



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti
Risorse Naturali e Ambiente
(DAFNAE)

Corso di laurea magistrale in Scienze e Tecnologie Agrarie

Tesi di laurea

EFFETTO DI DOSI CRESCENTI DI COMPOST SULL'ALLEVAMENTO DI SPECIE ARBUSTIVE ORNAMENTALI IN VASO

Relatore: **Dott. Giampaolo Zanin**

Correlatori: **Dott. Samuele Bonato**
Dott. Matteo Passoni

Laureando: **Luca Brazzale**
matr. n. 1056243

ANNO ACCADEMICO 2013 - 2014

Alla mia famiglia

per avermi sostenuto e incoraggiato

A Marta per avermi sempre supportato

INDICE

RIASSUNTO.....	3
ABSTRACT	5
1. INTRODUZIONE	7
1.1 IL VIVAISMO ORNAMENTALE	7
1.2 IL GENERE ABELIA	11
1.3 IL GENERE ROSA	11
1.4 I SUBSTRATI	13
1.4.1 Caratteristiche chimico fisiche dei substrati.....	14
1.4.2 Principali componenti organici dei substrati.....	15
1.4.2.1 Digestati anaerobici	18
1.4.2.2 Compost.....	21
1.4.3 Principali materiali inorganici componenti i substrati	29
1.5 SCOPO DELLA PROVA	30
2. MATERIALI E METODI	33
2.1 PREPARAZIONE SUBSTRATI E INVASO	33
2.2 TECNICHE COLTURALI	34
2.3 RILIEVI ESEGUITI.....	35
2.4 ELABORAZIONE STATISTICA.....	35
3. RISULTATI	37
3.1 SUBSTRATI.....	37
3.2 ROSA.....	40
3.3 ABELIA VASO 15	42
3.4 ABELIA VASO 19	44
4. DISCUSSIONE	49
5. CONCLUSIONI.....	57
6. BIBLIOGRAFIA	59
TABELLE, FIGURE E FOTO	67

RIASSUNTO

Nel florovivaismo, ormai da molti anni, si utilizzano substrati diversi dal terreno agrario per poter meglio rispondere alle esigenze della pianta quando allevata in contenitore; tra questi la quota maggiore è costituita dalla torba. Questo materiale però, oltre al costo elevato e alla necessità della correzione del pH acido, è responsabile di un impatto negativo sull'ambiente a causa della sua estrazione. Per questi motivi da anni si ricercano dei materiali che possano sostituire, totalmente o in parte, la torba nella costituzione dei substrati di coltura.

Lo scopo della prova è stato proprio quello di valutare, dal punto di vista chimico-fisico e agronomico, substrati costituiti da torba, compost, derivante da scarti vegetali e digestati anaerobici di borlanda di frutta e feccia nella coltivazione di talee di rosa e abelia, e rinvaso di abelia.

La prova si è svolta all'aperto su telo pacciamante, allevando le piante in vasi di plastica, utilizzando 8 miscugli derivanti dalla combinazione fattoriale di 4 percentuali di compost (0, che era il substrato aziendale, 15, 30, 45) e 2 percentuali di digestato (0 e 20). Dopo la caratterizzazione chimico-fisica, i substrati sono stati impiegati per la coltivazione di talee di *Rosa* 'Sweet Haze' e *Abelia* \times *grandiflora* 'Prostrata Variegata Aurea' su vaso di 15 cm, e rinvaso di quest'ultima specie da vaso 15 a vaso 19 cm. Nel corso del ciclo colturale sono stati eseguiti dei rilievi per la misura di altezza e larghezza e per il calcolo dell'indice di crescita. Alla fine della prova sono stati contati e misurati i rami di rosa e, per tutte le specie, è stato calcolato il peso fresco e secco di foglie, rami e, dopo lavaggio, anche delle radici. In seguito è stata calcolata la percentuale di sostanza secca di questi organi, ed è stato calcolato il rapporto chioma/radice.

Osservando i risultati ottenuti, si è notato come la presenza del compost abbia innalzato il valore di peso volumico apparente, pH e conducibilità elettrica, e ridotto il contenuto di sostanza organica e i valori di umidità e della porosità totale e per l'aria. La presenza del digestato ha permesso di contenere le variazioni di umidità, capacità di ritenzione idrica, porosità totale e per l'aria dovute all'aumento della percentuale di compost.

Analizzando l'accrescimento delle piante, si è osservata una diversa risposta

delle specie e, nel caso di abelia, anche in funzione della tipologia di coltivazione. Infatti, mentre nel caso di rosa il compost non ha influito se non solamente nei riguardi della sostanza secca delle radici e di quella totale, riducendone i valori, con l'abelia il compost ha quasi sempre peggiorato i parametri biometrici già alle percentuali più basse; l'aggiunta dei digestati però ha permesso di contenere l'effetto negativo del compost. Nell'abelia ricoltivata in vaso 19, invece, l'effetto negativo del compost si è notato solo in alcuni parametri (ad es. su peso secco di foglie, chioma e su quello totale). Gli stessi parametri sono stati invece favoriti dalla presenza del digestato.

Nel florovivaismo la sostituzione della torba con digestati anaerobici e compost rappresenta una possibilità di valorizzazione di materiali di scarto dell'industria agroalimentare: però mentre i digestati sembrano poter essere impiegati con percentuali del 20% indifferentemente dalla specie e/o tipologia di produzione, il compost sembra invece impiegabile anche a percentuali del 45% senza particolari problemi quando si opera un rinvaso, mentre è da impiegarsi con maggiore prudenza nel caso di coltivazione di talee per la diversa risposta delle specie.

ABSTRACT

Effect of increasing rates of compost on the cultivation of potted ornamental shrubs

In nursery production, since years, cultural substrates are basically soil-less and peat is the most used material, because with it nurserymen can better manage both mineral and hydric nutrition of pot plants. On the other side, peat is very expensive, has a low pH and is responsible for a negative environmental impact because of its extraction. These problems are increasing awareness on the use alternative eco-friendly and less expensive materials to replace totally or partially peat in growing media.

The aim of this experiment was the physical, chemical and agronomical evaluation of growing media made with peat, compost from green waste, and anaerobic digestion residues for the cultivation of rose and abelia cuttings, and for repotting of abelia.

The trial took place in open-air, on a mulching film, cultivating plants in plastic pots, and using 8 growing media obtaining by mixing 4 compost percentages (0, 15, 30 and 45% v/v) and 2 percentages of anaerobic digestion residues (0 and 20% v/v). After physical and chemical characterization, growing media were used to cultivate cuttings of *Rosa* 'Sweet Haze' e *Abelia* × *grandiflora* 'Prostrata Variegata Aurea' in a 15 cm diameter pot, and to repot abelia from a 15 cm container to a 19 cm one. During cultivation height and width were measured to calculate the growth index. At the end of the trial, rose branches were counted and measured, and then fresh and dry weight of leaves, branches and roots were measured and the percentages of dry matter of all parts of plants were calculated.

The obtained results showed that growing media with compost had a bigger bulk density, pH and electrical conductivity, and also a lower organic matter, moisture content, total pore space and air filled porosity. Anaerobic digestion residues limited moisture, water holding capacity, total pore space and air filled porosity variation due to the increasing compost percentage.

Concerning growth of plants we observed a different response of species and, for abelia, a different response to the typology of cultivation. Roses grown in the substrates

with compost were similar to those grown without it (even if total and root dry matter were lower with compost); differently, abelia cuttings cultivated with percentages of compost higher than 15% were worse than those grown without compost. However, when anaerobic digestion residues were added to the substrates plant growth was improved. Plants of abelia repotted in 19 cm containers, were rarely negatively affected by compost, even at high percentages. However, in those occasions (for example total and leaf dry weights), growth was promoted by addition of anaerobic digestion residues.

In conclusion, the partial substitution of peat with anaerobic digestion residues and compost in nursery production is possible, reducing peat exploitation and valorizing agro-industrial by-product and wastes of human activity at the same time: apparently, anaerobic digestion residues can be used at percentages of 20% without negative effects, while compost appears more indicate in repotting of grown plants or even the cultivation of young plants but only if the species are tolerant.

1. INTRODUZIONE

1.1 IL VIVAISMO ORNAMENTALE

Il florovivaismo è l'attività tecnica e produttiva delle piante da fiore, ornamentali in vaso e delle fronde recise. La rilevanza di questo settore è limitata all'interno della moderna agricoltura, sebbene mantenga un'importanza elevata dal punto di vista economico e sociale a partire dalle sue origini. Assiri, Babilonesi e gli antichi Egizi studiavano particolari infrastrutture per poter curare e godere della bellezza e dei profumi delle piante ornamentali (Sciortino, 2003).

Col passare del tempo il florovivaismo si è affermato anche in Veneto: a partire dal XVIII secolo iniziarono a svilupparsi i primi stabilimenti florovivaistici, grazie alla diffusione, tra le persone comuni, dell'interesse riguardo le piante ornamentali, che fino al secolo precedente erano appannaggio delle sole famiglie nobili (Veneto Agricoltura, 2002).

La parola "florovivaismo" si può dividere in due parti: vivaismo e floricoltura. Questa distinzione è basata sia sulla dimensione media delle aziende agricole, che è maggiore per le aziende appartenenti al primo settore, sia sul tipo di mercato che le contraddistingue, aperto anche all'estero nel caso del vivaio, mentre per la floricoltura l'ambito è limitato alle regioni confinanti. Un elemento che accomuna i due settori è il fatto che rappresentano l'evoluzione storica di aziende agricole tradizionali che nel tempo hanno aggiunto e sviluppato, accanto alle tipiche colture agricole, anche la coltivazione di piante ad alto fusto, di piante di arbusti ornamentali in vaso, degli agrumi e dei fiori recisi (ISPESL, 2002).

In Italia, il vivaismo occupa un posto di grande importanza nel comparto agricolo, incidendo per il 6,1% dell'intera produzione. Inoltre questo settore dà lavoro a oltre 112 mila addetti con ben 20 mila aziende nel nostro Paese (CNR, 2012). Dei diversi settori di cui è composto il vivaismo, quello riguardante le piante da vaso (comprendenti le aromatiche, le grasse, gli arbusti ornamentali e le annuali bulbose) nel 2002 raggiunse i 170 milioni di pezzi, con un valore pari al 29,9% dell'intera produzione del comparto. Una caratteristica che differenzia questa tipologia di piante dalle altre è il luogo destinato alla loro coltivazione: mentre le piante da fiore sono

coltivate per il 92,6% in serra, la coltivazione di questi prodotti avviene in piena aria nel 66,8% dei casi (ISTAT, 2006).

In Veneto, è proprio quest'ultimo settore della coltivazione in piena aria che ha visto nel 2013 un aumento delle superfici destinate a vasetteria e ombrai dell'11% rispetto all'anno precedente; un risultato in contro tendenza rispetto ai dati che riguardano il florovivaismo in questa regione (le attività sono scese dell'1,3% nel 2013 rispetto all'anno precedente) (Veneto Agricoltura, 2014).

Lo sviluppo della coltivazione fuori suolo, tra cui quella in contenitore, si è avuto intorno agli anni sessanta grazie all'introduzione della plastica in agricoltura (Malorgio, 2004). Prima dell'avvento delle materie plastiche la coltivazione avveniva in piena terra e le piante venivano vendute a radice nuda o in zolla. La coltivazione delle piante in zolla ha origini lontane nel tempo ed è ancora utilizzata per la produzione di esemplari di pregio, però presenta degli inconvenienti: al momento dell'espianto la pianta può perdere fino al 98% dell'apparato radicale e fino all'84% delle radici assorbenti, incidendo negativamente sulla sopravvivenza post-trapianto dell'albero (Fini, 2008). Inoltre un problema importante riguarda l'impoverimento progressivo del suolo e le difficoltà conseguenti di ricoltivazione, e l'asportazione di ingenti quantità di terreno al momento dell'espianto (Ferrini, 2002).

Per ovviare a queste problematiche, nei vivai si è ricorsi all'utilizzo del contenitore che si è rivelato più vantaggioso rispetto all'allevamento in pieno campo. La coltivazione in contenitore permette la piantagione durante tutto l'anno, l'abbassamento dei costi di spedizione ed inoltre un confezionamento più agevole per il consumatore finale (Arnold e Wilkerson, 1993). Inoltre non essendo legati alle caratteristiche del terreno il coltivatore è svincolato dal normale ciclo colturale e può aumentare il numero di piante per unità di superficie colturale. Tuttavia, il ridotto volume di substrato a disposizione per lo sviluppo impone la somministrazione di notevoli quantità di fertilizzanti e di acqua irrigua, e si rendono necessari frequenti rinvasi per permettere un adeguato sviluppo della pianta e in particolar modo dell'apparato radicale. Infatti le piante che permangono per un lungo periodo di tempo nello stesso contenitore presentano le radici come una massa intricata intorno alla zolla, che può portare alla strozzatura del colletto e a una diminuzione del flusso della linfa (Fini, 2008). Il volume ridotto non permette uno sviluppo naturale delle radici che girano sulla parete interna

del contenitore e, se non potate adeguatamente al momento del rinvaso o della messa a dimora, svilupperanno un sistema radicale meccanicamente instabile (Arnold e Wilkerson, 1993), compromettendo la stabilità della pianta e lo sviluppo della parte aerea. Sono stati studiati diversi tipi di vasi per limitare che le radici si affastellino alla base dei contenitori: ad esempio si possono utilizzare vasi in plastica che presentano sul fondo una griglia che, oltre a favorire la crescita delle radici nel substrato, permette, nel caso di vasi sollevati dal terreno, l'effetto di air-pruning. Questa "potatura aerea" consiste nel taglio delle radici da parte dell'aria non appena queste escono dal substrato (Ponchia *et al.*, 2010).

Un'ulteriore problematica derivante dall'utilizzo del contenitore di plastica riguarda il suo eccessivo riscaldamento durante l'estate che insieme al gelo invernale, provoca degli stress termici alle radici, con conseguenti alterazioni e deformazioni degli apparati radicali.

Per quanto riguarda le tipologie di contenitori, nel florovivaismo si utilizza per lo più il vaso in plastica, invece che quelli in terracotta, per la leggerezza e il facile reimpiego (i vasi in terracotta ad esempio necessitano di sterilizzazione con vapore per il riutilizzo, mentre per quelli in plastica è sufficiente acqua a 70 °C) (Tesi, 2008).

I contenitori in plastica, di varia forma e dimensione, sono indicati per il vivaismo frutticolo e ornamentale (Pardossi *et al.*, 2009). Le specie e le varietà appartenenti a questi due ambiti prodotte in Italia sono migliaia, grazie alla grande variabilità climatica: si riescono a coltivare sia specie autoctone sia provenienti dall'estero (CNR, 2012). All'interno del panorama varietale delle piante fiorite, le rose e gli altri arbusti ornamentali coprono circa l'11% con una vasta gamma di specie disponibili sul mercato (Sciortino, 2003).

Le specie ornamentali sono caratterizzate da diverso *habitus* e da esigenze diversificate per il loro mantenimento, che sono caratteristiche da tenere in considerazione al momento della messa a dimora della pianta. La funzione non solo estetica ma anche sociale ed ecologica dei giardini e l'apprezzamento crescente per la biodiversità stimolano la ricerca di nuove piante ornamentali, attingendo anche dai giardini storici come luogo di conservazione di vecchie varietà (ISPRA, 2010).

Tra i vari utilizzi le piante ornamentali sono utilizzate per la rinaturalizzazione di ambienti degradati e dismessi, sia in ambiti urbani sia in ambiti agricoli e naturalistici.

La scelta della vegetazione da porre in ambito urbano deve sottostare a determinati criteri per cui le piante devono essere resistenti agli agenti inquinanti che abbondano nelle città ed esteticamente gradevoli in modo da creare spazi fruibili dalla popolazione. Si possono scegliere anche specie più sensibili dal punto di vista climatico, visto che nella fascia urbana il microclima è più mite grazie alle strade e alle case. Un'altra funzione importante delle piante è quella di assorbire il suono proveniente dalle strade, che in ambito extraurbano è molto più efficace che in città, grazie alla maggiore distanza tra la sorgente del suono e le abitazioni, ma comunque la flora riesce ad attenuare la rumorosità anche in ambito urbano (Chiusoli *et al.*, 2000).

Sempre in città le piante ornamentali possono essere utilizzate per la realizzazione di rotatorie stradali che sono un biglietto da visita per il territorio. La scelta in questo caso si basa sulla selezione di specie autoctone capaci di creare una continuità tra verde costruito dall'uomo e quello naturale del paesaggio circostante. Inoltre è necessario considerare la manutenzione necessaria per il mantenimento delle piante, che nel caso di zone turistiche può anche essere elevata, perché la rotatoria è considerata uno strumento importante per la valorizzazione del luogo e un punto di attrazione, mentre in zone periferiche o in città, in cui le risorse destinate al verde pubblico sono minori, la scelta ricadrà su piante a bassa manutenzione con l'utilizzo di materiali inerti per la copertura del suolo (Vernieri, 2008).

In ambito urbano l'inquinamento è un fattore sempre più presente, e una soluzione per rimuovere gli agenti inquinanti dall'aria può essere la costruzione di pareti e tetti verdi anche nell'area industriale e artigianale: in più questa copertura vegetale, oltre ad abbellire gli edifici e aumentare la superficie a verde della città, può fungere da isolante acustico e anche termico, riducendo le spese di riscaldamento e raffrescamento. La copertura vegetale oltre a portare effetti positivi agli inquilini dell'edificio, migliora anche la salute dello stesso stabile, infatti protegge dall'azione disgregante gelo/disgelo sugli strati più esposti e riduce gli shock termici del manto impermeabile, su scala giornaliera e stagionale. Tra le varie specie utilizzabili per la realizzazione di tetti verdi si trovano: *Lonicera nitida*, *Hipericum spp*, *Lavandula spp* e anche rose tappezzanti che danno un effetto decorativo grazie alla fioritura prolungata (Buffoni *et al.*, 2006). Sempre in ambito urbano ma per il decoro degli spazi verdi si possono utilizzare oltre a varie specie di *Rosa*, anche *Forsythia vividissima*, *Hibiscus syriacus*, *Prunus cerasifera*,

Spirea vanhouttei e *Abelia* × *grandiflora* (Chiusoli *et al.*, 2000).

1.2 IL GENERE ABELIA

Il genere *Abelia* fa parte della famiglia delle *Caprifoliaceae* e ad esso appartengono 30 specie di arbusti sempreverdi o a foglia caduca. I fiori sono tubulosi o campanulati e si formano sui germogli laterali. Una distinzione possibile all'interno del genere consiste nel numero di sepal dei fiori che può variare da 2 a 5. Una specie particolare che presenta fiori con 2 o con 5 sepal sulla stessa pianta è l'*Abelia* × *grandiflora*, frutto dell'incrocio tra *A. chinensis* e *A. uniflora*, che può raggiungere il metro e mezzo di altezza (Grisvard, 1964). Proviene dall'Asia, in particolare dalla regione cinese. Le foglie sono semipersistenti, ovali e arrotondate alla base. I fiori, che sono bianco-rosati, persistono sulla pianta dalla primavera fino all'estate inoltrata (Gòmez Romero *et al.*, 2010), sono leggermente profumati e lunghi circa 2,5 cm. Sono coltivate in quasi tutta Italia ma, secondo Manenti (1982), a nord è necessario piantarle in posizioni riparate e, durante il periodo invernale, coprirle con del tessuto-non-tessuto. Altri autori (Brickell, 1996) indicano che è sufficiente l'impianto al riparo da venti freddi e secchi, senza l'aggiunta di altre protezioni, considerando l'abelia una pianta da rustica a semirustica. Predilige terreni fertili e leggeri. La pianta si giova di abbondanti innaffiature in particolare durante il periodo estivo di siccità. Per quanto riguarda la potatura, può essere eseguita in ogni momento visto che l'abelia fiorisce su rami di nuova crescita. Un altro carattere di interesse è la colorazione rossa dei nuovi germogli. Proprio i rami di nuova formazione sono sensibili all'attacco di afidi, e in altre varietà anche alla presenza di formiche. A partire da questo si sono sviluppate altre varietà e altri incroci come ad esempio *Abelia* × 'Edward Goucher', derivante dall'incrocio tra *A. schumannii* A. × *grandiflora*, che si differenzia da quest'ultima per i fiori che hanno una colorazione più accentuata, che vira verso il rosa purpureo (Bridwell, 1994). Un'altra specie derivante dall'*A. × grandiflora* è l'*A. × grandiflora* 'Prostrata Variegata Aurea'. Anche questa abelia necessita di molta acqua e raggiunge una forma tondeggiante con un'altezza di circa 150 e una larghezza di massimo 230 cm. Predilige posizioni in pieno sole o semi ombreggiate (www.plantsinstock.co.za, 2010).

1.3 IL GENERE ROSA

Il genere fa parte della famiglia delle *Rosaceae* e vi appartengono circa 150 specie di arbusti e rampicanti perenni, semisempreverdi o decidui. Si possono trovare molti tipi di rose in una grande varietà di habitat, e presentano fusti eretti, arcuati, sarmentosi o ricadenti. Le foglie alterne variano di lunghezza dai 2,5 ai 18 cm e sono composte da 5 o 7 foglioline di forma variabile, talvolta dentate. Le rose tollerano un'ampia gamma di condizioni, ma generalmente prediligono un luogo esposto al pieno sole. Il terreno dovrebbe essere moderatamente fertile, umido ma ben drenato. Non è consigliabile l'impianto in un terreno che ospitava prima delle rose per l'accumulo di organismi nocivi. La coltivazione delle rose avviene per godere dei fiori attraenti e talora molto profumati, prodotti principalmente in estate o autunno, che sono talvolta rimontanti. L'utilizzo delle rose è molto vario: esemplari singoli o alberelli, per una bordura arbustiva o mista, come siepi o rampicanti per rivestire muri, alberi, pilastri e pergole (Brickell, 1996).

Una tipologia di rose sono quelle botaniche, di cui fanno parte tutte le rose che sono spontaneamente presenti in natura. Una grande distinzione tra le rose consiste nel dividerle in antiche e moderne in base all'anno in cui si sono sviluppate: se antecedenti al 1867 o no. È in quest'anno che viene ottenuta la prima rosa moderna 'La France' da Jean-Baptiste Guillot da un incrocio tra una rosa Tea e un Ibrido Perenne. 'La France' è stata la prima rosa degli Ibridi di Tea. Altri tipi di rosa sono le Floribunda, le arbustive derivate da specie botaniche, e novità più recenti come le tappezzanti, le rose in miniatura e le rose "antiche moderne", come le rose Inglesi (Phillips e Rix, 2004). Un'altra tipologia molto interessante di rosa sono le rose paesaggistiche costituite da ibridi di *R. polyantha* (= *R. multiflora*) e da ibridi di *R. floribunda*. Sono arbusti rifioranti, a mazzi, spesso a piccoli fiori. L'utilizzo principale è in aiuole o come bordure; sono resistenti al freddo e sono rifioranti da maggio fino ai primi geli autunnali. Hanno un portamento arrotondato e uno sviluppo veloce. Sul mercato sono disponibili molti colori diversi che vanno dal bianco fino al rosso o viola (Pizzetti e Cocker, 1968). Una varietà molto gradita di rosa paesaggistica è la varietà *R. 'Sweet Haze'* che è stata costituita da Tantau nel 2003. Raggiunge i 50-70 cm di altezza e i 50 di larghezza. Presenta fiori rosa tenue ed è profumata (Franke, 2012). La sua caratteristica particolare è che riesce a creare un caleidoscopio di colori grazie alle diverse colorazioni, oltre che dei fiori, anche delle giovani gemme, dei germogli appena

aperti e dei vecchi fiori (www.helpmefind.com).

Una grande difficoltà che si trova nella coltivazione delle rose sono i molti problemi fitoiatrici presenti come ad esempio l'oidio, o "mal bianco", causato da *Oidium leucoconium* che si sviluppa soprattutto durante l'estate favorito da temperature elevate e umidità relativa bassa, e viene controllato dallo zolfo (Oelker, 1957). Anche la ticchiolatura, causata da *Diplocaron rosae*, è un grave problema che porta alla defogliazione della pianta se non viene controllata. Provoca la comparsa di macchie nerastre con bordi irregolari nella pagina superiore delle foglie e la formazione di aloni clorotici più o meno estesi sulla foglia. L'attacco è favorito da temperature intorno ai 20-25 °C e periodi piovosi. È controllata con fungicidi rameici (Ferrari *et al.*, 2001). In commercio sono presenti varietà resistenti a queste malattie e la varietà 'Sweet Haze' resiste molto bene a entrambe le malattie. Un altro pregio di questa rosa è l'alta capacità di auto pulizia (www.helpmefind.com).

1.4 I SUBSTRATI

Nell'allevamento in contenitore il substrato di coltivazione riveste un'importanza notevole in quanto le esigenze delle piante allevate in vaso sono differenti da quelle coltivate in campo sia per i ritmi di accrescimento, molto più rapidi nelle piante in vaso, sia perché, a causa del rapporto chioma/radice molto elevato, le richieste di acqua, aria e nutrienti sono maggiori (Pimpini, 2004). Per questo motivo nella floricoltura in contenitore si ricorre a dei substrati costituiti da materiali molto diversi organici e minerali che vengono miscelati e opportunamente fertilizzati (Tesi, 2008).

Il substrato deve essere scelto in base alla specie coltivata, al sistema colturale adottato, alle condizioni climatiche presenti durante il ciclo colturale, ma viene valorizzato dalle capacità imprenditoriali. Anche un substrato molto semplice da utilizzare, come una torba, può rivelarsi negativo per la coltura se l'imprenditore non dispone dei mezzi adeguati e di un'adeguata preparazione tecnica. A causa della diffusa impreparazione tecnica di molti imprenditori in Italia la produzione industriale si è diretta verso substrati calibrati più sulla tecnica di coltivazione che sulla specie coltivata (Cattivello e Zaccheo, 2009).

1.4.1 Caratteristiche chimico fisiche dei substrati

Le caratteristiche fisiche di un substrato di coltivazione devono favorire il supporto e l'ancoraggio alle piante, trattenere l'acqua e renderla disponibile alla pianta, permettere lo scambio di gas tra le radici e l'atmosfera esterna al substrato, l'elevato potere isolante per contenere gli sbalzi termici, l'assenza di semi, di parassiti vegetali e animali, la struttura con una buona porosità, fino al 75% costituita dal 42% dalla fase liquida e dal 33% da quella gassosa (Nelson, 2003; Tesi, 2008). Secondo Aendekerk et al. (2000) la porosità totale dovrebbe essere compresa tra l'85 e il 95%.

Le percentuali della porosità possono variare tra il 40-60% per la fase liquida e tra il 15-35% per quella gassosa (Pimpini, 2004). Altri autori indicano l'intervallo 10-20% ideale per la porosità per l'aria (Bunt, 1988; Jenkins e Jarrell, 1989). In aggiunta a questo la struttura deve essere stabile e mantenersi nel tempo, resistendo al compattamento, alla riduzione di volume (non superiore al 30% del volume) durante la fase di disidratazione, altrimenti provocherebbe la rottura delle radici (Pimpini, 2004). Dalla porosità si può calcolare la densità apparente (o peso apparente) che corrisponde al volume occupato dalle particelle solide del substrato più gli spazi vuoti: per facilitare la gestione del substrato la porosità apparente dovrebbe assumere valori bassi (Reed, 1996). Il peso apparente ottimale per la coltivazione in contenitore oscilla tra 60 e 250 kg/m³ (Pozzi e Valagussa, 2009). Questo fattore è di primaria importanza per le colture già adulte, mentre assume un'importanza secondaria nel caso di contenitori alveolati.

L'elevata capacità di ritenzione idrica consiste nel mantenere un'adeguata umidità per la coltura e nel ridurre gli interventi irrigui. Non deve essere però eccessiva per non determinare problemi di asfissia radicale. Per evitare questa evenienza, soprattutto in contenitori alti, si devono aumentare i componenti drenanti del substrato (Pimpini, 2004). Dopo un'irrigazione il 10-20% del volume di substrato dovrebbe essere riempito d'aria. Il contenuto di acqua dovrebbe essere il più elevato possibile a condizione che la porosità e la densità del substrato siano adeguati (Nelson, 2003).

Il potere isolante del substrato è in stretta relazione con la capacità di trattenuta dell'acqua, ma è influenzato anche dal colore e dalla conducibilità termica del materiale. I substrati organici di colore scuro, ad esempio, subiscono una minore escursione termica rispetto a quelli di natura sabbiosa (Pimpini, 2004).

Le caratteristiche chimiche ideali di un substrato sono le seguenti: essere una riserva di nutrienti (Nelson, 2003), possedere un'elevata capacità di scambio cationico,

un pH adatto a un gran numero di specie, preferibilmente subacido, e un buon potere tampone.

La capacità di scambio cationico (CSC) permette di conoscere la necessità di apportare sin dall'inizio della coltura tutti gli elementi nutritivi indispensabili alla pianta (Tesi, 2008). La CSC è definita dalla somma dei cationi scambiabili che il substrato può trattenere per unità di peso. Si esprime in milliequivalenti per 100 cm³. Un valore adatto è tra i 6-15 me/cm³.

Il pH, che è la misura degli idrogenioni presenti nel substrato, regola la disponibilità di tutti gli elementi nutritivi essenziali per la pianta (Reed, 1996). Il pH dovrebbe essere subacido con un minimo di 5,2 fino a 6,3 (Bunt, 1988).

Il potere tampone permette di mantenere il pH costante e vicino all'optimum richiesto dalla pianta. Non avrebbe senso stabilire il pH all'inizio della coltivazione se poi questo varia a causa dell'irrigazione e della concimazione (Tesi, 2008).

La formulazione di un corretto substrato di coltivazione si basa sulla scelta dei materiali che permettono di avere tutte queste caratteristiche. I materiali possono essere di origine organica o minerale, derivanti da scarti di lavorazione o da altre attività umane, e di origine industriale. La caratteristica che si cerca sempre di ottenere è la stabilità nel tempo del substrato. Qui di seguito sono trattati i principali componenti dei substrati, divisi in base alla loro origine organica o inorganica (Pimpini, 2004).

1.4.2 Principali componenti organici dei substrati

La torba è il principale componente organico dei substrati. È un fossile organico di origine vegetale che deriva dalla maturazione di resti di piante erbacee stratificatesi dopo la loro morte in ambienti paludosi. Si trova in strati profondi anche diversi metri e cresce con un ritmo di 1 mm all'anno. Gli ambienti naturali tipici dove si trova la torba sono le zone fredde e umide dei Paesi del Nord ed Est Europa e del Nord America come in Canada (Pandini, 2004). L'area che presenta uno strato superficiale di torba accumulatosi nel tempo si chiama torbiera. Esistono vari tipi di torbiere: tropicali diffuse in molte aree equatoriali e tropicali dove le intense precipitazioni unite allo scarso drenaggio favoriscono l'avvio dei processi di formazione della torba; basse o di palude che si formano in bassure o bacini lacustri e si trovano in tutto il mondo e rappresentano i primi stadi di formazione delle torbiere alte; di montagna che sono costituite da uno strato continuo che ricopre lo strato minerale sottostante; le torbiere

alte che si sviluppano su precedenti torbiere basse e formano dei depositi a profilo convesso che possono anche elevarsi rispetto al piano di campagna. Le prime tre non vengono utilizzate per la preparazione dei substrati a causa della loro non costanza di caratteristiche dovuta alla presenza di più specie vegetali che hanno concorso alla formazione della torbiera. Le torbiere alte invece, essendo costituite quasi esclusivamente da sfagni, presentano un'elevata costanza di caratteristiche che le rendono adatte a costituire substrati di coltivazione (Cattivello e Zaccheo, 2009). Il pH delle torbiere alte è tra 3,0 e 3,5. Si possono dividere a livello commerciale in base al colore: le torbe brune o nere sono quelle maggiormente degradate, quelle bionde sono meno degradate e si trovano a un'altezza maggiore, più vicino alla superficie (Pandini, 2004).

Tabella 1 Le caratteristiche principali delle torbe alte di sfagno sono:

	Bionda	Bruna
Sostanza organica (% s.s.)	94-99	94-99
Ceneri (% s.s.)	1-6	1-6
Porosità totale (% volume)	84-97	88-93
Cap. Rit. Idrica (%)	52-82	74-88
Peso apparente (kg/m³)	60-120	140-200
Cap. Scambio Cat. (meq %)	100-150	120-170
pH	3,0-4,0	3,0-5,0

(Pimpini, 2004).

Nel vivaismo vengono impiegate quasi esclusivamente le torbe bionde, grazie alla loro buona stabilità strutturale con una porosità del 75-90%: ciò permette l'aerazione, l'elevata capacità di assorbimento dell'acqua e di ritenzione (Tesi, 2008). Il potere tampone della torba cresce con l'aumentare del grado di decomposizione. Può essere addizionata con diversi materiali per aumentare la capacità tampone, ma per scongiurare eccessive fluttuazioni del pH è necessario utilizzare torbe con una buona struttura fisica (Cattivello, 2010).

Il problema che caratterizza la torba è il fatto che non è una risorsa rinnovabile, almeno nel breve periodo. In tutta Europa si stanno compiendo ricerche per trovare delle

alternative, come utilizzare materiali di scarto dell'industria agroforestale o gli scarti della lavorazione del cocco. Tutto ciò per salvaguardare il più possibile l'ambiente torbiere e limitare il loro sfruttamento (Fagnoni, 2011). Queste ricerche si orientano verso un'ottica di sostenibilità, che si attua con uno stile di lavoro e di vita che conservi le risorse ambientali, preservandole dalla scomparsa e garantendone l'utilizzo alle prossime generazioni (Capri e Toninato, 2012). Pertanto sono stati proposti per il florovivaismo diversi altri materiali.

Il terriccio di bosco è costituito da residui di alberi e arbusti che si accumulano nei boschi costituiti da latifoglie e aghifoglie. Si utilizzano gli strati sottostanti ben umidificati. Di origine boschiva è pure la terra di bosco che è formata dallo strato di terreno sottostante i residui vegetali non ancora ben decomposti. Le foglie accumulate in un luogo coperto e poste nelle condizioni ideali per decomporsi costituiscono il terriccio di foglie: si utilizzano preferibilmente foglie di faggio (Tesi, 2008). Tra le aghifoglie si impiegano solamente le foglie di *Pinus picea* e *Picea excelsa*, perché le altre conifere presentano sostanze resinose in eccesso (Pimpini, 2004).

Le cortecce sono un sottoprodotto della lavorazione del legno e possono essere utilizzate sia fresche, sia previo compostaggio e invecchiamento. Le caratteristiche chimiche sono influenzate dalla specie e dall'ambiente di provenienza, ma soprattutto dal compostaggio del materiale che va a contenere il processo di fissazione dell'azoto: se questo processo continuasse anche durante la coltivazione verrebbero sottratte sostanze nutritive alla pianta.

Sempre di provenienza boschiva è la fibra di legno stabilizzata che proviene da specie diverse di alberi. Il processo di produzione di questo materiale prevede la sfibratura ad alte temperature. In seguito viene impregnata con composti azotati che costituiscono le fonti nutrizionali, grazie alla sua degradazione batterica, per la pianta (Cattivello e Zaccheo, 2009).

Anche lo stesso terreno agrario può essere utilizzato come componente del substrato purché sia ben strutturato e sano: prima dell'utilizzo si procede alla sterilizzazione, alla correzione del pH e alla concimazione (Pimpini, 2004).

La fibra di cocco è prodotta in gran quantità e può essere compostata e seccata, ed è semplice da trasportare potendola comprimere in mattoncini. Per utilizzarla va reidratata e così può concorrere alla costituzione di substrati anche come unico

componente (Reed, 1996).

Il letame è formato da deiezioni liquide e solide fermentate degli animali in stabulazione, mescolate alla lettiera. Le caratteristiche sono molto diverse in base alla specie animale di provenienza (Pimpini, 2004).

Lo sfibrato di paglia si ottiene macinando la paglia e vagliandola per eliminare la polvere. Presenta carenza di azoto e possibili residui di erbicidi e semi di infestanti.

La lolla di riso è un materiale molto leggero e facilmente trasportabile (Pandini, 2004). Essa è costituita dalle glume e dalle glumette che avvolgono il chicco di riso alla raccolta. A partire da 100 kg di risone (il prodotto prima della lavorazione, detta sbramatura) si ottengono 18-20 kg di lolla (Baltoni e Giardini, 2001). Questa operazione a livello industriale si esegue con le decorticatrici. Queste operano facendo passare il risone attraverso speciali rulli in caucciù che rimuovono la lolla (Borgia, 2003). La percentuale di lolla all'interno di un substrato dovrebbe essere intorno al 20-30% in volume. Questo residuo della lavorazione del riso per essere utilizzato deve essere prima compostato e successivamente sterilizzato per eliminare eventuali parassiti (Pimpini, 2004). La sterilizzazione non è necessaria nel caso di lolla parboiled. Il parboiling è un trattamento idrotermico che provoca trasformazioni fisico-chimiche del granello di riso e ne determina la sterilizzazione: si esegue ponendo in ammollo il risone, in seguito si cuoce a vapore e infine si essicca (Baltoni e Giardini, 2001). In seguito a questo processo essa può essere utilizzata tal quale per costituire dei substrati. Questo materiale garantisce una buona sofficità e un'elevata capacità per l'aria (Pandini, 2004).

1.4.2.1 Digestati anaerobici

Altri prodotti proposti per il vivaismo sono i digestati anaerobici che possono avere diversa origine, come ad esempio residui zootecnici, rifiuti organici o borlanda di frutta e feccia. Questi sottoprodotti dell'industria agro-alimentare subiscono una digestione anaerobica all'interno di un impianto di biogas. La produzione di gas biologico da fermentazione anaerobica è un fenomeno spontaneo in natura: gas nelle paludi, metano, nello stomaco di bovini per le reazioni di batteri anaerobi. Partendo dall'osservazione di questi fenomeni naturali, nel 1930 Buswell trovò i batteri e le condizioni per la formazione di metano. Da quel momento è iniziato lo studio dei substrati più adatti per la digestione anaerobica, cioè quei materiali che mettono a

disposizione tutte le sostanze che servono per la crescita e lo sviluppo dei batteri. Proprio il substrato di partenza è fondamentale per ottenere buoni risultati: la sua sostanza secca deve essere tra il 3 e il 18% e il rapporto C/N intorno a 20-35 per permettere lo sfruttamento razionale di entrambi gli elementi. Il processo fermentativo è riconducibile alla presenza di batteri sospesi nel liquame e quelli fissati sul materiale di riempimento. Per lo stoccaggio del digestato destinato a successivi utilizzi deve essere previsto un volume di vasche pari a un tempo di ritenzione di 180 giorni, considerando, come previsto dalla normativa vigente (decreto 7 aprile 2006 e normative recepimento regionali), l'apporto di acqua meteorica e tenendo un franco di sicurezza di non meno di 0,1 m (Chiumenti *et al.*, 2008).

Dalla digestione anaerobica si ottiene un sottoprodotto, il digestato, che è il residuo di questo processo. È un prodotto melmoso, che varia come consistenza in relazione alla composizione delle biomasse in entrata e del grado di umidità. L'utilizzo del digestato è prevalentemente come fertilizzante organico, quindi come componente del substrato di coltivazione. Questo processo è stato introdotto perché il digestato è utile sotto il profilo agronomico ed è un buon modo per riutilizzare risorse che altrimenti andrebbero perse o finirebbero per costituire un costo di smaltimento. Una volta che i fanghi escono dal processo di digestione possono subire delle ulteriori lavorazioni come ad esempio la separazione solido-liquido. Questa procedura permette di ottenere una frazione solida con il 25-30% di sostanza secca e una frazione liquida con il 2-8% di sostanza secca. Mentre nel liquido sono presenti grandi quantità di azoto ammoniacale e sali solubili, e per questo è utilizzato come concime, la frazione solida contiene una buona quantità di sostanza organica e quindi è utilizzata come ammendante (Barbanti *et al.*, 2010).

Il digestato è utilizzato anche in campo agronomico come sostituto dei concimi chimici nella coltivazione di piante di *Zea mays*: in una prova svolta nel 2012 si è notato come la distribuzione di fanghi in pre-semina e copertura, con tecniche di iniezione o immediata incorporazione, possa sostituire integralmente la concimazione minerale a base di urea (Riva *et al.*, 2013).

In un'altra prova svolta su *Zea mays*, utilizzando fanghi provenienti dalla digestione anaerobica di rifiuti organici della raccolta differenziata, si è osservato come percentuali del 30 o del 50% di digestato nel substrato permettano di aumentare la

crescita e il contenuto di pigmenti fogliari. In questo caso però si rende necessario eseguire un'analisi della carica batterica in modo da escludere la contaminazione di *E. coli*, *Enterobacteriaceae* e *Streptococchi* (Mattuzzi, 2013).

Sono state eseguite molte prove di utilizzo del digestato in campo agronomico, tra cui una in Svezia, nella quale il digestato proveniente da diverse tipologie di colture erbacee, è stato utilizzato per la concimazione del terreno. I risultati ottenuti non sono ottimali per la produzione di biogas, ma la concimazione con digestati ha permesso di contenere del 34% in media gli input energetici nelle colture (Gissén *et al.*, 2014).

L'utilizzo del digestato di borlanda di frutta e feccia è stato testato come fertilizzante organico su lattuga: le prove hanno dato buoni risultati sia produttivi sia qualitativi, soprattutto quando unito alla concimazione minerale. Inoltre non c'è stato un accumulo di metalli pesanti nelle piante trattate con il digestato; però c'è stata la percentuale più elevata di scarto nelle tesi in cui i fanghi hanno apportato il 50% del fabbisogno di azoto (Frezza *et al.*, 2010).

