



Bollettino

della Società Italiana della Scienza del Suolo

Volume 53, 2004

No. 3

€ 21

Giornate di studio

Osservatorio Nazionale Permanente per i Fertilizzanti

"La concimazione della bietola"

Bologna, 6 - 7 Febbraio 2003

La concimazione della bietola: attualità e problematiche - <i>G. Venturi</i>	581
Dinamica dell'azoto nei terreni agricoli - <i>A. Benedetti, P. Sequi</i>	590
L'azoto assimilabile lungo il profilo del terreno e conseguenze agronomiche per la barbabietola da zucchero - <i>E. Biancardi, R. Marchetti, P. Stevanato</i>	595
Sviluppo radicale della bietola a diverso input nutritivo - <i>G. Mosca, T. Camerali</i>	602
Risposta della bietola a dosi di azoto consigliate con diverse metodiche - <i>L. Barbanti</i>	607
Fertilizzazione azotata su barbabietola da zucchero primaverile nel Tavoliere pugliese: risposte produttive e qualitative - <i>D. De Giorgio, F. Fornaro, G. Convertini</i>	619
Bilancio dell'azoto in prove di fertilizzazione organica su barbabietola da zucchero nel Tavoliere pugliese - <i>D. Ferri, G. Convertini, M. Maiorana, F. Montemurro</i>	625
Attività dei gruppi di lavoro dell'Osservatorio Nazionale Permanente per i Fertilizzanti	
Osservatorio Nazionale Permanente per i Fertilizzanti, attività 2002-2003 - <i>A. Benedetti</i>	630
Gruppo 1: Censimento - <i>S. Dell'Orco</i>	632
Gruppo 2: Monitoraggio - <i>M. Adua</i>	633
Gruppo 4: Biomasse - <i>F. Tittarelli</i>	635
Gruppo 5: Elementi indesiderati - <i>C. Nigro</i>	636
Gruppo 7: Legislazione - <i>A. Benedetti</i>	639
Gruppo 9: Agricoltura biologica - <i>S. Canali</i>	641
Gruppo 10: Pubblicazioni scientifiche - <i>C. Ciavatta, L. Landi</i>	643
Indice generale volume 52 (2003)	I
Indice degli Autori volume 52	IV
Indice generale volume 53 (2004)	V
Indice degli Autori volume 53	IX

EDIZIONE A CURA DEL COMITATO ISNP

Via della Navicella, 2/4 - 00184 Roma
Tel. 06-7002538, Fax 06-7005711

Registrato presso il Tribunale di Roma
il 07/04/1998 al n. 00138/98

PERIODICO TRIMESTRALE
ISSN - 0390-4865

Direttore Responsabile
Prof. Paolo Sequi

Direttore Editoriale
Dr.ssa Rosa Francaviglia

Direttore Grafica e Impaginazione
Eleonora Lombardi

Direttore Segreteria di Redazione
Filippo Ilardi

Stampa
Delta Grafica s.r.l. - Via G. Pastore, 9
06012 Città di Castello (PG)
Finito di stampare nell'ottobre 2004

Comitato di Redazione

Dr. Marcello Pagliai
Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo
Piazza Massimo d'Azeglio, 30 - 50121 Firenze
tel. 055 2491255 - fax 055 241485 - pagliai@issds.it

Dr.ssa Rosa Francaviglia
Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante
Via della Navicella, 2/4 - 00184 Roma
tel. 06 7005299 - fax 06 7005711 - r.francaviglia@isnp.it

Dr.ssa Anna Benedetti
Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante
Via della Navicella, 2/4 - 00184 Roma
tel. 06 7008721 - fax 06 7005711 - a.benedetti@isnp.it

Dr.ssa Eleonora Bonifacio
Dip.to di Valorizzazione e Protezione delle Risorse
Agroforestali, Università di Torino
Via Leonardo da Vinci, 44 - 10095 Grugliasco (TO)
tel. 011 6708516 - fax 011 4031819 - eleonora.bonifacio@unito.it

Dr. Edoardo A.C. Costantini
Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo
Piazza Massimo d'Azeglio, 30 - 50121 Firenze
tel. 055 2491222 - fax 055 241485 - costantini@issds.it

Presidenza: Istituto Sperimentale
per lo Studio e la Difesa del Suolo
Piazza Massimo d'Azeglio, 30 - 50121 Firenze
tel. 055 2491255 - fax 055 241485
e-mail: pagliai@issds.it

Segreteria : Istituto Sperimentale
per la Nutrizione delle Piante
Via della Navicella, 2/4 - 00184 Roma
Tel. 06-7005299, Fax 06-7005711
e-mail: r.francaviglia@isnp.it

Sito: <http://www.siss.isnp.it>

Il *Bollettino SISS* ha ottenuto il contributo del Ministero per i Beni e le Attività Culturali - Divisione Editoria - per le pubblicazioni di elevato valore culturale.



to.it

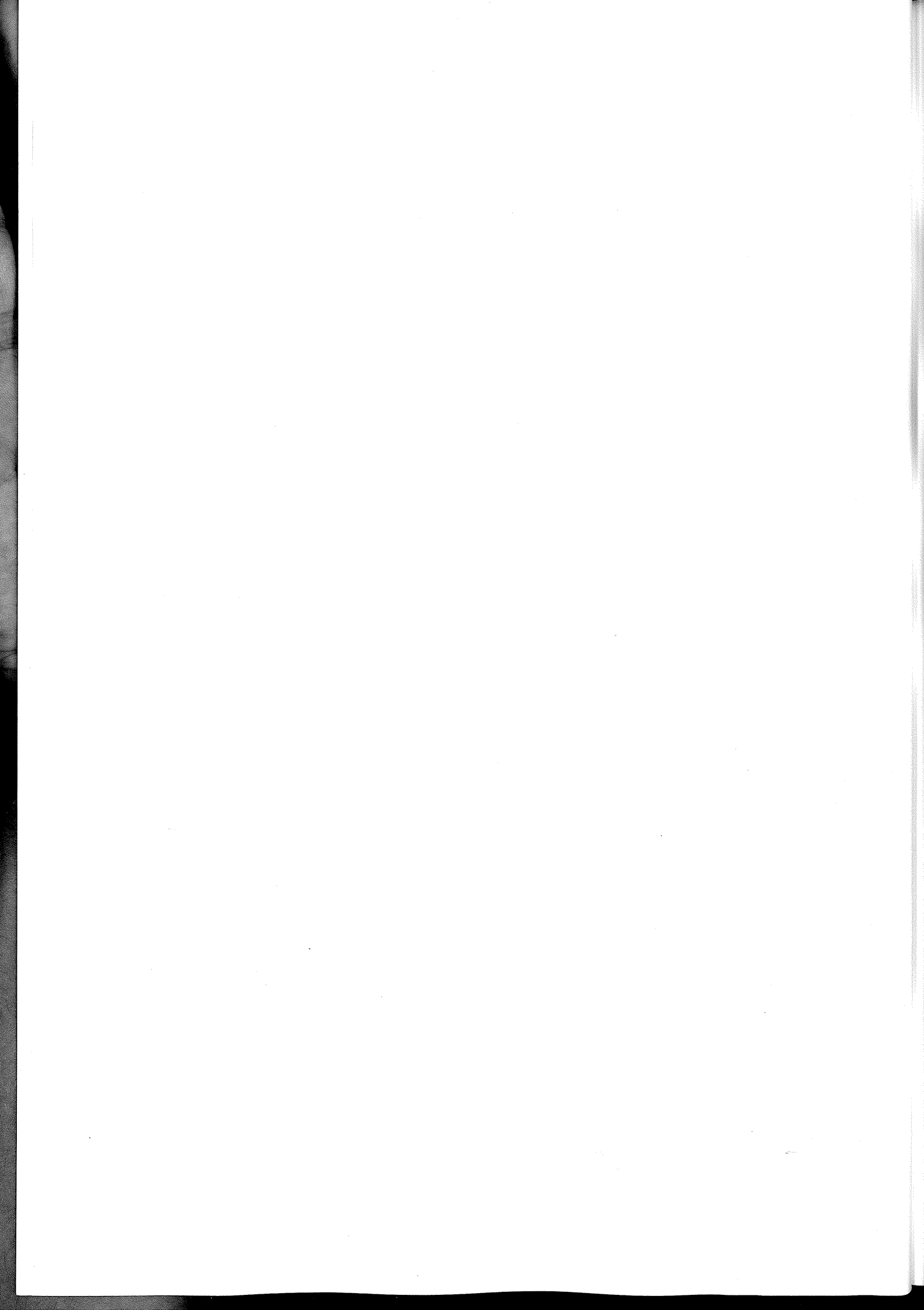
Bollettino della Società Italiana della Scienza del Suolo

ria

Volume 53

DAZZI

No. 3 2004



Ministero delle Politiche Agricole e Forestali



Giornate di studio

Osservatorio Nazionale Permanente per i Fertilizzanti

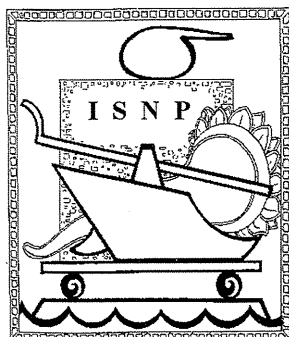
La concimazione della bietola

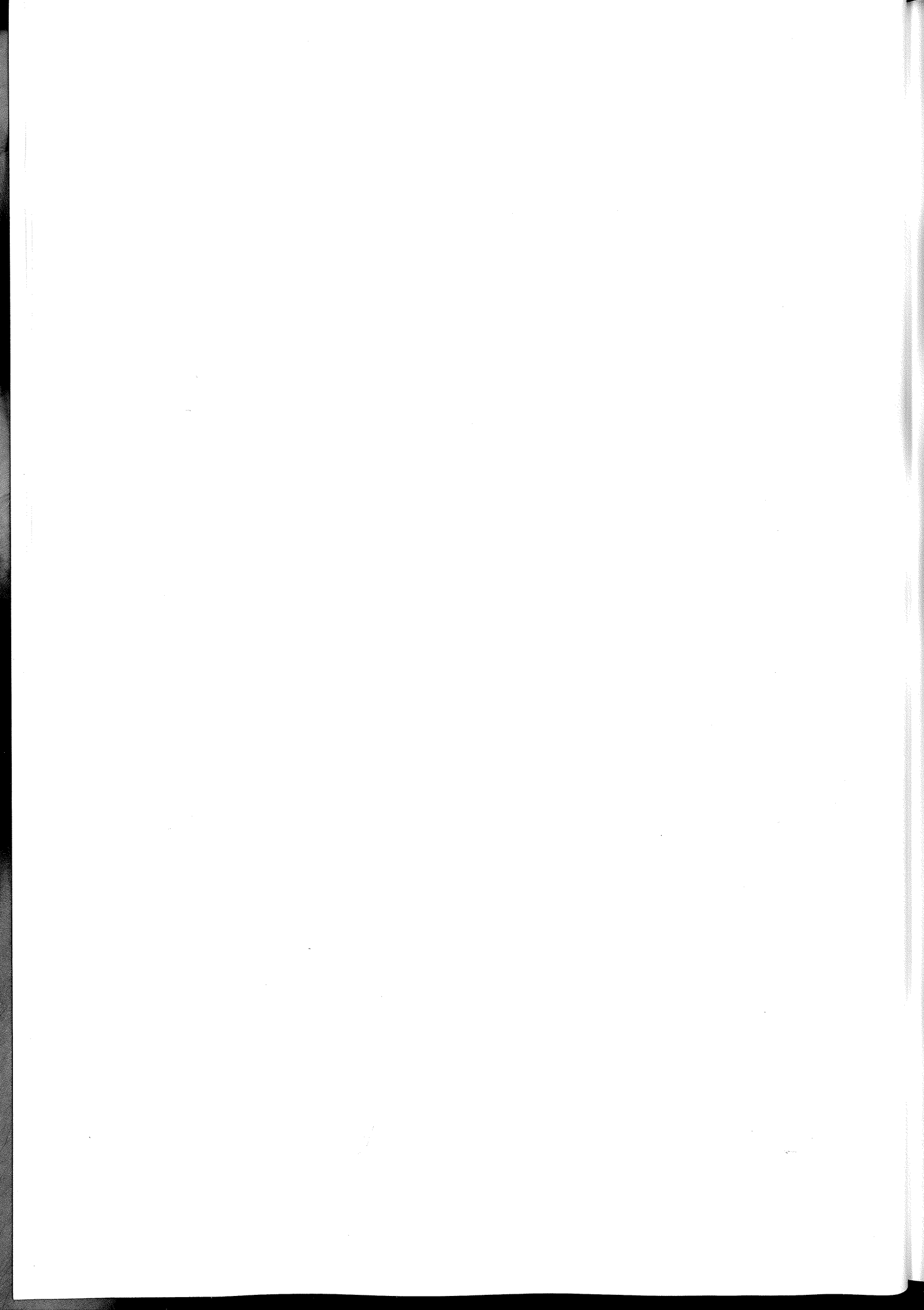
BOLOGNA

6 - 7 Febbraio 2003

Aula Prodi

Piazza San Giovanni in Monte, 2





LA CONCIMAZIONE DELLA BIETOLA: ATTUALITÀ E PROBLEMATICHE

G. Venturi

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroambientali, Università di Bologna

I problemi attuali della concimazione della bietola sono gli stessi di sempre, cioè quelli già affrontati in una ampia gamma di situazioni da ricercatori e tecnici in Italia, in Europa e in qualsiasi altro Paese dove viene effettuata la coltura.

Ciò è vero in termini generali; tuttavia, se si considerano singoli aspetti, apparentemente anche di poco conto, si riscontra un flusso continuo sia di nuove nozioni riguardanti le conoscenze di base sui meccanismi di risposta della pianta all'apporto di elementi nutritivi, sia di informazioni su tecniche applicative.

Quindi obiettivi generali immutati: aumentare la quantità e migliorare la qualità delle produzioni, ridurre i costi, inquinare il meno possibile l'ambiente. In altri termini incrementare l'efficienza d'uso dei concimi. In che modo?

Seguendo due strade parallele e cercando, se mi si scusa la *contraditio in terminis*, di farle convergere.

La prima è il miglioramento delle conoscenze sul sistema suolo-pianta-clima per quanto riguarda l'assorbimento dei nutrienti e la loro utilizzazione per l'accumulo di fotosintetati di interesse economico per l'uomo (nel caso della bietola saccarosio o, meglio, zucchero estraibile). Quindi migliori conoscenze dei tre fattori pianta, terreno, clima, dei loro rapporti e delle interazioni con le tecniche agronomiche.

La seconda strada è la ricerca di tecniche di concimazione (tempi, dosi, modalità di apporto, forme del concime) più idonee non solo a livello generale, ma nelle specifiche situazioni in cui si opera.

Risulta evidente che l'efficienza della concimazione sarà tanto maggiore quanto più ampie sono le conoscenze di base a supporto delle scelte, e quanto più ampia è la convergenza fra i due modi di affrontare il problema. Quello più scientifico di ampliamento delle nozioni teoriche e quello più empirico della sperimentazione di nuove tecniche.

Va però ricordato, e vigorosamente sottolineato, un terzo aspetto: l'assistenza tecnica. Infatti il livello di conoscenze teoriche, acquisite in Italia o all'estero, è già apprezzabile, così come numerose sono le possibili innovazioni derivanti da nuove conoscenze o da acquisizioni empiriche.

Anche i tecnici bieticoli italiani, come quelli di altri Paesi, hanno la possibilità di conoscere in tempo reale ogni nuova opportunità migliorativa della tecnica di concimazione e di suggerirla ai bieticoltori.

Il problema vero è riuscire a diffondere in modo capillare ogni possibilità di razionalizzazione, cioè, pur seguendo gli indirizzi generali mediamente già collaudati, inserire di volta in volta le piccole modifiche necessarie in funzione delle specifiche situazioni operative (Venturi, 2001). È l'unica possibilità di razionalizzare in modo diffuso la concimazione e raggiungere gli obiettivi quanti-qualitativi della produzione ritenuti ormai indifferibili per la sopravvivenza della bieticoltura italiana.

Ciò premesso, nell'introdurre i lavori delle due giornate di studio, mi limiterò a ricordare alcuni dei problemi più attuali della concimazione della bietola, problemi che verranno trattati in modo approfondito dalle relazioni che seguono. Accennerò solo alcuni aspetti attuali relativi a distribuzione, epoca e dose.

Modalità di distribuzione (riquadro di sintesi 1): si è studiata la localizzazione, sulla fila o a lato della stessa, tecnica ritenuta in grado di consentire una riduzione della dose e quindi minor impatto sull'ambiente.

La tecnica è stata messa a punto per il fosforo tanto da consentire, a parità di effetti, notevole riduzione della dose. Gli studi sull'impiego in localizzazione di microgranulati sembrano già più che promettenti, così come sembrano aprirsi nuove possibilità per forme diverse dell'elemento, quali ad es. i fosfomati.

Per l'azoto (urea) invece i risultati non sono altrettanto soddisfacenti: si è riscontrata forte fitotossicità con deposizione troppo vicino alla fila (3 cm) ed effetti inferiori a quelli attesi con distanze maggiori (6-9 cm) (Amaducci *et al.*, 1992).

Gli organominerali binari azoto-fosforo, se utilizzati come i fosfatici, provocano fitotossicità (Barbanti e Candolo, 1996).

Probabilmente vale la pena di riprendere gli studi sulla localizzazione dell'azoto, almeno per spiegare i risultati sostanzialmente negativi ottenuti in Italia, contrariamente a quanto riscontrato in altri Paesi (Cariolle *et al.*, 1991).

Un capitolo del tutto nuovo per le modalità di distribuzione dei concimi in bieticoltura è la fertirrigazione. Sicuramente, se si diffonderanno metodi di microirrigazione, potrebbe essere vantaggioso ripartire i costi utilizzando gli impianti anche per la distribuzione dei concimi.

Vanno anche ricordati i possibili trattamenti fogliari con azoto, particolarmente utili per rimediare situazioni di carenza (Tugnoli, 2000).

Per fosforo e potassio ormai tutti hanno capito l'inutilità della distribuzione in copertura.

Rimane il problema dell'interramento del fosforo: prearatura, e perciò diluito nell'intero strato di terreno

lavorato, oppure alla rifinitura del letto di semina, e perciò concentrato nello strato più superficiale del terreno dove è più abbondante l'apparato radicale fibroso? La prima modalità è stata consigliata ed adottata fino agli anni '80; ora sembra prevalere la seconda. Non ritengo che il prevalere dell'una o dell'altra scelta sia giustificato da sufficienti riscontri sperimentali applicabili alle differenti situazioni operative.

I temi sviluppo radicale e capacità della bietola di utilizzare i nutrienti siti a diverse profondità lungo il profilo del terreno verranno trattati dalle relazioni dei Colleghi Mosca e Biancardi.

Riquadro di sintesi 1

MODALITÀ DI APPORTO	
LOCALIZZAZIONE ALLA SEMINA	
• Fosforo: tecnica acquisita, consigliabile	
miglioramenti	<ul style="list-style-type: none"> microgranuli fosfomati
• Azoto: risultati italiani non positivi	
INTERRAMENTO FOSFORO	
• In tutto lo strato arato	} indifferente?
• Nello strato più superficiale (25-30 cm)	
ALTRE MODALITÀ DI DISTRIBUZIONE	
• Trattamenti fogliari con azoto: utili per rimediare situazioni di carenza	
• Fertirrigazione: tecnica promettente	
• Sub-irrigazione: tecnica promettente	

Epoca di distribuzione (riquadro di sintesi 2). È ormai da tempo noto che l'azoto deve essere dato precocemente alla bietola (Venturi, 1980). Sostanzialmente non si riscontrano differenze fra la distribuzione dell'intera dose presemina o la ripartizione fra presemina e copertura alla 4^a-6^a foglia.

L'apporto dell'intera dose alla semina comporta però rischi di lisciviazione e perciò di minor efficienza d'uso dell'elemento e maggior inquinamento. Inoltre prima della semina operativamente non sempre si è in grado di conoscere le dotazioni del terreno e perciò stabilire la dose. Sembra quindi molto opportuna la indicazione della CTN di apportare una dose di base (diversa a seconda di situazioni medie ambientali) da completare con apporti a inizio ciclo in funzione delle reali necessità della coltura (Barbanti *et al.*, 2002).

