisi chimiche dei substrati hanno evidenziato che l'aumento della quantità di lolla nei substrati ha significato uno squilibrio di nutrienti rispetto a quelli con sola torba, e che l'aggiunta dei digestati che ha portato ad un aumento degli stessi.

Dalle analisi fisiche si è riscontrato che l'utilizzo della lolla macinata ha modificato le caratteristiche idrologiche dei substrati spesso in modo negativo e che l'aggiunta dei digestati ha talora contenuto questo peggioramento.

La prova di taleggio ha evidenziato un comportamento diverso delle due specie allo studio. Quella su rosa ha mostrato che la radicazione è stata influenzata dalle diverse percentuali di lolla nel substrato; con il 33% di lolla che ha fornito risultati statisticamente simili ai substrati senza lolla, mentre con percentuali superiori l'attecchimento è diminuito sensibilmente. Altri parametri di accrescimento, però, sono risultati significativamente inferiori già al 33%, per scendere ulteriormente con percentuali di lolla maggiori. La presenza dei digestati nei miscugli ha apportato elementi nutritivi che pur avendo migliorato l'accrescimento delle talee, non hanno influenzato la percentuale di attecchimento.

Contrariamente a quanto avvenuto nella rosa, in geranio le crescenti percentuali di lolla nel substrato non hanno particolarmente influenzato la percentuale di attecchimento delle talee, che è rimasta elevata anche con il 100% di lolla. Inoltre, anche la qualità delle talee è stata buona in tutti i substrati contenenti lolla, eccetto quelli contenenti il 100% che per alcuni parametri erano poco soddisfacenti. Per quanto riguarda la presenza di digestati nei miscugli, pur non avendo influenzato le percentuali di radicazione delle talee, queste hanno presentato caratteristiche leggermente peggiori.

In un'ottica di riduzione dell'impatto ambientale dell'attività vivaistica attraverso la riduzione dell'impiego della torba, la presente prova sembra consigliare l'impiego di lolla nella composizione dei substrati per la radicazione della rosa 'La Sevillana' sino ad una percentuale pari al 33% in quanto si ottiene un miscuglio che per molti aspetti è simile ai substrati composti da sola torba. Ancor più consigliabile è l'impiego di digestati, in ragione del 20% in volume, che ha sempre prodotto effetti positivi. In questo modo, si arriva a risparmiare torba per 33 o 46,4% in volume. Per il geranio 'Ville de Paris', la percentuale di lolla da impiegare nei miscugli si può alzare fino al 67% (consentendo, quindi un pari risparmio di torba) senza peggiorare la qualità delle

talee. L'impiego di digestati per la radicazione di questa specie è invece sconsigliabile. In conclusione si può affermare che l'impiego di sottoprodotti dell'attività agricolo-industriale, come la lolla di riso e di digestati di fermentazione anaerobica della borlanda di frutta, è possibile, ma deve essere attento e oculato, in quanto specie diverse possono rispondere in modo anche molto diverso.

7. BIBLIOGRAFIA

- Accati Garibaldi E. 1993 – *Trattato di floricoltura* - Ed. Edagricole
- Adani F. e D'Imporziano G. 2009 – *Digestato: criteri di valutazione per il riutilizzo in agricoltura, una proposta del Gruppo RICICLA del Di.Pro.Ve. GRUPPO RICLICA DiProVe* - Università degli Studi di Milano
- Altmann M. 2008 – *Socio-economic impact of the peat and growing media industry on horticulture in the EU* - CO CONCEPT Marketingberatung September 2008
- Anda M., Shamshuddin J., Fauziah C.I. e Syed Omar S.R. 2010 – *Increasing the Organic Matter Content of an Oxisol using Rice Husk Compost: Changes in Decomposition and Its Chemistry* – AGRICOLA Articles (NAL)
- Angelini R. e Viggiani P. 1998 – *Dicotiledoni spontanee e infestanti* - Bayer Ed. L'Informatore Agrario S.p.A.
- Arnold Bik R. 1983 – *Substrates in floriculture* – Proc.XXI Intl. Hort Congr. 2:811-822
- Baggio D. 2007 – Prove di coltivazione di *Osmanthus ×burkwoodii* (Burkw. & Skipw.) P.S. Green su substrati con dosi crescenti di lolla – Tesi di laurea triennale in Scienze e Tecnologie Agrarie, Facoltà di Agraria dell'Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Agronomia ambientale e Produzioni vegetali
- Bailey D.A. 1996 – *Alkalinity, pH, and acidification* - In Reed. D.W (ed.). Water, media, and nutrition for greenhouse crops. Ball Publishing, Batavia Illinois USA.
- Barbanti L., Capponi S. e Vecchi S. 2010 – *Digestato in campo: vantaggi agronomici e ambientale* - L'informatore Agrario 13/2010: 43-47
- Bartolini G. e Petruccelli R. 1991 – *I substrati nel vivaismo* - Colture protette 6/1991
- Bassan A. 2008 – *Caratterizzazione chimica di substrati e valutazione del loro impiego nella coltivazione di specie orticole in vivaio* - Tesi di Laurea specialistica in Scienze e Tecnologie Agrarie, Facoltà di Agraria dell'Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Agronomia ambientale e Produzioni vegetali
- Bassan A., Sambo P., Zanin G. e Evans M.R. (In Stampa) – *Use of Fresh Rice Hulls and Anaerobic Digestion Residues as Substrates Alternative to Peat*. Acta

Horticulturae.

- Bather D.M. e Miller F.A. 1991 – *Peatland utilisation in the British Isles* – Centres for Agricultural strategy, reading, 64 pp.
- Blankenburg J. 2006 – *Restoration of former peat fields – objectives and achievements*. In: G. Schmilewski (ed) *Peat in Horticulture – peat in the stranglehold of interest group*. Proc. Inti. Peat Symp., Amsterdam, 30 Nov. 2006, pp. 59-64
- Boelter D.M. 1968 – *Important Physical Properties of Peat Materials* - Proceedings, Third International Peat Congress, August 18-23 - Quebec (Canada), Departement of Energy, Minds and Resources and National Research Concil of Canada:150-154
- Boertje G.A. 1984 – *Physical laboratory analyses of potting composts* - Acta Hort. 150:47-50
- Boldrin A., Hartling KR, Laugen M. e Christensen T.H. 2010 – *Environmental inventory modelling of the use of compost and peat in growth media preparation* – ELSEVIER SCIENCE BV 2010
- Bord Na Mona 2005 – Ultimo accesso 6/2011 (www.bnm.ie)
- Bosa R. 2007 – Prove di coltivazione di *Catharanthus roseus* (L) G. Don su substrati con dosi crescenti di lolla – Tesi di laurea triennale in Scienze e Tecnologie Agrarie, Facoltà di Agraria dell'Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Agronomia ambientale e Produzioni vegetali
- Bragg N. 1998 – *Grower handbook 1 – Growing media* – Nexus media limited, Nexus house Swantley, Kent
- Buck J.S. e Evans M.R. 2010 – *Physical Properties of Ground Parboiled Fresh Rice Hulls Used as a Horticultural Root Substrate* – HORTSCIENCE 45(4):643-649
- Bunt A.C. 1988 – *Media and mixes for container grown plants* - 2° Ed. Unwin Hyman Ltd., London
- Cadell M.N. 1988 – *Rice hull composting in Australia* - Biocycle 29:49
- Calderòn F.S. 2001 – *El cultivo idroponico de flores en Colombia* - Bogotá D.C. Colombia S-A.
- Calderòn F.S. 2001 – *La cascarilla de arroz “caolinizada”; una alternativa para mejorar la retencion de humedad como sustrato para cultivos hidroponicos* -

- Bogotá D.C. Colombia S-A.
- Calderón F.S. 2001 – *Los sustratos* - Bogotá D.C. Colombia S-A.
- Caron J., Elrick D.E., Beeson R. e Boudreau J. 2005 – *Defining Critical Capillary Rise Properties for Growing Media in Nurseries* - Published in Soil Sci. Soc. Am. J. 69:794–806, Published in 6 may 2006
- Cattivello C. e Melis P. 1999 – *Valutazioni analitiche e colturali su alcuni substrati di coltivazione* - *Colture protette* 4/99
- Cattivello C. 1990 – *Valutazioni analitiche sulle principali torbe di sfagno commercializzate nel nostro Paese* - *L'informatore Agrario* 30:69-76
- Cattivello C. 2005 – *Le torbiere d'Europa prima tappa: Irlanda* - *Colture protette* 4,2005
- Cattivello C. 2005 – *Le torbiere d'Europa seconda tappa: Finlandia* - *Colture protette* 6,2005
- Cattivello C. 2009 – *Aspetti ambientali, tecnici e commerciali legati all'impiego della torba: presente e futuro del componente base dei substrati* – *Fertilitas Agrorum* 3 (1) 2009 7-11.
- Cattivello C. 2009 - *La torba*. In Zaccheo P. e Cattivello C. (Ed) *I substrati di coltivazione. Aspetti teorici ed applicativi di un fattore chiave delle produzioni in contenitore*. Edagricole, Bologna.
- CEN 13038 del 1999 - *En 13038 Soil improvers and growing media – Determination of electrical conductivity*
- CEN 13039 del 1999 - *En 13039 Soil improvers and growing media – Determination of organic matter content and ash*
- CEN 13040 del 2000 - *En 13040 Soil improvers and growing media – Sample preparation for chemical and physical test, determination of dry matter content, moisture content and laboratory compacted bulk density*
- CEN 13652 del 2001 - *En 13652 Soil improvers and growing media – Determination of nitrogen – Modified Kjeldhal method*
- COMITE' EUROPEEN DE NORMALISATION (CEN) 13037 pubblicata nel 1999 – *En 13037 Soil improvers and growing media – Determination of pH*

- De Boodt M. e Verdonck O. 1972 – *The physical properties of the substrates in horticulture* - Acta Hort. 26:37-44
- De Datta S.K. 1981 – *Principles and practices of rice production* - Wiley-Interscience publications
- Dole J.M. e Wilkins H.F. 2004 – *Floriculture, principles and species*, 2nd edition.
- Einert A.E. e Baker A.C. 1973 – *Rice hulls as a growing medium component for cut tulips* - J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98:556-558
- Einert A.E. 1972 – *Performance of rice hull media for post Easter Lilies under three forcing systems* - HortScience, Vol. 7:60-61
- Evans M.R. e Gachukia M. 2004 – *Fresh parboiled rice hull serve as an alternative to perlite in greenhouse crop substrates* - HortScience 39 (2): 232-235
- Evans M.R. e Gachukia M. 2008 – *Secondary Macro and Microelements in Sphagnum Peat-based Substrates Amended with Parboiled fresh rice Hulls or Perlite* - HortTechnology 18:644-649
- Evans M.R. 2003 – *Greenhouse & Nursery growing substrates* - Department of horticulture, University of Arkansas
- Evans M.R. 2003 – *Greenhouse management*, Unit 7 - Department of horticulture, University of Arkansas
- Evans M.R., Buck J.S. e Sambo P. 2011 – *The pH, Electrical Conductivity and Primary Macronutrient Concentration of Sphagnum Peat and Ground Parboiled Fresh Rice Hull Substrates Over Time in a Greenhouse Environment* – HortTechnology 02/2011 21(1)
- Fabbri C. 2010 – *Come migliorare la gestione ambientale del “digestato”*- Agricoltura Maggio 2010:95-97.
- Franceschini V. 2011 – *Prove di coltivazione del geranio su substrati contenenti lolla di riso macinata e residui di digestato anaerobico* – Tesi di laurea triennale in Scienze e Tecnologie Agrarie, Facoltà di Agraria dell’Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Agronomia ambientale e Produzioni vegetali
- Frangi C. 2009 – *Scelta dei substrati in funzione della specie coltivata: aspetti generali*. In Zaccheo P. e Cattivello C. (Ed) *I substrati di coltivazione. Aspetti teorici ed applicativi di un fattore chiave delle produzioni in contenitore*. Edagricole, Bologna.

- Graifenberg A. 1969 – *L'impiego dei substrati in serra: un tema di attualità* - Informatore di ortoflorofrutticoltura, 23:69
- Grinzato M. 2009 – *Uso dello SPAD nella concimazione azotata di Euphorbia pulcherrima Willd Ex Klotzsch: prove preliminari* – Tesi di laurea triennale in Scienze e Tecnologie Agrarie, Facoltà di Agraria dell'Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Agronomia ambientale e Produzioni vegetali
- Handrek K. e Black N. 1995 – *Growing media for ornamental plants and turf* – 3rd edizione, Unsw Press, Sydney, Australia
- Hulme F. e Hummel N.W. 1993 – *Laboratory methods for evaluation of putting green root zone mixes – Standard test methods for saturated hydraulic conductivity; water retention, porosity and bulk density on putting green zone mixes* - USGA GREEN SECTION RECORD; pag. 23-26
- International Peat Society (IPS) 2002 – *Statement on the wise use of peatland* – Ultimo accesso 06/2011 (www.peatsociety.org)
- IPS 2005 – *Peat as a resource* – Ultimo accesso 06/2011 (www.peatsociety.org)
- IPS 2005 – *Peatlands* – Ultimo accesso 06/2011 (www.peatsociety.org)
- IPS 2005 – *The global peat initiative* – Ultimo accesso 06/2011 (www.peatsociety.org)
- ISMEA Asa Mercati 2011 - *Il florovivaismo in Italia nel 2010: i principali dati di settore*
- Jeffrey S. 1997 – *Some effects of silicate on Pythium Damping-off of cucumbers in potting mixes* – Acta Horticulturae
- Jenkins J.R. e Jarrell W.M. 1989 – *Predicting physical and chemical properties of container mixtures* – HortScience 24:292-295
- Joosten H. e Clarke D. 2002 – *Wise use of mires and peatlands* – International Mire Conversation Group and International Peat Society, Saarijarvi, Finlandia
- Juliano B.O. 1985 – *Rice hull and rice raw* - Pages 695-698 in: Chemistry and Technology Juliano B.O. ad Am. Assoc. Cereal Chem.: St. paul, Mn
- Kadlec R.H. e Knight R.L. 1996 – *Treatment weatlands* - Lewis Publisher, CRC Pres., Inc., Bona Ration, FL 853 p.

- Kämpf A.N. Jung M. 1991 – *The use of carbonized rice hulls as an horticultural substrate* - Acta Horticulturae 294, 1991 – XXIII International Horticultural Congress
- Kip N., Van Winden J.F., Pan Y., Bodrossy L., Reichart G.J., Smolders A.J.P., Jetten M.S.M., Damste J.S.S e Op den Camp H.J.M. 2010 – *Global prevalence of methane oxidation by symbiotic bacteria in peat-moss ecosystems* – Nature Publishing Group 2010
- Laine J. e Vasander H., 1996 – *Ecology and vegetation gradients of peatlands in peatland in Finland* – Finnish Peatland Society, Helsinki, Finlandia
- Lee J.W., Byoung Y.L., Kwang Y.K. e Sung H.K. 2000b – *Influence of pH and NO₃/NH₄ ratio of nutrient solution and particle size distribution of rice hull on growth of hot pepper seedlings in expanded rice hull-based substrates* - J. Kor. Soc. Hort. Sci. 41(1): 36-40
- Lee J.W., Byoung Y.L., Young B.L. e Ki-Sun K. 2000a – *Growth and inorganic element contents of hot pepper seedlings in fresh and decomposed expanded rice hull-based substrates* – J. Kor. Soc. Hort. Sci. 41(2):147-151
- Li Y.C., Alva A.K., Calvert D.V. e Zhang M. 1998 – *A rapid non-destructive technique to predict leaf nitrogen status of grapefruit tree with various nitrogen fertilization practices* – HortTechnology 8:81-86
- Mantovi P., Fabbri C., Soldano M. e Piccinini S. 2009 – *La separazione del digestato aumenta il potere fertilizzante* – L'informatore Agrario, 43, 5558
- Masera O. 1970 – *Floricoltura* – Unione tipografico – Ed. Torinese
- Namioka H. 1977 – *Kuntan as a substrates for soilless culture* – 4, Las Palmas, 1976
- Paradossi A., Incrocci L., Marzialetti P. e Bibbiani C. 2009 – *I substrati e la coltivazione delle piante in contenitore* – Fertilitas Agrorum 3(1) 22-31
- Perelli M. e Pimpini F. 2003 – *Coltivazioni fuori suolo. Il nuovo manuale di concimazione* – 1° Ed. Arvan - Mira (Venezia)
- Phillips R. e Rix M. 2006 – *Le rose* – Ed. Zanichelli, pag. 240
- Piccinini S. 2004 – *La digestione anaerobica dei rifiuti organici di altre biomasse: situazione e prospettive in Europa e in Italia*. In “Corso di specializzazione: la qualità nei processi di compostaggio” ECOMONDO – Rimini, 2-3 Novembre 2004

- Piccinini S., Fabbri C., Bonazzi G., Sequi P., Trinchera A. e Rea E. 2009 – *Recupero di residui agroindustriali e urbani per la produzione di biogas*. In: P. Ranalli (coord.), *Le piante industriali per una agricoltura multifunzionale*. Edizioni Avenue media, Milano Bologna: 293-324
- Pozzi A. e Valagussa M. 2009 – *Caratterizzazione agronomica dei substrati di coltivazione: metodologie ed esperienze a confronto* – *Ferilitas Agrorum* 3 (1) 2009 50-55
- Puustjärvi V. 1973 - *Peat and its use in horticulture* - Turveteollisuusliitto ry., 160 pp
- Raviv M. e Lieth J.H. 2008 – *Soilless culture: Theory and practice* - Elsevier, Maryland Heights, MO.
- Riva F., Tittarelli F. e Canali S. 2008 – *Cercasi sostituti alla torba per il vivaismo biologico* – *L'Informatore Agrario* 24/2008
- Rydin H. e Jeglum J. 2006 – *The biology of peatlands* – Oxford University Press, Oxford, Regno Unito
- Sambo P., Bassan A., Evans M.R. e Zanin G. 2010 – *Use of fresh rice hulls and anaerobic digestion residues as growing media alternative to peat* – 28th International Horticultural Congress, vol. I pag. 32 (in attesa di pubblicazione)
- Sambo P., Frezza A. e Moresco D. 2010 – *Digestato di borlanda di frutta: efficacia fertilizzante su lattuga* – *L'Informatore Agrario* 29/2010:41-43
- Sambo P., Sannazaro F. e Evans M.R. 2008 – *Physical properties of ground fresh rice hulls and sphagnum peat used for greenhouse root substrates* – *HortTechnology* 18:384-388
- Sannazaro F. 2008 – *Valutazione di substrati alternativi alla torba. Caratterizzazione chimica, fisica ed agronomica di lolla di riso* – Scuola di Dottorato in Scienze delle Produzioni Vegetali, 2008 (11)
- Schmilewski G. 1996 – *Horticultural use of peat*. In: *Global Peat Resources*, ed. Eino Lappalainen 1996, IPS Finland
- Schmilewski G. 2008 – *Growing medium constituents used in the EU* – *Acta Horticulturae* (submitted)
- Simeoni E. 2011 – *Allevamento di rosa (Rosa hybrida 'La Sevillana') su substrati contenenti lolla di riso macinata e residui di digestato anaerobico* – Tesi di laurea

triennale in Riassetto del territorio e tutela del paesaggio, Facoltà di Agraria dell'Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Agronomia ambientale e Produzioni vegetali

- Sogni S. 1988 – *Substrati tradizionali e substrati alternativi per la coltivazione in contenitore* - L'Informatore agrario 1:79-88.
- Sunan B. e Sirithon S. 2010 – *Antioxidant capacities and phenolic compounds of the husk, bran and endosperm of Thai rice* – Food Chemistry, Volume 119, Issue 2, pp. 606-613
- Swaider J.M. e Moore A., 2002 - SPAD-chlorophyll response to nitrogen fertilization and evaluation of nitrogen status in dry land and irrigated pumpkins. J. Plant Nutr. 25:1089-1100
- Tambone F., Scaglia B., D'Imporziano G., Schievano A., Orzi V., Salati S. e Adani F. 2010 – *Assessing amendment and fertilizing properties of digestates from anaerobic digestion through a comparative study with digested sludge and compost* – Chemosphere 81 (2010) 577–583
- Vezzosi C. 2003 - *Vivaistica ornamentale. Produzione di piante per parchi e giardini* – Ed. Edagricole
- Wang Q., Chen J. e Li J. 2004 – *Nondestructive and rapid estimation on leaf chlorophyll and nitrogen status of peace lily using a chlorophyll meter* – J. Plant. Nutr. 27:557-569
- Wang X.W., LI X.Z., Hu Y.M., Lu J.J., Sun J., Li Z.M. e He H.S. 2010 – *Potential Carbon Mineralization of Permafrost Peatlands in Great Hing'an Mountains (China)* – SPRINGER 2010
- Weyman-Kaczmarkowa W., Wójcik-Wojtkowiak D. e Politycka B. 2002 - *Greenhouse medium enrichment with composted pig slurry: effect on the rooting of Pelargonium peltatum Hort. cuttings and development of rhizosphere microflora* - Polish Journal of Environmental Studies 11, 67-70
- Zaccheo P. 2009 – *Le proprietà chimico fisiche* – In Zaccheo P. e Cattivello C. (Ed) I substrati di coltivazione. Aspetti teorici ed applicativi di un fattore chiave delle produzioni in contenitore. Edagricole, Bologna
- Zanella V. 2011 – *Lolla di riso e residui di digestione anaerobica come componenti del substrato nella coltivazione del geranio* – Tesi di laurea triennale in Scienze e

Tecnologie Agrarie, Facoltà di Agraria dell'Università degli studi di Padova,
Dipartimento di Agronomia ambientale e Produzioni vegetali

Zanin G., Bassan A., Evans M.R. e Sambo P. 2009 – *Rice hulls and peat replacement in substrates for vegetable transplant production* – In Proc. Is on High Technology for Greenhouse System – Greensys 2009 Ed. M. Dorais Acta Horticulturae 893-2011

Zanta G. 2011 – *Utilizzazione dei digestati anaerobici di matrici organiche come fertilizzante nel vivaismo* – Tesi di laurea triennale in Scienze e Tecnologie Agrarie, Facoltà di Agraria dell'Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Agronomia ambientale e Produzioni vegetali

FIGURE

E

FOTO

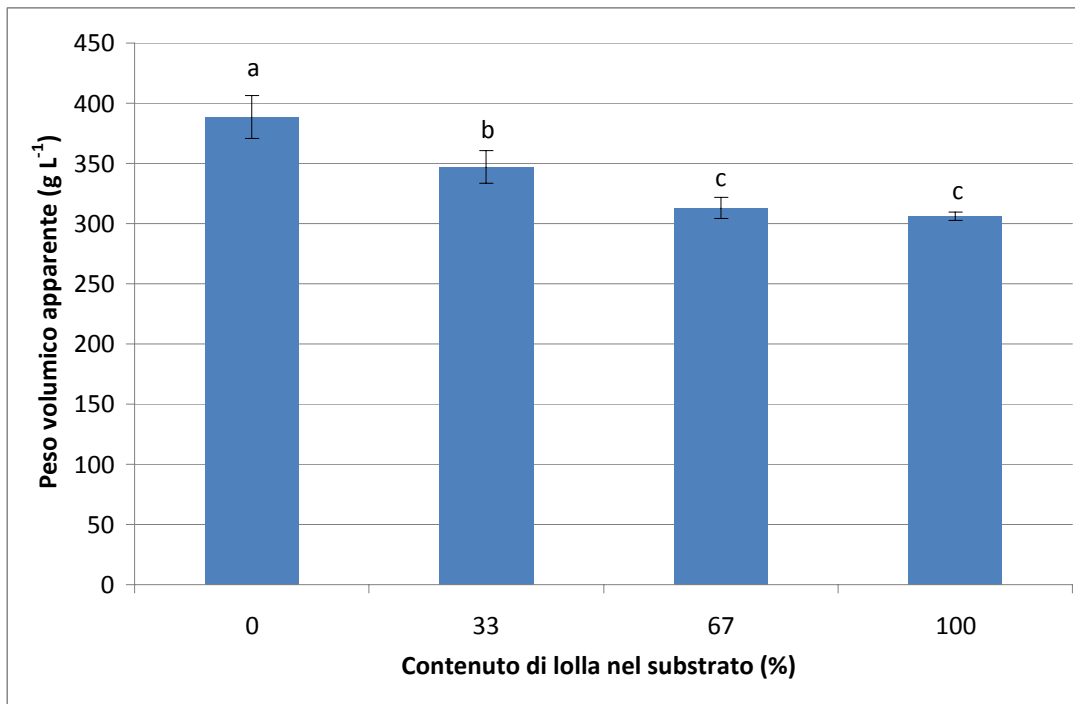


Fig. 9. Effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sul peso volumico apparente degli stessi.

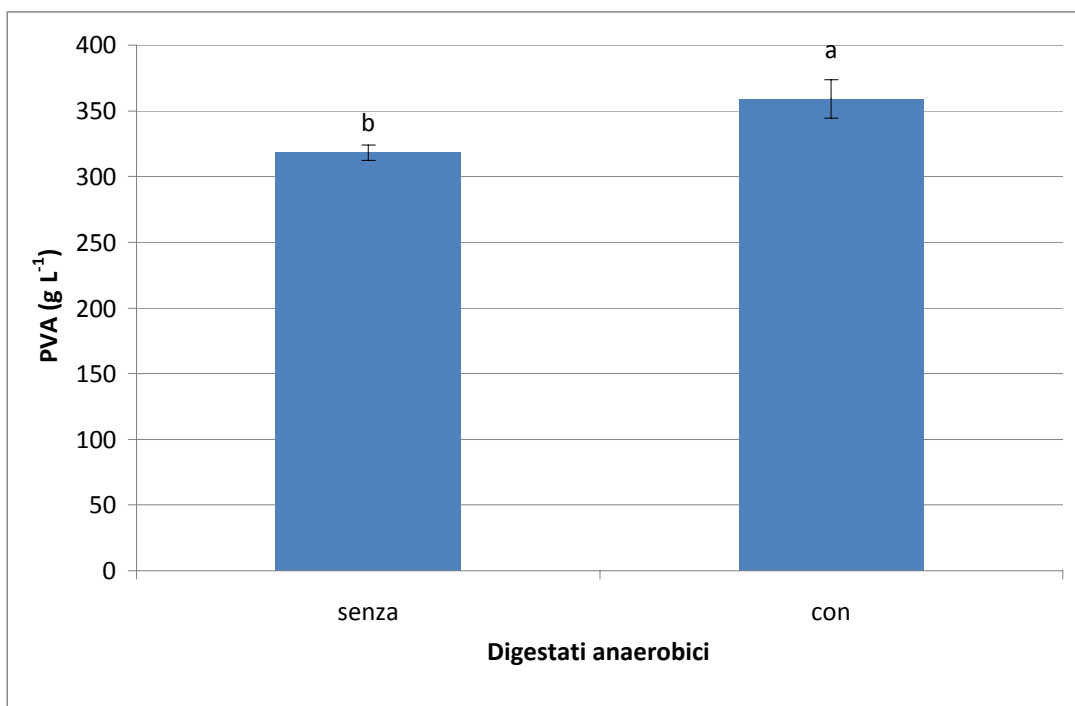


Fig. 10. Effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sul peso volumico apparente degli stessi.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

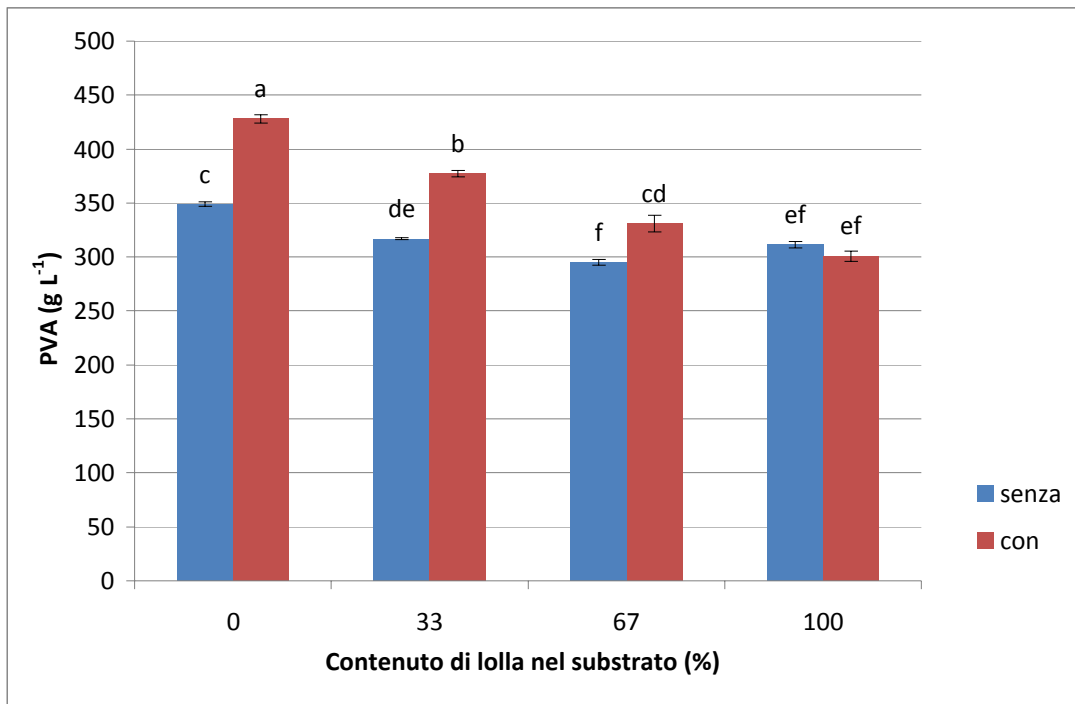


Fig. 11. Effetto di interazione "% di lolla × digestato" sul peso volumico apparente dei substrati.

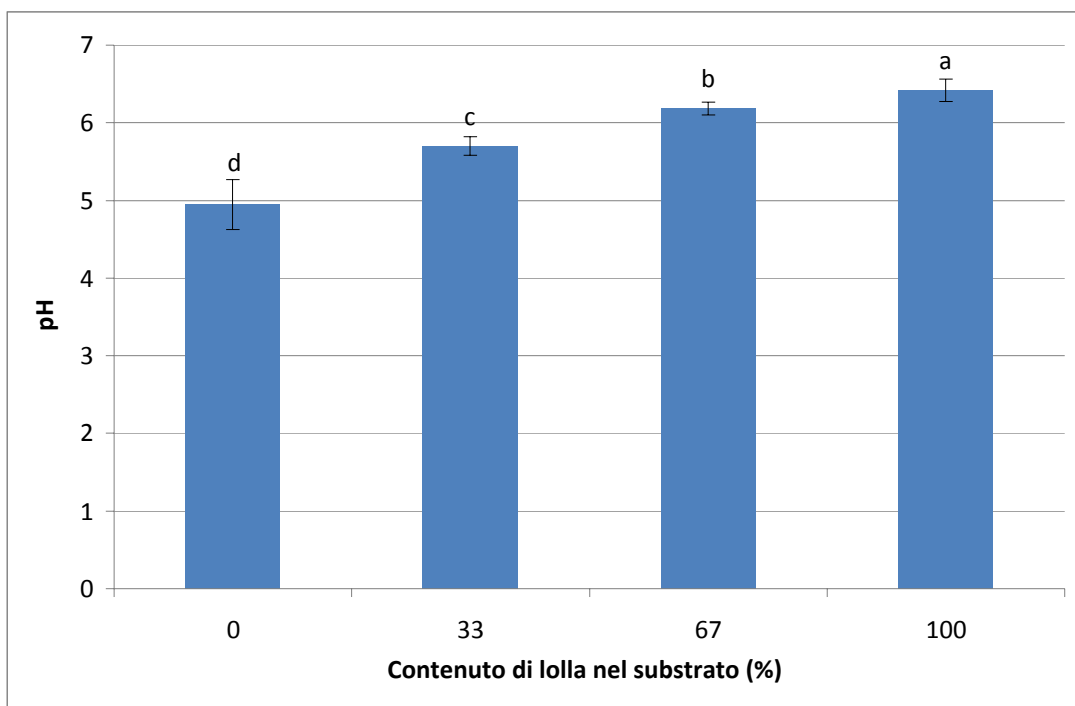


Fig. 12. Effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sul pH degli stessi.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

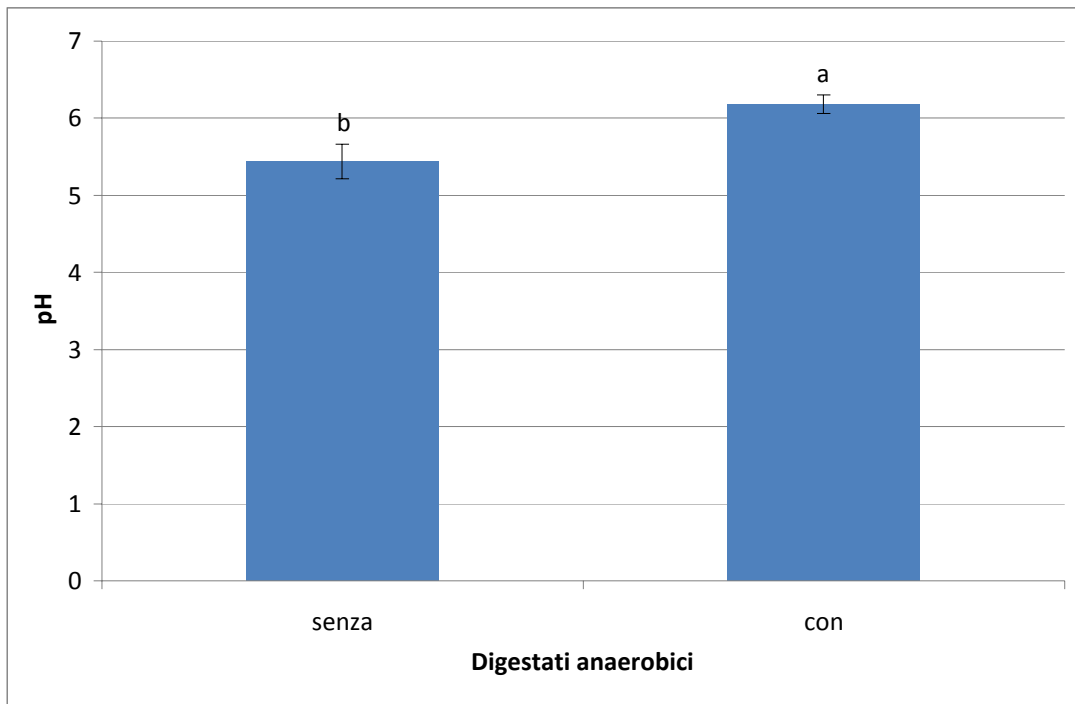


Fig. 13. Effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sul pH degli stessi.

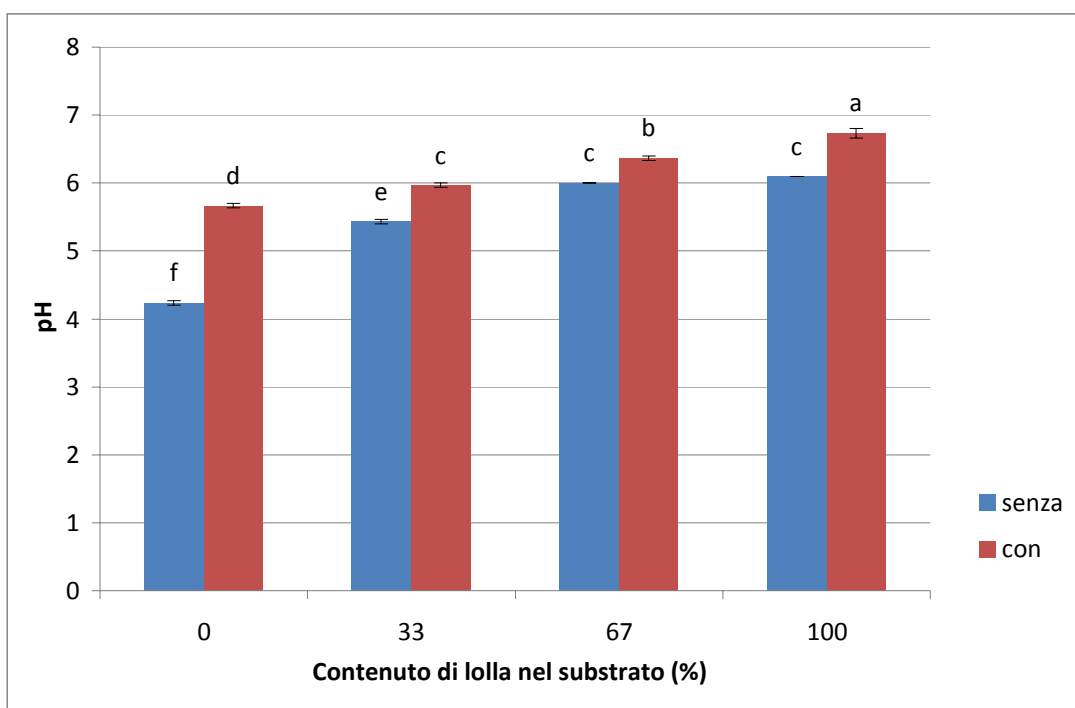


Fig. 14. Effetto di interazione "% di lolla × digestato" sul pH dei substrati.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

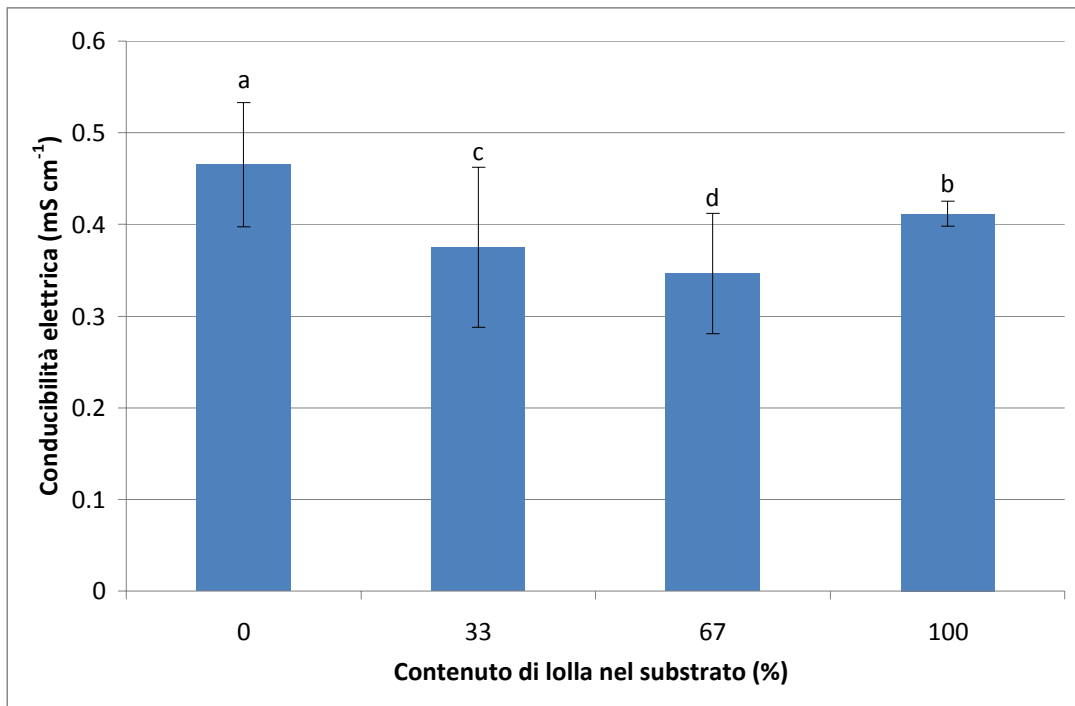


Fig. 15. Effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla conducibilità elettrica degli stessi.

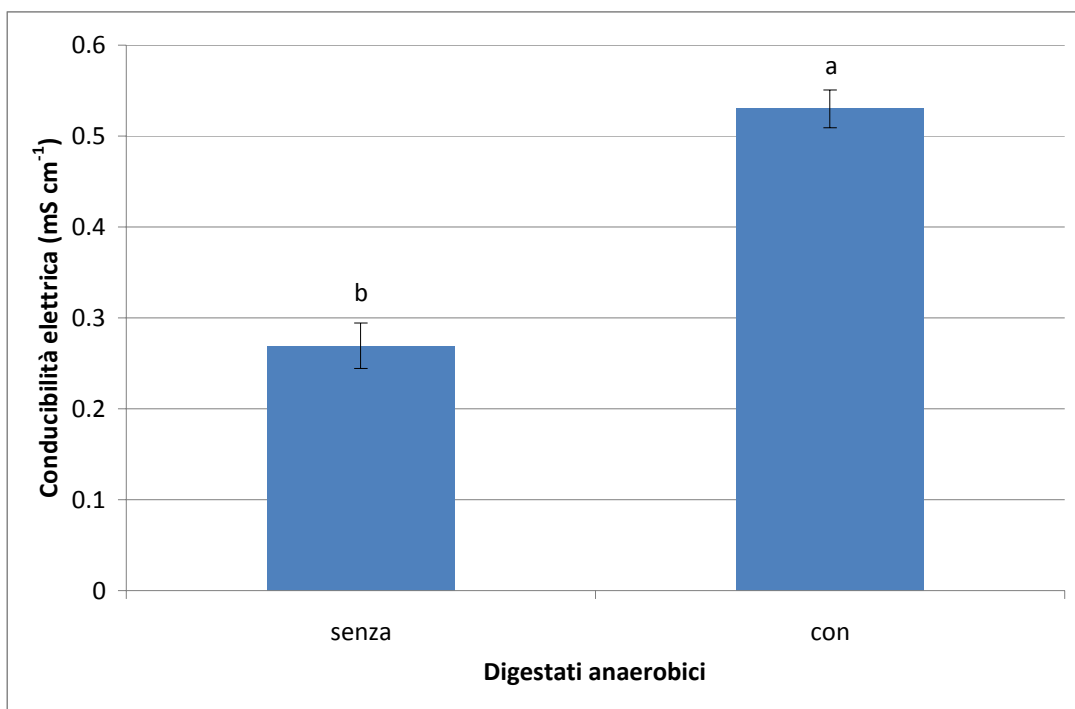


Fig. 16. Effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sulla conducibilità elettrica degli stessi.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

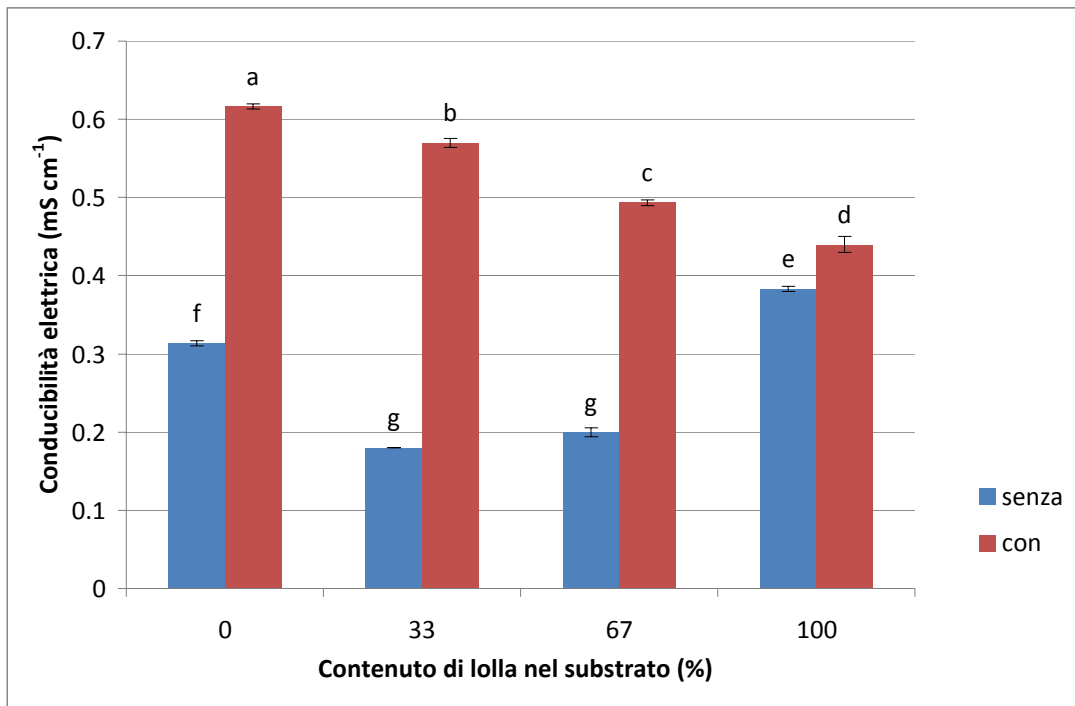


Fig. 17. Effetto di interazione "% di lolla × digestato" sulla conducibilità elettrica dei substrati.

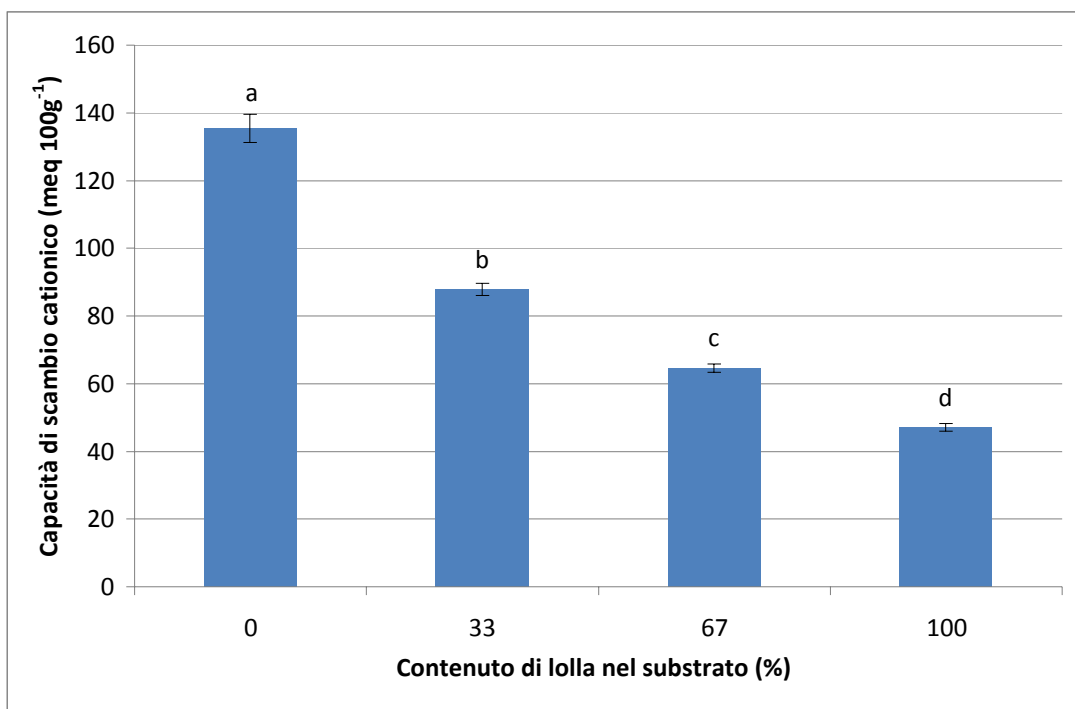


Fig. 18. Effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla capacità di scambio cationico degli stessi.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

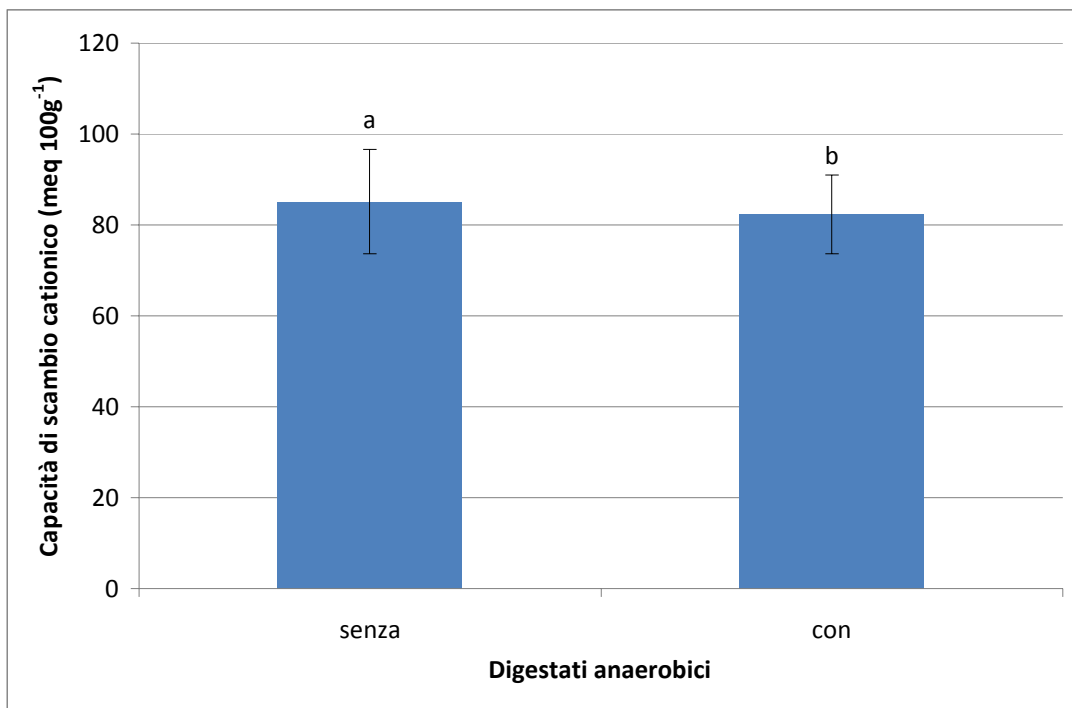


Fig. 19. Effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sulla capacità di scambio cationico degli stessi.