Uno dei problemi maggiori dell'utilizzo del digestato in campo agronomico è costituito dalla sua qualità e dal contenuto di sostanze e organismi nocivi.

La qualità del digestato è stata studiata in Spagna andando a approfondire come diverse tipologie di digestato siano più o meno positive per la somministrazione in pieno campo. La distinzione principale ha riguardato il grado di biodegradabilità: si è osservato come il digestato più biodegradabile non sia adatto alla concimazione del terreno per l'elevata produzione di CO₂ e l'immobilizzazione dell'azoto, mentre altri digestati meno biodegradabili rilasciano meno CO₂ in atmosfera e facilitano la nitrificazione dell'ammonio che è una buona fonte di azoto per la coltura (Albuquerque, 2011).

In una prova svoltasi in Nigeria si è notato come il digestato ottenuto da un processo di digestione anaerobica di reflui zootecnici bovini e avicoli, conteneva ancora microrganismi appartenenti ai generi *Pseudomonas*, *Klebsiella*, *Clostridium*, *Bacillus*, *Bacteroides*, *Salmonella*, *Penicillium* e *Aspergillus*. Sebbene *Escherichia coli* e *Shigella spp.* fossero stati rimossi, specie di *Salmonella* and *Klebsiella* erano ancora presenti (Alfa *et al.*, 2013). In un'altra prova svoltasi in Spagna si sono evidenziati altri problemi legati all'utilizzo di digestato in pieno campo: si è posta l'attenzione sul contenuto di Cu e Zn, sulla salinità, la biodegradabilità, la fitotossicità e le caratteristiche igieniche. Per

evitare questi inconvenienti è necessario selezionare la biomassa di partenza per la digestione anaerobica (Albuquerque *et al.*, 2012).

Negli ultimi anni si sono anche effettuate prove di coltivazione fuori suolo utilizzando il digestato come sostituto parziale o totale della torba di sfagno nel substrato. Il digestato, derivante dalla digestione anaerobica di reflui zootecnici, è un prodotto a base cellulosica simile alla torba di sfagno, e, dopo la separazione solido-liquido, diventa un prodotto inodore e privo di semi vitali di malerbe (Compton e Zauche, 2006). La conferma della possibilità di sostituire la torba con parte di digestato si è avuta con la prova di coltivazione di *Pelargonium × hortorum* 'Red Elite', utilizzando appunto come substrato torba con percentuali diverse di digestati. Si è osservato che il peso secco delle piante coltivate nei substrati contenenti digestato era superiore rispetto a quelle coltivate con sola torba di sfagno. Inoltre anche la fioritura è risultata maggiore nelle piante coltivate con digestati. Questo sta a dimostrare le grandi potenzialità dei digestati come sostituti parziali o totali della torba di sfagno (Compton e Zauche, 2006).

1.4.2.2 Compost

La produzione di compost in Italia degli anni 1999-2000 era di circa 500-600 mila t/anno e veniva tutto collocato sul mercato dei fertilizzanti e suddiviso in:

- settore florovivaismo come miscelato nei substrati per avere un'alternativa all'uso delle torbe;
- vendita al minuto presso l'impianto di produzione;
- conferimento del compost presso le aziende agricole.

Per lo più il compost è conferito all'hobbistica e meno alle aziende perché la vendita a queste è meno remunerativa (essendo venduto un prezzo minore) ed inoltre l'agricoltore non lo conosce molto perché un prodotto ancora relativamente nuovo (Piccinini, 2002).

Per quanto riguarda i materiali utilizzati per il compostaggio tra i rifiuti organici provenienti da raccolta differenziata il 73% è composto da frazione organica e frazione comunemente chiamata "verde". Nel 2003 gli impianti di compostaggio erano 205, in continuo incremento rispetto agli anni precedenti e trattavano 2,7 milioni di tonnellate di scarto organico (Newman e Centemero, 2006).

Il compostaggio controllato è una tecnica utilizzata dall'uomo per sfruttare e

ottimizzare ciò che in natura avviene spontaneamente ma in tempi lunghi. È un processo biologico naturale, di tipo aerobico, in cui i microrganismi presenti nell'ambiente attaccano e degradano i residui animali e vegetali traendone energia e liberando, oltre ad acqua e anidride carbonica, sali minerali e sostanza organica stabilizzata ricca in humus, il compost. Il prodotto che si ottiene ha elevate proprietà fisiche, è igienicamente sicuro e privo di semi vitali di erbe infestanti. Nel processo di compostaggio la biomassa subisce prima una fase di decomposizione, poi una di trasformazione e infine quella di maturazione. I primi componenti a essere degradati sono zuccheri, aminoacidi, acidi organici e proteine, e la loro demolizione libera molta energia sotto forma di calore e si arriva anche a 60°C: questa è la fase termofila che dura un mese. Nella seconda fase all'azione predominante dei batteri si affiancano i funghi e gli attinomiceti che degradano cellulosa, lignina e amido: in questo momento la temperatura scende intorno ai 40-45°C e il materiale inizia a stabilizzarsi (la stabilità indica che i processi demolitivi della sostanza organica sono rallentati) (Silvestri *et al.*, 1997). Questa fase dura dai 60 ai 90 giorni e il prodotto che si ottiene è il compost maturo che possiede elevate caratteristiche ammendanti e fitonutritive. Successivamente il processo evolve verso un'ulteriore e più completa maturazione della sostanza organica, soprattutto ad opera degli attinomiceti: il compost che si ottiene è di colore scuro, ricco in composti umici e dal caratteristico odore di terriccio di bosco (Rossi e Guercini, 2001). La maturità del compost si raggiunge quando non sono più presenti fenomeni di fitotossicità. I fattori principali che garantiscono una buona attività microbica durante il processo di compostaggio sono l'ossigeno e una porosità sufficiente, l'umidità adeguata e il rapporto C/N che deve essere bilanciato (con poco azoto non ci sarebbe l'innalzamento della temperatura, mentre in caso di un eccesso di questo elemento verrebbe liberata ammoniaca con formazione di odori sgradevoli) (Centemero, 2009).

Il processo di compostaggio di materie organiche provenienti da rifiuti urbani e vegetali (nel caso del Polo Ecologico Integrato ACEA) viene eseguito per mezzo di un impianto in grado di processare fino a 20000 t/anno di materiale. Esso è organizzato in 5 sezioni: nella prima si riceve la frazione verde-legnosa e si provvede alla riduzione di volume mediante triturazione. In seguito avviene la miscelazione tra la frazione verde e il digestato, che è allestita in cumulo nella sezione di maturazione accelerata dove la massa resta per circa un mese, con rivoltamenti settimanali e insufflazioni per favorire

la bioossidazione. Terminata questa fase il cumulo passa nella sezione destinata alla maturazione lenta che dura 65 giorni in costante monitoraggio. Infine si vaglia e si stocca il prodotto procedendo all'analisi dei parametri previsti (Mainero e Brussino, 2006).

Per quanto riguarda le caratteristiche chimico-fisiche del compost, il pH oscilla dal neutro all'alcalino. Questo fattore non è importante allo scopo di ripristino ambientale (come substrato di crescita per il consolidamento di terreni dissestati o scoscesi) o per la manutenzione del verde ornamentale (i cui requisiti analitici apprezzati sono una buona sostanza organica umificata e un basso tenore di umidità). Al contrario, in ambito florovivaistico, un pH subacido o quantomeno neutro, è altamente auspicabile. In linea teorica, quindi per l'impiego del compost come substrato si rende necessaria la correzione del pH. In realtà, in un'ottica reale di impiego del compost in un miscuglio, la sua aggiunta alla torba diminuisce la necessità di carbonato per la neutralizzazione di quest'ultima, notoriamente molto acida. Sempre nel settore vivaistico è importante la conducibilità elettrica del substrato per la coltivazione in contenitore che deve essere di massimo 1500-2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ per non creare problemi: mentre i compost da matrici lignocellulosiche rispettano questi limiti, le matrici da scarti alimentari o zootecnici superano i valori detti sopra, per cui è necessario scegliere accuratamente la provenienza del compost. L'ammendante compostato verde, cioè ottenuto da scarti di manutenzione del verde presenta caratteristiche chimico-fisiche apprezzabili e dà maggior compatibilità tra matrice organica e pianta e meno problemi in buca di piantagione e nelle pratiche agronomiche che prevedono il diretto contatto con la radice.

Essendo povero di elementi nutritivi come azoto, fosforo e potassio rispetto al letame, ma avendo tanta sostanza organica umificata, è usato come ammendante in grado di migliorare le proprietà fisico-strutturali e biologiche del terreno agrario in caso di siti poveri di sostanza organica. L'ammendante compostato misto è costituito da scarti alimentari, agroalimentari, matrici zootecniche e fangose ed è in grado di garantire sia la funzione di ammendante, sia un buon apporto di concimante in macro e micro elementi (l'elevato contenuto di sali ne limita l'utilizzo in ambito florovivaistico come substrato).

Il compost può essere facilmente impiegato in ambito florovivaistico come

sostituito parziale o totale dei terricci per la coltivazione delle piante. Il compost ha diverse caratteristiche positive come la facile reperibilità, i bassi costi, la pezzatura definita e le caratteristiche fisiche definite inserendolo nel substrato di coltivazione. La quantità da inserire in un terriccio varia in base a molti fattori come ad esempio la specie vegetale in considerazione, la durata del ciclo colturale, la fase fenologica interessata e le caratteristiche chimico-fisiche del compost e dei materiali complementari: la concentrazione può variare dal 20 fino al 70% in volume. La maturità del compost è un fattore di estrema importanza soprattutto per evitare la presenza della fitotossicità residua associata alle trasformazioni biochimiche ancora presenti nei prodotti giovani (Centemero e Caimi, 2001).

L'utilizzo del compost come sostituto parziale o totale della torba è pratica studiata ormai da anni. Già nel 1988 Verdonck parlava dell'utilizzo del compost, proveniente da diverse matrici organiche (zootecniche e urbane), per la costituzione di substrati colturali: in particolare poneva l'attenzione sull'efficacia della tecnica del compostaggio che diminuiva la fitotossicità e l'alto contenuto di sali presenti nelle biomasse prima di subire il processo aerobico del compostaggio.

Prima dell'influenza sulla crescita delle piante si osserva la variazione provocata dal compost sui parametri chimico-fisici del substrato: in una prova condotta su rosmarino nel 2006, è stato riscontrato che aumentando la percentuale di compost è aumentato il pH, la conducibilità elettrica e la densità apparente, però non si sono mai raggiunti livelli di fitotossicità. L'effetto sulla densità apparente ha provocato una distribuzione delle radici solo nella parte superiore del contenitore, a causa della compattazione del substrato dovuta al compost. La prova ha visto l'utilizzo di molti tipi di compost, tra cui quello ottenuto da fanghi urbani, dagli scarti di manutenzione del verde, dalla raccolta differenziata e in media si sono ottenute piante di prima qualità sostituendo la torba con il 30% di compost in volume (Rea *et al.*, 2009).

In una prova di coltivazione di *Euphorbia pulcherrima* cv. Peterstar white è stata sostituita parte della torba nel substrato con i residui della frangitura delle olive compostati. Al crescere della percentuale di compost è cresciuta la conducibilità elettrica, mentre è diminuita la porosità totale. Aumentando la quantità di torba sostituita con il compost, è diminuita l'altezza delle piante e il numero delle brattee, ma solamente con il 75% di compost si è notato un peso secco delle radici minore. Con il

25% di compost nel substrato si sono ottenuti una fioritura e un colore simile al controllo senza compost (Papafotiou *et al.*, 2004).

Una diversa tipologia di compost è stata testata per la coltivazione di *Philodendron*. Per questa prova si è utilizzata una miscela composta per il 70% di materiale ligno-cellulosico e per il 30% di acque di scolo fognarie mescolata con torba bionda in diverse percentuali. Dopo sei mesi di coltivazione non si sono osservati danni sulle foglie, ma con percentuali superiori al 50% di compost si è avuta una riduzione del 37 e del 36% del peso secco delle foglie e della superficie fogliare rispettivamente. Il peso secco delle radici è diminuito del 38% già con il 25% di compost. In più si è avuto un accumulo di metalli pesanti e una carenza di P, Mg e Mn per azione antagonista degli altri elementi: per questi motivi l'utilizzo di acque di scolo per la coltivazione in vaso di *Philodendron* non è favorevole per uno sbilanciamento nutrizionale nella pianta (Grigatti *et al.*, 2007).

L'utilizzo delle acque di scolo sottoposte a digestione anaerobica e miscelate, in rapporto 1:3, con cippato di legno, con successivo processo di compostaggio, ha dato buoni risultati in una prova svoltasi negli Stati Uniti. Si sono ottenuti 4 diversi substrati utilizzando 4 percentuali (0, 25, 50 e 100%) di questa miscela di digestato e cippato (compost), insieme a corteccia, torba e sabbia. Questi 4 substrati sono stati utilizzati per la coltivazione di specie annuali da fiore, erbacee perenni e ornamentali legnose. In media si sono ottenute piante più sviluppate nei substrati contenenti il 50 o il 100% di compost, sebbene al trapianto iniziale le piante fossero clorotiche, probabilmente per l'elevato contenuto di sali nel terriccio. Aumentando il compost nel substrato sono aumentati i nutrienti ma contemporaneamente sono aumentati anche i metalli pesanti e diminuita la porosità per l'aria (Bugbee, 2002).

Oltre alle acque di scolo, le zone urbane producono anche molti rifiuti che, se opportunamente trattati, possono rivelarsi un ottimo fertilizzante per la coltivazione in contenitore. Alcuni studiosi portoghesi hanno effettuato una prova di coltivazione del *Pelargonium × hortorum* Bailey cv. Meridonna utilizzando diverse percentuali di compost derivante da rifiuti solidi urbani miscelato a un substrato a base di torba. In questa prova non sono state somministrate ulteriori concimazioni durante il ciclo colturale, e questo ha portato a un minore accrescimento delle piante allevate nel substrato testimone senza compost rispetto a quelle coltivate con percentuali del 10 e

20% che sono state le più sviluppate. Al di sopra di tale livello l'eccessivo accumulo di sali nel substrato ha determinato una contrazione della crescita: visto il buon apporto di K, Mg, Ca e altri micronutrienti con contenuti del 20% di compost, l'allevamento di geranio con percentuali del 15-20% risulta positivo, prevedendo un'adeguata somministrazione di N e P (leggermente bassi come concentrazioni nelle foglie) (Ribeiro *et al.*, 2000). Un'altra prova di impiego del compost in ambito florovivaistico si è svolta negli anni 2004-2005 a Pistoia e Pisa, e ha visto l'impiego del compost mescolato in diversi substrati con torba, pomice e fibra di cocco per la coltivazione di viburno e fotinia e altre piante da fiore o da orto. Mentre il viburno non ha mostrato differenze significative al variare del substrato, la fotinia ha diminuito la sua crescita con substrati alternativi alla torba: questo effetto depressivo dei materiali alternativi è dovuto alla maggiore sensibilità della fotinia alla salinità del substrato. Al termine delle prove si è potuta riscontrare la possibilità di sostituire la torba con una maggiore percentuale di fibra di cocco rispetto al compost, ma si sono ottenuti risultati migliori in presenza di compost con certificato di qualità (Lanzi, 2005).

Il *Viburnum tinus* L. è stato testato anche in 2 prove da studiosi francesi, spagnoli e italiani. La prima svoltasi in Francia ha messo a confronto 4 miscugli costituiti da torba finlandese e compost vegetale, da compost vegetale e fibra di cocco, da torba finlandese e fibra di cocco e il testimone costituito da torba finlandese e cortecce di pino compostate, tutti in rapporto 1:1; la seconda prova svoltasi in Spagna ha previsto la coltivazione del viburno utilizzando 4 miscele diverse costituite da perlite e deiezioni compostate, da compost derivante da scarti forestali e cortecce compostate (queste in rapporto 1:1), da compost derivante da scarti forestali e deiezioni compostate (in rapporto 2:3) e infine il testimone come nella prova francese. In Francia i substrati con compost vegetale o fibra di cocco hanno prodotto piante simili come sviluppo a quelle cresciute nel controllo. In Spagna solo il miscuglio tra compost forestale e deiezioni compostate ha dato piante simili al controllo, mentre le altre miscele hanno prodotto piante più piccole. Questo esperimento mette in luce come la torba non sia l'unico substrato utilizzabile per la coltivazione di piante ornamentali, ma si devono ricercare quei materiali che permettono di avere le caratteristiche più adatte alla tipologia di allevamento che si intende eseguire (Guérin *et al.*, 2001).

Materiali vegetali, come i residui di potatura compostati, sono stati oggetto di

studio per la costituzione di substrati colturali. In una prova spagnola questi residui di potatura compostati sono stati mescolati in differenti proporzioni con torba, foglie, sabbia e residui dell'allevamento di funghi. Questi substrati sono stati testati su *Lolium perenne* L. e *Cupressus sempervirens* L. per osservare le differenze di accrescimento. Si è notato come i residui di potatura compostati siano adeguati per la costituzione di substrati, sebbene sia necessario integrarli con un materiale ricco di nutrienti per ottenere risultati migliori (Benito *et al.*, 2005).

Sono stati studiati diversi tipi di compost anche per la coltivazione di *Salvia splendens* e altre piante nel 2006: si è notata un'elevata conducibilità elettrica nei compost derivanti da prodotti ottenuti con la separazione meccanica della frazione organica dei rifiuti solidi urbani; al contrario le caratteristiche positive per un substrato per il florovivaismo, come la capacità di drenaggio e l'ossigenazione, si sono ottenute con l'utilizzo di gusci di nocciole, noccioli di olivo, perisperma di nocciole e cocco e lattice da lavorazione di materassi, che hanno mostrato anche valori bassi di conducibilità elettrica e pH prossimo a 7. La scelta però deve orientarsi verso quegli scarti che sono più presenti sul mercato e che non hanno altre vie di utilizzo (Minuto *et al.*, 2006).

L'utilizzo nell'agricoltura di pieno campo del compost si è reso necessario soprattutto negli ultimi anni in cui c'è stata la separazione tra attività zootecnica e coltivazioni. Per essere utilizzato in pieno campo deve avere oltre a un buon contenuto di sostanza organica e una maturazione sufficiente, anche un grado di raffinazione elevato e una buona dotazione di elementi nutritivi (Centemero e Caimi, 2001).

Utilizzato in pieno campo migliora e stabilizza la struttura fisica del terreno agendo sulla porosità e, quindi, sul grado di aerazione e sulla capacità di ritenzione idrica; migliora anche i terreni argillosi rendendoli più porosi e più facilmente lavorabili. Ha ottime proprietà chimiche apportando elementi nutritivi e rendendoli disponibili gradualmente e ottimizzandone l'efficienza di utilizzazione. Infine migliora le proprietà biologiche del terreno incrementando lo sviluppo della flora microbica e della micro e meso fauna, innestando i cicli biologici di demolizione e di sintesi a favore di una migliore crescita vegetale (Rossi e Guercini, 2001).

Si stanno studiando utilizzi alternativi del compost come il biorisanamento che consiste nell'utilizzare questo prodotto per legare i metalli pesanti: per cui il compost

può recuperare queste sostanze da suoli contaminati chelandoli con una forza maggiore rispetto ai colloidali del suolo. In questo modo si rischiano minori problemi di fitotossicità per le piante (Centemero, 2009).

Altre prove di biorisanamento sono state svolte da studiosi del Taiwan che hanno notato come la presenza del compost, in terreni limo-argillosi contaminati, aumenti la quantità di metalli pesanti estratti da parte di alcune piante. Le piante utilizzate per la prova erano colza, girasole, pomodoro e saponaria. L'estrazione avveniva in un suolo contenente compost successivamente al lavaggio del terreno con acqua pura. Si è osservato che il colza è stata la coltura migliore per l'estrazione di metalli da un terreno contenente compost: la prova ha dimostrato l'importanza del compost nel creare una corretta sinergia con la pianta per l'estrazione di sostanze nocive (Sung *et al.*, 2011).

Inoltre il compost è utilizzato anche per il controllo di crittogame per via naturale (come *Phytophthora* spp., *Verticillium* spp, *Fusarium oxysporum*) (Centemero, 2009). In una prova su basilico si è confrontato lo sviluppo delle piante cresciute su un substrato costituito da torba di sfagno o da compost (derivante da letame bovino e avicolo e paglia di frumento). Il compost ha garantito una maggiore resistenza a *Fusarium oxysporum* f. sp. *basilici* rispetto alle piante coltivate su sola torba. In più il compost ha permesso di ottenere piante più sviluppate nonostante non fossero state concimate, rispetto al basilico cresciuto su sola torba che invece era stato fertilizzato (Reuveni *et al.*, 2002).

Dal punto di vista commerciale, soprattutto negli ultimi anni, c'è stato un aumento dell'attenzione da parte degli acquirenti nei confronti della qualità del compost. Per far fronte alle richieste di una certificazione del prodotto, nel 2003 il Consorzio Italiano Compostatori ha iniziato un percorso che ha portato all'ottenimento dell'attestazione di qualità dell'ammendante prodotto dai propri associati, arrivando ad avere ben 29 prodotti che si fregiano del Marchio di Qualità CIC. Per poter ottenere la certificazione del proprio prodotto sono necessarie 2 fasi: una Fase di Rilascio e una di Mantenimento che sono costituite da una serie di verifiche e controlli per verificare che la qualità del prodotto sia elevata (Centemero, 2009).

La normativa riguardante il compost è stata modificata varie volte nel corso degli anni. La legge del 19 ottobre 1984, n. 784 "Nuove norme per la disciplina dei

fertilizzanti” e sue successive modifiche e integrazioni individuava 4 tipologie di ammendanti: ammendante vegetale semplice non compostato, ammendante compostato verde, ammendante compostato misto ed ammendante torboso composto. L’inclusione del compost di qualità (sinonimo di ammendante compostato, andando a indicare l’origine dei materiali di cui è costituito il compost) nella normativa nazionale dei fertilizzanti ha consentito, anche a questa tipologia di fertilizzante, l’adozione di un regime fiscale agevolato. L’agevolazione fiscale, la definizione di specifici obiettivi da raggiungere in termini di recupero della frazione organica dei residui solidi urbani e la presenza di una quadro normativo certo ha determinato un notevole incremento del numero di impianti di compostaggio e del livello di produzione (Sequi e Tittarelli, 2006). Il Decreto legislativo n. 4 del 2008 definisce il compost di qualità come il prodotto ottenuto dal compostaggio di rifiuti organici raccolti separatamente , che rispetti i requisiti e le caratteristiche stabilite dall’allegato 2 del D. Lgs. n. 217 del 2006 e successive modifiche e integrazioni. La legge del 2006 non cambia la nomenclatura dei 4 tipi di prodotti definiti anche nella legge dell’84, ma definisce in modo preciso la modalità di preparazione, il titolo minimo in elementi, i criteri della valutazione e le sostanze il cui titolo deve essere dichiarato. Il D. Lgs. n. 75 del 2010 recepisce la legge europea del 2008 in materia di fertilizzanti e specifica quali prodotti possono essere contenuti nei diversi tipi di ammendanti, i requisiti aggiuntivi per l’ammissibilità in agricoltura biologica e le condizioni per l’uso imposte dal regolamento europeo.

1.4.3 Principali materiali inorganici componenti i substrati

La pomice e il lapillo vulcanico sono minerali di origine vulcanica. Si presentano in diametri diversi a seconda del vaglio utilizzato e hanno un’elevata capacità per l’aria migliorando la macroporosità dei substrati (Pandini, 2004). Presentano pH neutro e una bassa conducibilità.

La perlite o agriperlite è un silicato di alluminio di origine vulcanica ottenuto riscaldando rapidamente il prodotto grezzo a 1000°C. In questo modo le particelle si espandono e assumono l’aspetto del prodotto commerciale: sono granuli leggeri, bianchi, resistenti alla compressione e stabili nel tempo (Cattivello e Zaccheo, 2009). La perlite di 3-5 mm di diametro è molto leggera (110-130 kg/m³). Presenta porosità elevata con capacità di ritenuta del 34% e quindi possiede buone caratteristiche drenanti.

La vermiculite è un silicato idrato di magnesio alluminio e ferro. Anche questo materiale subisce un trattamento termico che fa dilatare le particelle (Tesi, 2008). Le sue caratteristiche sono l'elevato potere tampone, CSC simili a quelle delle migliori torbe ma presenta una maggiore disponibilità di nutrienti rispetto a queste ultime (Pimpini, 2004).

La sabbia fa parte della frazione del terreno chiamata terra fine che passa attraverso un setaccio con maglie di 2 mm di diametro. La sabbia va dagli 0,02 ai 2 mm di diametro secondo il Sistema Internazionale, mentre da 0,05 a 2 mm per il Sistema USDA (Violante, 2005). È da evitare la sabbia calcarea, mentre è da preferire quella silicea perché non ha influenze sul pH. La sua presenza nel terriccio ne riduce la porosità, insinuandosi nei macropori delle fibre torbose. Possiede un elevato peso specifico.

Un'altra frazione del terreno sono le argille che sono interessanti quando sono sottoforma di scaglie. Quelle granulari danno un beneficio per la gestione dell'umidità rallentando le disidratazioni rapide. Possiede un'azione tampone molto bassa (Pandini, 2004).

1.5 SCOPO DELLA PROVA

Nel vivaismo l'utilizzo di substrati diversi dal terreno agrario è fondamentale e la torba è, invece, il componente più utilizzato. Il progressivo esaurimento delle torbiere, però, sta creando problemi a diversi livelli: peggioramento della qualità della torba, aumento dei costi della stessa, aumento del rischio di natura ambientale connesso all'alterazione dell'ecosistema torbiera. Lo scopo del presente lavoro è stato quindi quello di valutare matrici diverse, da impiegarsi in miscuglio, allo scopo di ridurre l'impiego della torba. Inoltre utilizzando questi materiali alternativi, si è voluto valorizzare prodotti di scarto delle attività antropiche e agro-industriali che, altrimenti, avrebbero problemi di smaltimento. Sono stati realizzati diversi miscugli a partire da torba bionda di sfagno e due altri prodotti: il compost da scarti vegetali e i residui della digestione anaerobica. Il primo materiale è stato a lungo studiato, ma il suo impiego non è mai entrato nella pratica per i non sempre soddisfacenti risultati che si ottengono. Invece i secondi sono di interesse attuale per il diffondersi di impianti per l'ottenimento del biogas a cui si sta assistendo in questi anni. Dopo una valutazione chimico-fisica, i

diversi miscugli sono anche stati valutati dal punto di vista agronomico, tramite una prova di coltivazione di talee di rosa e di abelia e di ricoltivazione di quest'ultima specie.

2. MATERIALI E METODI

2.1 PREPARAZIONE SUBSTRATI E INVASO

La prova di coltivazione di rosa (*Rosa* 'Sweet Haze') e abelia (*Abelia* ×*grandiflora* 'Prostrata Variegata Aurea') è stata condotta presso l'azienda florovivaistica Vanin, situata a Paese (TV), ed è iniziata il 20 giugno 2013.

I materiali impiegati per la formulazione dei substrati sono stati i seguenti:

- torba HAWITA BALT-UNI 20 TONSUBSTRAT 2 costituita dal 20% di torba scusa, 50% con struttura 1b (5-10 mm), 30% struttura 2 (10.25 mm), con argilla granulare, concimazione 500 g/m³ PG-MIX + 100 g/m³ RADIGEN + OSMOCOTE EXACT 8/9 mesi 1000 g/m³ + TRIABON 1000 g/m³ + 50 g/m³ Ferro chelato [NPK+micro], pH 5.5 (da qui in avanti denominata torba o substrato aziendale);
- compost maturo derivante dal trattamento di soli residui vegetali (Contarina S.p.A, Contarina S.p.A Lovadina di Spresiano, TV);
- residui della digestione anaerobica di borlanda di frutta e feccia di vino (da qui in avanti denominati digestati) (Distillerie Mazzari S.p.A., Sant'Agata sul Santerno, RA).

Con detti materiali sono stati ottenuti 8 substrati derivanti dalla combinazione fattoriale di:

- 4 dosi crescenti di compost: 0 (substrato aziendale), 15, 30 e 45%;
- con o senza il 20% di digestato in volume.

I rapporti percentuali di torba, compost e digestato sono riportati nella tabella 2.

Gli otto substrati ottenuti sono quindi stati caratterizzati dal punto di vista chimico-fisico. Il peso volumico apparente è stato determinato impiegando la metodica EN13040. Con il metodo del porometro (Fonteno e Bilderback, 1993) è stata determinata la porosità totale e la capacità di ritenzione idrica. La porosità per l'aria è stata ottenuta per differenza tra i due precedenti valori. Il pH del substrato è stato misurato in una sospensione acquosa con diluizione substrato/acqua 1:5 (v/v), secondo la metodica EN 13037. La sospensione utilizzata per la determinazione del pH è stata poi filtrata e utilizzata per la determinazione della conducibilità elettrica secondo la metodologia EN 13038. La sostanza secca dei substrati è stata determinata con

l'adozione della metodologia EN 13040. Il contenuto di sostanza organica è stato determinato dopo un incenerimento di 5 g di substrati utilizzando il metodo EN 13039. Al fine di valutare i nutrienti prontamente disponibili per le piante, l'estrazione in acqua deionizzata (metodo EN 13652) è stata preferita ad altre metodiche anche se sottostima i contenuti totali dei nutrienti. Quindi, i contenuti in azoto nitrico (N-NO₃), azoto ammoniacale (N-NH₄), P, K, Ca e Mg sono stati valutati mediante cromatografia ionica (ICS-900, Dionex, Sunnyvale, CA, USA). Ogni analisi è stata effettuata su 3 campioni di substrato.

Quindi, i substrati sono stati impiegati per la prova di coltivazione delle due specie sopra indicate. Per il trapianto è stato utilizzato il tradizionale vaso in plastica in 2 diverse misure: diametro 15 cm per le talee di rosa e abelia (provenienti da un contenitore alveolare di 3 cm di diametro) e diametro 19 cm per le sole piante di abelia (proveniente da precedente coltivazione in contenitore in plastica di diametro 15 cm, con substrato aziendale). Le caratteristiche dei vasi sono riportate in tabella 3.

Per ciascun substrato il giorno 20 giugno 2013 sono state trapiantate 75 talee di rosa e abelia nei contenitori di diametro 15 cm, per un totale di 600 piante per specie, e 75 piante di abelia, provenienti da un vaso di diametro 15 cm, in un contenitore di diametro 19 cm, per un totale di 600 piante. Di seguito le piante sono state collocate vaso contro vaso nelle aiuole di coltivazione su telo antialga che poggia su del ghiaino. Specie e tipologia di coltivazione sono stati tenuti separati e disposti secondo uno schema sperimentale a blocchi randomizzati con 3 ripetizioni di 25 vasi ciascuna.

Dopo il trapianto è stata eseguita un'innaffiatura con solo acqua per assestare il substrato nel vaso. L'irrigazione è avvenuta per aspersione.

2.2 TECNICHE COLTURALI

Durante la coltivazione le tecniche colturali adottate sono state le seguenti:

- Irrigazione: nelle prime 2 settimane dopo il trapianto l'irrigazione è avvenuta ogni giorno e successivamente ogni 2 giorni.
- Trattamenti fungicidi: sono stati eseguiti a cadenza quindicinale utilizzando i seguenti agro farmaci: Difenconazolo, Ditianon, Trifloxystrobin, Idrossido di rame.
- Trattamenti insetticidi: anche questi sono stati eseguiti a cadenza quindicinale utilizzando i seguenti prodotti: Lambda-cialotrina, Betacyflutrin, Thiamethoxan.

- Concimazioni: non è stata eseguita, in quanto è pratica abituale dell'azienda concimare solo dopo eventuali 10-12 mesi di coltura in quanto, durante il primo anno di coltivazione le piante riescono a sfruttare la concimazione iniziale del substrato.

2.3 RILIEVI ESEGUITI

Il 31 luglio è stato eseguito un rilievo in itinere, su 10 piante, per il calcolo dell'indice di crescita (IC), che è la media di altezza, diametro maggiore e diametro ortogonale della chioma secondo la formula:

$$IC = (\text{altezza} + \text{diametro maggiore} + \text{diametro ortogonale}) / 3.$$

A fine ciclo colturale, il 21 gennaio, è stato eseguito il rilievo finale per il calcolo dell'IC, come descritto in precedenza, e sono state prelevate 5 piante per tesi e per l'analisi di crescita. Dopo l'asportazione delle foglie dai rami, questi sono stati recisi alla base e, solo nel caso delle rose, suddivisi in ramificazioni principali e secondarie. Dopo il conteggio i rami sono stati misurati per determinarne la lunghezza. Con queste informazioni sono state ricavate la lunghezza maggiore dei rami, lunghezza cumulata e lunghezza media degli stessi. Di questi organi è stato eseguito il peso fresco. In seguito è stato asportato il substrato dalla parte ipogea con lavaggio in acqua corrente e, dopo asciugatura, l'apparato radicale è stato pesato. Solamente nel caso delle abelie nel vaso di diametro 19 cm, l'apparato radicale è stato suddiviso in radici di nuovo accrescimento (le radici presenti all'interno del nuovo substrato, quello aggiunto al momento del trapianto) e radici vecchie (quelle presenti nel substrato del vaso 15 originario). Tutti gli organi della pianta sono stati posti in vaschette di alluminio e collocati in stufa a 105 °C per 48 ore: al termine dell'essiccazione sono stati pesati e si è ottenuto il peso secco, grazie al quale si è potuta calcolare la percentuale di sostanza secca di ogni organo.

2.4 ELABORAZIONE STATISTICA

L'esperimento è stato condotto come un fattoriale a 2 vie (compost × digestato) ed è stato adottato un disegno sperimentale a blocchi randomizzati con tre ripetizioni di 25 piante. L'analisi è avvenuta in modo separato per ciascuna specie e dimensione del

vaso. I dati relativi ad ogni parametro sono stati sottoposti ad analisi della varianza e le differenze fra le medie sono state sottoposte al test di Tukey. I valori percentuali sono stati trasformati nei rispettivi valori angolari prima dell'elaborazione.

3. RISULTATI

3.1 SUBSTRATI

Tra i parametri fisici, il peso volumico apparente è stato influenzato dalla percentuale relativa di compost nel substrato (Tab. 4). È stata osservata anche un'interazione tra i due fattori principali: al crescere del contenuto di compost il peso volumico apparente è cresciuto, però con lo 0 e il 15% di questo materiale, la presenza di digestato ha determinato incremento di valore, con il 30% la presenza di quest'ultimo non è stata influente, mentre con il 45% di compost il digestato ha indotto una riduzione del peso volumico apparente (Fig. 1). I valori di questo parametro sono cresciuti da 107 (nella tesi 0 senza digestati) a 259 kg/m^3 (nella tesi 45 senza digestati). Secondo Pozzi e Valagussa (2009), un buon substrato dovrebbe avere un peso volumico apparente compreso tra 60 e 250 kg/m^3 , per cui solamente il substrato con il 45% di compost e senza digestati è risultato superiore a questi limiti.

Relativamente alla porosità totale (Tab. 4), l'interazione tra i due fattori ha evidenziato che, generalmente, c'è stata una riduzione della porosità all'aumentare del compost, passando dall'86.7 delle tesi 0 al 79.4% della tesi 45 senza digestati, ma con il 30% la presenza di digestato ha contenuto la diminuzione del parametro in questione (-6.49 vs -1.31% rispettivamente senza e con digestati) (Fig. 2). Un substrato ideale dovrebbe avere, secondo Aendekerk et al. (2000), una porosità totale compresa tra l'85 e il 95%, per cui solamente i substrati privi di compost e quelli con il 15% e senza digestato sono compresi entro questi limiti, mentre gli altri substrati hanno presentato valori più bassi.

Anche la porosità per l'aria è stata influenzata da entrambi i fattori allo studio (Tab. 4). L'effetto di interazione ha messo in evidenza che i valori più alti in assoluto sono stati osservati in assenza di compost e digestato (17.6%); al crescere della percentuale di compost c'è stata una progressiva diminuzione dei valori del parametro: la presenza di digestato ha, tendenzialmente, aumentato i valori di questo parametro nei substrati contenenti compost, tendenza che è risultata significativa nei substrati contenenti il 15 e il 45% di questo materiale (+37.4 e +47.7%, rispettivamente tra le tesi senza e con digestati) (Fig. 3). Il valore minore in assoluto è stato nella tesi 45 senza

digestati con 6.63%. Solamente i substrati privi di compost e quelli con il 15% e il digestato hanno presentato una porosità per l'aria ideale, cioè compresa tra il 10 e il 20% (Bunt, 1988; Jenkins e Jarrell, 1989).

Per la capacità di ritenzione idrica del substrato, la significativa interazione tra i fattori (Tab. 4) ha evidenziato come la presenza di digestato abbia permesso di contenere le variazioni di questo parametro, che sono state più evidenti in sua assenza: infatti mentre tra le tesi con lo 0 e il 15% di compost nel substrato e senza digestato si è verificato un aumento del 12.2%, nei rispettivi substrati contenenti i digestati la differenza è stata dello 0.29% (Fig. 4); i valori sono oscillati da 69 a 77.5%. Secondo Boertje (1984) la capacità di ritenzione idrica di un substrato dovrebbe essere il 45%, e quindi in tutti i substrati analizzati si sono riscontrati valori superiori.

Per quanto riguarda l'umidità entrambi i fattori principali l'hanno influenzata (Tab. 4); l'analisi dell'interazione, comunque, mette in evidenza che la presenza di digestato (probabilmente in origine più umido del compost, ma non della torba) ha permesso di contenere il decremento di questo parametro causato dall'aumento della percentuale di compost (-19.1 vs -29.8% tra le tesi 0 e 45%, rispettivamente con e senza digestato) (Fig. 5); i valori, comunque, sono risultati compresi tra 47.8 e 68.3%.

I due fattori allo studio hanno determinato differenze significative di pH tra i substrati in esame (Tab. 4). Esaminando l'interazione si nota come la presenza di digestato, con contenuti fino al 30% di compost, abbia determinato valori più alti di pH rispetto alle tesi che non lo contenevano, mentre, con il 45% di compost, i digestati hanno ridotto il valore del parametro in questione (Fig. 6). I valori sono variati da 5.8 della tesi 0 a 7.3 della tesi 45, entrambe senza digestato. Un substrato di coltivazione ideale, secondo Bunt (1988), dovrebbe presentare un pH compreso tra 5.2 e 6.3: solamente il substrato privo di entrambi i materiali ha presentato un pH all'interno di questo range, la tesi con il 15% di compost e senza digestati è risultata leggermente superiore, mentre gli altri miscugli hanno presentato valori vicini alla neutralità.

Analogamente, anche la conducibilità elettrica è stata influenzata da compost e digestato (Tab. 4). I valori sono cresciuti al crescere del contenuto in compost, passando da 493 a 1140 $\mu\text{S}/\text{cm}$, e solo nel caso dei substrati privi di compost la presenza di digestato ha aumentato i valori rispetto a quelli del corrispettivo substrato senza questo materiale (+20.9): infatti negli altri casi l'aggiunta di digestato non ha prodotto alcuna

differenza (Fig. 7). Secondo Pozzi e Valagussa (2009), la conducibilità elettrica di un substrato dovrebbe essere compresa tra 200 e 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$: nella prova solamente il substrato privo di entrambi i materiali è risultato compreso in questo intervallo, mentre gli altri hanno presentato valori superiori.

Relativamente alla sostanza organica, tra i fattori allo studio solamente il contenuto in compost ha prodotto effetti significativi (Tab. 4). La significatività dell'interazione ha mostrato però che la presenza di digestato riduce la diminuzione di sostanza organica, dovuta all'aumento del contenuto di compost, in particolare con il 30% di quest'ultimo fattore (-4.41 vs -16.3% tra le tesi 15 e 30%, rispettivamente con e senza digestato) (Fig. 8); i valori comunque sono oscillati da 54 a 73.8%.

Per quanto riguarda il contenuto di ioni il compost ha influito anche sull'azoto nitrico determinando valori maggiori del 1400 % in presenza del 45% di questo fattore rispetto ai substrati privi di esso (Fig. 9), attestandosi a 80 rispetto ai soli 5.33 mg/l nella tesi priva di compost. Solo quest'ultima risulta compresa nell'intervallo 11-23 mg/l indicato da Pozzi e Valagussa (2009), mentre le altre tesi sono risultate superiori.

L'azoto ammoniacale è stato influenzato da entrambi i fattori (Tab. 4) e dall'interazione. Questa ha evidenziato come la presenza del digestato nel substrato permetta di contenere la riduzione di azoto ammoniacale all'aumento della percentuale di compost (-37.6 vs -95.5% tra le tesi 0 e 45%, rispettivamente con e senza digestato) (Fig. 10). Si è osservato un intervallo di valori da 0.64 a 15.2 mg/l, molto più ampio di quello indicato da Pozzi e Valagussa (2009) che considerano positivo un range compreso tra 8 e 12 mg/l: mentre le tesi con il 15 e il 45% di compost e il digestato sono risultate comprese all'interno di questi valori, nei substrati privi di compost si sono riscontrati contenuti di azoto ammoniacale superiori; infine le altre tesi hanno presentato valori bassi.