Riquadro di sintesi 2

EPOCHE DI APPORTO	
FOSFORO	
Prearatura	*
Presemina	**
Localizzato alla semina	***
POTASSIO	
Prearatura	*
Presemina	*
AZOTO	
a) Tutto alla semina	*
b) Alla 4 ^a -6 ^a foglia	*
c) Frazionato fra a) e b)	***

Dose (riquadro di sintesi 3). Può essere considerato l'aspetto principale della concimazione. Il principio di base è sempre lo stesso. È necessario conoscere: A) quali sono le esigenze della pianta, B) quali sono le disponibilità ambientali, C) quale è la differenza e quindi la eventuale quota da apportare.

Non sussistono problemi per il potassio che normalmente non viene apportato alla bietola per la buona dotazione della maggior parte dei terreni bieticoli. In casi di accertata carenza si ricorre a dosi standard.

Analogamente per il fosforo è frequente una dose di restituzione, basata sulle asportazioni di produzioni potenziali, spesso indipendente dalla dotazione del terreno. In molti casi le quantità apportate eccedono i fabbisogni.

Riquadro di sintesi 3

DOSI DI APPORTO	
POTASSIO	Dose di restituzione solo nei casi di accertata carenza.
FOSFORO	Dosi di restituzione maggiorate del 20%.
FOSFORO E POTASSIO	Non considerare solo la coltura della bietola ma l'intero avvicendamento.
AZOTO	<p>Considerare sempre cosa è avvenuto prima in relazione al terreno: precessione, lavorazioni, andamento climatico.</p> <p>Utilizzare il modello (software) più adatto alla specifica situazione e ai dati disponibili.</p> <p>Bilanci e guida alla concimazione in base a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analisi dirette o indirette dello stato nutrizionale della pianta. • Analisi terreno <ul style="list-style-type: none"> — Monitoraggio territoriale — Azienda pilota — Analisi aziendale <p>Ricordare sempre la forte variabilità spaziale e temporale.</p> <p>Limitazioni: input ambientale; normative regionali, nazionali, europee.</p>

Caso diverso è quello dell'azoto per il quale sia difetti che eccessi di apporti si ripercuotono su quantità e qualità della produzione e gli eccessi anche sull'ambiente, con intensità differente anche in funzione di fattori climatici e di fitotecnica (Cavazza e Patruno, 1986; Patruno *et al.*, 1986; Patruno, 1987). Quest'ultimo aspetto, trattato relativamente alla legislazione ambientale europea da Beckers (1998), è, doverosamente, molto sentito dalle Amministrazioni pubbliche e considerato nei piani di sviluppo rurale. Ne parlerà il Dott. Carnevali. L'argomento comunque deve essere inquadrato in un'ottica molto più ampia, quella della sostenibilità dell'agricoltura, come da tempo auspicato fra gli altri da Swaminathan (1991) e Dentichev (1992).

I temuti effetti su produzione e ambiente fanno sì che sia molto più sentita la necessità di calibrare la dose in base alle specifiche situazioni ambientali. Da un lato si è cercato di aumentare il numero di aziende campionate, dall'altro di controllare i terreni di aziende pilota e di attivare una rete di monitoraggio dei terreni su scala territoriale sulla scorta delle indicazioni CTN precedentemente citate. Di quest'ultimo aspetto tratterà domani la relazione del Dott. Candolo.

Poiché risulta difficile prelevare tutti i terreni in primavera e analizzarli in tempo utile prima delle semine si ricorre anche a prelievi autunnali. Vengono poi applicati algoritmi che, in base al contenuto autunnale di azoto e in funzione di diversi parametri, indicano quale sarà la disponibilità dell'elemento in primavera (Canali *et al.*, 1998).

Vengono anche usati metodi diretti ed indiretti di diagnostica fogliare che forniscono indicazioni sullo stato nutrizionale della coltura allo stadio di 6-8 foglie e consentono di integrare in modo più razionale gli apporti pre-semina effettuati in funzione della dotazione specifica del terreno o su indicazioni medie a livello comprensoriale (Tugnoli e Bettini, 2002).

La risposta della bietola a dosi di azoto consigliate in base a diverse metodiche, argomento da sempre oggetto di ricerca (Ririe *et al.*, 1954; James *et al.*, 1967 e 1968; Smit *et al.*, 1995; Venturi *et al.*, 1989; Venturi, 1994 e 1995; Barbanti, 2000), verrà illustrata nella relazione del Dott. Barbanti.

La utilizzazione combinata dei dati di analisi del terreno e di diagnostica fogliare sembra aver già consentito una razionalizzazione dei consigli di concimazione (Mambelli *et al.*, 1997). Il passo successivo è la diffusione capillare alle aziende dei consigli di concimazione su base oggettiva. I risultati di esperienze di guida aziendale verranno discussi nella Tavola Rotonda.

È prevedibile, in tempi relativamente brevi, la utilizzazione di GIS (Bartocci *et al.*, 2001), ne tratterà la relazione del Dott. Capriotti. È in fase di studio la messa a punto di modelli in grado di utilizzare parametri ambientali di facile rilevamento, "pesandoli" sulla base di più approfondite conoscenze della fisiologia della pianta. Questi due aspetti, perfezionamento dei modelli e studio contemporaneo della crop e della plant physiology, sembrano gli obiettivi immediati della ricerca.

Forse è opportuno indagare anche su altri metodi di valutazione dello stato nutrizionale delle colture. Ad esempio possono essere considerate le caratteristiche spettrali delle foglie: la relazione inversa che lega la riflettanza fogliare alla concentrazione della clorofilla può costituire la base per una diagnosi di eventuali carenze azotate (Mambelli *et al.*, 1997).

Può essere interessante anche la quantificazione dell'attività di specifici enzimi coinvolti nelle vie metaboliche che portano alla utilizzazione degli elementi minerali. Per l'azoto l'enzima di interesse è la nitrato reductasi che catalizza la riduzione dello ione nitrato a ione nitrito e ha un ruolo di regolazione e limitazione nella assimilazione dell'elemento (Mambelli *et al.*, 1997).

Un nuovo approccio di grande interesse è quello vegetazionale che illustrerà il Collega Jaggard.

Consentitemi una considerazione generale sull'azoto: in molti Paesi europei negli ultimi anni si è avuto un notevole incremento delle rese ed una contemporanea progressiva riduzione delle dosi medie di concime azotato apportate. Ad esempio in Spagna (Esteban, 2000) nell'ultimo decennio la concimazione azotata è diminuita di 50 kg ha⁻¹ e le produzioni di zucchero sono quasi raddoppiate; analogamente in Francia (Cariolle, 2000) in un ventennio la dose media è calata da circa 175 kg ha⁻¹ a circa 125 e la resa in saccarosio estraibile è passata da 8,5 a 11,5 t ha⁻¹; anche in Germania (Merkes, 2000), in un trentennio utilizzando incentivi per razionalizzare gli apporti di azoto, si è passati in media da quasi 200 a circa 100 kg ha⁻¹; in Belgio dal 1980 al 2000 la produzione di zucchero bianco è passata da 7 a 9,8 t ha⁻¹ (Eeckant, 2001) nonostante un significativo contenimento dell'azoto apportato.

I due fenomeni, riduzione della dose e aumento delle rese, non possono essere messi in relazione diretta; è tuttavia possibile affermare che si possono aumentare le rese, per effetto di fattori diversi, anche riducendo le dosi.

Sembra opportuno ricordare un ulteriore argomento degno di essere studiato. Ci si è sempre occupati quasi esclusivamente dei tre principali elementi, azoto fosforo e potassio (dei due ultimi tratterà il Prof. Gessa), trascurando i microelementi. Le nuove formulazioni che si stanno affacciando sul mercato attirano l'attenzione anche su questi ultimi. La ricerca si è finora poco impegnata su questo argomento, anche perché i primi risultati sono stati deludenti. In diverse situazioni, però, l'apporto di specifici microelementi è molto utile. Sarà opportuno individuare tali situazioni e quindi studiare la tecnica (dosi, epoche e modalità) di apporto.

Infine, dopo l'elenco dei problemi attuali della concimazione della bietola, ben noti ai tecnici agricoli, mi sia consentito un breve cenno sui rapporti bietola-azoto trattati da un punto di vista più agronomico come introduzione a quanto diranno i Colleghi Sequi e Benedetti in una ottica prevalentemente chimica.

Nella concimazione della bietola, come del resto in quella della maggior parte delle colture, è infatti l'azoto l'elemento che gioca di gran lunga il ruolo principale.

I suoi effetti sono ben noti e si esplicano da un lato su quantità e qualità della produzione e dall'altro sull'ambiente.

Quest'ultimo aspetto è stato recentemente discusso (Venturi e Amaducci, 2002), così come le sue interazioni con gli altri fattori della fitotecnica (Venturi, 2000), e perciò tali argomenti non verranno ripetuti in questa sede.

Mi limiterò a ricordare alcune nozioni di base sulla risposta della bietola all'elemento e sulle modalità seguite dalla pianta per esplicitare tale risposta.

Azoto e barbabietola

Gli effetti medi dell'elemento sono ben noti: incremento del peso della radice e dell'apparato fogliare (lamina e picciolo); decremento del contenuto zuccherino e della purezza dei sughi a causa dell'aumento dell'alfa-ammino-azoto e del sodio e, in alcuni casi, anche del potassio. La riduzione della percentuale di estraibile deriva anche dalla modifica del rapporto fra anioni e cationi e dalla conseguente necessità di aggiungere soda per neutralizzare la componente alfa-amminica.

I fattori ambientali (clima e terreno) e la tecnica colturale influenzano l'intensità dei suddetti effetti, cosicché il prevalere dell'uno o dell'altro determina il risultato finale (positivo, nullo, negativo) dell'apporto di azoto.

Se ben noti sono gli effetti dell'azoto su quantità e qualità della produzione, non altrettanto lo sono i meccanismi attraverso i quali essi si esplicano. È opportuno ricordarli, sia pure in termini generali. Si tratta di nozioni cia-

scuna di per sé apparentemente banale, ma che nel loro insieme possono fornire un quadro utile per comprendere i complessi fenomeni della nutrizione azotata.

La bietola assorbe l'elemento dal terreno quasi totalmente sotto forma di nitrato (Hills e Ulrich, 1971), ma anche come urea, ammonio, acidi amminici solubili in acqua, acidi nucleici (Tisdale e Nelson, 1966).

Il nitrato assorbito migra verso i piccioli delle foglie giovani e poi alla loro lamina; qui i nitrati vengono ridotti e poi metabolizzati quando sono esaurite le riserve di amminoacidi.

In condizioni di sufficiente disponibilità di azoto, il contenuto di nitrati nei piccioli è superiore di 3-6 volte (Hills e Ulrich, 1971) rispetto a quello della lamina. Appena si presentano situazioni di deficienza, in tutte le foglie, giovani e vecchie, si riduce fortemente il contenuto di nitrati nei piccioli e nelle lamine; si hanno sempre valori superiori nelle foglie più vecchie dove i nitrati sono rimasti intrappolati.

Quindi, contrariamente a quanto avviene in altre piante, nella bietola non si verifica una rapida migrazione dei nitrati dalle foglie vecchie alle più giovani (Kelley e Ulrich, 1966). Di conseguenza, per scongiurare deficienza di azoto nelle foglie giovani, è necessario assicurarne un continuo flusso alla pianta; in caso contrario diminuisce l'accrescimento di radice e apparato fogliare.

A seconda della disponibilità dell'elemento, si riscontrano rapporti diversi fra porzione epigeica ed ipogeica: se la disponibilità è limitata, la radice ha la precedenza rispetto alle foglie, se invece è abbondante i nitrati migrano direttamente verso le foglie giovani.

In pratica cosa avviene nei due casi opposti di eccesso e difetto?

Nel caso di eccesso, una disponibilità di azoto superiore alle necessità della pianta modifica la ripartizione della sostanza secca a favore dell'apparato fogliare; l'incremento di sostanza secca totale prodotta è perciò imputabile quasi esclusivamente ad un maggior apporto della parte aerea (sia lamina che picciolo). Questi effetti, in colture difese contro cercospora e altre malattie fogliari, risultano crescenti nel tempo.

Gli effetti dell'azoto sull'apparato fogliare sembrano dovuti sia ad una più rapida divisione sia ad una maggior espansione delle cellule, che vengono così incrementate in numero e dimensione. Si ha un aumento del LAI e, con colture ben protette, del LAD; quindi, poiché il tasso di assimilazione non è influenzato, la superficie fotosintetizzante più ampia e più duratura dovrebbe consentire una maggior produzione di zucchero. Ciò spesso non avviene a causa della citata diversa ripartizione della sostanza secca e anche perché la maggior quantità di assimilati che entra nelle radici viene utilizzata per l'accrescimento di queste ultime a spese della frazione immagazzinata come zuccheri.

In definitiva, come ben noto, un eccesso di azoto comporta un incremento, spesso modesto, del peso delle radici a cui fa riscontro una più o meno marcata diminuzione del titolo. Quindi, a seconda della intensità dei suddetti andamenti, la produzione areica di saccarosio può rimanere invariata, aumentata o diminuita; comunque di solito unita ad un peggioramento della qualità.

Nel caso opposto, di deficienza dell'elemento, viene rallentata la formazione e l'espansione di nuove foglie e perciò l'accumulo di sostanza secca, con una maggior concentrazione di saccarosio nella radice.

Nelle fasi iniziali del ciclo, il maggior titolo compensa il minor peso cosicché la produzione areica di zucchero rimane spesso inalterata; ciò non avviene nelle fasi successive, con gravi ripercussioni sulla produzione di saccarosio.

Apporti tardivi dell'elemento di solito non sono sufficienti a compensare il periodo di deficienza iniziale (Loomis e Nevins, 1963, e Loomis e Worker, 1964) anche se la rapida formazione di nuove foglie porta ad una superficie fotosintetizzante simile a quella di colture che hanno avuto sufficiente disponibilità di azoto fin dall'inizio. Infatti anche in questo caso la pianta sceglie di destinare l'elemento per costruire strutture lavorative (le foglie che trasformano l'energia radiante in fotosintetati) piuttosto che in magazzini (le radici) dove conservare tali fotosintetati. Anzi, per ampliare l'apparato fogliare la pianta consuma anche lo zucchero già accumulato.

Quanto suddetto è sintetizzato negli usuali consigli pratici: "La bietola deve "coprire" il più presto possibile e morire con fame di azoto".

La nutrizione azotata può essere inquadrata in uno schema più ampio (figura 1) in cui, con un rapporto di feed-back, si ha una offerta da parte di organi captatori (foglie e radici o, meglio, porzione fibrosa delle radici) che, per produrre fotosintetati, intercettano flussi fisici di fattori di crescita quali radiazione, acqua, CO_2 , nutrienti e una domanda da parte di organi di accumulo (nella bietola la radice) che immagazzinano i fotosintetati.

Il rapporto fra offerta e domanda (fra source e sink) è fortemente influenzato dall'ambiente e dalle tecniche colturali e si modifica nel tempo (Fleury, 1994). Il risultato finale è sempre determinato dalla più debole delle due fasi del sistema.

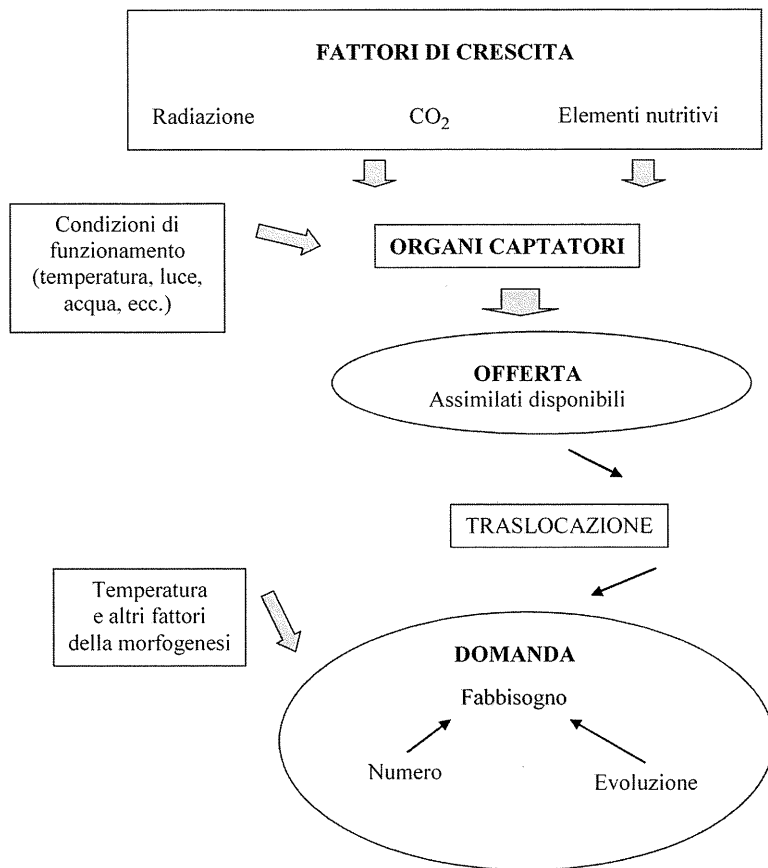
L'offerta, prevalente nelle fasi iniziali (riquadro di sintesi 4), è rappresentata dal flusso di energia nella coltura; può essere calcolata (Varlet-Grancher, 1982) come il prodotto fra radiazione fotosinteticamente attiva (PAR), efficienza di intercettazione (eI), efficienza fotosintetica (eF) (Offerta = $PAR \times eI \times eF$).

Il sistema però è molto complesso e il peso e l'evoluzione dei differenti fattori costituenti l'offerta (in particolare CO_2) sono influenzati da diverse cause. Ad es. per l'apparato fogliare (con conseguenze su eI e eF): ritmi pla-

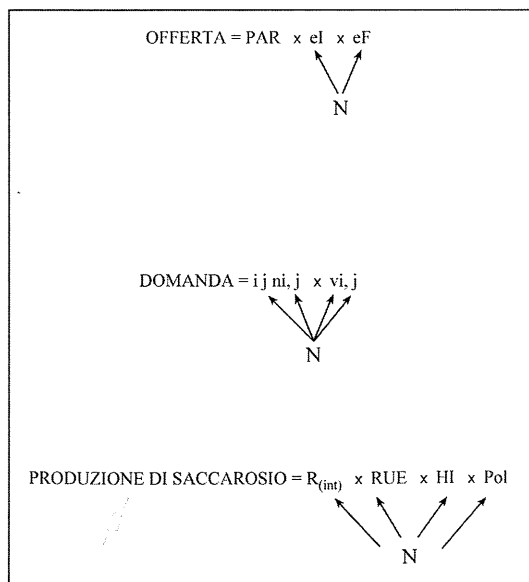
sto e fillocromici, condizioni di crescita della lamina, attacchi di malattie fogliari e senescenza; per il flusso di energia radiante: effetti annata e latitudine su LAI; per i captatori sotterranei: tipo predominante di radici e loro sviluppo; per l'efficienza della fotosintesi: efficienza globale dell'azoto, rapporto fra potenziale idrico e conduttanza, disponibilità in elementi nutritivi, temperatura e quindi livello di saturazione.

È evidente il ruolo dell'azoto in tutti i processi sopra ricordati, ma il ruolo diretto dell'elemento è fondamentale per la costituzione dei tessuti attivi. D'altra parte è la radiazione intercettata il fattore che spiega meglio le differenze di resa (Caneill *et al.*, 1994).

Figura 1. Schema dei rapporti offerta-domanda e relazioni con fattori esterni



Riquadro di sintesi 4



Nella maggioranza delle colture, le curve di formazione e crescita dell'apparato fogliare e quella dell'assorbimento di azoto sono molto simili. Ciò avviene anche nella bietola. Un esempio è riportato nelle figure 2-3-4. Si possono notare alcuni aspetti interessanti: la sostanziale coincidenza fra le curve del LAI e quelle dell'assorbimento di azoto in radice e foglie; l'effetto dell'apporto di azoto, molto più marcato nelle fasi iniziali del ciclo.

Nella fase di accumulo dei fotosintetati il contributo dell'azoto è più modesto. La domanda è rappresentata dalla capacità di utilizzare gli assimilati da parte dell'insieme degli organi della pianta, ognuno dei quali nel tempo ha un peso diverso nel processo.

In termini generali la domanda riferita alla biomassa può essere calcolata (Fleury, 1994) come $\sum_i \sum_j n_i v_j$, dove i indica il tipo di organo, j il suo stadio, n le superfici attive delle diverse categorie di organi e v la velocità di crescita per ciascuna fenofase di ciascun organo.

La forma biochimica delle riserve determina il fabbisogno di azoto e condiziona la durata di funzionamento degli organi intercettori.