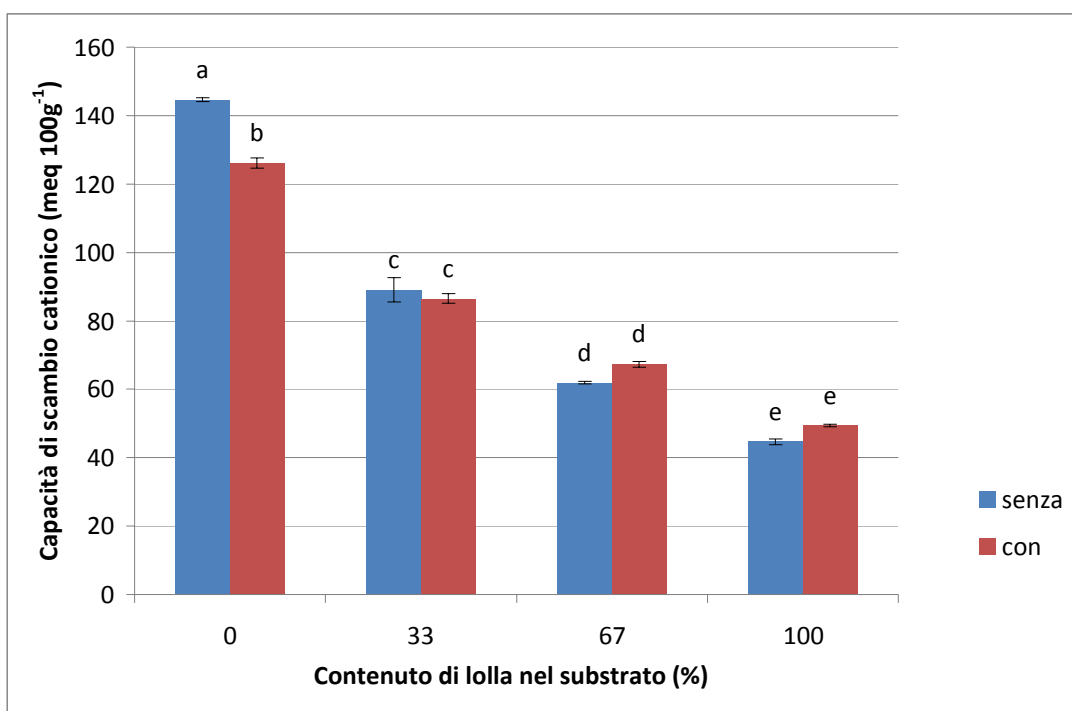


Fig. 20. Effetto di interazione "% di lolla × digestato" sulla capacità di scambio cationico dei substrati.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

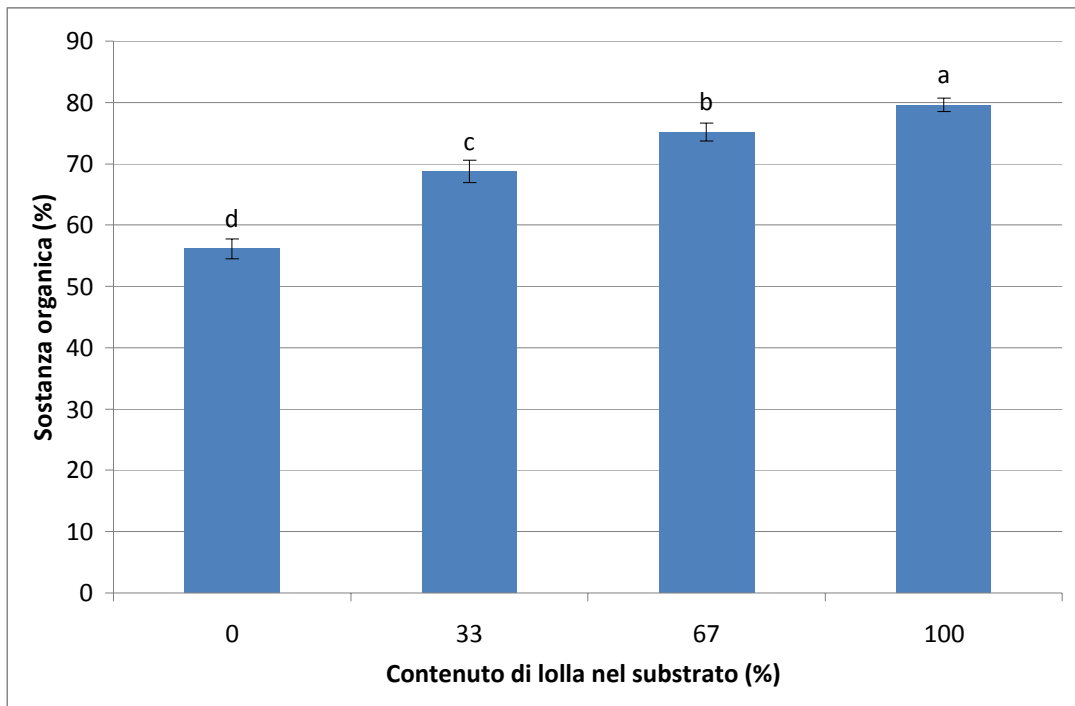


Fig. 21. Effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla quantità di sostanza organica degli stessi.

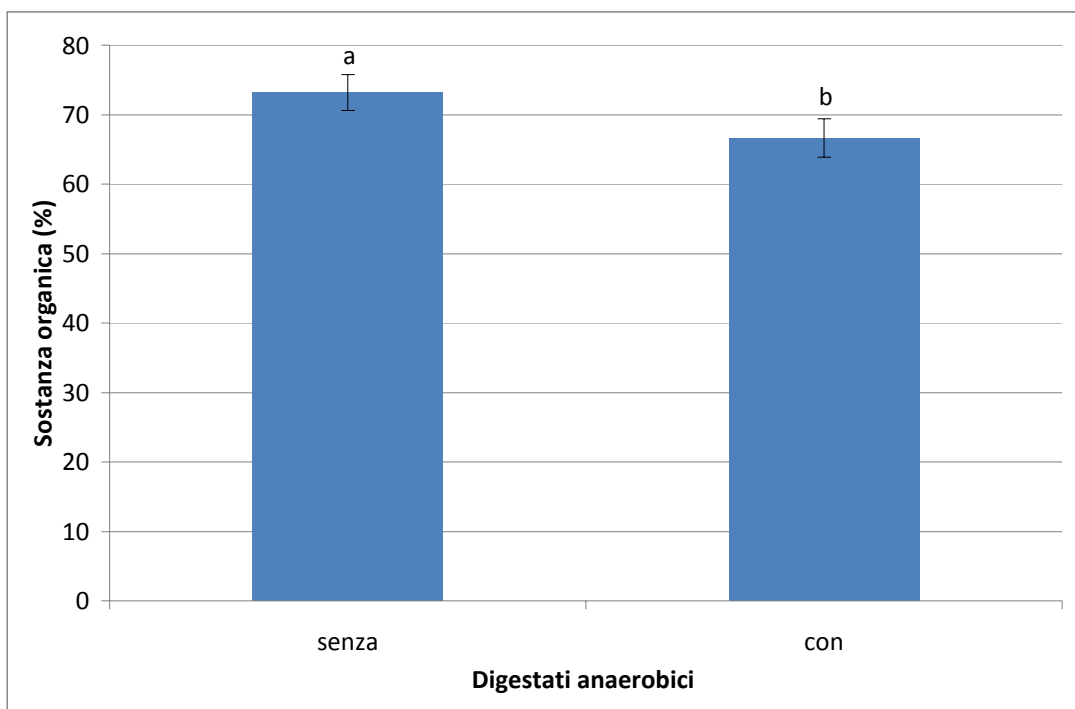


Fig. 22. Effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sulla quantità di sostanza organica degli stessi.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

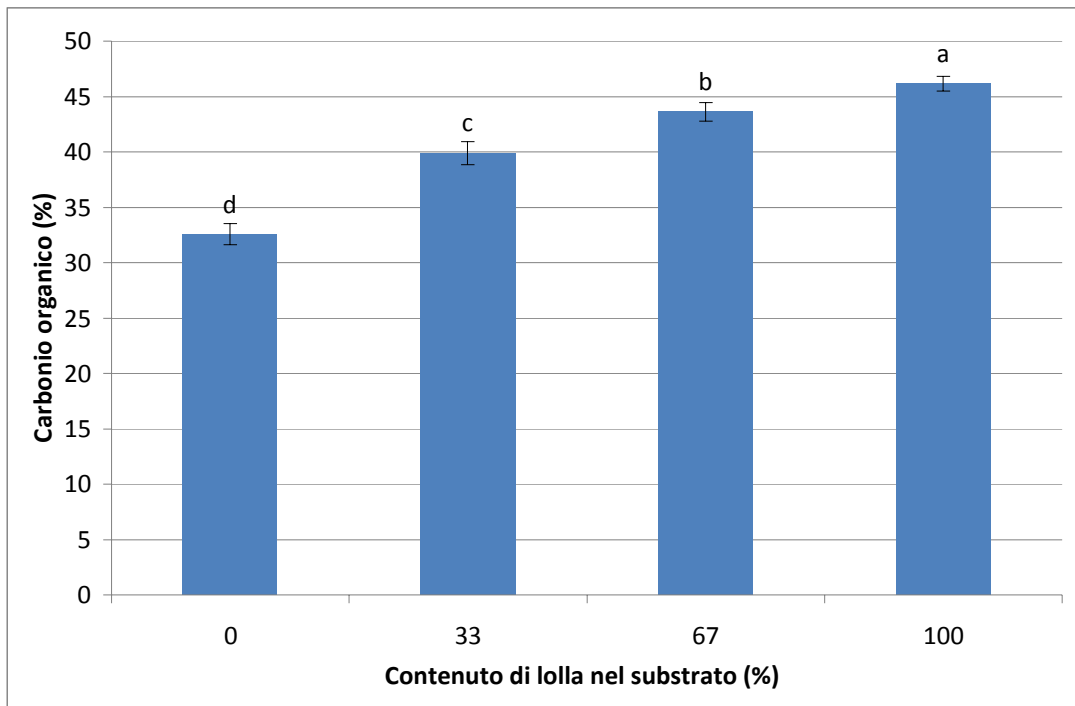


Fig. 23. Effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla quantità di carbonio organico degli stessi.

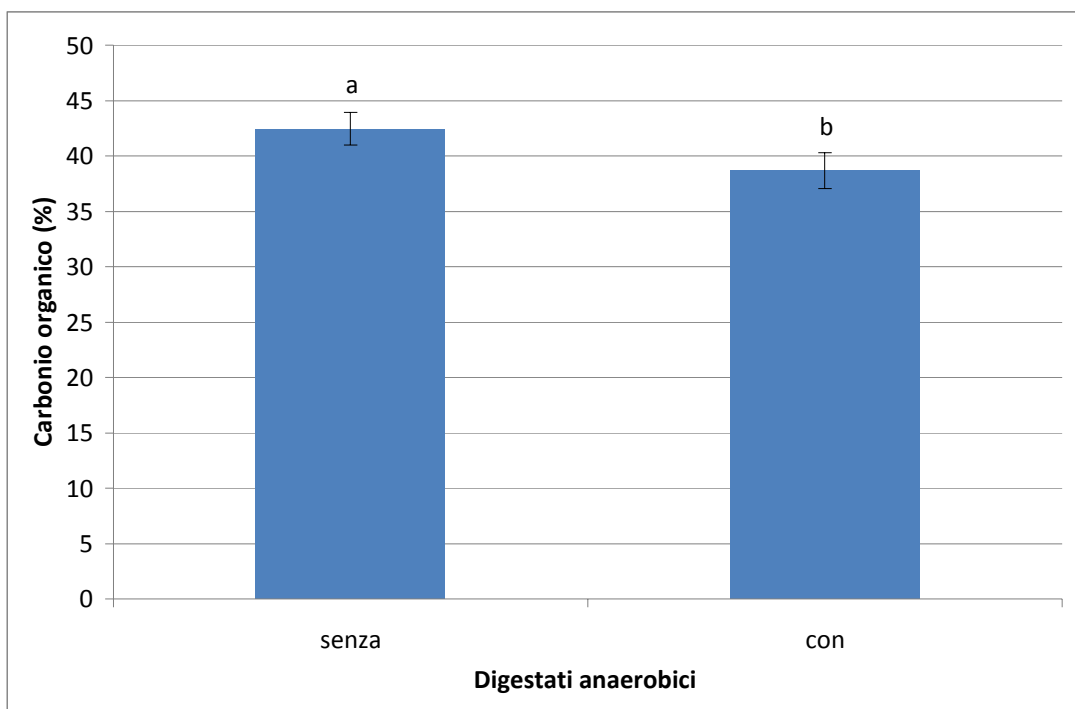


Fig. 24. Effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sulla quantità di carbonio organico degli stessi.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

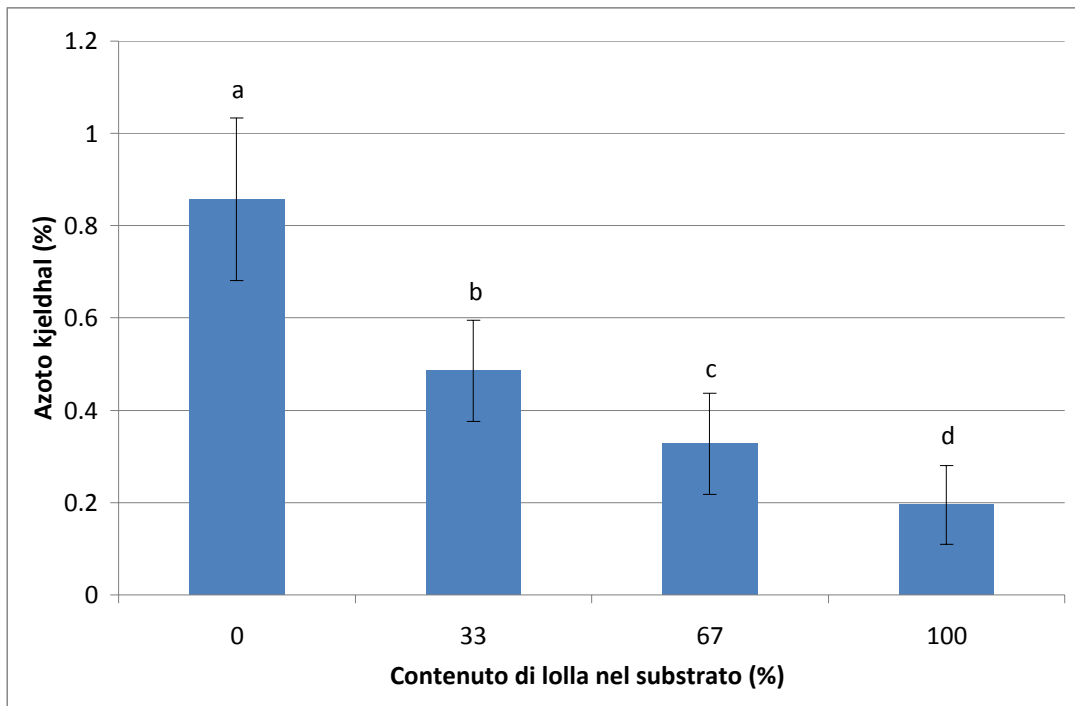


Fig. 25. Effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla concentrazione di azoto kjeldhal degli stessi.

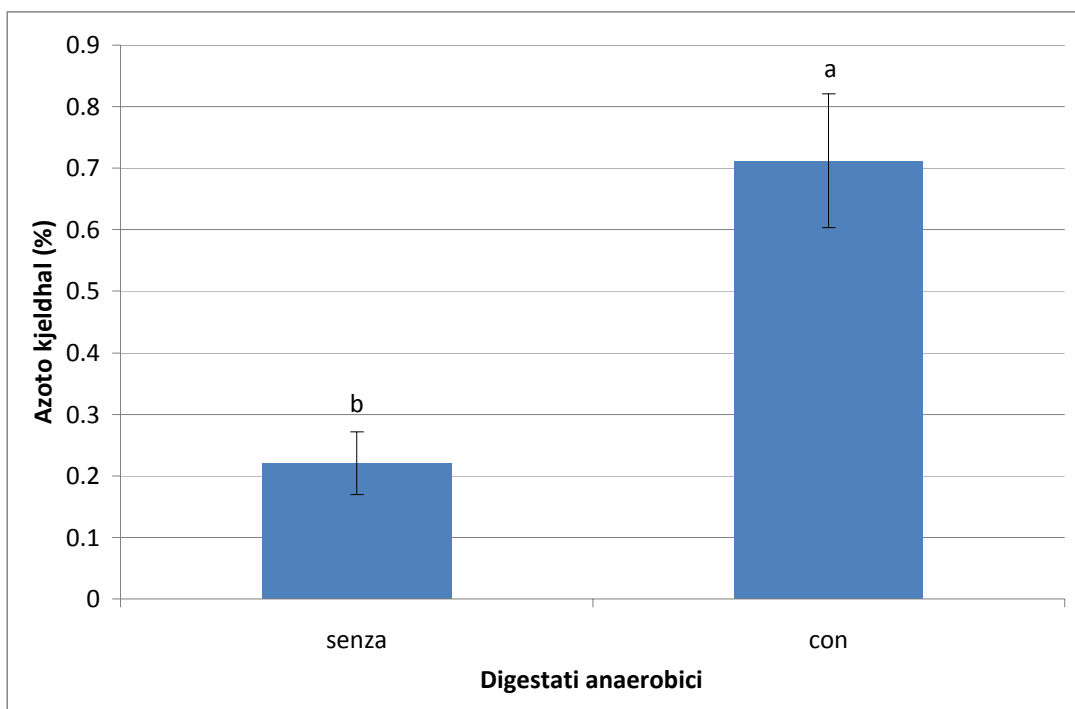


Fig. 26. Effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sulla concentrazione di azoto kjeldhal degli stessi.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

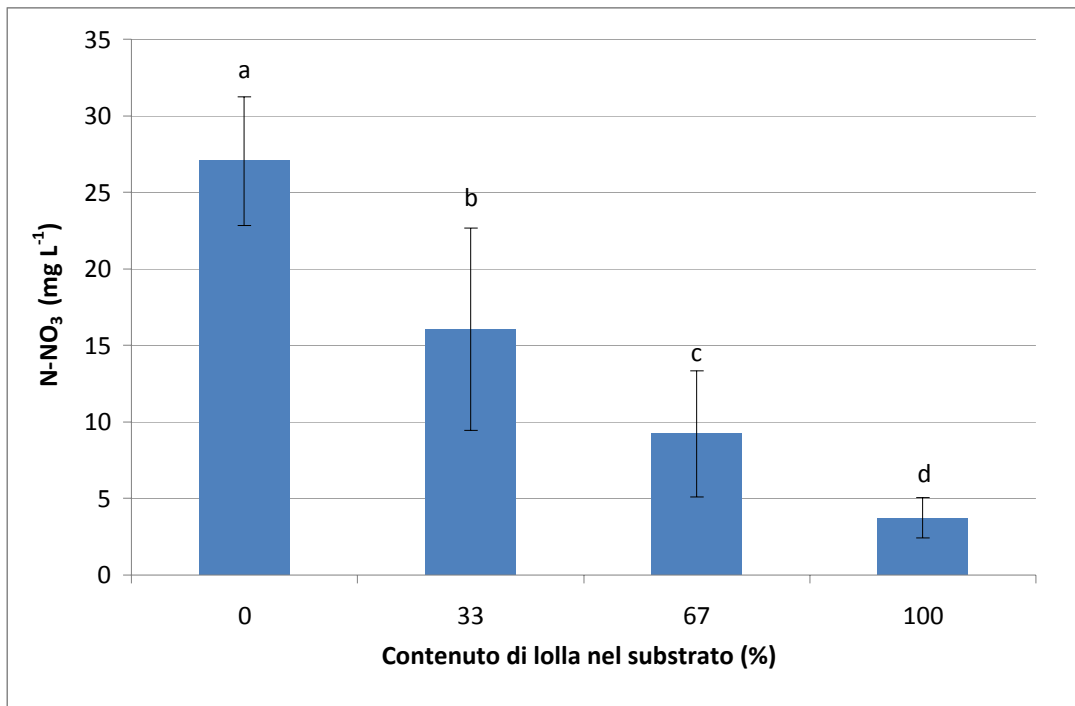


Fig. 27. Effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla concentrazione di azoto nitrico degli stessi.

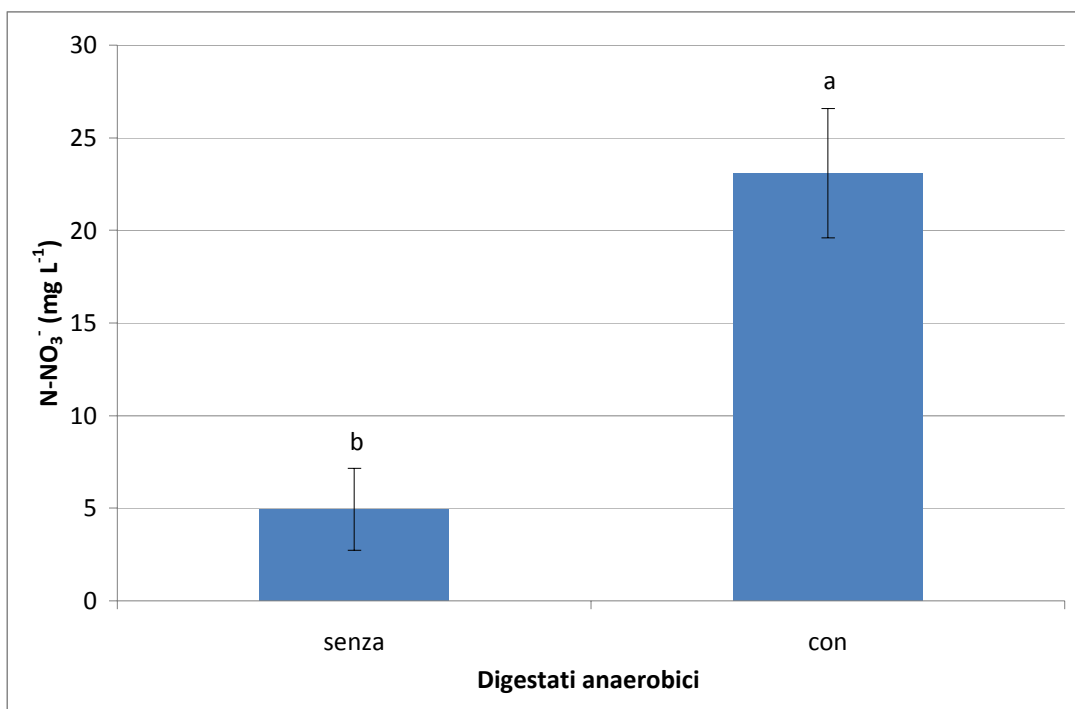


Fig. 28. Effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sulla concentrazione di azoto nitrico degli stessi.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

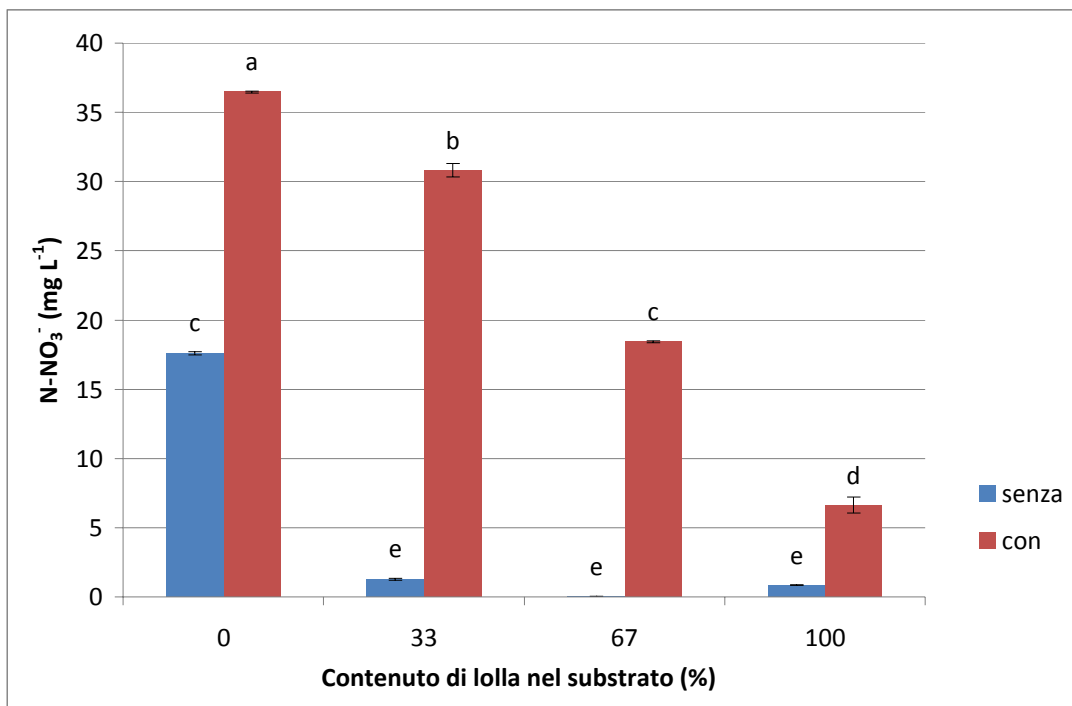


Fig. 29. Effetto di interazione "% di lolla × digestato" sulla concentrazione di azoto nitrico dei substrati.

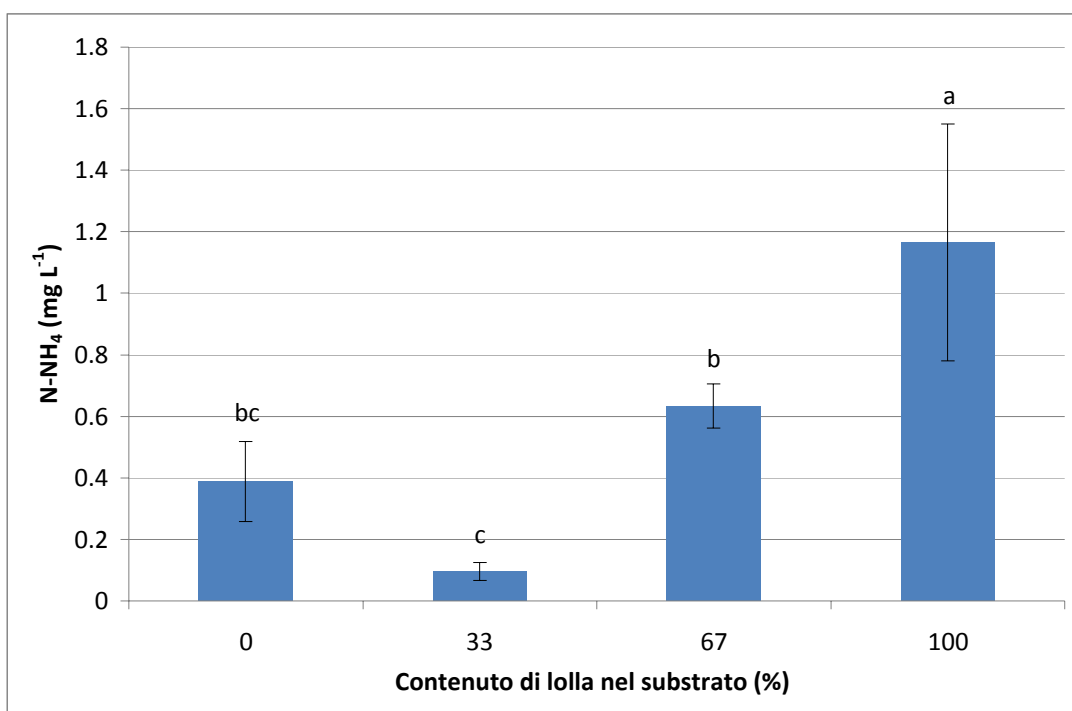


Fig. 30. Effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla concentrazione di azoto ammoniacale degli stessi.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

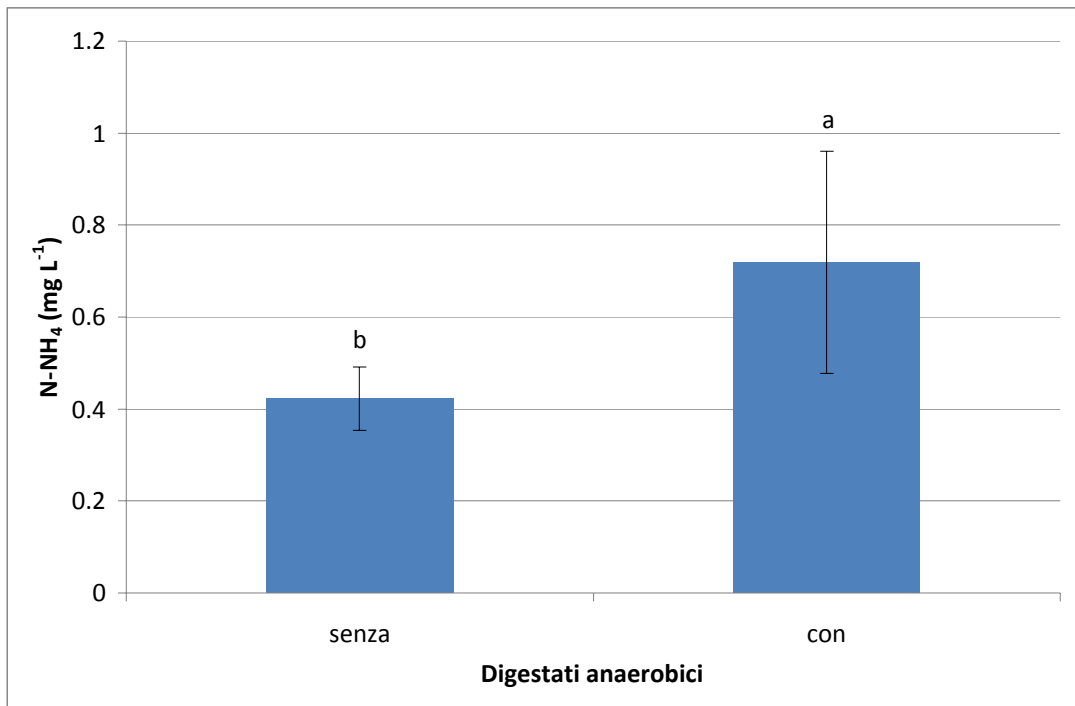


Fig. 31. Effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sulla concentrazione di azoto ammoniacale degli stessi.

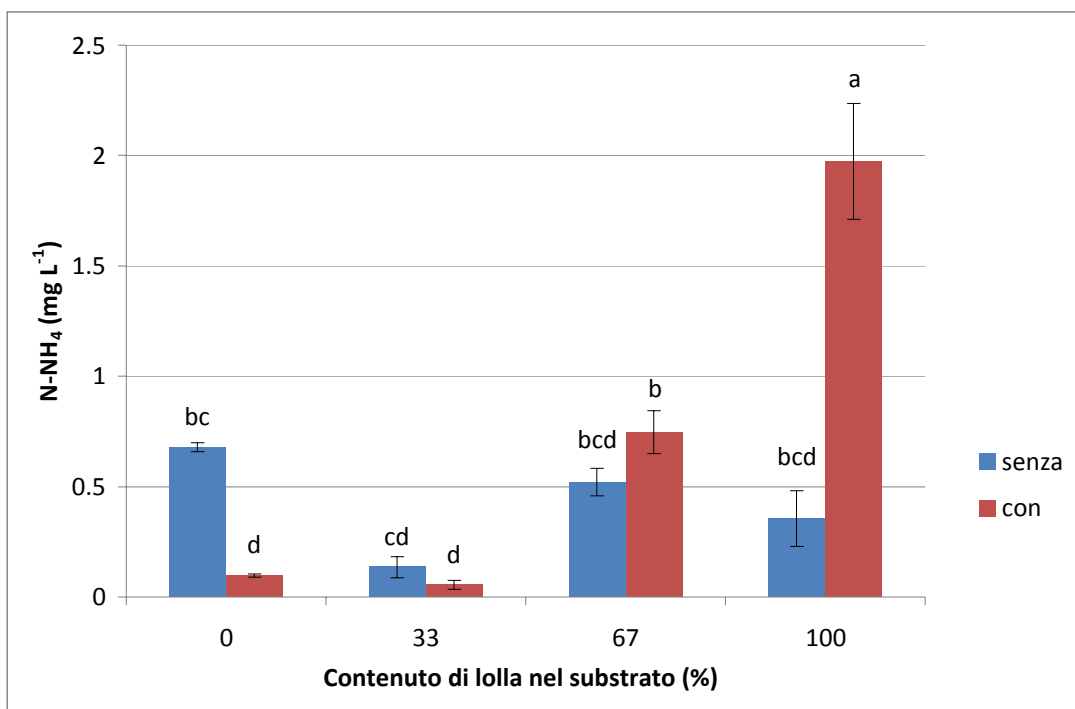


Fig. 32. Effetto di interazione "% di lolla × digestato" sulla concentrazione di azoto ammoniacale dei substrati.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

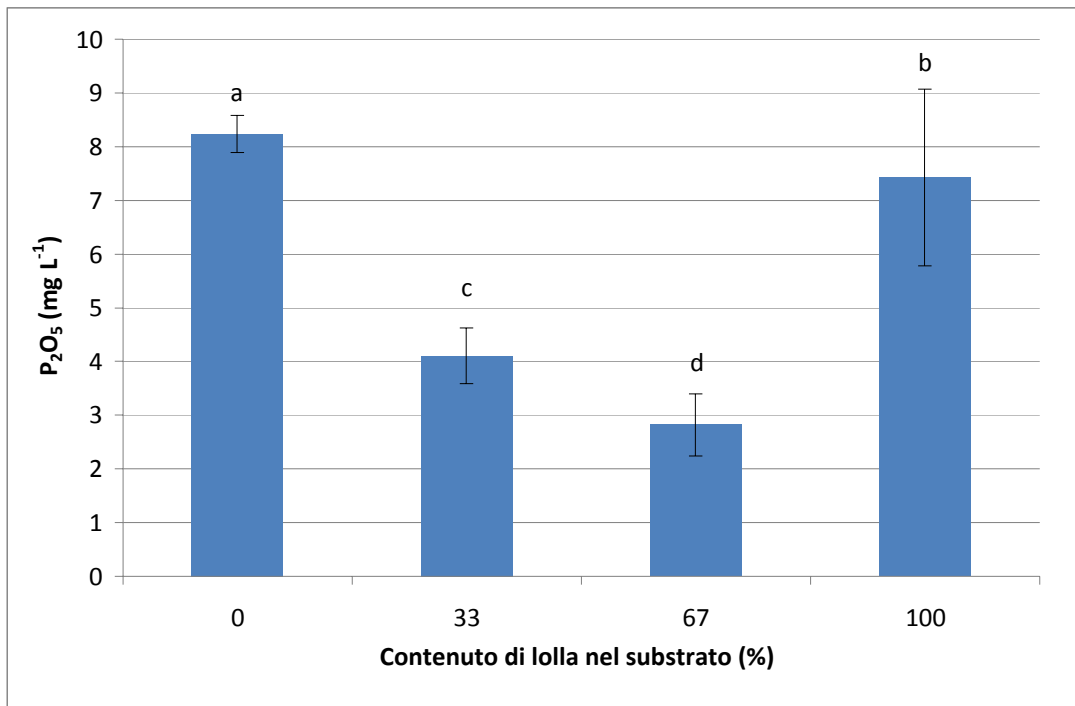


Fig. 33. Effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla concentrazione di anidride fosforica degli stessi.

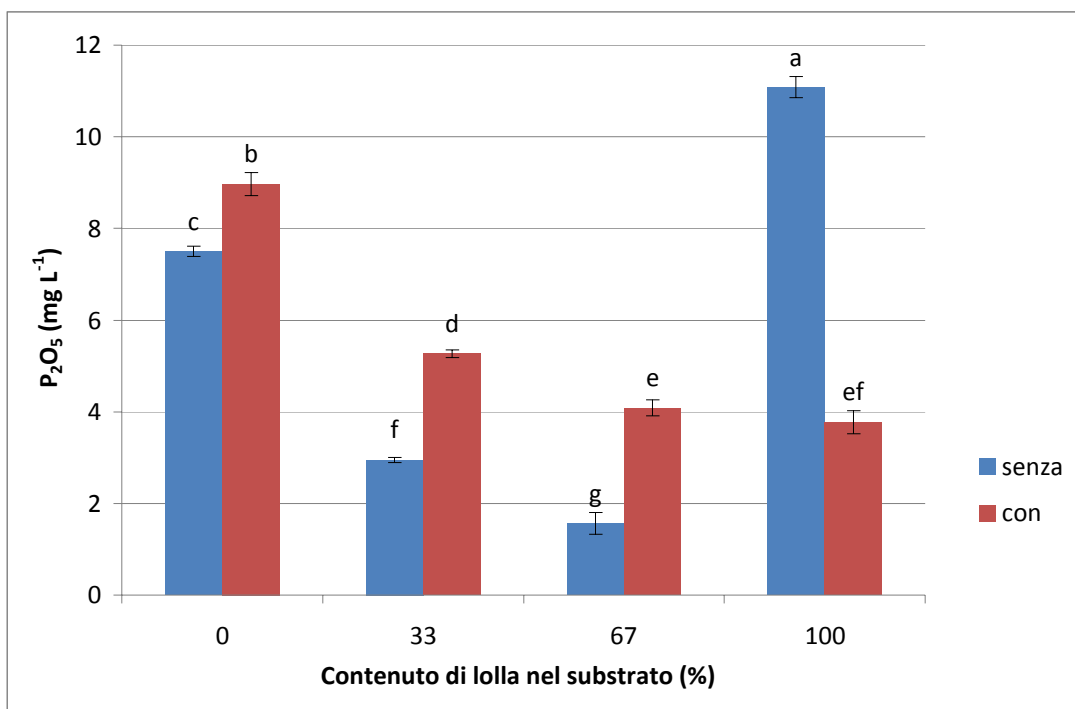


Fig. 34. Effetto di interazione "% di lolla × digestato" sulla concentrazione di anidride fosforica dei substrati.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

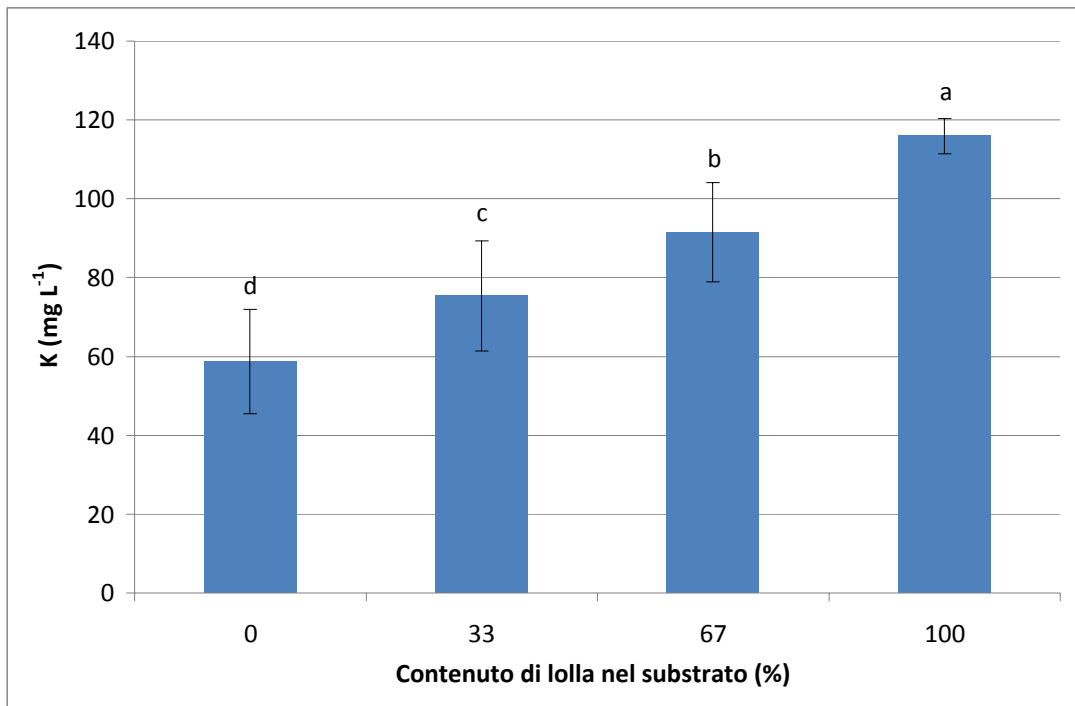


Fig. 35. Effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla concentrazione di potassio degli stessi.

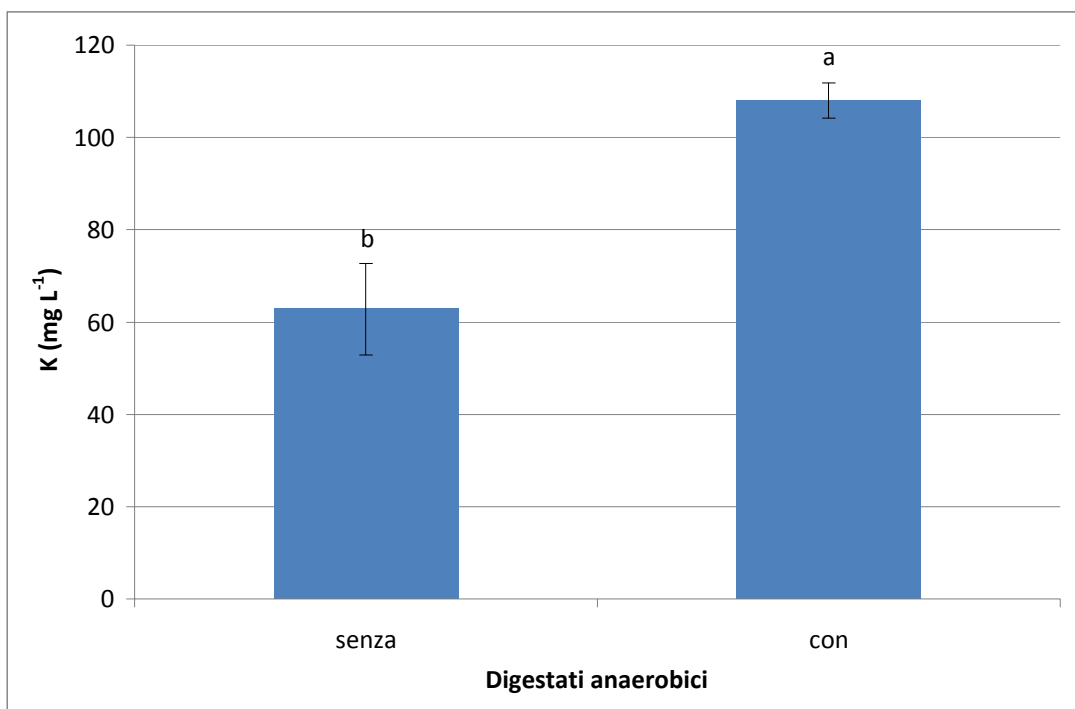


Fig. 36. Effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sulla concentrazione di potassio degli stessi.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

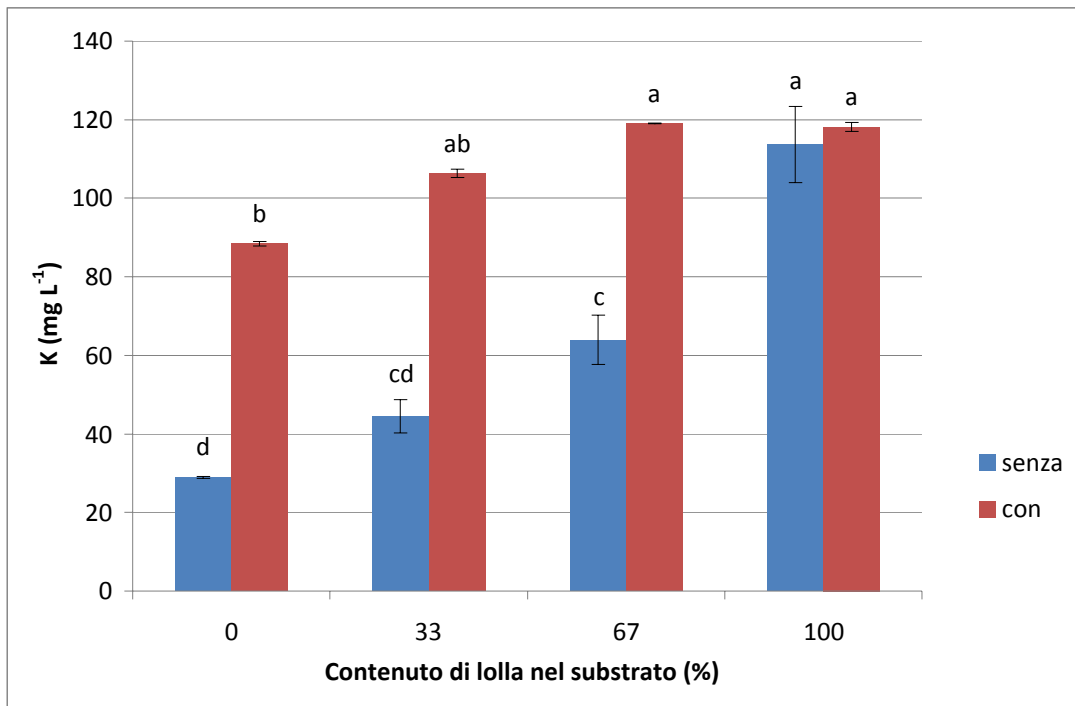


Fig. 37. Effetto di interazione "% di lolla × digestato" sulla concentrazione di potassio dei substrati.