Relativamente all'anidride fosforica, tra i fattori allo studio, solamente la percentuale di compost ha dato differenze significative, e, all'aumentare di questo fattore, la concentrazione dello ione è diminuita (23.4 della tesi senza compost contro i soli 7.5 mg/l della tesi 45%) (Fig. 11). Nessuna delle tesi è risultata all'interno dell'intervallo 14-19 mg/l indicato da Pozzi e Valagussa (2009): infatti, mentre la tesi priva di compost ha presentato valori superiori, gli altri substrati sono risultati poveri di anidride fosforica.

Il potassio è stato influenzato da entrambi i fattori principali, con valori crescenti al crescere del compost (52.3 e 160 mg/l nelle tesi 0 e 45% rispettivamente; (Fig. 12) e un contenuto maggiore in presenza di digestato (+29%) (Fig. 13). Tutti i substrati hanno presentato alti valori di potassio, ben maggiori rispetto all'intervallo 4-14 mg/l indicato da Pozzi e Valagussa (2009).

Mentre i solfati non sono stati influenzati da alcun fattore, con valori medi di 92,8 mg/l, il calcio è stato influenzato solo dall'interazione tra i due fattori (Tab. 4): la presenza di digestato ha determinato contenuti di calcio inferiori, come valori assoluti, rispetto alle tesi prive di digestati con percentuali di compost fino al 30%; il valore in assoluto minore è stato 15.6 mg/l nella tesi con il digestato e assenza di compost (Fig. 14). Pozzi e Valagussa (2009) hanno indicato come valore ottimale di solfati un contenuto che varia tra 35 e 45 mg/l, valore che è stato ampiamente superato da tutti i substrati in esame; per quanto riguarda il calcio i valori indicativi sono variati tra 10 e 19 mg/l e solamente la tesi priva di compost e con il digestato, e il substrato privo di digestati e con il 45% dell'altro materiale sono risultati compresi nell'intervallo, mentre tutti gli altri miscugli hanno presentato valori di calcio superiori.

Nel caso del magnesio, questo è stato influenzato da entrambi i fattori, con i valori minori in assenza di compost (3.08 e 7.63mg/l nelle tesi 0 e 30% rispettivamente) e in presenza di digestato (-20%) (Figg. 15 e 16). Solamente la tesi priva di compost e le tesi con i digestati sono risultate inferiori all'intervallo indicato da Pozzi e Valagussa (2009) di 6-10 mg/l, mentre gli altri substrati si sono posizionati all'interno del range.

I contenuti di sodio e di cloro sono stati entrambi influenzati dalla percentuale di compost nel substrato, e sono cresciuti al crescere di questo fattore diventando significativamente superiori a quelli del substrato con 0 compost solamente con la dose massima (23.7 e 106 mg/l di sodio e cloro, rispettivamente più elevato del 95.7 e 621%) (Figg. 17 e 18). Secondo Pozzi e Valagussa (2009) gli intervalli ideali di sodio e di cloro dovrebbero essere rispettivamente di 11-16 e 18-30 mg/l: nel caso del sodio solamente la tesi priva di compost è risultata all'interno dei valori indicati (mentre le altre hanno presentato valori superiori), invece nel caso del cloro le tesi con lo 0 e il 15% di compost hanno presentato valori all'interno dell'intervallo indicato; nelle altre si sono riscontrati contenuti superiori.

3.2 ROSA

Al primo rilievo, quello del 31 luglio, la lunghezza del ramo principale delle piante di rosa è stata influenzata sia dal contenuto di compost sia dalla presenza o meno del digestato ed è stata osservata un'interazione tra i due fattori principali (Tab. 5). In assenza di compost si sono ottenuti i valori più elevati in assoluto (nella media dei trattamenti 19.4 cm); in assenza di digestato, i valori sono progressivamente diminuiti (-29.5% con il 45% di compost rispetto al testimone), mentre nel caso di aggiunta del digestato non si sono osservate variazioni di rilievo (Fig. 19).

A fine ciclo colturale la percentuale compost ha inciso sulla mortalità delle piante: infatti con il 45% di compost si è osservata una mortalità pari al 3.33% contro valori trascurabili rilevati con le altre tesi (Fig. 20).

Alla fine della prova la lunghezza massima, la lunghezza media e quella cumulata delle ramificazioni principali delle piante di rosa non sono state influenzate da alcun fattore ed i valori medi sono stati, rispettivamente, pari a 53.0, 32.9 e 109 cm (Tab. 5). Per quanto attiene al numero di ramificazioni principali, invece, si è osservata un'influenza del digestato con un numero maggiore in sua presenza (3.58 rispetto ai soli 3.13) (Fig. 21).

Riguardo le ramificazioni secondarie, solo il loro numero è stato influenzato dal contenuto di compost, calando all'aumentare della sua percentuale (-28.7% tra le tesi 0 e 45%) (Fig. 22), mentre la loro lunghezza media e la lunghezza cumulata totale delle ramificazioni non sono state influenzate da alcun fattore, con valori medi di 11.1 e 181 cm rispettivamente (Tab. 5).

Mentre non sono state riscontrate differenze nel peso secco di rami e chioma della rosa al variare dei fattori principali (mediamente 7.61 e 8.65 g, rispettivamente) (Tab. 5), il peso secco di foglie, radici e quello totale sono stati influenzati dalla presenza di digestato, con valori maggiori in presenza di questo materiale organico (+58.7, +25.8 e +20.5%, rispettivamente) (Fig. 23, 24 e 25, rispettivamente).

La percentuale di sostanza secca di foglie, rami e chioma non è stata influenzata da alcun fattore attestandosi su valori medi di 38.1, 42.3 e 41.4% (Tab. 5); invece la percentuale di sostanza secca delle radici e quella del totale della pianta sono risultate maggiori in assenza di compost (35.4 vs 31.7% e 38.5 vs 35.0% nelle tesi 0 e 45% rispettivamente) (Figg. 26 e 27).

Il rapporto chioma/radice non ha subito influenze da parte dei fattori principali,

attestandosi su valori medi di 1.21 (Tab. 5).

La ripartizione percentuale della sostanza secca calcolata fra gli organi della pianta in funzione della percentuale di compost ha dato risultati significativi nel caso di rami e radici: all'aumentare del contenuto di compost è cresciuta la percentuale di sostanza secca delle radici mentre è diminuita quella dei rami (Fig. 28).

La ripartizione della percentuale di sostanza secca calcolata nei vari organi della pianta in funzione della presenza di digestato non ha presentato differenze nel caso di rami e radici, mentre si è ottenuta una percentuale di sostanza secca maggiore nelle foglie in presenza del digestato (Fig. 29).

3.3 ABELIA VASO 15

Per quanto riguarda le piante di abelia in vaso di 15 centimetri di diametro, al primo rilievo (31 luglio), l'altezza, la larghezza media e l'indice di crescita sono stati influenzati solamente dal contenuto di compost, e si sono osservate piante meno accresciute nelle tesi contenenti compost rispetto al testimone indipendentemente dalla percentuale (-23.9, -29.2 e -27.3% tra le tesi 0 e 45%, rispettivamente) (Figg. 30, 31 e 32, rispettivamente).

All'ultimo rilievo, quello del 21 gennaio, tutti i parametri biometrici (altezza, larghezza media e indice di crescita) sono stati influenzati da entrambi i fattori principali (Tab. 6), ed è stato riscontrato anche un effetto di interazione. Nel caso dell'altezza (Fig. 33) la presenza di digestato ha permesso di contenere il decremento di questo parametro causato dall'aumento della percentuale di compost (-24.0 vs -48.7% tra le tesi 45 e 0%, rispettivamente con e senza digestati). Analogamente a quanto osservato per l'altezza, il decremento della larghezza media tra le piante della tesi 45 e quelle della tesi 0, è stato più contenuto nel caso di presenza di digestati nel miscuglio (-29.4%) rispetto a quando assenti (-51.1%) (Fig. 34). Anche i valori dell'indice di crescita hanno avuto lo stesso andamento dei valori della larghezza media con piante più sviluppate in presenza di digestati rispetto alle tesi prive di essi (-28.8 vs -51.0% tra le tesi 45 e 0%, rispettivamente con e senza digestato) (Fig. 35).

Alla fine della prova la mortalità è risultata crescente al crescere del contenuto in compost (22% con il 45% di compost rispetto al solo 0.67% nella tesi priva di compost) (Fig. 36).

Per il peso secco delle foglie sono stati riscontrati decrementi gradualmente e progressivi all'aumentare del contenuto di compost nel substrato (-20.7, - 44.7 e -63.7% tra le tesi 15, 30 e 45% rispetto a quella 0%) (Fig. 37). Inoltre l'aggiunta di digestato ha permesso di incrementare il parametro mediamente del 33.5% (Fig. 38).

Analizzando il peso secco dei rami, sia il compost che il digestato hanno influito su questo parametro (Tab. 6). È stata osservata anche un'interazione che ha mostrato come il digestato nel substrato abbia ridotto la diminuzione di peso secco dovuta all'aumento del contenuto di compost (-55.7 vs -85.5% tra le tesi 45 e 0%, rispettivamente con e senza digestato) (Fig. 39).

Per il peso secco della intera chioma, sono state osservate influenze significative da parte del compost e del digestato e dell'interazione (Tab. 6). Analogamente a quanto è accaduto per il peso secco dei rami, all'aumentare della percentuale di compost il peso secco della chioma è progressivamente diminuito ma, mentre in assenza di digestato la diminuzione è stata di ben l'81.9%, con l'aggiunta del digestato la diminuzione è stata di soli il 48.3% (Fig. 40).

Risultati simili sono stati osservati anche nel caso del peso secco delle radici (Tab. 6): l'interazione tra i due fattori ha evidenziato infatti come il decremento di questo parametro all'aumentare del compost sia stato tendenzialmente inferiore nelle tesi contenenti digestati (-90.4 vs -68.4%, rispettivamente senza e con digestato) (Fig. 41).

Il peso secco totale è stato influenzato da entrambi i fattori principali (Tab. 6) e anche dall'interazione tra questi: anche in questo caso l'aggiunta del compost ha prodotto un grande contenimento degli accrescimenti, ma la presenza di digestati è stata positiva perché ha permesso di contenere la diminuzione del peso secco totale all'aumentare del contenuto di compost (-52.3 vs -83.7% tra le tesi 45 e 0%, rispettivamente con e senza digestati) (Fig. 42).

Per quanto riguarda la percentuale di sostanza secca delle foglie di abelia, solamente il compost ha determinato differenze significative, con risultati maggiori in assoluto senza e con il 45% di questo fattore (in media 27.9%), e minori con il 30% (25.7%) (Fig. 43).

Nel caso del contenuto percentuale di sostanza secca dei rami, nelle tesi contenenti compost si sono riscontrati valori inferiori al testimone, con una diminuzione

dell'11% tra la tesi 0 e 30% (Fig. 44).

Relativamente al contenuto di sostanza secca della chioma nel suo complesso, i valori più elevati sono stati rilevati in assenza o con la dose massima di compost mentre quello minimo con il 30% di compost (31.8, 31.2 e 28.2%, rispettivamente) (Fig. 45).

Tra i due fattori allo studio, la sostanza secca delle radici è stata influenzata dalla presenza di digestato (Tab. 6). L'interazione significativa ha però permesso di evidenziare che la presenza di digestato ha tendenzialmente diminuito la percentuale di sostanza secca in questa parte di piante, ma questa diminuzione è risultata significativa solamente in presenza di un 30% di compost nel substrato (-24.7% nella tesi 30%, nel confronto tra assenza e presenza di digestato) (Fig. 46).

Compost e digestato hanno influito sulla percentuale di sostanza secca totale delle piante di abelia: sono stati ottenuti valori maggiori in assoluto con il 45% di compost (28.6%), ma non diversi dal substrato privo di compost (28.5%); quelli minori sono stati riscontrati invece con il 30% di questo materiale (26.4%) (Fig. 47). Nelle tesi contenenti digestato si sono ottenuti valori minori del 4.21% rispetto alla tesi priva di digestati (Fig. 48).

Il rapporto chioma/radice è stato influenzato dalla percentuale di compost ed è risultato crescente all'aumentare del contenuto di questo materiale nel substrato (+56.6% tra le tesi 45 e 0%) (Fig. 49).

La ripartizione percentuale della sostanza secca calcolata fra gli organi della pianta in funzione della percentuale di compost ha dato risultati significativi nel caso di foglie, rami e radici: in assenza di compost è stata riscontrata una percentuale di sostanza secca maggiore per le radici e i rami e minore per le foglie; inoltre anche il 45% di compost ha dato piante con percentuali maggiori riguardo ai rami (Fig. 50).

3.4 ABELIA VASO 19

Per quanto riguarda le piante di abelia in vaso 19 al primo rilievo, quello del 31 luglio, nel caso dell'altezza solo l'interazione tra i due fattori ha dato risultati significativi: l'accrescimento in altezza è stato, in linea di massima, abbastanza simile nei diversi trattamenti, ma mentre in assenza di digestato non si sono osservate differenze al crescere della percentuale di compost, con i digestati, la presenza di un 15% di compost ha favorito l'accrescimento delle piante rispetto alla dose del 45%

(27.0 vs 23.3 cm con il 15%, rispettivamente con e senza digestato) (Fig. 51). La larghezza media è stata influenzata solo dal compost e solo con il 30% di questo fattore si sono ottenute piante meno accresciute (27.0 e 29.5 cm nelle tesi 30 e 15% rispettivamente) (Fig. 52). Il compost ha influenzato anche l'indice di crescita (Tab. 7) e si è osservata anche un'interazione tra i fattori principali che ha dato risultati analoghi all'altezza: le tesi prive di digestato hanno avuto valori statisticamente simili, mentre nelle tesi con i digestati con il 15% di compost si sono ottenute piante più grandi del 9.5% rispetto a quelle con il 45% di compost (Fig. 53).

All'ultimo rilievo, quello del 21 gennaio, il compost ha influenzato l'altezza delle piante determinando un contenimento dei valori già alle dosi intermedie (-8.2% nella media delle tesi 15 e 30%), contenimento che ha toccato il 19.4% nel caso della dose massima di compost (Fig. 54). La larghezza media è stata influenzata da entrambi i fattori principali e dall'interazione (Tab. 7). In linea di massima si è avuto uno sviluppo maggiore per le piante coltivate in presenza di digestato, significativo, però, solamente nel caso delle tesi 0 e 30% di compost (Fig. 55). L'indice di crescita è stato influenzato da entrambi i fattori allo studio con valori maggiori in assoluto rilevati in assenza di compost (45.7 rispetto ai soli 41.3 cm della tesi con il 45%) (Fig. 56) e presenza di digestato (+6.39% rispetto alle tesi prive) (Fig. 57).

La percentuale di mortalità delle piante rilevata alla fine della prova è risultata statisticamente superiore a quella del testimone solamente nel caso della dose massima (Fig. 58).

Il peso secco delle foglie è stato influenzato da entrambi i fattori principali con valori più elevati in assenza di compost e con il 30% di questo materiale (27.5 g della tesi priva di compost rispetto ai soli 20.6 g della media delle tesi 15 e 45%) e in presenza di digestato (+24.4%) (Figg. 59 e 60, rispettivamente).

Nessuno dei fattori allo studio ha influito sul peso secco dei rami, che hanno mostrato valori medi di 22.9g (Tab. 7).

Nel caso del peso secco dell'intera chioma, entrambi i fattori hanno dato risultati significativi e al crescere del contenuto di compost nel substrato, il parametro in esame è diminuito (-21.2 % tra le tesi 0 e 45%) (Fig. 61) e si è ottenuto un peso secco della chioma maggiore del 16.0% nelle tesi contenenti digestato (Fig. 62).

Il peso secco delle radici presenti nel volume del vaso 15 originario è stato

influenzato dalla presenza di digestato, con valori maggiori in sua presenza (8.94 rispetto a 7.28g) (Fig. 63).

Il peso secco delle radici nuove, formatesi dopo il trapianto, è stato invece influenzato dal compost e anche dall'interazione: con la sola eccezione delle tesi con il 15% di compost (in cui i digestati hanno determinato valori più piccoli), con le altre percentuali di compost la presenza di digestato ha permesso di ottenere valori più elevati rispetto alle tesi prive di essi e di contenere la diminuzione di peso secco dovuta all'aumento del compost nel substrato (-23.4 vs -65.3 tra le tesi 0 e 45%, rispettivamente con e senza digestati) (Fig. 64).

Il compost ha influenzato anche il peso secco di tutte le radici, e si sono osservati valori maggiori in assoluto senza di esso (10.9 g) e minori con il 30% (7.62 g); anche il digestato ha influito su questo parametro e si sono riscontrati pesi secchi maggiori nelle piante coltivate in presenza di digestato (+23.2%) (Fig. 65 e 66, rispettivamente).

Il peso secco totale è stato influenzato sia dal compost, con valori maggiori in sua assenza (62.7 g) e minori negli altri casi (49.5g con il 45%), sia dal digestato, con pesi secchi più alti in sua presenza (+17.2%) (Fig. 67 e 68, rispettivamente).

Per quanto riguarda la percentuale di sostanza secca, il compost ha influito su quella delle foglie determinando valori decrescenti all'aumentare della percentuale di questo materiale nel substrato (-5.40% tra le tesi 45 e 0%) (Fig. 69).

Mentre le percentuali di sostanza secca di rami, radici vecchie, nuove e totali non sono state influenzate da alcun fattore (con valori medi di 45.9, 23.6, 20.4 e 23.1% rispettivamente) (Tab. 7), quella della chioma è stata influenzata dalla presenza di digestato, e si sono osservati valori minori del 3.06% nelle tesi che li contenevano (Fig. 70).

Anche nel caso della sostanza secca totale, i valori maggiori sono stati ottenuti in assenza di digestato (30.8 vs 29.9), essendo stato, questo parametro, influenzato solo da questo fattore (Fig. 71).

Il rapporto chioma/radice è stato influenzato dal contenuto di compost, e si sono osservati valori più alti in assoluto con il 30% di questo fattore e più bassi del 22.5 % con il 45% (Fig. 72).

La ripartizione percentuale della sostanza secca calcolata fra gli organi della

pianta in funzione della percentuale di compost ha dato risultati significativi nel caso di foglie, rami e radici nuove: per le foglie i valori maggiori si sono ottenuti con lo 0% e il 30% di compost, minori con il 45%; nel caso dei rami sono stati riscontrati risultati maggiori nel caso del 15% e del 45% di compost e minori in sua assenza; infine si sono ottenute radici nuove di valore maggiore con lo 0% e il 15% di compost, e valori minori con il 30% di questo fattore nel substrato (Fig. 73).

La ripartizione della percentuale di sostanza secca dei vari organi della pianta in funzione della presenza di digestato ha evidenziato che l'apparato radicale non è stato influenzato, mentre si è assistito ad un aumento del peso relativo delle foglie, a scapito di quello dei rami nei substrati contenenti il digestato (Fig. 74).

4. DISCUSSIONE

Tra i parametri fisici del substrato solo il peso volumico apparente è tendenzialmente cresciuto all'aumentare della percentuale di compost e, generalmente, si sono ottenuti substrati accettabili. Anche altri autori hanno riscontrato, in prove simili, l'aumento del peso volumico apparente all'aumentare del contenuto di compost nel substrato (Rea *et al.*, 2009).

Per quanto riguarda porosità totale, porosità per l'aria e umidità, queste sono diminuite all'aumentare della percentuale di compost, ma la presenza del digestato ha permesso di contenere le variazioni e la diminuzione dei parametri in questione. Solamente le tesi con le percentuali di compost più basse sono rientrate negli intervalli di substrato ideale. Anche in una prova su poinsettia con alte percentuali di compost la porosità totale è diminuita (Papafotiou *et al.*, 2004). Altri autori invece hanno riscontrato una porosità totale maggiore nei substrati costituiti da compost, torba e perlite rispetto ai terricci universali (Lanzi, 2005).

L'ultimo parametro delle caratteristiche fisiche del substrato ad essere analizzato è stata la capacità di ritenzione idrica, per la quale si è osservato l'effetto positivo del digestato nel contenere le variazioni di questo parametro, dovute all'aumento della percentuale di compost: in generale si sono ottenuti substrati con valori di capacità di ritenzione idrica superiori all'intervallo ideale. In altri lavori, che prevedevano l'utilizzo della lolla di riso, il digestato ha avuto effetti negativi, con riduzioni più evidenti della capacità di ritenzione idrica in sua presenza all'aumentare della lolla nel substrato (Bassan *et al.*, 2012).

L'effetto tendenzialmente negativo del compost sulle caratteristiche fisiche osservato nella nostra prova, non si è riscontrato in un lavoro che ha previsto l'utilizzo di sottoprodotti dell'industria agrumaria, come gli scarti di potatura. Questi opportunamente compostati, forniscono un ottimo substrato colturale per le coltivazioni di piante ornamentali fuori suolo. Il compost derivante da questi scarti conferisce un'elevata aerazione al substrato, che è un'ottima caratteristica per piante già sviluppate e di grandi dimensioni con un apparato radicale ben formato; nel caso però di piante trapiantate in piccoli contenitori si riscontra la necessità di ridurre le dimensioni dei

residui per poter offrire un ambiente di radicazione migliore alle giovani piante, con una minore aerazione e una maggior compattezza del substrato, necessaria per lo sviluppo delle giovani radici. Per questo motivo, nel caso di giovani piante, si ritiene opportuno anche diminuire la percentuale interna al substrato, limitandosi al 25%, eventualmente miscelato con fibra di cocco e torba (Possanzini, 2005).

Le analisi chimiche hanno riguardato pH, conducibilità elettrica, sostanza organica e i singoli elementi: i primi 2 parametri sono tendenzialmente cresciuti all'aumentare del compost nel substrato, e solamente il substrato privo di entrambi i materiali è risultato all'interno degli intervalli di riferimento. Al contrario la sostanza organica è diminuita all'aumentare del contenuto di compost. La conducibilità elettrica e anche il pH sono risultati maggiori nei substrati contenenti compost, derivante da scarti vegetali, anche in altre prove (Minuto *et al.*, 2006; Rea *et al.*, 2009). Riguardo la sostanza organica un lavoro condotto da studiosi spagnoli ha messo in evidenza come il compost derivante da residui di potatura presentasse un contenuto di sostanza organica adeguato per la coltivazione; al contrario il pH era elevato, con valori prossimi a 8 (Benito *et al.*, 2006).

Analizzando il contenuto di ioni si è osservato come, all'aumentare del compost nel substrato, l'azoto nitrico, il potassio, il sodio e il cloro siano aumentati: generalmente solo le tesi senza compost sono risultate all'interno dei valori di riferimento, mentre si sono ottenuti valori di potassio ben maggiori rispetto all'intervallo ideale, anche nel caso della presenza o meno del digestato (che ha portato ad avere valori superiori di potassio rispetto alle tesi prive di questo materiale). La concentrazione del potassio è risultata superiore nei substrati contenenti digestato anche secondo altri autori (Zanta, 2011).

Al contrario l'azoto ammoniacale e l'anidride fosforica sono tendenzialmente diminuiti all'aumentare del compost nel substrato, anche se la presenza di digestato ha permesso di contenere la riduzione di valore dell'azoto ammoniacale data dall'aumento del compost: le tesi senza quest'ultimo materiale sono risultate superiori ai valori ideali, mentre le altre (con l'esclusione delle tesi 15 e 45% con digestato comprese nell'intervallo ideale per l'azoto ammoniacale) sono risultate inferiori.

Per quanto riguarda il contenuto di calcio la presenza di digestato ha permesso di ottenere valori superiori in termini assoluti rispetto alle tesi fino al 30% di compost:

solamente la tesi senza compost e con il digestato, e quella senza questo materiale e il 45% di compost sono risultate all'interno dell'intervallo ideale, mentre le altre tesi sono risultate superiori. Anche Zanta (2011) ha riscontrato che l'aggiunta di digestati al substrato innalza il livello del calcio.

Infine, nel caso del magnesio, le tesi contenenti compost sono risultate superiori rispetto alla tesi priva e si sono posizionate all'interno dei valori ideali, come anche le tesi prive di digestato (che sono state superiori rispetto alle tesi con questo materiale). Tassinato (2011) invece ha riscontrato come la presenza di digestato abbia aumentato di oltre il 50% il contenuto di Mg nel substrato.

Analizzando l'accrescimento delle piante si sono avuti comportamenti diversi tra le diverse specie. Al primo rilievo la lunghezza dei rami principali di rosa è diminuita all'aumentare del compost ma in presenza di digestato questa riduzione è stata minore. Alla fine della prova, invece, non si sono notate differenze di accrescimento al variare della presenza o meno del digestato e della percentuale del compost nel substrato; anche con il 45% non si sono notate differenze.

Analizzando la mortalità delle piante di rosa, solo in corrispondenza del 45% di compost si sono avute le percentuali più elevate (3.33%), mentre con contenuti minori i risultati sono stati trascurabili.

Alla fine della prova la presenza di digestato ha permesso di ottenere un numero di ramificazioni principali maggiore, mentre al crescere del compost il numero delle ramificazioni secondarie è diminuito.

Per quanto riguarda i pesi secchi delle varie parti della pianta di rosa, non si sono riscontrate differenze significative al variare del compost rispetto al testimone, anche a percentuali elevate. La presenza del digestato, invece, è stata positiva, poiché ha permesso di ottenere valori di peso secco maggiori in particolare nel caso di foglie, radici e peso secco totale.

Analizzando il contenuto di sostanza secca, si è notato come solamente la presenza del compost abbia influito sul contenuto di sostanza secca di radici e sul contenuto totale, riducendolo all'aumentare della percentuale di compost nel substrato, mentre in presenza o meno del digestato non si sono riscontrate variazioni di rilievo.

Infine il rapporto chioma/radice non è variato in funzione dei fattori allo studio.

Relativamente all'abelia, nel caso della coltivazione di talee, tutte le tesi contenenti compost, già con percentuali del 15% hanno prodotto parametri biometrici inferiori. La stessa tendenza è stata osservata alla fine della prova, però la presenza del digestato ha permesso di contenere la riduzione dei valori dovuta all'aumento del contenuto di compost.

Anche nel caso delle talee di abelia, la percentuale del 45% è stata l'unica che ha dato valori di mortalità più elevati rispetto agli altri casi: per le piante di abelia, però, la mortalità è stata del 22.0%.

Analizzando i pesi secchi, la presenza del digestato ha influito positivamente, in particolare nel caso delle foglie. L'influenza del compost, invece, è stata negativa per i pesi secchi di tutte le parti della pianta, portando a una riduzione dei valori al crescere del contenuto di compost (già con percentuali del 15%): questo effetto negativo però è stato contenuto dalla presenza del digestato, in particolare nel caso di peso secco di rami, chioma, radici e totale.

Per quanto riguarda il contenuto di sostanza secca della varie parti di pianta di abelia, la presenza di digestato è stata negativa solo nel caso di quella totale. Nel caso del contenuto di compost, solamente la sostanza secca dei rami si è ridotta all'aumentare del compost, mentre nel caso di foglie, chioma e totale dopo una riduzione in media fino al 30%, si sono ottenuti valori simili al testimone con percentuali del 45%. L'unica interazione notata per la sostanza secca è stata quella delle radici in cui i digestati hanno dato valori stabili e minori rispetto a quelli più variabili delle tesi prive di essi all'aumentare del compost.

Anche il rapporto chioma/radice è stato influenzato dal contenuto di compost, ed è cresciuto al crescere della percentuale di questo materiale nel substrato.

Relativamente all'abelia rinvasata dal vaso 15 al 19, le differenze al primo rilievo, riguardanti i parametri volumetrici, sono state molto contenute, con nessuna differenza tra gli accrescimenti delle piante allevate in assenza di digestato e minime variazioni nel substrati con digestato. All'ultimo rilievo il compost ha maggiormente influenzato i parametri volumetrici, infatti si sono ottenute piante meno sviluppate al crescere della sua percentuale: la presenza di digestato però ha permesso di ottenere piante con una maggiore larghezza rispetto alle tesi prive di esso indipendentemente dal contenuto di compost; inoltre i digestati hanno aumentato l'indice di crescita.

Anche nel caso dell'abelia in vaso 19, la mortalità maggiore (10.8%) si è ottenuta con percentuali del 45% di compost, senza influenze di rilievo per la presenza di digestato.

Per quanto riguarda i pesi secchi la presenza di digestato ha influito positivamente su foglie, chioma, radici del vaso originale e totali e peso secco totale. Analizzando l'influenza del compost si è notato come all'aumentare della percentuale i valori di peso secco diminuiscano nel caso delle foglie (sebbene con il 30% ci sia un valore simile al testimone), della chioma, delle radici totali e del peso totale. Infine l'interazione ha messo in evidenza come la presenza di digestato abbia permesso di contenere le variazioni del peso secco delle radici di nuova formazione.

Nel caso della sostanza secca la presenza di digestato ha dato percentuali minori per la chioma e per la sostanza secca totale. All'aumentare della percentuale di compost si sono ottenuti valori minori di sostanza secca solamente per le foglie.

Infine il compost ha influito sul rapporto chioma/radice: questo parametro è aumentato fino al 30% di compost per poi scendere con il 45%.

Globalmente le piante di abelia in vaso 19 hanno risposto meglio rispetto alle talee della stessa specie coltivate da talea in vaso 15. L'età della pianta ha giocato certamente un ruolo importante nel determinare la risposta della stessa. Infatti, la fase di affrancamento delle talee, anche se già radicate, è molto più problematica di quella di coltivazione di piante già adulte. Un ruolo importante, inoltre, è stato sicuramente giocato dal fatto che, nel rinvaso dell'abelia dal vaso 15 al 19, il nuovo substrato ha costituito solamente il 55.9% dell'intero volume dello stesso (dei totali 3.4 L di capienza del vaso 19, solamente 1.9 L sono stati riempiti con il substrato allo studio). In pratica in questa tipologia di produzione le piante si sono giovate di un effetto diluizione.

Sono stati eseguiti molte prove e analisi sull'utilizzo di compost e digestato in ambito agronomico e florovivaistico. Per quanto riguarda l'influenza sui parametri volumetrici del compost, anche in una prova su cipresso (*Cupressus sempervirens* L.) allevato in vaso da 9 litri si è notato l'effetto negativo di questo materiale. Sono stati confrontati diversi substrati preparati con percentuali diverse di compost derivante da residui di potatura, torba, sabbia e compost derivante dai residui dell'allevamento di funghi. Nei substrati contenenti solo compost da residui di potatura, o questa tipologia

di compost e la torba, si sono ottenute piante simili tra loro, ma meno sviluppate in altezza rispetto alle piante allevate nei substrati contenenti anche compost derivante dall'allevamento dei funghi. Questo indica che il compost da residui di potatura utilizzato da solo o in abbinamento alla torba, conferisce pochi nutrienti alla pianta: per la costituzione di un substrato ideale è necessario aumentare il contenuto di minerali del terriccio, miscelando insieme al compost da residui di potatura, ad esempio, quello da allevamento di funghi, più ricco dal punto di vista nutrizionale (Benito *et al.*, 2005).

Mentre nella nostra prova la presenza del compost ha depresso l'accrescimento delle piante, in una prova su *Pistacia lentiscus* L., utilizzando compost derivante da residui di potatura e da rifiuti solidi urbani, si è notato come le piante coltivate in presenza di compost abbiano avuto un accrescimento migliore e anche una migliore nutrizione delle piante allevate con torba (testimoni): in particolare un buon effetto si è avuto dalla fertilizzazione con compost derivante da acque di scolo fognario (Ostos *et al.*, 2008).

Per quanto riguarda l'effetto di lungo periodo della presenza di compost, nel caso della prova su poinsettia di Papafotiou *et al.* (2004), con il 25 e il 50% di compost la contrazione della crescita si è notata solo nel primo mese di coltivazione. Questi risultati sono quindi stati in linea con quelli ottenuti in questa prova con la coltivazione di rosa, ma diversi da quelli di abelia.

Analizzando l'influenza del compost sulla ramificazione, in una prova su *Rosmarinus officinalis* la presenza fino al 50% di questo materiale derivante da scarti vegetali (in diverse percentuali) ha permesso di ottenere un numero di fusti secondari simile alle piante testimone (coltivate in substrato a base di torba) (Rea *et al.*, 2009). Ugualmente, in una prova su *Camellia japonica*, la presenza del 30% di compost vegetale miscelato con il restante 70% di substrato standard (costituito dall'89% di torba di sfagno e dal restante 11% di perlite) ha permesso di ottenere un numero di ramificazioni simile al testimone con solo substrato standard (Larcher e Scariot, 2009). In questi lavori la presenza del compost è stata positiva, anche fino al 50%, mentre nel nostro caso già contenuti del 15% hanno portato a una riduzione della ramificazione.

Per quanto riguarda lo studio dei pesi secchi, Papafotiou *et al.* (2004) hanno riscontrato che la riduzione di questo parametro riguardante le radici in poinsettia è avvenuto solamente con il 75% di compost nel substrato. Nel caso del peso secco delle

foglie, percentuali del 50% di compost hanno determinato una riduzione del 37% di questo parametro in piante di *Philodendron* (Grigatti *et al.*, 2007). Anche in una prova su fotinia i pesi secchi di tutte le parti della pianta sono risultati inferiori nelle piante coltivate in presenza di compost: nella tesi contenente compost, torba e pomice c'è stata una riduzione del peso secco di foglie, fusti e radici del 45.6, 43.1 e 39.1%, rispettivamente, rispetto al testimone allevato in torba e pomice. Nella stessa prova, però su piante di lentaggine (*Viburnum tinus* L.), non si sono notate differenze per i parametri sopra citati tra la tesi contenente compost, torba e pomice o quella con solo torba e pomice (Lanzi, 2005). L'effetto del digestato su questi parametri nella nostra prova è stato invece positivo; come riportato anche da Zanta (2011), il maggior contenuto di nutrienti dei substrati che contengono digestati probabilmente favorisce l'accrescimento delle piante in fase di coltivazione molto più che in quella di radicazione, notoriamente più delicata.

Mentre nella nostra prova la presenza di digestato ha depresso i valori di sostanza secca della chioma, in un'altra prova Tassinato (2011) ha riscontrato dati diversi: nel suo lavoro infatti in presenza di digestati è stata ottenuta una percentuale di sostanza secca della chioma maggiore. Per quanto riguarda, invece, l'effetto del compost da residui vegetali sul contenuto di sostanza secca, nella prova svolta su *Rosmarinus officinalis* si è riscontrato come la presenza del 30, 50 o 70% di compost verde (miscelato con il 30% di materiale inerte e il restante volume con torba) abbia permesso di ottenere una sostanza secca maggiore del 4% circa rispetto al testimone con il 70% di torba e il 30% di materiale inerte; dal punto di vista della qualità della pianta, i substrati contenenti il 30 o il 50% di compost hanno dato piante di prima categoria come il testimone, mentre con il 70% di compost si sono ottenuti esemplari di seconda categoria (Rea *et al.*, 2009).

L'aumento del rapporto chioma/radice causato dal compost è stato riscontrato anche in una prova su *Philodendron*, in cui già con il 25% di questo materiale c'è stato un aumento di quasi il 50% del rapporto chioma/radice (Grigatti *et al.*, 2007).

L'effetto tendenzialmente negativo della presenza del compost riscontrato nella nostra prova, non è stato riscontrato in una prova di allevamento fuori suolo, in cui si è visto come il compost da pastazzo (residuo della spremitura degli agrumi) possa sostituire in parte i componenti utilizzati nei vivai per la costituzione di substrati

colturali (terra di bosco, letame e torba) per la coltivazione di piante ornamentali di limone “Lunario” (*Citrus limon* L. Burm F.). dalla prova si sono ottenute piante con un buon aspetto morfologico e il substrato presentava un basso peso specifico, che permette una notevole facilitazione della movimentazione dei vasi (Calabretta e Intrigliolo, 2007).

5. CONCLUSIONI

Da un'analisi complessiva dei dati si è riscontrato come percentuali di compost uguali o superiori al 30%, indipendentemente dalla presenza di digestato, abbiano presentato valori dei diversi parametri che si sono discostati spesso in modo importante da quelli considerati auspicabili per un substrato di coltura. Invece i substrati con minori contenuti di compost hanno presentato valori che sono, nella maggior parte dei casi, rientrati nei range di tolleranza. Va precisato comunque che anche la sola torba (substrato aziendale), per alcuni parametri (capacità di ritenzione idrica e un alto contenuto di potassio, zolfo e calcio), si è discostata dai valori ritenuti ideali dai diversi autori

Se si intende sostituire parte della torba con il compost è necessario fare una distinzione tra le diverse specie e/o tener conto anche dell'età delle piante e della tipologia di coltivazione. Infatti la rosa è risultata una specie tollerante essendo stata influenzata negativamente dalla presenza del compost. Diversamente, meno rustica è apparsa l'abelia che spesso, a parità di condizioni (talee invase su vaso 15), e soprattutto nei riguardi dei pesi secchi, è stata penalizzata dalla presenza del compost. Andando a confrontare invece i risultati di abelia nei 2 vasi, è apparso invece chiaro come le piante nel vaso 19 siano risultate più rustiche di quelle giovani, avendo mostrato parametri biometrici non molto influenzati dal compost, almeno a basse concentrazioni di questo materiale. Nell'abelia in vaso 15 si può comunque consigliare l'utilizzo del compost a basse percentuali, se miscelato con digestati, che hanno permesso di contenere la riduzione dei parametri causata dall'aumento del compost nel substrato.

Il digestato invece si è rivelato un buon parziale sostituto della torba, poiché, se si escludono i leggeri effetti negativi sulla sostanza secca di alcune parti di pianta di abelia, ha sempre avuto effetti positivi o non ha influito sullo sviluppo delle piante: soprattutto nell'interazione con il compost ha permesso di ridurre gli effetti negativi di questo materiale sui parametri in questione.

Dai risultati ottenuti la coltivazione di talee di rosa è risultata possibile con il 45% di compost e i digestati, permettendo un risparmio di torba del 56% sul totale

volume di substrato. Nel caso delle talee di abelia, invece, la sostituzione anche parziale della torba è porsa più difficile ed è risultato possibile arrivare ad un massimo del 15% di compost ma, in questo caso, è risultato indispensabile il ricorso ai digestati. In questo modo, comunque, si possono ridurre i consumi di torba del 32%. Infine nel caso dell'abelia in vaso 19 la sostituzione di torba può essere del 44% utilizzando il 30% di compost con l'aggiunta dei digestati.

In definitiva, l'utilizzo del compost e del digestato in ambito florovivaistico costituisce una possibilità importante per valorizzare dei materiali di scarto dell'industria agroalimentare e salvaguardare ecosistemi minacciati come le torbiere. Attenzione però va posta nelle specie da coltivare, preferendo piante più resistenti, oppure utilizzando i materiali alternativi alla torba per i rinvasi, avvantaggiandosi della maggiore tolleranza delle piante più mature e, probabilmente anche di un effetto diluizione del substrato.