Nel bilancio fra offerta e domanda, i rapporti sono variabili durante il ciclo con predominanza dell'uno o dell'altro termine. Nelle fasi iniziali la componente limitante è la domanda; in quelle successive l'offerta. L'influenza del clima è determinante perché i fattori ecologici che gestiscono le due componenti sono diversi: radiazione per l'offerta e temperatura per la domanda. La chiave di volta per il successo della coltura è quindi la durata del periodo di coincidenza fra situazioni favorevoli per radiazione e per temperatura.

Sostanzialmente la produzione di saccarosio dipende dal prodotto fra la radiazione globale durante il ciclo (R), la quota intercettata (int), l'efficienza di conversione della radiazione in sostanza secca (RUE), l'indice di raccolta, cioè la produzione di radici rispetto alla biomassa (HI) e la polarizzazione (Pol), secondo la formula:

$$\text{Produzione di saccarosio} = R_{(int)} \times RUE \times HI \times Pol$$

Tutti i suddetti fattori sono direttamente o indirettamente influenzati dalla disponibilità di azoto e perciò dalle scelte di concimazione.

Anche solo dalle poche nozioni sopra sintetizzate risultano giustificati gli indirizzi tecnici generalmente adottati per la concimazione azotata della bietola che tengono conto della necessità di assicurare disponibilità di azoto nelle fasi iniziali del ciclo e farla mancare in quelle finali.

Quindi niente di nuovo sugli aspetti generali, se non qualche miglior comprensione dei meccanismi.

Mancano invece sufficienti conoscenze sugli effetti di fattori esterni (ambiente e tecniche colturali) nell'influenzare l'intensità dei fenomeni nelle singole fasi del processo e perciò nel determinare il risultato finale.

Mancano anche sufficienti conoscenze sulla disponibilità di azoto che il terreno sarà in grado di assicurare alla coltura durante il ciclo. Infatti se da molto tempo (Stanford e Legg, 1968) è nota la correlazione fra disponibilità dell'elemento da un lato e dotazione iniziale e successiva mineralizzazione dall'altro, è proprio quest'ultimo fenomeno ad essere poco conosciuto. Non si è infatti ancora in grado di prevedere quantità e velocità di mineralizzazione in funzione di fattori pedoclimatici (ad es. caratteristiche del terreno, temperatura, piovosità, ecc.).

Manca anche una applicazione generalizzata dell'adattamento delle conoscenze già disponibili alle specifiche situazioni operative, cioè il consiglio alle singole aziende.

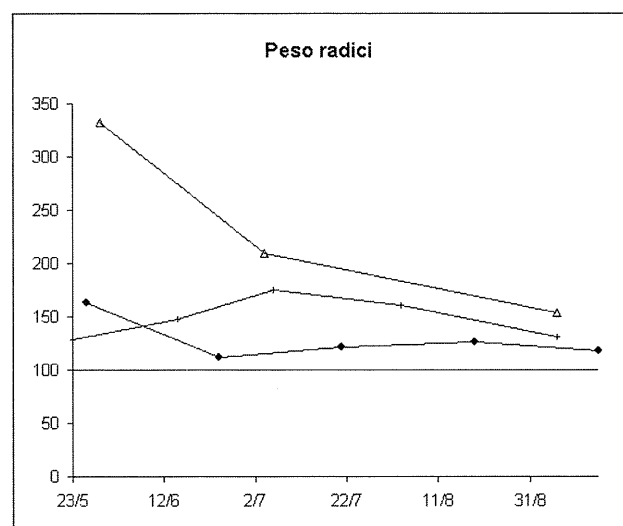
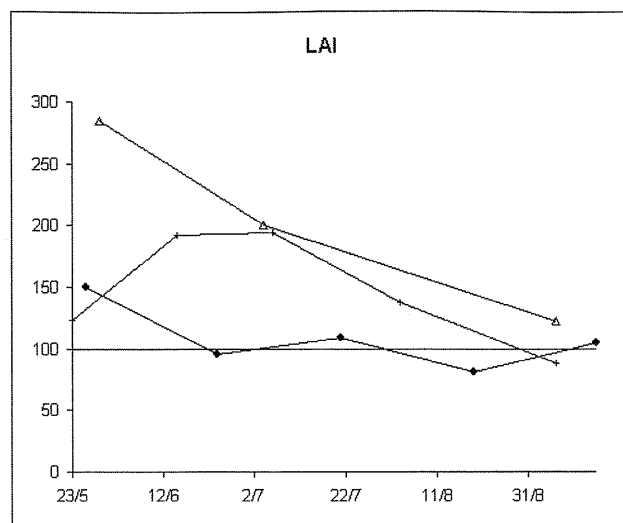


Figura 2. Effetti dell'apporto di N (120 kg ha^{-1}) in confronto al testimone (0 kg ha^{-1}) fatto uguale a 100 sul LAI e sul peso delle radici in 3 anni a Cadriano (BO)

(Struik e Venturi, 2000).

Sull'ampliamento delle conoscenze è impegnata la ricerca, e forse avremo qualche anticipazione dalle relazioni di queste Giornate di studio; l'ultimo aspetto, la guida aziendale alla concimazione azotata, verrà trattato nella Tavola Rotonda dagli specialisti delle Associazioni e dell'Industria, negli ultimi tempi impegnati, in modo unitario, nell'interesse della bieticoltura.

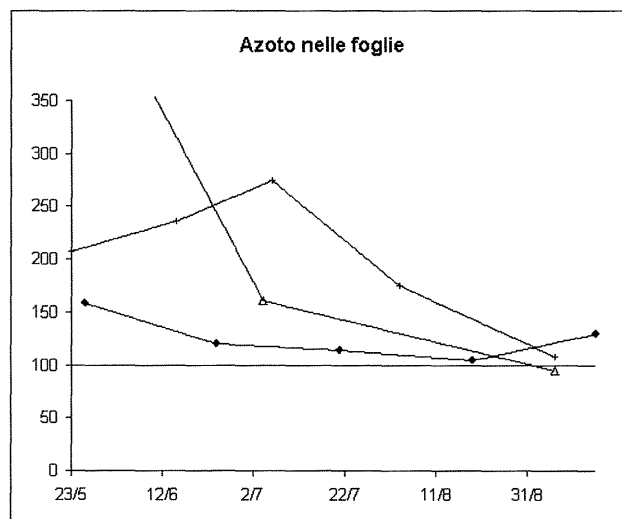
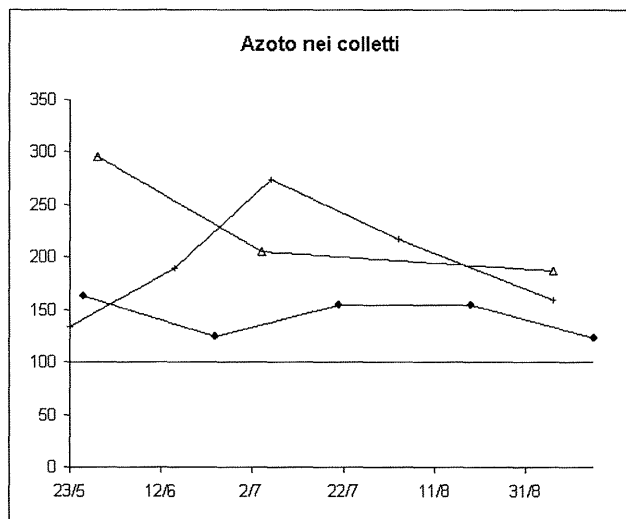
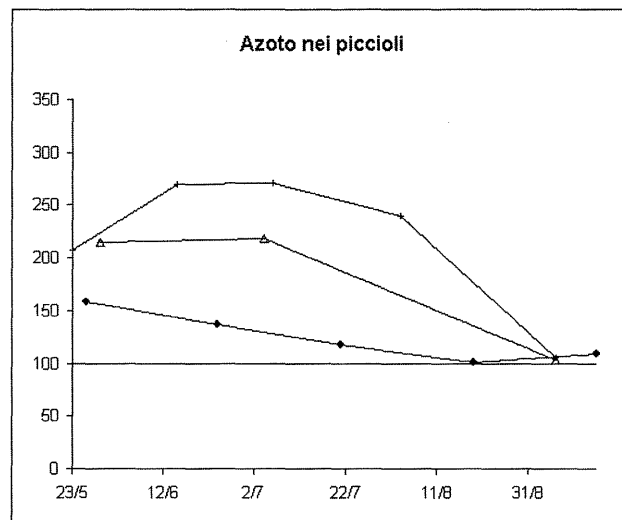
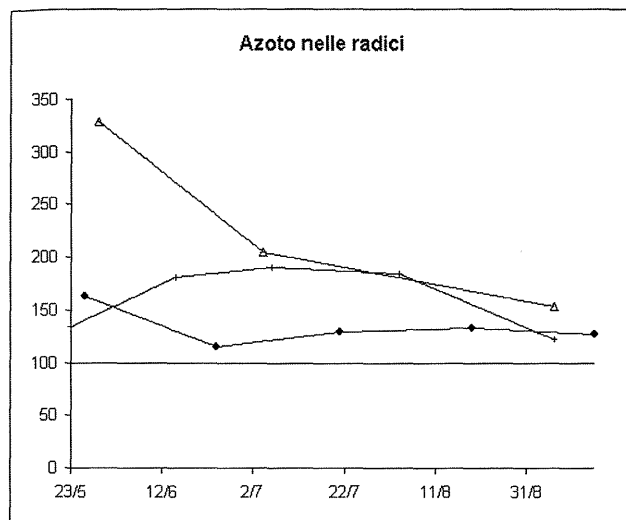


Figura 3. Effetti dell'apporto di N (120 kg ha⁻¹) in confronto al testimone (0 kg ha⁻¹) fatto uguale a 100 sul contenuto di azoto in radici e colletti in 3 anni a Cadriano (BO)

Figura 4. Effetti dell'apporto di N (120 kg ha⁻¹) in confronto al testimone (0 kg ha⁻¹) fatto uguale a 100 sul contenuto di azoto in piccioli e foglie in 3 anni a Cadriano (BO)

Bibliografia

- AMADUCCI M.T., MAMBELLI S., VENTURI G., BARBANTI L., 1992. Localisation de l'azote au semis: premières expériences en Italie. Cpt. rend. Commission Méditerranéenne de l'I.I.R.B., Bruxelles, 11 février, 1-18.
- BARBANTI L., CANDOLO G., 1996. Fosforo localizzato: evitare i concimi N-P. *Agronomia*, 1, 27-33.
- BARBANTI L., 2000. Intervento tavola rotonda "Azoto: una necessità da gestire al meglio". Bardolino (VR), 24 novembre, 98-104.
- BARBANTI L., CANDOLO G., BELTRAMI G., FRANESI A., BETTINI G., CECCHINI M., TELLONI R., ZAVANELLA M., CAMPAGNA G., 2002. Monitoraggio dell'azoto nei terreni in Val Padana: una linea guida per la concimazione della bietola. *L'Industria Saccarifera Italiana*, 95, 5, 151-158.
- BARTOCCI F., CAPRIOTTI G., GUZZINI A., SICILIANI G., 2001. L'impiego del GIS (Sistema Informativo Geografico). Applicazioni e potenzialità. *L'Industria Saccarifera Italiana*, 94, 5, 165-182.
- BECKERS R., 1998. Legislazione ambientale e coltura bieticola - risultati dell'inchiesta I.I.R.B.
- CANALI S., BARBANTI L., TITTARELLI F., ROCCUZZO G., 1998. La fertilizzazione della barbabietola da zucchero. *L'Informatore Agrario*, 1, 55-62.
- CANEILL J., FLEURY A., FERRÉ F., 1994. L'élaboration du rendement de la betterave sucrière. In Combe L., Picard D., *Elaboration du rendement des principales cultures annuelles*. Ed. INRA, 143-153.
- CAROLLE M., DUVAL R., GUIRAUD G., MAROL C., 1991. L'expérience française d'enfouissement localisé de l'azote au semis. 54^e Congrès d'hiver de l'I.I.R.B., 20-21.

- CAROLLE M., 2000. Fertilizzazione azotata della barbabietola da zucchero in Francia: conoscenze acquisite, tecniche attuali, prospettive. Tavola rotonda "Azoto: una necessità da gestire al meglio". Bardolino (VR), 24 novembre, 13-26.
- CAVAZZA L., PATRUNO A., 1986. Variations de l'azote nitrique dans les sols cultivés à betterave à sucre dans la plaine du Pô. IIRB Comm. Méditerranéenne, Lisbonne, 29-30 septembre, 271-285.
- DENTICHEV R.G., 1992. A must in time of environmental protection and sustainable development of agriculture. MEDIT, 3, 4, 7-10.
- ESTEBAN BASELGA J.A., 2000. Intervento Tavola rotonda "Azoto: una necessità da gestire al meglio". Bardolino (VR), 24 novembre, 107-112.
- EECKAUT R., 2001. La production de la betterave sucrière et son organisation en Belgique. Proceedings of the 64th IIRB Congress, Bruges, 26-27 juin, 1-10.
- FLEURY A., 1994. La notion de plante modèle. In; Combe L., Picard D., Elaboration du rendement des principales cultures annuelles. Ed. INRA, 7-30.
- HILLS F.J., ULRICH A., 1971. Nitrogen-Nutrition. In: Russell, T et al. Advances in Sugarbeet "Production: Principles-and-Practices", 112-135.
- JAMES D.W., KIDMAN D.C., WEAVER W.H., REEDER R.L., 1968. Predicting the nitrogen fertilizer requirements of sugarbeets grown in central Washington. Wash. Agr. Exp. Sta. Circ., 488.
- JAMES D.W., NELSON C.E., HALVORSON A.R., 1967. Soil testing for residual nitrates fertilization of sugarbeets. Wash. Agr. Exp. Sta. Circ., 480.
- KELLEY J.D., ULRICH A., 1966. Distribution of nitrate nitrogen in the blades and petioles of sugarbeets grown at deficient and sufficient levels of nitrogen. J. Am. Soc. Sugar Beet Technologists, 14, 106-116.
- LOOMIS R.S., NEVINS D.J., 1963. Interrupted nitrogen nutrition effects on growth, sucrose accumulation and foliar development of the sugarbeet plant. J. Am. Soc. Sugar Beet Technologists 12, 309-322.
- LOOMIS R.S., WORKER JR. G.F., 1964. Restitution of growth in nitrogen-deficient sugarbeet plants. J. Am. Soc. Sugar Beet Technologists, 12, 657-665.
- MAMBELLI S., DAL RIO M.P., VENTURI G., 1997. Razionalizzare la concimazione azotata: ruolo della diagnosi dello stato nutrizionale della pianta. Rivista di Agronomia, 3, 554-564.
- MERKES R., 2000. Intervento Tavola rotonda "Azoto: una necessità da gestire al meglio". Bardolino (VR), 24 novembre, 65-68.
- PATRUNO A., CAVAZZA L., PISTELLI E., 1986. Variazione del contenuto in azoto nitrico nel terreno. Influenza della lavorazione, della coltura e del decorso meteorico. Rivista di Agronomia, 2-3, 204-217.
- PATRUNO A., 1987. Dilavamento dell'azoto nitrico e perdita nelle acque di drenaggio. Irrigazione e drenaggio, 34, 1, 37-43.
- RIRIE D., ULRICH A., HILLS F.J., 1954. The application of petiole analyses to sugarbeet fertilization. Proc. Am. Soc. Sugar Beet Technologists, 8, 48-57.
- SMIT A. B., STRUIK P.C., VAN NIEJENHUIS J.H., 1995. Nitrogen effects in sugar beet growing: a module for decision support. Netherlands Journal of Agricultural Science, 43, 391-408.
- STANFORD G., LEGG J.O., 1968. Correlation of soil N availability indexes with nitrogen uptake by plants. Soil Sci., 105, 320-326.
- STRUIK P.C., VENTURI G., 2000. An integral approach in evaluation of production of energy from biomass. MEDIT, 11, 4, 35-38.
- SWAMINATHAN M.S., 1991. Beyond the economic factor. The hindu survey Indian agriculture, 10-15.
- TISDALE S.L., NELSON W.L., 1966. Soil Fertility and Fertilizer, 2nd ed. The Macmillan Co. New York.
- TUGNOLI V., 2000. Intervento Tavola rotonda "Azoto: una necessità da gestire al meglio". Bardolino (VR) 24 novembre, 68-74.
- TUGNOLI V., BETTINI G., 2002. I "primi passi" della bietola 2002. Il Giornale del bieticoltore, 1, 7-8.
- VARLET-GRANCHER C., 1982. Analyse du rendement de la conversion de l'énergie solaire pour un convert végétal. Thèse Univ. Paris, Sud-Orsay, 144 + annexes.
- VENTURI G., 1980. Perché l'azoto deve essere dato precocemente alla bietola da zucchero. Tra le bietole, 2, 15-18.
- VENTURI G., 1994. Bietola e azoto: considerazioni sulla razionalizzazione della concimazione. L'Informatore Agrario, 2, 37-43.
- VENTURI G., 1995. Esigenze della bietola, effetti dell'ambiente, interventi tecnici. Atti Convegno Naz. "Bietole e futuro la sfida della produttività". Montecatini Terme (PT), 2 giugno, 13-25.
- VENTURI G., AMADUCCI M.T., ROSSO F., ZOCCA A., 1989. Assollement dans la culture betteravière in zones assainées. Situation et problèmes. IIRB Comm. Méditerranéenne, Ferrara 2-5 maggio, 15-54.
- VENTURI G., 2000. Le interazioni fra azoto ed altri elementi. Tavola rotonda "Azoto: una necessità da gestire al meglio". Bardolino (VR), 24 novembre, 27-56.
- VENTURI G., 2001. Obiettivi e priorità nello sviluppo della bieticoltura nazionale a livello tecnico: il quadro d'insieme. L'Industria Saccarifera Italiana, 94, 6, 209-213.
- VENTURI G., AMADUCCI M.T., 2002. La bieticoltura e l'ambiente: il caso dell'azoto. L'Industria Saccarifera Italiana, 35, 1, 3-15.

DINAMICA DELL'AZOTO NEI TERRENI AGRICOLI

Anna Benedetti e Paolo Sequi

Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante - Roma

Premessa

È noto dalla letteratura scientifica che l'azoto presente nel suolo comporta per la coltura della barbabietola complesse implicazioni sia nei confronti delle rese che nei confronti della qualità del prodotto; esso infatti ne aumenta la produzione delle radici, ma ne deprime la polarizzazione peggiorando la percentuale di estrazione in zuccheri (Barbanti, in corso di stampa).

Per la barbabietola dunque è di fondamentale importanza redigere un piano di concimazione accurato che tenga conto delle esigenze nutritive della coltura, ma nel contempo le contestualizzi all'ambiente pedoclimatico in cui si opera.

Il Codice di Buona Pratica Agricola per la protezione delle acque dai nitrati a valenza nazionale detta i criteri generali per effettuare una concimazione su base razionale e non empirica attraverso l'impostazione del bilancio dell'azoto nel sistema suolo-pianta (Benedetti e Sequi, 1994, Vol. I e II). Per non rendere troppo complicato il suo calcolo, pur illustrando tutte le voci in entrata ed uscita viene consigliato il bilancio semplificato come di seguito riportato:

Concimazione = Fabbisogno colturale - Apporti naturali + Immobilizzazioni e Dispersioni

attribuendo ad alcune voci un valore medio orientativo come ad esempio l'azoto prontamente disponibile viene stimato intorno all'1% dell'azoto totale presente nel terreno; così come alle immobilizzazioni viene assegnato un valore piuttosto arbitrario dato dalla somma delle voci azoto riorganizzato dai microrganismi + azoto fissato alle argille.

Queste approssimazioni nel caso della coltura della barbabietola possono essere molto rischiose pertanto vale la pena di spendere qualche parola descrivendo brevemente il bilancio dell'azoto soffermando l'attenzione proprio su queste voci.

Se si redige un bilancio "contabile" dell'azoto, come riportato in figura 1, è facile notare che per due voci è praticamente impossibile, senza un esame più approfondito, stimare se esse potranno rientrare nella pagina delle entrate o in quella delle uscite perché il loro peso sarà diverso a secondo delle condizioni in cui si trova lo stato di fertilità generale del suolo.