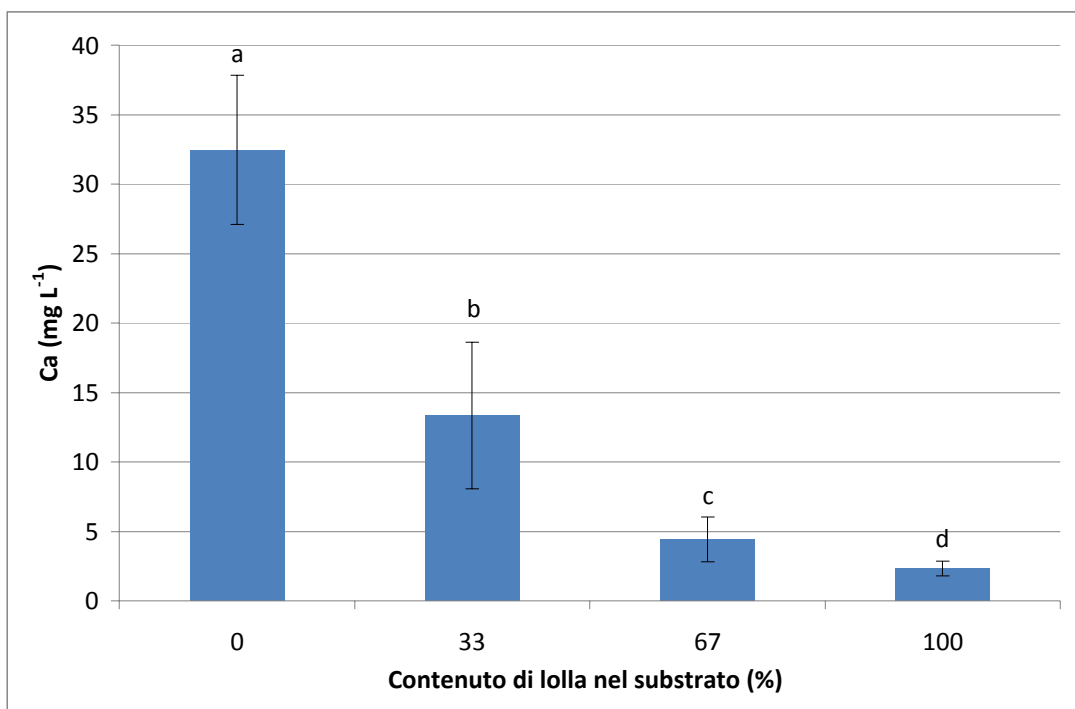


Fig. 38. Effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla concentrazione di calcio degli stessi.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

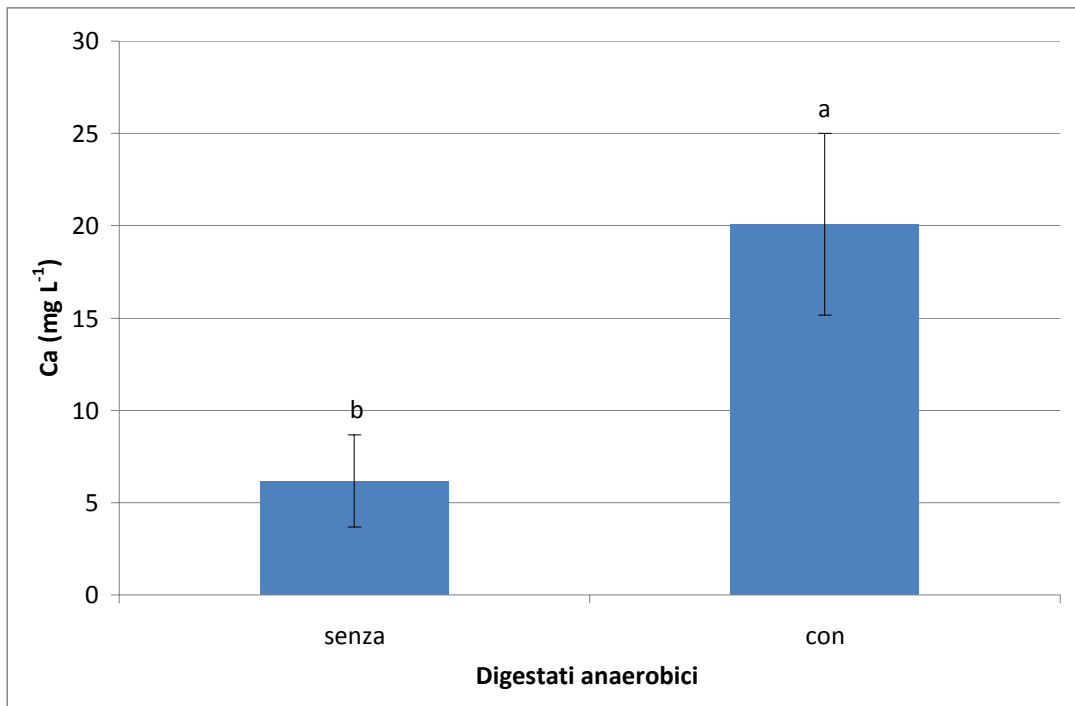


Fig. 39. Effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sulla concentrazione di calcio degli stessi.

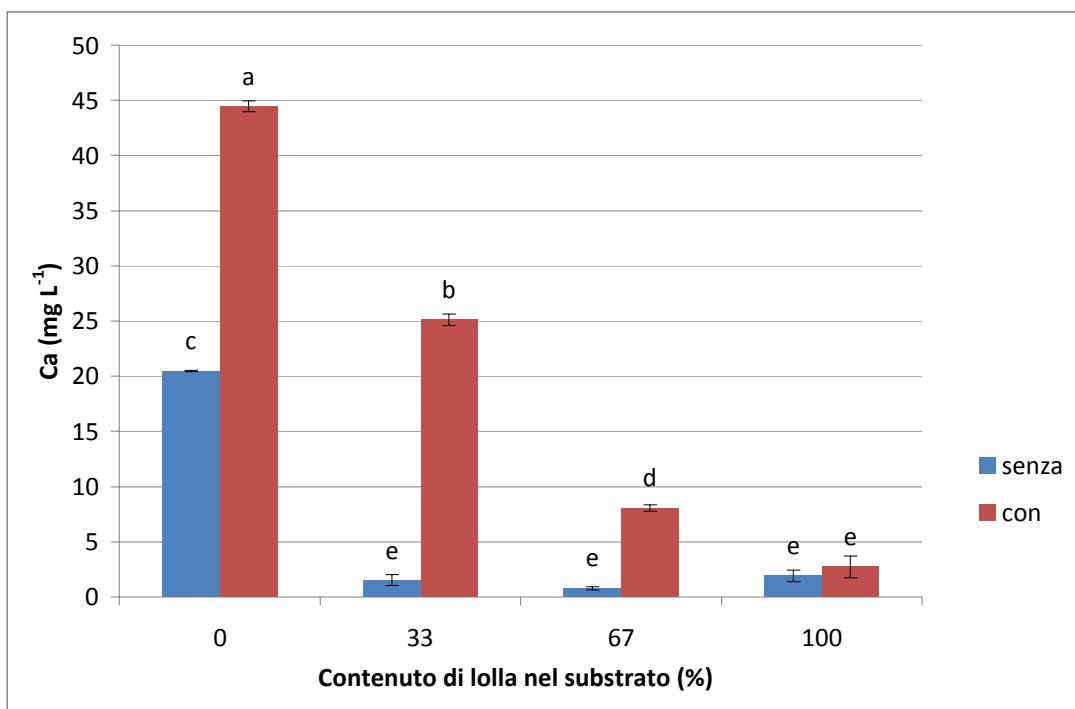


Fig. 40. Effetto di interazione "% di lolla × digestato" sulla concentrazione di calcio dei substrati.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

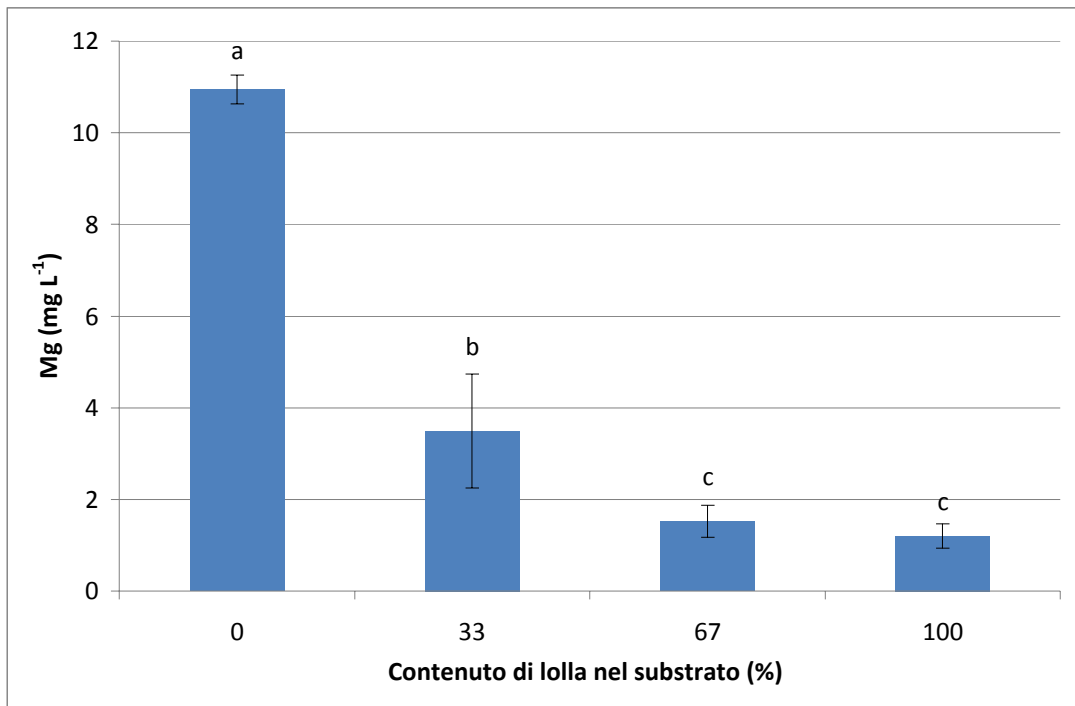


Fig. 41. Effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla concentrazione di magnesio degli stessi.

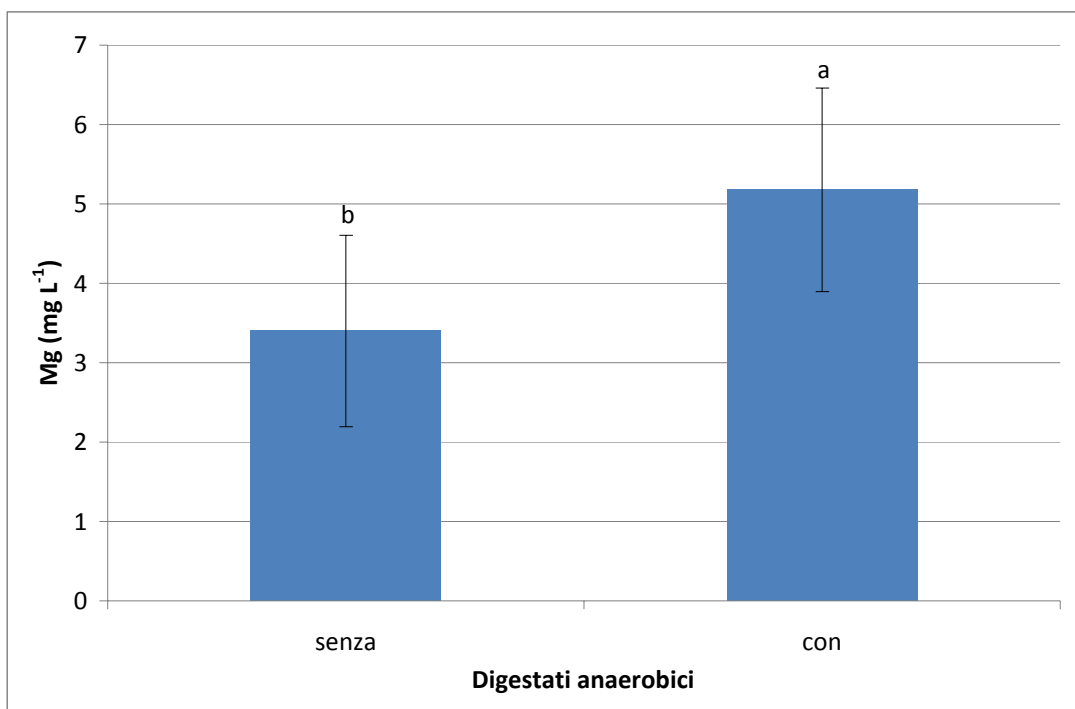


Fig. 42. Effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sulla concentrazione di magnesio degli stessi.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

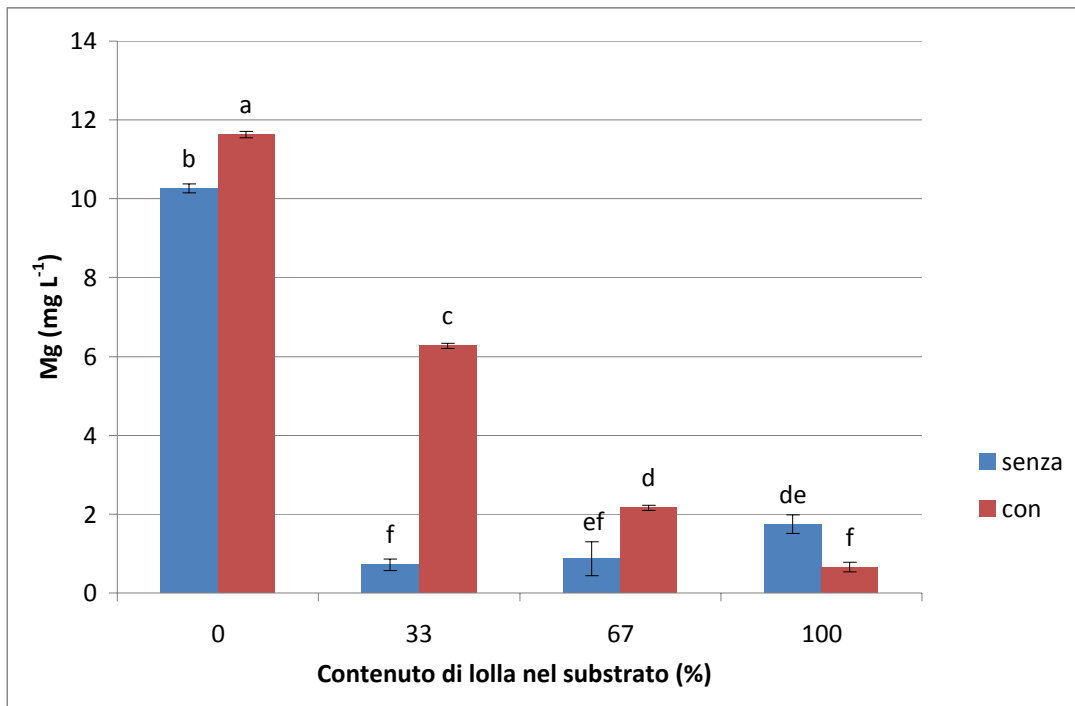


Fig. 43. Effetto di interazione "% di lolla × digestato" sulla concentrazione di magnesio dei substrati.

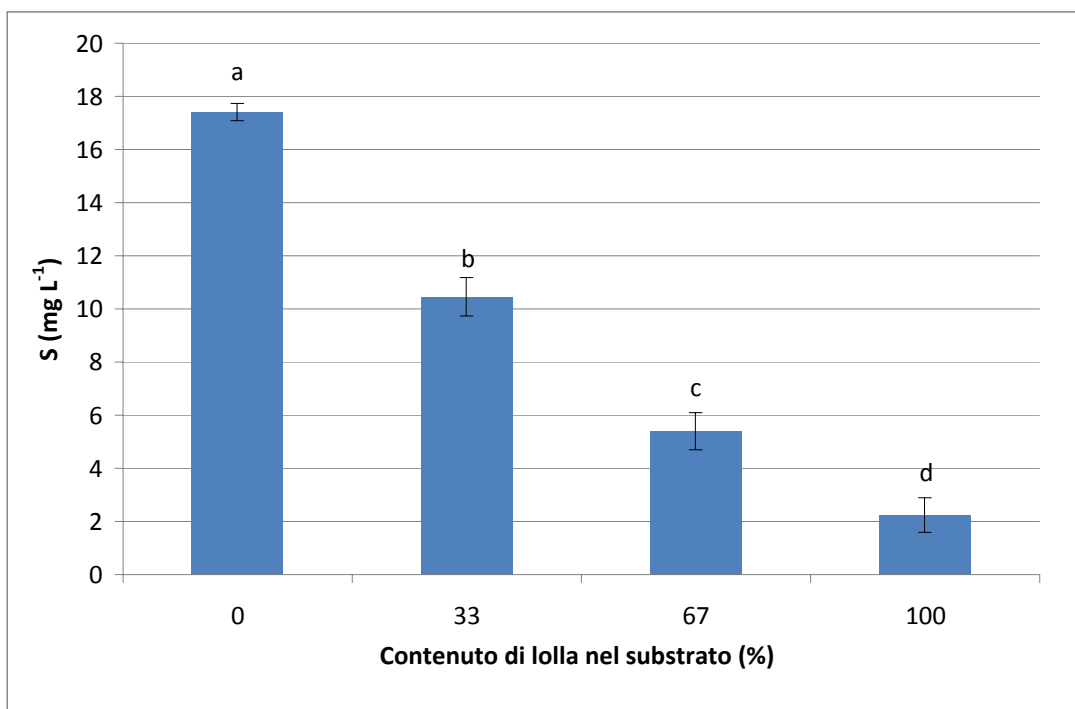


Fig. 44. Effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla concentrazione di zolfo degli stessi.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

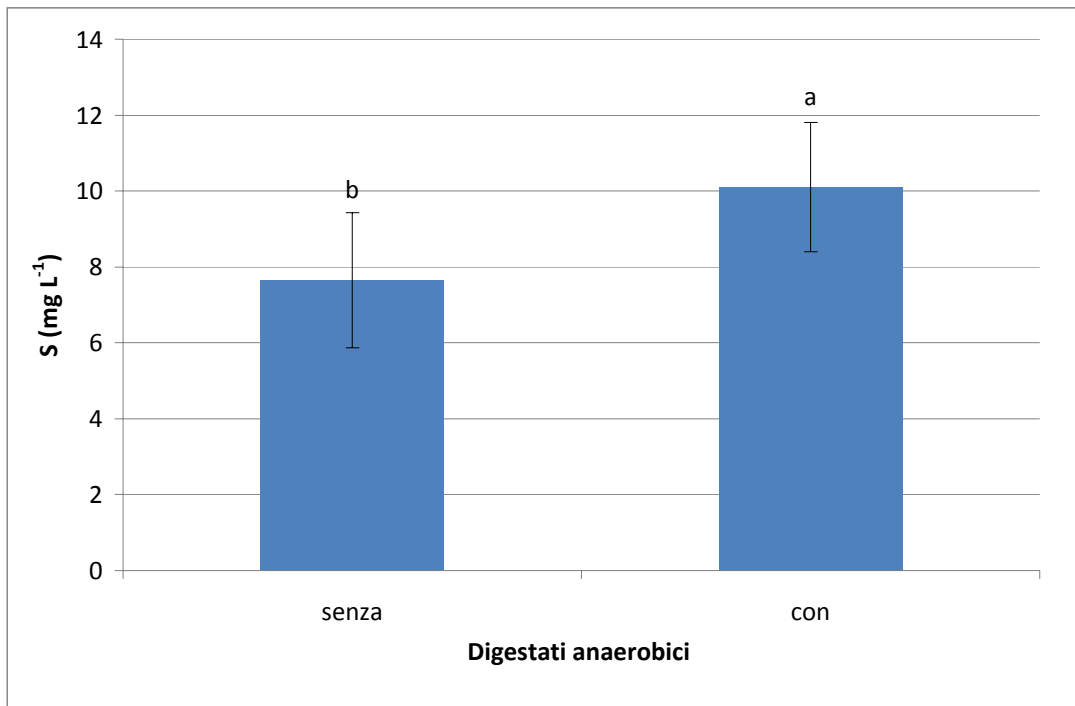


Fig. 45. Effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sulla concentrazione di zolfo degli stessi.

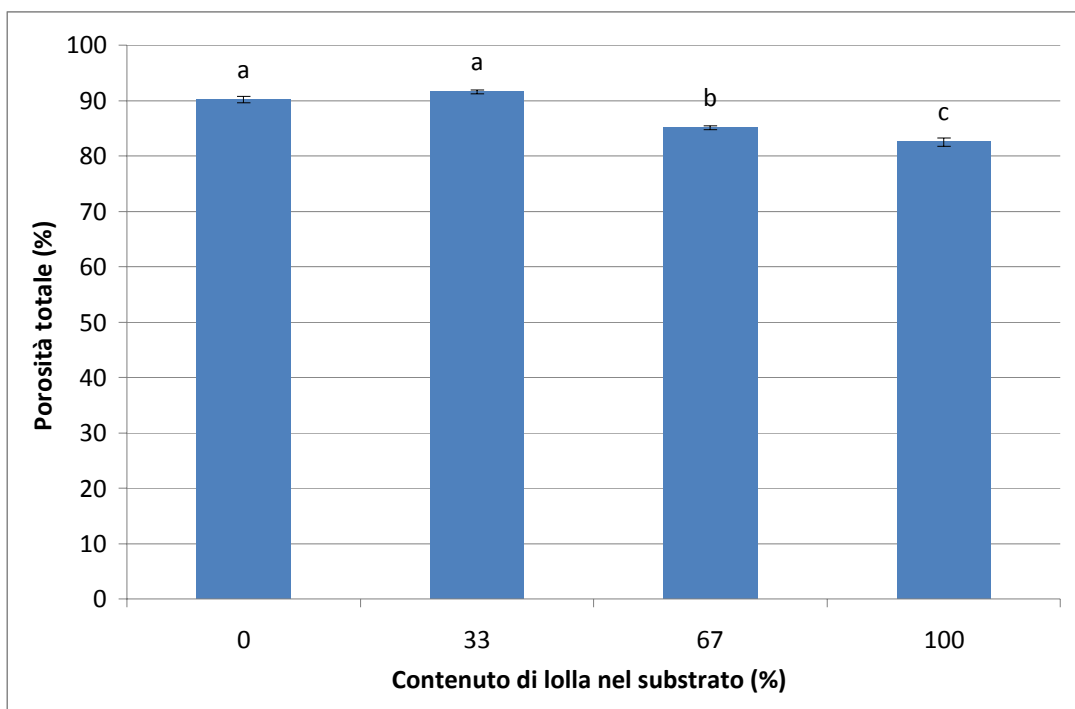


Fig. 46. Effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla porosità totale degli stessi.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

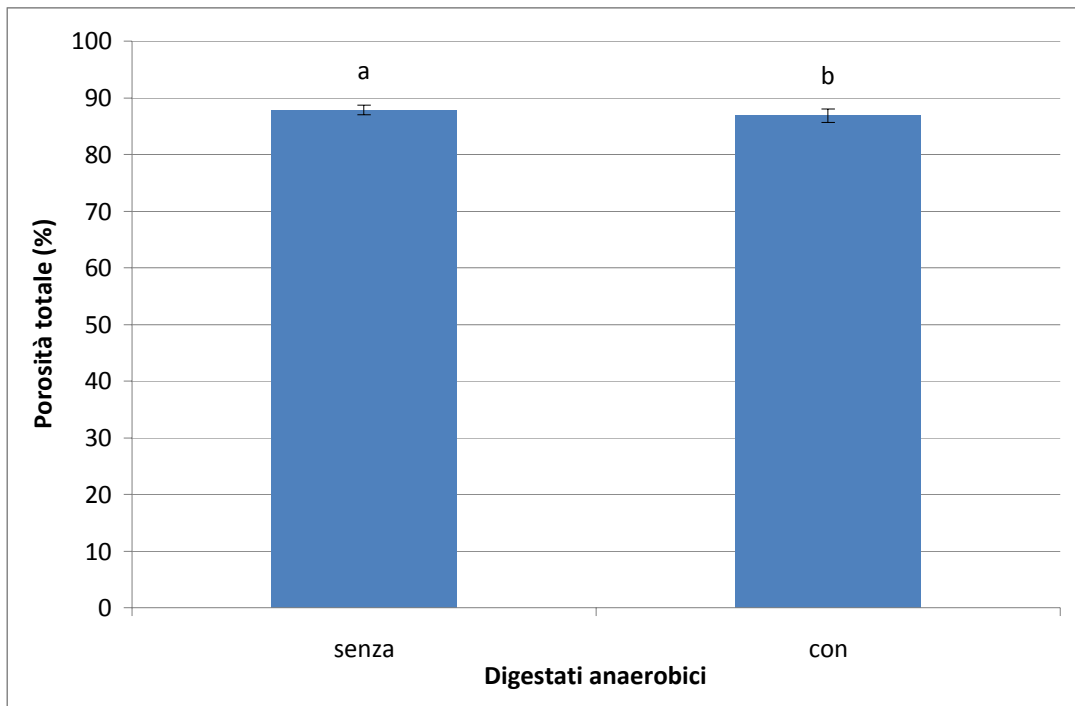


Fig. 47. Effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sulla porosità totale degli stessi.

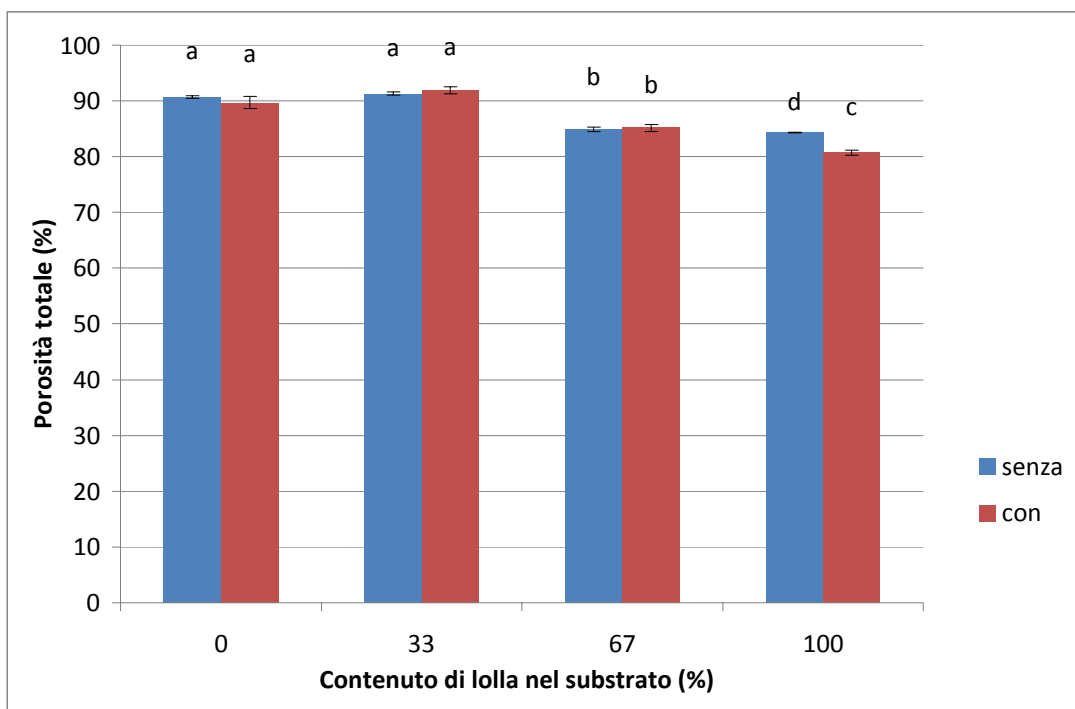


Fig. 48. Effetto di interazione "% di lolla × digestato" sulla porosità totale dei substrati.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

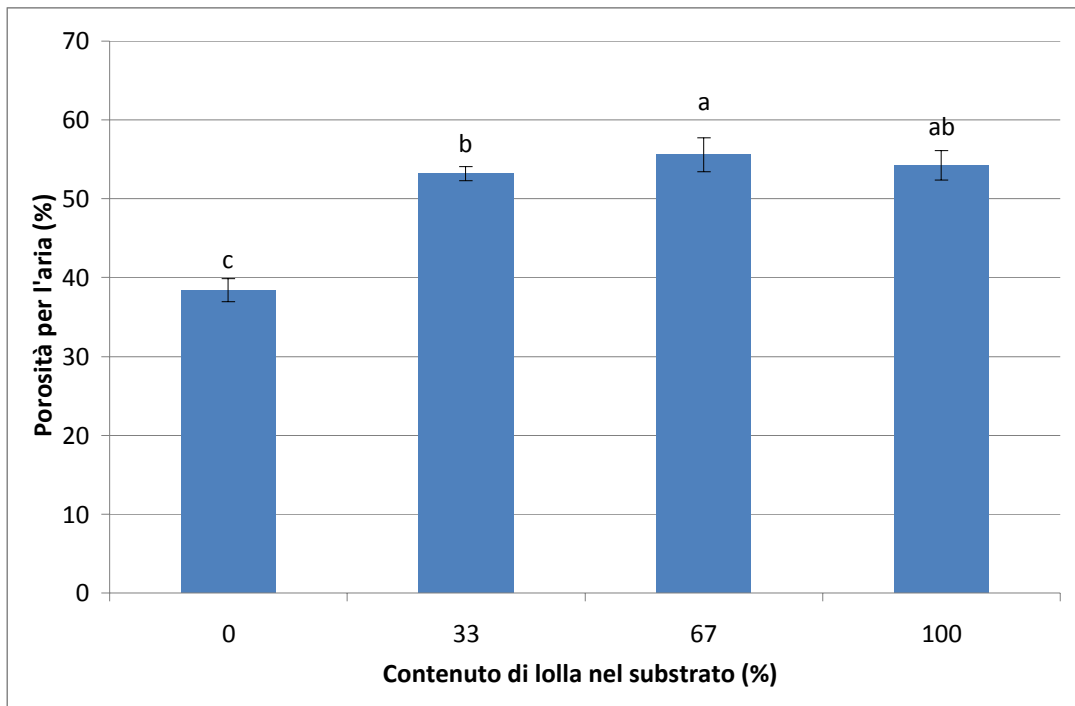


Fig. 49. Effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla porosità per l'aria degli stessi.

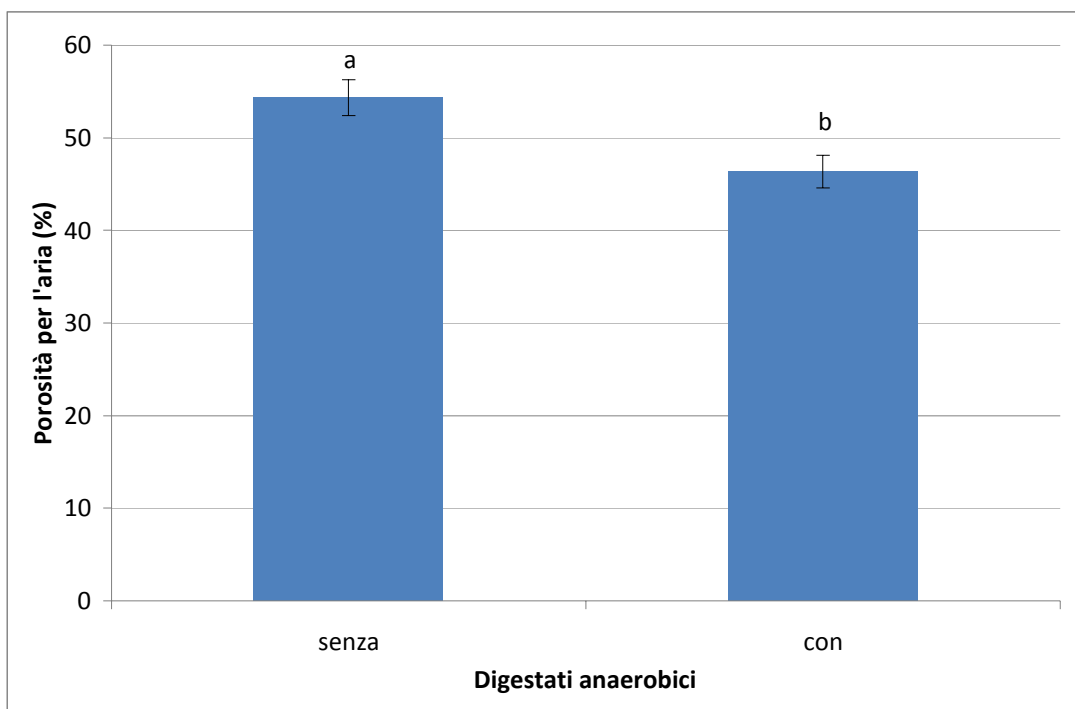


Fig. 50. Effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sulla porosità per l'aria degli stessi.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

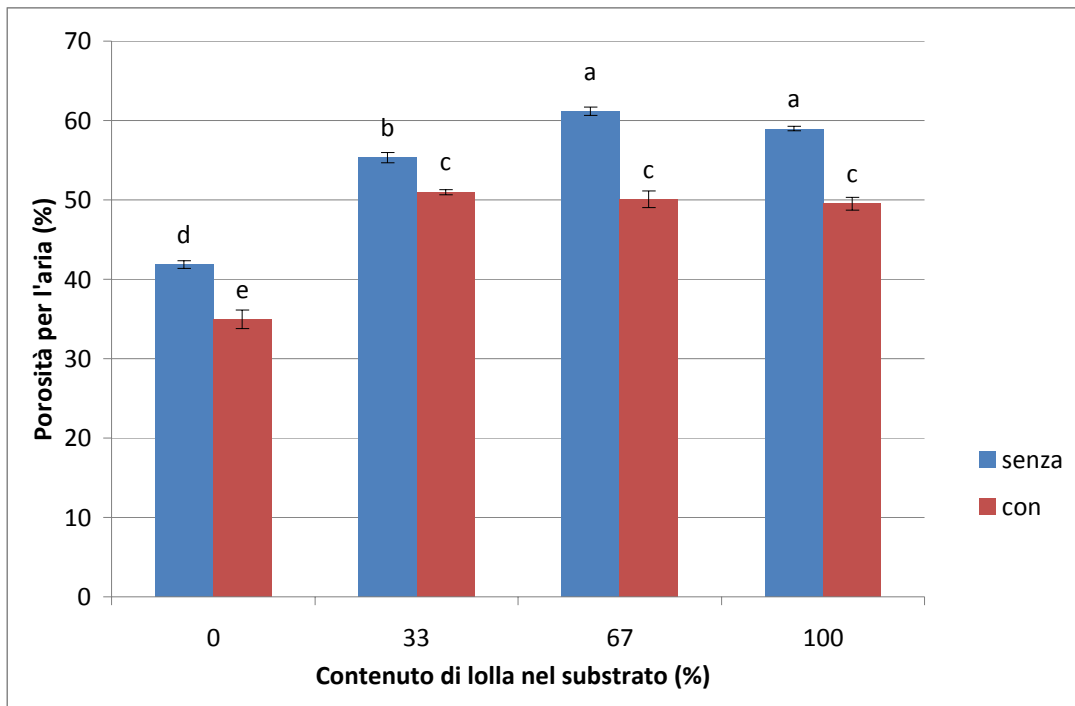


Fig. 51. Effetto di interazione "% di lolla × digestato" sulla porosità per l'aria dei substrati.

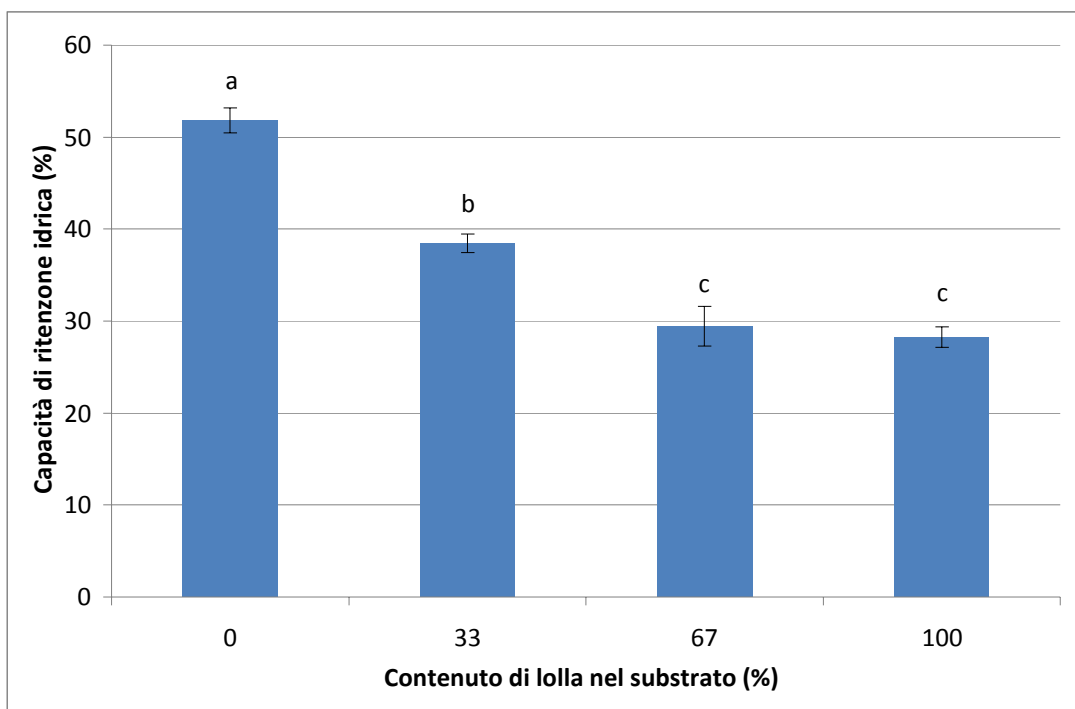


Fig. 52. Effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla capacità di ritenzione idrica degli stessi.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

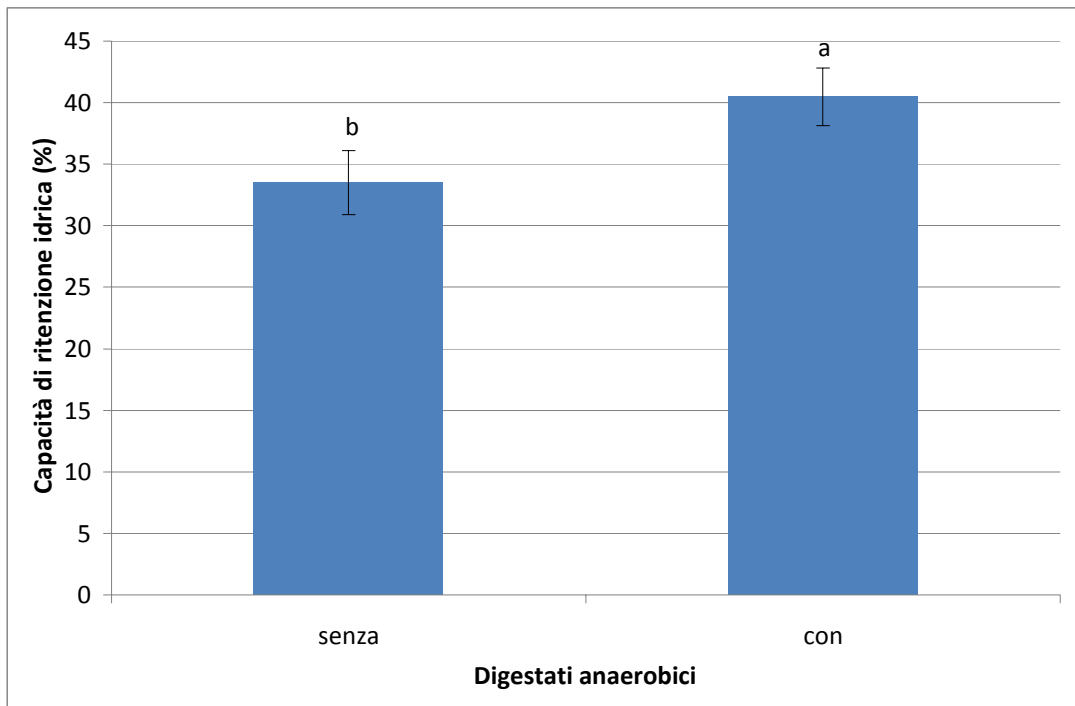


Fig. 53. Effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sulla capacità di ritenzione idrica degli stessi.

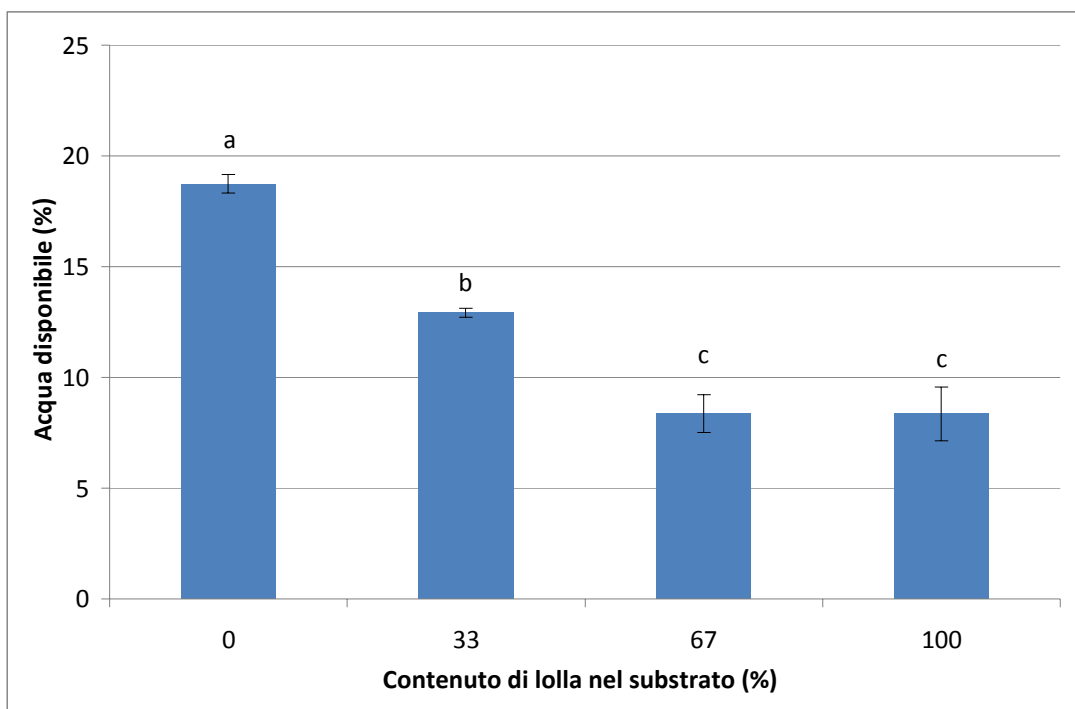


Fig. 54. Effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla quantità di acqua disponibile degli stessi.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

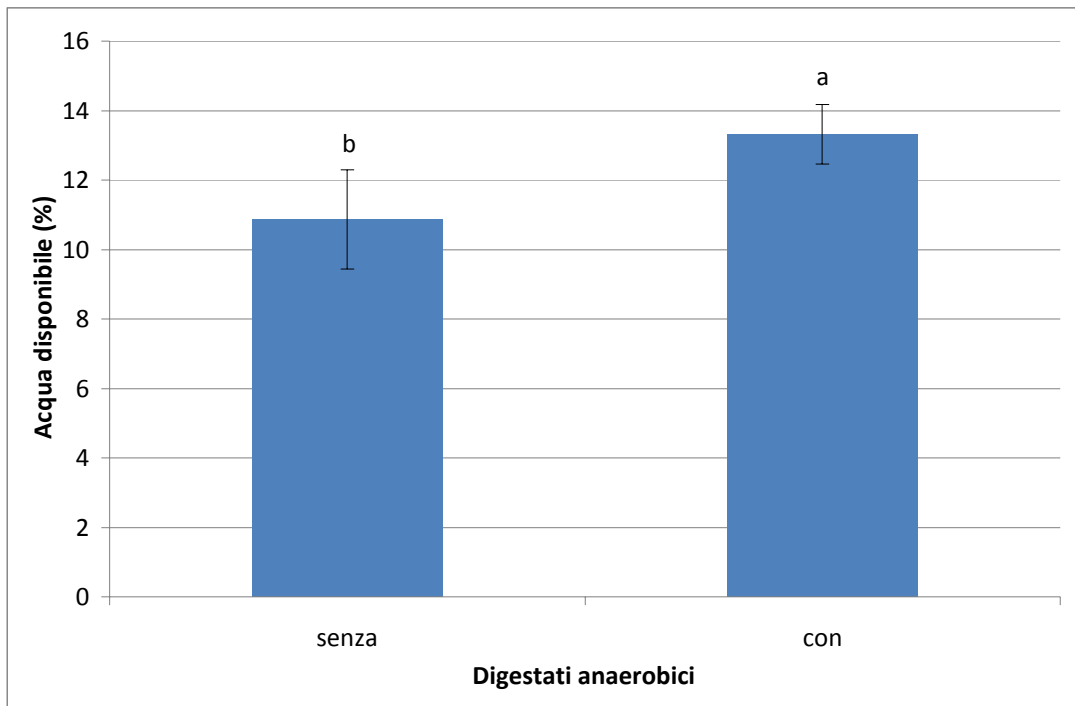


Fig. 55. Effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sulla quantità di acqua disponibile degli stessi.