6. BIBLIOGRAFIA

- Aendekerck Th.G.L., Cevat H., Dolmans N., Van Elderen C., Kipp J.A., De Kreeij C., Sonneveld C., Verhagen J.B.G.M. e Wever G. (2000) - *International substrate manual* - Elsevier International. Doetinchem The Netherlands
- Albuquerque J.A., de la Fuente C. e Bernal M.P. (2011) – *Chemical properties of anaerobic digestates affecting C and N dynamics in amended soils* – Agriculture, Ecosystems and Environment 160 (2012) 15-22 – Elsevier B.V.
- Albuquerque J.A., de la Fuente C., Ferrer-Costa A., Carrasco L., Cegarra J., Abad M. e Bernal M.P. (2012) – *Assessment of the fertiliser potential of digestates from farm and agroindustrial residues* – Biomass and bioenergy 40 (2012) 181-189 – Elsevier Ltd.
- Alfa M.I., Adie D.B., Igboro S.B., Oranusi U.S., Dahunsi S.O. e Akali D.M. (2013) – *Assessment of biofertilizer quality and health implications of anaerobic digestion effluent of cow dung and chicken droppings* – Renewable Energy 63 (2014) 681-686 – Elsevier Ltd.
- Arnold M.A. e Wilkerson D.C. (1993) – *Dare un impulso diverso alla produzione in contenitore*. The Texas Nurseryman Vol. 24 N. 9, 1993
- Baldoni R. e Giardini L. (2001) – *Coltivazioni erbacee – Cereali e proteaginose* - Pàtron editore, Bologna
- Barbanti L., Capponi S. e Vecchi S. (2010) – *Digestato in campo: vantaggi agronomici e ambientali* – L'Informatore Agrario 13/2010 pp. 43-47
- Bassan A., Sambo P. e Zanin G. (2012) – *Use of Fresh Rice Hulls and Anaerobic Digestion Residues as Substrates Alternative to Peat* - Proc. XXVIIIth IHC – IS on Greenhouse 2010 and Soilless Cultivation - Ed.: N. Castilla - Acta Hort. 927, ISHS 2012, pp. 1003-1010
- Benito M., Masaguer A., De Antonio R. e Moliner A. (2005) – *Use of pruning waste compost as a component in soilless growing media* – Bioresource Technology, Volume 96, Issue 5, March 2005, Pages 597-603
- Benito M., Masaguer A., Moliner A. e De Antonio R. (2006) – *Chemical and physical properties of pruning waste compost and their seasonal variability* – Bioresource Technology, Volume 97, Issue 16, November 2006, Pages 2071-2076
- Borgia M. (a cura di) (2003) – *Le risaie del vercellese - Guida al paesaggio, alla storia, alla natura delle terre d'acqua* - G.S. Editrice - Regione Piemonte, Asti, 2003

- Brickell C. (1996) – *Dizionario delle piante ornamentali* – Volume 2 – Edizione italiana – 1998 – Unione Tipografico-Editrice Torinese SpA – Garzanti SpA
- Bridwell F. M. (1994) – *Landscape plants: their identification, culture & use* – Delmar Publishers Inc. - Albany
- Buffoni A., Toccafondi P. e Pinzauti S. (2006) – “*Progetto di fattibilità di un sistema del verde di mitigazione da inquinamento*” – Mitigazione inquinamento, Comune di Forlì
- Bugbee G.J. (2002) – *Growth of Ornamental plants in Container Media Amended with Biosolids Compost* – Compost Science & Utilization, Volume 10, Issue 2, 2002
- Bunt A.C. (1988) - *Media and Mixes for Container Grown Plants: a Manual on the Preparation and Use of Growing Pot Plants* - 2nd Ed. Unwin Hyman Ltd., London, UK
- Calabretta M.L. e Intrigliolo F. (2007) – *Produzione e utilizzo di compost dai residui dell'industria agrumaria in Sicilia* - Fertilitas Agrorum 2 (1): 35-41
- Capri E. e Toninato L. (2012) – *Sostenibilità, come si applica in agricoltura* - L'informatore Agrario 1/2012 pp. 63-65
- Cattivello C. (2010) – *Torbe: conoscerle bene per gestire meglio il pH* - Il Floricoltore n.9 SETTEMBRE 2010 pag. 54
- Cattivello C. e Zaccheo P. (2009) – *I substrati di coltivazione* - Edizioni Agricole de Il Sole 24 ORE, Bologna
- Centemero M. (2009) – *L'ammendante compostato* – pp. 95-114. In: Zaccheo P. e Cattivello C. (2009) – *I substrati di coltivazione* - Edizioni Agricole de Il Sole 24 ORE, Bologna
- Centemero M. e Caimi V. (2001) – *Impieghi del compost: settori di maggior rilevanza, modalità d'uso, scenari attuali di mercato* – Pubblicazione della Scuola Agraria del Parco di Monza
- Chiumenti A., Chiumenti R. e da Borso F. (2008) – *La digestione anaerobica* – Università degli Studi di Udine – Dipartimento di Scienze Agrarie ed Ambientali
- Chiusoli A., Minelli A. e Minelli M. (2000) – *Tutela del paesaggio: sperimentazione di rinaturalizzazione in ambienti degradati e dismessi* – I.F.M. n. 4 anno 2000
- Compton M. e Zauche T. (2006) – *Potential of Anaerobic Digestion-derived Biosolids as an Organic Addendum in Horticultural Growing Media* – Hortscience, Vol. 41(4), p. 970, July 2006

- Compton M. e Zauche T. (2006) – *Growth of Geranium Plants in Soilless Media Containing Sphagnum Peat and Anaerobic Digestion-Derived Biosolids* – Hortscience, Vol, 41(4), p. 979, July 2006
- Fagnoni E. (2011) – *Meno torba nei vivai* - FLORTECNICA 7/8 2011 pag. 49
- Ferrari M., Marcon E., Menta A. e Montermini A. (2001) – *Malattie e parassiti delle piante da fiore, ornamentali e forestali – Tomo 1*. Edizioni Agricole de Il Sole 24 ORE, Bologna
- Ferrini F. (2002) – *Tecniche di gestione del vivaio rispettose dell'ambiente* – L'informatore Agrario 40/2002 pp. 63-70
- Fini A. (2008) – *Selezione in vivaio: il metodo di produzione* – Acer 3/2008 pp. 103-104
- Fonteno W.C. e Bilderback T.E. (1993) - *Impact of hydrogel on physical properties of coarse-structured horticultural substrates* - J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118:217–222
- Franke H. (2012) – *Gesunde Kleistrauchrosen - Das Pillnitzer Sortiment* - Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie - Dresden
- Frezza A., Moresco D., Sambo P. e Tosini F. (2010) - *Digestato da borlanda di frutta: efficacia fertilizzante su lattuga*. L'Informatore Agrario 29/2010 pp. 40-43
- Gissén C., Prade T., Kreuger E., Nges I.A., Rosenqvist H., Svensson S.-E., Lantz M., Mattsson J.E., Borjesson P. e Bjornsson L. (2014) – *Comparing Energy crops for biogas production – Yields, energy input and costs in cultivation using digestate and mineral fertilisation* – Biomass and bioenergy 64 (2014) 199-210 – Elsevier Ltd.
- Gòmez Romero S.E., Asesor P.N. e Grau A. (2010) – *Relevamiento de las plantas del jardì del rectorado de la Universidad Nacional de Tucumàn* – Reduca (Biologia). Serie Botànica. 3 (3): 1-41, 2010
- Grigatti M., Giorgioni M.E., Cavani L. e Ciavatta C. (2007) – *Vector analysis in the study of the nutritional status of Philodendron cultivated in compost-based media* – Scientia Horticulturae, Volume 112, Issue 4, 14 May 2007, Pages 448-455
- Grisvard P. (1964) – *Le bon jardinier: Encyclopédie horticole* – Tome second - La Maison Rustique, Paris - 152° Edition
- Guérin V., Lemaire F., Marfà O., Caceres R. e Giuffrida F. (2001) – *Growth of Viburnum tinus in peat-based and peat-substitute growing media* – Scientia Horticulturae, Volume 89, Issue 2, 22 June 2001, Pages 129-142
- ISPRA (2010) – *La conservazione ex situ della biodiversità delle specie vegetali spontanee e coltivate in Italia* – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale – Manuali e linee guida 54/2010
- ISTAT (2006) – *Statistiche dell'agricoltura - Anni 2001-2002*

- Jenkins J.R. e Jarrell W.M. (1989) - *Predicting physical and chemical properties of container mixtures* - HortScience 24:292-295
- Lanzi A. (2005) – *I substrati alternativi alla torba: verifiche sperimentali sull'impiego di compost e fibra di cocco nell'ortoflorovivaismo* - Relatore: Chiar.mo Prof. Alberto Pardossi. Facoltà di Agraria, Università di Pisa
- Larchet F. e Scariot V. (2009) - *Assessment of Partial Peat Substitutes for the Production of Camellia japonica* – HortScience 44(2):312-316. 2009
- Malorgio F. (2004) – *Le colture fuori suolo per le produzioni floricole di serra* – Quaderno Arsia 5/2004
- Mainero D. e Brussino I. (2006) – *Acea: un modello di applicazione delle tecniche di compostaggio a partire da rifiuti urbani e vegetali* – Informatore Fitopatologico – N. 12 – 2006 pp. 48-50
- Manenti G. (1982) – *Il grande libro dei fiori e delle piante* – Selezione dal Reader's Digest S.p.A. – Milano
- Mattuzzi L. (2013) – *Potenzialità e problematiche legate all'utilizzo agronomico dei fanghi prodotti in un impianto di biogas* - Relatore: Prof. Malagoli Mario. Dipartimento di agronomia animali alimenti risorse naturali e ambiente, Università degli Studi di Padova, Legnaro
- Minuto G., Salvi D., Sanna M., Raviola S., Gullino M.L. e Garibaldi A. (2006) – *Valutazione della possibilità di utilizzo di compost come substrati nel settore florovivaistico* – Informatore Fitopatologico – N.12 – 2006 pp. 34-43
- Nelson P.V. (2003) - *Greenhouse Operation & Management* - Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey
- Newman D. e Centemero M. (2006) – *Stato dell'arte del compostaggio in Italia: i numeri indice sulla produzione e la certificazione di prodotto* – Informatore Fitopatologico – N.12 – 2006 pp. 21-25
- Oelker G. (1957) – *Manuale di floricoltura* – Edizioni Agricole Bologna
- Ostos J.C., Lòpez-Garrido R., Murillo J.M. e Lòpez R. (2008) - *Substitution of peat for municipal solid waste- and sewage sludge-based composts in nursery growing media: Effects on growth and nutrition of the native shrub Pistacia lentiscus L.* - Bioresource Technology, Volume 99, Issue 6, April 2008, Pages 1793-1800
- Pandini F. (2004) – *Torbe e Substrati* - Edizioni Franciacorta, Brescia
- Papafotiou M., Phsyhalou M., Kargas G., Chatzipavlidis I. e Chronopoulos J. (2004) – *Olive-mill wastes compost as growing medium component for the production of poinsettia* – Scientia Horticulturae, Volume 102, Issue 2, 1 November 2004, Pages 167-175

- Pardossi A., Incrocci L., Marzialetti P. e Bibbiani C. (2009) – *I substrati e la coltivazione delle piante in contenitore* – *Fertilitas Agrorum* 3 (1) 2009 pp. 22-31
- Phillips R. e Rix M. (2004) – *Le rose* – Edizione italiana – 2006 – Zanichelli editore s.p.a., Bologna
- Piccinini S. (2002) – *Il compostaggio in Italia* – Maggioli Editore
- Pimpini F. (2004) - *Principi tecnico-agronomici della fertirrigazione e del fuori suolo* - Veneto Agricoltura
- Pizzetti I. e Cocker H. (1968) – *Il libro dei fiori* – Volume secondo – Garzanti Editore, Milano
- Ponchia G., Simeoni S. e Zanin G. (2010) – *Influence of Winter Pruning on Ornamental Plants Grown in Two Kinds of Container*. *Acta Horticulture* 881 pp. 581-584
- Possanzini G. (2005) – *Individuazione di substrati e di fertilizzanti nella produzione di piantine da trapianto da destinare alla coltivazione in biologico* – Relatore: Ch.mo Prof. Francesco Saccardo. Tesi di Dottorato, Dipartimento dei Produzione Vegetale, Università della Tuscia, Viterbo
- Pozzi A. e Valagussa M. (2009) - *Caratterizzazione agronomica dei substrati di coltivazione: metodologie ed esperienze a confronto* - *Fertilitas Agrorum* 3:50-55
- Rea E., De Lucia B., Ventrelli A., Pierandrei F., Rinaldi S., Salerno A., Vecchietti L. e Ventrelli V. (2009) – *Substrati alternativi a base di compost per l'allevamento in contenitore di specie ornamentali mediterranee* – *Fertilitas Agrorum* 3 (1) - 2009 pp. 64-73
- Reed D. Wm. (1996) – *Water, Media and Nutrition for Greenhouse Crops* - Ball Publishing, Batavia, Illinois USA
- Reuveni R., Raviv M., Krasnovsky A., Freiman L., Medina S., Bar. A. e Orion D. (2002) – *Compost induces protection against Fusarium oxysporum in sweet basil* – *Crop Protection*, Volume 21, Issue 7, August 2002, Pages 583-587
- Ribeiro H.M., Vasconcelos E. e dos Santos J.Q. (2000) – *Fertilisation of potted geranium with a municipal solid waste compost* – *Bioresource Technology*, Volume 73, Issue 3, July 2000, Pages 247-249
- Riva C., Carozzi M., Orzi V., Sommariva F., Acutis M., Boccasile G. e Adani F. (2013) – *L'uso del digestato in campo sostituisce i concimi chimici* – *L'Informatore Agrario* – 9/2013 pp. 50-53
- Rossi L. e Guercini S. (2001) – *Produzione e impiego di compost nell'azienda agricola* – *Manuale Pratico* – Veneto Agricoltura, Legnaro (PD)

- Sciortino A. (2003) – *Origine, consistenza, diffusione e sviluppo del florovivaismo italiano* - Italus Hortus – Vol. 10, supplemento al n. 4, luglio-agosto 2003 pp. 41-49
- Sequi P. e Tittarelli F. (2006) – *L'evoluzione della normativa riguardante il compost* – Informatore Fitopatologico – N.12 – 2006 pp. 26-27
- Silvestri S., Nappi P. e Barberis R. (1997) – *Il processo di compostaggio* – Suppl. a L'Informatore Agrario 44/97 pp. 11-14
- Sung M., Lee C.-Y. e Lee S.-Z. (2011) – *Combined mild soil washing and compost-assisted phytoremediation in treatment of silt loams contaminated with copper, nickel, and chromium* – Journal of Hazardous Materials, Volume 190, Issues 1-3, 15 June 2011, Pages 744-754
- Tassinato S. (2011) – *Prove di Taleggio di Rosa (Rosa ×hybrida 'La sevigiana') e Geranio (Pelargonium peltatum 'Ville de Paris') su Substrati Contendenti Lolla di Riso e Residui di Digestato Anaerobico* – Relatore: Dott. Giampaolo Zanin. Tesi di laurea magistrale, Facoltà di Agraria, Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzione Vegetale, Legnaro
- Tesi R. (2008) – *Colture protette - Ortoflorovivaismo in ambiente mediterraneo*. 6° Ed. Il Sole 24 Ore. Edagricole, Milano
- Verdonck O. (1988) – *Composts from organic waste materials as substitutes for the usual horticultural substrates* – Biological Wastes, Volume 26, Issue 4, 1988, Pages 325-330
- Vernieri P. (2008) – *Le rotatorie stradali: un biglietto da visita per il territorio* – Felici Editore Srl – CIRAA – Università di Pisa
- Violante P. (2005) – *Chimica del suolo e della nutrizione delle piante* - Edizioni Agricole de Il Sole 24 ORE, Bologna
- Wang M.C., Chen Y.T., Chen S.H., Chang Chien S.W. e Sunkara S.V. (2012) – *Phytoremediation of pyrene contaminated soils amended with compost and planted with ryegrass and alfalfa* – Chemosphere, Volume 87, Issue 3, April 2012, Pages 217-225
- Zanta G. (2011) – *Utilizzazione di Digestati Anaerobici di Matrici Organiche come Fertilizzante nel Vivaismo* – Relatore: Ch.mo Prof. Paolo Sambo. Tesi di laurea, Facoltà di Agraria, Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzione Vegetale, Legnaro

LEGGI

D. Lgs. n. 4 del 2008

D. Lgs. n. 217 del 2006

D. Lgs. n. 75 del 2010

SITOLOGIA

Veneto Agricoltura (2002) - *La filiera florovivaistica nel Veneto*
(www.venetoagricoltura.it).

CNR – Dipartimento di Scienze Bio-Agroalimentari (2012) – *L'attività vivaistica in Italia – Lo stato dell'arte e le innovazioni di ricerca* (www.daa.cnr.it)

ISPESL (2002) - *Profilo di rischio sul floro-vivaismo* (www.ispesl.it)

www.helpmefind.com

www.plantsinstock.co.za (2010)

Veneto Agricoltura (2014) – *Florovivaismo veneto 2013: mercato sempre più locale*
(www.venetoagricoltura.it)

TABELLE,

FIGURE

E FOTO

Tabella 2 Composizione dei substrati utilizzati.

Tesi	Quantità di compost (% in volume)	Quantità di torba (% in volume)	Quantità di digestati (% in volume)
0-	0	100	-
15-	15	85	-
30-	30	70	-
45-	45	55	-
0+	0	80	20
15+	12	68	20
30+	24	56	20
45+	36	44	20

Tabella 3 Caratteristiche dei vasi impiegati.

Pianta	Vaso	Diametro interno (cm)	Volume (ml)	Colore
Talee Rosa e Abelia	Plastica	15	1500	Nero
Piante Abelia da vaso 15	Plastica	19	3900	Nero

Tabella 4 Caratteristiche chimico-fisiche dei substrati.

Parametro	Percentuale di Compost (C)				Presenza Digestato (D)		Sign.^		
	0	15	30	45	No	Sì	C	D	C×D
Peso volumico app. (kg/m ³)	119 d	170 c	221 b	244 a	190	188 ns	***	ns	***
Porosità totale (%)	86.8 a	85.3 b	82.0 c	80.3 d	83.2 b	84.0 a	***	*	***
Porosità per l'aria (%)	16.1 a	10.4 b	7.85 c	8.21 c	10.0 b	11.3 a	***	*	***
Capacità Ritenzione Idr.(%)	70.6 c	74.9 a	74.1 a	74.1 b	73.2 a	72.7 b	***	*	***
Umidità (%)	67.5 a	61.3 b	52.7 c	50.9 d	55.9 b	60.4 a	***	***	***
pH	6.28 d	6.65 c	6.93 b	7.20 a	6.59 b	6.94 a	***	***	***
Conducibilità elettr.(μS/cm)	545 d	867 c	1020 b	1135 a	869 b	914 a	***	***	**
Sostanza organica. (%)	72.1 a	63.2 b	56.6 c	54.3 c	61.7	61.5 ns	***	ns	**
Azoto nitrico (mg/l)	5.33 b	23.6 b	33.1 b	80.0 a	34.6	36.4 ns	***	ns	ns
Azoto ammoniacale (mg/l)	14.8 a	8.07 b	3.07 c	5.08 c	5.01 b	10.50 a	***	***	**
Anid. fosf. (P ₂ O ₅) (mg/l)	23.4 a	13.0 b	8.60 c	7.50 c	12.7	13.5 ns	**	ns	ns
Potassio (mg/l)	52.3 c	102 b	145 ab	160 a	100 b	129 a	***	*	ns
Solfati (SO ₄) (mg/l)	94.1	80.3	61.7	135.4 ns	80.8	104.9 ns	ns	ns	ns
Calcio (mg/l)	20.8	26.4	23.0	20.7 ns	24.5	21.0 ns	ns	ns	*
Magnesio (mg/l)	3.08 b	6.56 a	7.63 a	6.95 a	6.74 a	5.37 b	***	*	ns
Sodio (mg/l)	12.1 b	16.3 ab	20.4 ab	23.7 a	17.2	19.1 ns	*	ns	ns
Cloruri (mg/l)	14.7 b	29.8 b	42.6 b	106 a	35.9	60.7 ns	***	ns	ns

^ Valori con lettera diversa indicano differenze significative per $P \leq 0.05$ (test di Tukey).

***, ** e * = significativo per $P \leq 0.001$, 0.01 e 0.05; ns = non significativo.

Tabella 5 Parametri biometrici rilevati su rosa.

Parametro	Percentuale di Compost (C)				Presenza Digestato (D)		Sign.^		
	0	15	30	45	No	Sì	C	D	CxD
L ram. princ. 31/7/13 (cm)	19.4 a	18.2 ab	16.8 bc	15.6 c	17.01 b	18.0 a	***	*	***
Mortalità (%)	0.67 b	0.00 b	0.67 b	3.33 a	2.00	0.33 ns	*	ns	ns
L max ramificazioni (cm)	52.1	54.1	52.3	53.2 ns	53.7	52.1 ns	ns	ns	ns
L media ram. principali (cm)	32.3	34.6	31.3	33.3 ns	33.7	32.1 ns	ns	ns	ns
Numero ram. principali	3.53	3.67	3.30	3.23 ns	3.13 b	3.58 a	ns	*	ns
L cumulata ram. pr. (cm)	113	118	99.0	106 ns	105	113 ns	ns	ns	ns
L media ram. sec. (cm)	11.1	10.7	10.8	11.7 ns	11.0	11.2 ns	ns	ns	ns
Numero ram. secondarie	8.13 a	6.57 ab	6.03 b	5.8 b	6.73	6.53 ns	**	ns	ns
L cumulata totale (cm)	201	190	166	169 ns	178	185 ns	ns	ns	ns
Peso secco (g)									
Foglie	0.85	1.19	1.00	1.10 ns	0.80 b	1.27 a	ns	**	ns
Rami	8.08	8.16	6.76	7.44 ns	7.20	8.02 ns	ns	ns	ns
Radici	7.25	7.48	7.12	8.80 ns	6.79 b	8.54 a	ns	**	ns
Chioma	8.94	9.35	7.76	8.54 ns	8.00	9.30 ns	ns	ns	ns
Totale	16.2	16.8	14.9	17.3 ns	14.8 b	17.8 a	ns	*	ns
Sostanza secca (%)									
Foglie	40.0 a	38.0 ab	38.7 ab	35.8 b	38.8	37.5 ns	ns	ns	ns
Rami	42.4	42.5	42.2	42.1 ns	41.9	42.7 ns	ns	ns	ns
Radici	35.4	33.3 ab	32.6 ab	31.7 b	33.1	33.4 ns	*	ns	ns
Chioma	41.9	41.4	41.4	41.1 ns	41.3	41.5 ns	ns	ns	ns
Totale	38.5 a	36.9 ab	36.1 ab	35.0 b	36.6	36.7 ns	**	ns	ns
Chioma/Radice	1.37	1.27	1.18	1.03 ns	1.22	1.21 ns	ns	ns	ns

^ Valori con lettera diversa indicano differenze significative per $P \leq 0.05$ (test di Tukey).

***, ** e * = significativo per $P \leq 0.001$, 0.01 e 0.05; ns = non significativo.

Tabella 6 Parametri biometrici rilevati su abelia in vaso 15.

Parametro	Percentuale di Compost (C)				Presenza Digestato (D)		Sign.^		
	0	15	30	45	No	Sì	C	D	CxD
Rilievo 31/07/13									
Altezza (cm)	13.8 a	11.2 b	10.6 b	10.5 b	11.8	11.2 ns	***	ns	ns
Larghezza media (cm)	12.3 a	9.64 b	9.01 b	9.71 b	10.15	9.68 ns	***	ns	ns
Indice crescita (cm)	12.8 a	10.1 b	9.54 b	9.31 b	10.7	10.2 ns	***	ns	ns
Rilievo 21/01/14									
Altezza (cm)	18.8 a	14.4 b	12.8 c	12.0 c	13.6 b	15.4 a	***	***	***
Larghezza media (cm)	31.1 a	24.4 b	20.8 c	18.8 d	22.2 b	25.4 a	***	***	*
Indice crescita (cm)	26.7 a	20.7 b	17.7 c	16.2 d	19.0 b	21.8 a	***	***	**
Mortalità (%)	0.67 b	2.00 ab	5.33 ab	22.0 a	12.0	3.00 ns	*	ns	ns
Peso secco (g)									
Foglie	7.68 a	6.09 b	4.25 c	2.89 d	4.48 b	5.98 a	***	***	ns
Rami	4.04 a	2.19 b	1.45 c	1.13 c	1.97 b	2.44 a	***	**	***
Chioma	11.7 a	8.28 b	5.70 c	4.02 c	6.45 b	8.41 a	***	***	*
Radici	3.09 a	1.64 b	1.07 bc	0.61 c	1.39 b	1.82 a	***	*	*
Totale	14.8 a	9.92 b	6.77 c	4.63 c	7.84 b	10.23 a	***	***	*
Sostanza secca (%)									
Foglie	27.6 a	26.6 ab	25.7 b	28.1 a	27.3	26.7 ns	**	ns	ns
Rami	44.7 a	41.6 b	39.6 b	41.7 b	41.4	42.4 ns	***	ns	ns
Chioma	31.8 a	29.4 bc	28.2 c	31.2 ab	30.4	29.8 ns	***	ns	ns
Radici	20.0	19.0	20.2	19.6 ns	21.1 a	18.2 b	ns	***	*
Totale	28.5 ab	27.1 bc	26.4 c	28.6 a	28.2 a	27.0 b	***	**	ns
Chioma/Radice	4.52 b	5.82 ab	6.34 a	7.08 a	6.25 a	5.62 a	***	ns	ns

^ Valori con lettera diversa indicano differenze significative per $P \leq 0.05$ (test di Tukey).

***, ** e * = significativo per $P \leq 0.001$, 0.01 e 0.05; ns = non significativo.

Tabella 7 Parametri biometrici rilevati su abelia in vaso 19.

Parametro	Percentuale di Compost (C)				Presenza Digestato (D)		Sign.^		
	0	15	30	45	No	Sì	C	D	CxD
Rilievo 31/07/13									
Altezza (cm)	24.3	25.1	25.0	23.1 ns	24.3	24.5 ns	ns	ns	***
Larghezza media (cm)	29.4 a	29.5 a	27.0 b	28.6 a	28.8	28.4 ns	***	ns	ns
Indice crescita (cm)	27.7 ab	28.0 a	26.4 b	26.8 ab	27.3	27.1 ns	**	ns	*
Rilievo 21/01/14									
Altezza (cm)	35.1 a	31.9 b	32.5 b	28.3 c	31.4	32.5 ns	***	ns	ns
Larghezza media (cm)	51.5 a	49.2 ab	50.8 a	48.3 b	48.2 b	51.7 a	*	***	*
Indice crescita (cm)	45.7 a	43.1 bc	44.5 ab	41.3 c	42.3 b	45.0 a	***	***	ns
Mortalità (%)	0.00 b	3.33 ab	0.83 b	10.8 a	3.75	3.75 ns	*	ns	ns
Peso secco (g)									
Foglie	27.5 a	21.9 b	23.7 ab	19.4 b	20.6 b	25.6 a	**	***	ns
Rami	24.2	22.9	22.6	21.4 ns	21.9	23.7 ns	ns	ns	ns
Chioma	51.8 a	44.7 ab	46.3 ab	40.8 b	42.5 b	49.3 a	**	**	ns
Radici vecchie	9.73	7.46	7.20	8.05 ns	7.28 b	8.94 a	ns	*	ns
Radici nuove	1.19 a	1.04 a	0.41 b	0.70 ab	0.73	0.93 ns	**	ns	*
Radici totali	10.9 a	8.50 ab	7.62 b	8.75 ab	8.01 b	9.87 a	*	*	ns
Totale	62.7 a	53.2 b	53.9 ab	49.5 b	50.5 b	59.2 a	**	***	ns
Sostanza secca (%)									
Foglie	25.5 a	24.7 ab	25.0 ab	24.2 b	25.0	24.7 ns	**	ns	ns
Rami	46.4	45.8	45.8	45.6 ns	45.9	45.9 ns	ns	ns	ns
Chioma	32.5	32.6	32.3	32.5 ns	33.0 a	32.0 b	ns	**	ns
Radici vecchie	23.6	23.5	23.1	24.2 ns	23.9	23.3 ns	ns	ns	ns
Radici nuove	19.5	19.6	20.7	21.9 ns	20.7	20.2 ns	ns	ns	ns
Radici totali	23.0	22.7	22.8	23.8 ns	23.4	22.8 ns	ns	ns	ns
Totale	30.4	30.4	30.5	30.2 ns	30.8 a	29.9 b	ns	**	ns
Chioma/Radice	5.40 ab	5.63 ab	6.35 a	4.92 b	5.86	5.29 ns	*	ns	ns

^ Valori con lettera diversa indicano differenze significative per $P \leq 0.05$ (test di Tukey).

***, ** e * = significativo per $P \leq 0.001$, 0.01 e 0.05; ns = non significativo.

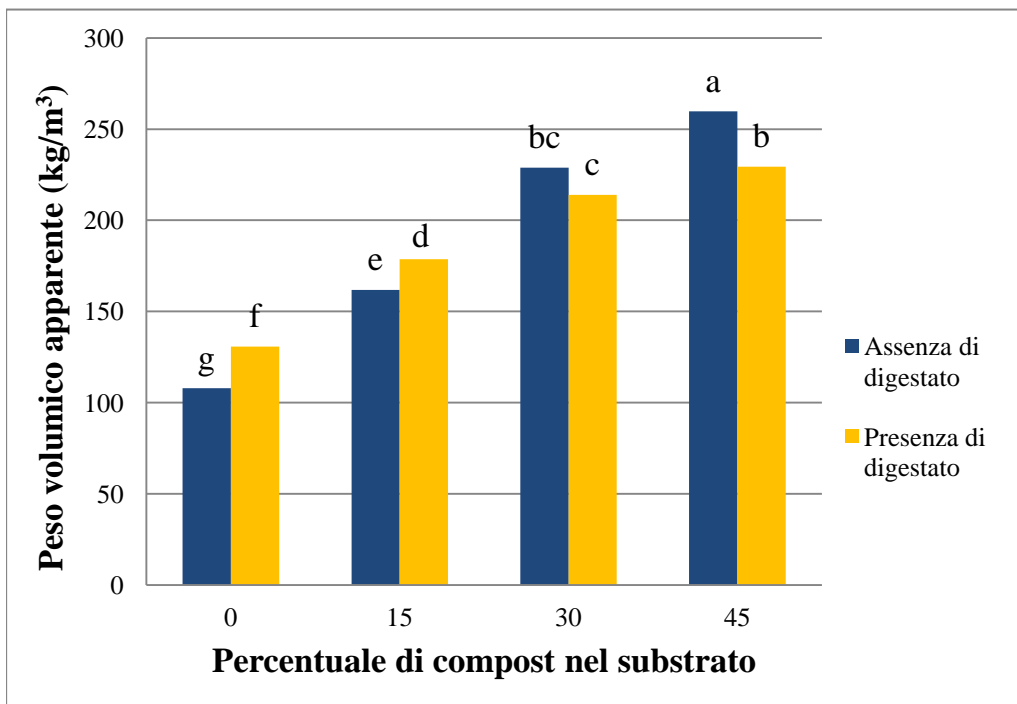


Figura 1. Effetto di interazione "% di compost x presenza di digestato" sul peso volumico apparente del substrato. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

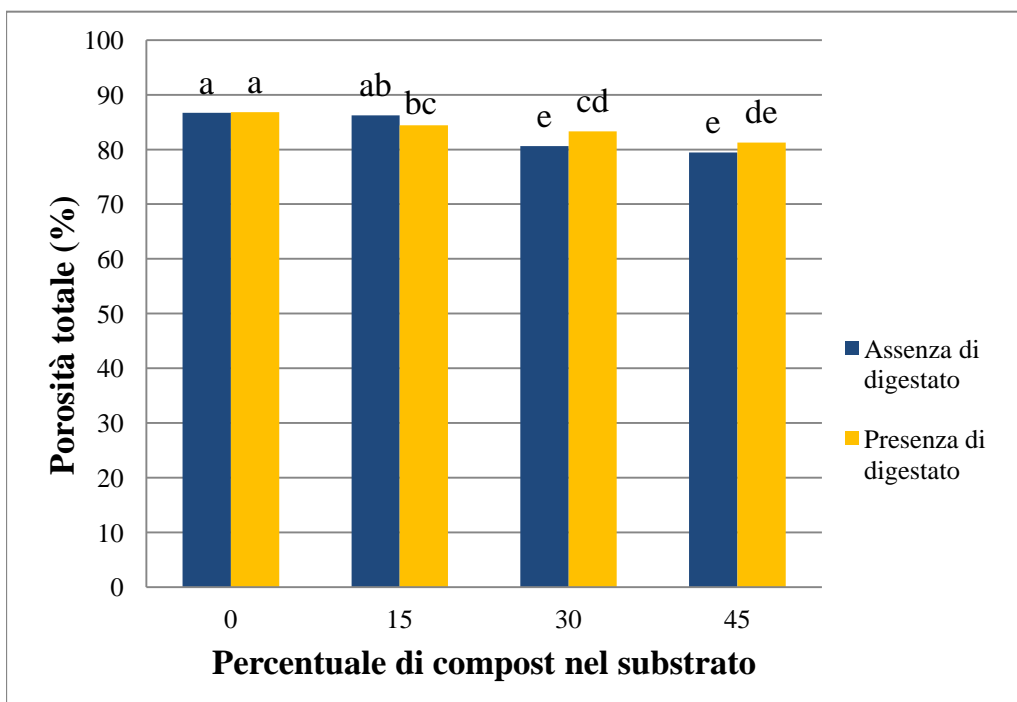


Figura 2. Effetto di interazione "% di compost x presenza di digestato" sulla porosità totale del substrato. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

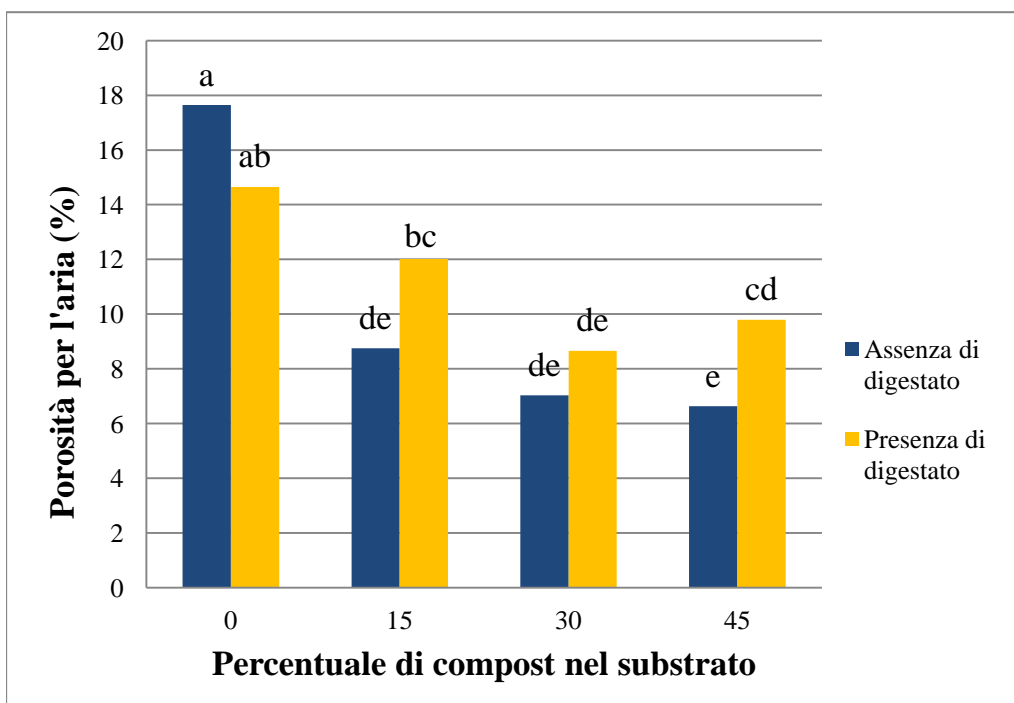


Figura 3. Effetto di interazione "% di compost x presenza di digestato" sulla porosità per l'aria del substrato. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

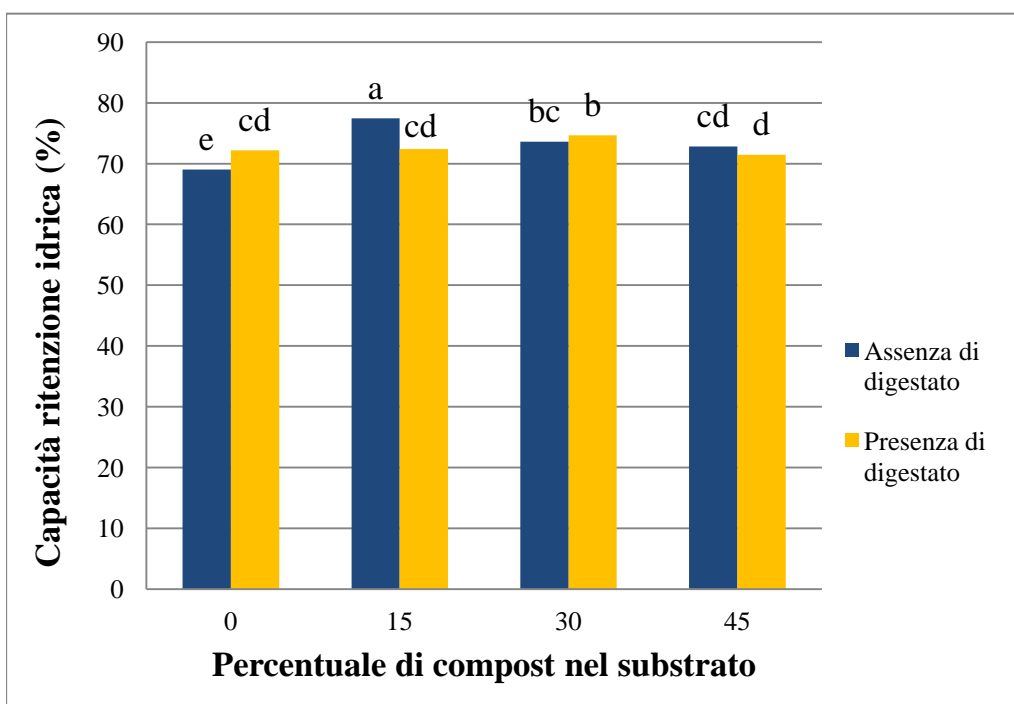


Figura 4. Effetto di interazione "% di compost x presenza di digestato" sulla capacità di ritenzione idrica del substrato. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

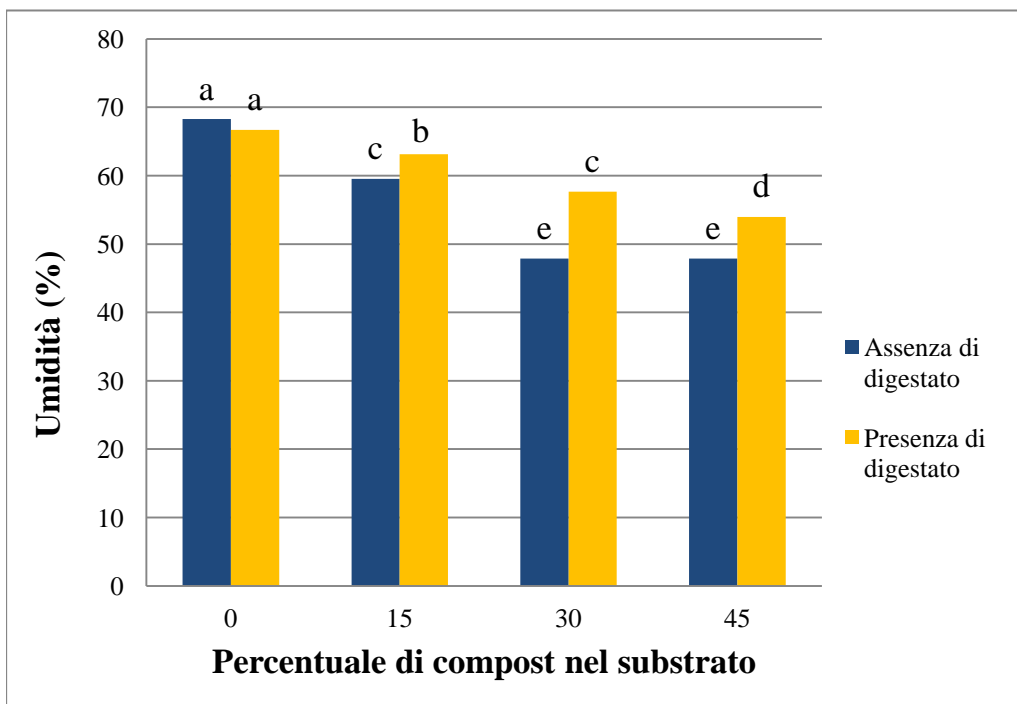


Figura 5. Effetto di interazione "% di compost x presenza di digestato" sull'umidità del substrato. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

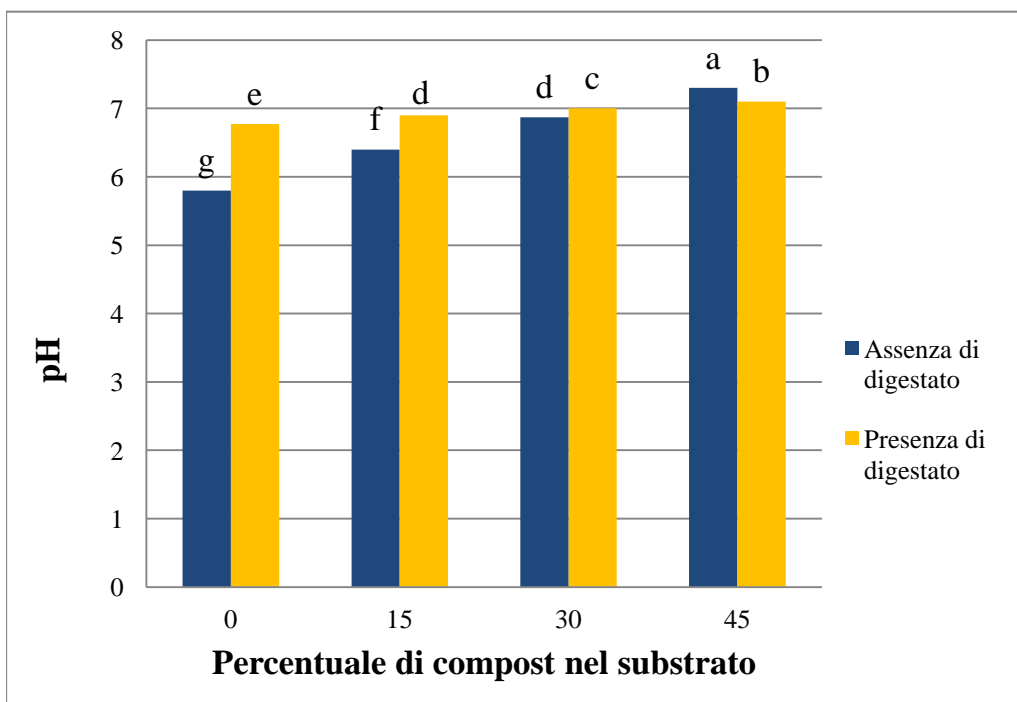


Figura 6. Effetto di interazione "% di compost x presenza di digestato" sul pH del substrato. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