Figura 1. Bilancio dell'azoto nel sistema suolo pianta

ENTRATE		USCITE	
Mineralizzazione	+	Asportazioni	-
Fissazione biologica	+	Volatilizzazione	-
Deposizioni	+	Denitrificazione	-
Fertilizzazione	+	Lisciviazione	-
Residui vegetali	+	Erosione	-
Ammonio Fissato di Interstrato		+	-
Azoto Immobilizzato dalle Biomasse		+	-
		=	
Azoto Disponibile			+

Altra voce spesso sottovalutata è quella relativa all'azoto organico potenzialmente mineralizzabile. Essa viene normalmente considerata negli input, e così deve essere, ma il suo valore può subire delle escursioni molto importanti sempre in relazione allo stato di fertilità generale del suolo, alla sua tipologia ed interagendo con le voci relative alla immobilizzazione dell'azoto da parte della biomassa microbica ed all'azoto fissato alla componente argillosa può riservare qualche sorpresa. Brevemente di seguito verrà illustrato il comportamento di questi pools azotati nel suolo.

Azoto potenzialmente mineralizzabile

Piante e microrganismi si trovano in forte competizione nei confronti dell'azoto minerale del suolo (nitrico + ammoniacale) per quanto riguarda la loro nutrizione azotata. Le piante però non sono in grado di operare una

trasformazione dell'azoto organico in minerale, mentre i microrganismi si. Sotto la loro azione infatti la sostanza organica del suolo è soggetta a continue trasformazioni ed evoluzioni che determinano da un lato un processo di mineralizzazione e dall'altro la biosintesi delle sostanze umiche.

La conversione dell'N organico nelle forme mineralizzabili quali NH_4^+ e NO_3^- si verifica attraverso una serie di trasformazioni biochimiche mediate dei microrganismi e pertanto è influenzata da tutti i fattori (umidità, temperatura, pH, ecc.) che normalmente agiscono sull'attività microbica del suolo.

Poiché la mineralizzazione e l'immobilizzazione sono processi dinamici che avvengono contemporaneamente nel suolo, la quantità di azoto minerale (NH_4^+ e NO_3^-) che si riscontrano nei terreni, ne rappresentano, presumibilmente, la differenza dei due processi opposti.

Le condizioni di anaerobiosi che si riscontrano nei terreni saturi bloccano la mineralizzazione a livello della produzione di NH_3 . Al contrario cicli di idratazione e deidratazione o di gelo e disgelo favoriscono il processo di mineralizzazione in seguito all'autolisi delle cellule microbiche, alla formazione di composti organici più solubili ed alla rottura degli aggregati organo minerali resistenti all'attacco della microflora del suolo. La complessità di tale fenomeno non permette ancora oggi di quantificare con facilità l'apporto di azoto fornito dal terreno stesso tramite la mineralizzazione. La misura dell'azoto potenzialmente mineralizzabile (No) prodotto dalla sostanza organica, cioè l'azoto che il terreno è in grado di cedere naturalmente alla vegetazione, è tuttora oggetto di numerose ricerche in quanto la sua determinazione costituisce un problema aperto in termini sia analitici che di interpretazione dei dati. I metodi di analisi, di cui attualmente si dispone, per la determinazione del potere mineralizzante sono di tipo chimico e biochimico. I primi, più rapidi e meno influenzati dalle procedure di conservazione del campione, risultano però poco precisi ed i risultati sono di difficile interpretazione. I metodi biochimici richiedono tempi di incubazione molto lunghi e su di essi incidono il periodo e le modalità di campionamento. La misura del potere di mineralizzazione del suolo, nonostante tutte le difficoltà analitiche ed interpretative, resta una determinazione indispensabile ai fini di una corretta valutazione del turnover della sostanza organica sia endogena che apportata e un mezzo diagnostico per accertare eventuali perturbazioni del ciclo dell'azoto. Inoltre tale metodo, se utilizzato in presenza di fertilizzazioni organiche, può contribuire ad una loro razionalizzazione.

In genere la frazione di azoto potenzialmente mineralizzabile del suolo può costituire mediamente dall'8 al 15% dell'azoto totale, anche se, come prima ricordato essa è influenzata da numerosi fattori di tipo climatico, ambientale, ma anche antropico, che modificano profondamente il processo accelerandolo o rallentandolo. Le più comuni pratiche agricole quali le lavorazioni, l'irrigazione, la fertilizzazione, la coltura stessa, agiscono sulla mineralizzazione dell'azoto organico, ed una stima di questo parametro nelle condizioni di campo non può prescindere dal considerare le interazioni tra i diversi fattori elencati.

La valutazione di tale voce ai fini di una corretta impostazione del bilancio dell'azoto è importantissima specie nei confronti di suoli particolarmente ricchi in sostanza organica nativa, o che abbiano subito soventi ammendamenti o in presenza di sovesci di leguminose o ancora se viene praticato l'interramento delle paglie che inizialmente immobilizzeranno azoto per poi cederlo successivamente con la mineralizzazione. Il contributo alla nutrizione azotata delle colture da parte del suolo pertanto può costituire un elemento chiave nella predisposizione di un piano di concimazione.

Azoto immobilizzato dalla biomassa microbica

Esiste nel suolo un ciclo "interno" è il turnover biologico attraverso il processo di mineralizzazione-immobilizzazione che porta ad un interscambio delle forme inorganiche di azoto con quelle organiche. Un incremento nel tempo della concentrazione di azoto inorganico suggerisce una netta mineralizzazione; un decremento indica una netta immobilizzazione. Il fatto che i livelli di azoto minerale non cambiano non necessariamente significa che il ciclo interno non è operante, ma piuttosto che le velocità di mineralizzazione-immobilizzazione sono eguali.

Quando si prendono in considerazione le interazioni dell'azoto organico nel suolo bisogna tener presente che ne esistono diverse frazioni tra loro correlate. Queste includono i residui animali e vegetali, la biomassa microbica, la frazione di sostanza organica parzialmente stabilizzata (per esempio, sostanze melaniniche prodotte dai funghi, sostanze umiche di recente formazione) e la frazione stabile dell'humus. Quando un residuo vegetale è degradato nel suolo, l'azoto inorganico è immobilizzato nella biomassa microbica che viene in parte trasformata in sostanze umiche di recente formazione ed infine in humus stabile. La permanenza dell'azoto nei diversi pool può andare da alcuni giorni o settimane per alcuni componenti la biomassa microbica a 1000 o più anni per la frazione di humus stabile. In condizioni di equilibrio dove il contenuto di sostanza organica di un suolo si mantiene costante, la mineralizzazione dell'humus nativo è compensato dalla sintesi di nuovo humus. Si è dimostrato, utilizzando composti arricchiti in ^{15}N , che le perdite di fertilizzante azotato ammontano a circa il 15% di cui solo il 6% imputabile al dilavamento dei nitrati mentre una frazione particolarmente cospicua che può arrivare anche al 25% del somministrato viene immobilizzata dalla biomassa microbica. La biomassa microbica del suolo rappresenta la frazione attiva della materia organica e molti metodi

sono stati utilizzati per misurarne le dimensioni, quali la conta e le misure dell'attività metabolica. In anni recenti, sono stati messi a punto metodi che prevedono la sterilizzazione dei suoli con cloroformio e la stima dell'incremento di azoto e carbonio organico solubile dovuto alla morte delle cellule microbiche durante la sterilizzazione.

La decomposizione della sostanza organica nel suolo è accompagnata dalla conversione del carbonio e dell'azoto all'interno delle cellule microbiche. In questo processo, parte del carbonio è liberato come CO_2 , determinando un abbassamento del rapporto C/N, e parte dell'azoto è convertito in forme più stabili. L'elevata attività di immobilizzazione della biomassa microbica determina che l'assorbimento da parte delle piante di un fertilizzante azotato è ridotto quando i residui vegetali sono applicati al suolo.

Azoto immobilizzato della frazione argillosa

In generale tra i minerali argillosi si può dire che le vemiculiti presentano le maggiori capacità di fissazione dei cationi tra cui l'ammonio ed il potassio. Oggi viene accettata l'ipotesi dell'esistenza di una sorta di equilibrio tra le diverse forme di ammonio minerale nel suolo; anche se non è pensabile che questo equilibrio possa rispondere ad un preciso calcolo stechiometrico, è l'unico modello utilizzabile per spiegare il comportamento dell'ammonio fissato nel suolo.

Secondo questo equilibrio, la fissazione avverrebbe quando la concentrazione di ammonio scambiabile eccede il valore di equilibrio in funzione degli avvenimenti sia climatici (essiccamento ed umidificazione del suolo) sia legati alle pratiche agricole (fertilizzazione, processo di mineralizzazione dell'azoto organico) e viceversa l'ammonio fissato sarebbe rilasciato quando vi è un impoverimento della forma scambiabile (dovuta ad esempio al processo di nitrificazione, di immobilizzazione dell'azoto organico, o all'assorbimento di azoto da parte delle radici delle piante).

Negli strati più superficiali del suolo la percentuale di azoto presente come ammonio fissato è estremamente variabile; si possono trovare variazioni tra il 3 e il 78% rispetto all'azoto totale, in particolare, in alcuni suoli italiani le variazioni registrate sono comprese in un intervallo tra il 4,9 e il 32%.

La riserva di ammonio fissato aumenta con la profondità ed in alcuni casi si registrano punte dell'80% rispetto all'azoto totale. In ogni caso l'ammonio fissato rappresenta la più importante riserva di azoto minerale nel suolo.

Valori di 20 - 400 mg/kg di ammonio fissato in suoli agrari italiani sono abbastanza comuni ed ammontano a 720 kg di ammonio fissato per ettaro se si considera uno strato di suolo di 30 cm, con il peso specifico del terreno di 1,2 kg/dm³; su suoli tedeschi si sono stimati quasi 3000 kg di ammonio fissato nello strato di terreno interessato dalle radici.

I valori riscontrati sono estremamente elevati, molto superiori ad una concimazione azotata; se una quantità simile di azoto potesse essere disponibile per i vegetali, sarebbe sufficiente per soddisfare le esigenze azotate delle colture per molti anni.

Quindi, per l'ottimizzazione delle concimazioni azotate è di estrema importanza considerare la quantità di ammonio fissato potenzialmente rilasciabile durante la stagione di crescita delle piante.

I risultati che si sono ottenuti in passato sono molto discordanti tra loro e molte differenze possono essere attribuite alla confusione che esiste tra "ammonio fissato nativo", poco disponibile per le colture e "ammonio recentemente fissato", altamente disponibile per le piante. L'utilizzo di ammonio, fissato da parte delle colture erbacee è sicuramente più studiato. Vittori Antisari *et al.*, 1992 hanno riportato che la quantità totale di ammonio fissato, rilasciato dopo la coltura di riso poteva essere stimato, a seconda delle caratteristiche del suolo, intorno a 80 100 kg di N, per un suolo ricco di vemiculite, di 40 50 kg di N in un suolo non dotato di argille. Sicuramente queste sono stime per difetto, nel senso che il rilascio di ammonio fissato in condizioni di pieno campo sarà in molti casi di maggiore entità.

In generale si rileva una maggiore attitudine dei cereali ad utilizzare l'ammonio fissato rispetto ad altri gruppi di specie. L'avena tra i cereali è risultata essere la pianta con attitudini più spiccate, mentre per quanto riguarda altre specie, come ad esempio la barbabietola e la patata sono state considerate piante ad attitudine intermedia. Molti esperimenti sono stati condotti in vaso e la facilità con cui i cereali riescono ad utilizzare l'ammonio fissato sia da imputarsi alla conformazione degli apparati radicali in grado di "esplorare" con grande efficacia l'esiguo volume di suolo a loro disposizione nelle prove in vaso.

Sicuramente le lavorazioni del terreno possono influenzare la disposizione degli apparati radicali: le lavorazioni minime o nulle favoriscono un addensamento degli apparati radicali negli strati più superficiali del suolo. Infatti per esempio, le variazioni di ammonio fissato nei primi centimetri di un terreno non lavorato risultano molto più basse dopo il frumento rispetto alla barbabietola e il mais, mentre nel terreno lavorato in profondità tutti gli anni non si notano variazioni tra le colture (Vittori Antisari, 1995).

Appare evidente che una valutazione delle scorte di azoto del terreno e della loro disponibilità a breve termine per le colture non possa non tenere conto dell'ammonio fissato nelle argille.

**Interrelazioni tra i pools dell'azoto potenzialmente mineralizzabile,
dell'azoto fissato alle argille e dell'azoto immobilizzato dalla biomassa microbica**

Quando si parla di azoto potenzialmente mineralizzabile si parla di mineralizzazione netta, di quella frazione di azoto cioè che resta nel suolo sottoforma di nitrato (ed una piccolissima parte come ammonio scambiabile) dopo che la biomassa microbica ha assunto la sua aliquota, le argille ne hanno fissato il fissabile e la pianta ne ha assimilato la quota prontamente disponibile.

Esperimenti condotti con l'ausilio della tecnica della discriminazione isotopica nell'ambito del progetto PANDA (Nannipieri *et al.*, 1999) hanno dimostrato l'importanza del pool dell'ammonio fissato alla componente argillosa nell'intero bilancio di ripartizione del fertilizzante marcato. Come riportato nella tabella n. 1 su un bilancio complessivo del 64-66% di recupero l'ammonio fissato rappresenta il 22% nel caso del terreno di Rieti e 100% nel caso del terreno di Bari con una asportazione da parte della coltura rispettivamente del 20 e del 27%. Nel caso del terreno di Rieti dunque nell'ambito del bilancio la voce ammonio fissato alle argille aveva pesato come output sottraendo disponibilità dell'elemento per la coltura.

Nel corso di anni di sperimentazione in campo condotti dai ricercatori dell'Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante più volte l'ammonio fissato alle argille ha costituito un output piuttosto che input, in altri casi invece è risultato essere un input al punto da neutralizzare l'effetto dose come ad esempio in una prova parcellare condotta presso l'azienda dell'Istituto Sperimentale Agronomico di San Prospero (Modena) mettendo a confronto tesi concimate con urea e liquame zootecnico da 0-75-150-225-300-375 e 450 U.F. di N fino ad ottenere in tutte le tesi a partire dalla dose di 150 U.F. la medesima resa produttiva in mais nelle diverse parcelle (Benedetti *et al.*, 1998).

Progetto finalizzato PANDA

Tabella 1. Ripartizione dell'azoto marcato nei diversi pools del suolo
(Azoto arricchito 10% dose applicata di 100 kg/ha⁻¹)

	Suolo RIETI (Piedifiume)	Suolo BARI
Azoto dal fertilizzante marcato	%	%
N Totale (0-20)	29	17
N Totale (20-40)	15	12
Ammonio di scambio (0-20)	0	0
Ammonio di scambio (20-40)	0	0
Azoto disponibile (0-20)	1	2
Azoto disponibile (20-40)	1	4
Biomassa microbica	3	4
Biomassa microbica	1	1
Ammonio fissato alle argille (0-20)	13	0
Ammonio fissato alle argille (20-40)	8	0
Residui colturali	7	23
Granelle	13	14
Totale	64	66

Al fine di valutare l'interazione esistente tra i tre diversi pools, è stato condotto un esperimento nel quale sono stati determinati i tre pools prima e dopo un periodo di incubazione del suolo sottoposto a lisciviazioni periodiche per simulare l'asportazione della pianta nel quale è risultato, come riportato nelle Tabelle 2-3, che i tre pools erano in equilibrio tra loro, ma mentre, l'ammonio di interstrato tendeva ad aumentare ed anche quello della biomassa microbica il mineralizzato tendeva a diminuire segno questo di una sua sottrazione da parte degli altri due pools (Benedetti *et al.*, 1994-1996) e quindi di una minore disponibilità dell'elemento per le colture.

Tabella 2. Principali caratteristiche fisiche-chimiche del suolo (Valori riferiti al secco a 105°C)

Limo	58
Sabbia	25
Argilla	17
Minerali argillosi	
Illite %	30
Smectite %	30
Illite/smectite %	30
Clorite %	5
Caolinite %	5
pH (H ₂ O, 1:2,5)	8
C Totale %	0,7
CaCO ₃ % Totale	20
N Totale mg/kg ⁻¹	980

Tabella 3. Ammonio fissato alle argille, biomassa microbica, azoto minerale e totale prima e dopo 30 settimane di incubazione

Pools azotati	t ₀	t ₃₀
Ammonio interstrato N-NH ₄	209 ± 1,4	213 ± 2,3
N biomassa microbica	78,7 ± 1,1	85,2 ± 0,9
Ammonio scambiabile	7,5 ± 0,7	13,6 ± 0,7
N-NO ₃	5,9 ± 0,3	2,8 ± 0,3
N-NO ₂	0,7 ± 0,1	0,8 ± 0,1
Azoto totale	980 ± 42	933 ± 36
Azoto potenzialmente mineralizzabile		37,7
(No = mg/kg ⁻¹)		

Conclusioni

Dall'insieme di quanto detto è quindi indispensabile per predisporre un piano di concimazione redigere un bilancio dell'azoto che non sempre può essere di tipo semplificato. Nel caso della coltura della barbabietola ad esempio sarà di fondamentale importanza conoscere la capacità di fissazione di un suolo e se questo suolo sarà caratterizzato dalla presenza di minerali argillosi con rapporto 2:1 dovrà essere ad ogni ciclo colturale determinato il valore dell'ammonio di interstrato. Sarà anche molto importante conoscere la quota di azoto potenzialmente mineralizzabile, e questo può essere determinato "una tantum", utilizzando il parametro No anche come indicatore della fertilità biologica e quindi dedurre il potenziale di immobilizzazione da parte della biomassa microbica. Analisi più specialistiche saranno consigliabili nel caso in cui la fertilità biologica risultasse particolarmente elevata, perché in questo caso le immobilizzazioni e successive mineralizzazioni potrebbero intervenire pesantemente nel risultato complessivo del bilancio.

Sicuramente molto utile il monitoraggio dell'azoto nitrico nel corso del ciclo colturale come peraltro suggerito da alcuni autori (Barbanti, in corso di stampa), ma anche proseguire gli studi sulla dinamica dell'elemento lungo il profilo di suolo esplorato dalla pianta, che da recenti lavori apparsi in letteratura sembra estremamente più ampio di quanto sino ad ora non venisse considerato (Marchetti *et al.* 2001), anche con l'ausilio delle tecniche della discriminazione isotopica.

Bibliografia

- BARBANTI L. Saccarifere. In Benedetti A., Nannipieri P. Coordinatori: La nutrizione azotata delle colture. Progetto Editoriale PANDA/L'Informatore Agrario, in corso di stampa.
- BENEDETTI A., CANALI S., ALIANIELLO F. "Mineralization dynamics of organic nitrogen: soil management effects". In Proceedings of N-immobilization Workshop, Aberdeen (U.K.) novembre (1994).
- BENEDETTI A., SEQUI P. Coordinatori: "Codice di Buona Pratica Agricola per la protezione delle acque dai nitrati". *Quaderno PANDA* n. 1. Edagricole (1995).
- BENEDETTI A., SEQUI P. Coordinatori: "Guida alla Lettura ed Interpretazione del Codice di Buona Pratica Agricola per la protezione delle acque dai nitrati". *Quaderno PANDA* n. 2. Edagricole (1995).
- BENEDETTI A., VITTORI ANTISARI L., CANALI S., GIOACCHINI O., SEQUI P. "Relationship between the fixed ammonium and the mineralization of the organic nitrogen in soil". In Progress in Nitrogen Cycling Studies. O. Van Cleemput *et al.* (eds). Kluwer Academic Publisher. Printed in the Netherlands pp. 23-26 (1996).
- BENEDETTI A., ROSSI G., VITTORI ANTISARI L. "The effect of the application of pig slurries on nitrogen dynamics in a silty-elay soil" Atti Convegno (ME-SAEP 97). *Fresenius Environmental Bulletin* 7, 812-819 (1998).
- BIANCARDI E., MANDOLINO G. A study of the sugar beat root system by endoscopic technique. Proc. 29th Meet. ASSBT Phoenix, Arizona, 73-81 (1997).
- MARCHETTI R., STEVENATO P., BIANCARDI E. Nitrogen available to sugar beat in the deep soil practice. In corso di stampa.
- NANNIPIERI P., FALCHINI L., LANDI L., BENEDETTI A., CANALI S., TITTARELLI F., FERRI D., CONVERTINI G., BADALUCCO L., GREGO S., VITTORI ANTISARI L., RAGLIONE M. AND BARRACLOUGH D. "Nitrogen uptake by crops, soil distribution and recovery of urea. N in a sorghum - wheat rotation in different soils under Mediterranean conditions". *Plant and Soil* 208 pp. 43-56 (1999).