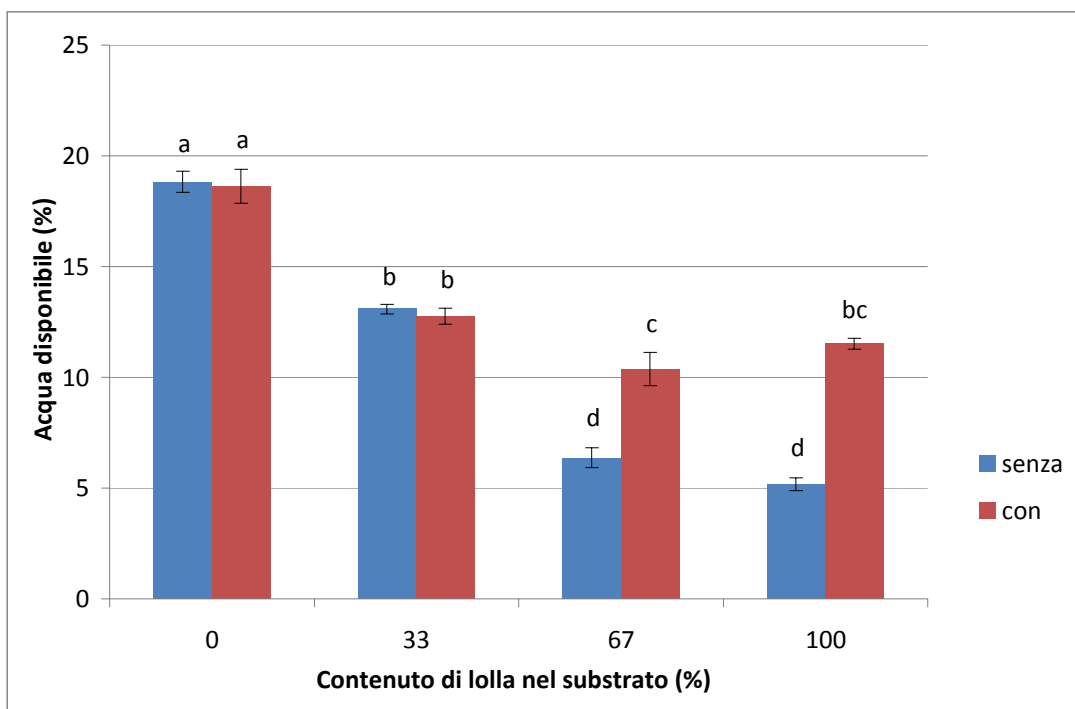


Fig. 56. Effetto di interazione "% di lolla × digestato" sulla quantità di acqua disponibile dei substrati.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

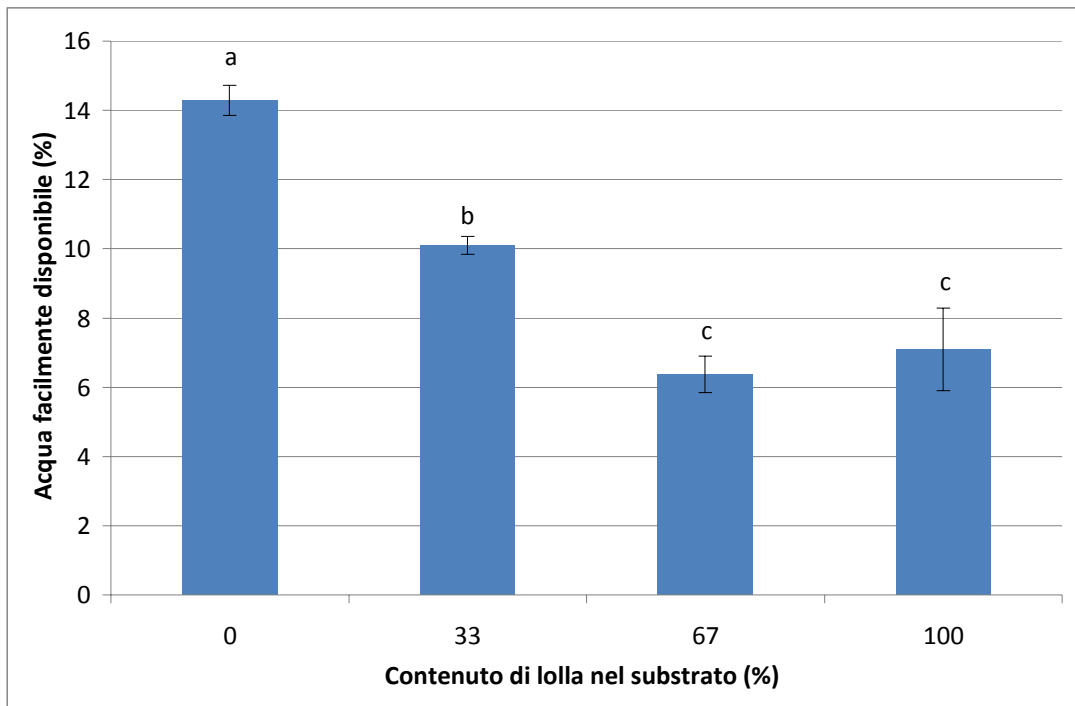


Fig. 57. Effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla quantità di acqua facilmente disponibile degli stessi.

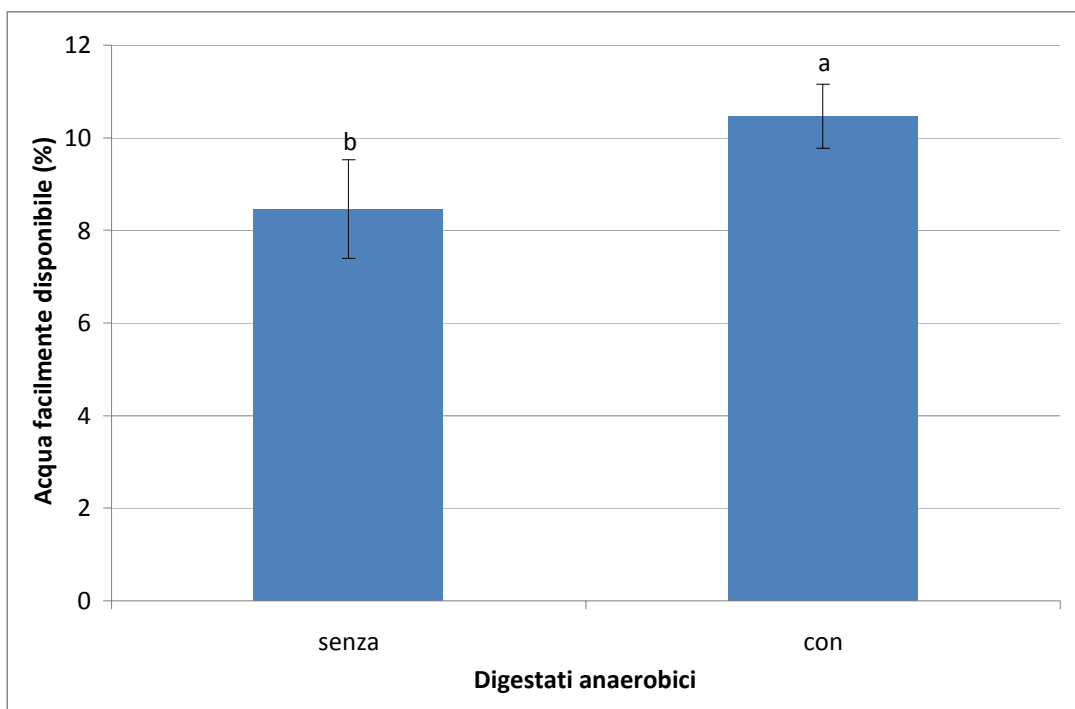


Fig. 58. Effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sulla quantità di acqua facilmente disponibile degli stessi.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

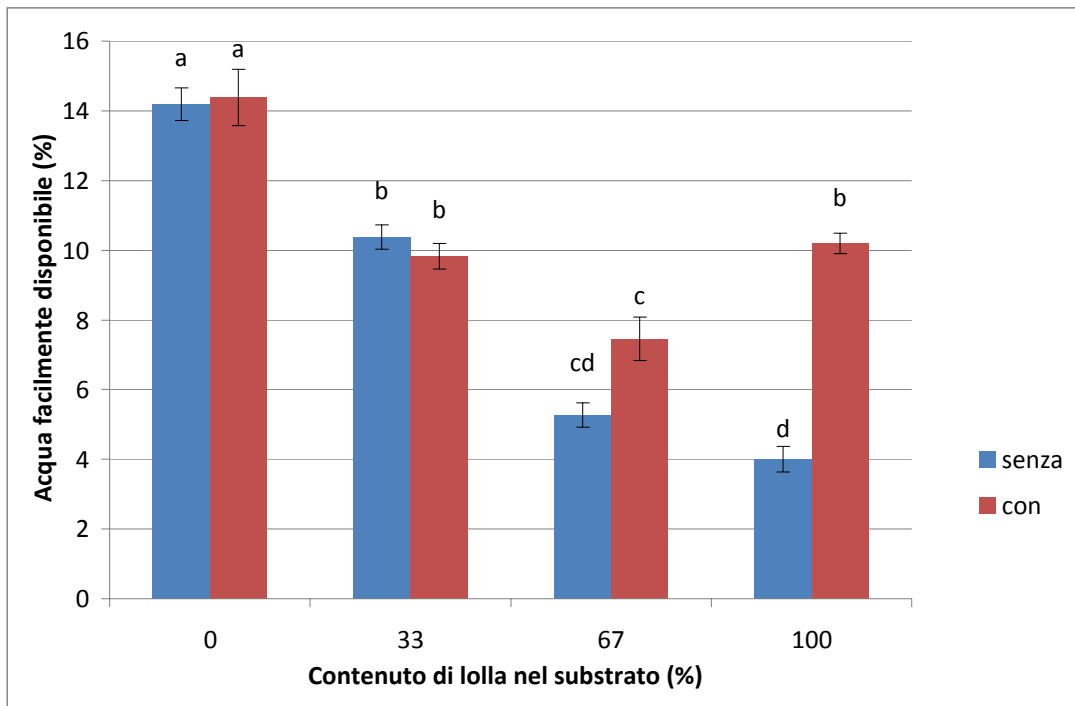


Fig. 59. Effetto di interazione "% di lolla × digestato" sulla quantità di acqua facilmente disponibile dei substrati.

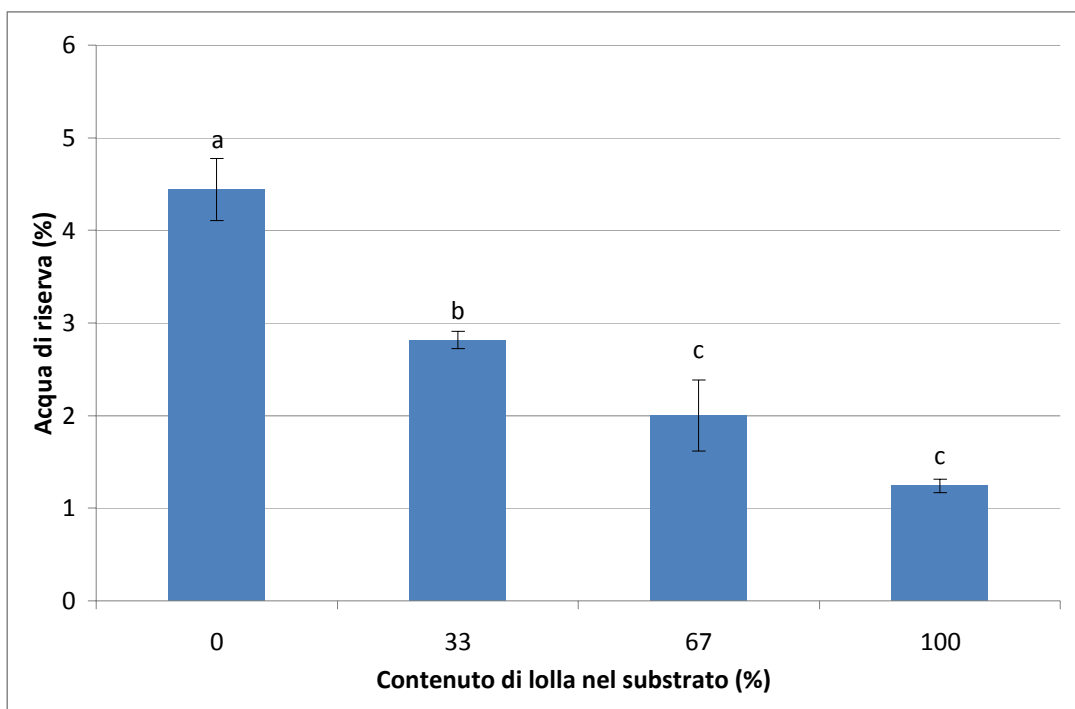


Fig. 60. Effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla quantità di acqua di riserva degli stessi.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

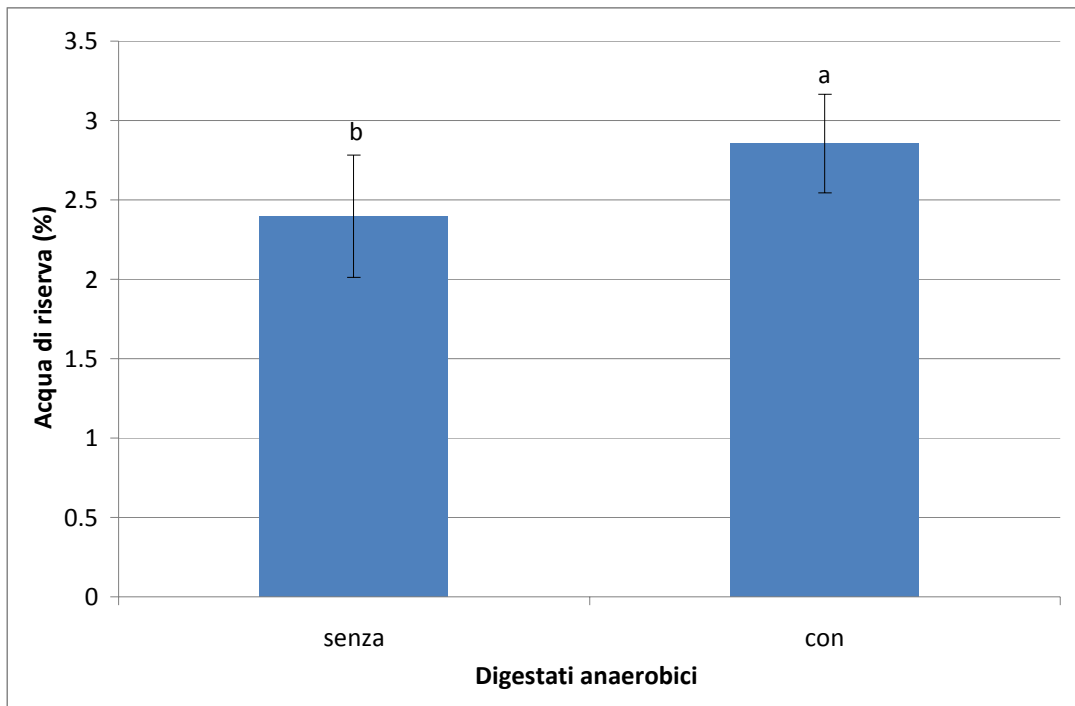


Fig. 61. Effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sulla quantità di acqua di riserva degli stessi.

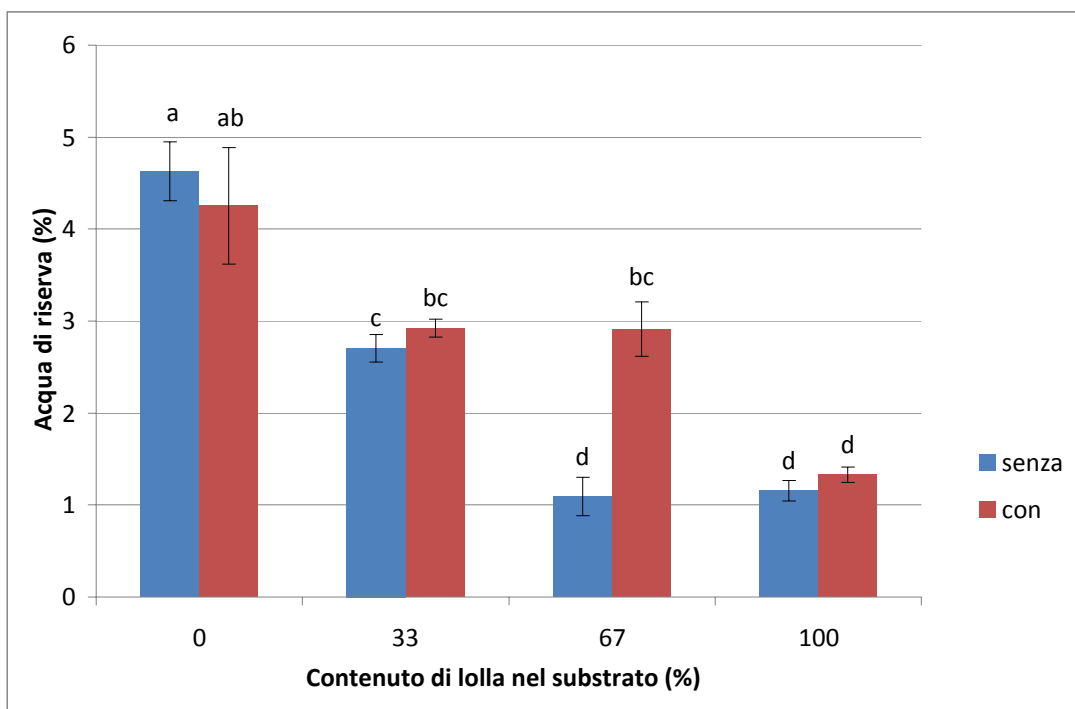


Fig. 62. Effetto di interazione "% di lolla × digestato" sulla quantità di acqua di riserva dei substrati.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

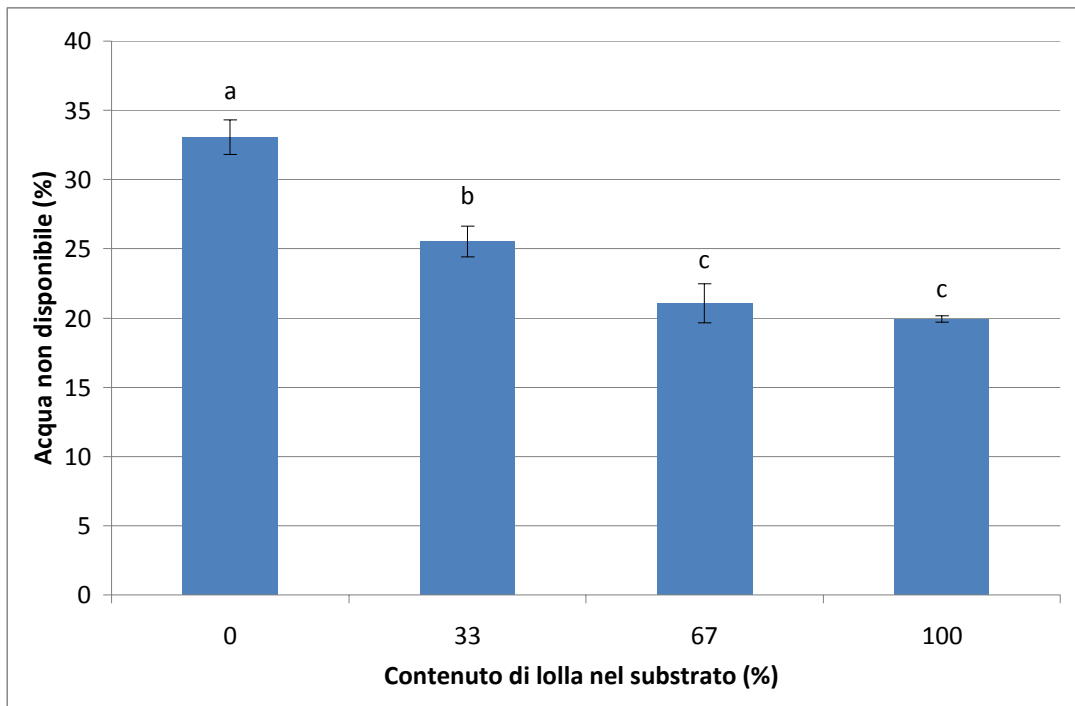


Fig. 63. Effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla quantità di acqua non disponibile degli stessi.

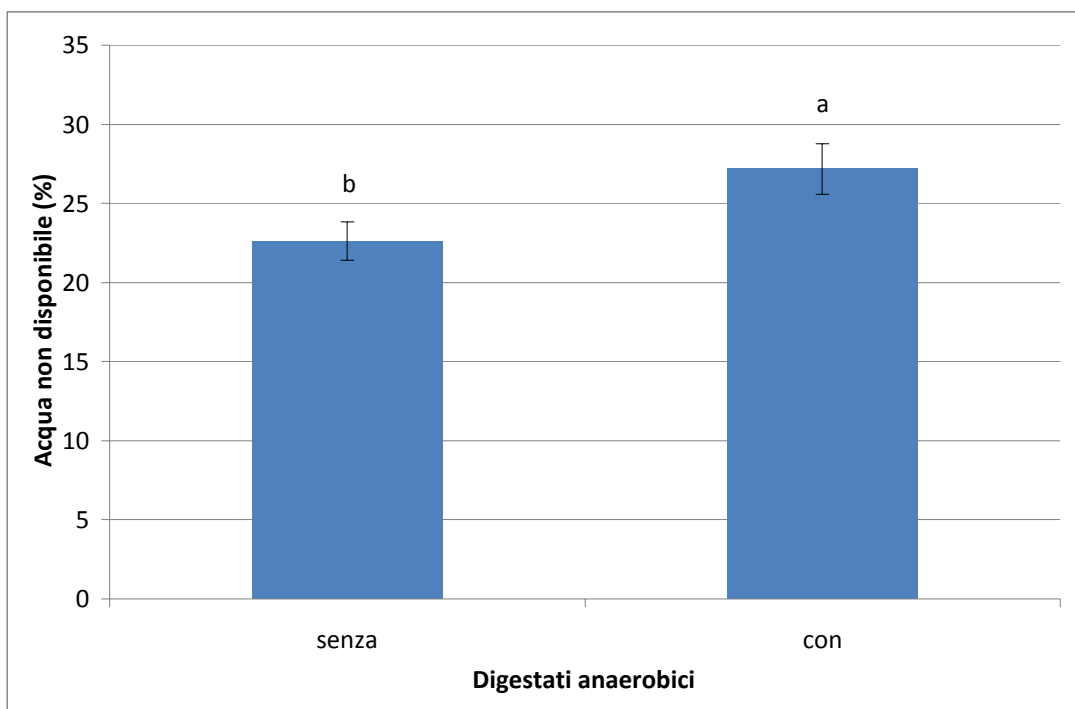


Fig. 64. Effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sulla quantità di acqua non disponibile degli stessi.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

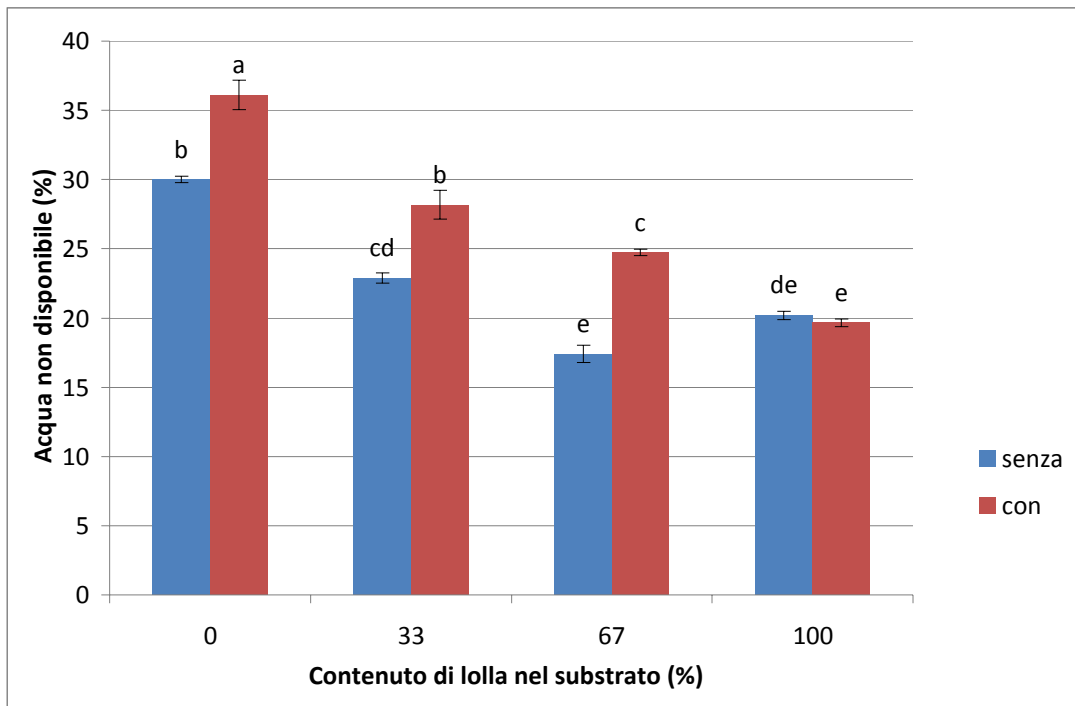


Fig. 65. Effetto di interazione "% di lolla × digestato" sulla quantità di acqua non disponibile dei substrati.

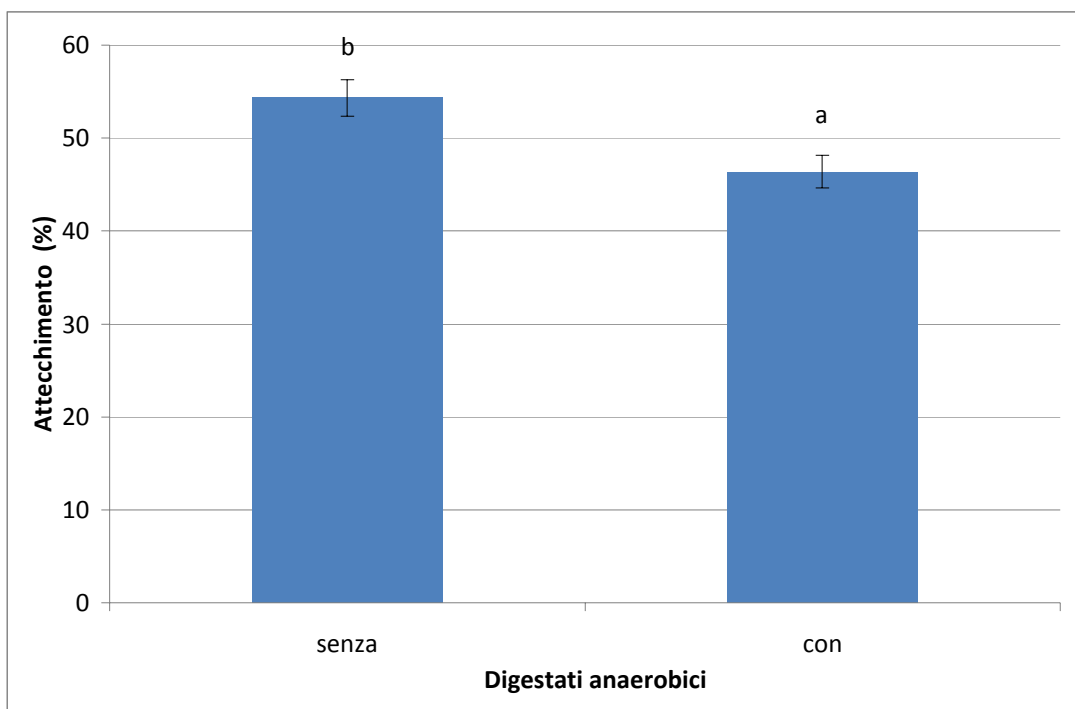


Fig. 66. Rosa, primo rilievo: effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sulla percentuale di talee radicate.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

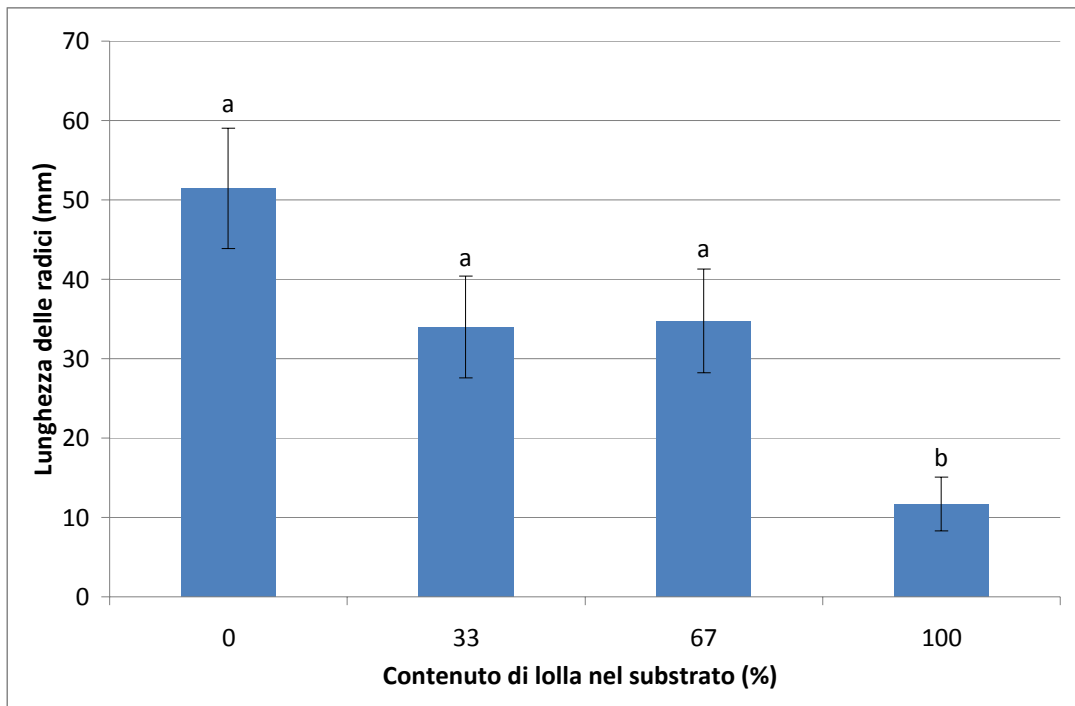


Fig. 67. Rosa, primo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla lunghezza delle radici delle talee di rosa.

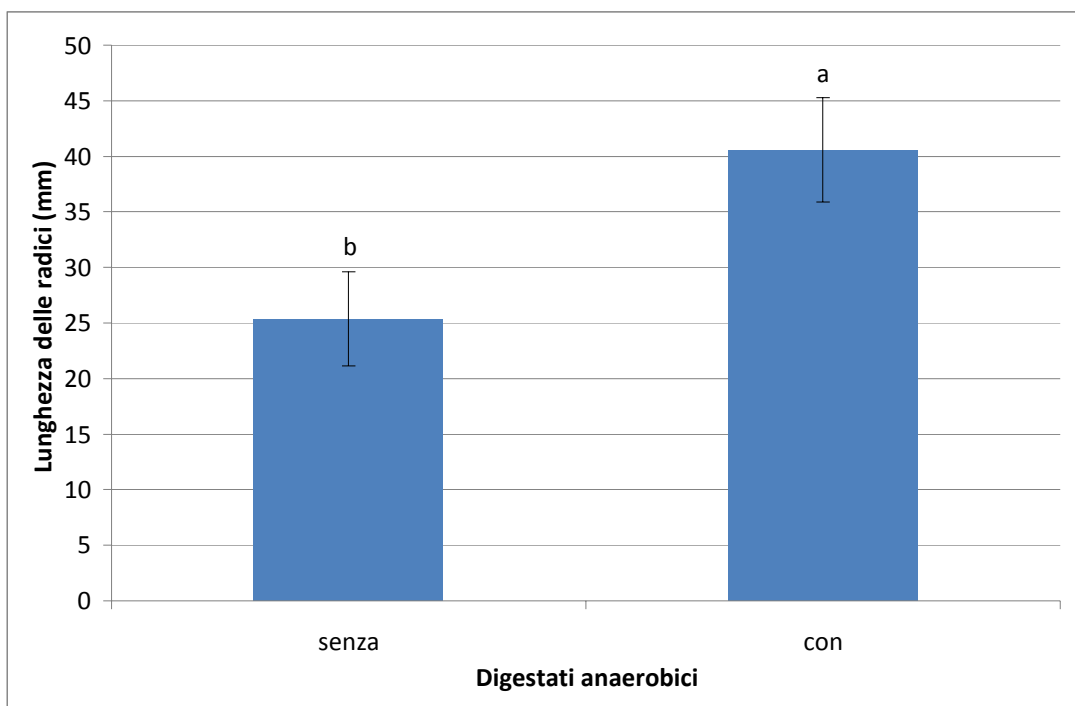


Fig. 68. Rosa, primo rilievo: effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sulla lunghezza delle radici delle talee di rosa.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

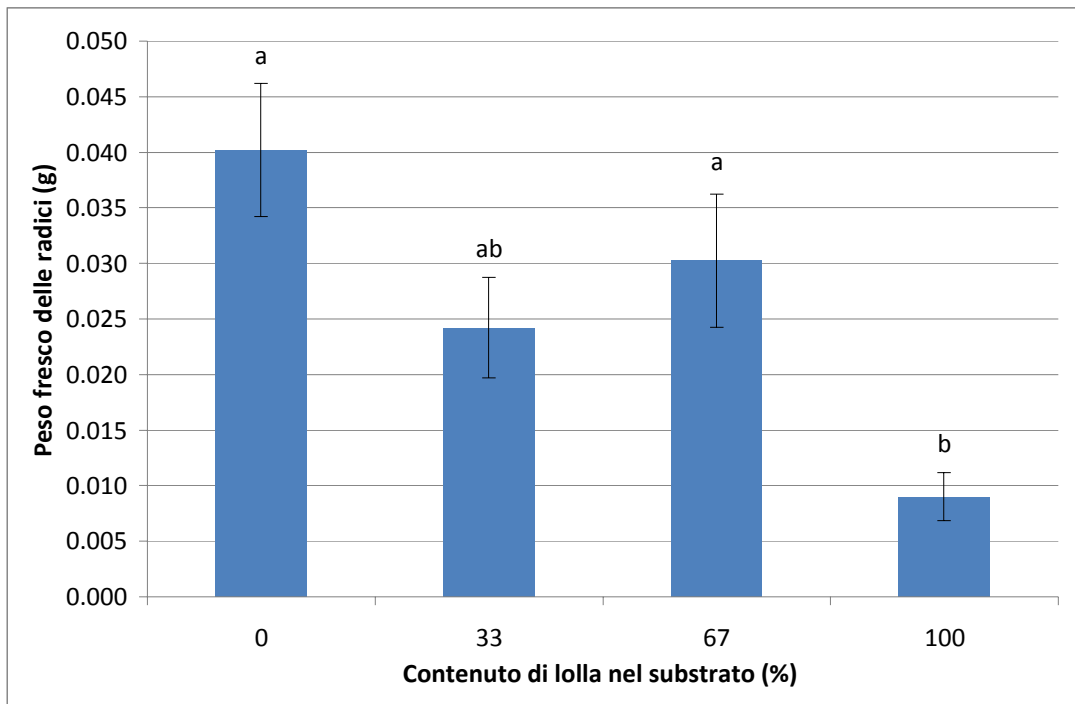


Fig. 69. Rosa, primo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sul peso fresco delle radici delle talee di rosa.

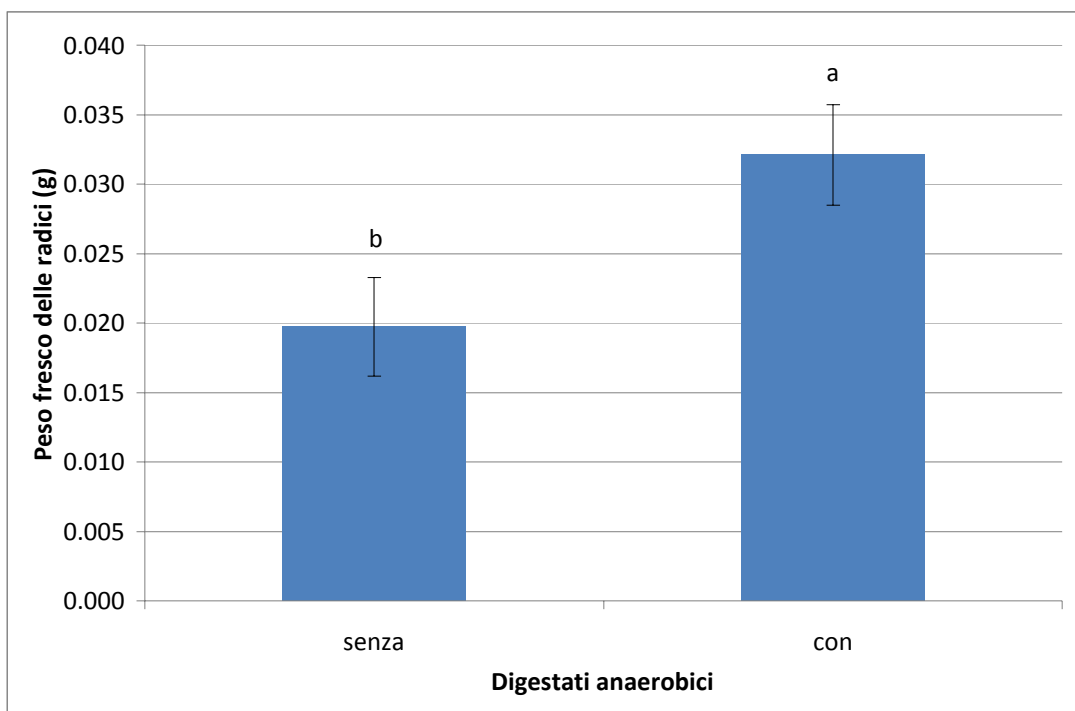


Fig. 70. Rosa, primo rilievo: effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sul peso fresco delle radici delle talee di rosa.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

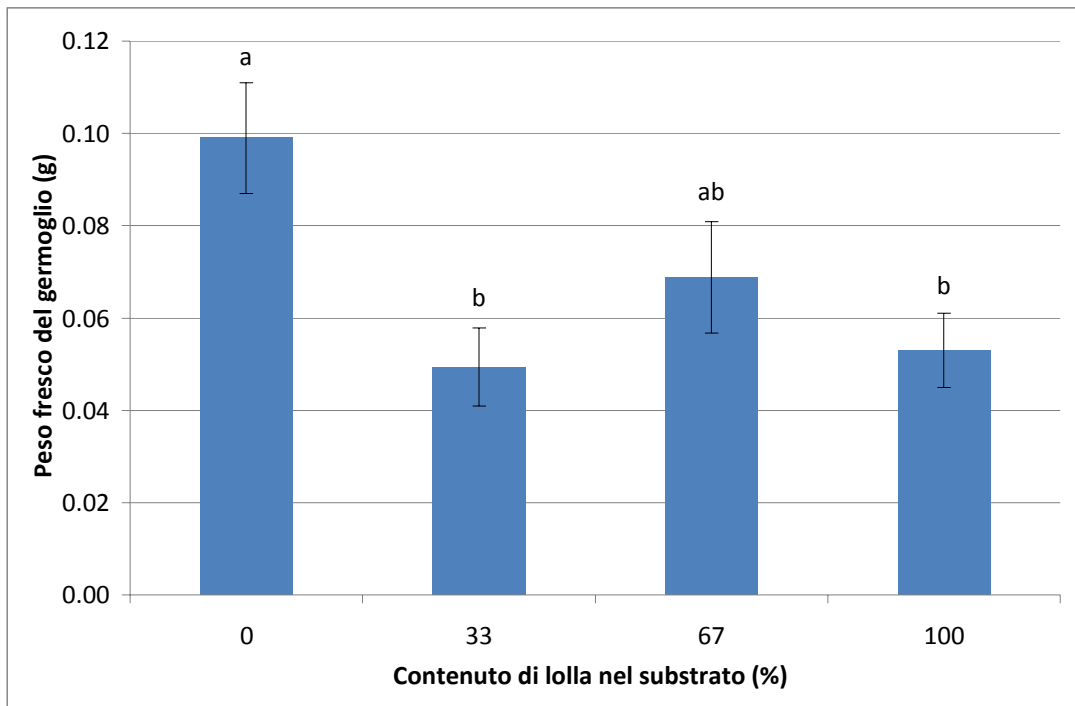


Fig. 71. Rosa, primo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sul peso fresco del germoglio delle talee di rosa.

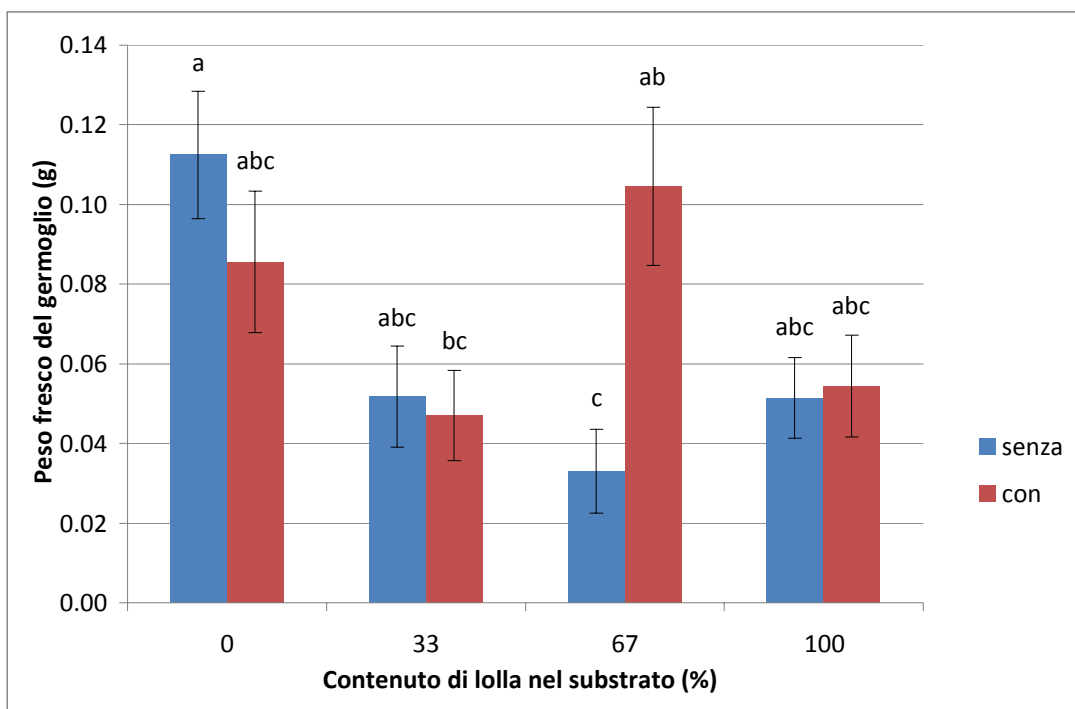


Fig. 72. Rosa, primo rilievo: effetto di interazione "% di lolla × digestato" sul peso fresco del germoglio delle talee di rosa.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

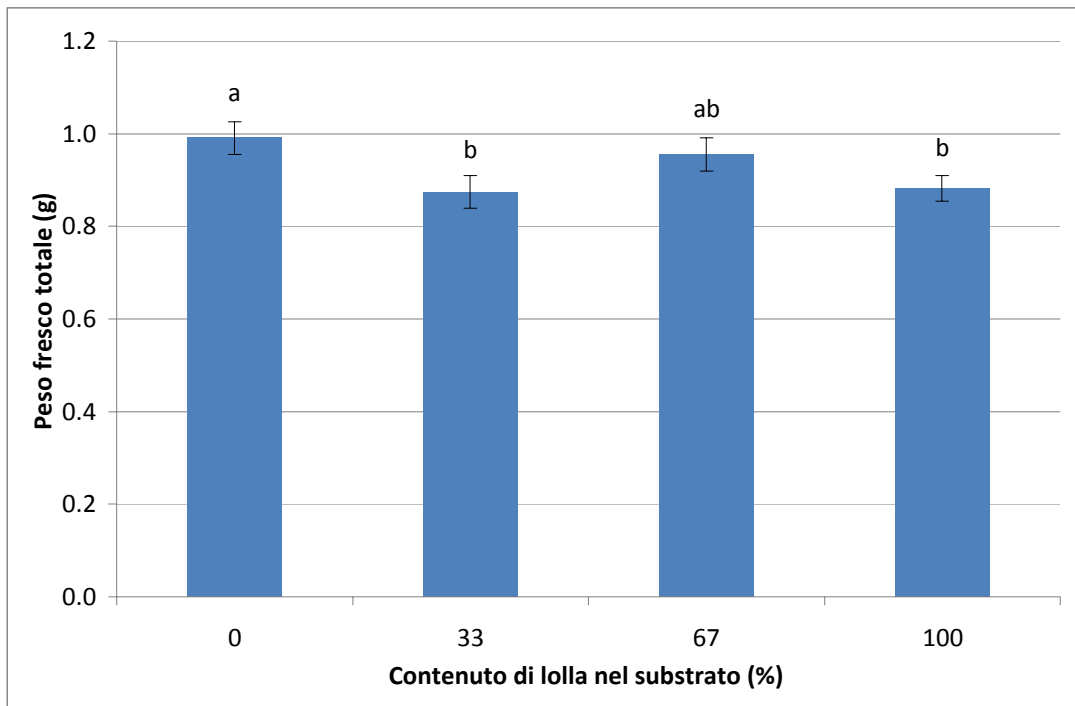


Fig. 73. Rosa, primo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sul peso fresco totale delle talee di rosa.

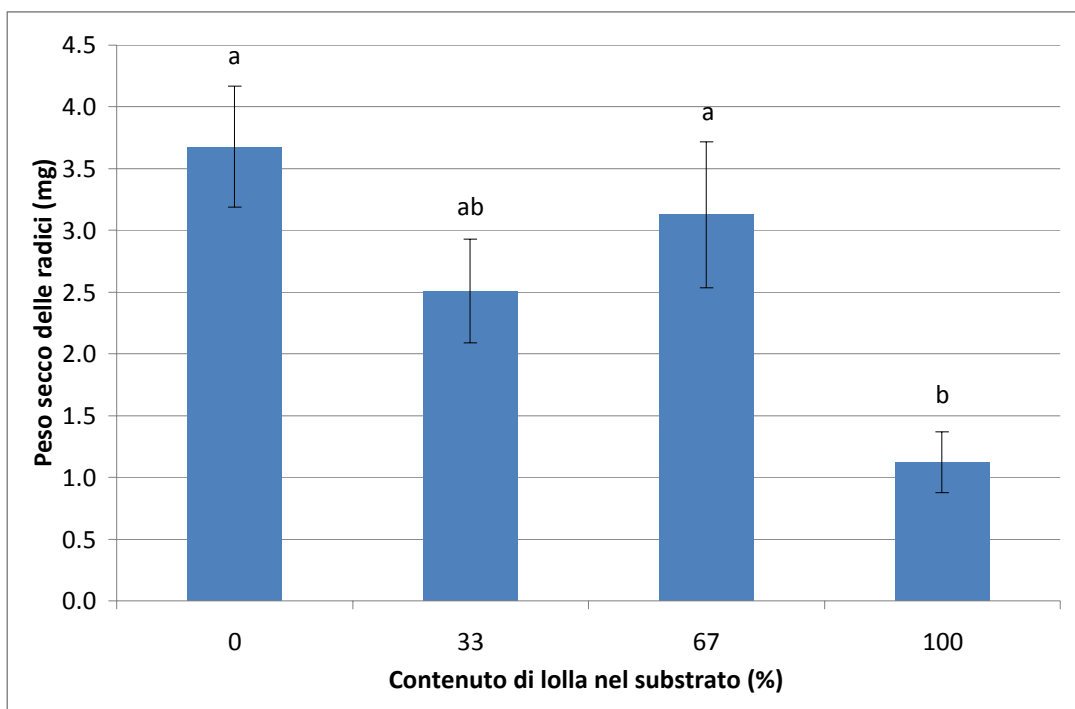


Fig. 74. Rosa, primo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sul peso secco delle radici delle talee di rosa.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

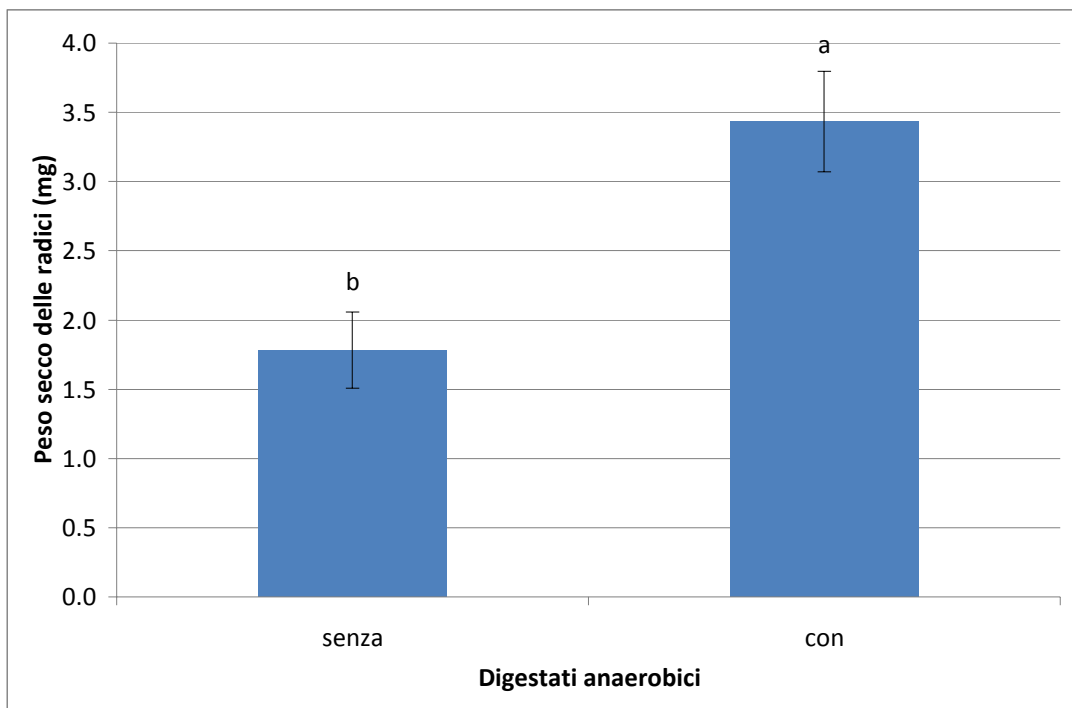


Fig. 75. Rosa, primo rilievo: effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sul peso secco delle radici delle talee di rosa.