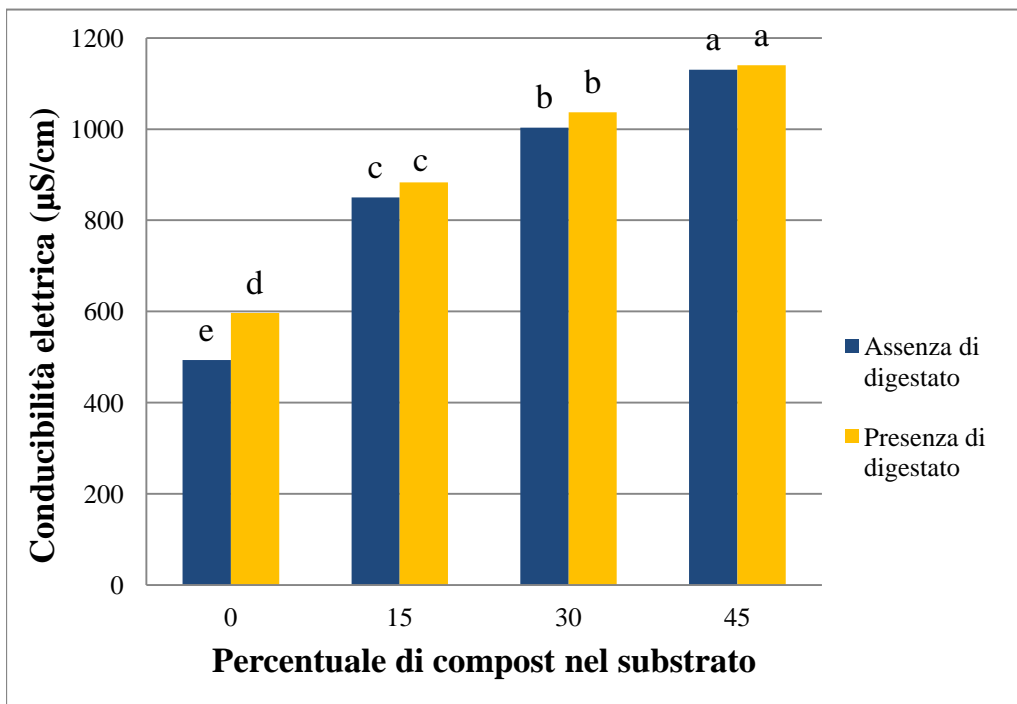


Figura 7. Effetto di interazione "% di compost x presenza di digestato" sulla conducibilità elettrica del substrato. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

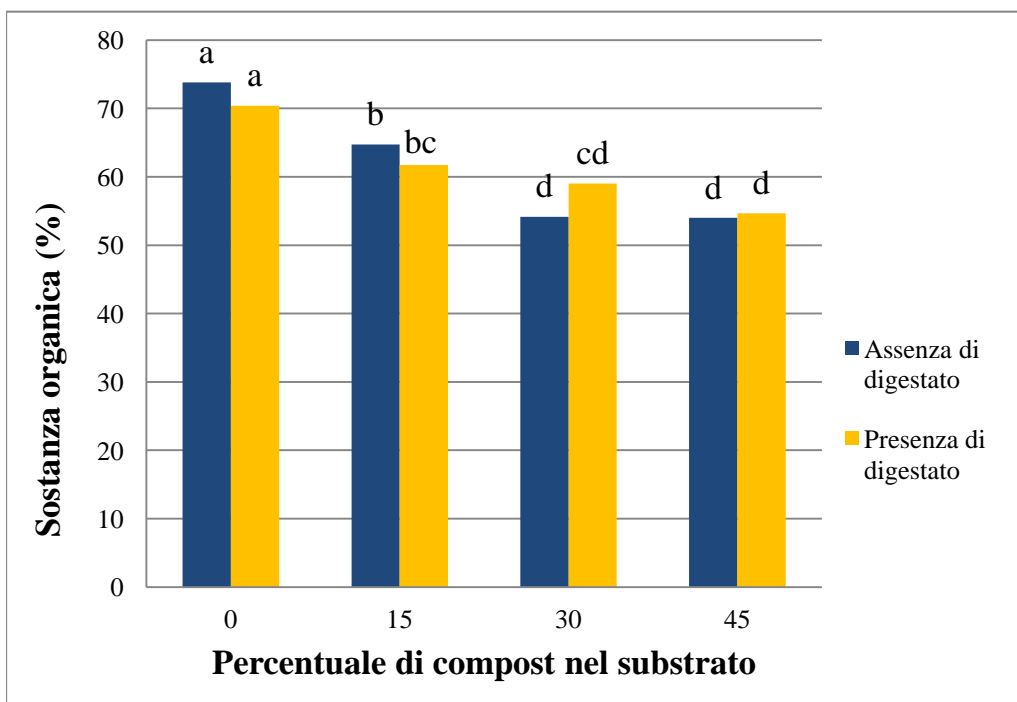


Figura 8. Effetto di interazione "% di compost x presenza di digestato" sulla sostanza organica del substrato. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

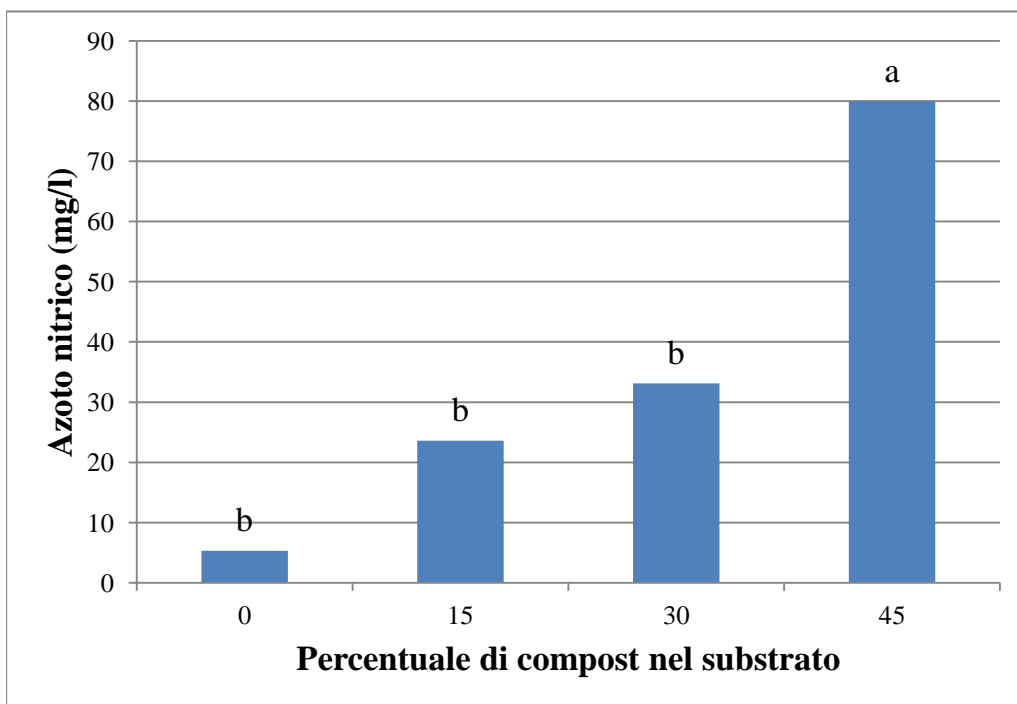


Figura 9. Influenza della percentuale di compost sul contenuto di azoto nitrico del substrato. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

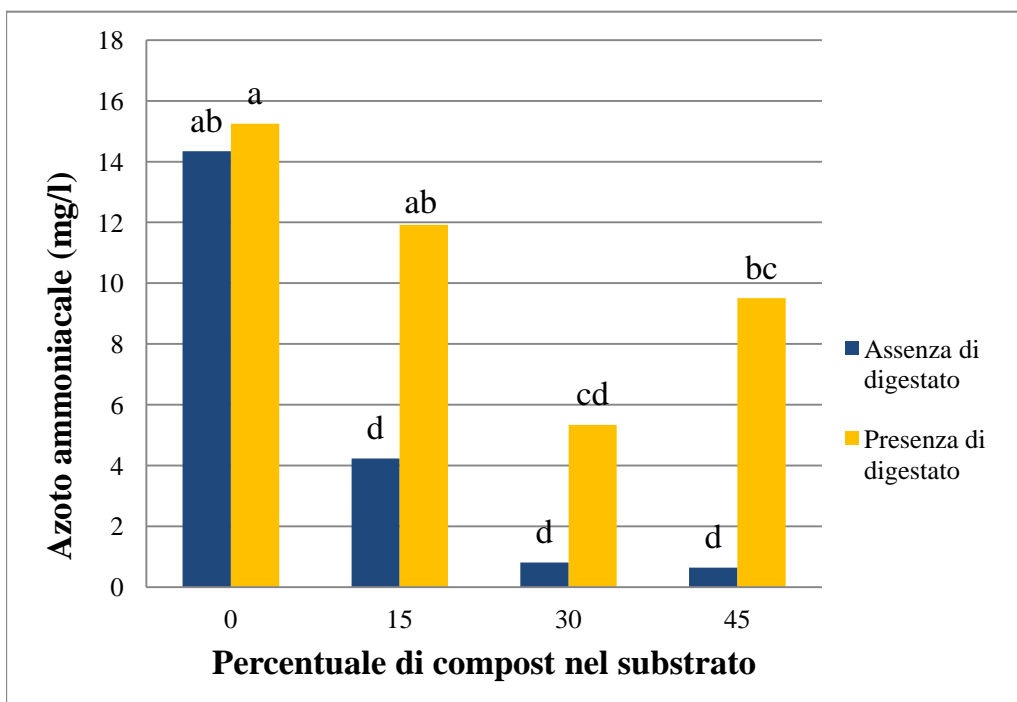


Figura 10. Effetto di interazione "% di compost x presenza di digestato" sul contenuto di azoto ammoniacale del substrato. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

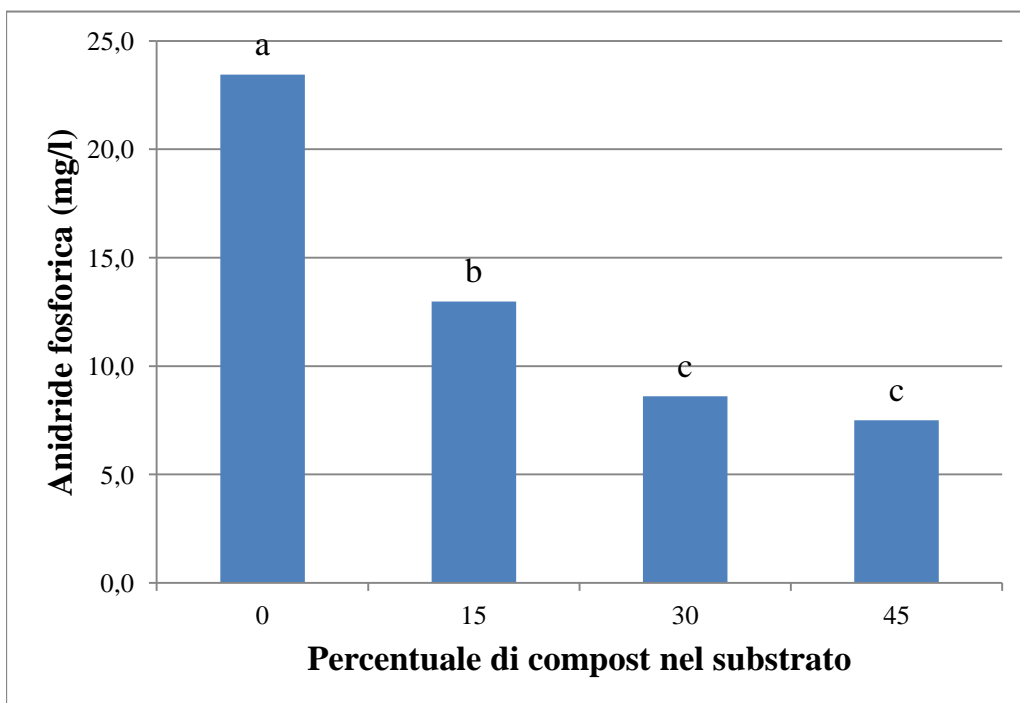


Figura 11. Influenza della percentuale di compost sul contenuto di anidride fosforica del substrato. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

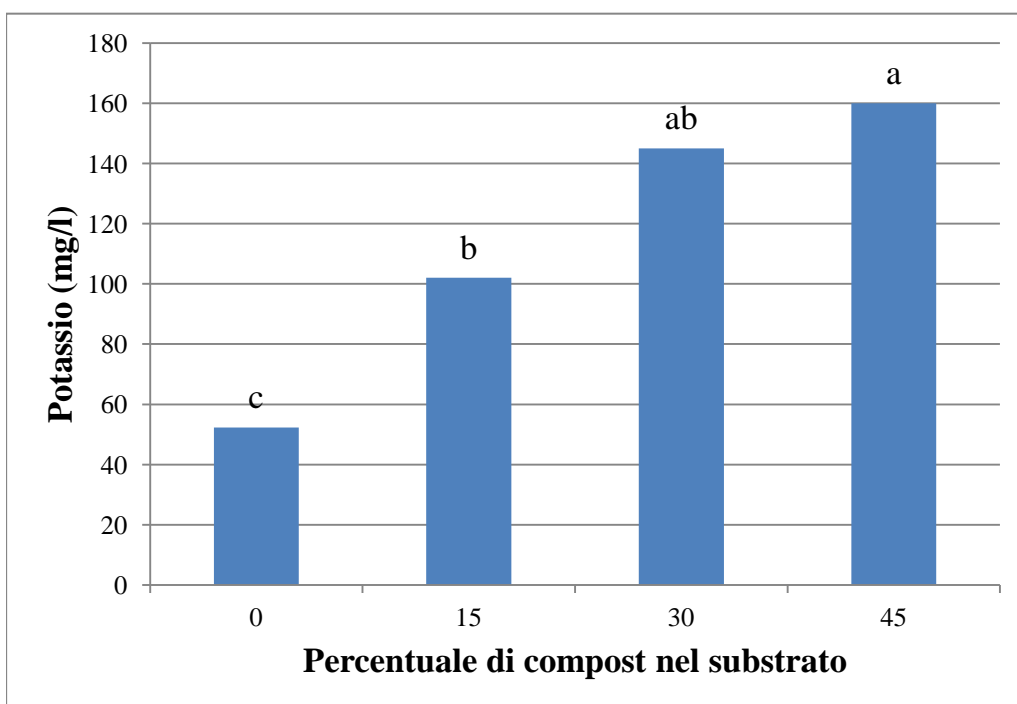


Figura 12. Influenza della percentuale di compost sul contenuto di potassio del substrato. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

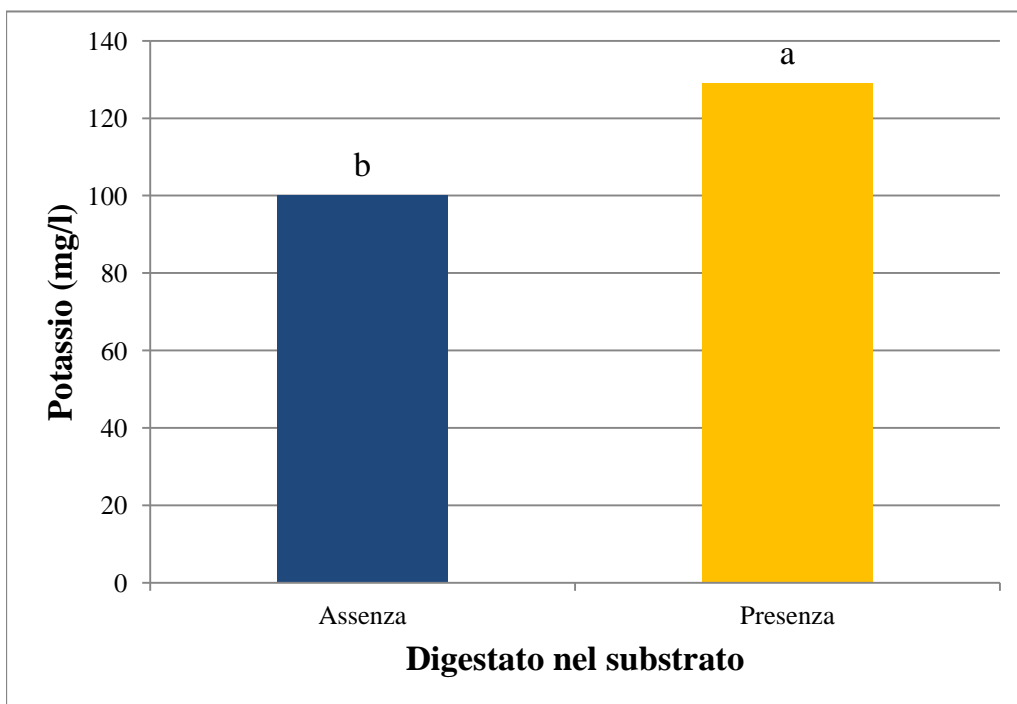


Figura 13. Influenza della presenza di digestato sul contenuto di potassio del substrato. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

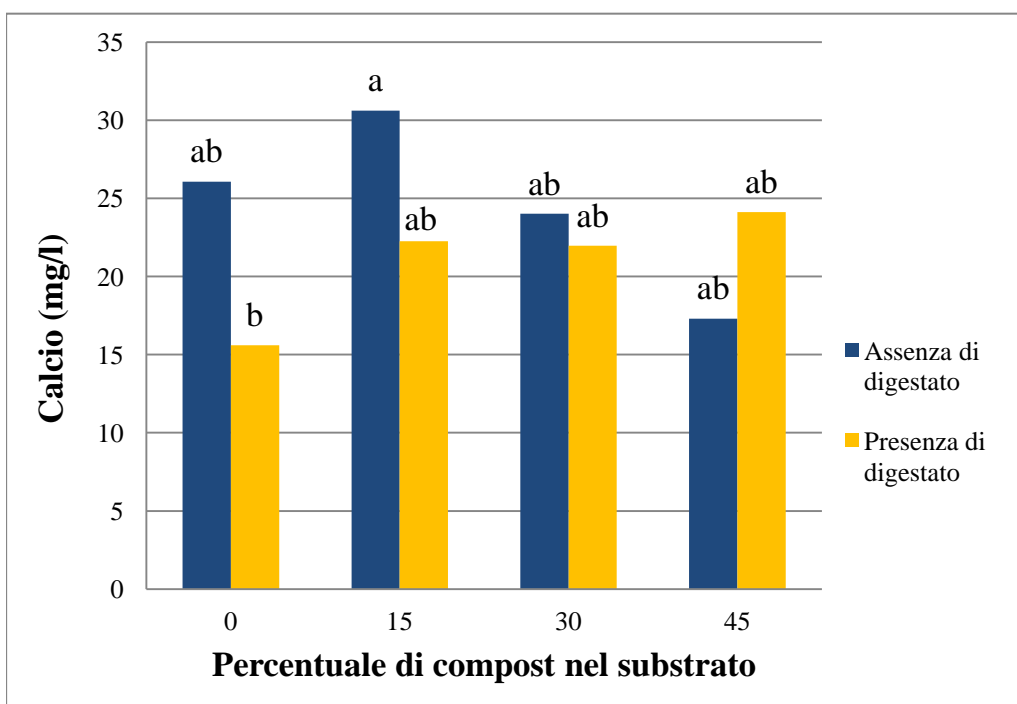


Figura 14. Effetto di interazione "% di compost x presenza di digestato" sul contenuto di calcio del substrato. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

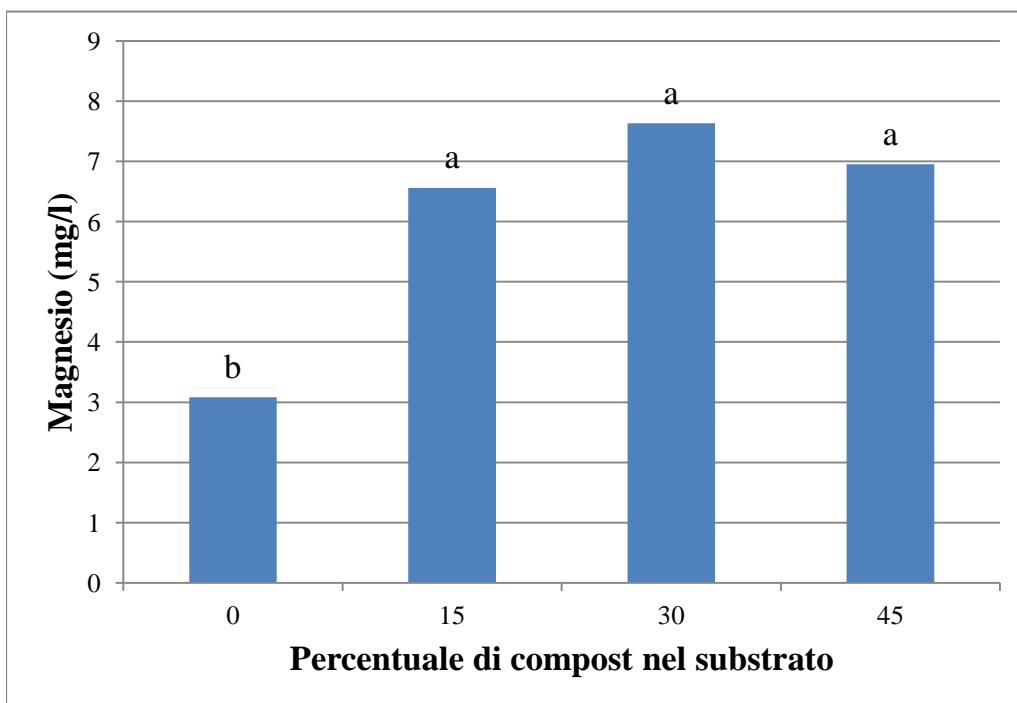


Figura 15. Influenza della percentuale di compost sul contenuto di magnesio del substrato. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

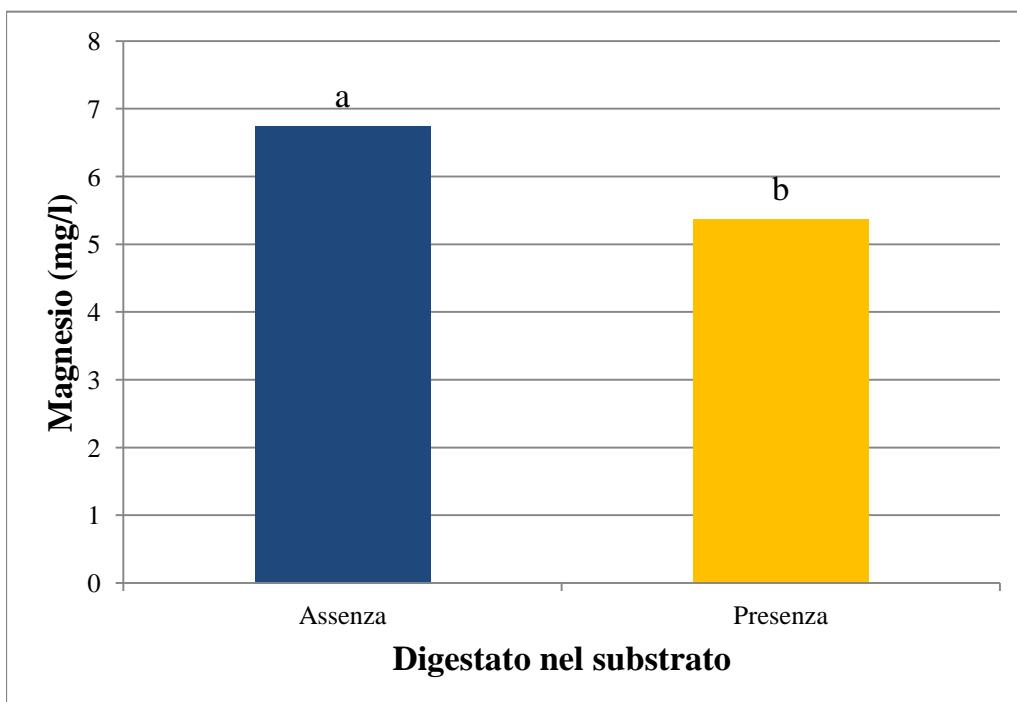


Figura 16. Influenza della presenza di digestato sul contenuto di magnesio del substrato. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

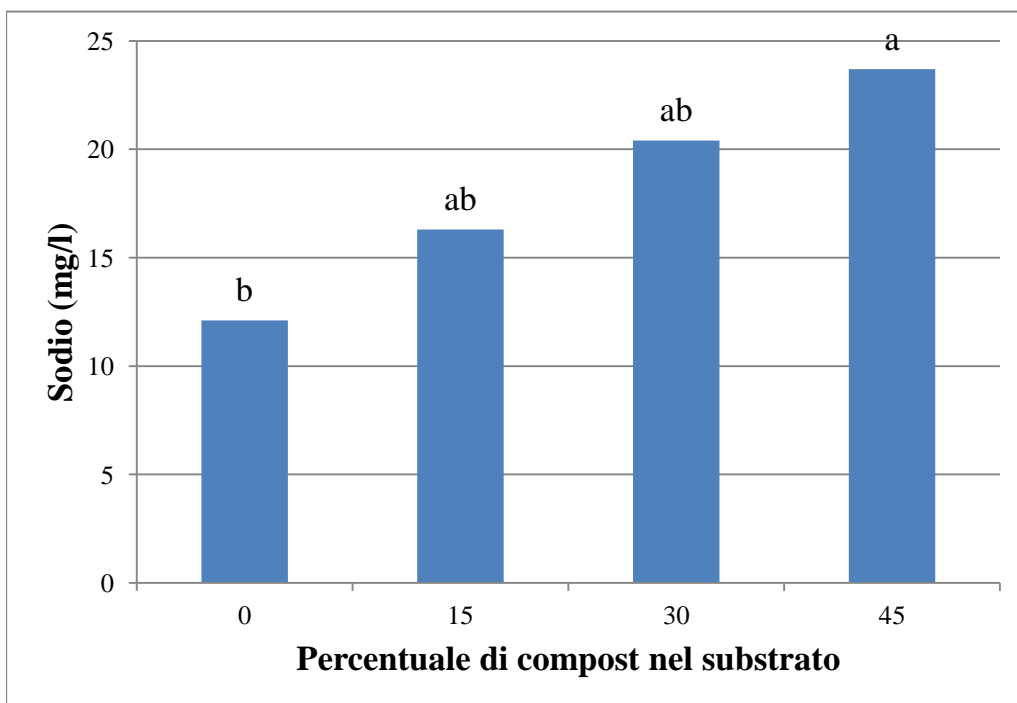


Figura 17. Influenza della percentuale di compost sul contenuto di sodio del substrato. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

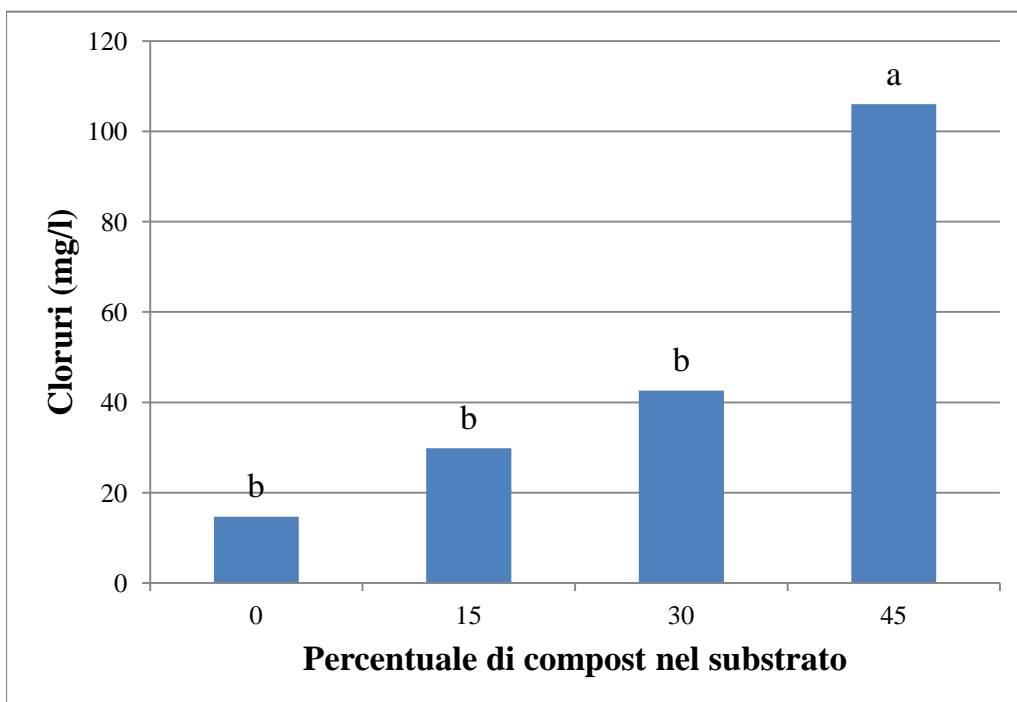


Figura 18. Influenza della percentuale di compost sul contenuto di cloruri del substrato. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

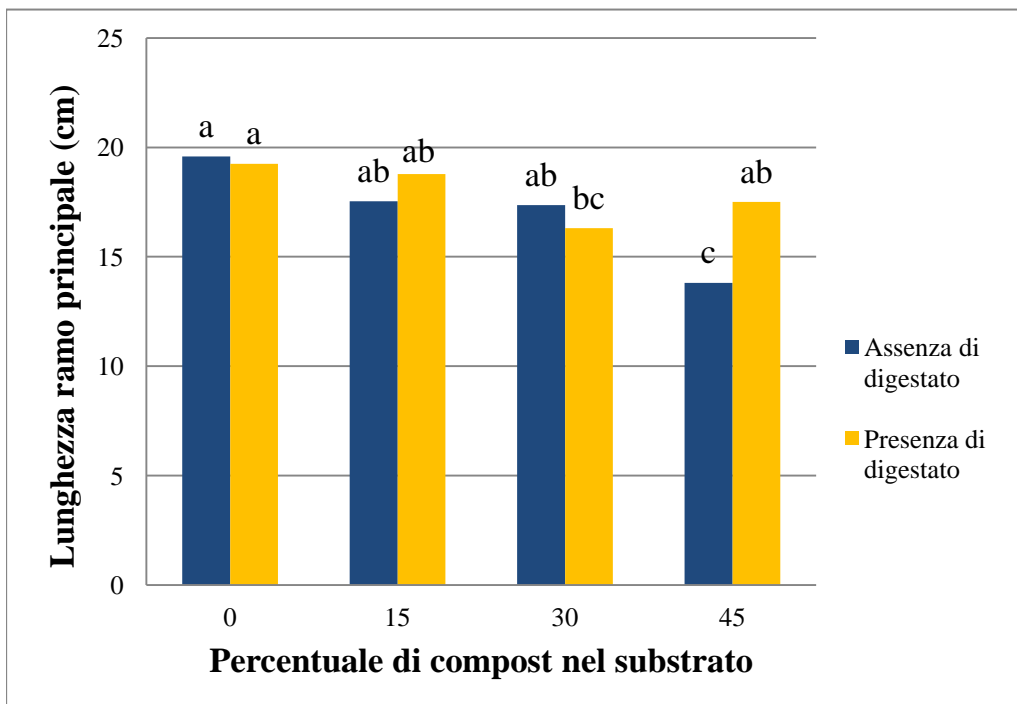


Figura 19. Effetto di interazione "% di compost x presenza di digestato" sull'altezza delle piante di rosa (rilievo: 31/07/13). Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

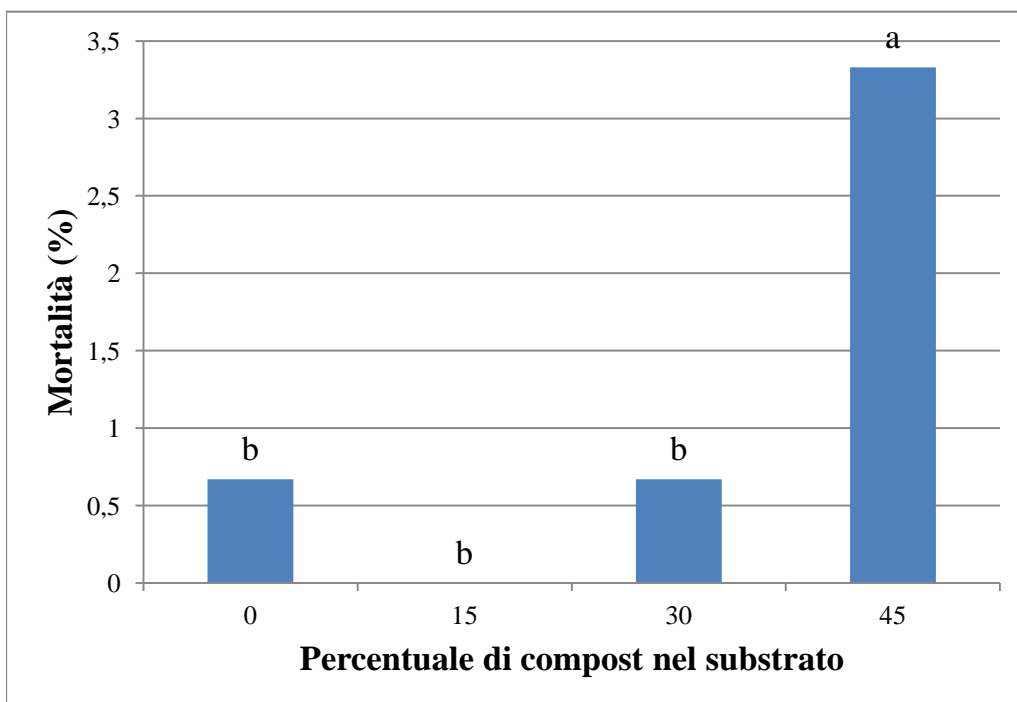


Figura 20. Influenza della percentuale di compost sul numero di piante di rosa morte a fine ciclo. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

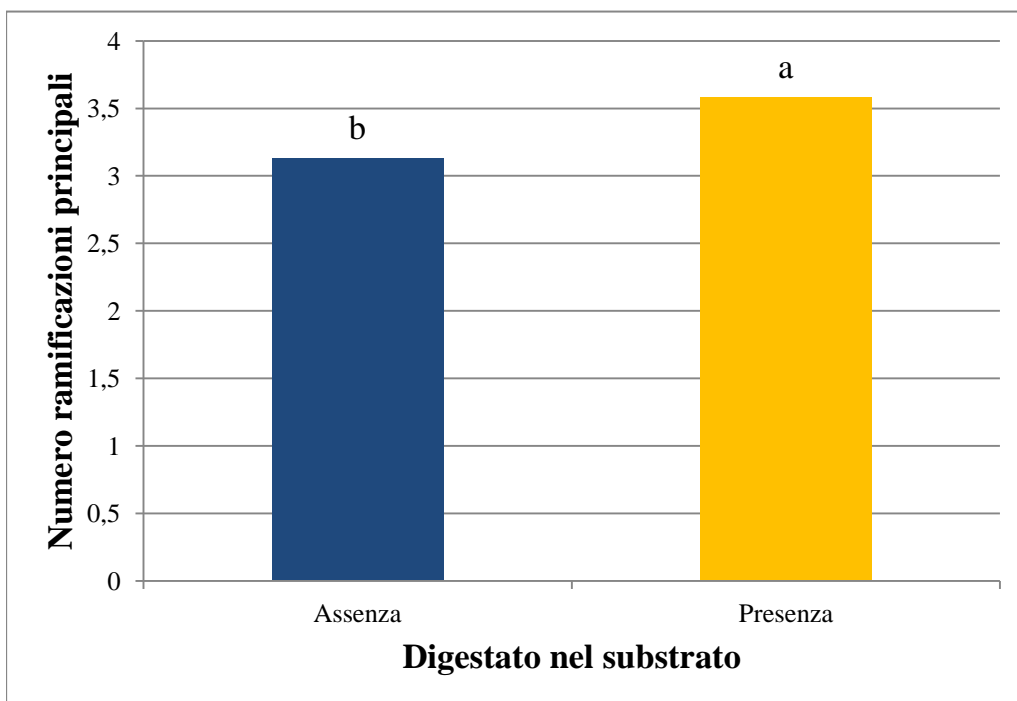


Figura 21. Influenza della presenza di digestato sul numero di ramificazioni principali delle piante di rosa, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

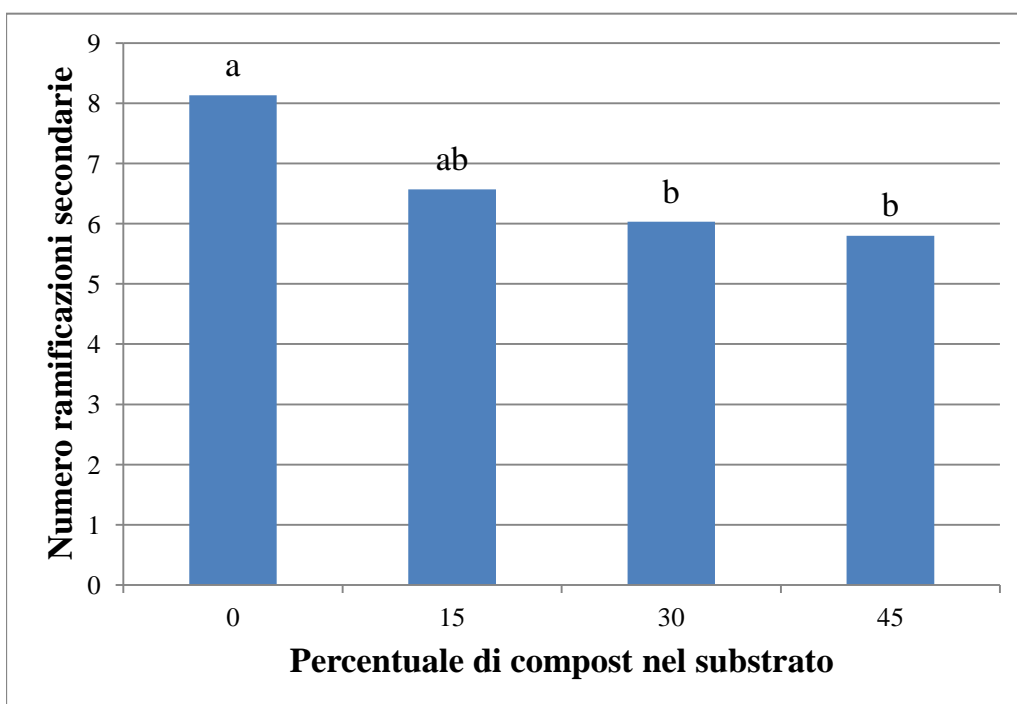


Figura 22. Influenza della percentuale di compost sul numero di ramificazioni secondarie delle piante di rosa, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

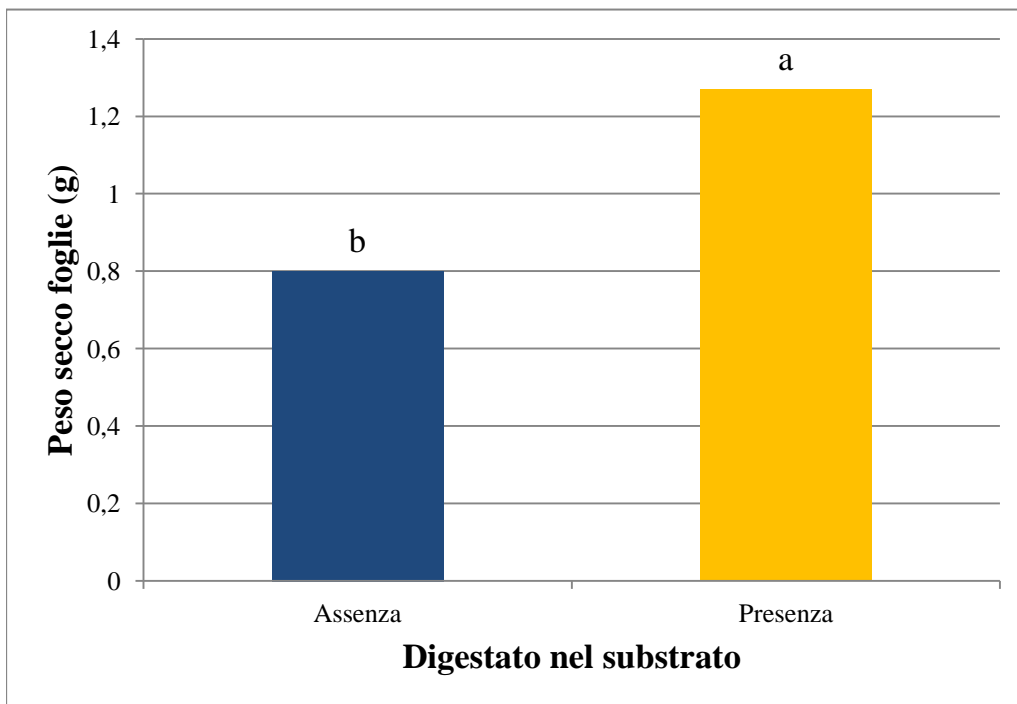


Figura 23. Influenza della presenza di digestato sul peso secco delle foglie delle piante di rosa, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