L'AZOTO ASSIMILABILE LUNGO IL PROFILO DEL TERRENO E CONSEGUENZE AGRONOMICHE PER LA BARBABIETOLA DA ZUCCHERO

Enrico Biancardi ¹, Rosa Marchetti ², Piergiorgio Stevanato ¹

¹ Istituto Sperimentale per le Colture Industriali - Sezione di Rovigo

² Istituto Sperimentale Agronomico - Sezione di Modena

Riassunto

La dinamica dell'azoto nel terreno è una delle più complesse tra i nutrienti delle piante coltivate. Ciò complica la determinazione dei livelli di disponibilità azotata per la coltura. L'elemento è in grado di condizionare le caratteristiche produttive della barbabietola da zucchero: la sua carenza provoca cali di produzione di saccarosio, mentre l'eccesso riduce la qualità estrattiva.

Ricerche svolte in ambiente italiano hanno permesso di verificare che l'apparato radicale della barbabietola da zucchero può approfondirsi fino a 2,5-3 metri.

In 22 aziende dell'Italia settentrionale, sono stati effettuati dei campionamenti per studiare la distribuzione dell'azoto lungo il profilo di terreno esplorato dalle radici. Campioni di terreno sono stati prelevati fino a 3 metri di profondità per strati di 0,25 metri. I prelievi sono stati eseguiti al centro di prove agronomiche varietali, in modo da poter correlare le caratteristiche dei terreni con le rese produttive. Buona parte dei profili hanno evidenziato presenza o accumuli d'azoto negli strati profondi. Il calcolo della dose d'azoto da distribuire alla barbabietola, se basato su campioni di terreno superficiali, può causare sottostime della quantità del nutriente disponibile per la coltura negli strati raggiungibili dalle radici.

Introduzione

Nuove esigenze di migliorare l'efficacia e limitare i danni ambientali dei mezzi tecnici impiegati in agricoltura richiedono l'affinamento delle tecniche di coltivazione (Powers e Schepers, 1989; Cakmak, 2002). L'uso di fertilizzanti più rispondente alle attuali necessità è possibile solo con la migliore conoscenza del rapporto tra terreno e radici (Vance, 2001). Recentemente, alcuni aspetti sono stati chiariti col progresso delle tecniche d'indagine e con studi sulla morfofisiologia e sulla genetica dello sviluppo radicale (Lynch, 1995; Scheres *et al.*, 1996; Zhang e Forde, 2000). Ma l'argomento, nelle sue implicazioni teoriche e applicative, rimane straordinariamente complesso (Sequi e Vittori Antisari, 1989).

Le rese produttive e qualitative della barbabietola da zucchero (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris* L. Sugar Beet Group) dipendono in buona misura dalla disponibilità di quantità adeguate di elementi nutritivi, tra i quali prevale per importanza l'azoto (Draycott, 1993). Sulla coltura sono note le manifestazioni di carenza e d'eccesso dell'elemento (Hills e Ulrich, 1971; Draycott, 1972). Quantità superiori al fabbisogno riducono il grado polarimetrico e la qualità tecnologica, causando danni economici ingenti con la riduzione del prezzo delle radici e con le difficoltà originate nel processo industriale (Hills e Ulrich, 1971).

La stima della dose d'azoto più appropriata da distribuire alla coltura (Boon e Vanstallen, 1983, Lindén e Nouno, 1983; Neeteson, 1989) è resa difficile dalla presenza nel terreno di diverse forme in continua trasformazione e di quantità variabili dell'elemento (Draycott *et al.*, 1983; Giardini, 1989; Sequi e Vittori Antisari, 1989; Martin Olmedo *et al.*, 1999; Christenson e Butt, 2000; Shock *et al.*, 2000). Tra le cause dell'elevata variabilità, si citano la precessione culturale, l'andamento climatico, la disponibilità idrica, le caratteristiche pedologiche ed il contenuto di sostanza organica. Tra l'altro, quest'ultima è in grado di liberare N minerale in misura non prevedibile al momento della concimazione di base (Sequi e Vittori Antisari, 1989).

Per calcolare con sufficiente approssimazione il fabbisogno della coltura e la dose d'azoto da distribuire, occorre stimare sia la fertilità residua, sia la quantità dell'elemento che si renderà disponibile con la mineralizzazione della sostanza organica (Blumenthal, 2003). Inoltre, è necessario conoscere altri parametri essenziali che riguardano la parte attiva, ossia l'apparato radicale, la cui morfologia, sviluppo e profondità dipendono dalle situazioni pedologiche ed agronomiche locali. L'elevata variabilità dei parametri radicali è confermata da alcuni autori, che riferiscono di profondità massime di 2,5 m (Girard, 1885), 2,1 m (Andrews, 1927), 1 m (Kutschera, 1960). Rilievi più recenti eseguiti da Märlander e Windt, 1996, e da Winter, 1998, riportano profondità di 2,8 e di 2,74 m (9 ft) rispettivamente. A queste stime ha corrisposto un graduale aumento della profondità dei prelievi di terreno da destinare alle analisi: da 0,3 - 0,45 - 0,60 m (Neeteson e Smilde, 1983), a 1,2 m (Soper and Huang, 1963; Hills e Ulrich, 1976), a 1,5 m (Reuss e Rao, 1971), a 1,82 m (6 ft) consigliati recentemente da Blumenthal, 2003. Per il controllo della fertilità residua su prove di concimazione azotata su barbabietola, Winter, 1998, ha prelevato campioni di terreno fino a 2,74 m (9 ft). In

caso di terreni omogenei in senso verticale, Ludwick *et al.*, 1977, e Reuss e Rao, 1971, consigliano l'esecuzione di campioni più superficiali per ridurre i costi. Concentrazioni di N-NO₃ dello stesso ordine di grandezza di quelle dello strato superficiale sono state segnalate fino alla profondità di 7 m da Hege e Brandhuber, 1991, in terreni della Germania meridionale.

L'incremento della profondità dei prelievi è giustificato anche dalle esperienze di Peterson *et al.*, 1977, che hanno dimostrato la capacità da parte della barbabietola di assorbire N marcato con l'isotopo ¹⁵N fino a 2,40 m di profondità.

Per la variabilità delle risposte della barbabietola alla concimazione azotata, la tradizionale pratica di distribuire quantità fisse (negli anni o nelle località) di fertilizzante è spesso inadeguata a soddisfare le reali necessità dei singoli campi (Hills e Ulrich, 1971). Per l'evidente imprecisione dei tradizionali sistemi per la stima del fabbisogno d'azoto, è iniziata nel 1993 una serie d'osservazioni sulle caratteristiche dell'apparato radicale di barbabietola in ambienti italiani. I rilievi sono stati svolti con tubi minirhizotron e con attrezzature endoscopiche acquisite grazie al progetto PANDA (Morselli e Biancardi, 1997). Le esperienze sono proseguite con campionamenti di profili nelle zone a più intensa coltivazione, con lo scopo di valutare, in un numero rappresentativo di località, la presenza e la distribuzione della sostanza organica e dell'azoto nello strato esplorato dalle radici della coltura (Marchetti *et al.*, 2002). Queste ultime indagini hanno potuto svolgersi e sono tuttora in corso nell'ambito del Progetto Bietola.

Materiali e metodi

Caratteristiche ed installazione dei minirhizotron

Per l'osservazione delle radici sono stati utilizzati tubi di plexiglas lunghi 4 m, con diametro esterno di 0,04 m ed interno di 0,036 m. All'estremità da interrare, i tubi, definiti minirhizotron da Taylor, 1987, sono chiusi ermeticamente. L'altra, che deve sporgere dal terreno per 0,1 m, è verniciata più volte con smalto nero per un tratto di circa 0,15 m per evitare l'ingresso della luce. Sulla parete esterna, per orientare le riprese e per la localizzazione delle immagini, sono tracciati un sottile segno longitudinale e riferimenti trasversali ogni 0,025 m.

I minirhizotron devono essere sistemati a 45° rispetto alla verticale (Upchurch e Ritchie, 1983; Mosca e Vameralli, 2000), allo scopo di evitare lo scorrimento delle radici tra tubo e terreno. Si utilizza una piattaforma livellabile e provvista di una guida tubolare con l'inclinazione richiesta, nella quale scorre la sonda per lo scavo. Per quest'operazione, sono stati provati vari sistemi al fine di evitare la compressione delle pareti del foro. E' risultata più adatta una sonda manuale tipo Edelman con diametro di 0,038 m e fornita di prolunghe di 1 m collegabili con giunti a vite. Per la necessità di estrarre il terreno ad ogni avanzamento di 0,15 - 0,20 m, serve circa un'ora per l'installazione di un tubo. Ovviamente, non si può utilizzare alcun tipo di sonda motorizzata o ad azionamento pneumatico a causa dell'inevitabile compressione delle pareti che causerebbe la deviazione delle radici. Il diametro di 0,04 m, necessario per il passaggio del tubo, è ottenuto introducendo nel foro una sonda cilindrica lunga 1 m e con diametro di 0,038 m, provvista di due lame contrapposte e sporgenti 0,001 m: ruotandola e facendola avanzare lentamente, si asporta lo strato probabilmente compresso nelle operazioni precedenti. I tubi sono sistemati subito dopo la seconda operazione, orientando verso l'alto la linea longitudinale di riferimento (Morselli e Biancardi, 1997).

I rilievi sono svolti con una sonda a fibre ottiche Olympus IF-1303, lunga 6 m e fornita, ad un'estremità, di obiettivo grandangolare e, dall'altra, dell'oculare e del sistema ottico per la messa a fuoco. All'oculare è applicata una telecamera Sony DXC-107P collegata ad un registratore Video 8 della stessa marca e ad un monitor a colori da 9 pollici. Questi ultimi apparecchi sono sistemati, assieme alla sorgente luminosa e all'alimentatore della telecamera, su un carrello apposito costruito per il trasporto e l'impiego in campo. Una lampada da 200 W trasmette la luce in prossimità dell'obiettivo attraverso fibre ottiche incorporate alla sonda. Le attrezzature pesano meno di 80 kg, compreso un generatore Honda EX650 da 0,6 kW (Morselli e Biancardi, 1997).

Le riprese si eseguono muovendo manualmente la sonda dal basso verso l'alto alla velocità di circa 0,05 m per secondo e controllando sul monitor la messa a fuoco e l'allineamento con la retta longitudinale tracciata sul tubo. La ripresa interessa la parte rivolta verso l'alto del tubo e permette di osservare un arco di circonferenza di 0,035 m misurato sulla parete esterna del tubo stesso. Le radici che compaiono nelle registrazioni sono disegnate su diagrammi in scala. Su questi, mediante un curvimetro, è misurata la lunghezza alle varie profondità (Upchurch e Ritchie, 1983).

Per valutare l'influenza dell'azoto sull'accrescimento radicale sono state organizzate due prove su terreni non concimati con azoto da almeno 4 anni, per ottenere effettivi livelli di carenza fino a 3 m di profondità. La carenza nel profilo è stata confermata da analisi svolte prima della semina. Per evitare interazioni, è stata ristabilita sugli appezzamenti la normale disponibilità degli altri elementi di fertilità. La prova eseguita nel 1994 era impostata a blocchi randomizzati con 3 livelli d'azoto, 6 ripetizioni e una raccolta. I tre livelli d'azoto (0, 100 e 200 kg/ha), adottati per differenziare la risposta radicale, sono stati ottenuti con la distribuzione manuale di nitrato ammonico prima

dell'epicatura che precede la semina. Nel 2002, sono stati provati i livelli 0 e 100 kg/ha, l'ultimo calcolato con analisi della fertilità residua. L'apporto in copertura di concimi potenzialmente in grado di influire negativamente sulla germinabilità del seme non ha prodotto riduzioni o ritardi d'emergenza. Su entrambe le prove, era comunque previsto il diradamento manuale per ottenere un investimento uniforme di 10 piante per m².

Nel 1994, sono stati impiegati 6 tubi per parcella su 3 file di bietole distanti tra di loro 0,45 m e sui corrispondenti interfila, in maniera che tra il primo ed il sesto tubo la distanza era di 1,125 m. La posa dei tubi effettuata subito dopo la semina è stata limitata a 2 ripetizioni contigue. Sui 36 tubi, disposti nel senso della semina, sono state eseguite 10 osservazioni con cadenza bisettimanale ad iniziare dal 23 maggio. L'altra prova, organizzata nel 2002 su un terreno contiguo al primo, era impostata su 2 tesi (testimone non concimato e 100 kg/ha di azoto) e 4 ripetizioni, da raccogliere in 8 epoche. Le modalità di posa ed il numero di tubi per parcella sono stati gli stessi della prima prova. Per confrontare le due serie di osservazioni, sono stati considerati 4 rilievi mensili ad iniziare da metà giugno.

Campionamento ed analisi del terreno

I profili sono stati prelevati in appezzamenti coltivati a barbabietola a fine maggio del 2000 e a metà di giugno 2001. Le 22 aziende interessate sono state scelte per rappresentare un campione della zona italiana a più intensa coltivazione (figura 1). Tutti i prelievi sono stati eseguiti al centro di prove parcellari di varietà commerciali eseguite in prevalenza dalla Commissione Tecnica Nazionale (CTN). La disponibilità dei dati colturali, meteorologici e produttivi permetterà di calcolare le correlazioni tra i parametri radicali e le caratteristiche fisico-chimiche dei terreni.

Per il prelievo dei campioni di terreno è stata usata una trivella manuale simile a quella descritta per la posa dei tubi. Si è arrivati a 3 m di profondità prelevando separatamente i singoli strati di 0,25 m ed ottenendo 12 campioni per profilo. In caso di strati prevalentemente sabbiosi e con presenza di falda, non è stato talvolta possibile estrarre i campioni per la tendenza del terreno a disperdersi durante il recupero della sonda. In attesa delle analisi, i campioni sono stati congelati entro alcune ore dal prelievo (Marchetti *et al.*, 2002).

I campioni, scongelati ed essiccati all'aria, sono stati analizzati secondo i metodi ufficiali d'analisi (MiRAAF, 1994). In particolare, la granulometria è stata determinata per setacciatura a umido e sedimentazione, previa distruzione della sostanza organica con H₂O₂ in caso di contenuto di carbonio organico superiore al 2%. Il carbonio organico è stato determinato col metodo Walkley e Black; L'N totale col metodo Kjeldahl; il P assimilabile col metodo Olsen; il complesso di scambio cationico (C.S.C.) usando ammonio acetato come estraente.

L'N minerale è stato estratto con KCl 2mol (rapporto terreno/estraente, 1:5). I nitrati (N-NO₃) sono stati ridotti a nitriti (N-NO₂) mediante passaggio su colonna di cadmio; i nitriti e lo ione ammonio (N-NH₄) sono stati determinati per colorimetria mediante Autoanalyzer Technicon III. L'umidità è stata determinata per gravimetria. Per rappresentare la variabilità dei dati, è riportato sulle figure l'errore standard delle concentrazioni ai singoli livelli di campionamento.

Risultati e discussione

Si riferiscono i risultati di prove svolte in diverse località per verificare i diversi fattori in grado di influire sulla dinamica radicale. Parte delle esperienze è stato pubblicato (Morselli e Biancardi, 1997; Biancardi *et al.*, 1997). In questa sede si riassumono i risultati delle osservazioni sulla dinamica radicale anche in situazioni di moderata carenza e di normale disponibilità dell'elemento. Infine, sono illustrati i dati riguardanti la distribuzione dell'azoto lungo i profili di diverse località.

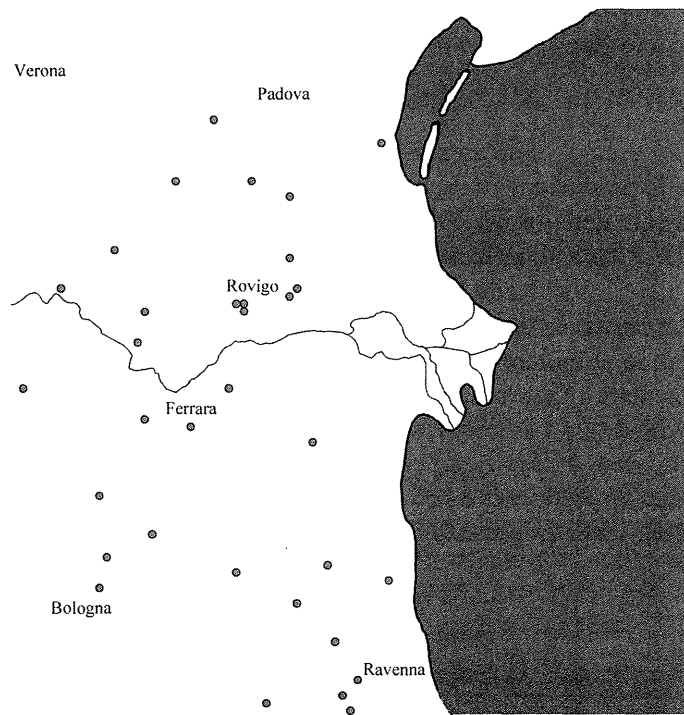


Figura 1.

Localizzazione dei siti di prelievo nel 2000 - 2001 - 2002

Rilievi radicali

La densità radicale media dei diversi strati osservata a fine settembre in 4 località e per 4 anni è rappresentata nella figura 2. La profondità massima è raggiunta all'inizio delle raccolte, mentre lo sviluppo maggiore misurato come lunghezza totale delle radici è osservabile all'inizio dell'estate (Morselli e Biancardi, 1997). Lo sviluppo radicale subisce l'effetto dei fattori pedologici, climatici ed agronomici che influiscono sulla coltura, di conseguenza la variabilità è molto alta. Nella figura 2, si nota anche la relativa scarsità di radici negli strati superficiali, in contrasto con rilievi svolti in altri ambienti e con altri sistemi (Märländer e Windt, 1996).

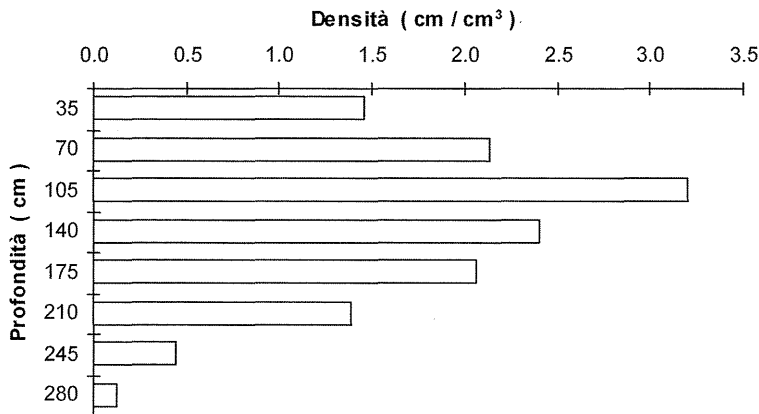


Figura 2. Sviluppo radicale della barbabietola a fine settembre. Media di 4 località e di 4 anni

Effetti della concimazione azotata sull'apparato radicale

La carenza d'azoto rilevata dalle analisi svolte prima della semina è stata confermata dai dati riguardanti la produzione di saccarosio, risultata significativamente superiore sulle tesi concimate. Lo sviluppo dell'apparato radicale della prova 1994 è illustrato nelle figure 3 A e 3 B. Nella prima, le differenze tra le curve "azoto 0" e "azoto 200" sono significative a luglio. La curva "azoto 100", non riportata sulla figura, ha un andamento intermedio.

Nella figura 3 B, sono riassunti i risultati della prova svolta nel 2002. Grazie ad una variabilità molto bassa, le curve "azoto 0" e "azoto 100" si differenziano da luglio in poi. Le situazioni di moderata carenza d'azoto sembrano stimolare lo sviluppo radicale, per consentire alla pianta di esplorare un maggior volume di terreno e di aumentare l'assorbimento del nutriente.