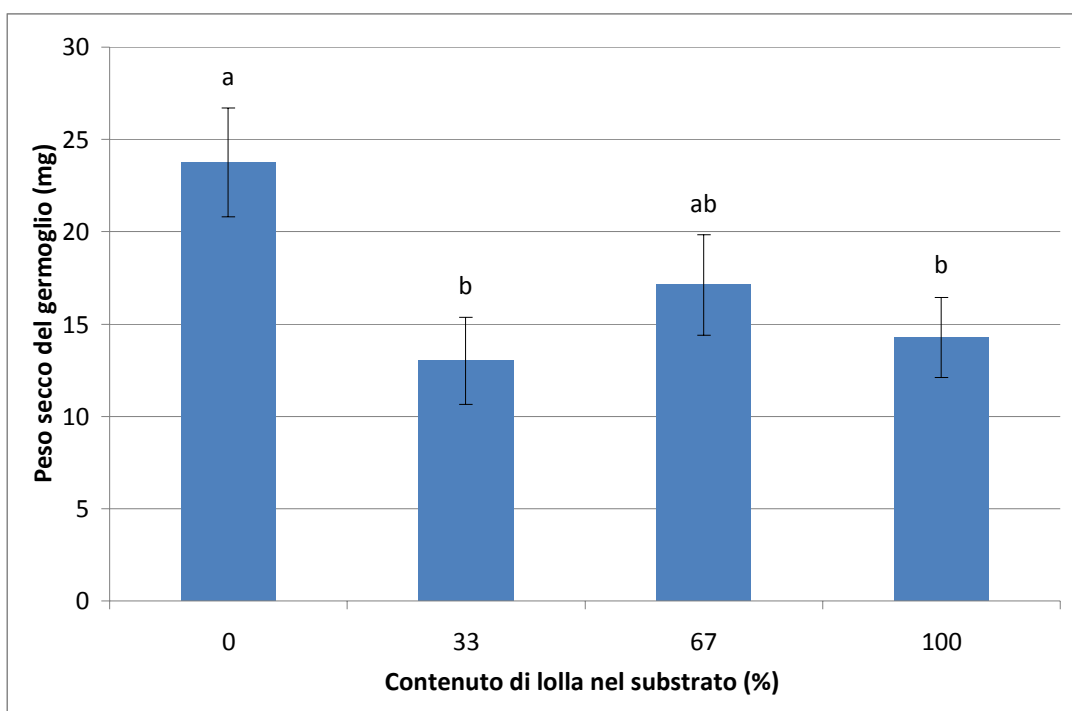


Fig. 76. Rosa, primo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sul peso secco del germoglio delle talee di rosa.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

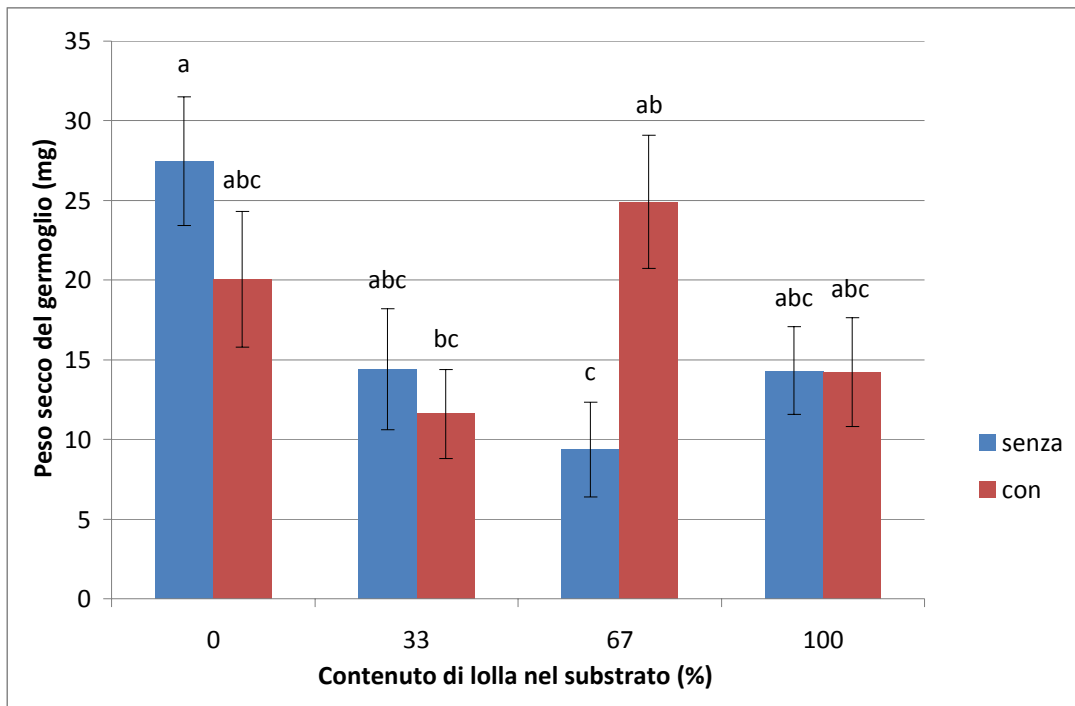


Fig. 77. Rosa, primo rilievo: effetto di interazione "% di lolla × digestato" sul peso secco del germoglio delle talee di rosa.

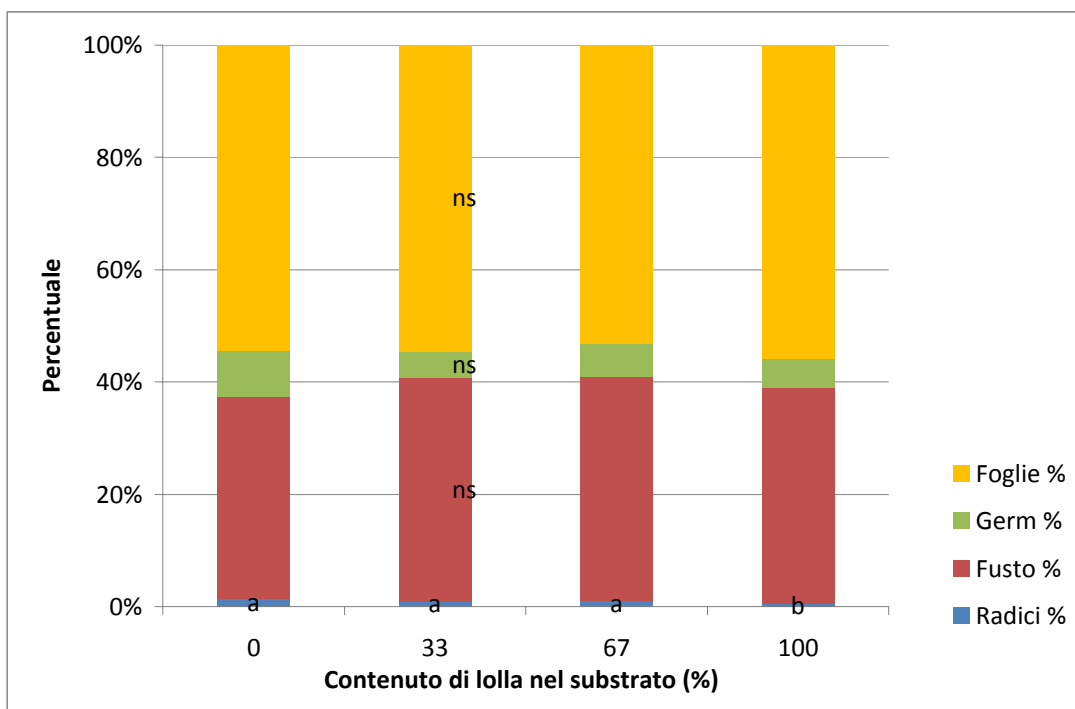


Fig. 78. Rosa, primo rilievo: effetto principale percentuale relativa di lolla nei substrati sulla ripartizione percentuale della sostanza secca delle talee di rosa.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

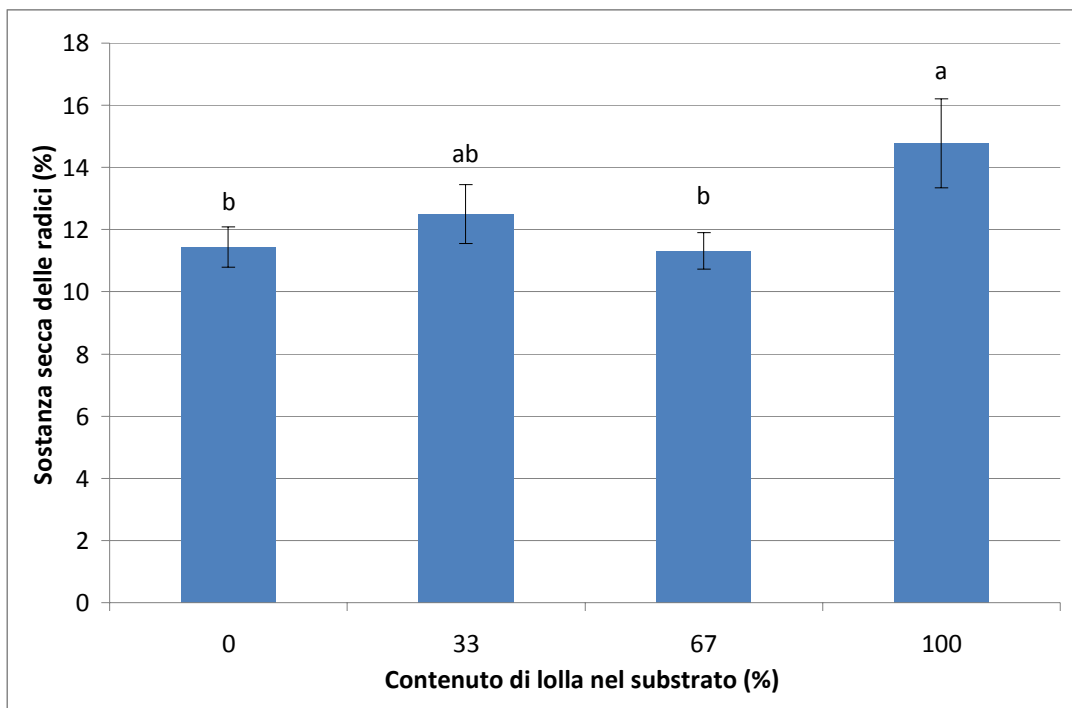


Fig. 79. Rosa, primo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla quantità di sostanza secca delle radici delle talee di rosa.

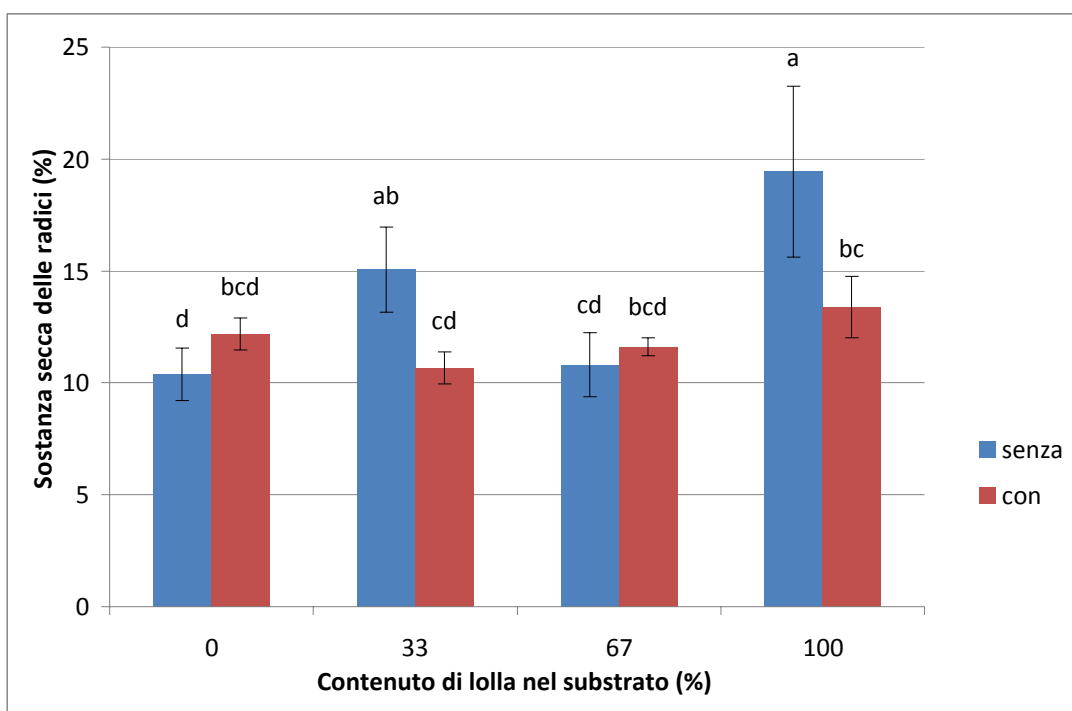


Fig. 80. Rosa, primo rilievo: effetto di interazione "% di lolla × digestato" sulla quantità di sostanza secca delle radici delle talee di rosa.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

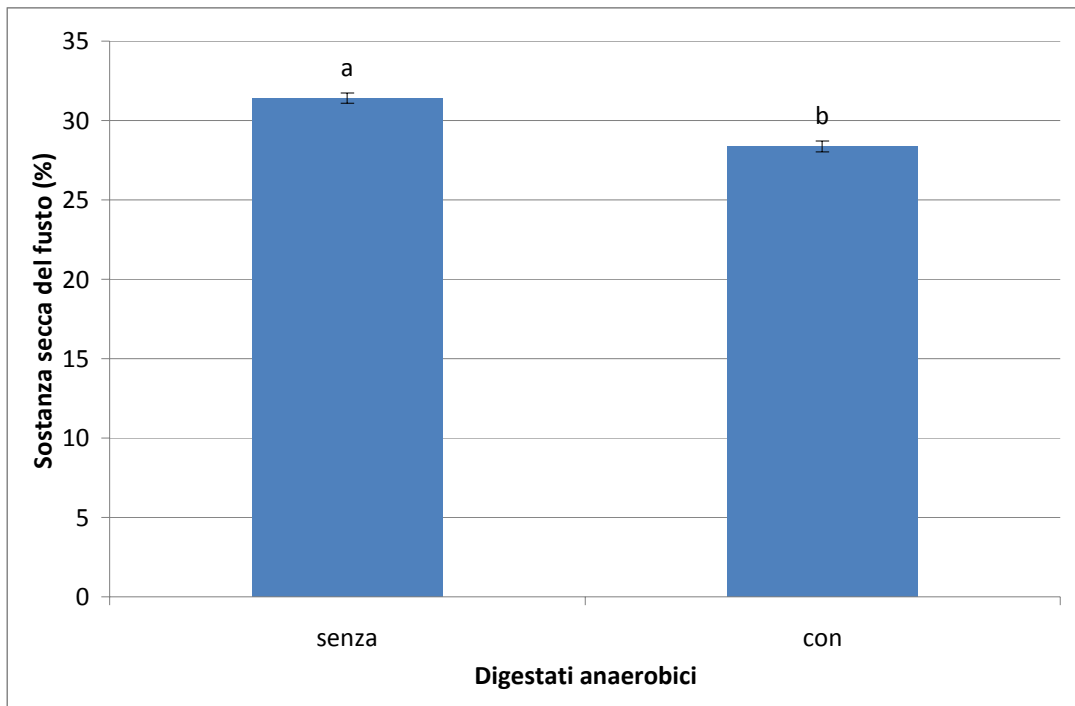


Fig. 81. Rosa, primo rilievo: effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sulla quantità di sostanza secca del fusto delle talee di rosa.

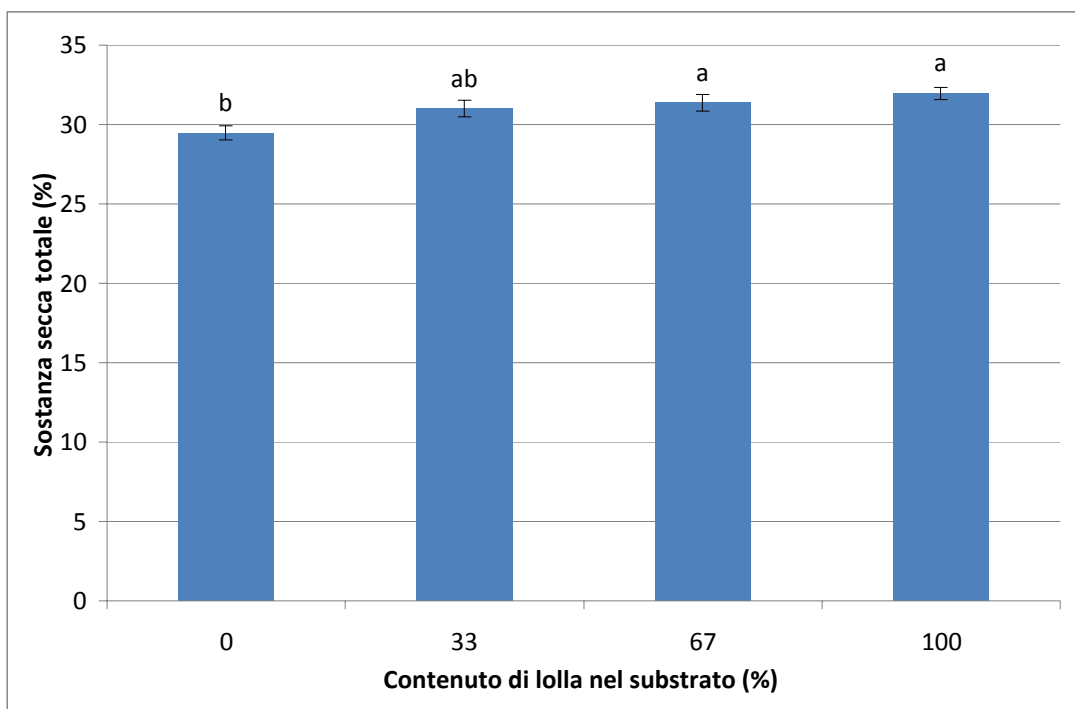


Fig. 82. Rosa, primo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla quantità di sostanza secca totale delle talee di rosa.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

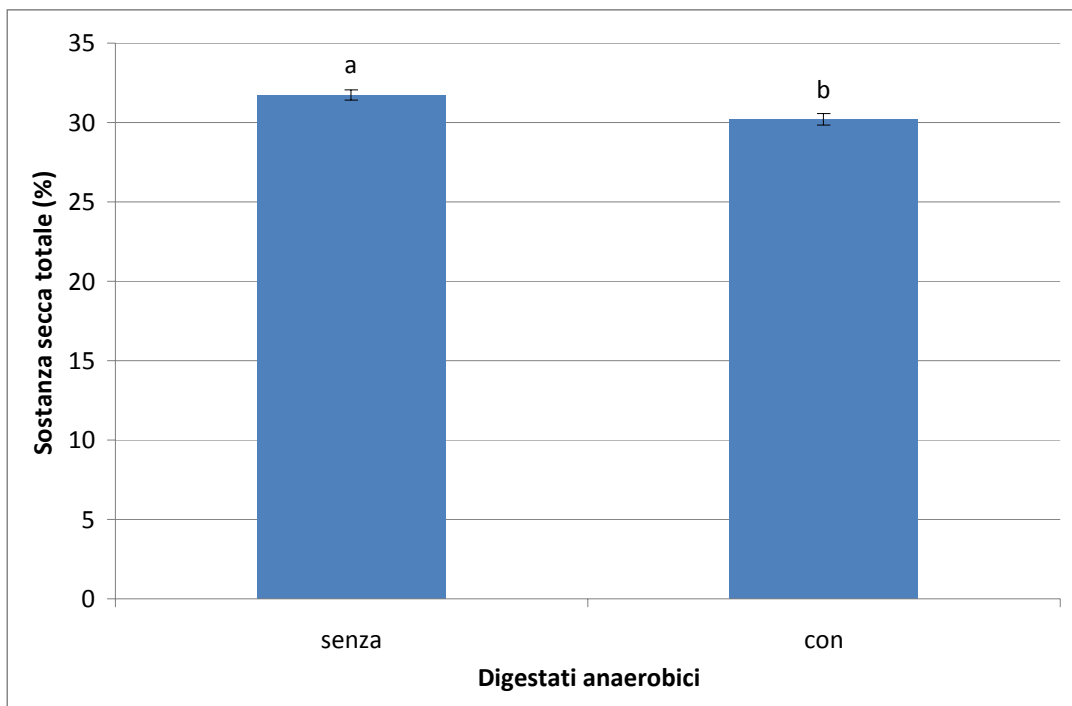


Fig. 83. Rosa, primo rilievo: effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sulla quantità di sostanza secca totale delle talee di rosa.

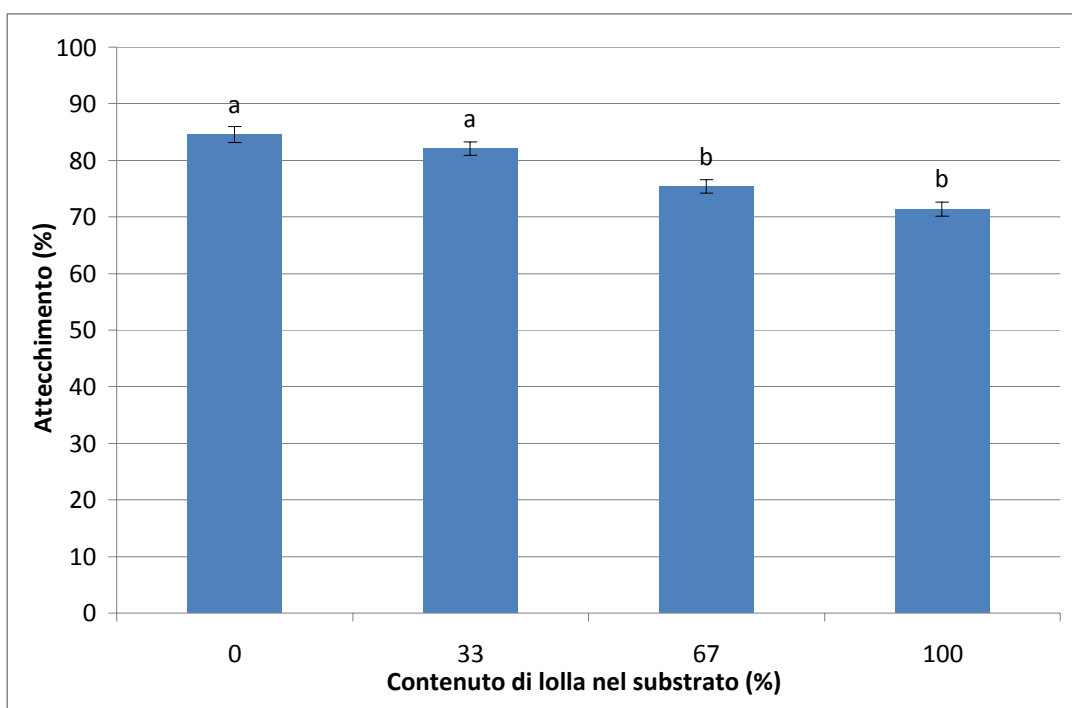


Fig. 84. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla percentuale di attecchimento delle talee di rosa alla fine della

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

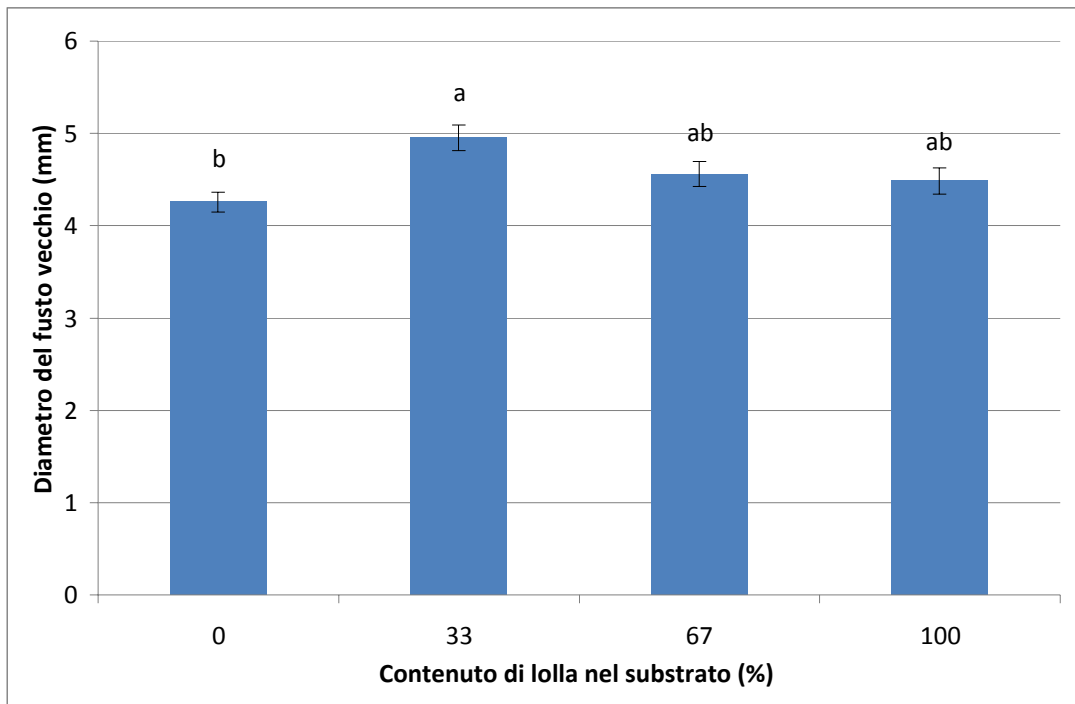


Fig. 85. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sul diametro del fusto vecchio delle talee di rosa.

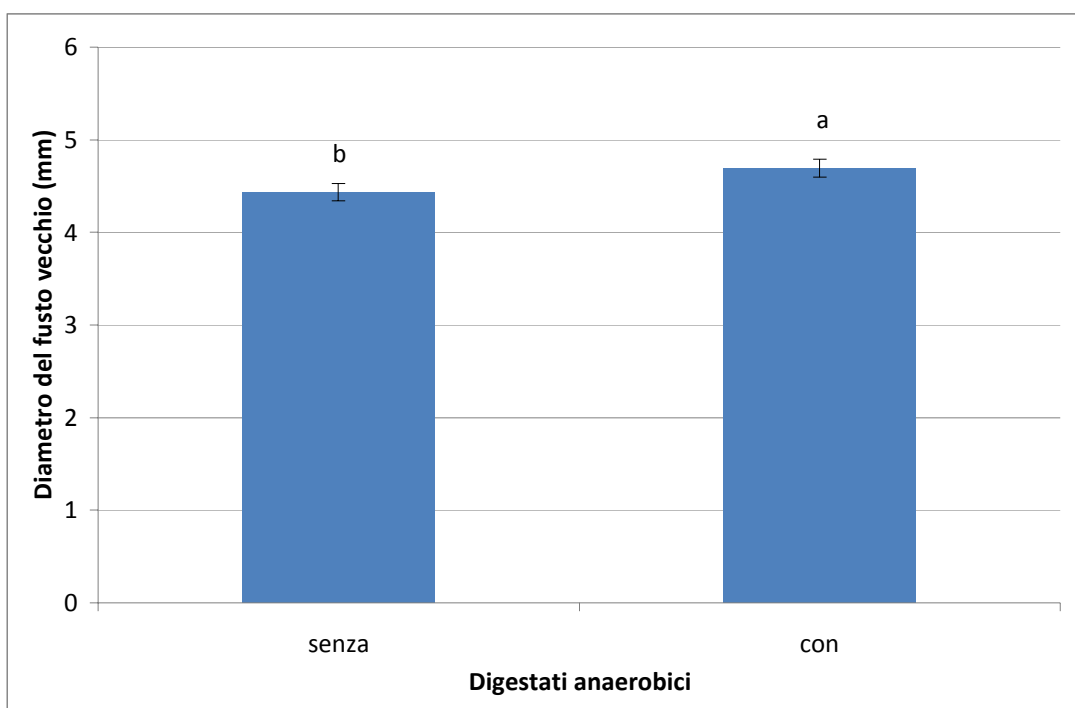


Fig. 86. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sul diametro del fusto vecchio delle talee di rosa.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

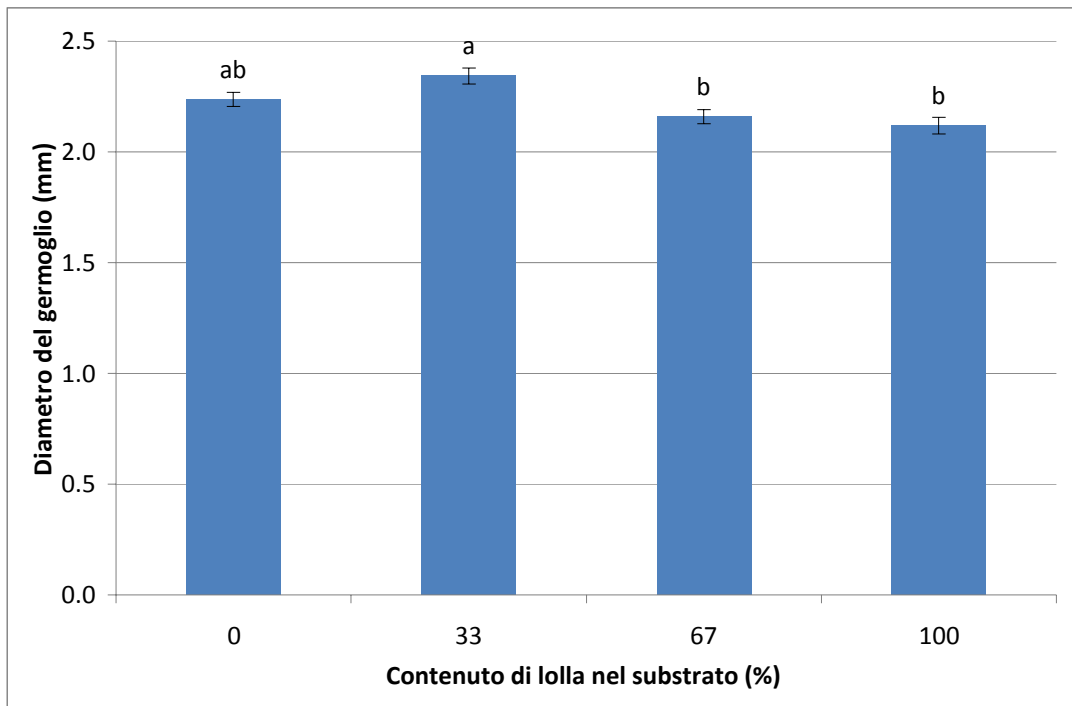


Fig. 87. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sul diametro del germoglio delle talee di rosa.

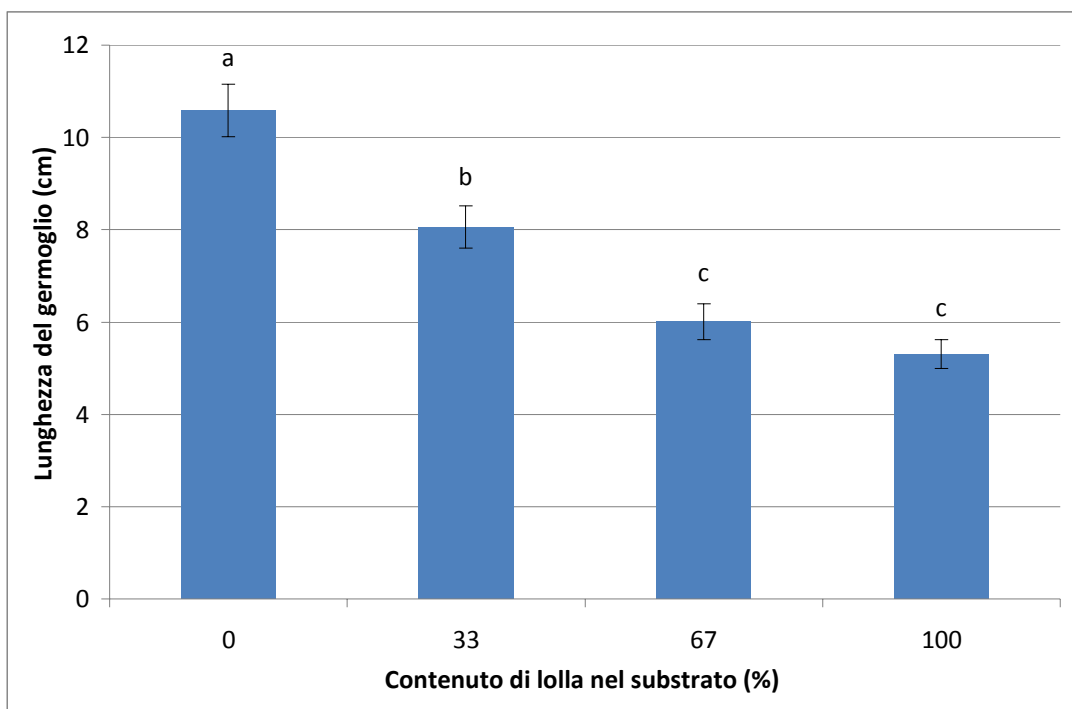


Fig. 88. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla lunghezza del germoglio delle talee di rosa.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

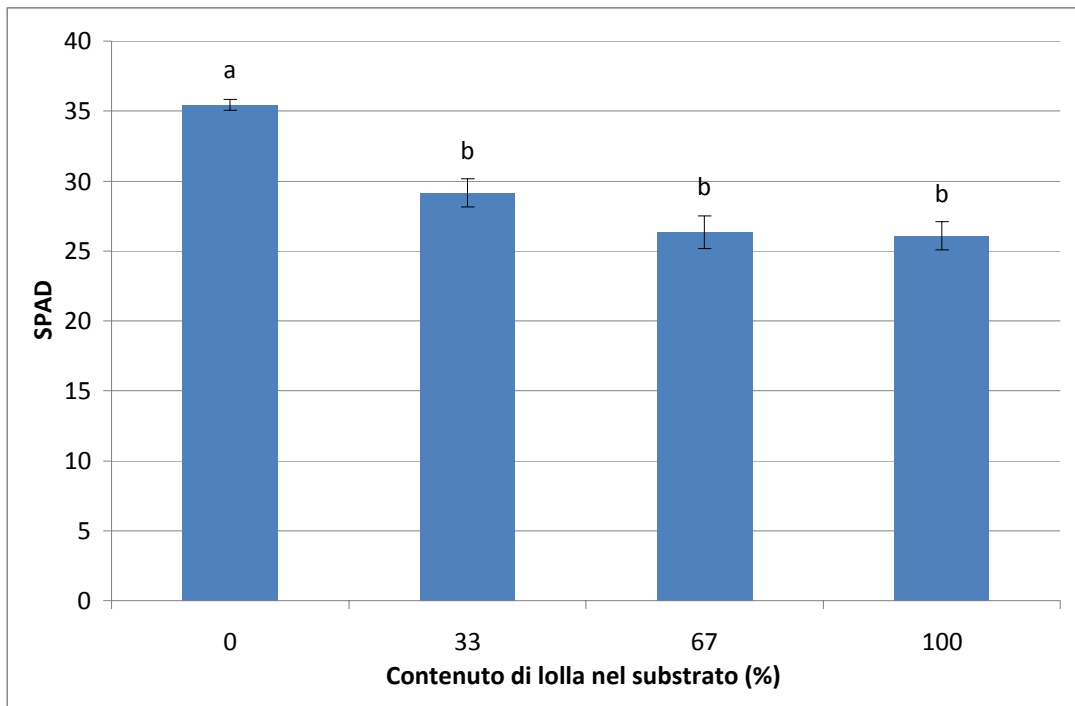


Fig. 89. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sullo SPAD delle talee di rosa.

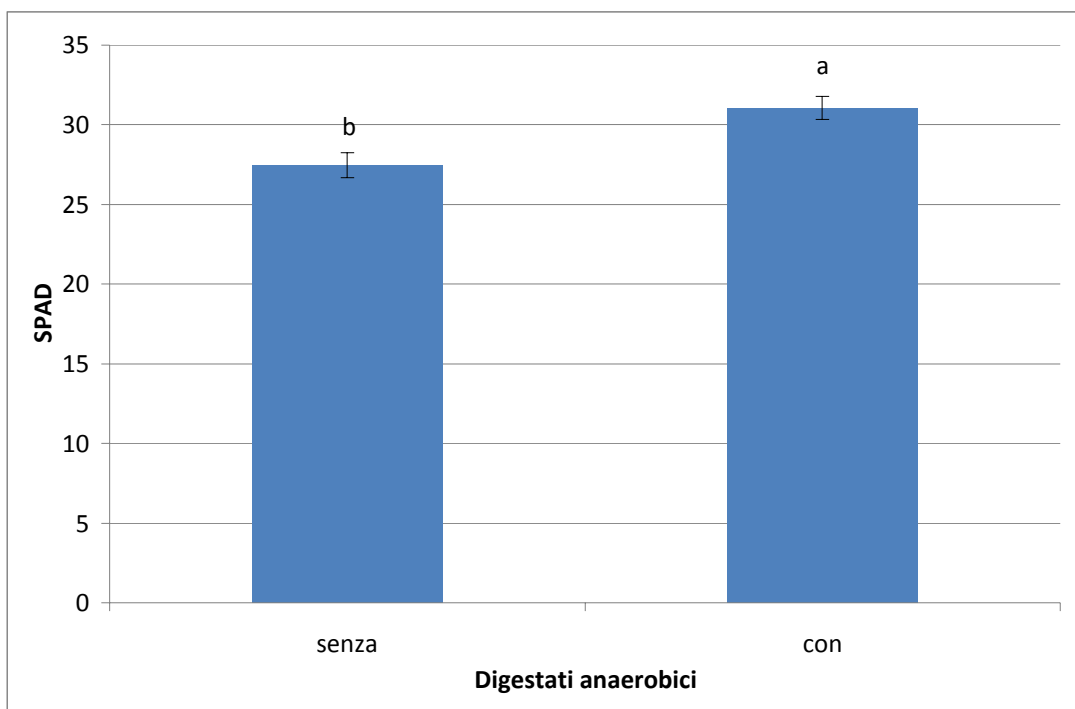


Fig. 90. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sullo SPAD delle talee di rosa.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

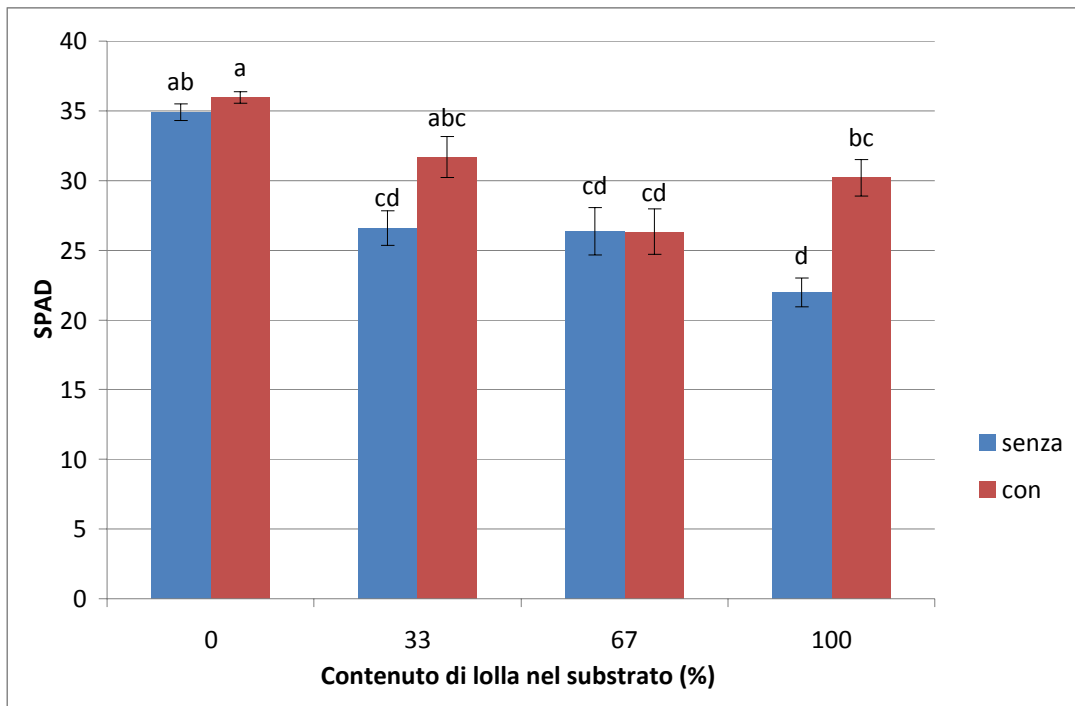


Fig. 91. Rosa, secondo rilievo: effetto di interazione "% di lolla × digestato" sullo SPAD delle talee di rosa.

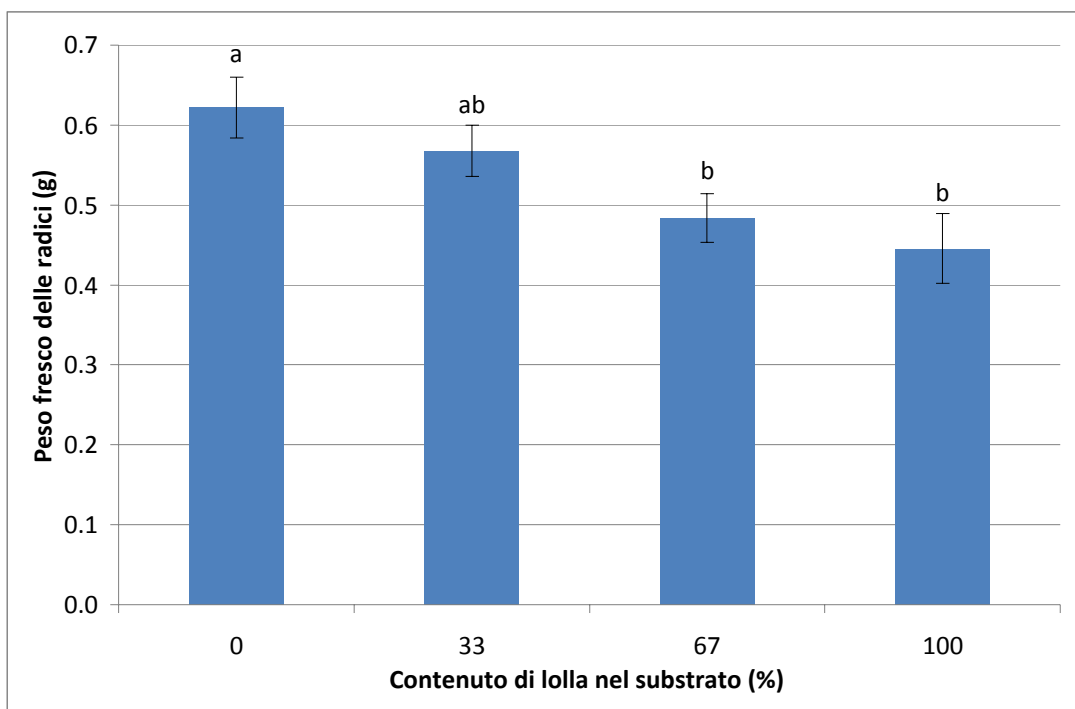


Fig. 92. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sul peso fresco delle radici delle talee di rosa.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

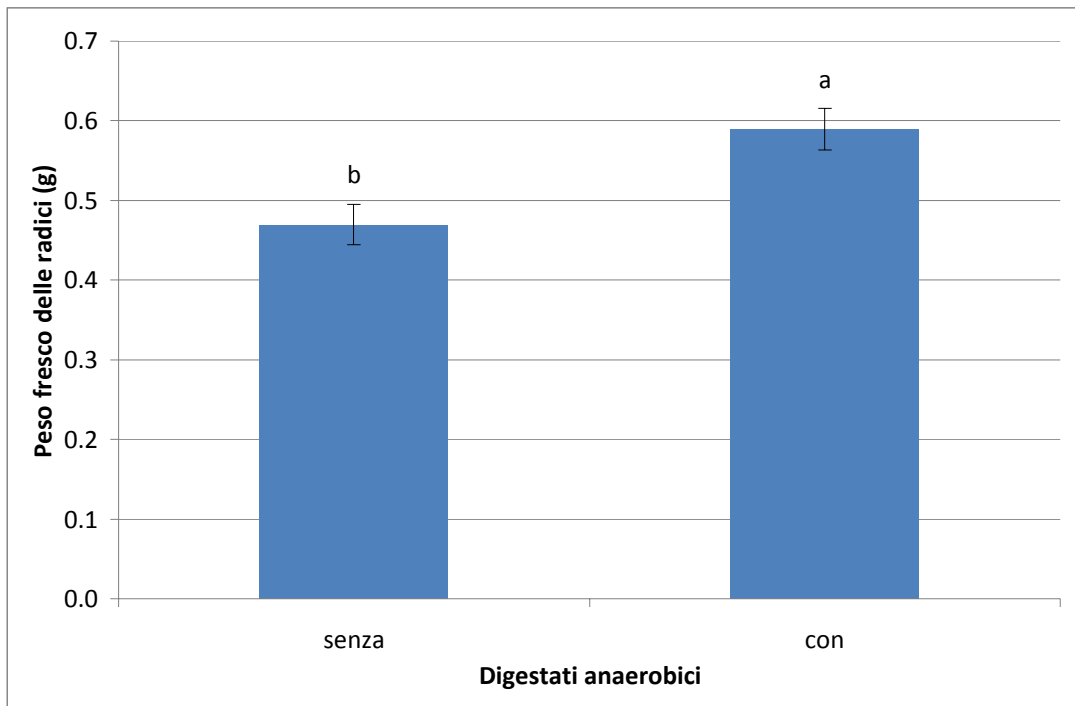


Fig. 93. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sul peso fresco delle radici delle talee di rosa.