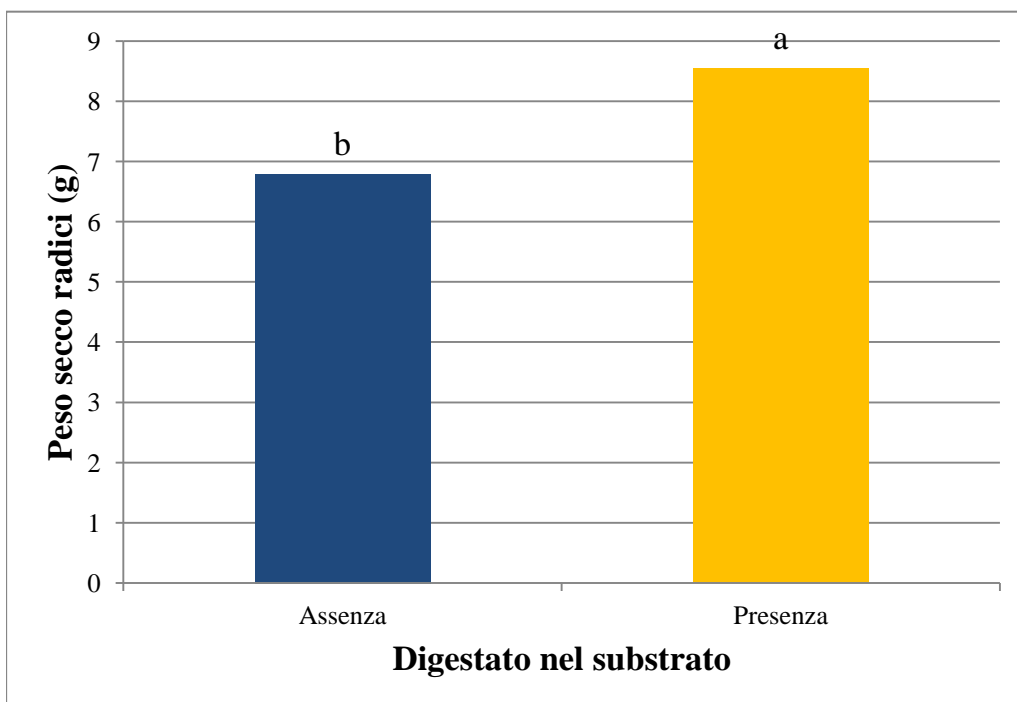


Figura 24. Influenza della presenza di digestato sul peso secco delle radici delle piante di rosa, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

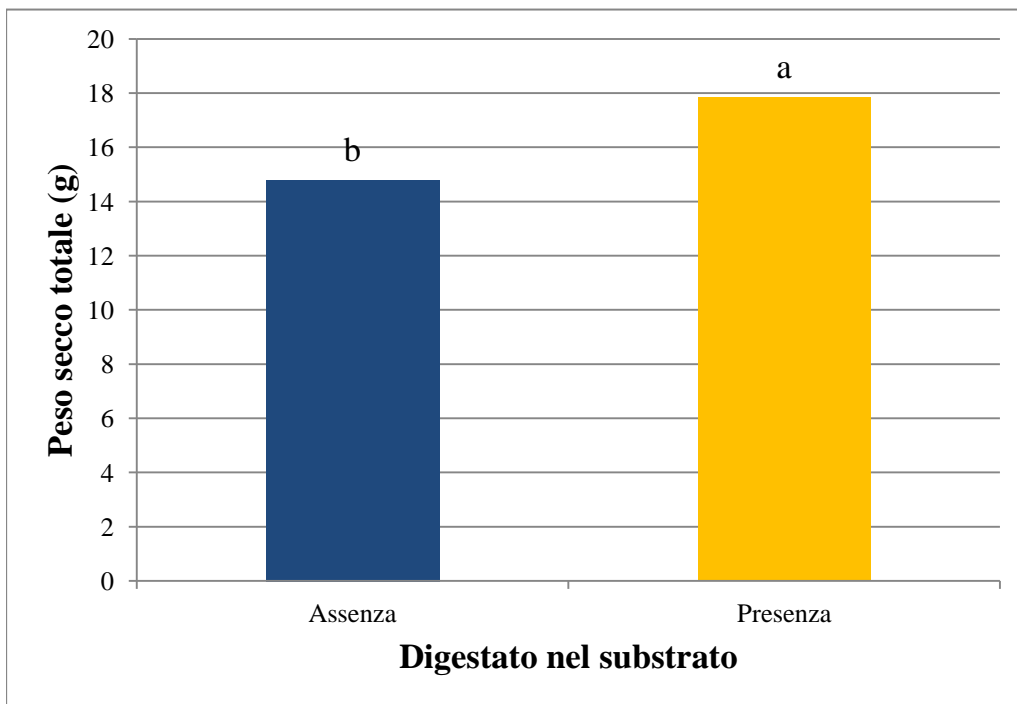


Figura 25. Influenza della presenza di digestato sul peso secco totale delle piante di rosa, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

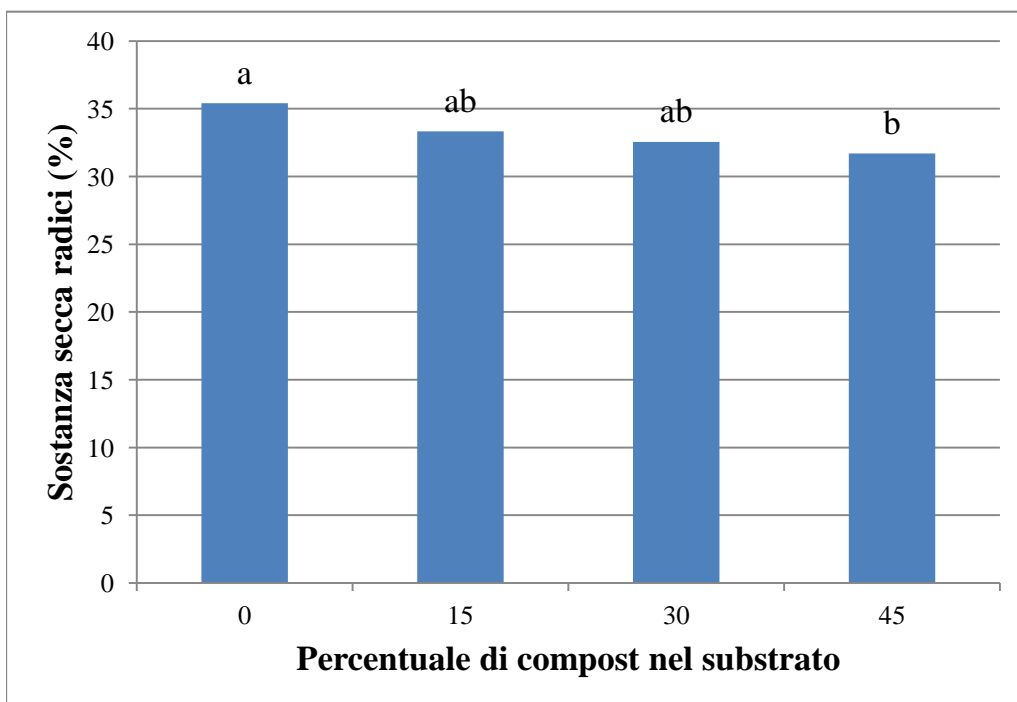


Figura 26. Influenza della percentuale di compost sulla percentuale di sostanza secca delle radici delle piante di rosa, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

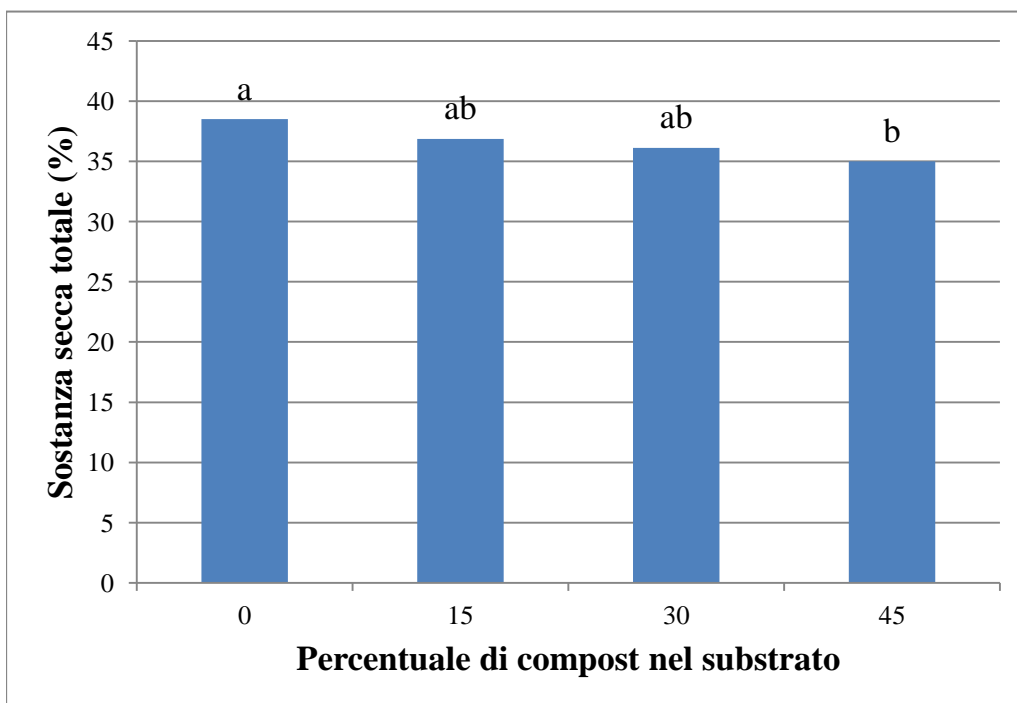


Figura 27. Influenza della percentuale di compost sulla percentuale di sostanza secca totale delle piante di rosa, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

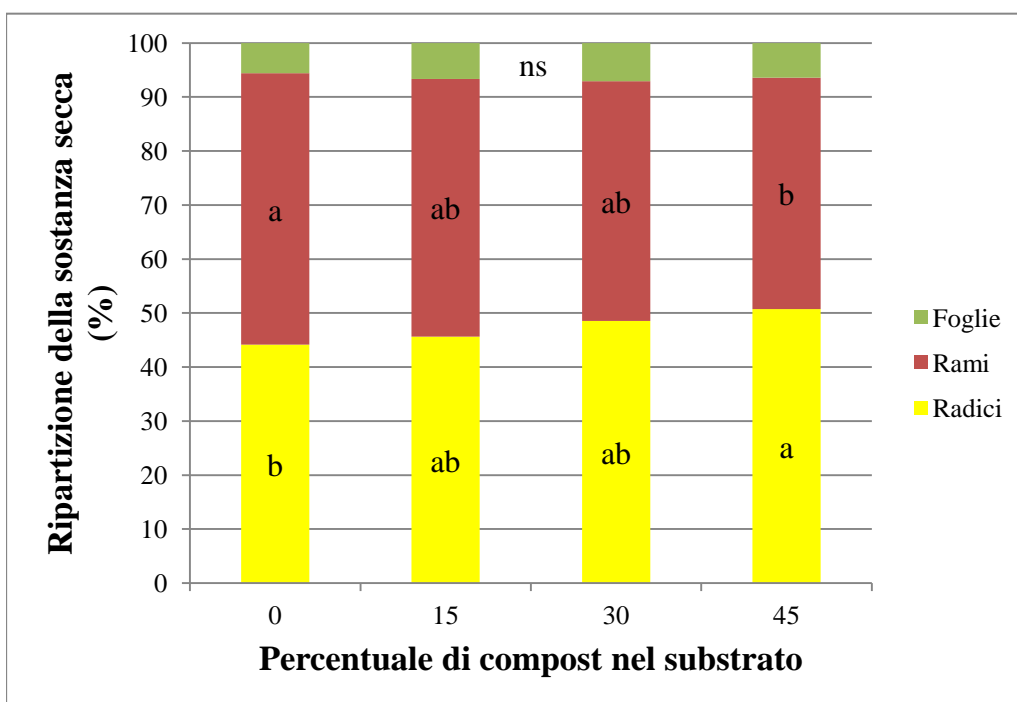


Figura 28. Influenza della percentuale di compost sulla ripartizione della sostanza secca del rosa, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

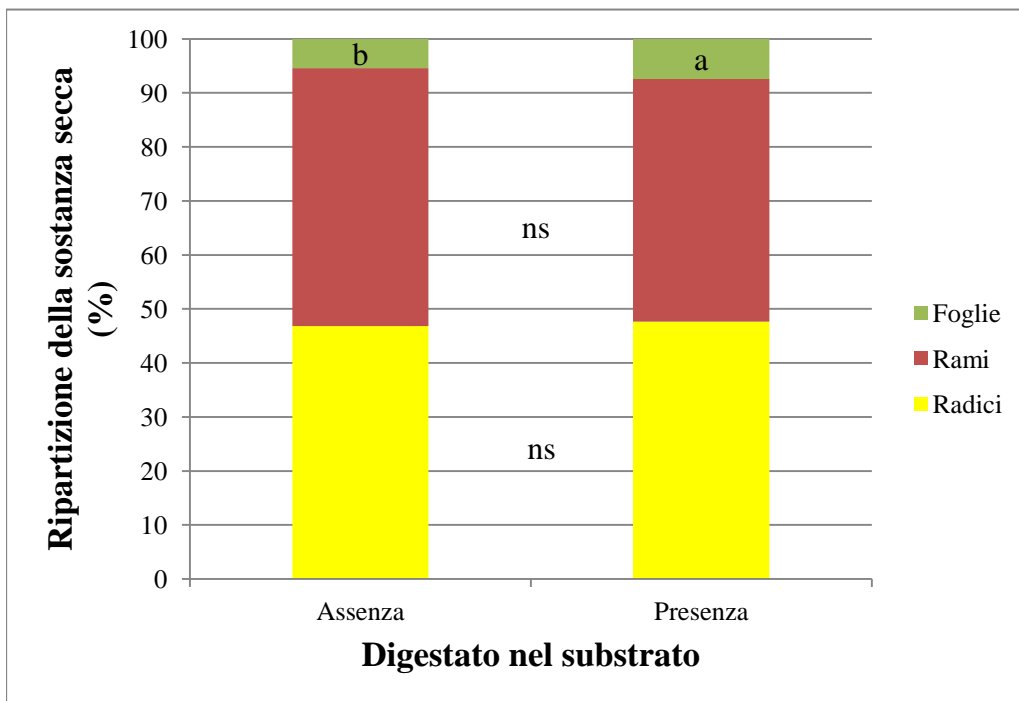


Figura 29. Influenza della presenza di digestato sulla ripartizione della sostanza secca del rosa, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

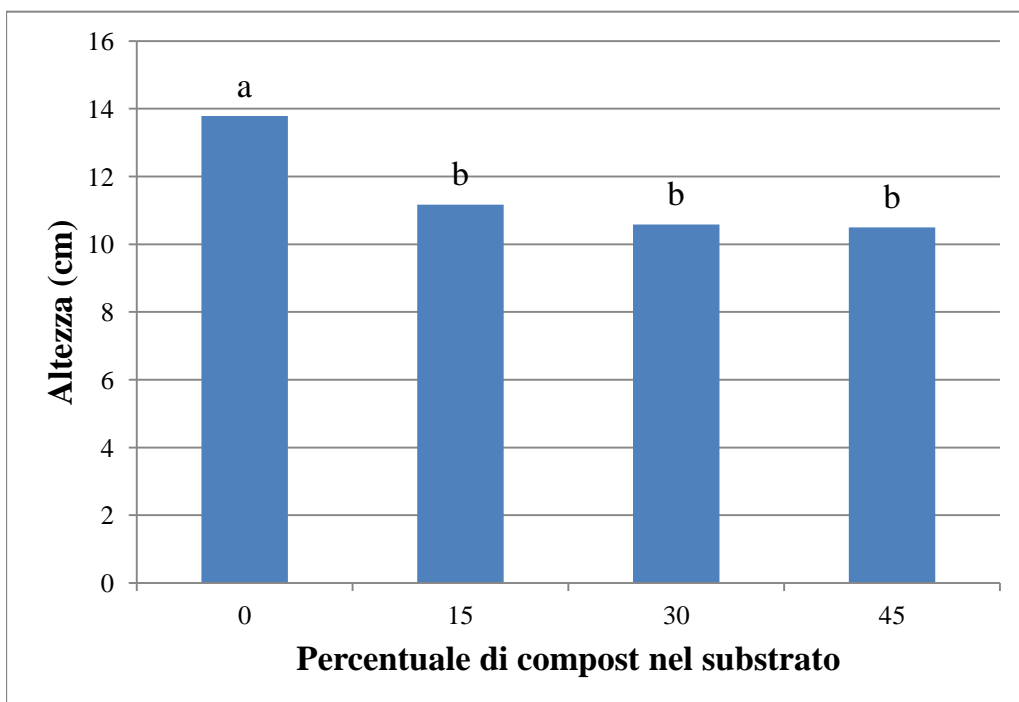


Figura 30. Influenza della percentuale di compost sull'altezza delle piante di abelia in vaso 15 (rilievo: 31/07/13). Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

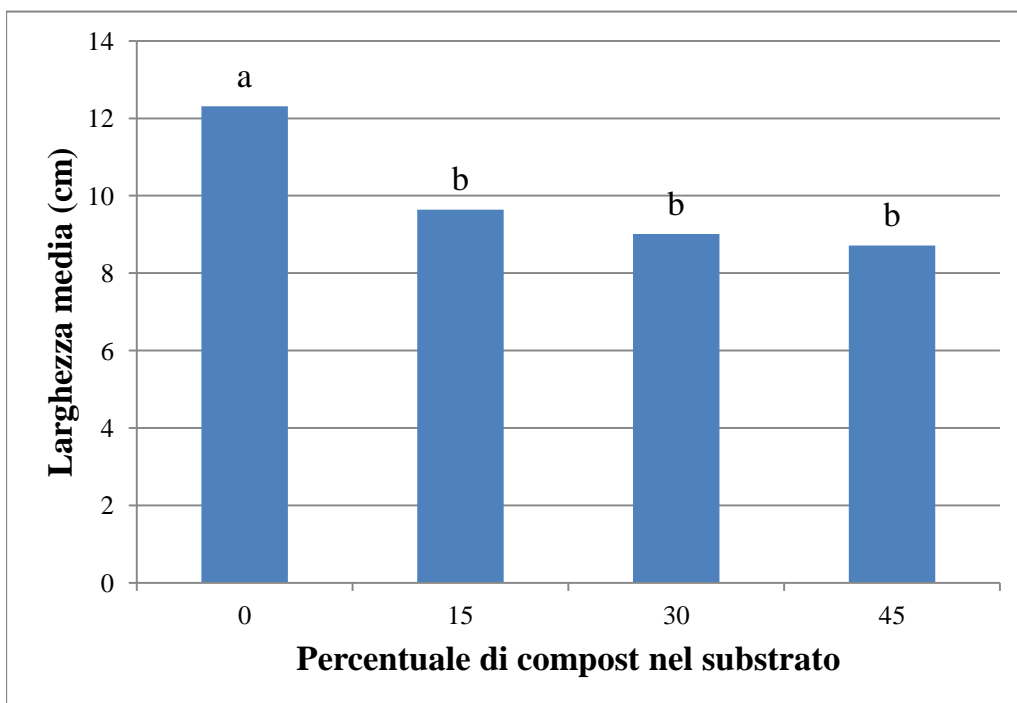


Figura 31. Influenza della percentuale di compost sulla larghezza media delle piante di abelia in vaso 15 (rilievo: 31/07/13). Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

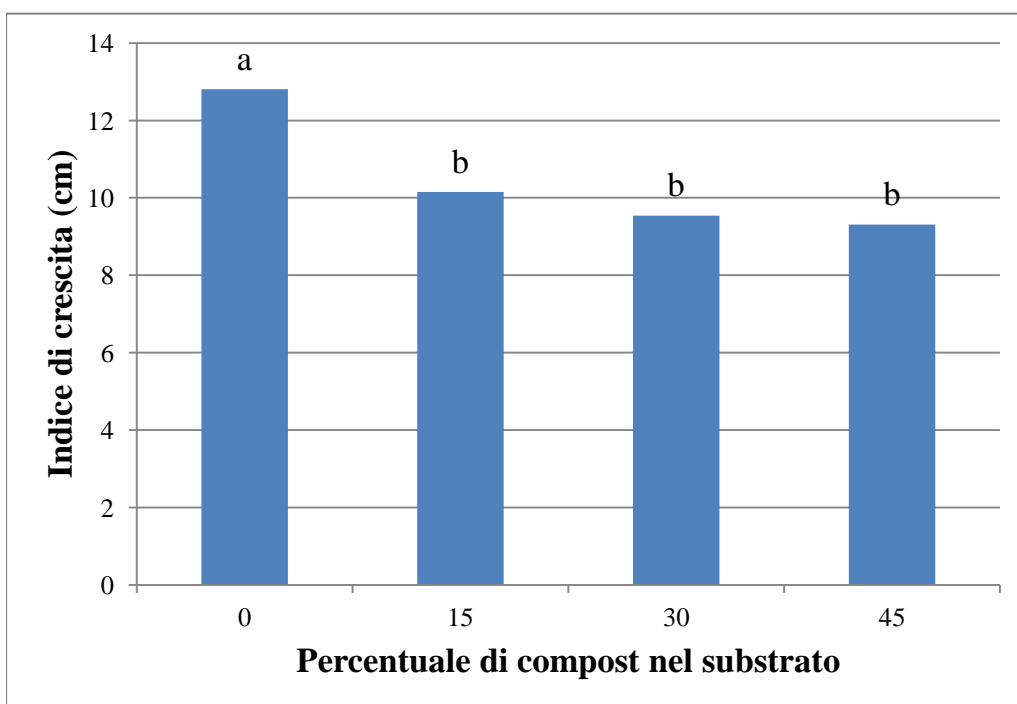


Figura 32. Influenza della percentuale di compost sull'indice di crescita delle piante di abelia in vaso 15 (rilievo: 31/07/13). Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

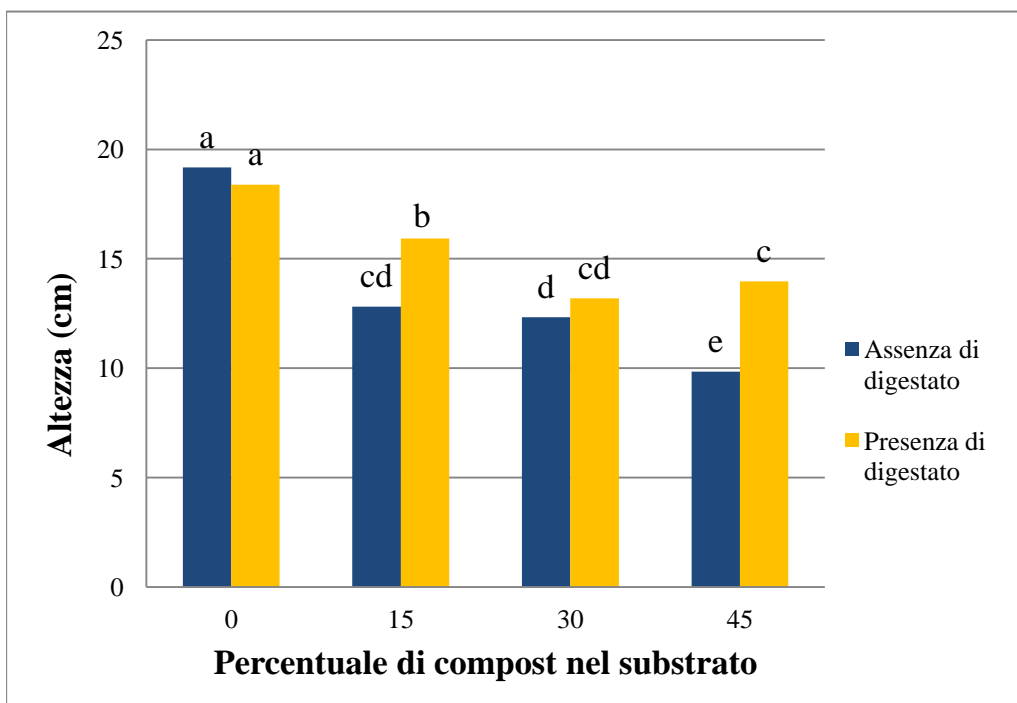


Figura 33. Effetto di interazione "% di compost x presenza di digestato" sull'altezza delle piante di abelia in vaso 15 (rilievo: 21/01/14). Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

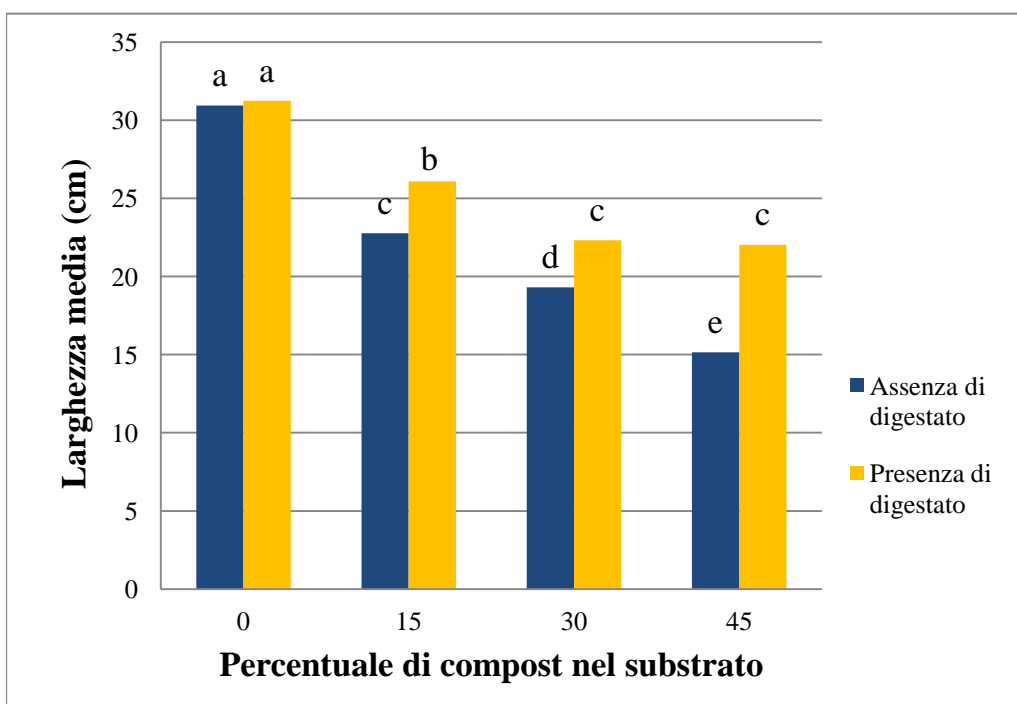


Figura 34. Effetto di interazione "% di compost x presenza di digestato" sulla larghezza media delle piante di abelia in vaso 15 (rilievo: 21/01/14). Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

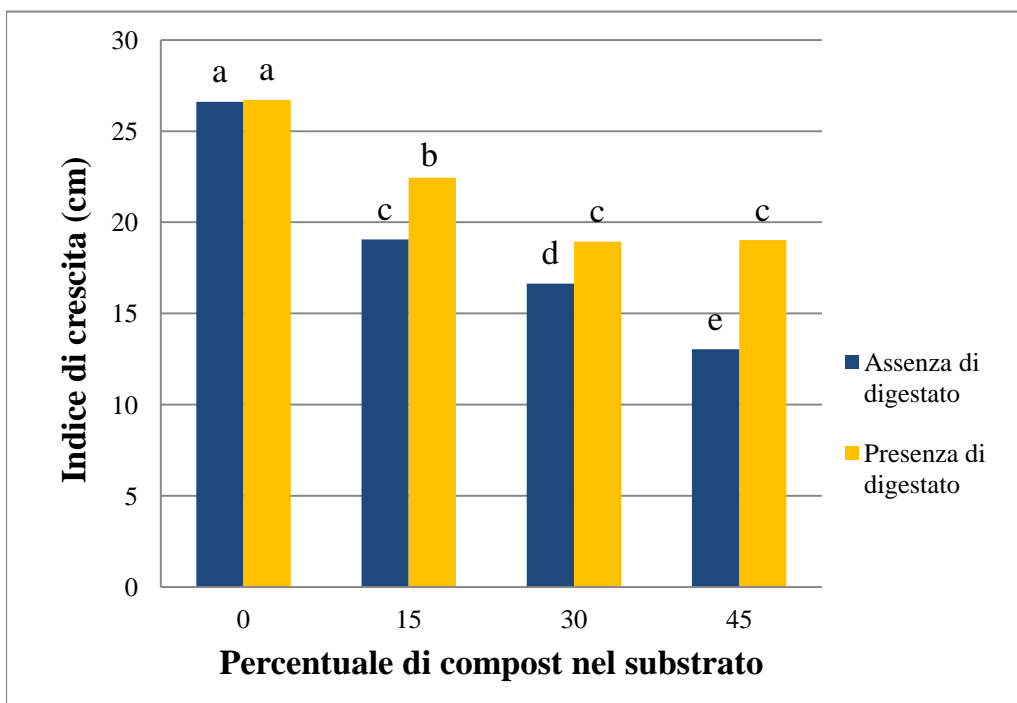


Figura 35. Effetto di interazione "% di compost x presenza di digestato" sull'indice di crescita delle piante di abelia in vaso 15 (rilievo: 21/01/14). Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

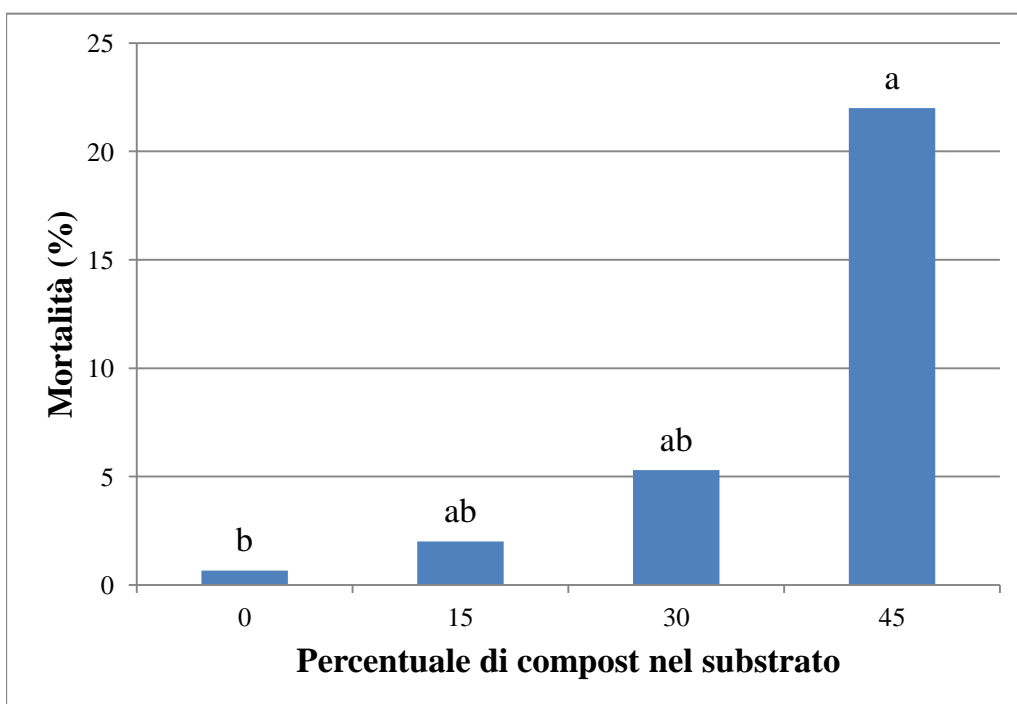


Figura 36. Influenza della percentuale di compost sul numero di piante di abelia in vaso 15 morte a fine ciclo. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

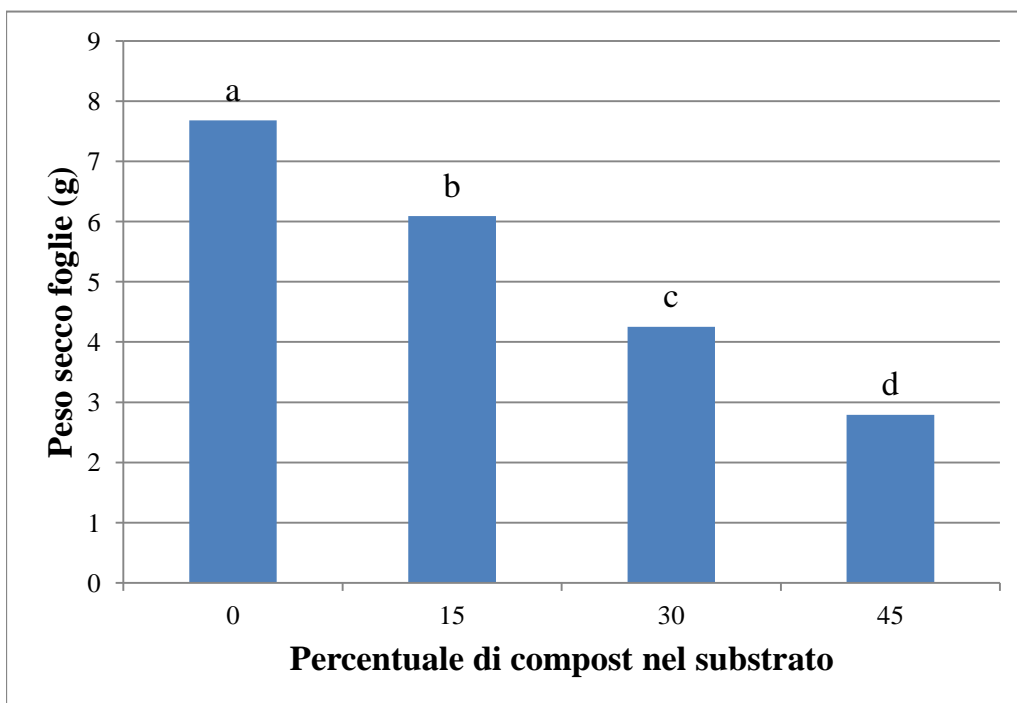


Figura 37. Influenza della percentuale di compost sul peso secco delle foglie dell'abelia in vaso 15, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

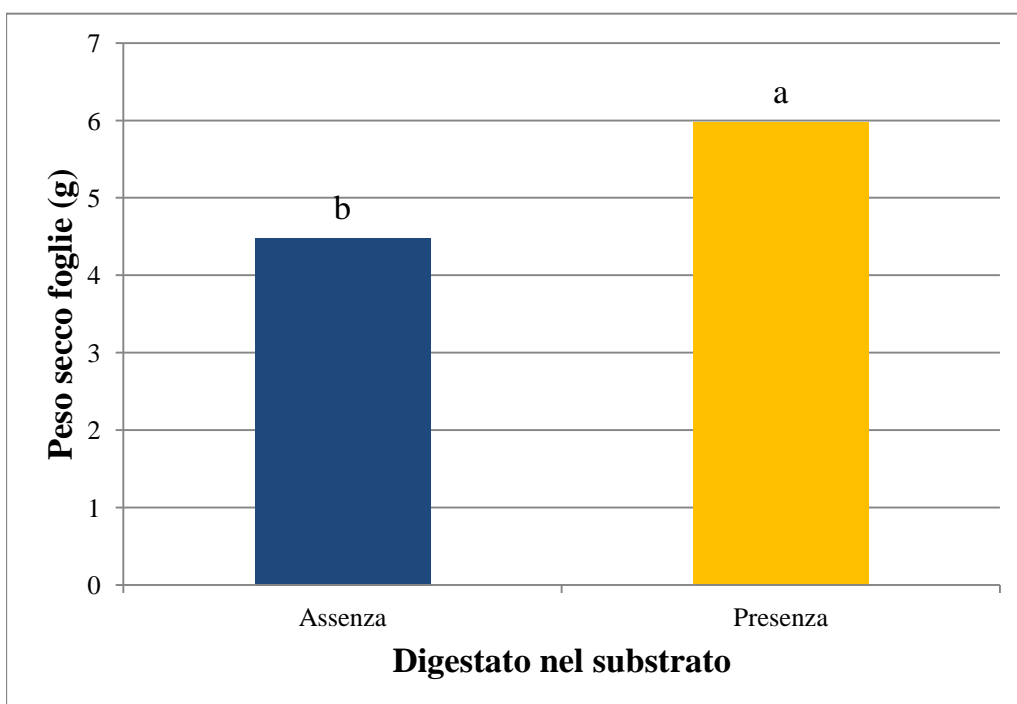


Figura 38. Influenza della presenza di digestato sul peso secco delle foglie dell'abelia in vaso 15, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

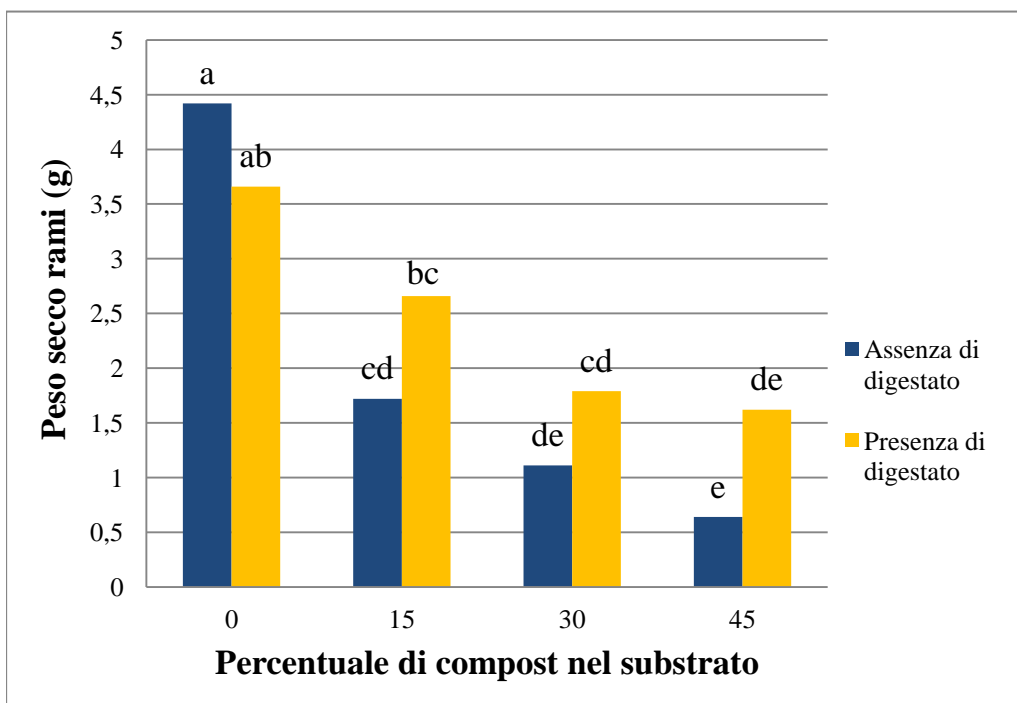


Figura 39. Effetto di interazione "% di compost x presenza di digestato" sul peso secco dei rami dell'abelia in vaso 15, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

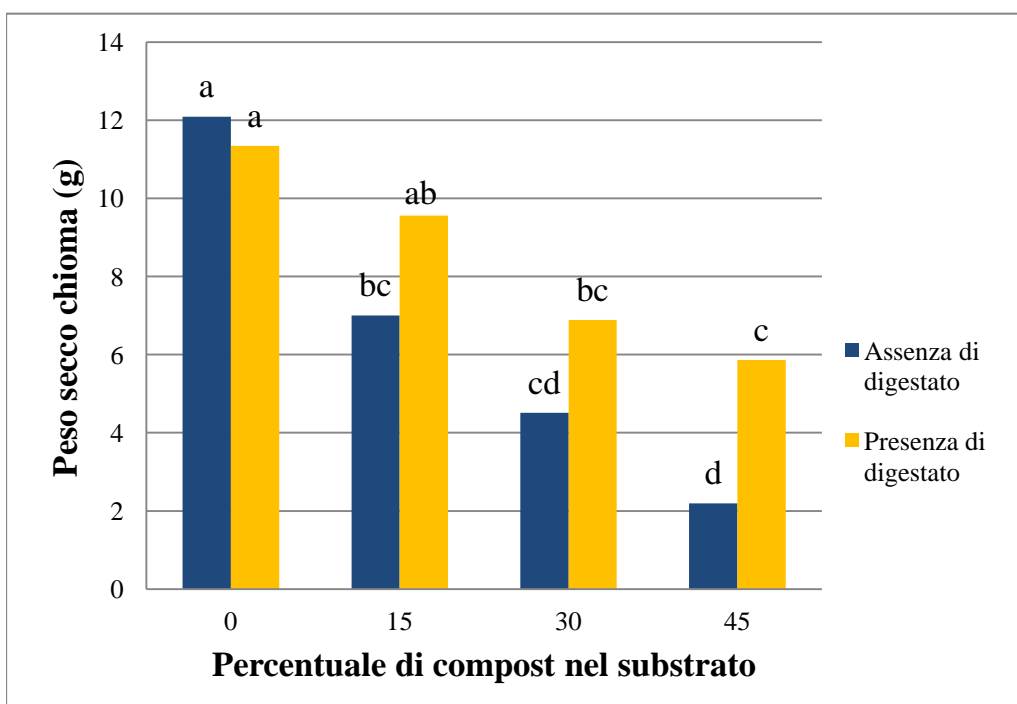


Figura 40. Effetto di interazione "% di compost x presenza di digestato" sul peso secco della chioma dell'abelia in vaso 15, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