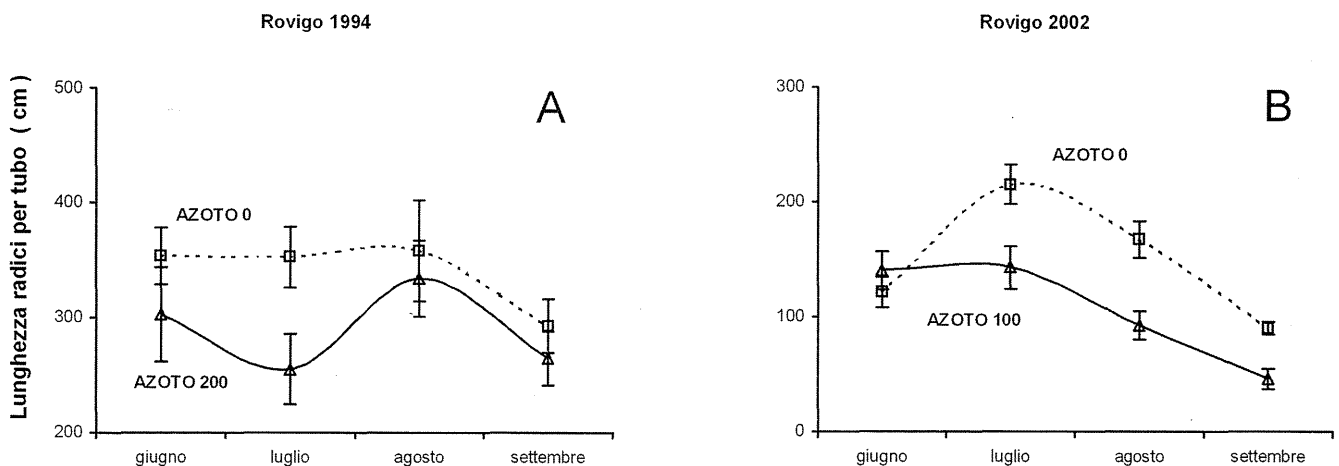


Figura 3. Andamento della lunghezza radicale in funzione del livello di azoto negli anni 1994 - 2002

Distribuzione dell'azoto nel profilo

Nei 22 profili campionati nel biennio 2000-2001, 18 hanno mostrato una distribuzione dei nutrienti relativamente normale, pur nell'elevata variabilità tra le località. Nei rimanenti, è stata riscontrata la presenza in profondità di

accumuli di sostanza organica molto superiori a quella presente negli strati superficiali. Tali valori, mediati con gli altri, avrebbero influenzato l'andamento del profilo medio valido per la altre località. Si è perciò ritenuto opportuno tenere separati i primi dai secondi profili. In quelli considerati normali, le concentrazioni alla diverse profondità sono state espresse in percento dello strato più superficiale (figura 4) per limitare la variabilità esistente tra i valori assoluti delle singole località. Gli altri (4) sono stati tabulati a parte, esprimendo in valore assoluto i contenuti dei diversi strati (figura 5).

Nella media delle 18 località, il carbonio organico (figura 4 A) decresce fino a circa 2 m, per tornare a valori simili a quelli rilevati in superficie negli strati profondi. Qui la presenza di considerevoli quantità di sostanza organica è da mettere in relazione con l'origine alluvionale dei suoli campionati, originati da antiche paludi interrate dalla deposizione di sedimenti fluviali (Filippi e Sbarbati, 1994).

L'N minerale ($N-NO_3 + N-NH_4 + N-NO_2$) tende a diminuire la concentrazione in funzione della profondità (figura 4 B). Tuttavia, sotto lo strato arato esistono quantità di N minerale circa 2 volte superiori a quelle presenti in superficie. L' $N-NO_3$ ha andamento simile al N minerale, in quanto ne rappresenta la componente più importante per concentrazione nel terreno (figura 4 C). Data la presenza minima in profondità, è presumibile che l' $N-NO_3$ formatosi in superficie e in eccesso rispetto ai fabbisogni colturali siano stati lisciviati al di sotto del profilo esaminato o siano stati denitrificati.

Per quanto riguarda l' $N-NH_4$ (figura 4 D), si ha una crescita regolare che raggiunge, nello strato più profondo, un valore di circa 3 volte quello trovato in superficie. L'andamento va messo in relazione con la quantità di sostanza organica presente in profondità e con l'ambiente riducente. L' $N-NH_4$ non può essere arrivato dalla superficie data la sua scarsa mobilità nel terreno. E' probabile quindi che si sia formato in loco per mineralizzazione della sostanza organica. L' $N-NH_4$, anche se presente in quantità inferiori al $N-NO_3$, rappresenta un'importante fonte di azoto essendo molto appetito dalle radici. Infatti, non solo è assorbito tal quale dai capillari senza dispendio da parte della pianta, come nel caso dell' $N-NO_3$, ma anche possiede un contenuto d'energia superiore (Sequi e Vittori Antisari, 1989).

Nella media dei profili, l' $N-NO_2$ ha mostrato valori di circa 0,2 mg/kg (dati non riportati) con massimi di circa 0,5 attorno al metro di profondità (Marchetti *et al.*, 2002).

Le 4 località anomale presentano tra 2 e 3 m di profondità livelli di sostanza organica circa 4 volte superiore agli strati superficiali (figura 5 A). A ciò corrispondono valori molto elevati di $N-NH_4$ e di N minerale, mentre l' $N-NO_3$ mantiene l'andamento decrescente dall'alto verso il basso rilevato nei 18 campioni normali (figure 5 B, 5 C e 5 D).

Per valutare la possibilità delle radici di assorbire azoto dalle profondità maggiori sono in corso esperimenti che prevedono l'iniezione di 15N a 2, 2,5 e 3 m. Tale possibilità è stata provata da Peterson *et al.*, 1977, con mezzi analoghi e per profondità di 2,4 m.

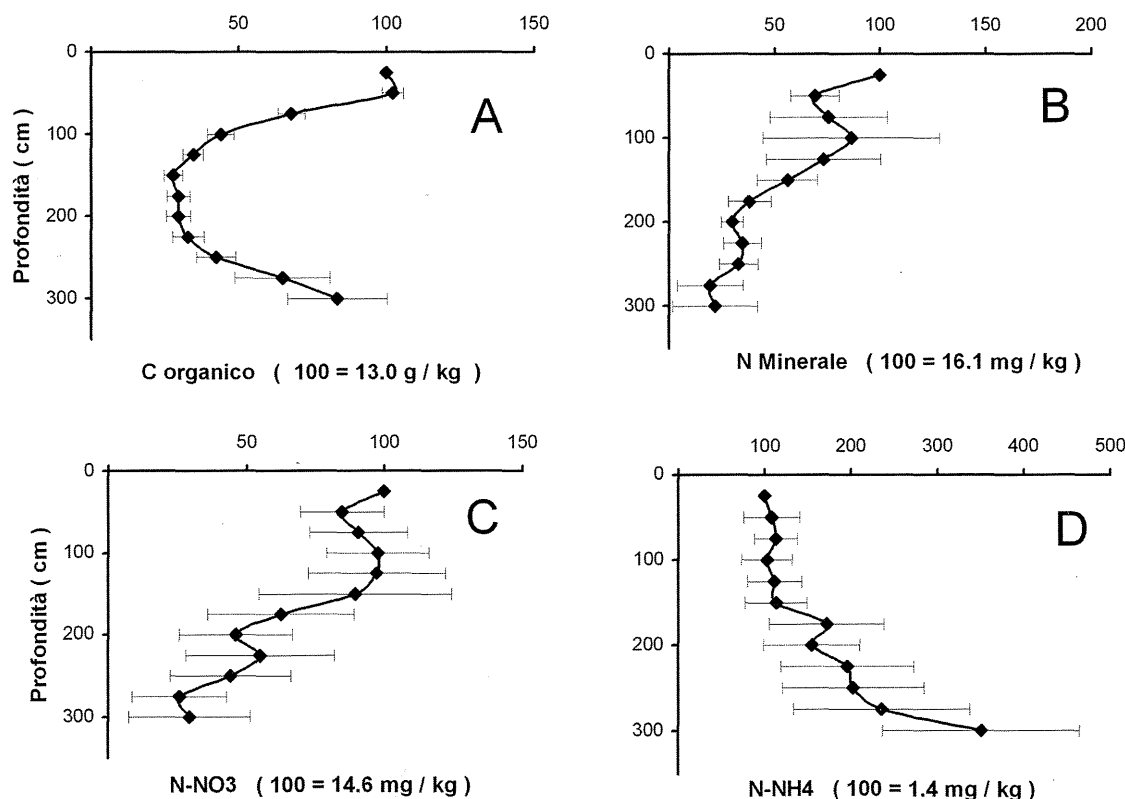


Figura 4. Andamento di alcuni elementi di fertilità nel profilo del terreno (biennio 2000 - 2001). Le concentrazioni sono espresse in percento dello strato superficiale. Medie \pm ES di 18 località

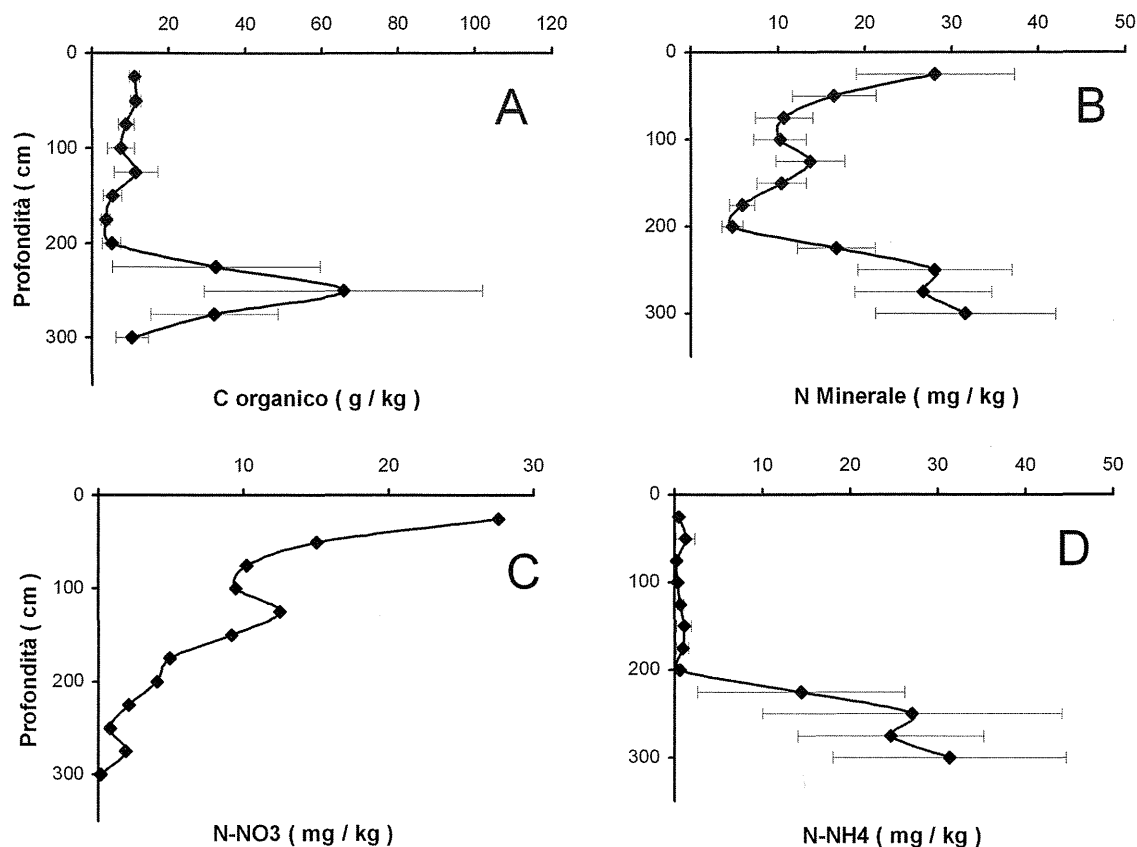


Figura 5. Andamento di alcuni elementi di fertilità nel profilo del terreno (anno 2001).
Le concentrazioni sono espresse in valori assoluti. Medie \pm ES di 4 località

Conclusioni

Sono stati svolti rilievi in diverse località e condizioni sperimentali, che hanno permesso di verificare alcuni comportamenti dell'apparato radicale utili per lo studio della disponibilità dell'azoto nel profilo del terreno esplorato dalle radici. Nella media dei casi, sono stati osservati sviluppi dell'apparato radicale e profondità massime considerevoli.

Le analisi svolte su profili profondi consentono una prima stima della distribuzione dell'azoto in un campione rappresentativo di terreni italiani intensamente coltivati a barbabietola. Elevate concentrazioni di carbonio organico e d'azoto minerale in profondità sono da correlare con la presenza di strati contenenti alte percentuali di sostanza organica. Nella maggioranza dei casi, notevoli quantità di azoto ammoniacale sono state rilevate negli strati più profondi.

Nelle prove a diversa disponibilità d'azoto, alle situazioni di scarsità ha corrisposto uno sviluppo maggiore delle radici. E' probabile che la pianta, avvalendosi di questo meccanismo, sia in grado di superare moderate situazioni di carenza, come è stato osservato su altre colture. La stessa reazione è verificabile su piante coltivate in asciutto, se messe a confronto con situazioni di sufficiente disponibilità idrica.

In genere, nelle zone di coltivazione considerate, l'azoto minerale nel profilo esplorato dalle radici eccede la quantità utilizzata dalla barbabietola. I prelievi di terreno per stabilire la quantità d'azoto da distribuire alla coltura dovrebbero comprendere gli strati profondi più esplorati dalle radici. La possibilità per la coltura di assorbire l'elemento dagli strati profondi, dimostrata in altri ambienti, sarà verificata con indagini in corso.

Bibliografia

- ANDREWS L.H. 1927. The relation of the sugar beet root system to increased yields. *Through the Leaves*, 16-20.
- BIANCARDI E., MANDOLINO G., BOSCHETTI W. 1997. A study of the sugar beet root system by endoscopic techniques. In: *Proc. ASSBT 1997*, Phoenix, 73-81.
- BLUMENTHAL J.M. 2003. Fertilizing sugar beet. Web page: www.ianr.unl.edu/pubs/fieldcrops.
- BOON R., VANSTALLEN R. 1983. Avis de fumure azotée pour betteraves sucrières sur base de l'analyse de terre. In: *Proc. IIRB 1983*, Bruxelles, 433-445.
- CAKMAK I. 2002. Plant nutrition research: priorities to meet human needs for food in sustainable ways. *Plant and Soil*, 247: 3-24.
- CHRISTENSON D.R., BUTT M.B. 2000. Response of sugar beet to applied nitrogen following field bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and corn (*Zea mays* L.). *J. of Sugar Beet Research*, 37: 1-16.

- DRAYCOTT A.P. 1972. Sugar beet nutrition. *Applied Science Publisher LTD*, 250 pp.
- DRAYCOTT A.P. 1993. Nutrition. In: Cooke D.A., Scott R.K. (eds.). *The sugar beet crop*. Chapman e Hall, Londra, 239-278.
- DRAYCOTT A.P., LAST P.J., WEBB D.J. 1983. Effect of time and method of nitrogen fertiliser applications on available soil nitrogen, on seedling establishment and growth, and on yield of sugar beet. In: *Proc. IIRB 1983*, Bruxelles, 293-303.
- FILIPPI N., SBARBATI L., 1994. I suoli dell'Emilia-Romagna. Regione Emilia-Romagna. Servizio Cartografico - Ufficio Pedologico, Bologna.
- GIARDINI L. 1989. Aspetti agronomici e fisiologici della concimazione azotata in relazione all'ambiente. *Riv. di Agronomia*, 1: 3-22.
- GIRARD A. 1885. Recherches sur le development de la betterave a sucre. *Heliog. Dujardin*, 10 tab.
- HEGE U., BRANDHUBER R. 1991. Nitratverlagerung in tiefe Bodenschichten. *Zuckerrübe*, 1: 18-21.
- HILLS F.J., ULRICH A. 1976. Soil nitrate and the response of sugar beet to fertilizer nitrogen. *J. of ASSBT*, 2: 118-124.
- HILLS J.F., ULRICH A. 1971. Nitrogen nutrition. In: Jonhson R.T., Alexander J.T., Bush G.E., Hawkes G.R. (eds.), *Advances in sugar beet production*. Iowa State Univ. Press, Ames, 111-135.
- KUTSCHERA L. 1960. Wurzelatlas. DLG Verlag, Francoforte.
- LINDÉN B., NOUNO S. 1983. Nitrogen fertilization prognoses for sugar beet based on determinations of the mineral N content in soil profiles. In: *Proc. IIRB 1983*, Bruxelles, 473-492.
- LUDWICK A.E., SOLTANPOUR P.N., REUSS J.O. 1977. Nitrate distribution and variability in irrigated fields of northeastern Colorado. *Agron. J.*, 69: 710-713.
- LYNCH J. 1995. Root architecture and plant productivity. *Plant Physiol.*, 109: 7-13.
- MARCHETTI R., BIANCARDI E., STEVANATO P. 2002. Disponibilità azotata per la barbabietola da zucchero in suoli (diversi) della pianura emiliano-veneta. *Agroindustria*, 2: 92-97.
- MÄRLÄNDER B., WINDT A. 1996. Entwicklung des Faserwurzel-systems und dessenbezug zu Nährstoffaufnahme und Wachstum der Zuckerrübe. In: *Proc. IIRB 1996*, Bruxelles, 187-198.
- MARTIN-OLMEDO P., MURILLO J.M., CABRERA F., LOPEZ R. 1999. Sugarbeet (*Beta vulgaris* L.) response to residual soil N under Mediterranean agronomic practices. *J. Agric. Sci.*, 132: 273-280.
- MIRAAF, 1994. Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo. ISMEA, Roma.
- MORSELLI A., BIANCARDI E. 1997. Dinamica dell'accrescimento radicale su barbabietola da zucchero e su colture con essa in rotazione. *Agricoltura Ricerca*, 171: 107-113.
- MOSCA G., VAMERALI T. 2000. Obiettivo radice, metodi di studio e risultati ottenuti in ambiente mediterraneo. *CLUEP*, Padova.
- NEETESON J.J. 1989. Assessment of fertilizer nitrogen requirement of potatoes and sugarbeet. Intern. Agric. Centre, Wageningen, Olanda.
- NEETESON J.J., SMILDE K.W. 1983. Correlative methods of estimating the optimum nitrogen fertilizer rate for sugar beet as based on soil mineral nitrogen at the end of the winter period. In: *Proc. IIRB 1983*, Bruxelles, 409-421.
- PETERSON G.A., ANDERSON F.N., VARVEL G.E., OLSON R.A. 1977. Uptake of ¹⁵N-labelled nitrate by sugar beets from depths greater than 180 cm. *Agron. J.*, 71: 371-372.
- POWERS J.F., SCHEPERS J.S. 1989. Nitrate contamination of groundwater in North America. *Agriculture Ecosystem Environment*, 26: 165-187.
- REUSS J.O., RAO P.S.C. 1971. Soil nitrate nitrogen levels as an index of nitrogen fertilizer needs of sugarbeets. *J. of ASSBT*, 16: 461-470.
- SCHERES B., MCKANN H., VAN DEN BERG C. 1996. Roots redefined: anatomical and genetic analysis of root development. *Plant Physiol.*, 111: 959-964.
- SEQUI P., VITTORI ANTISARI L. 1989. Dinamismo chimico dell'azoto: aspetti agronomici e ambientali. *Riv. di Agronomia*, 1: 30-42.
- SHOCK C.C., SEDDIGH M., SAUNDERS L.D., STIEBER T.D., MILLER J.G. 2000. Sugarbeet nitrogen uptake and performance following heavily fertilized onion. *Agron. J.*, 92: 10-15.
- SOPER R.J., HUANG P.M. 1963. Effects of nitrate nitrogen in the soil profile on response of barley to fertilizer nitrogen. *Can. J. of Soil Science*, 45: 350-358.
- TAYLOR H.M. 1987. Minirhizotron observation tubes: methods and applications for measuring rhizosphere dynamics. *ASA Special Publication*, 50, American Society of Agronomy, Madison, WI.
- UPCHURCH D.R., RITCHIE J.T. 1983. Root observations using a video recording system in minirhizotron. *Agron. J.*, 35: 1009-1015.
- VANCE C.P. 2001. Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition. Plant nutrition in a world of declining renewable resources. *Plant Physiol.*, 127: 390-397.
- WINTER S.R. 1998. Sugarbeet response to residual and applied nitrogen in Texas. *J. of ASSBT*, 1-2: 43-62.
- ZHANG H., FORDE B.G. 2000. Regulation of Arabidopsis root development by nitrate availability. *J. Exp. Bot.*, 51: 51-59.

SVILUPPO RADICALE DELLA BIETOLA A DIVERSO INPUT NUTRITIVO

Giuliano Mosca e Teofilo Vamerali

Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali, Università di Padova, Agripolis
Viale Dell'Università, 16 - 35020 Legnaro (PD)

L'apparato radicale fibroso

Nelle piante a radice fittonante come la barbabietola da zucchero (*Beta vulgaris* var. *saccharifera*), la radice principale - che svolge funzioni prevalentemente di riserva - porta numerose radici laterali variamente ramificate che formano il cosiddetto apparato radicale fibroso.