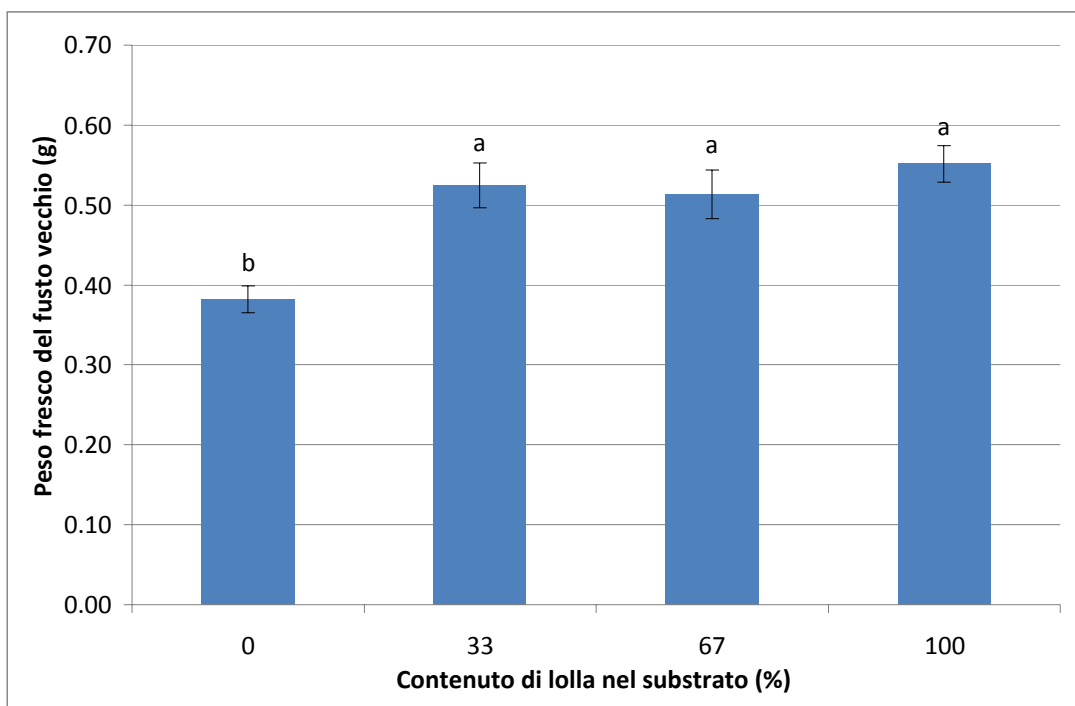


Fig. 94. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sul peso fresco del fusto vecchio delle talee di rosa.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

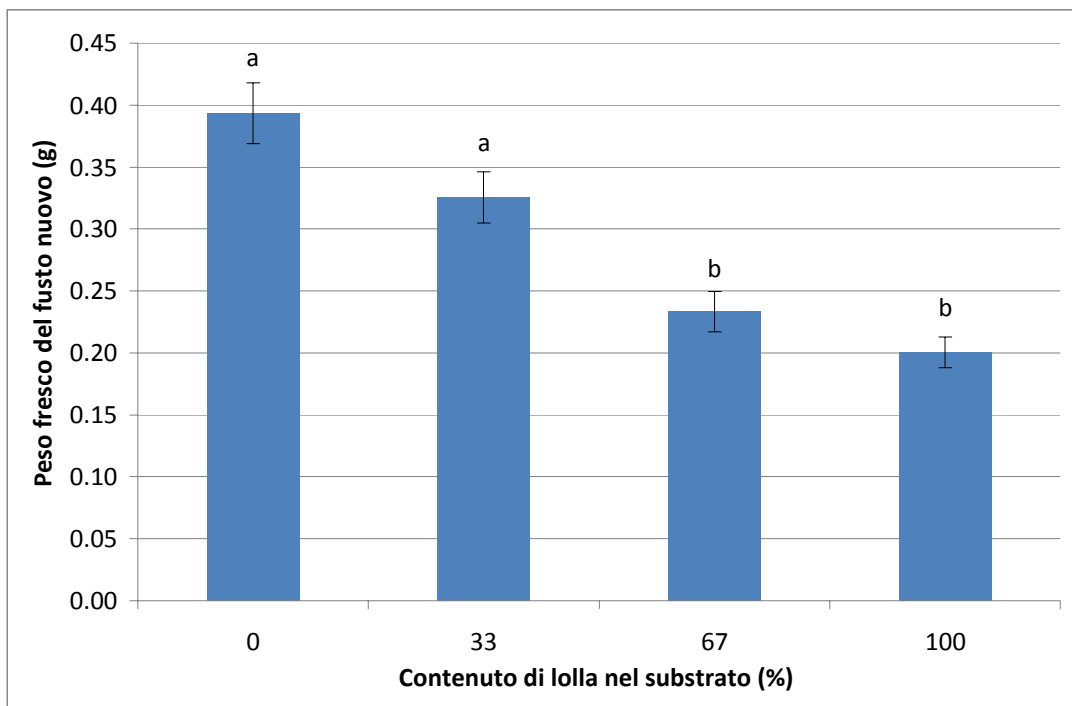


Fig. 95. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sul peso fresco del fusto nuovo delle talee di rosa.

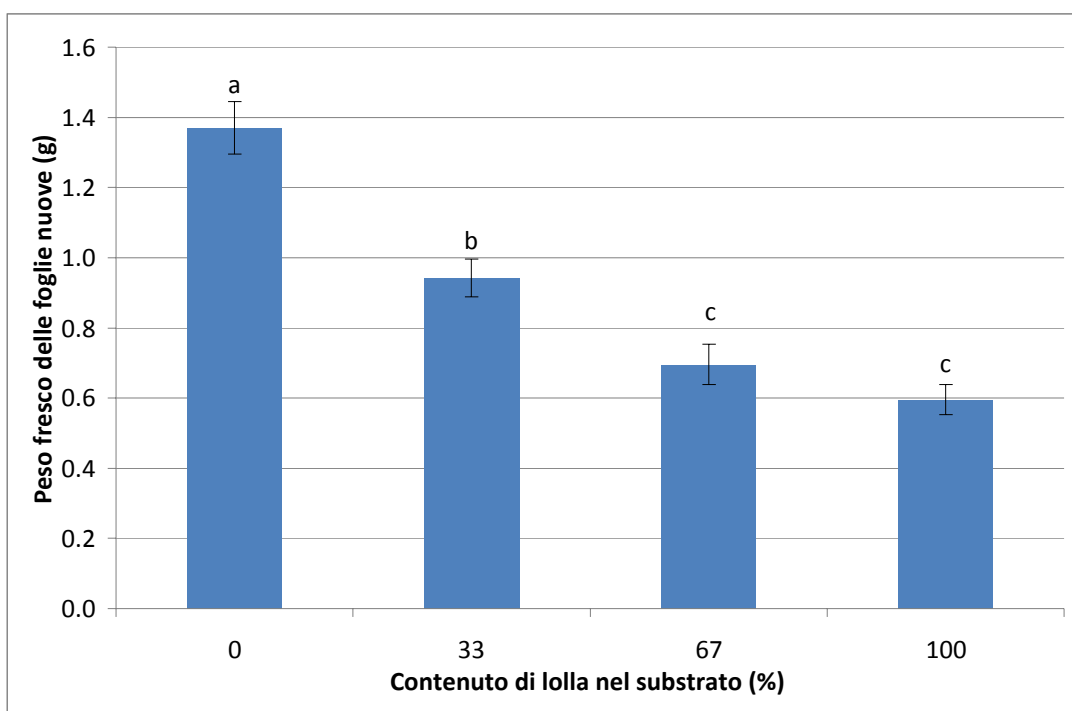


Fig. 96. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sul peso fresco delle foglie nuove delle talee di rosa.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

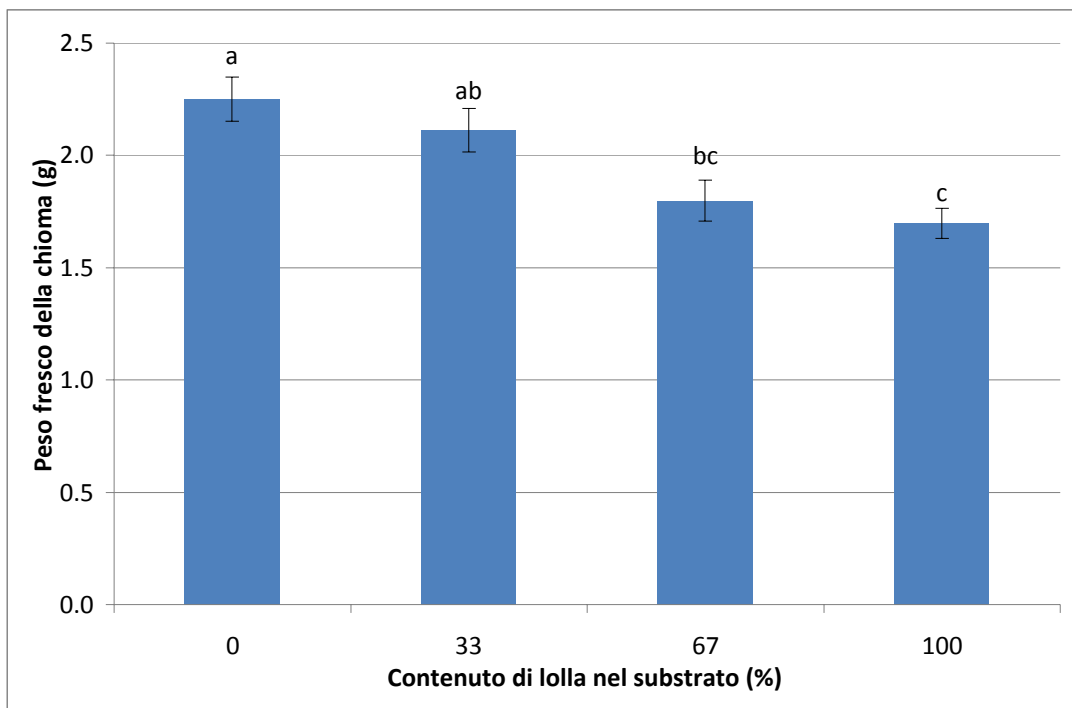


Fig. 97. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sul peso fresco della chioma delle talee di rosa.

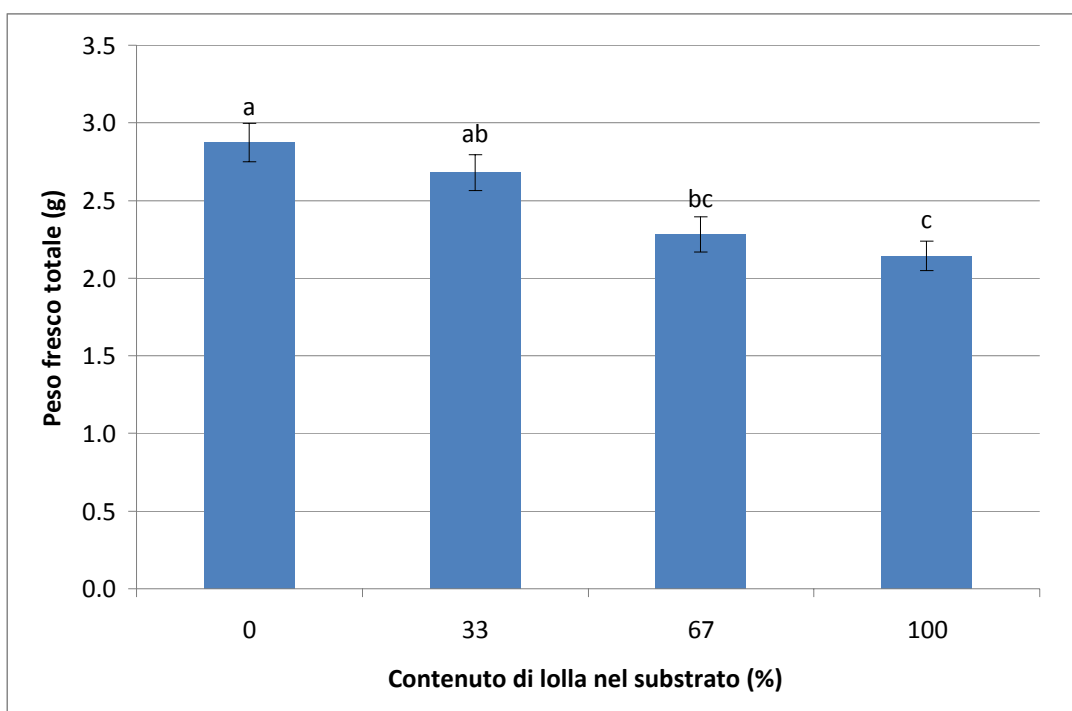


Fig. 98. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sul peso fresco totale delle talee di rosa.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

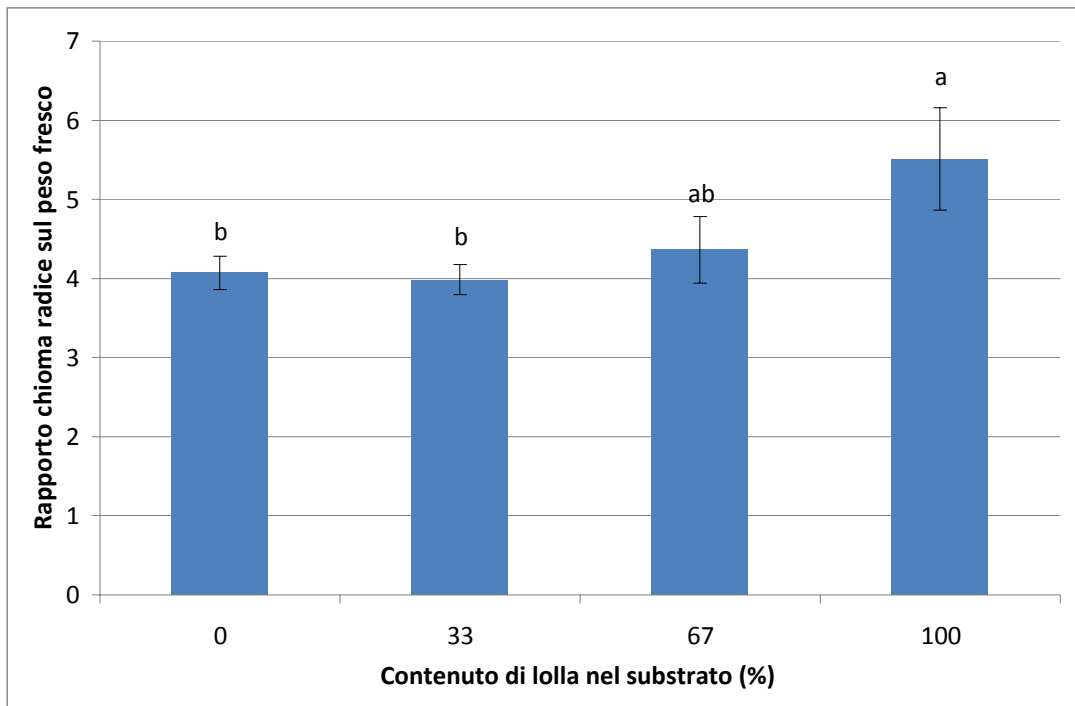


Fig. 99. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sul rapporto chioma/radice sul peso fresco delle talee di rosa.

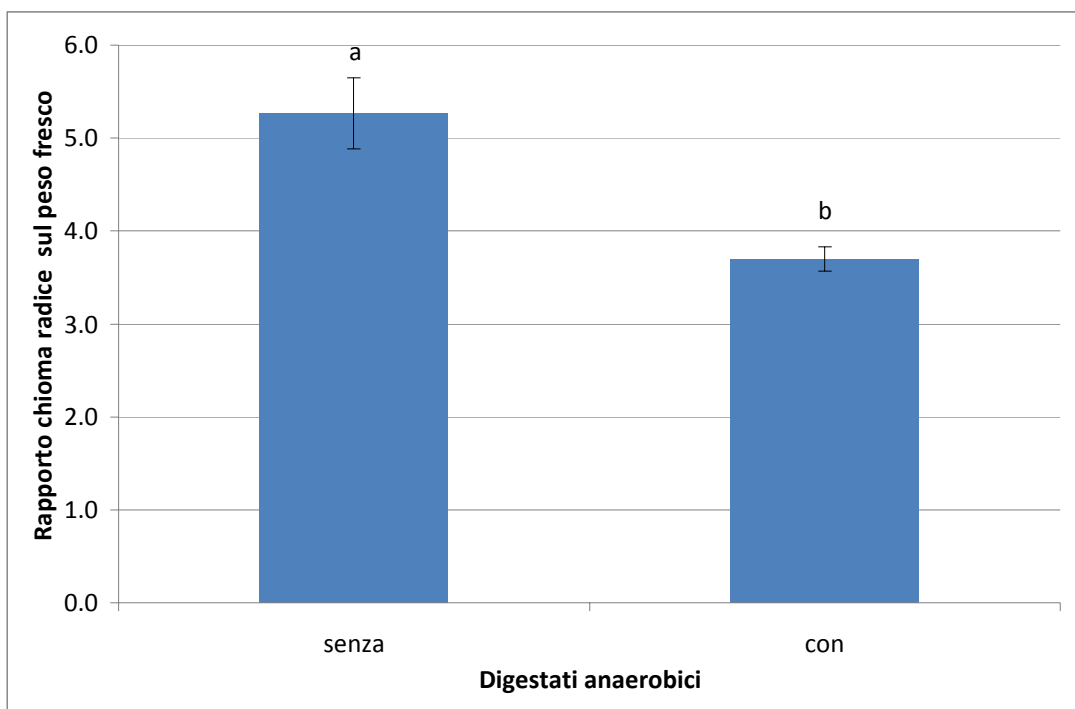


Fig. 100. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sul rapporto chioma/radice sul peso fresco delle talee di rosa.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

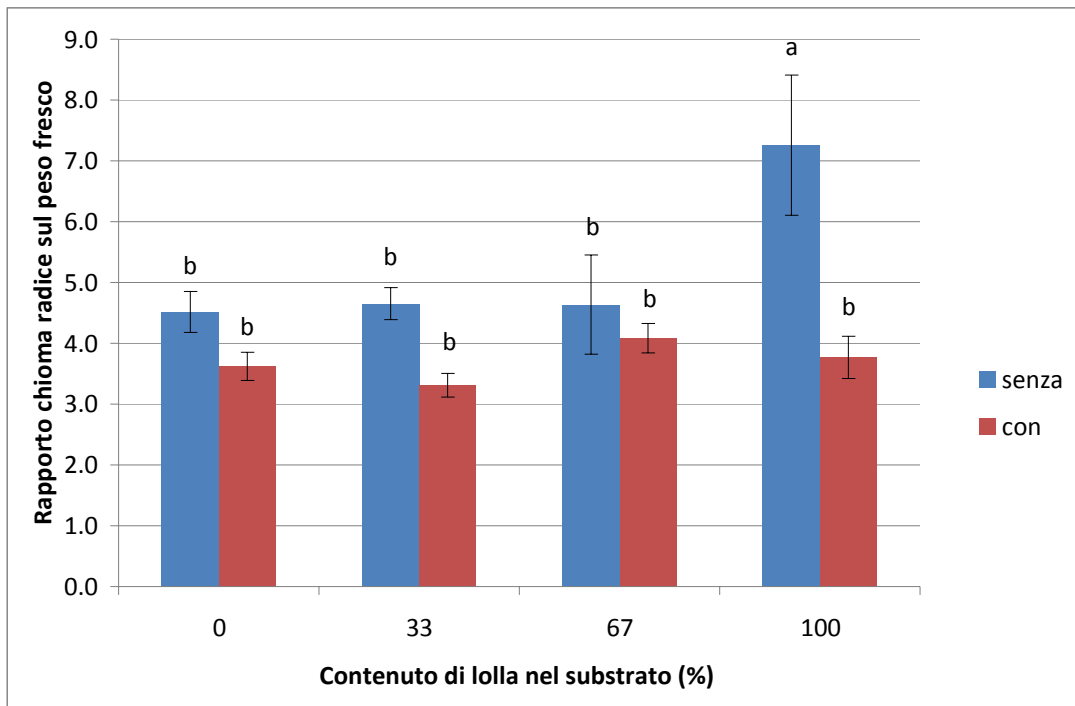


Fig. 101. Rosa, secondo rilievo: effetto di interazione "% di lolla × digestato" sul rapporto chioma/radice sul peso fresco delle talee di rosa.

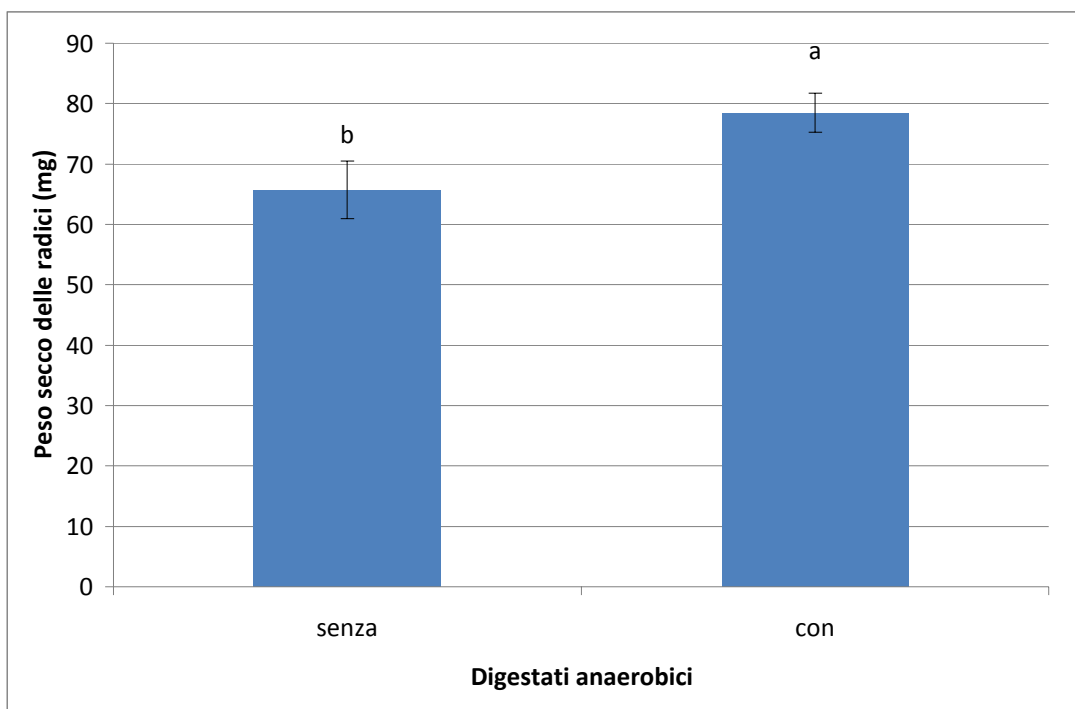


Fig. 102. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sul peso secco delle radici delle talee di rosa.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

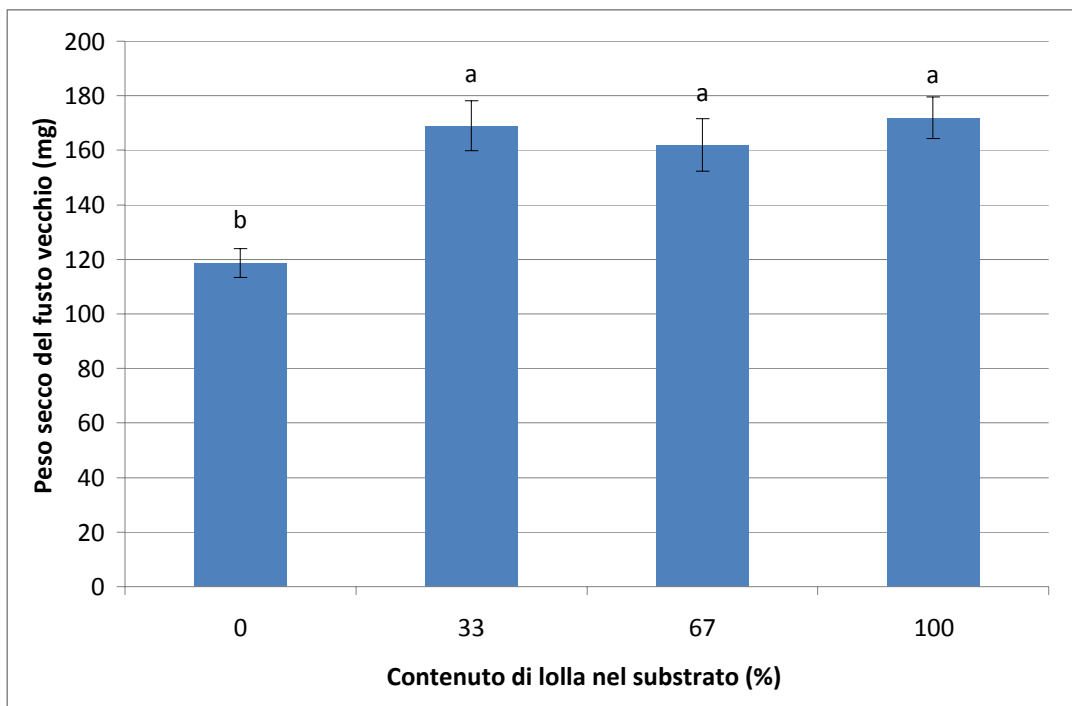


Fig. 103. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sul peso secco del fusto vecchio delle talee di rosa.

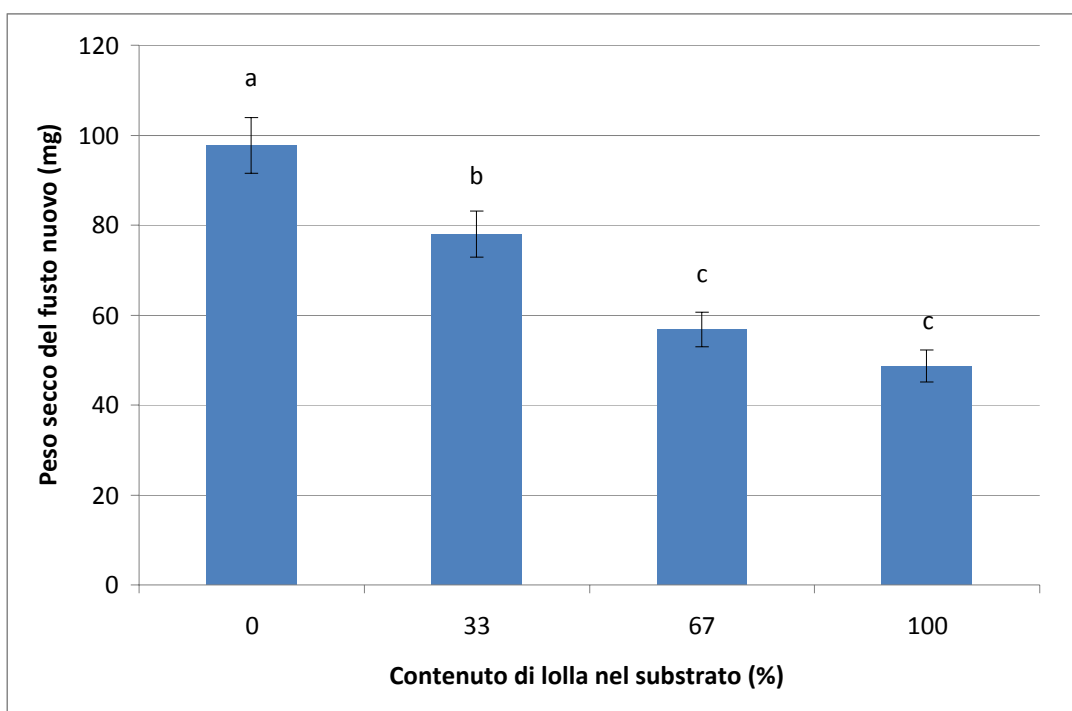


Fig. 104. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sul peso secco del fusto nuovo delle talee di rosa.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

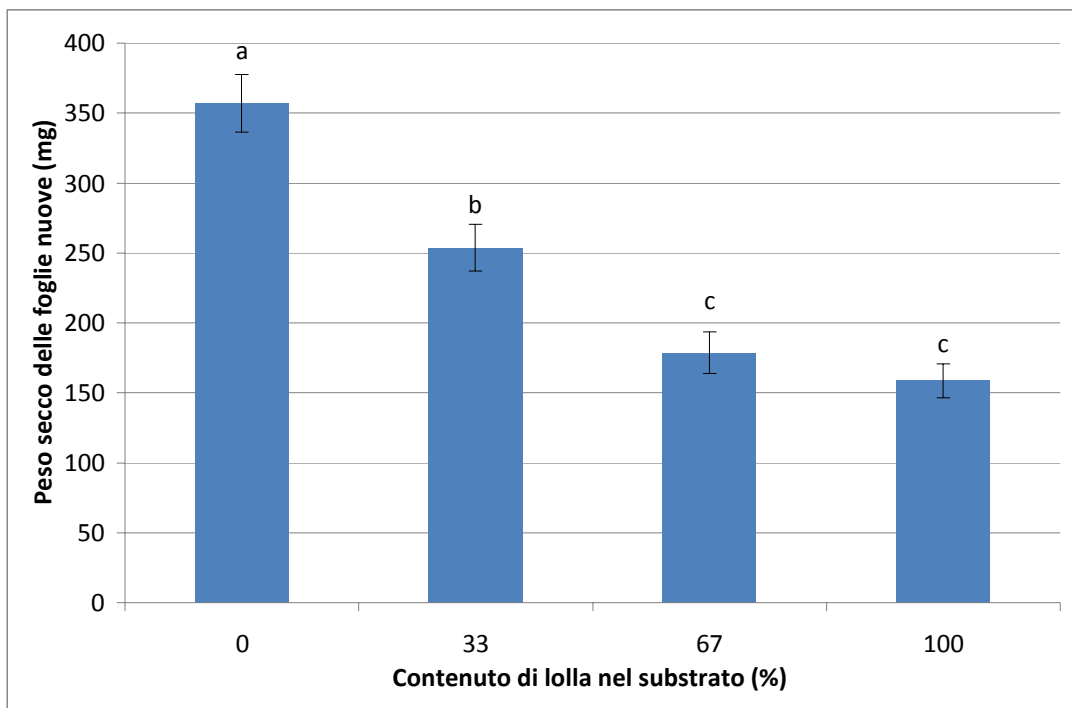


Fig. 105. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sul peso secco delle foglie nuove delle talee di rosa.

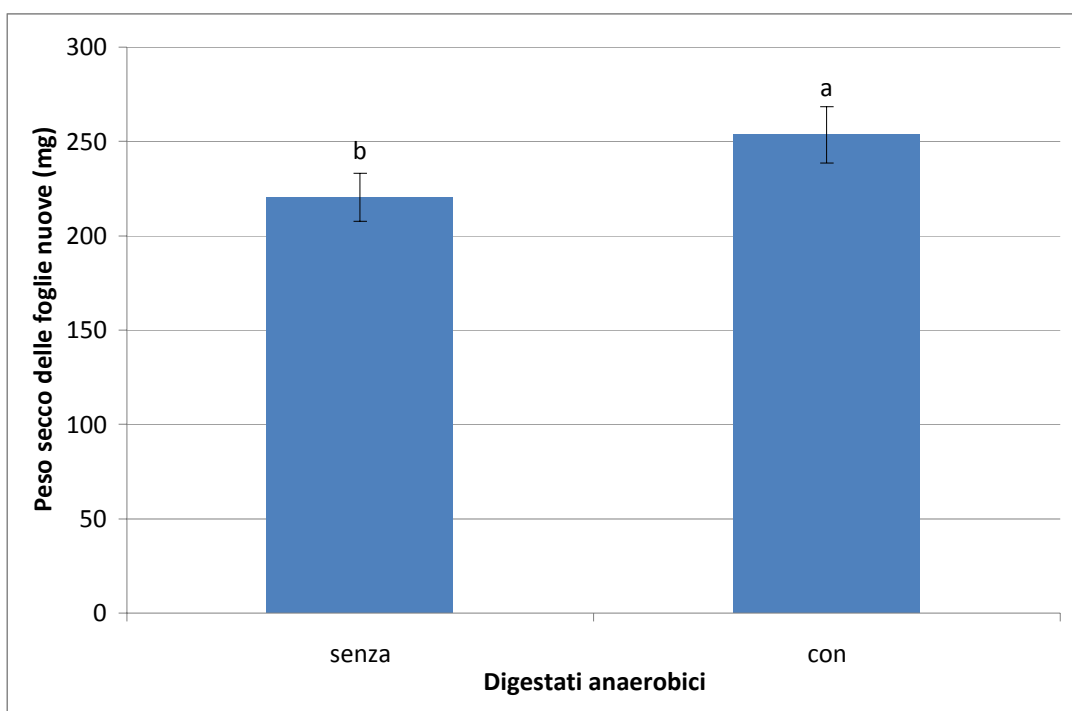


Fig. 106. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sul peso secco delle foglie nuove delle talee di rosa.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

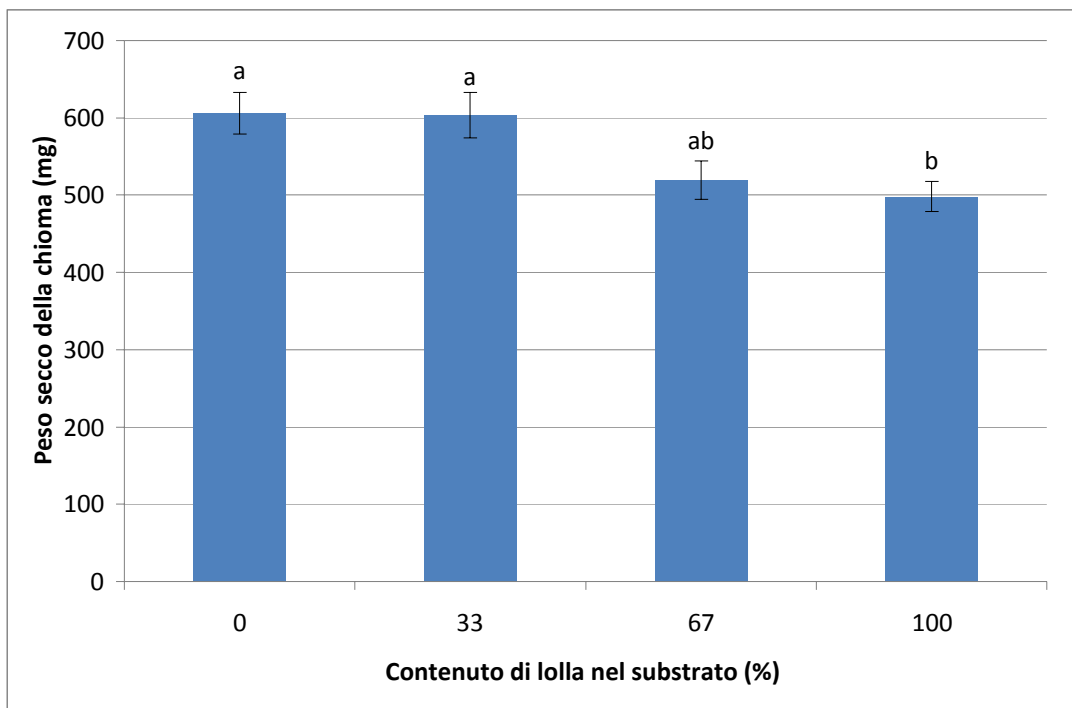


Fig. 107. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sul peso secco della chioma delle talee di rosa.

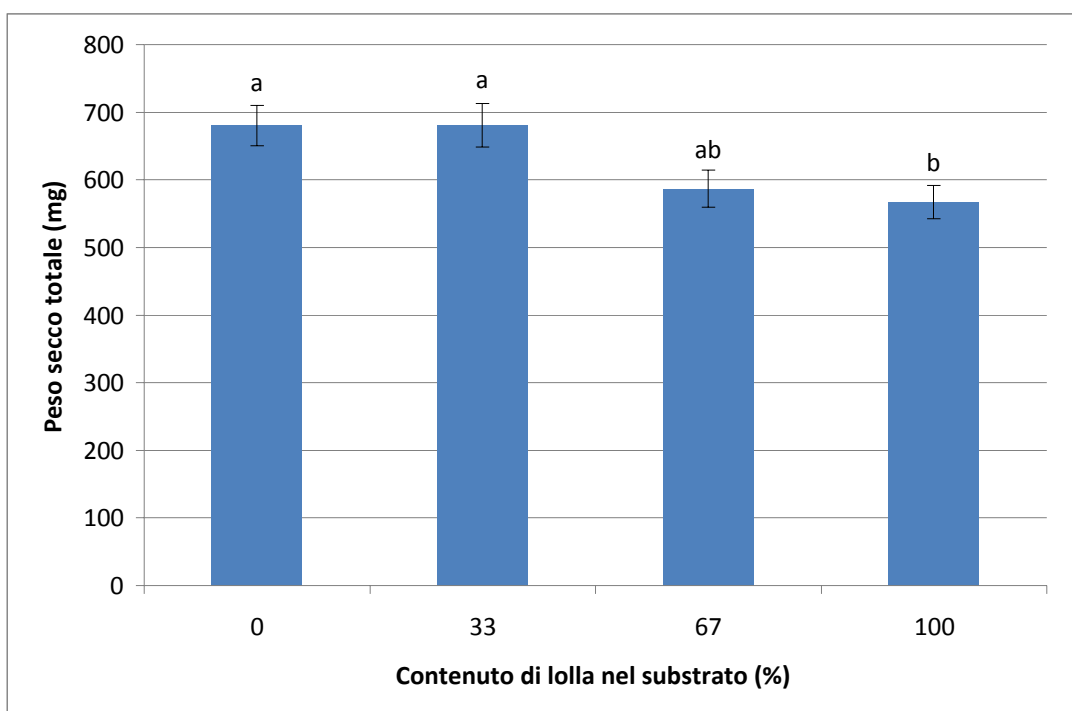


Fig. 108. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sul peso secco totale delle talee di rosa.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

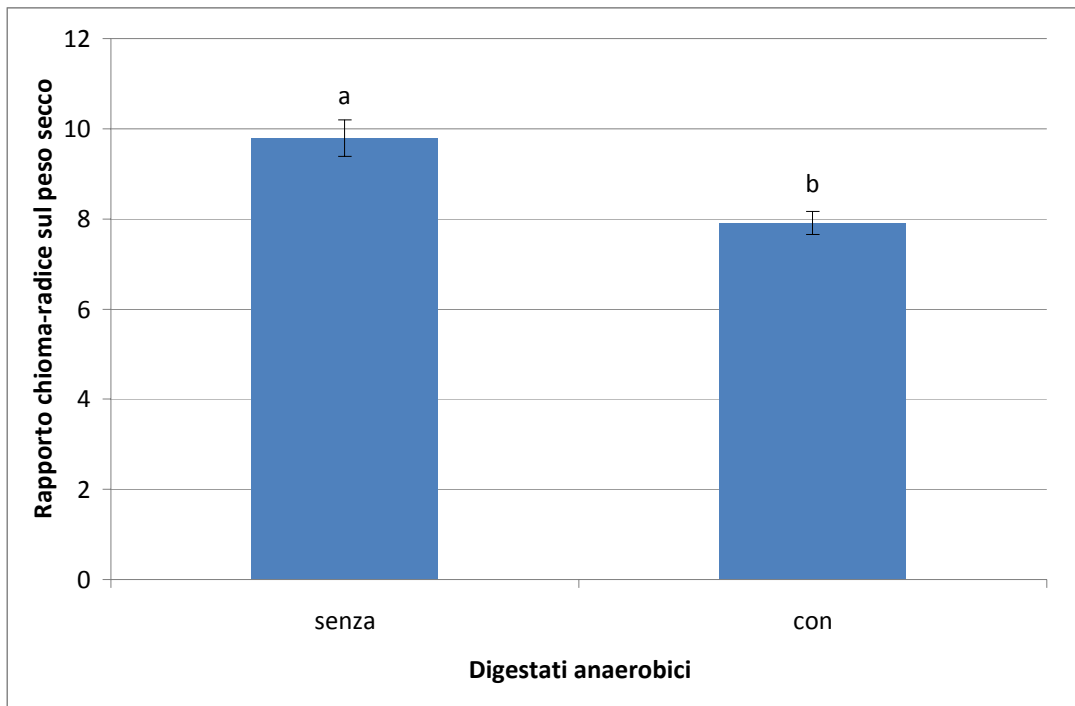


Fig. 109. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sul rapporto chioma/radice sul peso secco delle talee di rosa.

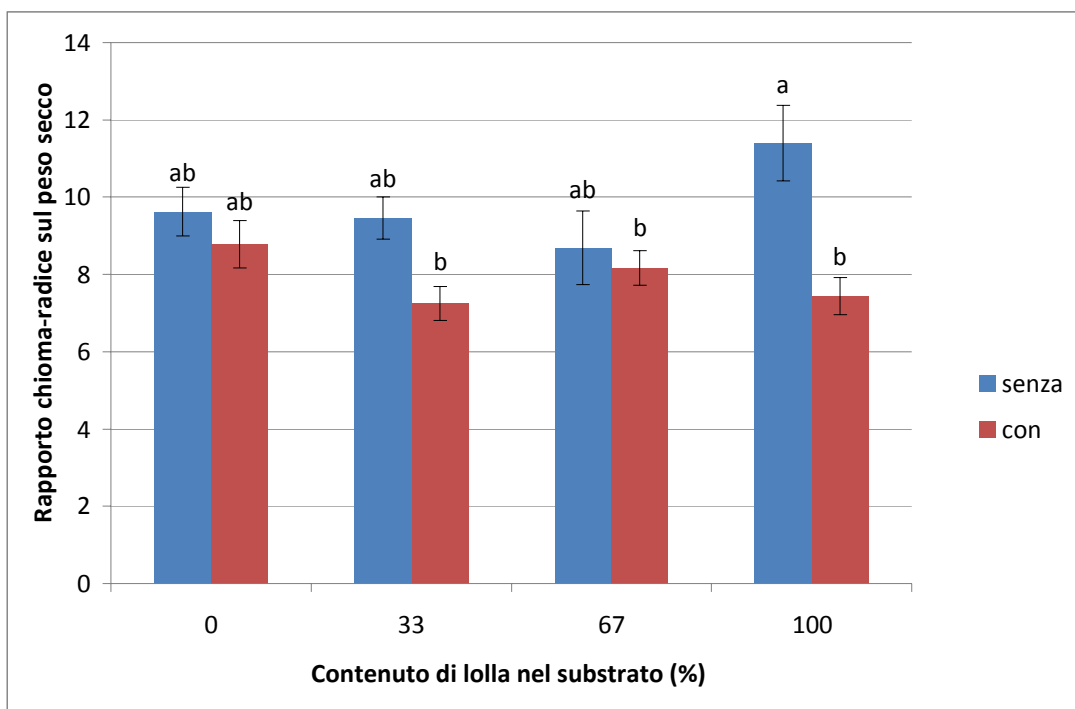


Fig. 110. Rosa, secondo rilievo: effetto di interazione "% di lolla × digestato" sul rapporto chioma/radice sul rapporto chioma/radice sul peso secco delle talee di

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

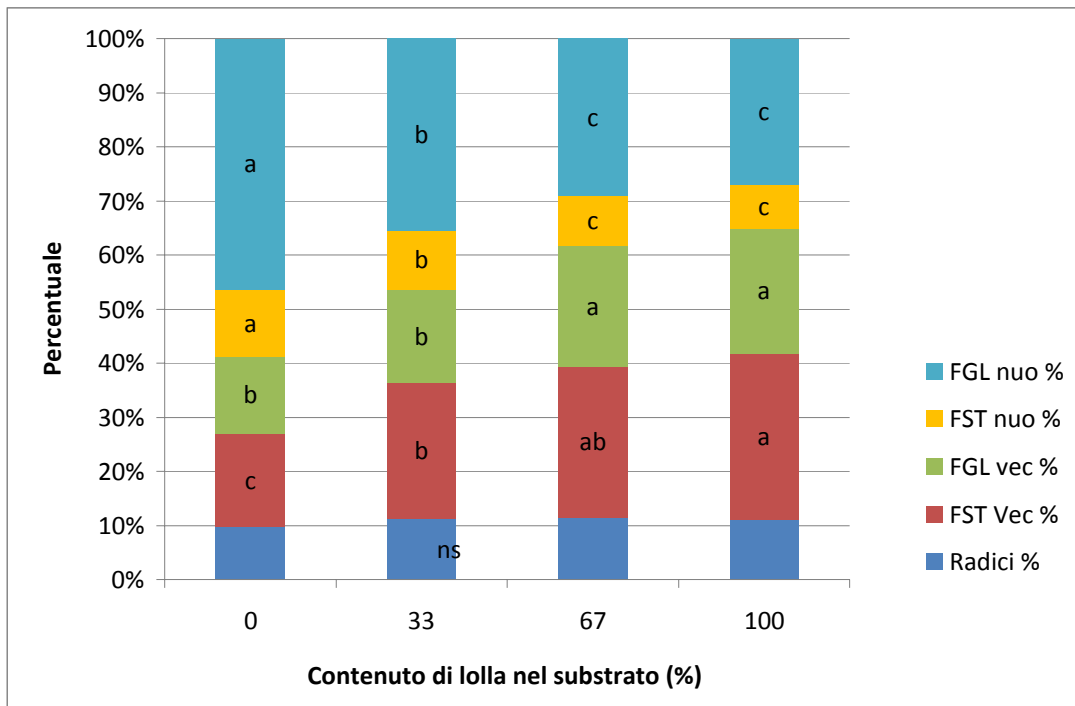


Fig. 111. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla ripartizione percentuale della sostanza secca delle talee di rosa.

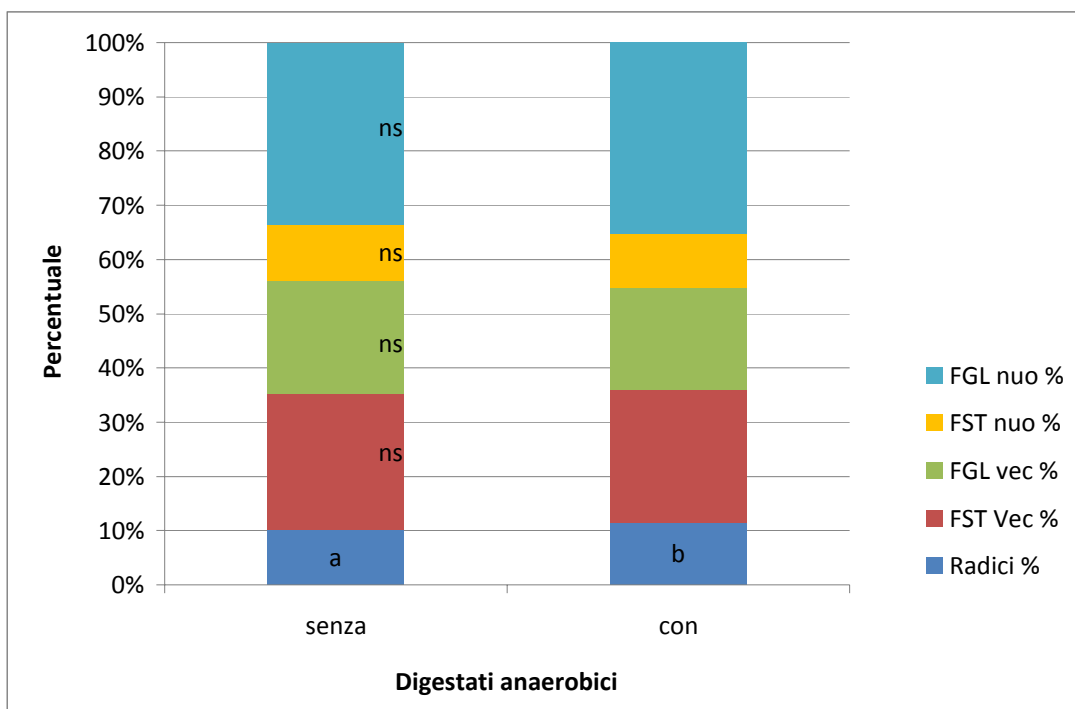


Fig. 112. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della presenza di digestati nei substrati sulla ripartizione percentuale della sostanza secca delle talee di rosa.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

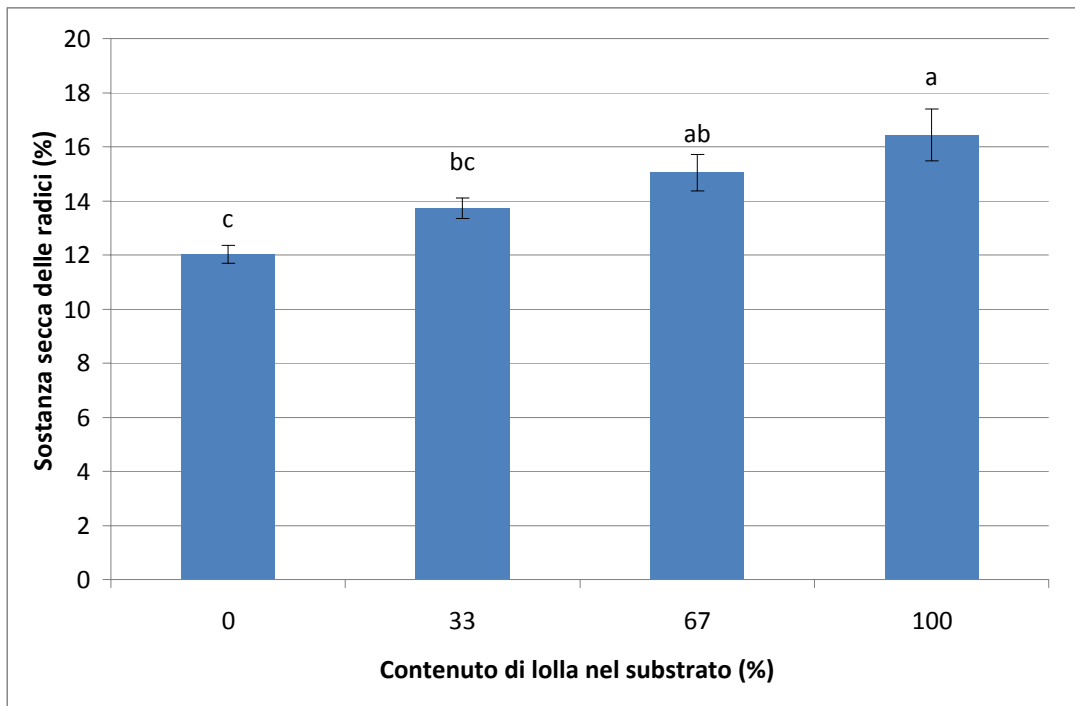


Fig. 113. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla quantità di sostanza secca delle radici delle talee di rosa.