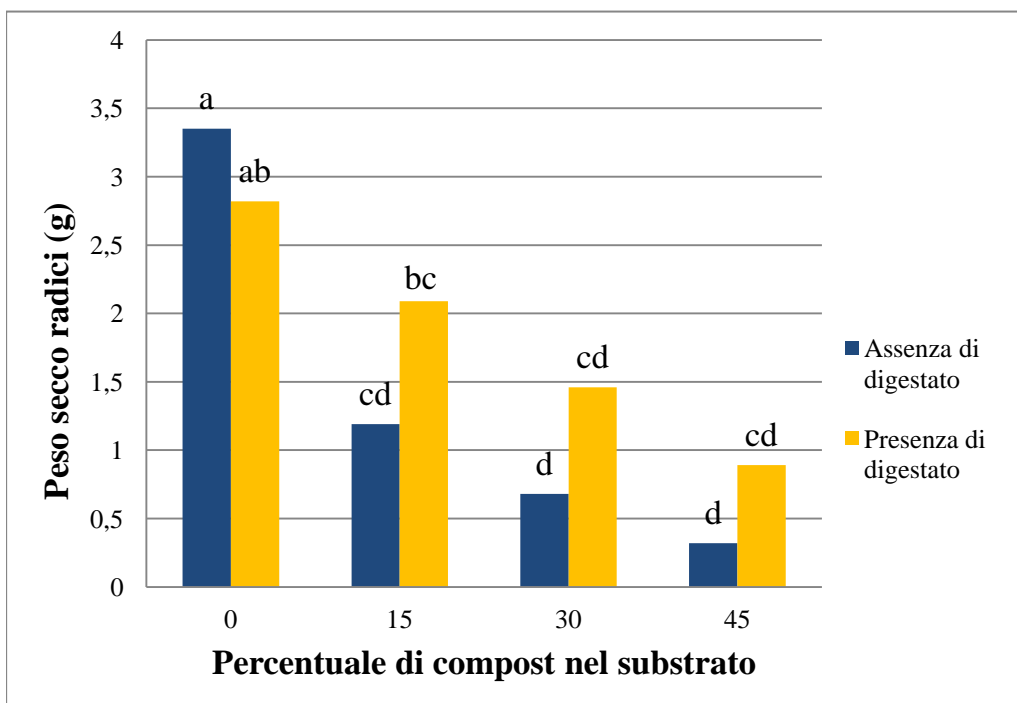


Figura 41. Effetto di interazione "% di compost x presenza di digestato" sul peso secco delle radici dell'abelia in vaso 15, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

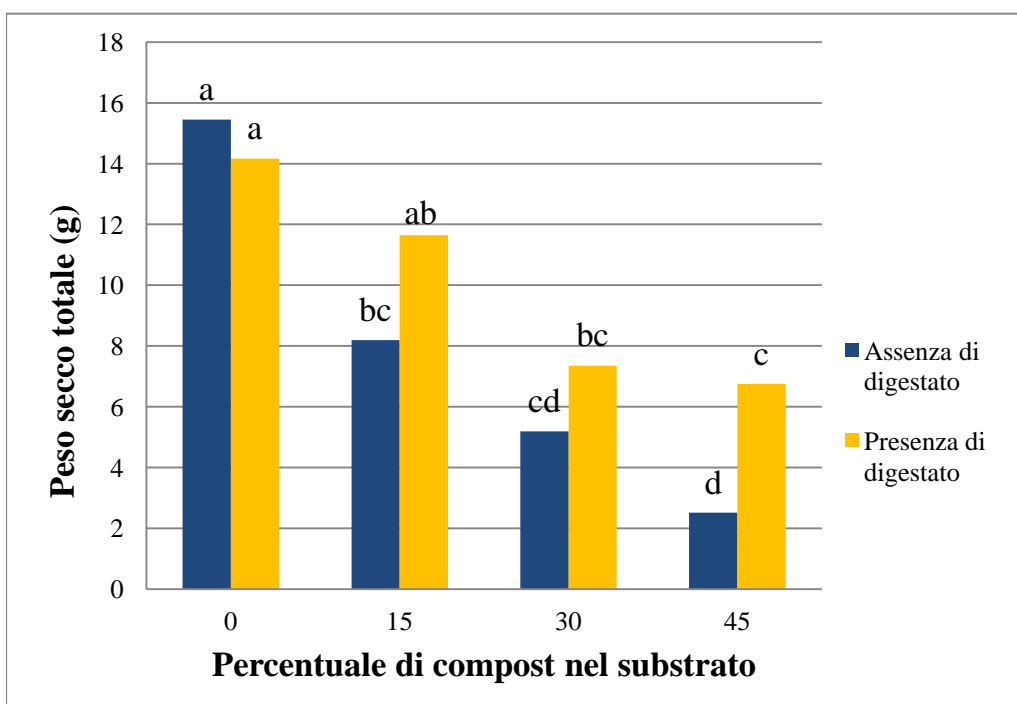


Figura 42. Effetto di interazione "% di compost x presenza di digestato" sul peso secco totale dell'abelia in vaso 15, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

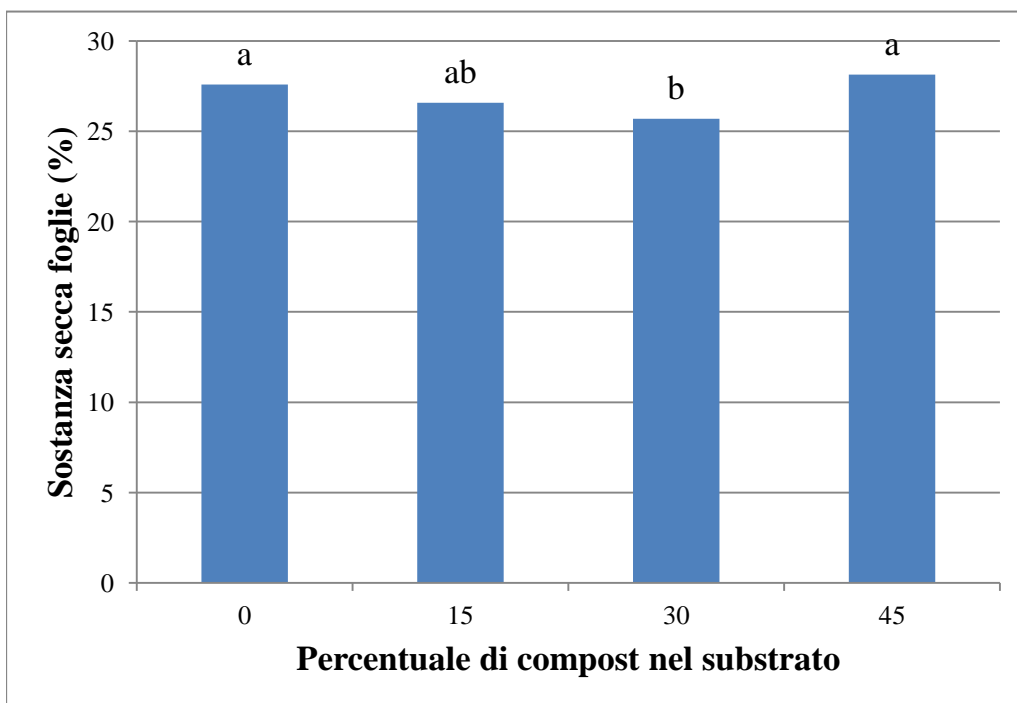


Figura 43. Influenza della percentuale di compost sulla percentuale di sostanza secca delle foglie dell'abelia in vaso 15, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

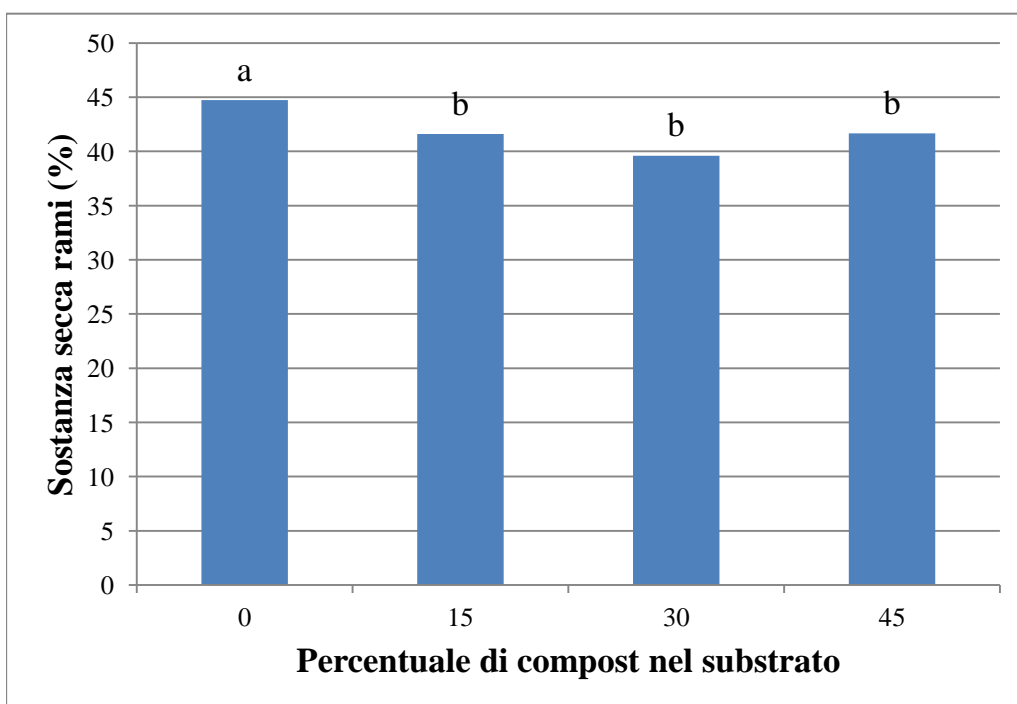


Figura 44. Influenza della percentuale di compost sulla percentuale di sostanza secca dei rami dell'abelia in vaso 15, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

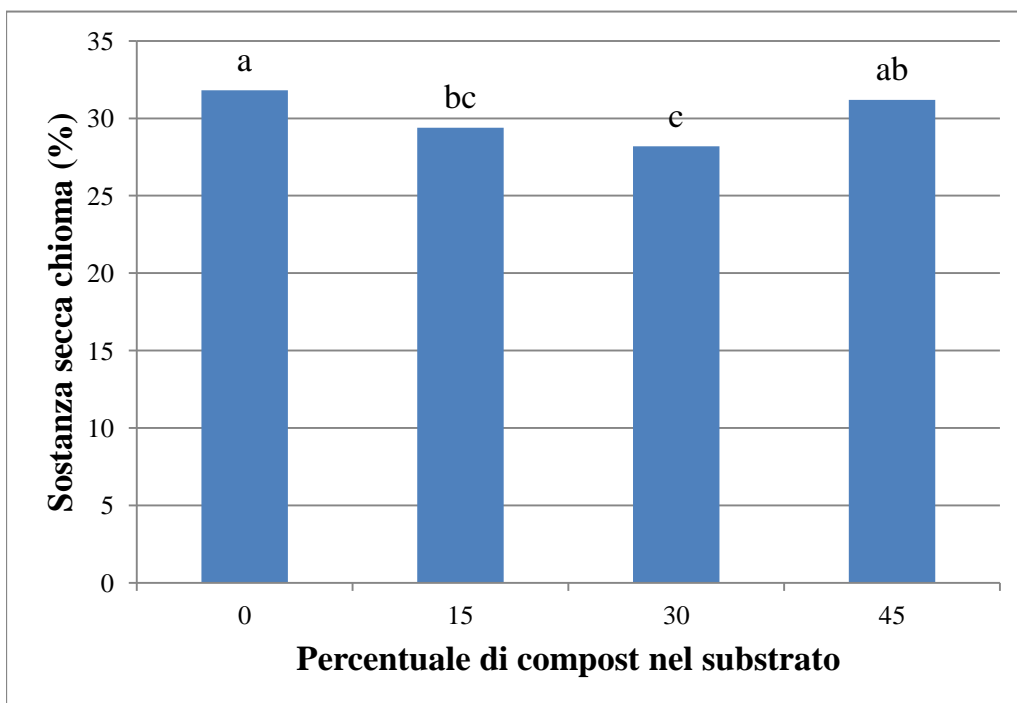


Figura 45. Influenza della percentuale di compost sulla percentuale di sostanza secca della chioma dell'abelia in vaso 15, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

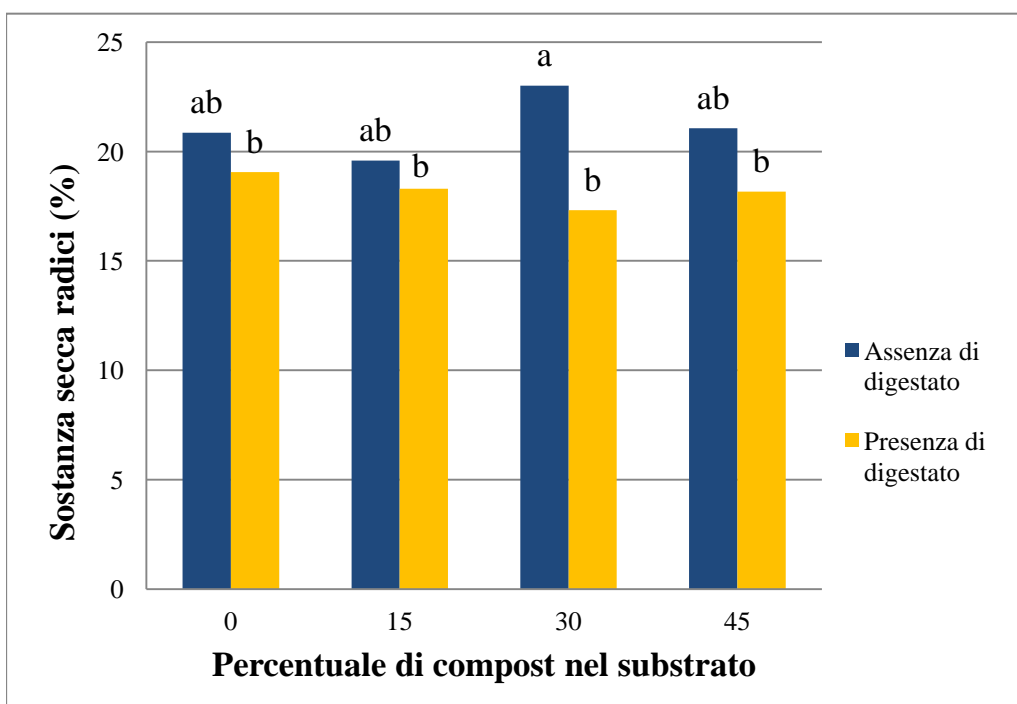


Figura 46. Effetto di interazione "% di compost x presenza di digestato" sulla percentuale di sostanza secca delle radici dell'abelia in vaso 15, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

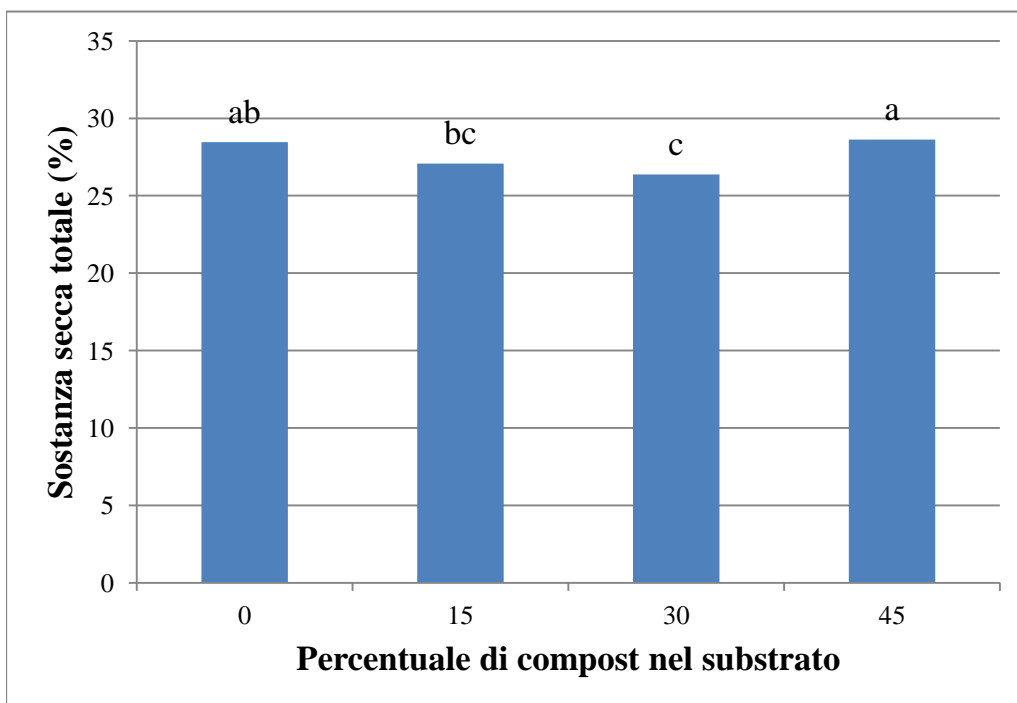


Figura 47. Influenza della percentuale di compost sulla percentuale di sostanza secca totale dell'abelia in vaso 15, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

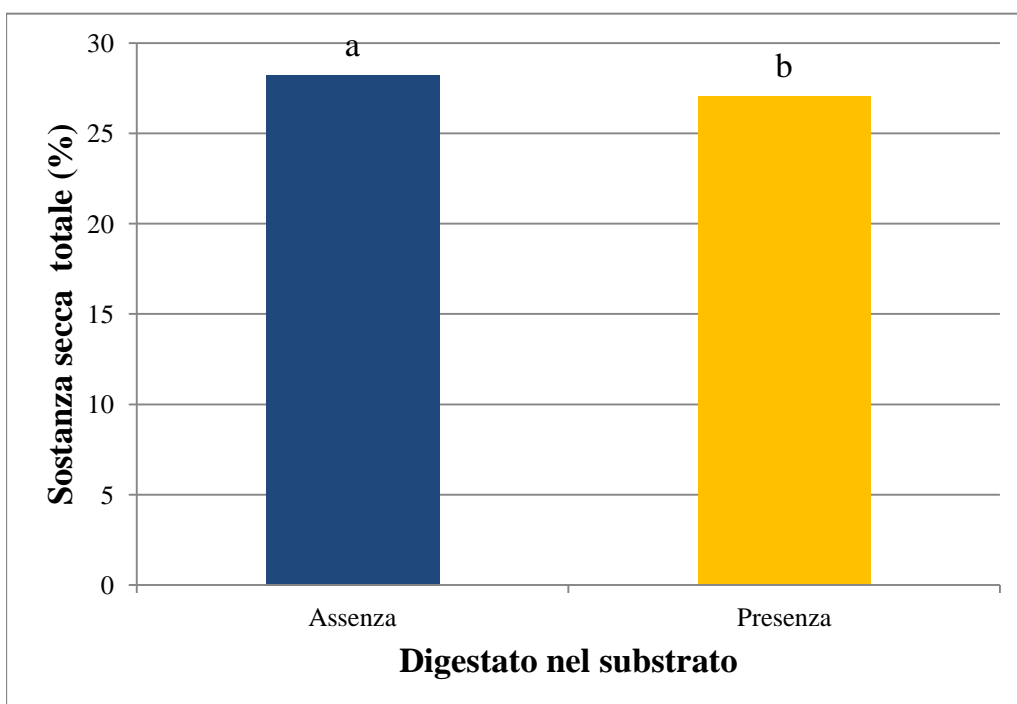


Figura 48. Influenza della presenza di digestato sulla percentuale di sostanza secca totale dell'abelia in vaso 15, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

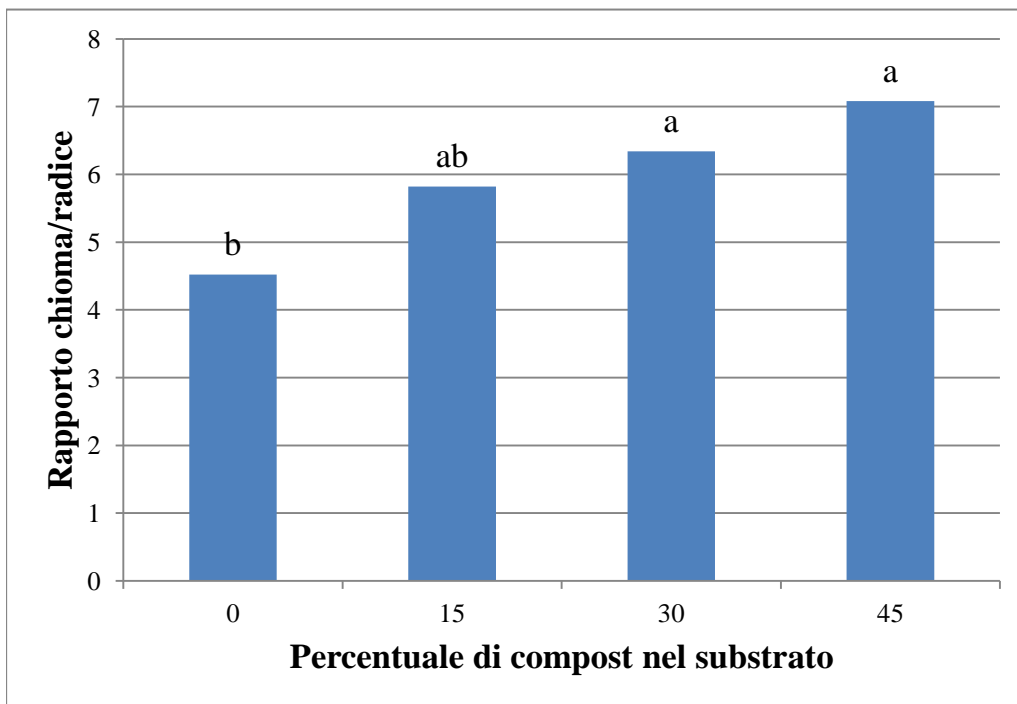


Figura 49. Influenza della percentuale di compost sul rapporto chioma/radici dell'abelia in vaso 15, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

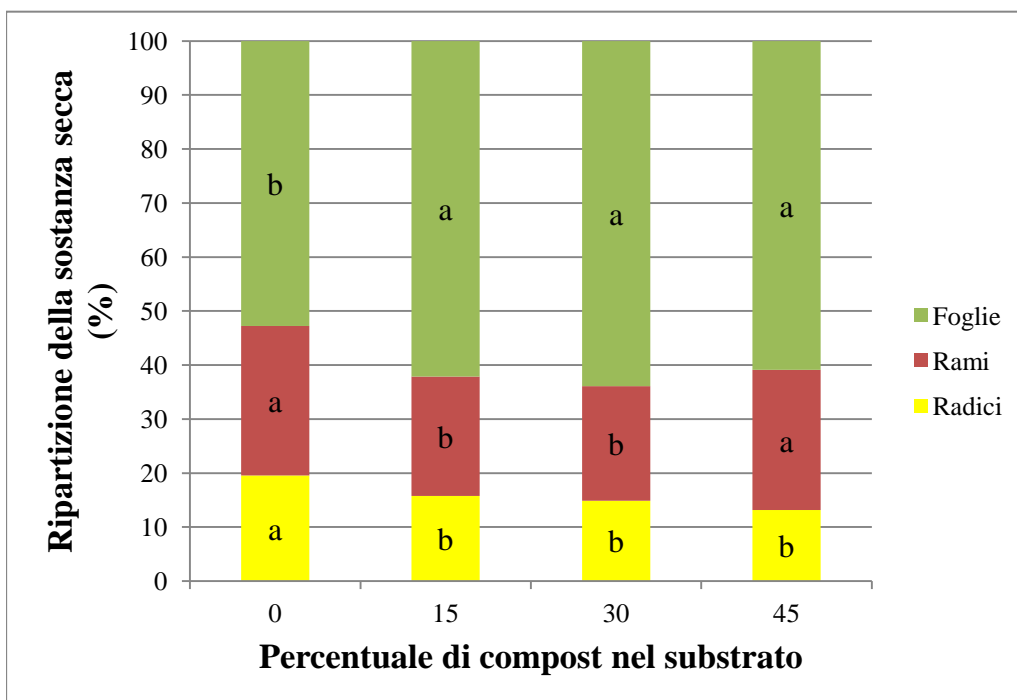


Figura 50. Influenza della percentuale di compost sulla ripartizione della sostanza secca dell'abelia in vaso 15, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

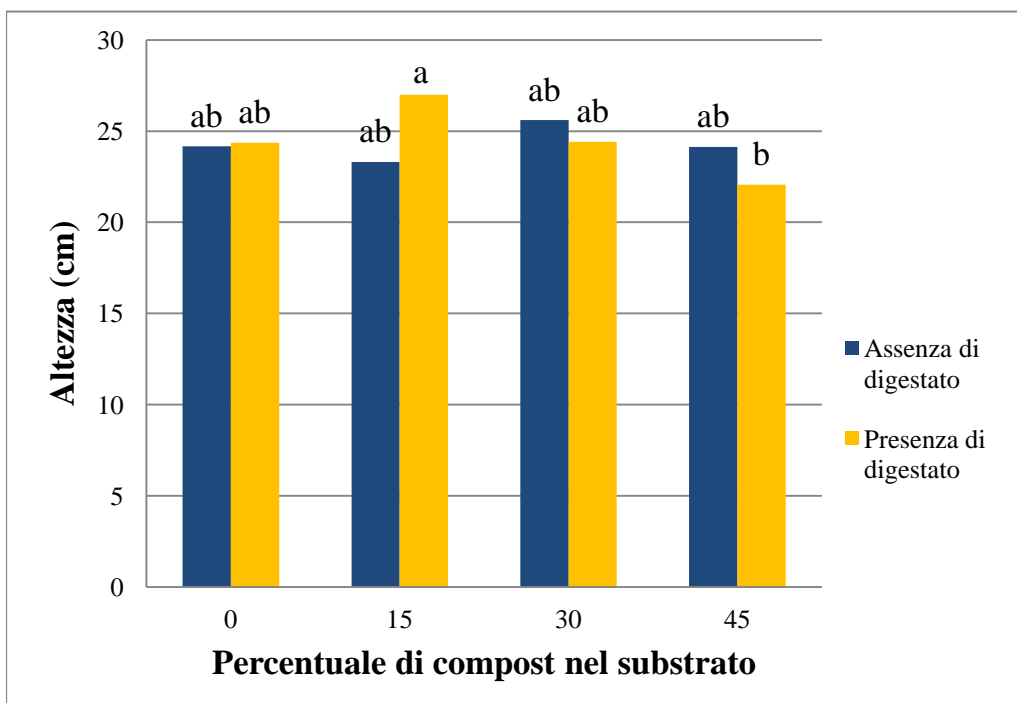


Figura 51. Effetto di interazione "% di compost x presenza di digestato" sull'altezza delle piante di abelia in vaso 19 (rilievo: 31/07/13). Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

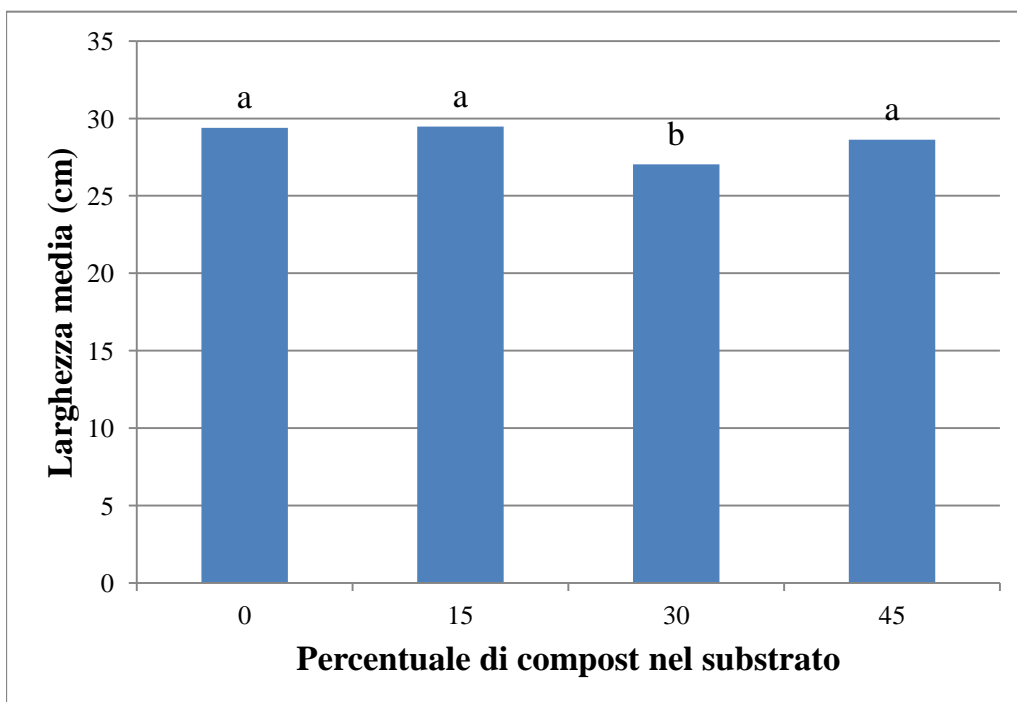


Figura 52. Influenza della percentuale di compost sulla larghezza media delle piante di abelia in vaso 19 (rilievo: 31/07/13). Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

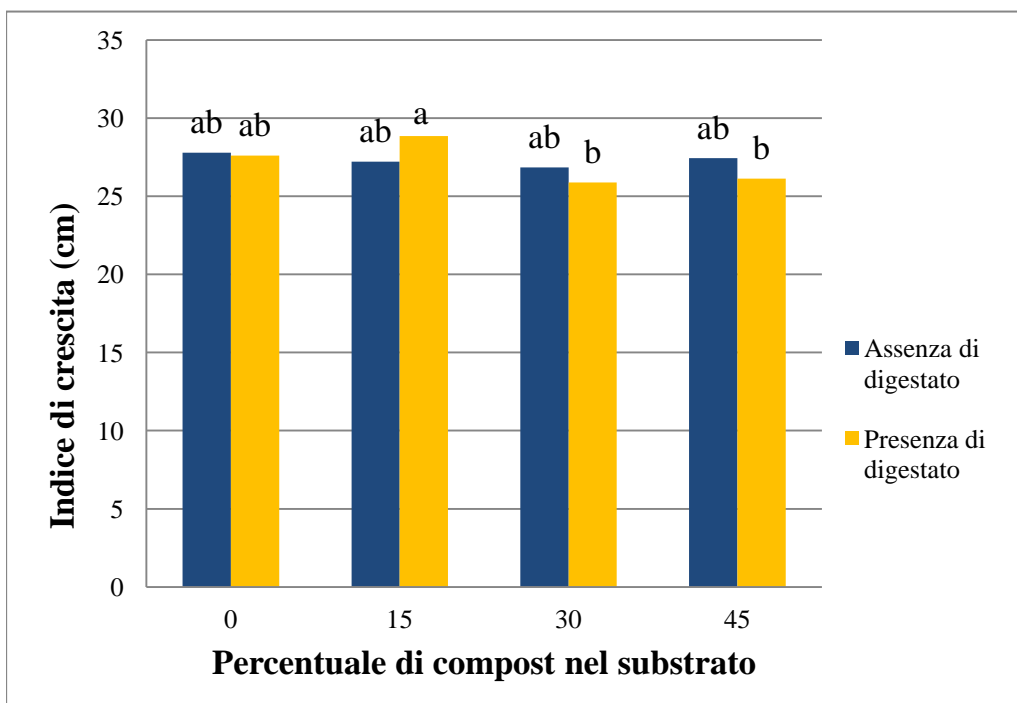


Figura 53. Effetto di interazione "% di compost x presenza di digestato" sull'indice di crescita delle piante di abelia in vaso 19 (rilievo: 31/07/13). Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

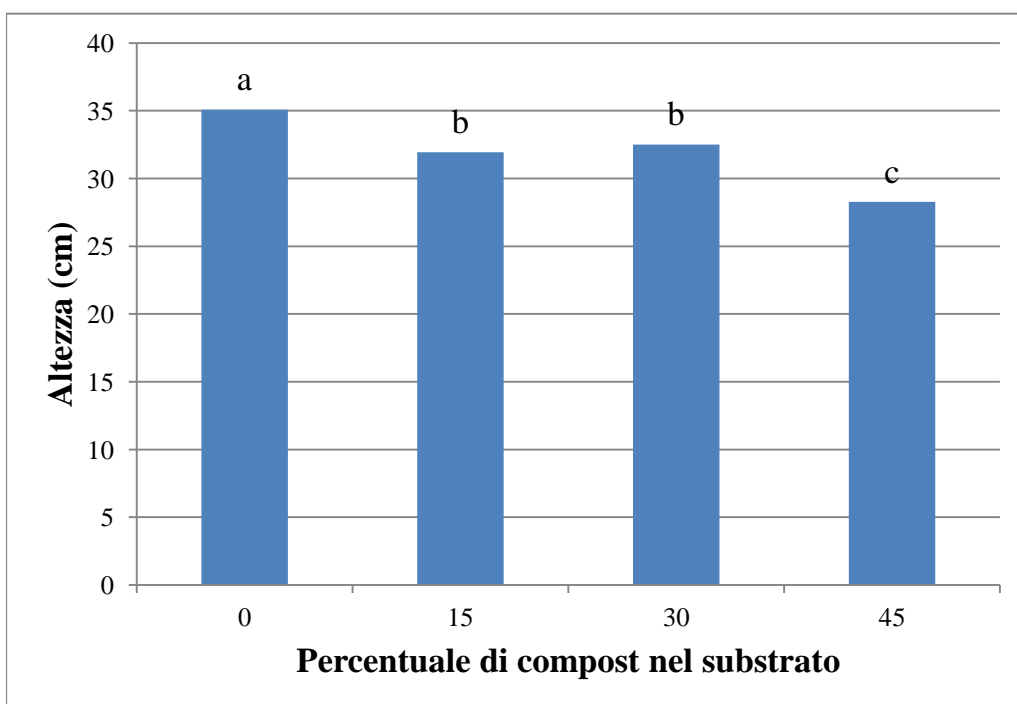


Figura 54. Influenza della percentuale di compost sull'altezza delle piante di abelia in vaso 19 (rilievo: 21/01/14). Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

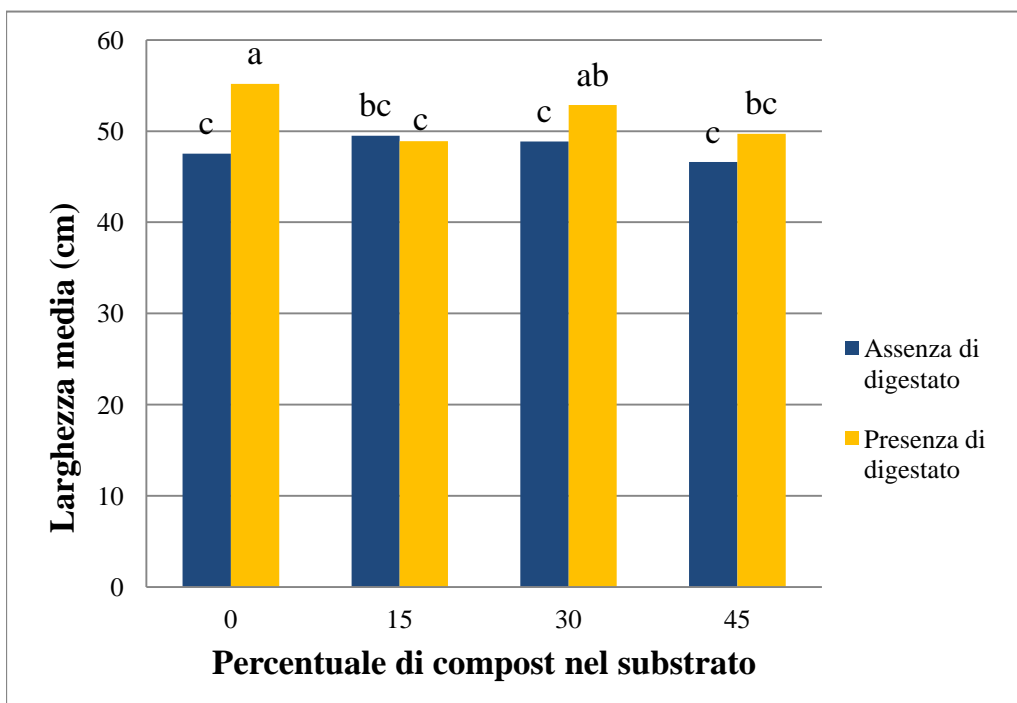


Figura 55. Effetto di interazione "% di compost x presenza di digestato" sulla larghezza media delle piante di abelia in vaso 19 (rilievo: 21/01/14). Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

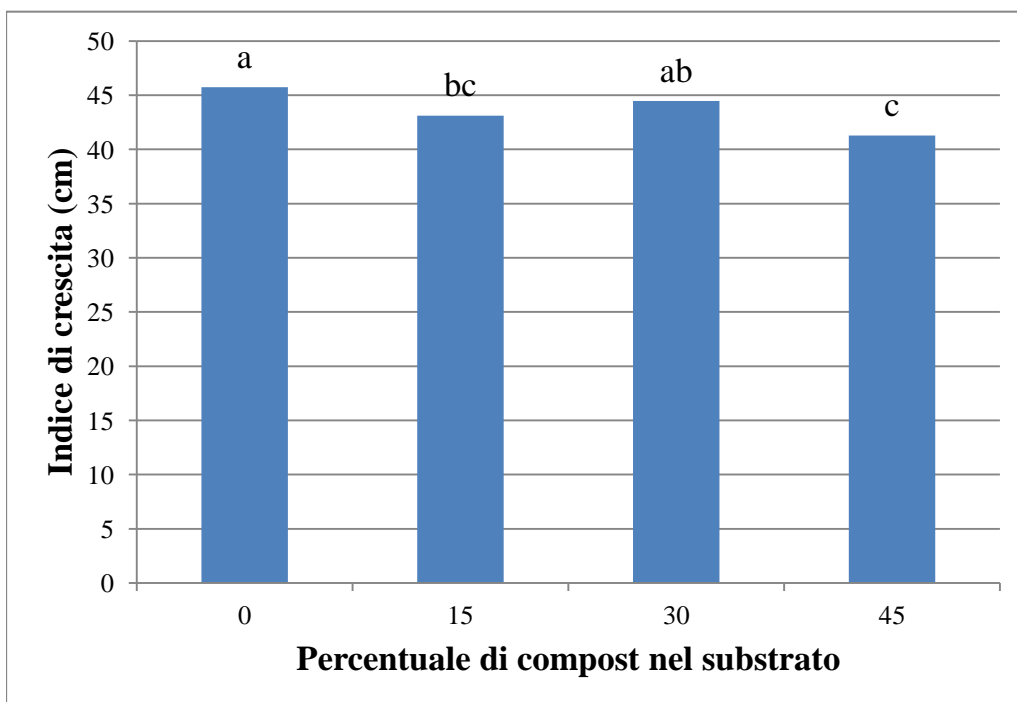


Figura 56. Influenza della percentuale di compost sull'indice di crescita delle piante di abelia in vaso 19 (rilievo: 21/01/14). Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

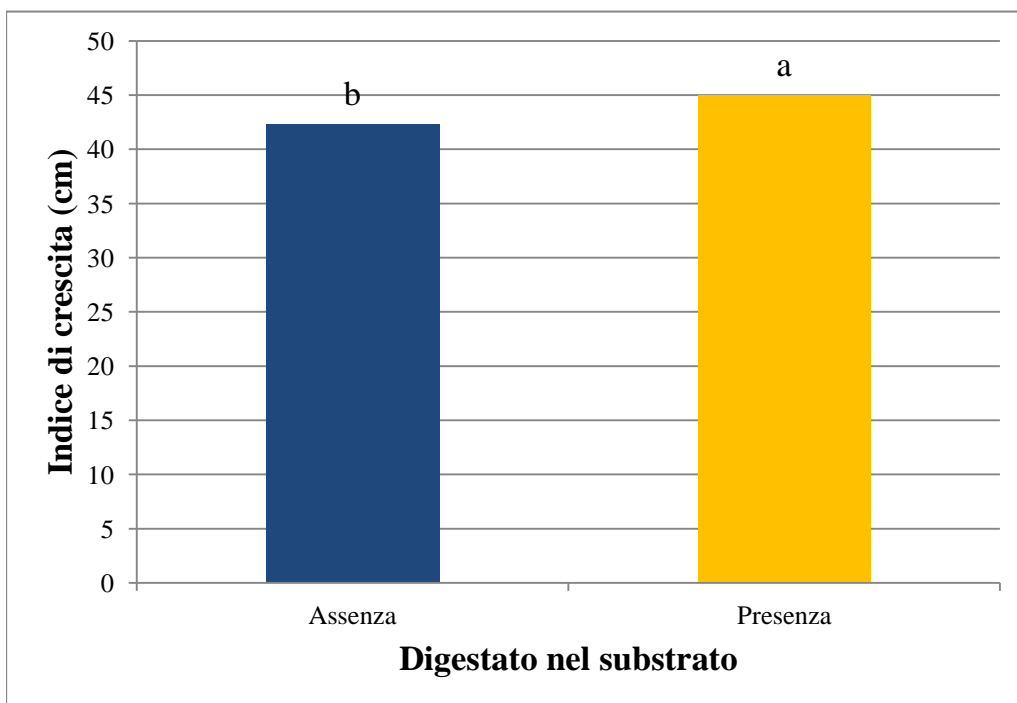


Figura 57. Influenza della presenza di digestato sull'indice di crescita delle piante di abelia in vaso 19 (rilievo: 21/01/14). Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