La formazione di radici laterali inizia oltre un certo stadio di sviluppo del giovane fittone, incrementando costantemente a partire dall'emergenza, anche se l'entità della rizogenesi è strettamente dipendente dalle condizioni ambientali, e del suolo in particolare. Il sistema fibroso si sviluppa generalmente prima dell'ingrossamento del fittone, utilizzando nelle fasi iniziali del ciclo colturale una quantità consistente di assimilati. L'accrescimento delle radici fibrose può essere talora molto complesso, potendo presentare fino a 1,5 ramificazioni per cm di radice.

Sebbene il contributo ponderale di tale apparato sia generalmente limitato e pari al 5-10% dell'intero peso della pianta, con un andamento (in percentuale) decrescente nel corso della stagione (Thomas, 1996), esso svolge un ruolo chiave nell'assorbimento, ancoraggio e regolazione dell'accrescimento (sintesi ormonali). Tuttavia, a tutt'oggi in barbabietola le relazioni tra geometria radicale e tolleranza agli stress abiotici (idrico, nutrizionale) risultano ancora poco esplorate e la caratterizzazione di nuove varietà selezionate anche per la tolleranza a specifici fattori limitanti non può prescindere dalla conoscenza della morfologia radicale, poiché l'apparato radicale fibroso svolge importanti funzioni di mediazione tra le variazioni ambientali e la funzionalità fogliare.

Le metodologie di studio

All'esigenza di studiare correttamente l'apparato radicale attraverso metodi classici che prevedono il prelievo di campioni di terreno (carotaggio), già ampiamente utilizzate presso il Dipartimento di Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali dell'Università di Padova, si contrappongono rilevanti svantaggi dovuti alla distruzione del campione e al grande dispendio di tempo e manodopera per raccolta, pulizia e misurazione delle radici. La tecnica del carotaggio è stata pienamente collaudata e viene adottata anche come riferimento per la messa a punto di nuove metodologie. A causa della grande variabilità che caratterizza il sistema suolo e gli apparati radicali, la credibilità del metodo è legata alla rappresentatività dei campioni raccolti (numero, posizione, diametro delle carote di terreno) in considerazione della spiccata variabilità che caratterizza i sistemi radicali. La separazione delle radici avviene per flottazione in appositi contenitori che sfruttano l'energia cinetica di un flusso d'acqua nel quale viene immerso il campione, raccogliendole su setacci a maglia fine (Oliveira *et al.*, 2000).

La misurazione della lunghezza radicale con le metodologie manuali è stata sostituita da "root-length scanners" che applicano il principio della sovrapposizione delle linee (Newman, 1966; Tennant, 1975). Solo recentemente le immagini delle radici sono state acquisite per via informatica per operare analisi più complesse tramite programmi di elaborazione grafica (Richner *et al.*, 2000). La messa a punto di opportune metodologie di analisi di immagine, basate sulla discriminazione automatica delle radici da eventuali impurità (es. residui colturali, semi di infestanti) e l'elaborazione di algoritmi per la misura della lunghezza radicale (Vamerali *et al.*, 2001), hanno consentito di agevolare e migliorare la precisione di tali misure, potendo ottenere oltre alla lunghezza un insieme di altri parametri come la superficie ed il diametro radicale.

Il carattere distruttivo del metodo del carotaggio rimane tuttavia la sua principale limitazione. I minirizotroni, strumento invece conservativo, di relativamente recente introduzione (Taylor, 1987), rappresentano una alternativa alle tecniche tradizionali, consentendo l'osservazione in "situ" di singole radici per arrivare quindi all'analisi del turnover. Si tratta di installare nel terreno, prima della semina o ad emergenza non ancora avvenuta, dei canali di ispezione cilindrici in materiale trasparente all'interno dei quali poter introdurre dei sensori ottici (es. micro-telecamera) per l'osservazione. Sebbene l'impiego di minirizotroni sia stato testato in questi anni in diverse colture, va segnalato che per studi quantitativi dell'apparato radicale la metodologia non appare ancora sufficientemente sperimentata in tutte le colture nelle diverse situazioni ambientali, e gli aspetti da considerare per un loro corretto impiego sono numerosi. La disposizione rispetto alla fila di semina, l'angolo di installazione, il diametro, il numero di ripetizioni, la dislocazione nell'ambito dell'unità sperimentale dei minirizotroni, nonché il tipo di sensore ottico dell'apparato visivo e

la dimensione della superficie di osservazione rappresentano solo alcuni dei fattori che possono modificare, anche in modo sensibile, i risultati ottenibili.

Oltre alle problematiche connesse alla conversione delle misure effettuate con minirizotroni (numero di radici o lunghezza per unità di superficie all'interfaccia di separazione con il terreno) in densità di lunghezza volumetrica (Merril e Upchurch, 1994), in generale si riconosce a questo metodo il difetto di sottostimare la densità radicale nei primi orizzonti di terreno (10-20 cm) (Samson e Sinclair, 1993), condizione questa che impedisce di ottenere valori di densità validi in senso assoluto.

Condizioni sperimentali e metodologie impiegate

Presso l'Azienda agraria sperimentale "L. Toniolo" dell'Università di Padova (Legnaro) dal 1996 ad oggi sono stati condotti numerosi esperimenti volti alla valutazione di metodi diversi per lo studio dell'apparato radicale fibroso in barbabietola da zucchero.

Gli studi sono stati svolti in ambiente confinato su terreni diversi (prove lisimetriche) e in pieno campo in un terreno medio-limoso (fulvi-calcaric-cambisol) mediamente dotato di sostanza organica (1,7%) e di azoto (0,11%) con una CSC di 11,4 cmol(+) kg⁻¹ e pH 7,8.

Le condizioni sperimentali hanno riguardato la diversa disponibilità di azoto, un apporto medio di 100 kg ha⁻¹ in raffronto ad un controllo non concimato, inteso come strumento per testare la diversa sensibilità dei metodi del carotaggio e dei minirizotroni per l'osservazione dei parametri morfologici dell'apparato radicale fibroso di barbabietola.

Per il campionamento distruttivo del suolo sono state utilizzate sonde metalliche del diametro di 7 cm, provviste internamente di due emi-camicie in alluminio. L'inserimento delle sonde avveniva con l'ausilio di un martello pneumatico (Cobra MK1, Atlas Copco), mentre per l'estrazione veniva impiegato un semplice paranco. Il campionamento è stato eseguito fino a 200 cm di profondità. Le carote di terreno sono state suddivise in sub-campioni corrispondenti a intervalli di profondità di 10 cm, per l'ottenimento di un profilo radicale dettagliato. Sono seguiti il lavaggio e la separazione delle radici e la loro acquisizione allo scanner ad una risoluzione di 300 DPI, valore che consentiva di identificare le radici con un diametro minimo di 84 µm. La separazione degli oggetti estranei è avvenuta secondo procedure automatizzate, sostituendo la separazione manuale con l'identificazione delle radici in ambiente di analisi d'immagine KS 300 Rel. 3.0 (Zeiss, München - Germania) in base ai parametri di forma. Studi preliminari hanno consentito di verificare che un riconoscimento sufficientemente preciso di radici (90%) si può ottenere adottando valori di "indice di allungamento" (perimetro²/area) di poco superiori a 200.

La misurazione della lunghezza radicale è stata ulteriormente facilitata dalla messa a punto di un algoritmo, implementato in KS 300, denominato "fibrelength", che impiega l'area ed il perimetro degli oggetti per ricavarne la lunghezza.

Parallelamente ai rilievi distruttivi sono state svolte osservazioni ad intervalli quindicinali con telecamera (Pulnix TMC-X, f 6 mm) all'interno dei minirizotroni. Sono stati adottati canali d'ispezione di plexiglass trasparente, diametro 50 e 57 mm - rispettivamente interno ed esterno - lunghi 300 cm. La profondità di suolo esplorabile è stata tuttavia di 200 cm circa, per effetto dell'inclinazione a 45° adottata, accorgimento necessario per ridurre al minimo le alterazioni dell'accrescimento radicale. Le radici sono state rigorosamente identificate ad ogni epoca di osservazione, attraverso l'acquisizione di immagini per postazioni fisse, rendendo possibile lo studio del turnover. Attraverso una elaborazione grafica (software KS 300) è stato possibile contrassegnare le radici comparse in epoche diverse con differenti colori, permettendo di registrare le variazioni di lunghezza di radice attiva per classi di età.

Confronto tra carotaggio e minirizotroni

L'osservazione "in situ" dell'apparato radicale tramite minirizotroni risponde, anche in barbabietola all'esigenza di studiare questa struttura in modo non distruttivo. Questo metodo, nato per determinazioni esclusivamente qualitative delle radici (colore, presenza di parassiti, turnover), è diventato in questi ultimi anni uno strumento per valutazioni quantitative di alcuni parametri radicali (es. densità). Tuttavia, il loro impiego quantitativo trova ancora numerose limitazioni, dovute essenzialmente alla sottostima della densità radicale, già riscontrata in alcune colture (es. mais) e localizzata nei primi orizzonti della rizosfera (Samson e Sinclair, 1993).

Osservazioni condotte parallelamente con i metodi dei minirizotroni e del carotaggio indicano che in barbabietola la sottostima imputabile ai minirizotroni è più marcata che in altre colture, potendo estendersi fino a 50 cm di profondità (Fig. 1).

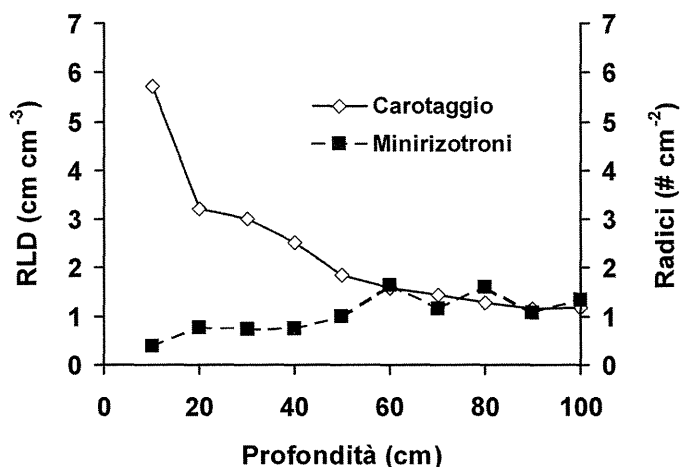


Figura 1. Profili di densità di lunghezza radicale (RLD) rilevata con carotaggio e con i minirizotroni (numero di radici per cm² di superficie di osservazione)

Sebbene i due parametri, densità radicale (RLD) e numero di radici per unità di superficie del minirizotrone (#) abbiano unità di misura diverse, appare chiaramente che, proprio dove la densità radicale è più elevata (orizzonte arato) l'osservazione "in situ" è completamente inadeguata per rilevare la presenza di radici.

In letteratura vengono proposti dei coefficienti per convertire il numero di radici in RLD (Melhuish e Lang, 1968; Merrill e Upchurch, 1994), ma l'applicazione di un unico coefficiente non consentirebbe di ottenere una piena comparabilità tra i due metodi di studio. Sembra invece necessario l'impiego di specifici valori per ciascun orizzonte, almeno fino alla massima profondità alla quale si verifica la sottostima (50 cm). A tale proposito, è stato osservato che i coefficienti empirici derivati dal rapporto tra i dati ottenuti dai due metodi (Tab. 1) consentirebbe di ottenere una buona valutazione della densità radicale anche in epoche successive, purché il carotaggio, impiegato per la calibrazione, sia stato effettuato in uno stadio prossimo all'inizio ingrossamento dei fittoni. La possibilità di utilizzare coefficienti empirici è stata validata anche in successive sperimentazioni, dimostrando come sia possibile applicare con sufficiente precisione gli stessi coefficienti per la stima della densità radicale volumetrica, almeno per lo stesso tipo di terreno.

I risultati ottenuti sono incoraggianti in ragione del fatto che il valore empirico determinato oltre i 50 cm, pressoché costante e molto vicino ad 1, risulta analogo a quello teorico già proposto da Merrill e Upchurch (1994).

Sebbene in letteratura siano state proposte diverse spiegazioni alla sottostima di RLD, tra cui l'alterazione del naturale gradiente termico e idrico conseguente alla presenza dei canali d'ispezione, è stato formulato un modello matematico-probabilistico di intercettazione delle radici che attribuisce all'angolo geotropico della radice la principale causa di sottostima. Poiché l'osservazione a mezzo telecamera è comunemente effettuata sulla faccia superiore del canale d'ispezione, è evidente che la probabilità di intercettare le radici cambia significativamente in funzione del diverso orientamento che le radici possiedono alle diverse profondità. Tale modello ha portato alla stima dell'angolazione media delle radici per intervalli di profondità di 10 cm (Tab. 1) ed i valori ottenuti appaiono molto simili rispetto a quelli indicati nelle rappresentazioni morfologiche già presenti in letteratura (Kutschera, 1960).

Tabella 1. Coefficienti di correzione empirici (CC) per convertire il conteggio del numero di radici per cm² in densità di lunghezza volumetrica (cm cm⁻³) e angolo geotropico medio stimato alle diverse profondità

Profondità (cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
CC	19	4	4	3,5	1,9	1,2	1	0,8	1	0,9
Angolo (°)	0	7	7	11	31	73	53	90	65	83

L'impiego dei minirizotroni come strumento di valutazione quantitativa dell'apparato radicale in generale, ed in barbabietola in particolare, deve quindi essere considerato solo adottando gli opportuni correttivi.

Risultati sperimentali

L'applicazione del metodo del carotaggio ha consentito di verificare che, in un terreno medio-limoso tipico della pianura padano-veneta (Legnaro, Padova) mediamente dotato di sostanza organica (1,7%), la riduzione della concimazione azotata, partendo da una dose media di 100 Kg ha⁻¹, rispetto al testimone assoluto, può ridurre anche in modo marcato l'accrescimento della struttura fibrosa nei primi 30-40 cm di profondità, zona maggiormente popolata di radici (Fig. 2).

Questa riduzione di accrescimento radicale è stata accompagnata anche da un minore sviluppo epigeo (LAI e peso), un minore accumulo complessivo di sostanza secca e di azoto (Fig. 3) ed un generale ritardo nell'accrescimento della pianta.

I principali parametri sono stati modificati dalla concimazione azotata alla bietola e non solo la densità radicale. Infatti, da una valutazione complessiva, effettuata a fine ciclo colturale tramite il metodo dei minirizotroni, è stato osservato che nell'intero profilo esplorato (0-180 cm di profondità), una drastica riduzione delle dosi di azoto riduce la produzione complessiva di radici (TPL, lunghezza radicale totale) e quella complessiva di radici senescenti (TDL,

lunghezza radicale morta). I valori ottenuti per differenza tra TPL e TDL, definita come entità di radici attive (LRL, lunghezza di radice funzionante), è stata tuttavia costantemente superiore in condizioni di buona disponibilità azotata rispetto al controllo, ad ogni epoca di osservazione e per buona parte del profilo. Condizione questa favorevole per un migliore rifornimento di acqua e nutrienti e per il raggiungimento quindi di un migliore status vegetativo della coltura.

Va sottolineato che uno degli aspetti più evidenti dell'apparato radicale, imputabile ad una eccessiva contrazione della dose di N, consiste in un generale ritardo nella formazione delle strutture radicali e nel raggiungimento della loro massima profondità. In tali condizioni inoltre l'apparato radicale è risultato maggiormente concentrato nei primi 70-80 cm di profondità (Fig. 4).

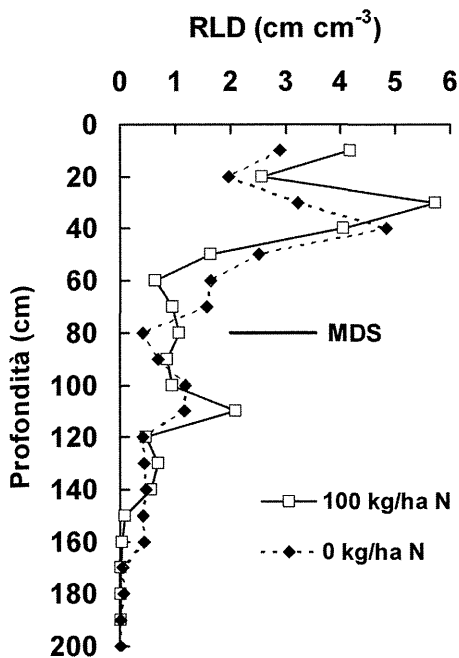


Figura 2. Densità di lunghezza radicale (RLD) - metodo del carotaggio - in barbabietola da zucchero a due diversi input di concimazione azotata. Test MDS ($P \leq 0,05$)

Non è stato possibile rilevare alcuna diversità nella profondità massima, ma solo un marcato ritardo nel suo raggiungimento, valutabile nell'ordine dei 20-30 giorni in condizioni di stress. Questo risultato deve essere opportunamente considerato in ragione della possibilità di sfruttare, anche se in misura ancora da definire, eventuali falde superficiali nei periodi estivi più critici per il bilancio idrico della coltura. Va sottolineato che i minirizotroni hanno rilevato un approfondimento massimo concorde a quello ottenuto con carotaggio, e che per uno studio di dinamica di approfondimento possono risultare uno strumento preciso ed efficace.

I minirizotroni hanno consentito inoltre di constatare come l'eccessiva contrazione della concimazione azotata può indurre profonde modificazioni anche di altre caratteristiche morfo-fisiologiche dell'apparato radicale, tra le quali l'accelerazione dei processi di turnover. È stato osservato infatti che, la vita media delle radici in assenza di apporti azotati è molto più breve rispetto all'apporto di 100 kg ha⁻¹ di N e si riduce progressivamente nel corso della stagione vegetativa, indicando che le condizioni di stress possono divenire sempre più marcate. In assenza di stress invece, la durata di vita media delle radici è risultata relativamente costante durante tutto il ciclo, addirittura aumentando per le radici comparse nelle epoche più tardive (luglio), con un evidente effetto tardivizzante sia a livello fogliare che radicale. Pertanto, la razionalizzazione della concimazione azotata in questa coltura deve considerare anche questi possibili effetti, per evitare che una eccessiva intensificazione dei processi di ricambio, avvenga a scapito dell'accrescimento del fittone e dell'accumulo di saccarosio.

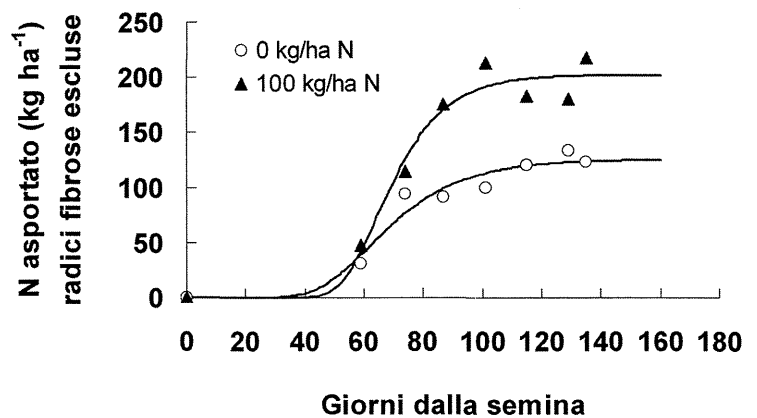


Figura 3. Dinamica di accumulo di azoto in barbabietola (radici fibrose escluse) coltivata in due condizioni sperimentali caratterizzate da un diverso apporto di concimazione azotata

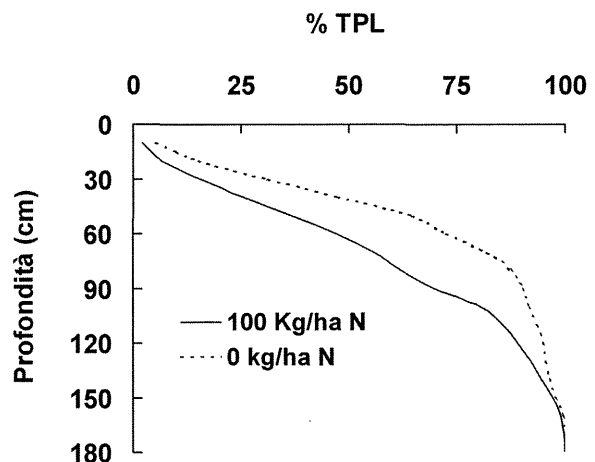


Figura 4. Ripartizione della lunghezza radicale prodotta (TPL) lungo il profilo all'epoca dell'estirpamento.