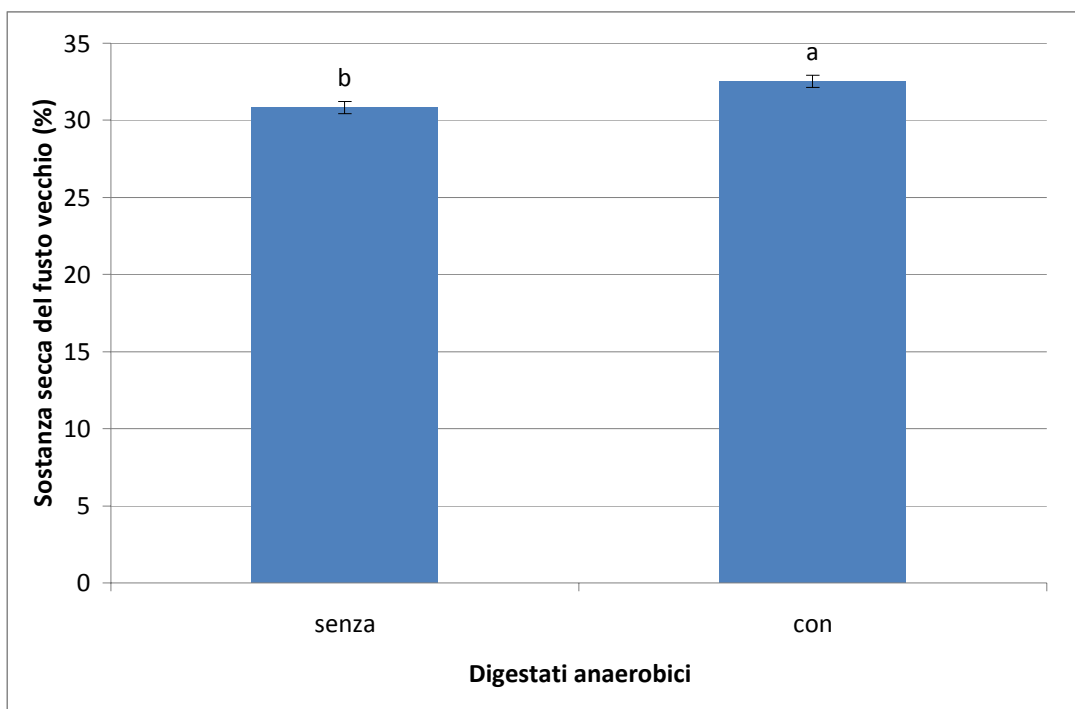


Fig. 114. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sulla quantità di sostanza secca del fusto vecchio delle talee di rosa.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

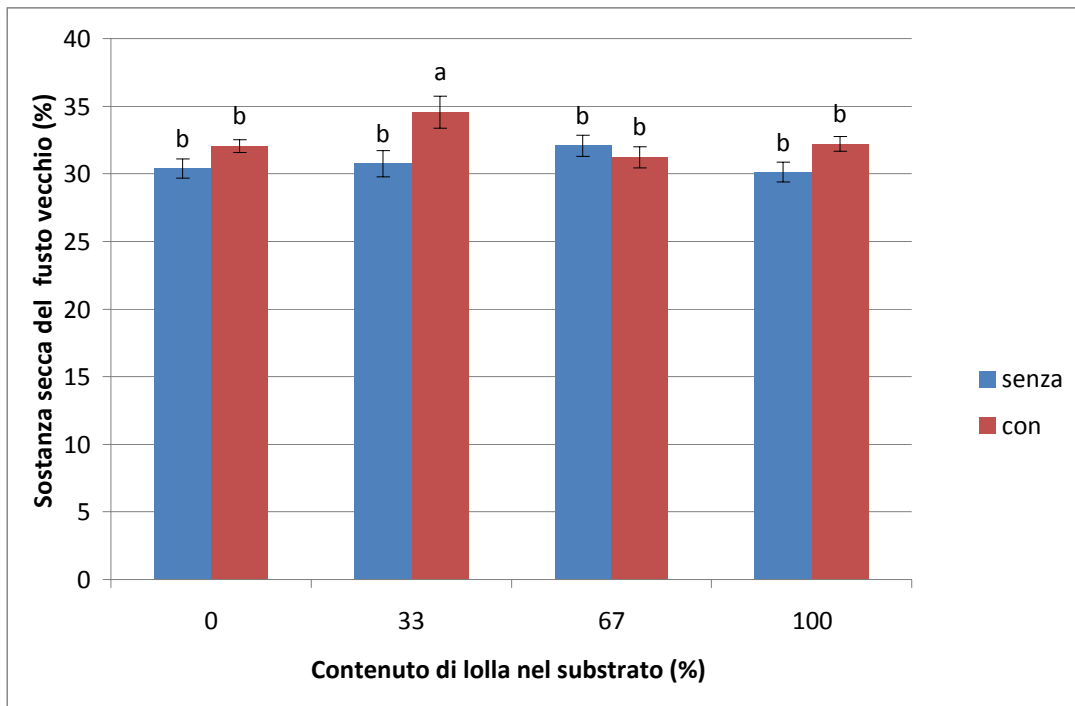


Fig. 115. Rosa, secondo rilievo: effetto di interazione "% di lolla × digestato" sul rapporto chioma/radice sulla quantità di sostanza secca del fusto vecchio delle talee

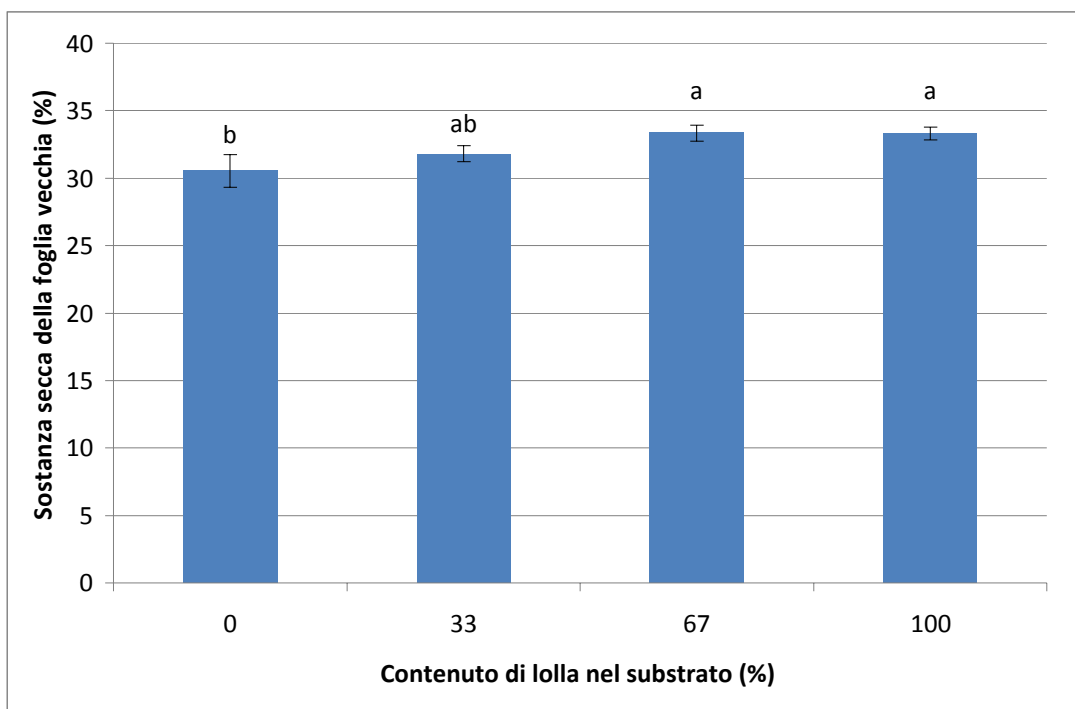


Fig. 116. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla quantità di sostanza secca della foglia vecchia delle talee di rosa.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

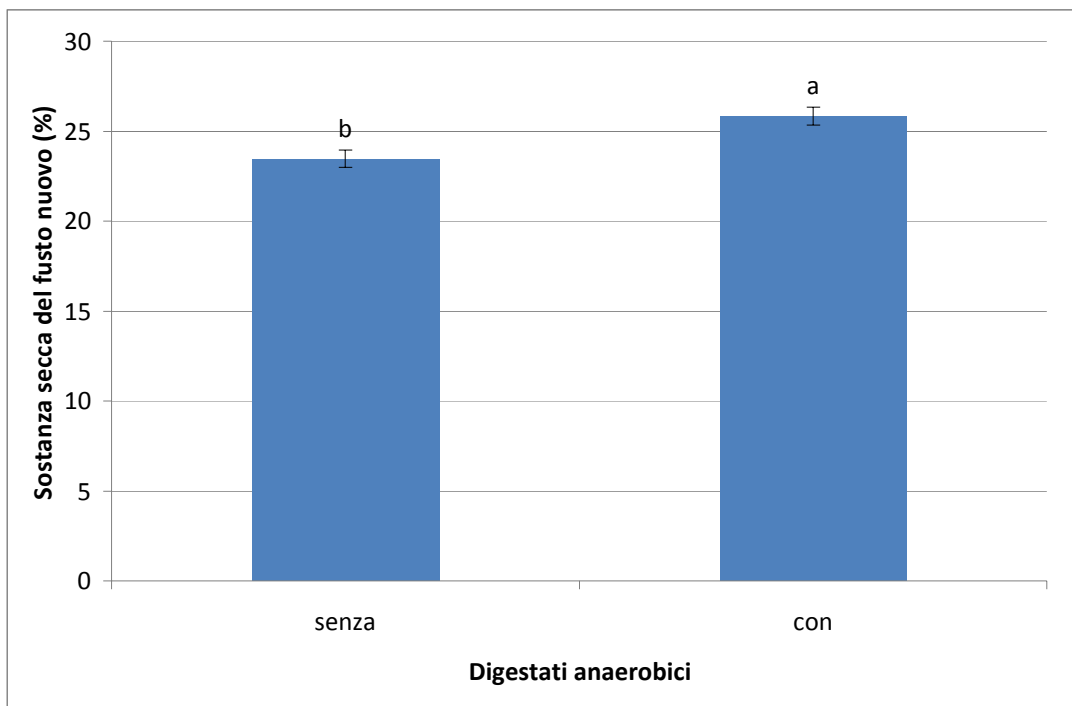


Fig. 117. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della presenza o meno di digestat nei substrati sulla quantità di sostanza secca del fusto nuovo delle talee di rosa.

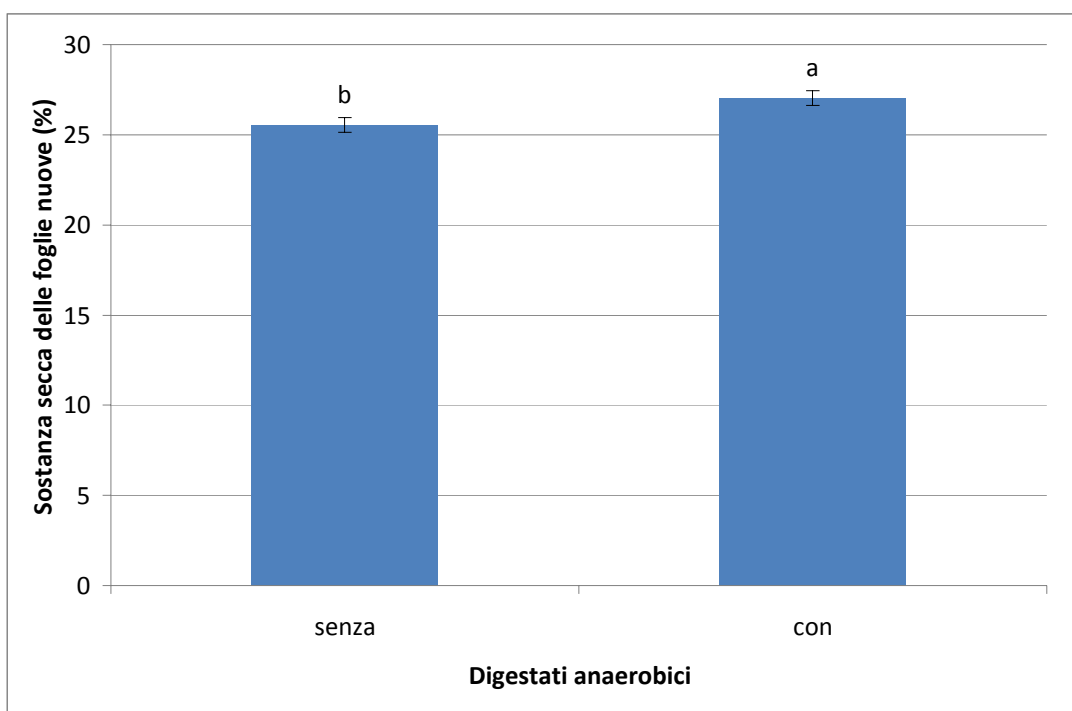


Fig. 118. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della presenza o meno di digestat nei substrati sulla quantità di sostanza secca delle foglie nuove delle talee di rosa.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

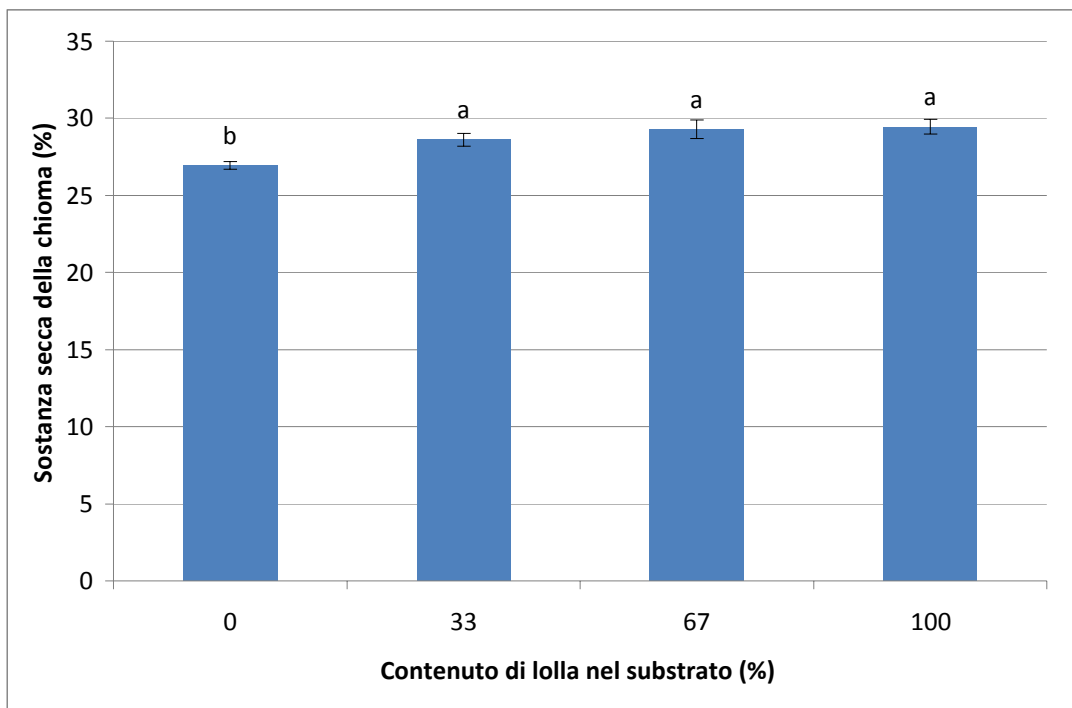


Fig. 119. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla quantità di sostanza secca della chioma delle talee di rosa.

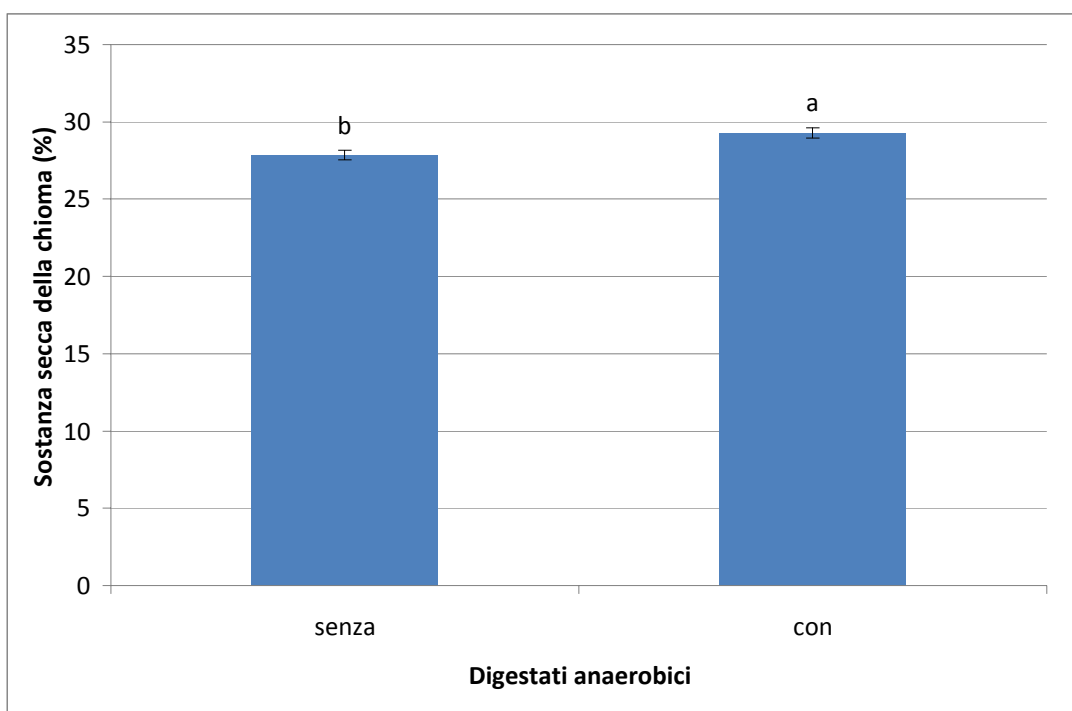


Fig. 120. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sulla quantità di sostanza secca della chioma delle talee di rosa.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

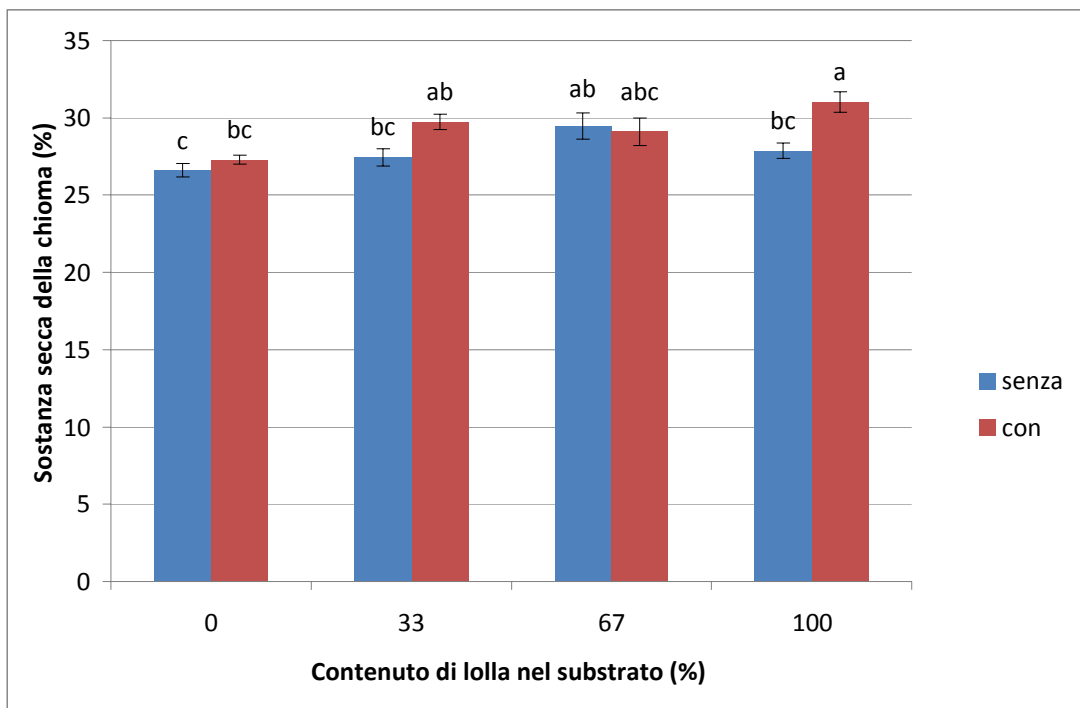


Fig. 121. Rosa, secondo rilievo: effetto di interazione "% di lolla × digestato" sul rapporto chioma/radice sulla quantità di sostanza secca della chioma delle talee di

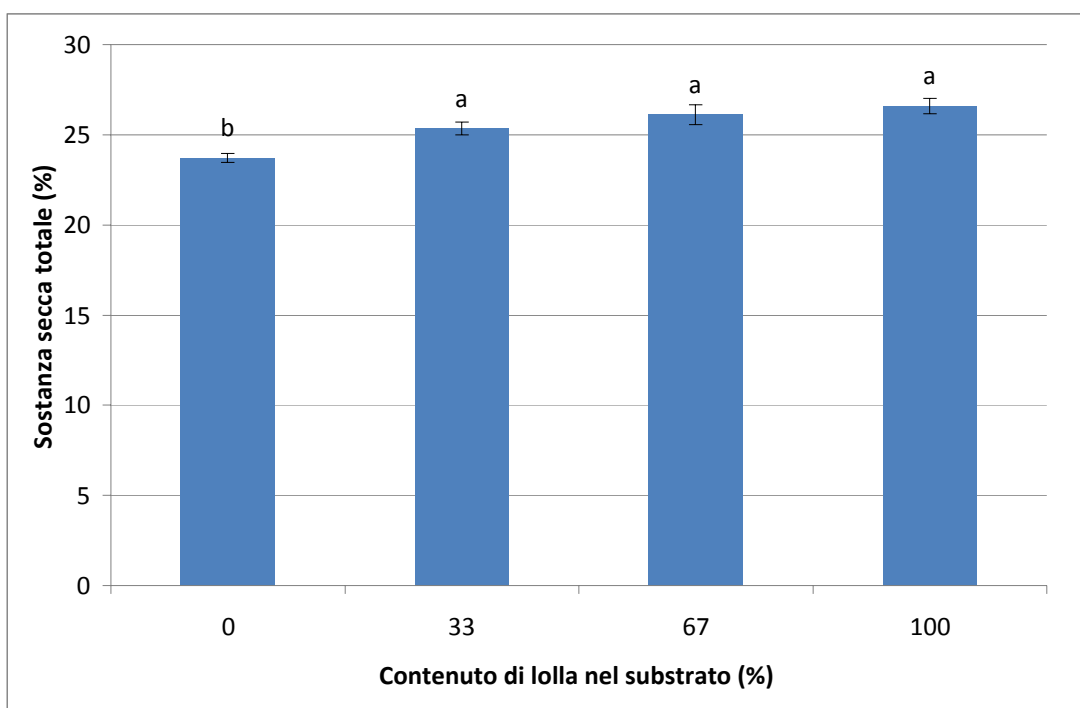


Fig. 122. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla quantità di sostanza secca totale delle talee di rosa.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

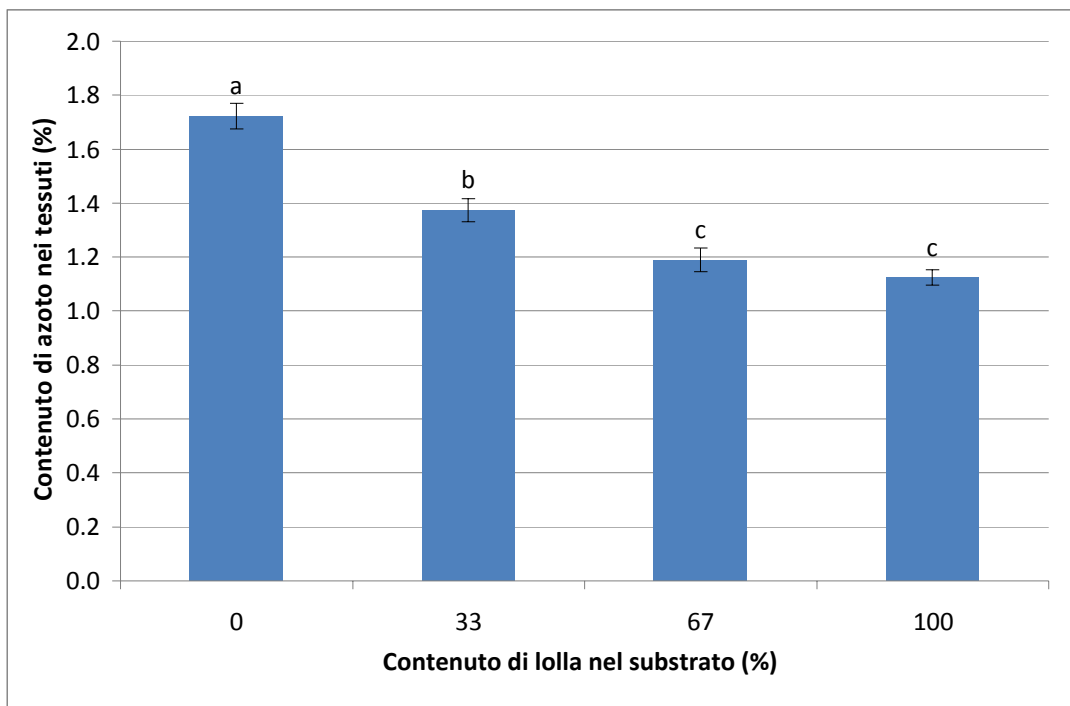


Fig. 123. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sul contenuto di azoto nei tessuti delle talee di rosa.

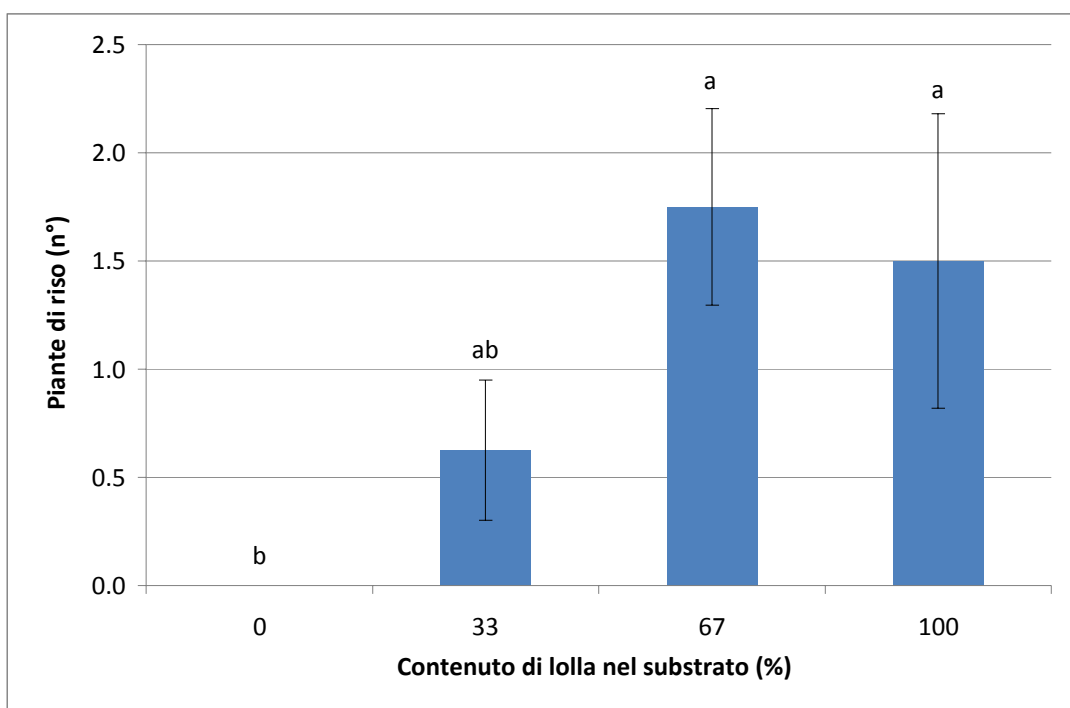


Fig. 124. Rosa, secondo rilievo: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sul numero di piante di riso germinate.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

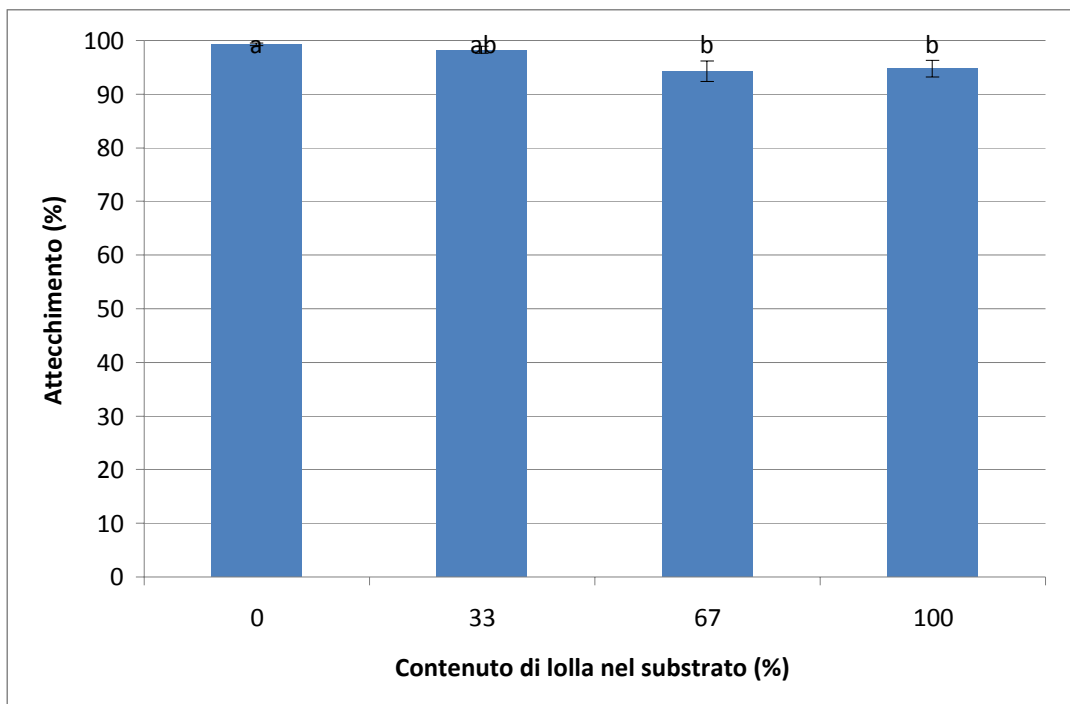


Fig. 125. Geranio: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sul numero di talee di geranio attecchite.

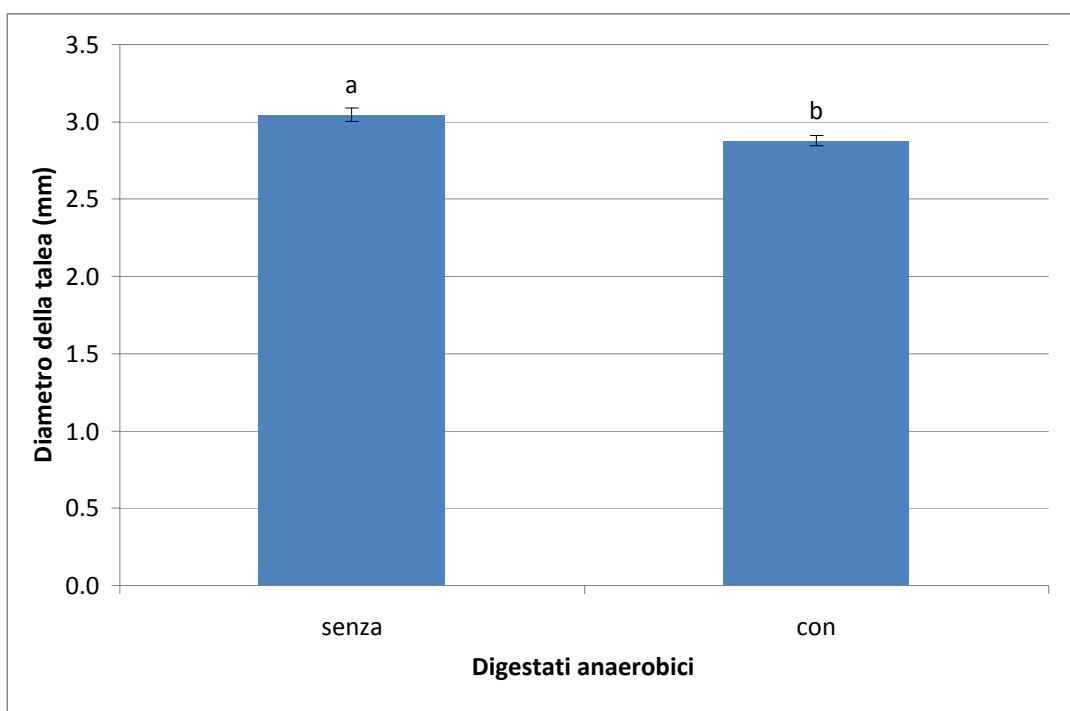


Fig. 126. Geranio: effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sul diametro delle talee di rosa.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

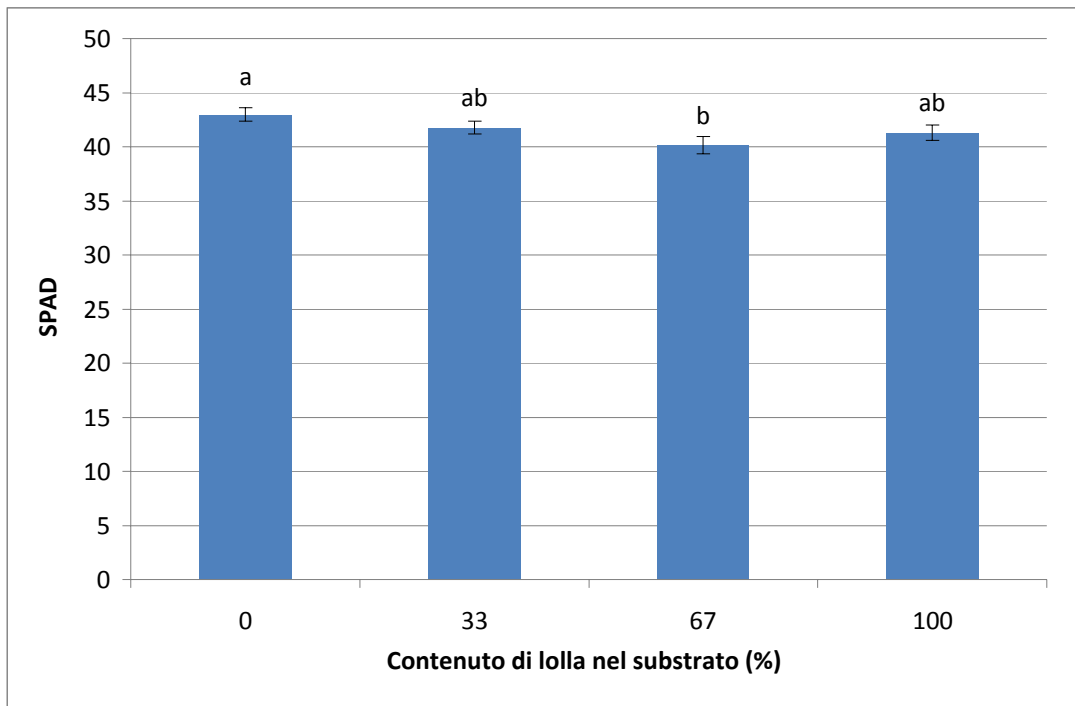


Fig. 127. Geranio: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sullo SPAD delle talee di geranio.

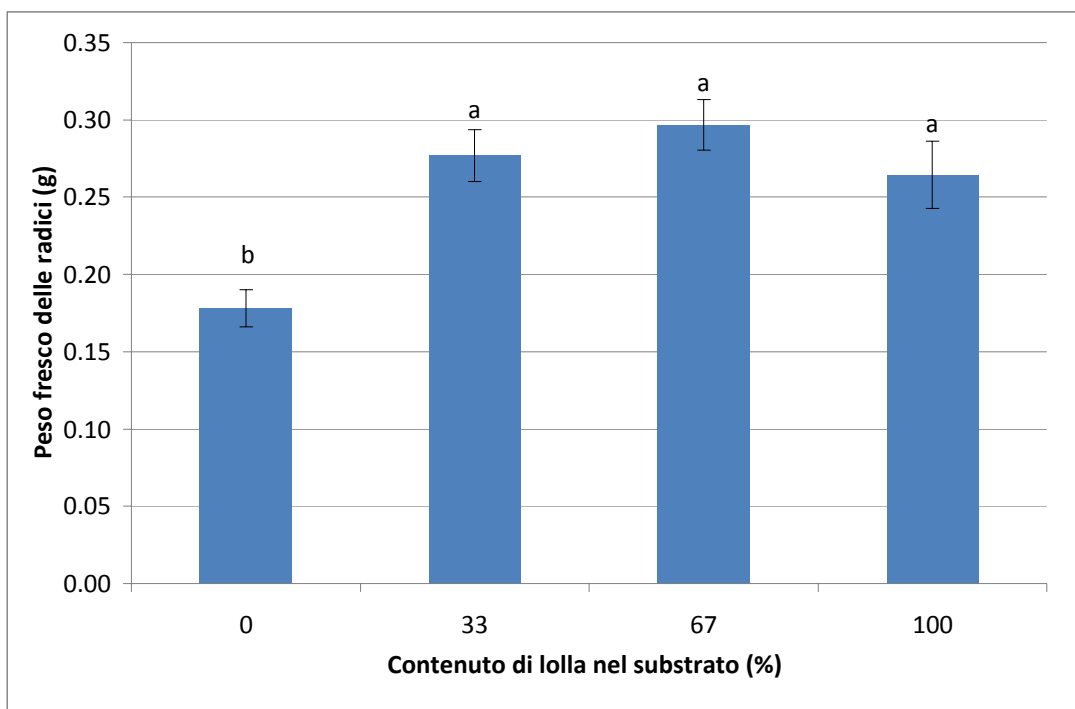


Fig. 128. Geranio: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sul peso fresco delle radici delle talee di geranio.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

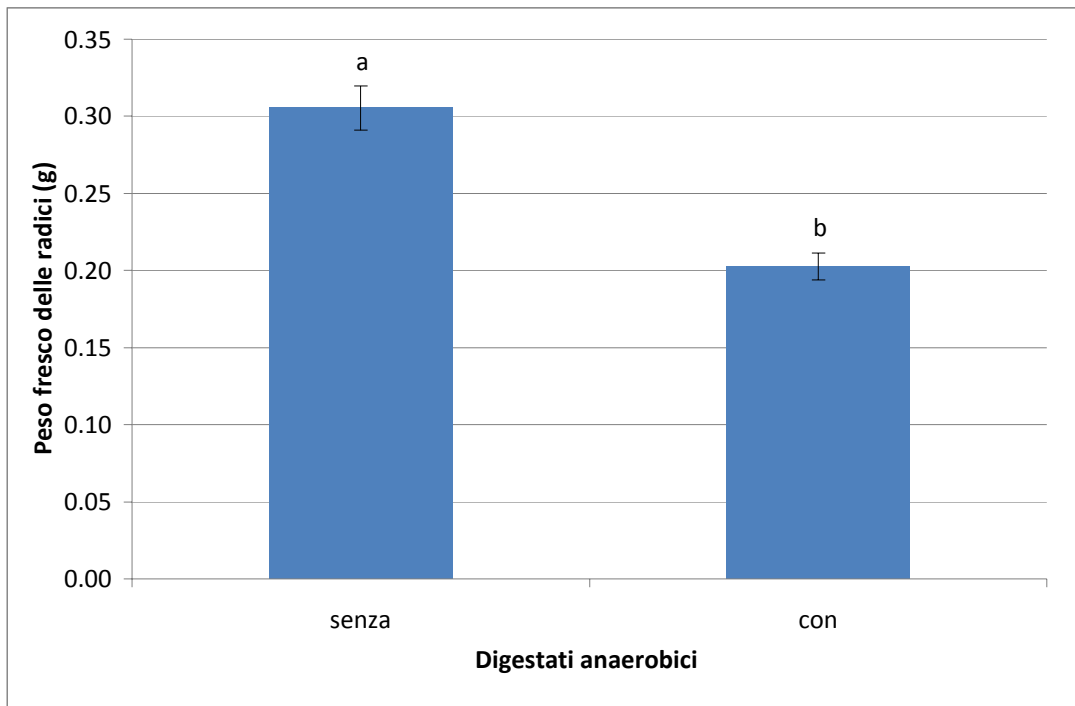


Fig. 128. Geranio: effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sul peso fresco delle radici delle talee di geranio.

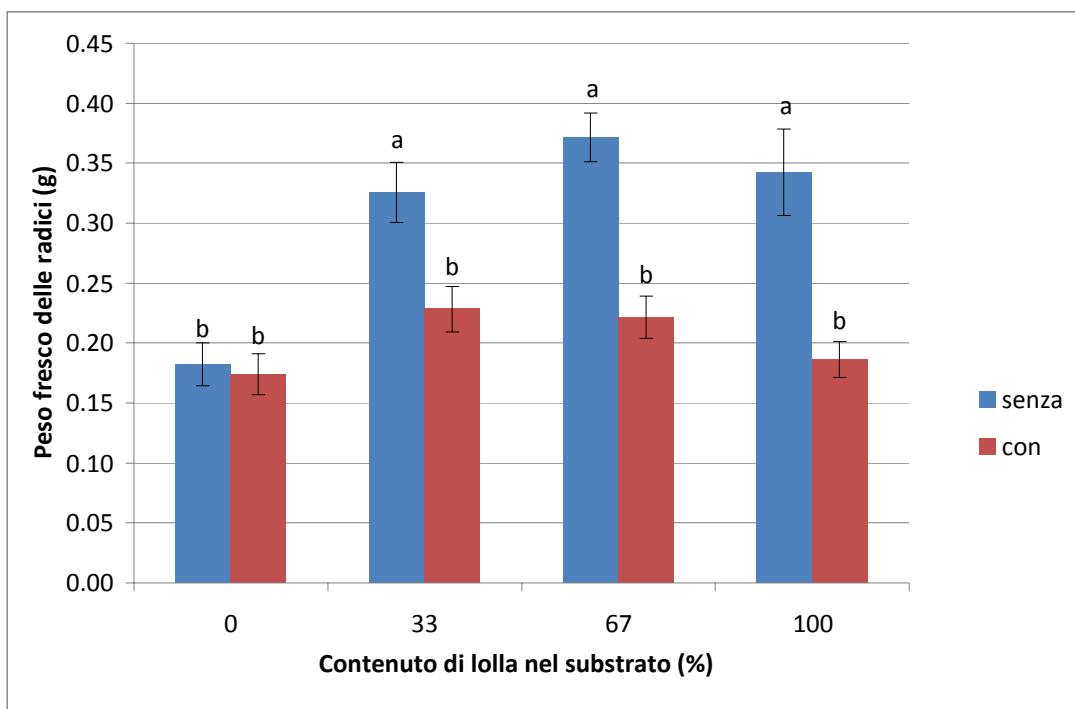


Fig. 130. Geranio: effetto di interazione "% di lolla × digestato" sul peso fresco delle radici delle talee di geranio.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

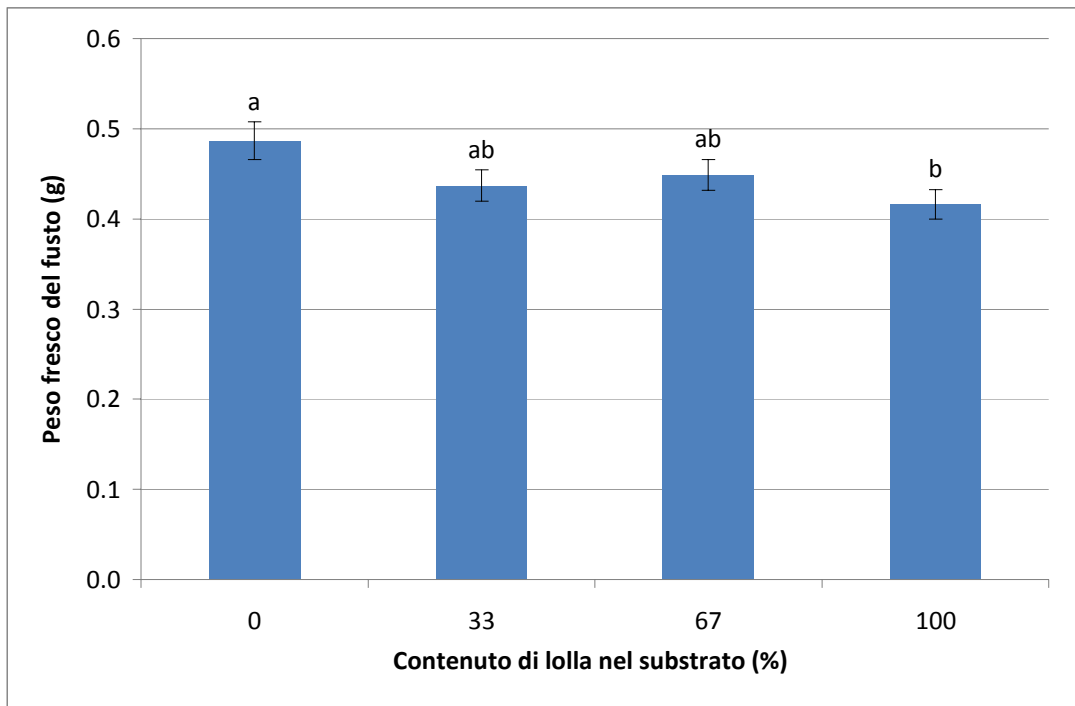


Fig. 131. Geranio: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sul peso fresco del fusto delle talee di geranio.