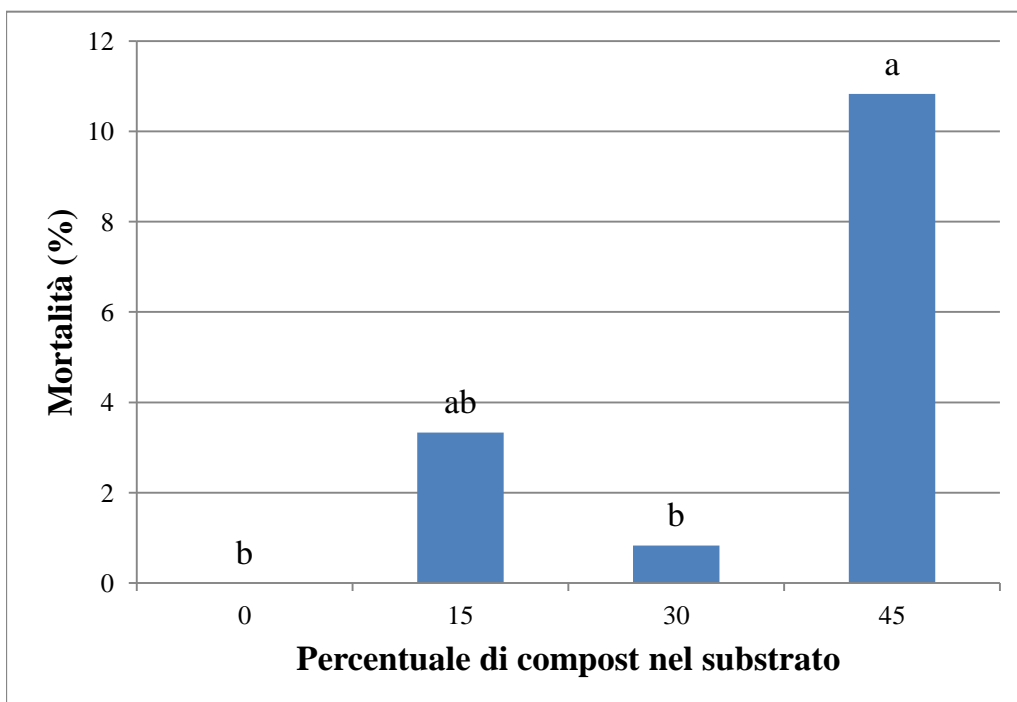


Figura 58. Influenza della percentuale di compost sul numero di piante di abelia in vaso 19 morte a fine ciclo. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

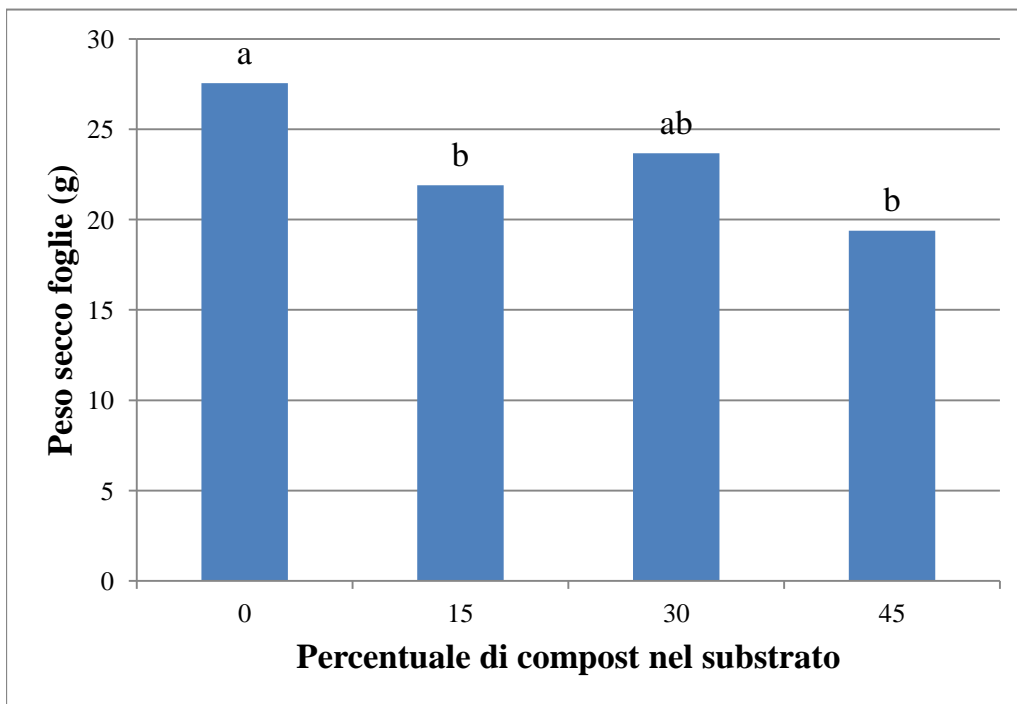


Figura 59. Influenza della percentuale di compost sul peso secco delle foglie delle piante di abelia in vaso 19, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

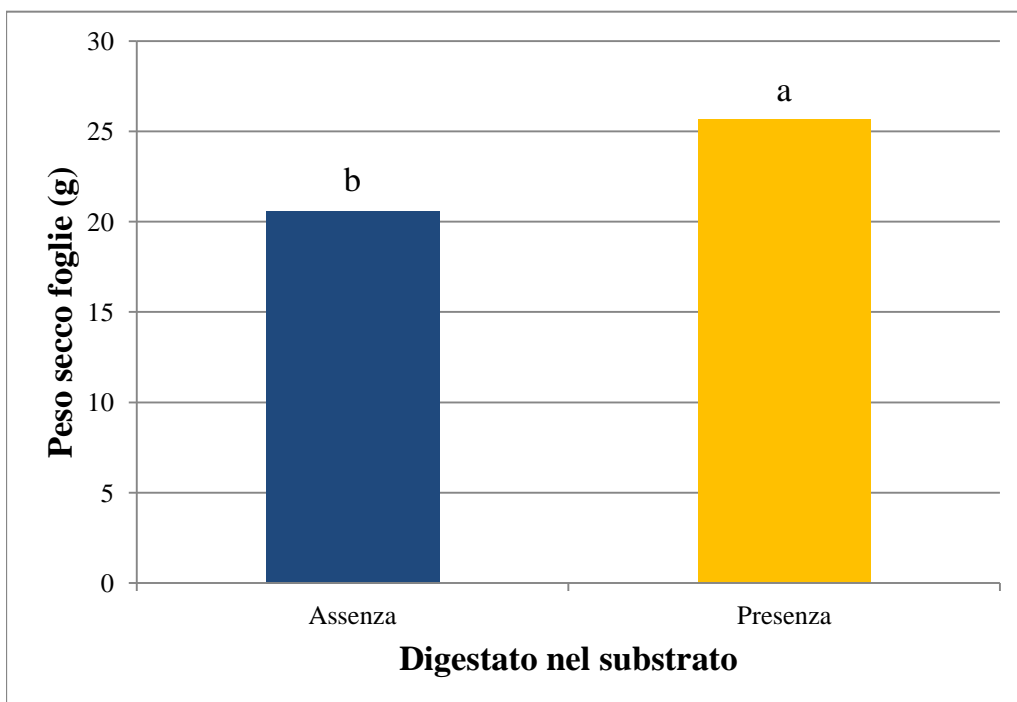


Figura 60. Influenza della presenza di digestato sul peso secco delle foglie delle piante di abelia in vaso 19, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

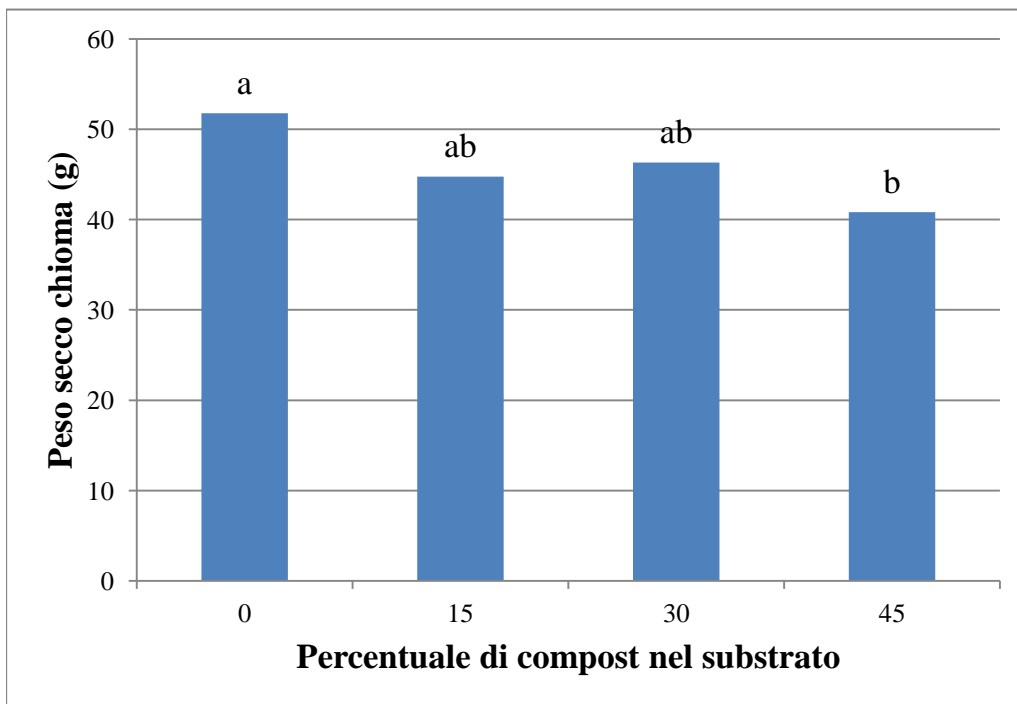


Figura 61. Influenza della percentuale di compost sul peso secco della chioma delle piante di abelia in vaso 19, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

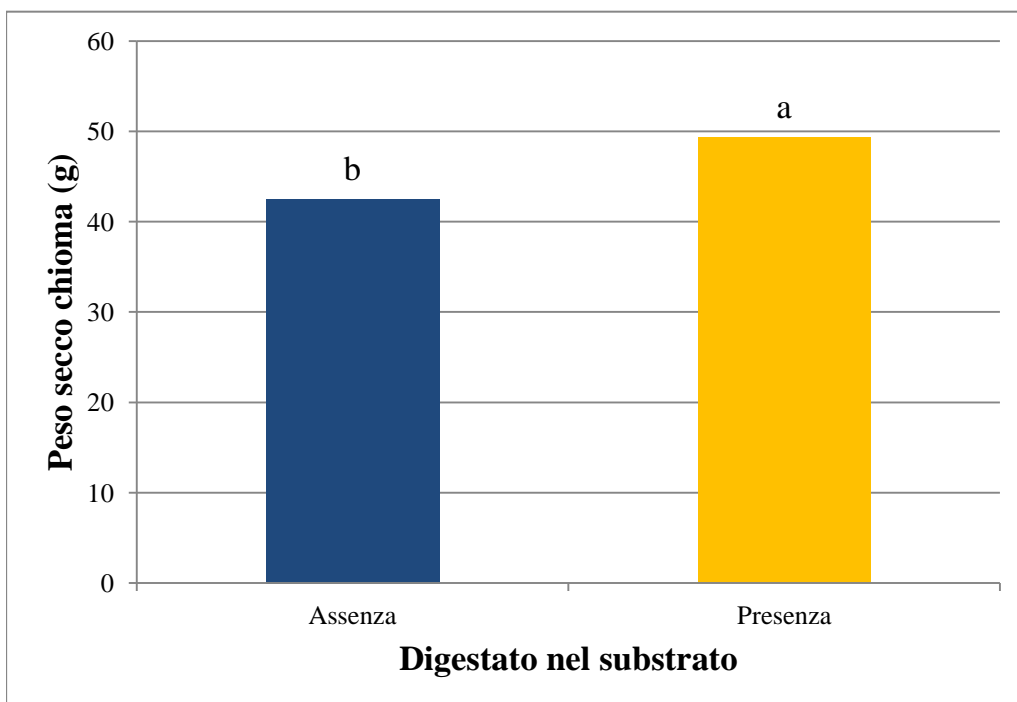


Figura 62. Influenza della presenza di digestato sul peso secco della chioma delle piante di abelia in vaso 19, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

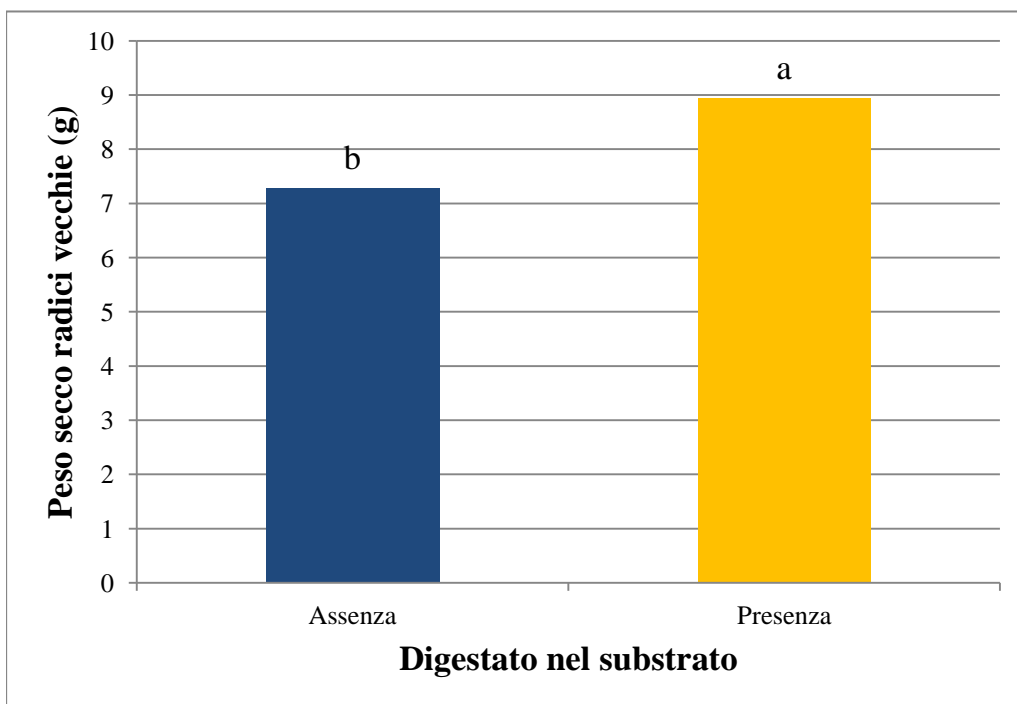


Figura 63. Influenza della presenza di digestato sul peso secco delle radici dei pan di terra iniziali delle piante di abelia in vaso 19, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

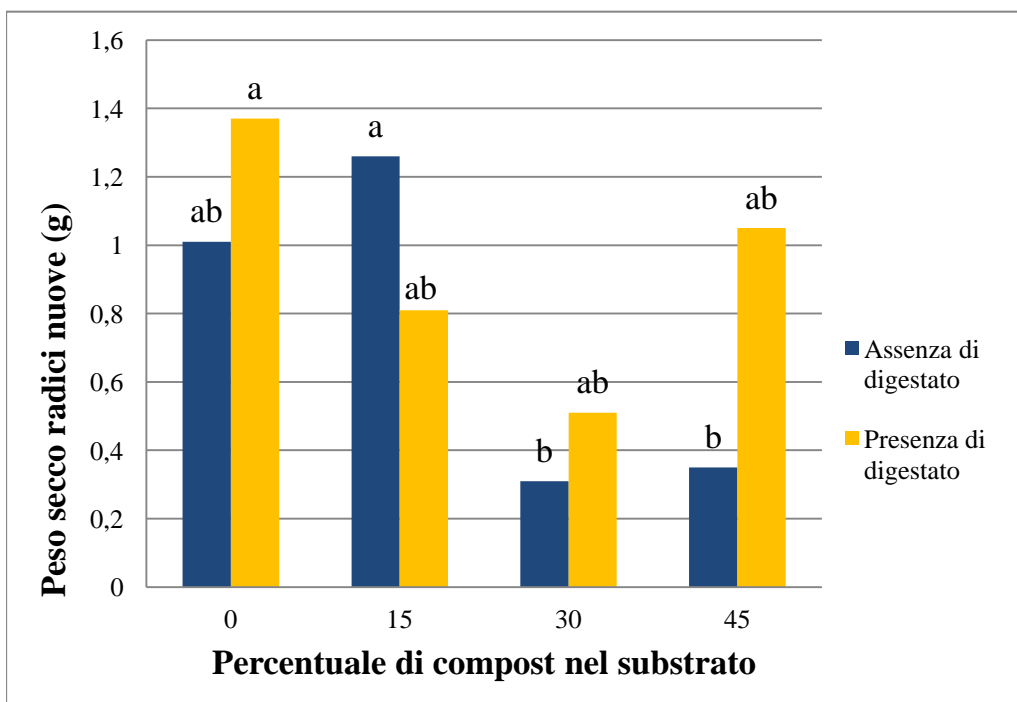


Figura 64. Effetto di interazione "% di compost x presenza di digestato" sul peso secco delle nuove radici formatesi dopo il trapianto delle piante di abelia in vaso 19, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

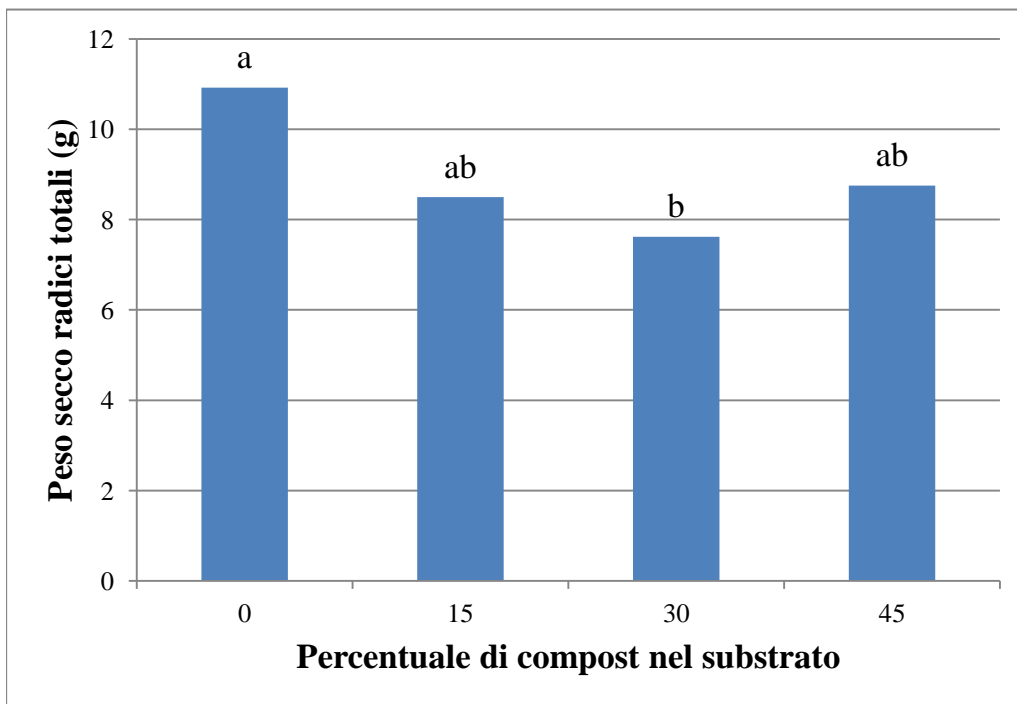


Figura 65. Influenza della percentuale di compost sul peso secco delle radici totali delle piante di abelia in vaso 19, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

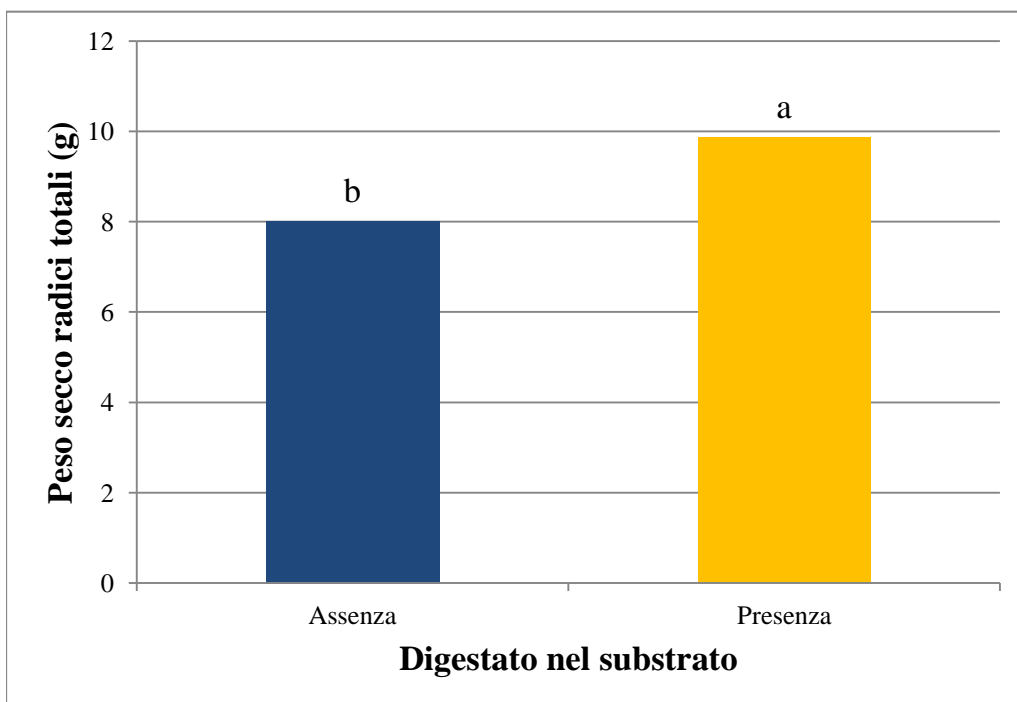


Figura 66. Influenza della presenza di digestato sul peso secco delle radici delle piante di abelia in vaso 19, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

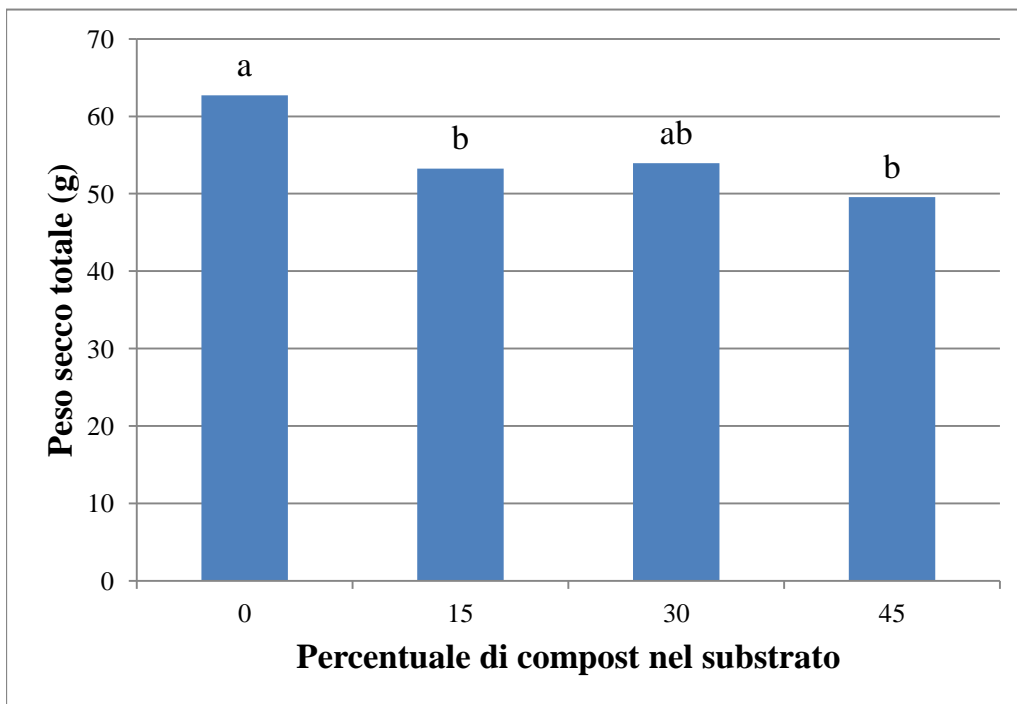


Figura 67. Influenza della percentuale di compost sul peso secco totale delle piante di abelia in vaso 19, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

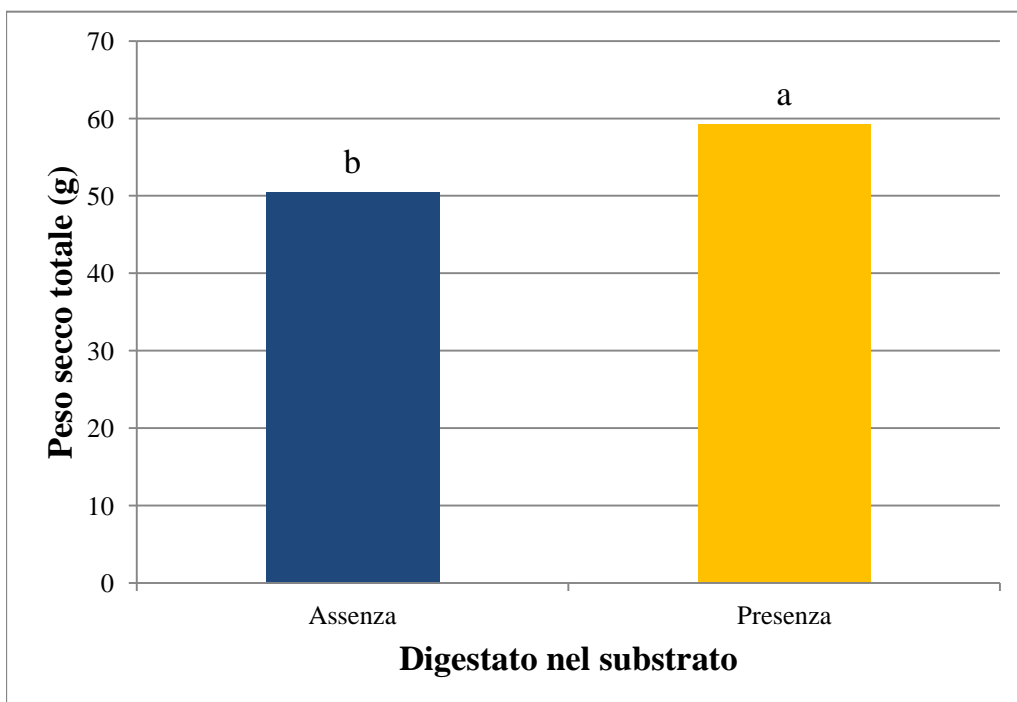


Figura 68. Influenza della presenza di digestato sul peso secco totale delle piante di abelia in vaso 19, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

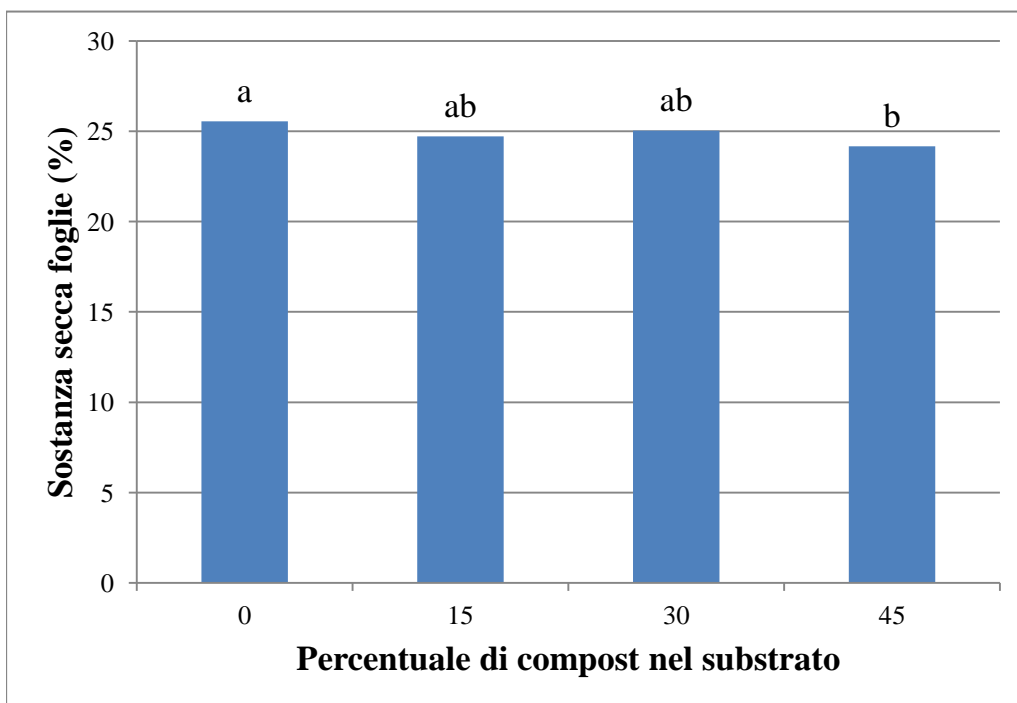


Figura 69. Influenza della percentuale di compost sulla percentuale di sostanza secca delle foglie delle piante di abelia in vaso 19, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

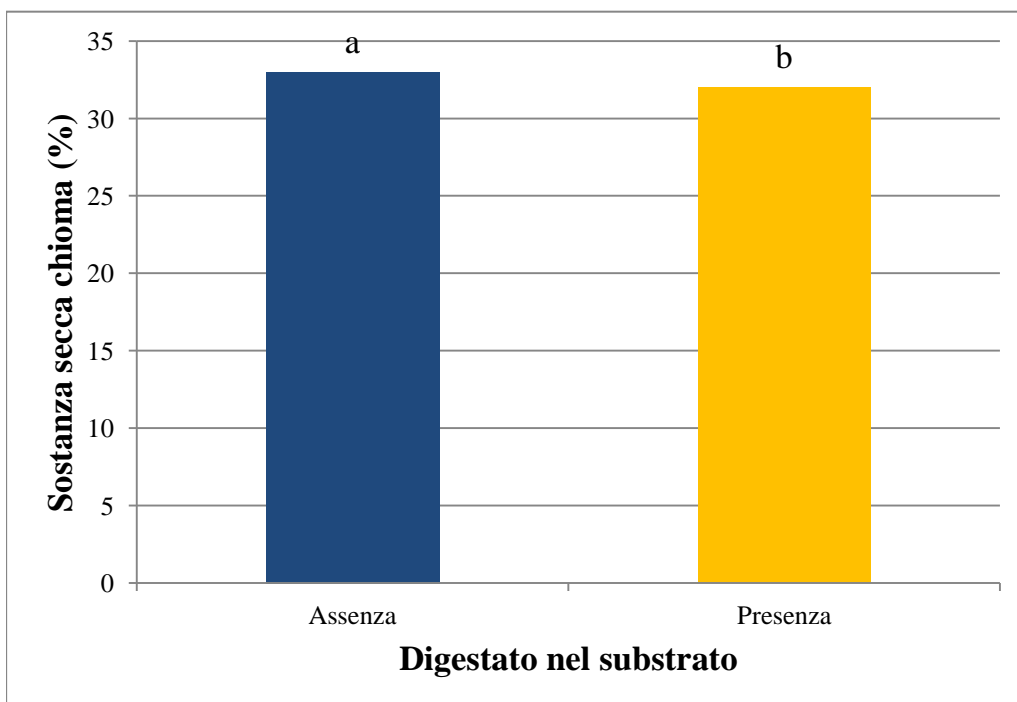


Figura 70. Influenza della presenza di digestato sulla percentuale di sostanza secca della chioma delle piante di abelia in vaso 19, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

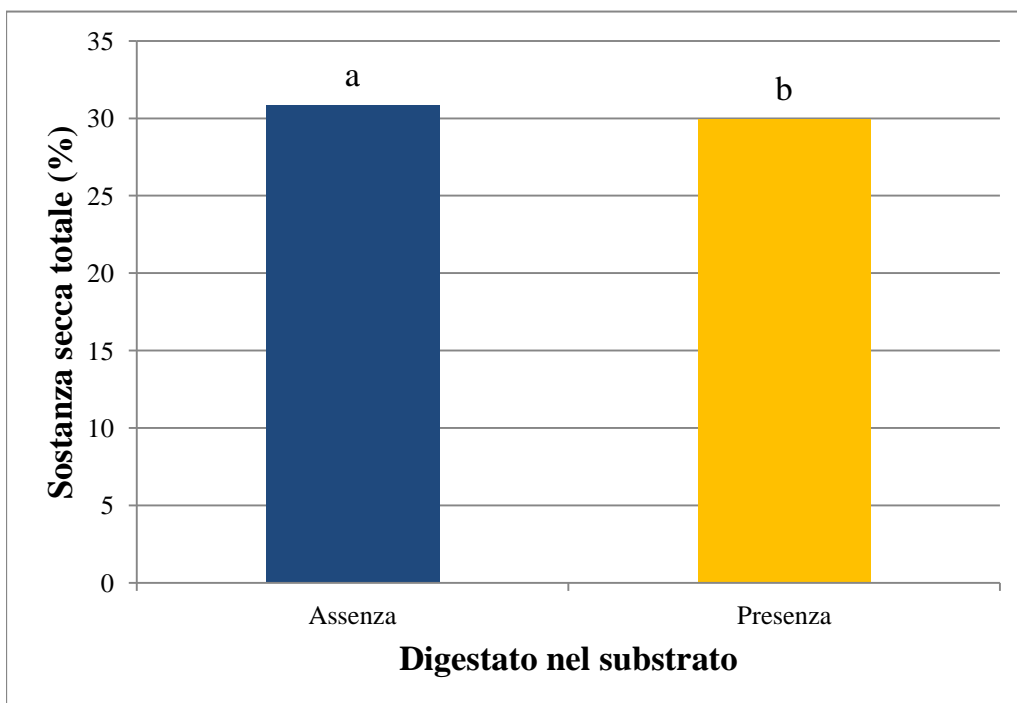


Figura 71. Influenza della presenza di digestato sulla percentuale di sostanza secca totale delle piante di abelia in vaso 19, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

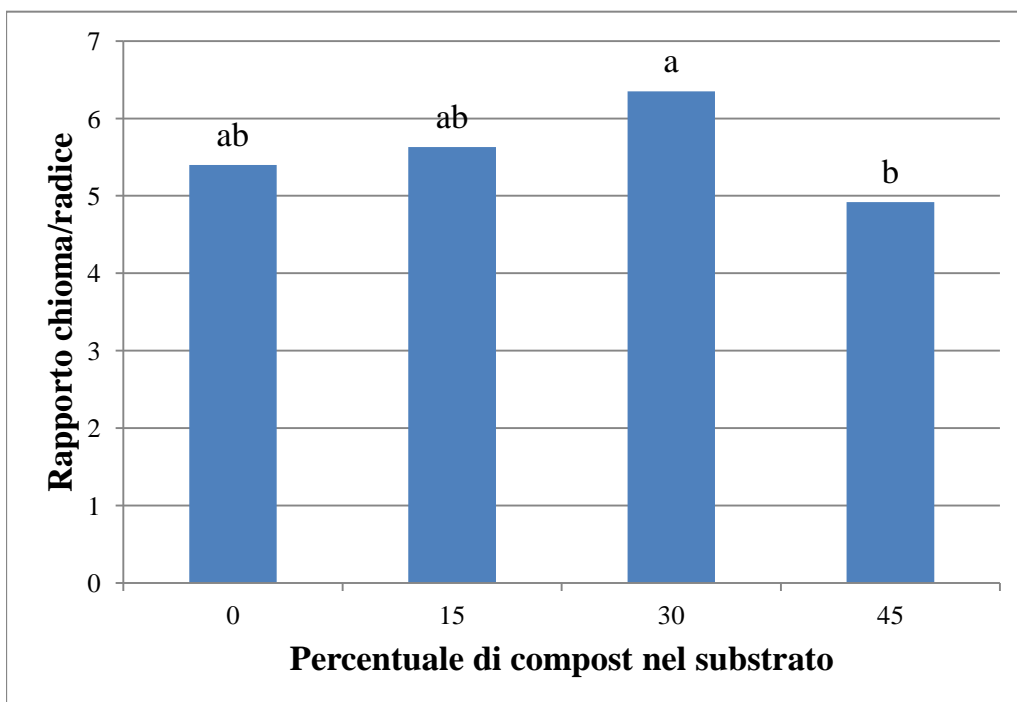


Figura 72. Influenza della percentuale di compost sul rapporto chioma/radici delle piante di abelia in vaso 19, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

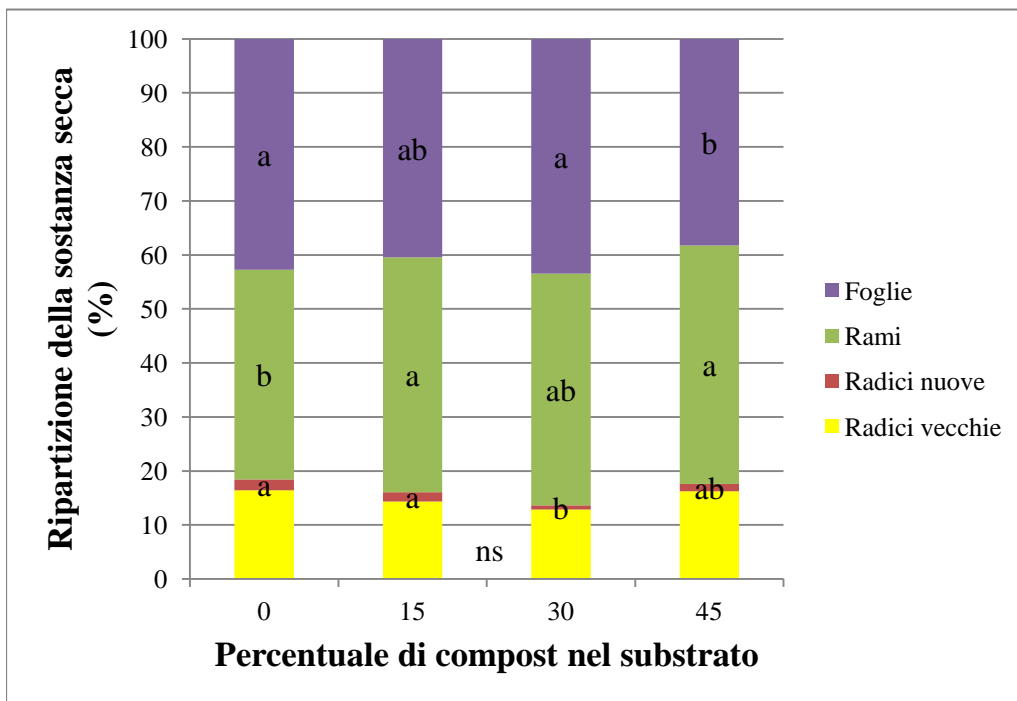


Figura 73. Influenza della percentuale di compost sulla ripartizione della sostanza secca delle piante di abelia in vaso 19, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

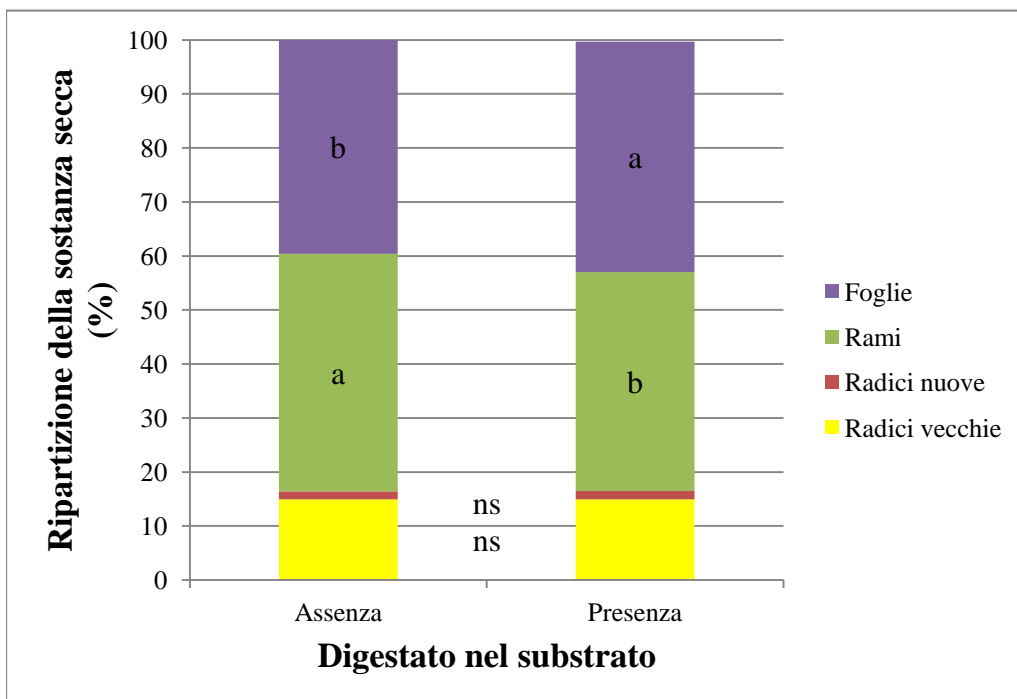


Figura 74. Influenza della presenza di digestato sulla ripartizione della sostanza secca delle piante di abelia in vaso 19, alla fine della prova. Barre di istogramma con lettere diverse differiscono statisticamente per $P \leq 0,05$ (Test di Tukey).

RINGRAZIAMENTI

Al Dott. Giampaolo Zanin per la grande cura e competenza con cui mi ha seguito.

Al Dott. Samuele Bonato e al Dott. Matteo Passoni per la passione e disponibilità con cui mi hanno accompagnato fino a questo traguardo.