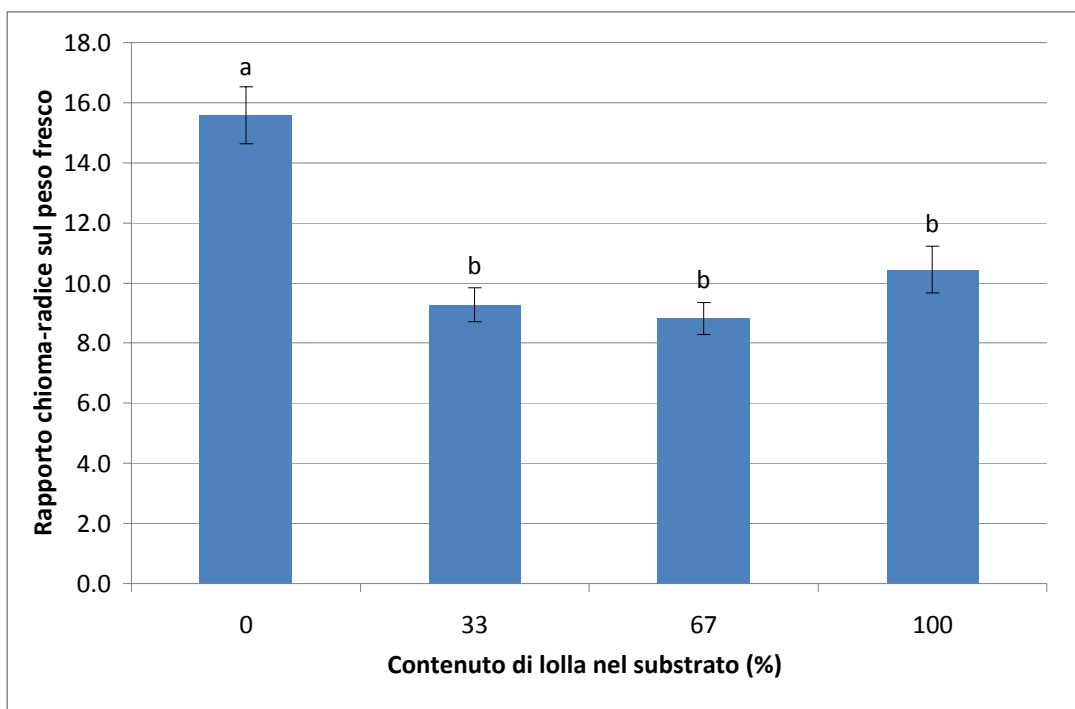


Fig. 132. Geranio: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sul rapporto chioma/radice sul peso fresco delle talee di geranio.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

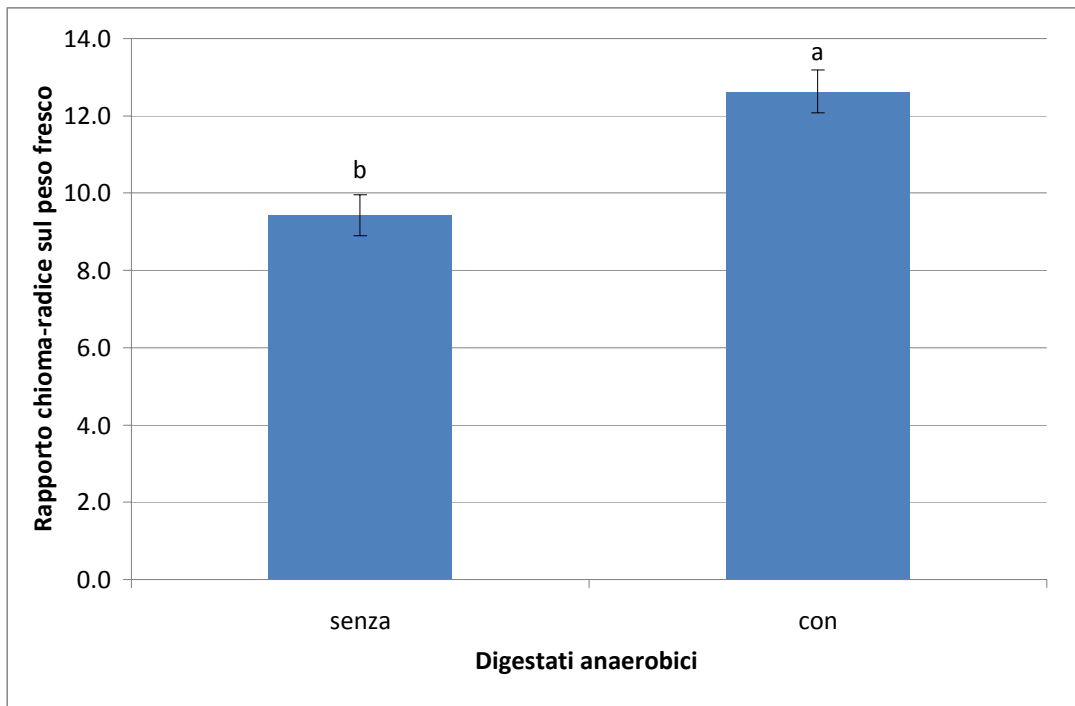


Fig. 133. Geranio: effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sul rapporto chioma/radice sul peso fresco delle talee di geranio.

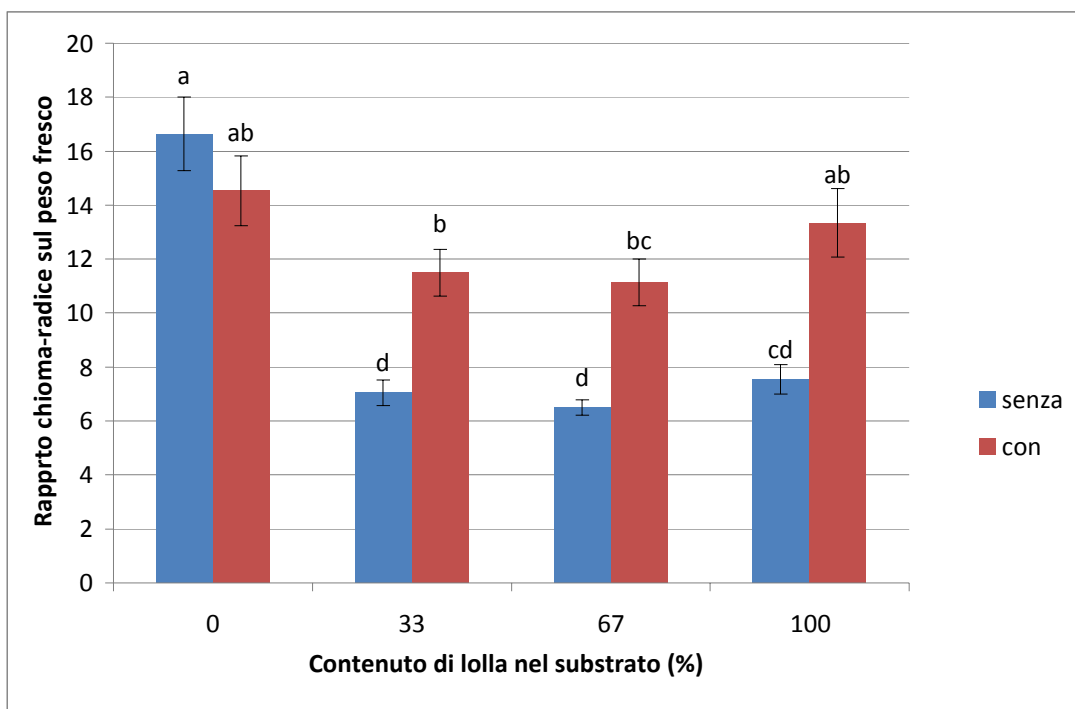


Fig. 134. Geranio: effetto di interazione "% di lolla × digestato" sul rapporto chioma/radice sul peso fresco delle talee di geranio.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

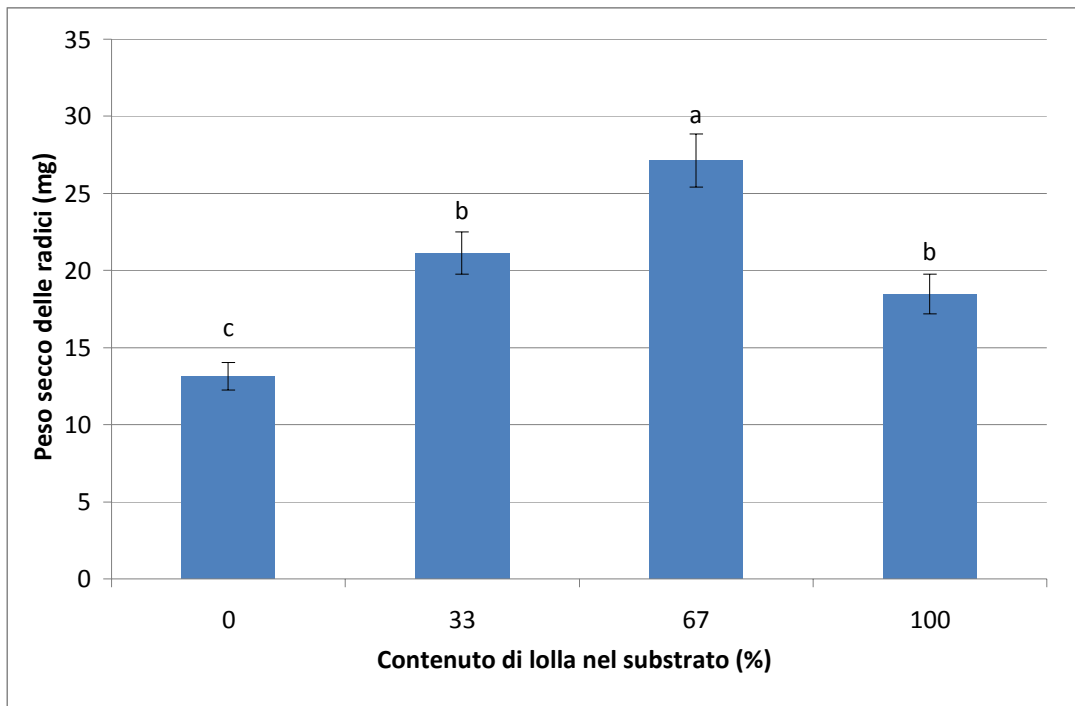


Fig. 135. Geranio: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sul peso secco delle radici delle talee di geranio.

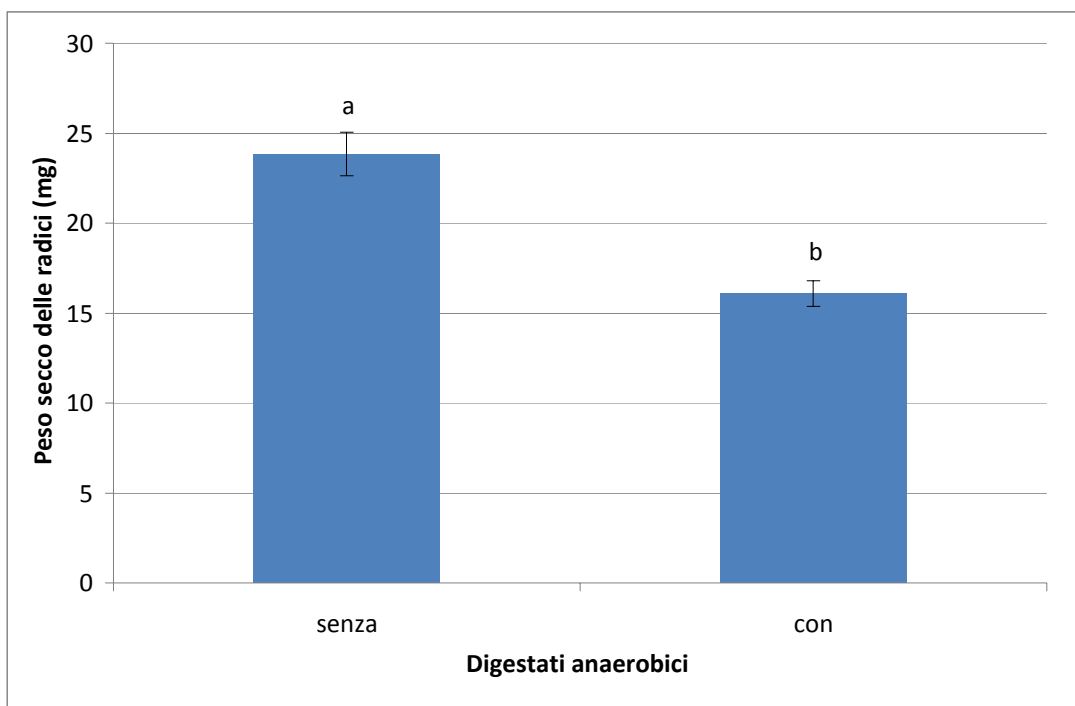


Fig. 136. Geranio: effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sul peso secco delle radici delle talee di geranio.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

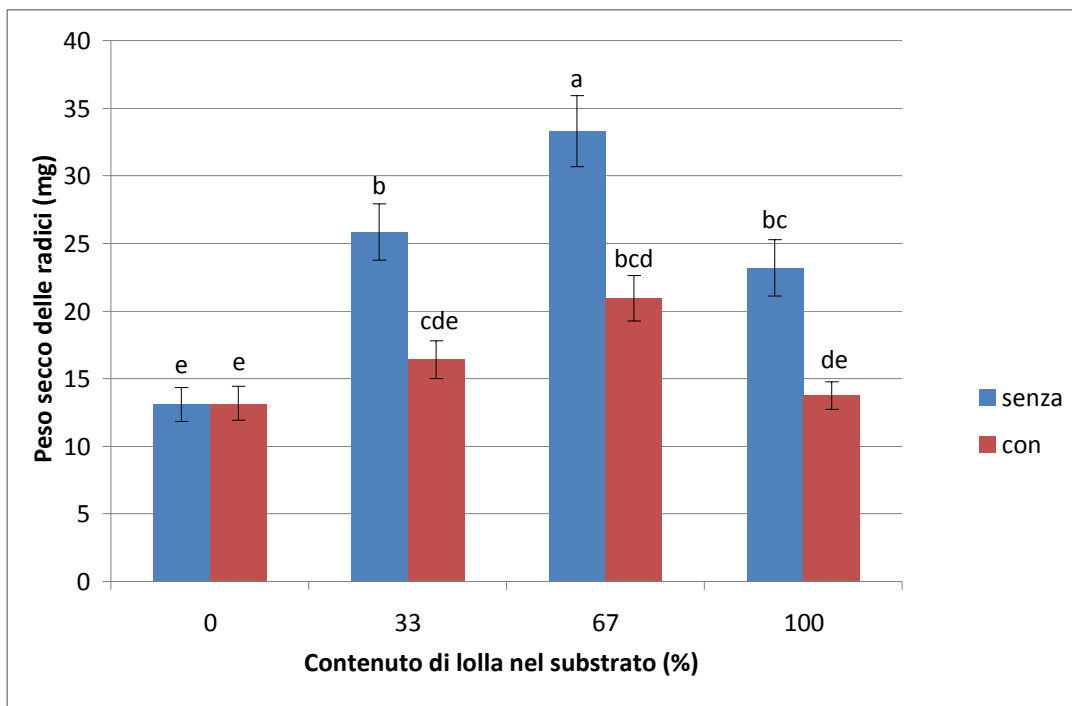


Fig. 137. Geranio: effetto di interazione "% di lolla × digestato" sul peso secco delle radici delle talee di geranio.

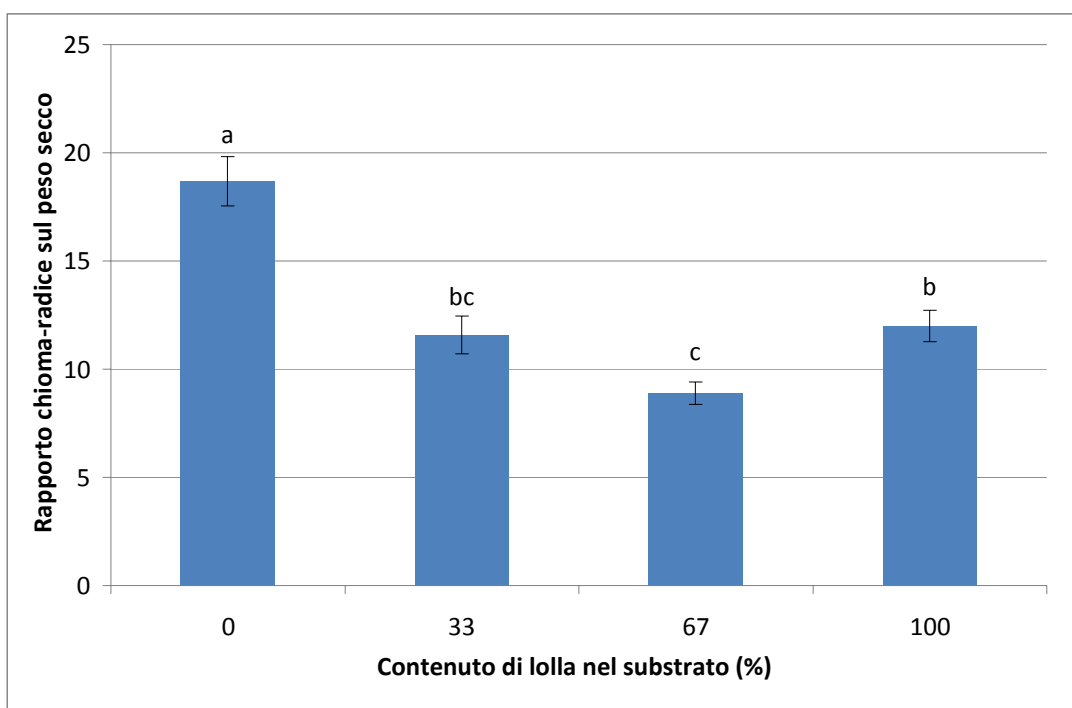


Fig. 138. Geranio: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sul rapporto chioma/radice sul peso secco delle talee di geranio.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

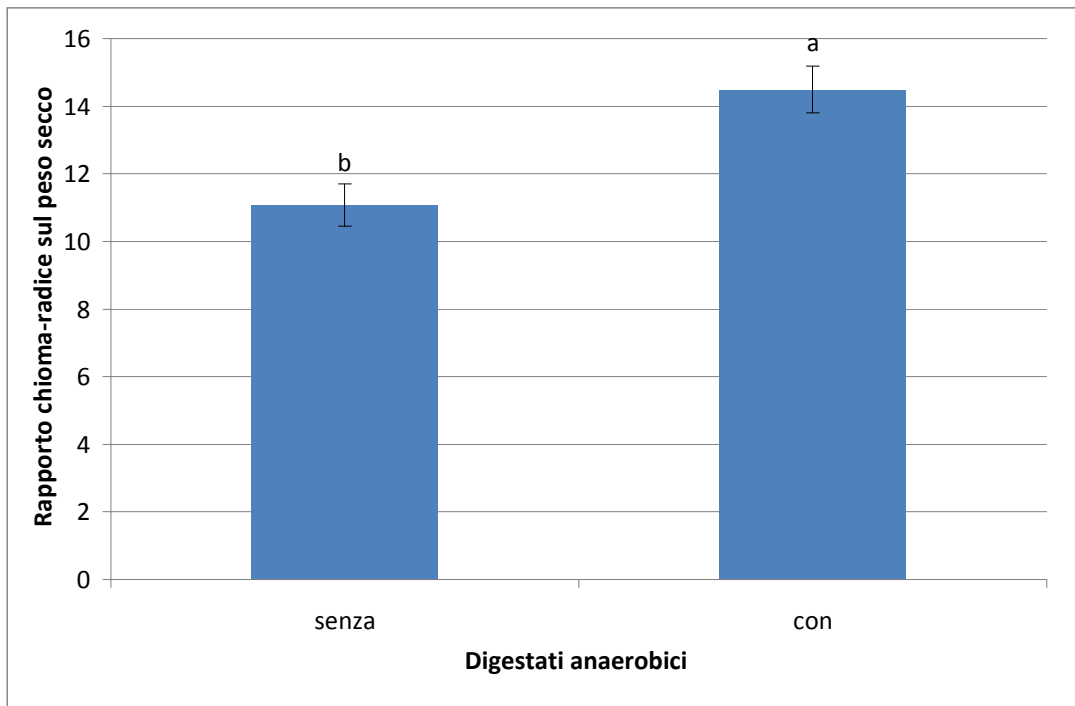


Fig. 139. Geranio: effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sul rapporto chioma/radice sul peso secco delle talee di geranio.

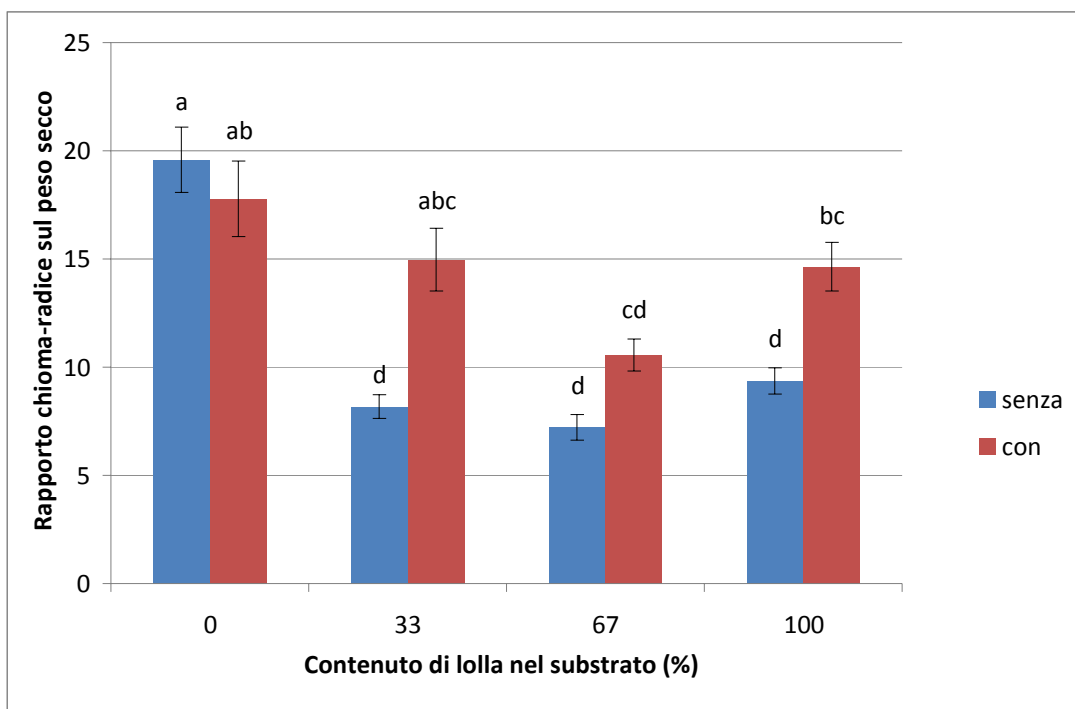


Fig. 140. Geranio: effetto di interazione "% di lolla × digestato" sul rapporto chioma/radice sul peso secco delle talee di geranio.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

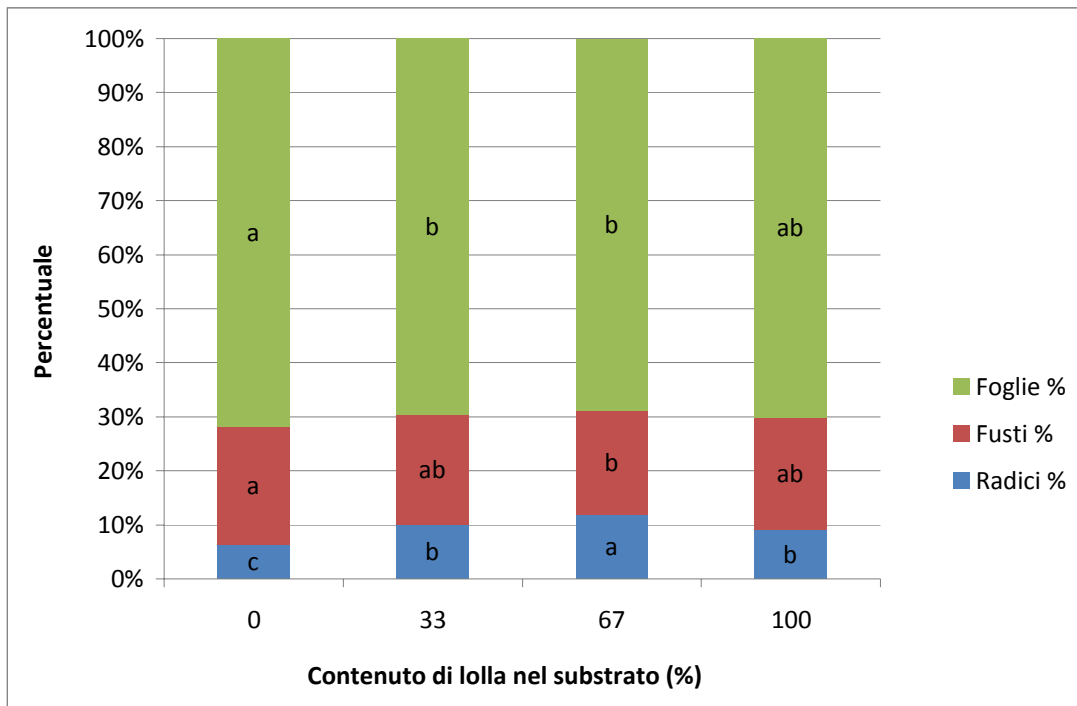


Fig. 141. Geranio: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla ripartizione percentuale della sostanza secca delle talee di geranic

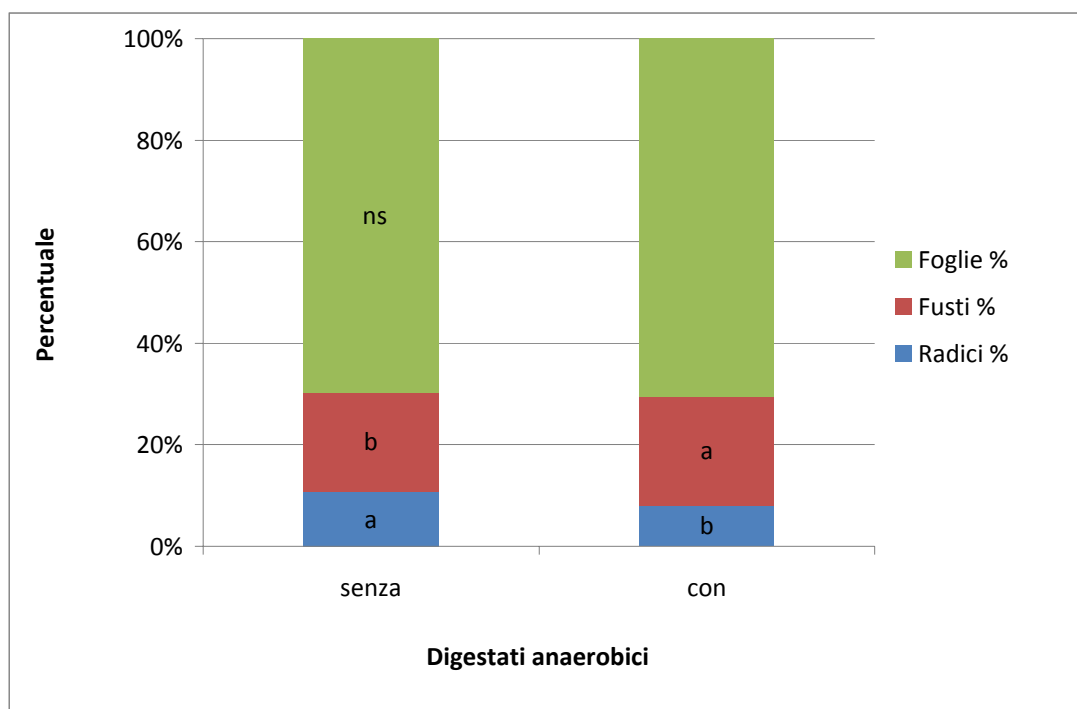


Fig. 142. Geranio: effetto principale della presenza di digestati nei substrati sulla ripartizione percentuale della sostanza secca delle talee di geranio.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

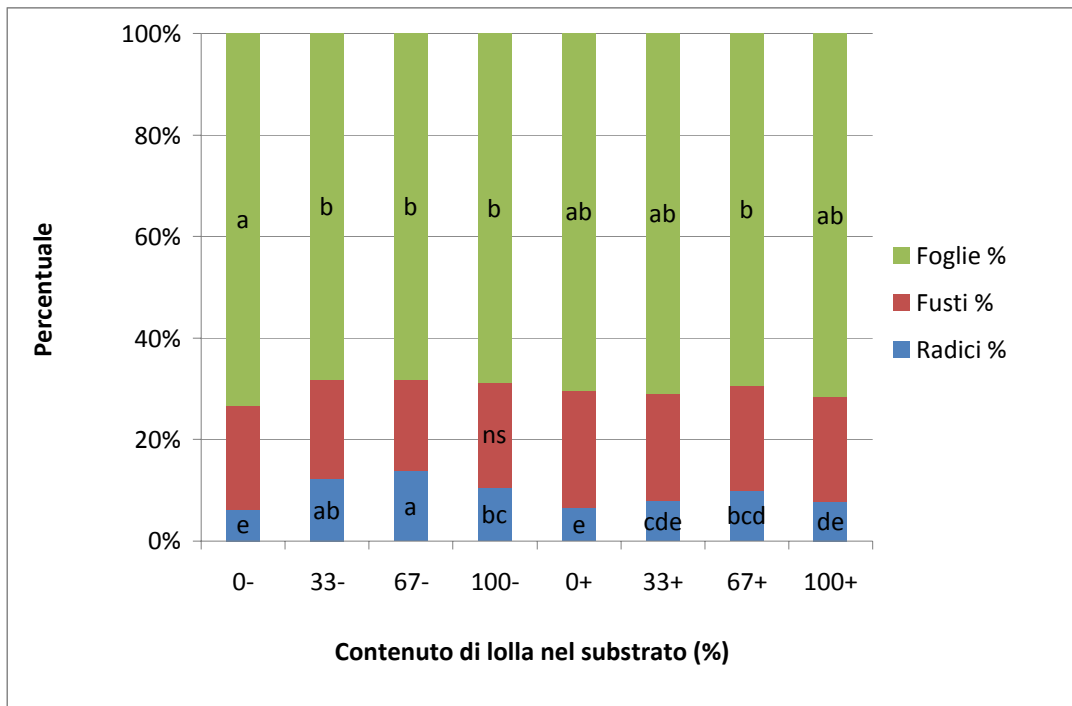


Fig. 143. Geranio: effetto principale di interazione "% di lolla × digestato" nei substrati sulla ripartizione percentuale della sostanza secca delle talee di geranio.

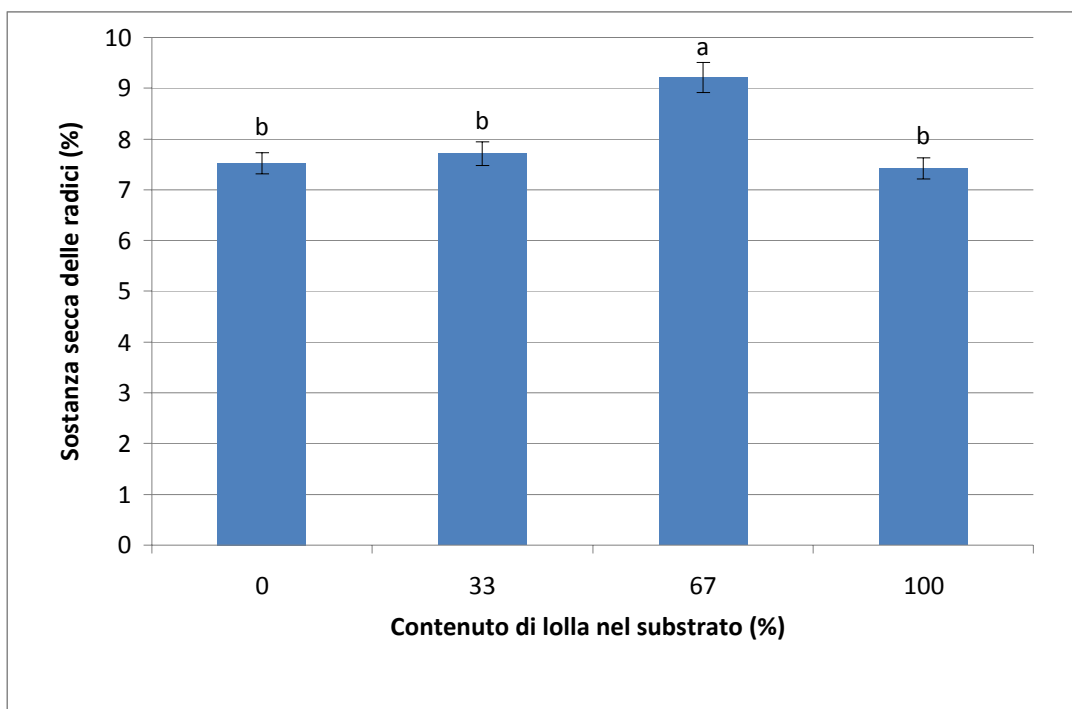


Fig. 144. Geranio: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla quantità di sostanza secca delle radici delle talee di geranio.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

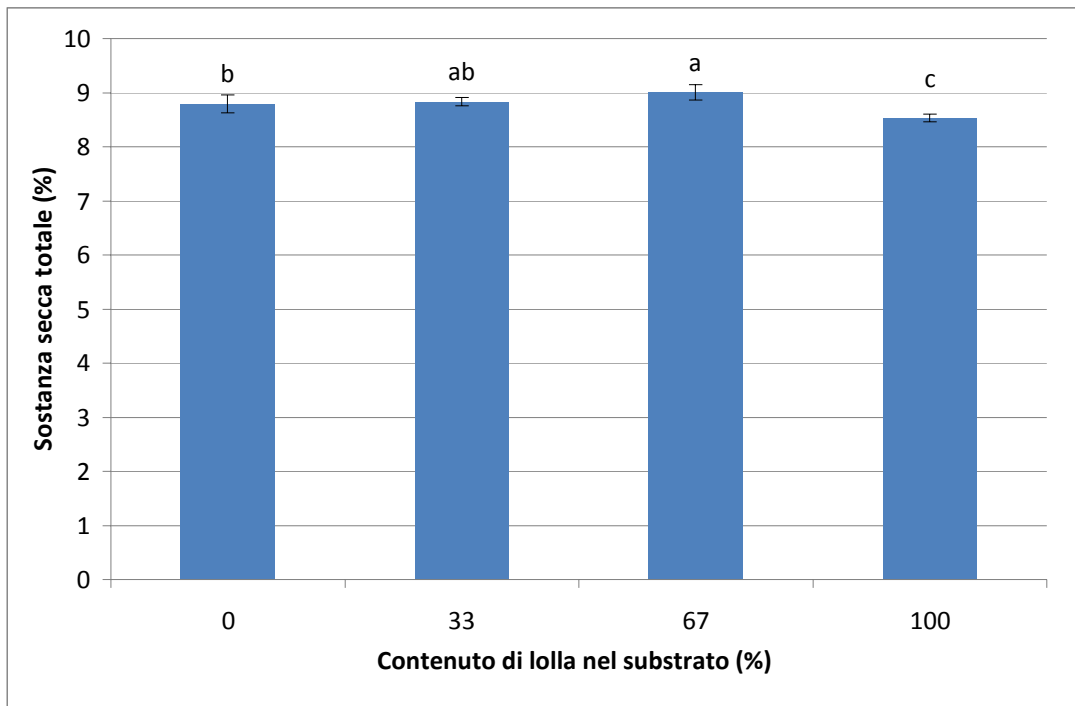


Fig. 145. Geranio: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sulla quantità di sostanza secca totale delle talee di geranio.

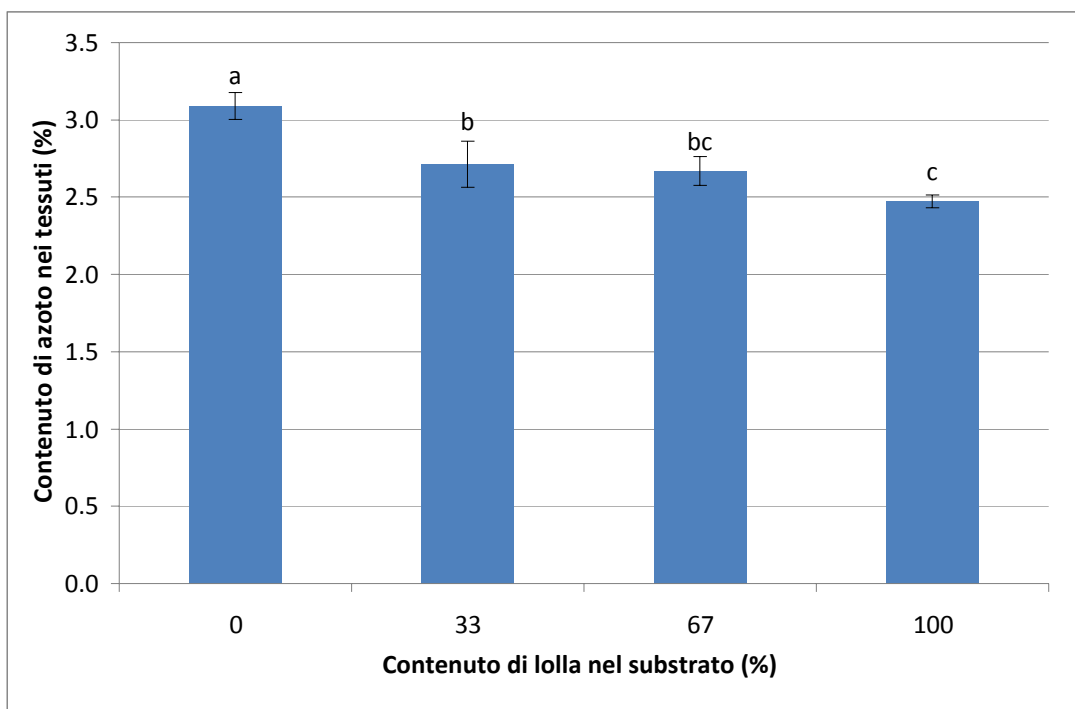


Fig. 146. Geranio: effetto principale della percentuale relativa di lolla nei substrati sul contenuto di azoto nei tessuti delle talee di geranio.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

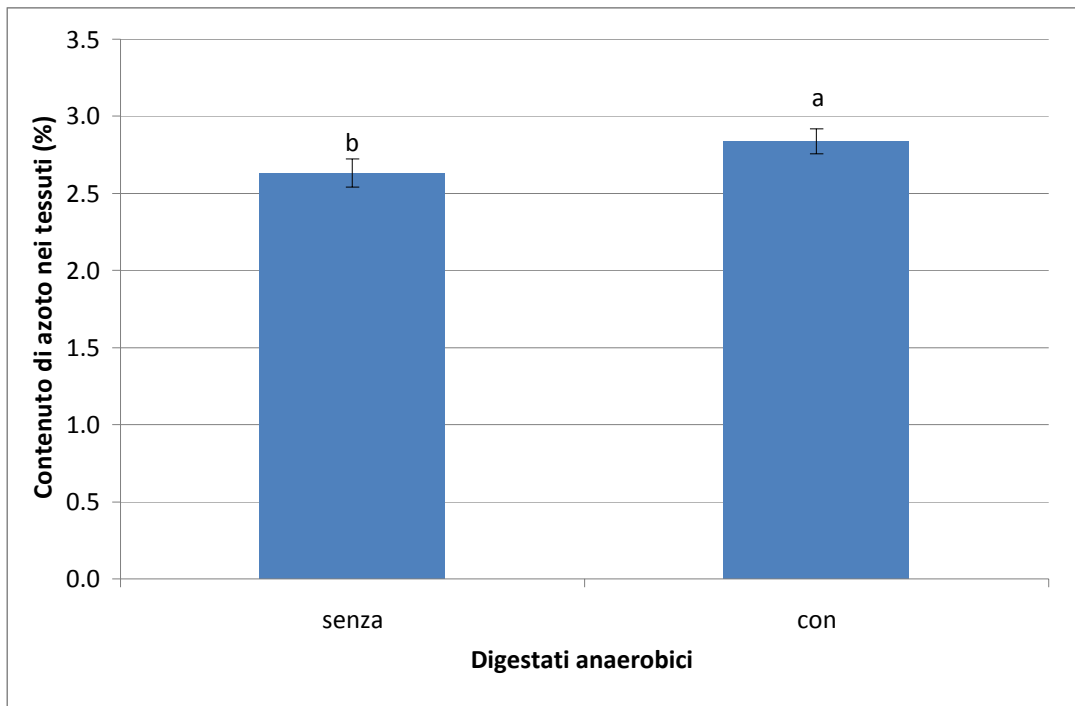


Fig. 147. Geranio: effetto principale della presenza o meno di digestati nei substrati sul contenuto di azoto nei tessuti delle talee di geranio.

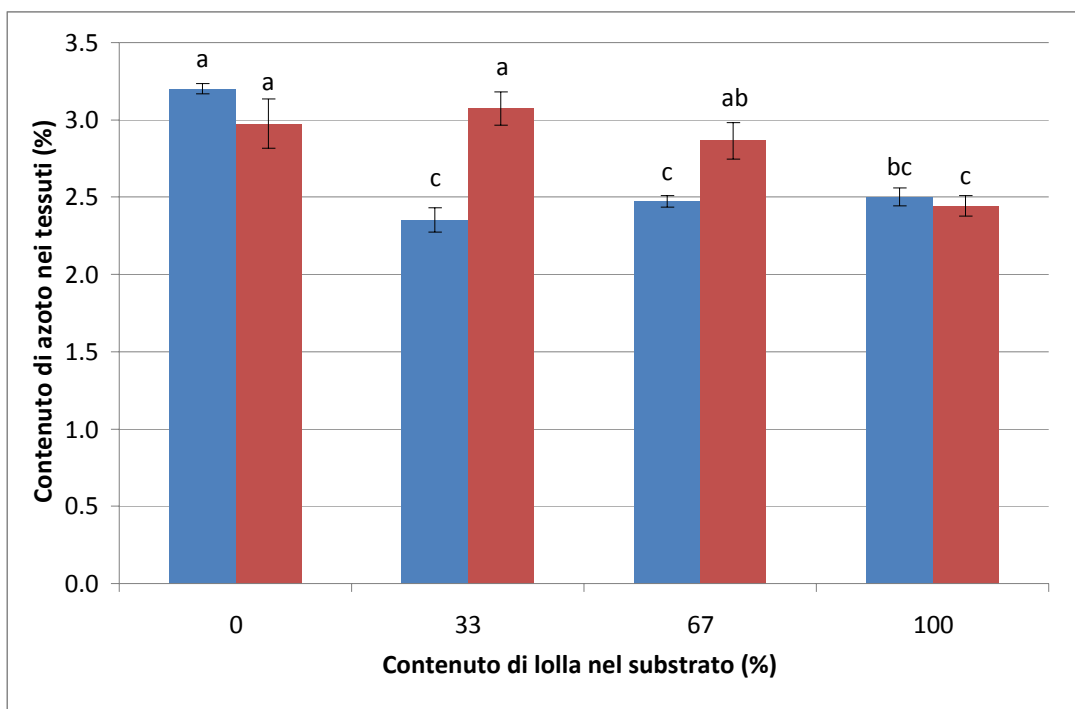


Fig. 148. Geranio: effetto di interazione "% di lolla × digestato" sul contenuto di azoto nei tessuti delle talee di geranio.

Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).



Foto 1. Talee uninodali di rosa

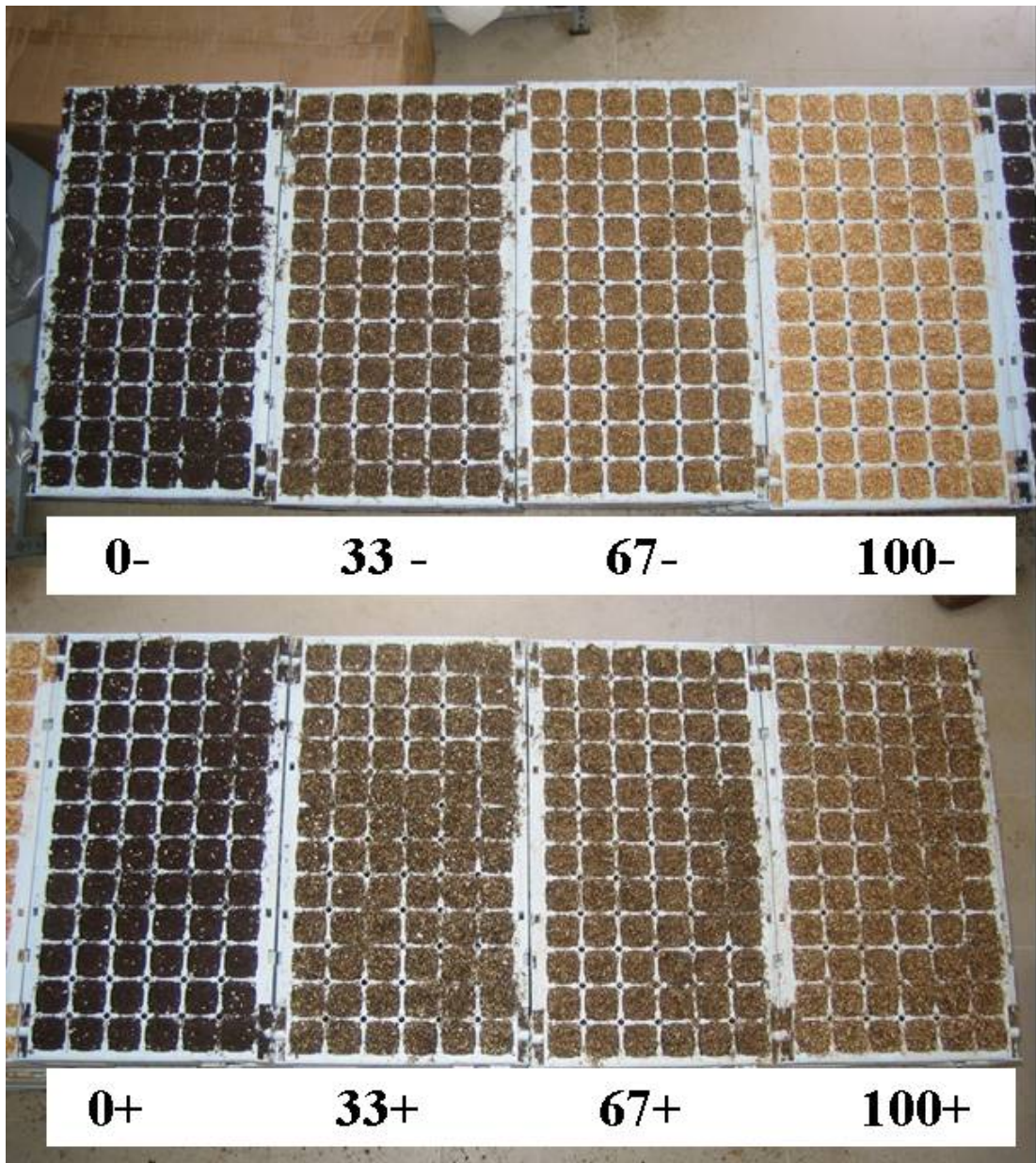


Foto 3: substrati utilizzati nelle sperimentazioni (analisi chimiche e fisiche e prove di taleggio)



Foto 2. Talee di geranio sul bancale di radicazione con sistema di nebulizzazione.



Foto 4. Plantula di riso.