Il complesso degli effetti a carico sia dell'apparato fogliare che del sistema radicale fibroso in condizioni limitanti (stress azotato) hanno avuto rilevanti ripercussioni sulla risposta quali-quantitativa della barbabietola da zucchero, riducendo marcatamente la resa in fittoni e di zucchero grezzo, senza però che a questa sia corrisposto un effettivo miglioramento qualitativo in termini di PSD e AK (Tab. 2).

Tabella 2. Parametri quanti-qualitativi in barbabietola concimata con due diversi livelli di azoto. Test MDS ($P \leq 0,05$)

PARAMETRO	0 Kg ha ⁻¹ N	100 Kg ha ⁻¹ N
Resa radici (t ha ⁻¹)	47,6 b	60 a
Polarizzazione	15,2 b	15,8 a
Saccarosio grezzo (t ha ⁻¹)	7,22 b	9,49 a
α -N (%)	1,9 a	2,0 a
Na (%)	0,6 a	0,4 a
K (%)	3,7 a	3,1 b
AK	2,2 a	1,7 b
PSD	93,6 a	94,5 a

Bibliografia

- KUTSCHERA L. e Wurzelatlas-mitteeuropäischer Ackerunkräuter und Kulturpflanzen, DLG-Verlag, Frankfurt, 1960.
- MELHUISE F.M. e Lang A.R.G., 1968. Quantitative studies of roots in soils. I. Length and diameter of cotton roots in a clay-loam soil by analysis of surface-ground blocks of resin-impregnated soil. *Soil Sci.*, 106, 16-22.
- MERRIL S.D. e UPCHURCH D.R., 1994. Converting root number observed at minirhizotrons to equivalent root length density. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 58: 1061-1067.
- NEWMAN E.I., 1966. A method of estimating the total length of root in a sample. *J. Appl. Ecol.* 3, 139-145.
- OLIVEIRA M. DO R.G., VAN NOORDWIJK M., GAZE S.R., BROUWER G., BONA S., MOSCA G. E HAIRIAH K., 2000. Auger sampling, ingrowth cores and pinboard methods. In *Root Methods - A Handbook*. Eds. A.L. Smit, A.G. Bengough, C. Engels, M. van Noordwijk, S. Pellerin and S.C. van de Geijn. pp 175-210. Springer-Verlag, Berlin.
- RICHNER W., LIEDGENS M., BÜRGI H., SOLDATI A. E STAMP P., 2000. Root image analysis and interpretation. In *Root Methods A Handbook*. Eds. A.L. Smit, A.G. Bengough, C. Engels, M. van Noordwijk, S. Pellerin and S.C. van de Geijn. pp 305-341. Springer-Verlag, Berlin.
- SAMSON B.K. E SINCLAIR T.R., 1993. Soil core minirhizotron comparison for the determination of root length density. *Plant and Soil*, 161, 225-232.
- TAYLOR H.M., 1987. Minirhizotron Observation Tubes: Methods and Applications for Measuring Rhizosphere Dynamics. *ASA Special Publication Number 50*, 143 pp.
- TENNANT D., 1975. A test of a modified line intersect method of estimating root length. *J. Ecol.* 63, 995-1001.
- THOMAS, T.H., 1996. Form and function of the sugar beet fibrous root; its importance to crop productivity. *Proceedings of the 59th IIRB Congress*, February 1996, 143-152.
- VAMERALI T., GUARISE M., GANIS A., BONA S. E MOSCA G., 2001. A fast procedure of root image analysis applied to auger sampling. In *The 6th ISRR Symposium "Roots: the dynamic interface between plants and the earth"*, November 11-15, 2001 - Nagoya (Japan): 580-581.

RISPOSTA DELLA BIETOLA A DOSI DI AZOTO CONSIGLIATE CON DIVERSE METODICHE

Lorenzo Barbanti

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agroambientali - Università di Bologna
Viale Fanin 44, 40127 Bologna

Riassunto

La concimazione azotata influenza con effetti spesso opposti la produzione e la qualità della barbabietola da zucchero. Per individuare il punto di equilibrio relativamente alle dosi da apportare, sono state messe a punto diverse metodiche, basate su analisi del terreno e fogliari. Cinque metodi che nella seconda metà degli anni '90 avevano raggiunto un sufficiente grado di diffusione sono stati oggetto di valutazioni comparative in 21 località nell'arco delle due annate 1999 e 2000.

I risultati non hanno evidenziato una netta prevalenza dell'uno o dell'altro metodo: il più rispondente sotto il profilo produttivo si è dimostrato il più debole sotto quello qualitativo, e viceversa. Si evince una generale tendenza dei metodi a razionalizzare gli apporti sulla base di elementi logici, associata ad una certa difficoltà a prevedere il comportamento della coltura nelle situazioni limite.

Per migliorare la precisione predittiva, appare in prospettiva interessante la possibilità di un uso integrato dei metodi (es. analisi terreno più fogliare), utilizzando elementi di diverse metodiche; tra le diverse possibilità l'analisi qualitativa delle bietole prodotte in azienda nel recente passato appare un buon indicatore dello stato nutrizionale della coltura.

Introduzione

L'azoto è il principale macroelemento nutritivo delle piante superiori. In natura l'elemento è presente nei diversi comparti della biosfera, in forma sia organica che inorganica, con uno stato di ossidazione variabile da +5 a -3. Il continuo divenire tra comparti e forme descrive la dinamica complessiva dell'azoto, al cui interno si può riconoscere la presenza di tre cicli (Sequi, 2000). Due di essi comprendono la trasformazione dell'azoto ammoniacale in nitrico, che è il processo più rilevante in termini quantitativi per la nutrizione dei vegetali.

In pratica, molte fonti all'interno della biosfera offrono alle piante quantitativi rilevanti di azoto assimilabile, ma altrettante vie sottraggono quote dal sistema nutritivo, con dinamiche e flussi non sempre prevedibili.

La non facile stima dei quantitativi che si renderanno disponibili per le diverse colture, che è la base per un razionale dosaggio dei concimi, unita alle implicazioni ambientali ed energetiche insite nelle pratiche fertilizzanti, fanno dell'azoto l'elemento di più difficile gestione.

Le caratteristiche e le esigenze delle diverse specie costituiscono un'ulteriore variabile: vi sono infatti piante che non richiedono particolari attenzioni nel dosare il concime, così come altre la cui sensibilità si somma alle difficoltà intrinseche di calibrazione delle dosi. È questo il caso della barbabietola da zucchero, cui tanto eccessi che carenze nuocciono, rispettivamente alla qualità e alla quantità di prodotto ottenibile (Draycott, 1993). Per questa coltura, anzi, non è possibile definire un optimum nutritivo univoco, ma diversi livelli, a seconda che si consideri la produzione di saccarosio grezzo, la PLV o la produzione di zucchero bianco (Barbanti *et al.*, 2002). Questi tre obiettivi corrispondono a esigenze nutritive progressivamente calanti.

Assai ampio per la bietola è anche il capitolo delle interazioni fra disponibilità azotata ed altri fattori (Venturi, 2000). Rimanendo nel campo della concimazione, appare modesto il legame tra azoto e fosforo (Toderi, 1968), a differenza di quello tra azoto, potassio e sodio, i tre principali elementi melassigeni: l'interazione positiva sulle produzioni è stata dimostrata in ricerche effettuate in ambienti diversi da quelli italiani (Tinker, 1965), mentre l'effetto di stimolo dell'azoto nocivo all'accumulo degli altri due melassigeni risulta anche da esperienze compiute nel nostro Paese (Amaducci *et al.*, 1997).

Relativamente ad altri aspetti di tecnica colturale, si segnalano le frequenti interazioni della nutrizione azotata con la precessione colturale, intesa sia in termini di coltura e dei relativi residui (Toderi *et al.*, 1982), sia di pratiche fertilizzanti effettuate in precedenti annate (Marotti *et al.*, 1997). Diverse sono anche le interazioni con la densità di investimento, di non univoca tendenza, e con l'irrigazione, al cui interno si evidenziano in particolare una migliore risposta dell'elemento in condizioni irrigue (Lopez Bellido *et al.*, 1994; Draycott e Messer, 1977; Toderi *et al.*, 1985). L'interazione è positiva solo nel caso di basse dotazioni nutritive del terreno (Winter, 1990), con produzioni di saccarosio decrescenti nel caso della combinazione più alta di acqua e azoto (Mannini e Venturi, 1993). L'insieme di queste circostanze porta a ritenere le colture irrigue non più esigenti di azoto di quelle seccagne.

La disamina del contesto colturale nelle sue diverse articolazioni non sempre offre elementi utili alla definizione delle dosi di azoto più opportune: rimane in tutti i casi un margine d'incertezza che nel tempo si è cercato di ridurre attraverso una serie di strumenti in grado di prevedere le disponibilità azotate per il ciclo colturale, generalmente basati sulle analisi del terreno.

La prima metodica messa a punto a tale scopo è quella del bilancio, nata in Francia negli anni '70 e basata sulla determinazione prima della semina del contenuto di azoto minerale lungo il profilo 0-90 cm di profondità (Machet e Hébert, 1983): nota la dotazione iniziale e la prevedibile mineralizzazione stagionale, ivi compresa quella degli eventuali fertilizzanti organici e dei residui colturali, si ottiene per differenza dal fabbisogno colturale l'entità della dose consigliata.

Un altro metodo sviluppato in seguito è l'Elettro Ultra Filtrazione (EUF) (Wiklicky, Németh e Recke, 1983), che si basa sulla dotazione del terreno determinata con ampio anticipo (estate-autunno precedente) sullo strato arato (0-30 cm di profondità), e su altri parametri accessori. In questo metodo, è di particolare importanza, per la stima delle disponibilità nel corso della stagione vegetativa, il rapporto tra le diverse forme e frazioni di azoto estratto.

In Italia, sulla scorta di queste esperienze del mondo bieticolo e di altre acquisizioni, che attingevano per lo più alla generale tendenza verso i metodi di diagnosi sulla pianta (Mambelli *et al.*, 1997), è stata messa a punto una serie di strumenti da parte dei servizi di sperimentazione e assistenza tecnica di Società saccarifere, Associazioni bieticole e dei Servizi tecnici di alcune Regioni, che hanno operato nell'ambito del Regolamento Ue 2078/92.

Il quadro che si presentava ai bieticoltori nella seconda metà degli anni '90 era quanto mai composito (tab. 1): cinque diversi metodi basati sulle analisi del terreno o fogliari avevano raggiunto un grado di diffusione operativa, ed altri ancora venivano proposti per l'adozione, dopo il vaglio di alcuni cicli sperimentali (Giordani, 1998).

Pertanto, con l'obiettivo di fare chiarezza all'interno della problematica e valutare le performance dei diversi metodi mettendo in luce affinità e differenze, la Commissione Tecnica Nazionale (CTN) dell'Interprofessione bieticolo-saccarifera deliberava l'effettuazione di prove comparative condotte dalle diverse unità componenti, alla cui partecipazione e coordinamento veniva chiamato il Dipartimento di Agronomia dell'Università di Bologna (DABO, oggi DiSTA).

Tabella 1. Metodi di guida di corrente impiego in bieticoltura

Matrice	Metodo	Epoca
Terreno	Bilancio semplificato	Da 1-2 anni prima a immediata pre-semina
Terreno	Azoto assimilabile autunnale	Autunnale (ottobre-novembre)
Terreno	Azoto assimilabile primaverile	Primaverile (bietole a 2-6 foglie vere)
Tessuti vegetali	Azoto fogliare	Primaverile (bietole a 4-6 foglie vere)
Tessuti vegetali	Clorofilla	Primaverile (bietole a 6-8 foglie vere)

Materiali e metodi

Per confrontare i metodi di guida della concimazione azotata, si è operato utilizzando le prove sperimentali di valutazione degli effetti di dosi crescenti dell'elemento. I cinque metodi sottoposti a valutazione comparativa (tab. 1) hanno le caratteristiche di seguito descritte.

Il bilancio semplificato (fig. 1) prevede la stesura di un bilancio previsionale tra entrate e uscite, stimate in base ad una serie di parametri climatici, pedologici e aziendali. Il vantaggio principale di questa metodica, nata nell'ambito della 2078/92, è di essere applicabile anche ad altre colture della rotazione e di poter sfruttare analisi terreni di precedenti annate.

La metodica dell'azoto assimilabile autunnale (fig. 2) è, come le successive, specifica per la barbabietola da zucchero. Si ispira alle metodiche straniere precedentemente descritte, in particolare all'EUF: il concetto è di misurare la reale dotazione di azoto assimilabile alla fine della precedente stagione vegetativa, quale indice delle disponibilità offerte dall'ambiente di coltivazione, e di pesare i fattori che su di esse incidono in positivo o in negativo. Tra questi, oltre logicamente alle piogge e all'eventuale fertilizzazione organica, occupa un ruolo di rilievo la valutazione della qualità delle bietole prodotte nelle precedenti annate, come indicatore dell'equilibrio nutritivo della coltura a livello aziendale.

Uscite - Entrate = Bisogno di azoto

Uscite : fabbisogno coltura
lisciviazione autunno-vernina
immobilizzazione precessione

Entrate : azoto pronto
mineralizzazione S. O.
disponibilità precessione
apporti organici

Parametri considerati

Terreno: granulometria, pH, Calcare tot., S. O., N kjeldahl.
Cimatici: sommatoria piogge Ottobre-Gennaio.
Aziendali: livello produzioni, precessione, apporti organici.

Figura 1. Schema del metodo del bilancio semplificato (fonte: Regione Emilia-Romagna)

I tre metodi successivi sono di tipo complementare, in quanto operano con la coltura già in atto indicando l'eventuale complemento rispetto ad una precedente distribuzione alla semina. Tutti e tre si basano sul principio di definire un indice dello stato nutrizionale del terreno o della pianta, con una scala di valori crescenti cui corrispondono dosi consigliate inversamente proporzionali (tab. 2).

Il primo di questi metodi si basa sulla stessa metodica dell'azoto assimilabile autunnale, di cui si considera la frazione minerale; ad essa viene di solito affiancata la qualità storica aziendale come fattore correttivo, senza una precisa scala di riferimento.

Il secondo e il terzo metodo prevedono l'utilizzo delle giovani piante di bietola come tester della propria adeguatezza nutrizionale, che viene specificamente misurata sul lembo fogliare, attraverso l'analisi chimica (contenuto di azoto totale) o il rilievo ottico che stima l'assorbanza luminosa per effetto del contenuto di clorofilla (metodo indiretto). Entrambi questi rilievi vengono effettuati nello stadio in cui si è soliti completare l'apporto del concime.

Tabella 2. Schema dei tre metodi complementari (fonte: CTN)

AZOTO ASS. PRIMAVERILE	
N-min. terreno (2 - 6 foglie vere) (mg kg ⁻¹)	Dose consigliata in copertura (N kg ha ⁻¹)
< 10	90 - 60
10 - 15	60 - 30
15 - 20	30 - 0
> 20	0
AZOTO FOGLIARE	
Azoto fogliare (4 - 6 foglie vere) (g kg ⁻¹ s.s.)	Dose consigliata in copertura (N kg ha ⁻¹)
< 35	75 - 60
35 - 40	60 - 45
41 - 45	45 - 30
46 - 50	30 - 15
> 50	15 - 0
CLOROFILLA	
Lettura N-tester (6 - 8 foglie vere)	Dose consigliata in copertura (N kg ha ⁻¹)
375 - 400	60
412 - 437	40
450 - 475	20
> 475	0



Figura 2. Schema del metodo dell'azoto assimilabile autunnale (fonte: Agronomica)

Nel corso delle annate 1999 e 2000 venivano effettuati 21 campi sperimentali parcellari su bietola primaverile, in località prevalentemente ubicate in Emilia-Romagna (tab. 3). Lo schema sperimentale era a blocco randomizzato a 6 ripetizioni.

Le tesi a confronto (tab. 4) sono state 4 livelli di azoto, 0, 60, 120 e 180 kg ha⁻¹ alla semina, e un livello in copertura (60 kg ha⁻¹) ed uno (120 kg ha⁻¹) suddiviso metà alla semina e metà in copertura. I dati scaturenti da questa diversa ripartizione del concime non costituiscono oggetto della presente trattazione. Non tutte le unità operative hanno inserito la tesi N 180, o l'hanno realizzata con distribuzione 120 alla semina più 60 in copertura.

Tabella 3. Unità operative

Unità	1999	2000
ANB	Godo (RA)	Godo (RA)
	S. Pietro in C. (BO)	S. Pietro C. (BO)
CNB	Lavezzola (RA)	Lavezzola (RA)
		Monteroberto (AN)
ABI		Mirabello (FE)
Agronomica	Bagnacavallo (RA)	Ravenna (RA)
		Baricella (BO)
		Castagnaro (VR)
COPROB	Minerbio (BO)	Minerbio (BO)
		Ostellato (FE)
SFIR	Fusignano (RA)	Fusignano (RA)
		Filetto (RA)
SADAM		Chiaravalle (AN)
DABO	Cadriano (BO)	Cadriano (BO)

Tabella 4. Tesi sperimentali (N kg ha⁻¹)

Tesi	Pre-semi	Copertura	Totale
1	0	0	0
2	60	0	60
3	0	60	60
4	120	0	120
5	60	60	120
6	180	0	180

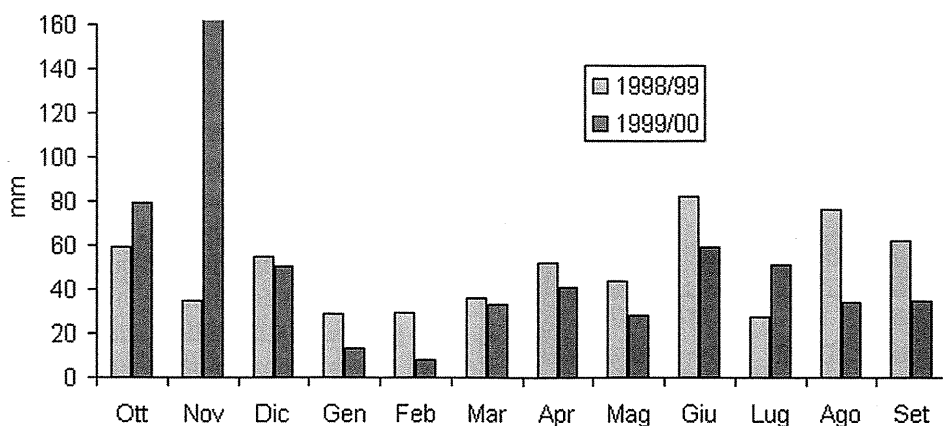
Nel corso del ciclo la coltura è stata oggetto di frequenti osservazioni, con annotazione della percentuale di emergenza e del raggiungimento dei principali stadi fenologici.

È stata adottata una normale agrotecnica per tutti gli aspetti diversi da quello oggetto di indagine. In particolare, le colture sono state condotte in asciutto e, per quanto riguarda le concimazioni fosfo-potassiche, ci si è attenuti alle pratiche tradizionali, integrate dalle indicazioni delle analisi terreno. La coltura è stata adeguatamente protetta dai principali parassiti e malattie, e mantenuta libera da infestanti attraverso il diserbo chimico integrato da scerbatura.

I dati di produzione quanti-qualitativa finale sono stati sottoposti ad ANOVA a due vie per singola località. L'effetto delle dosi consigliate con i diversi metodi è stato valutato a posteriori interpolando i dati di risposta ottenuti alle dosi fisse, ed espresso nel complesso della ricerca in forma di frequenze ottenute.

Per tutte le località si disponeva di una stazione meteorologica nelle vicinanze per la registrazione delle piovosità e delle temperature minime e massime. L'andamento meteorologico medio delle due annate si è discostato per quanto riguarda la distribuzione delle piovosità (fig. 3): considerando l'annata agraria divisa in tre parti, la prima rappresentante l'intercoltura (ottobre-gennaio), la seconda la fase di avvio (febbraio-aprile) e la terza quella di piena vegetazione (maggio-settembre), la seconda annata si presentava più piovosa nella prima fase e meno nella terza.

I terreni delle località di prova hanno presentato caratteristiche fisico-chimiche medie che rispecchiano l'ambiente di coltivazione (tab. 5): granulometria variabile, ma con prevalenza delle particelle fini (limo e argilla); pH sempre orientato verso l'alcalinità; presenza di calcare totale e attivo sensibile ma assai variabile; sostanza organica mediamente discreta ma anch'essa variabile e in corretto rapporto con l'azoto totale; infine, capacità di scambio cationico mediamente buona ma assai incostante.



ANNATA	OTT-GEN	FEB-APR	MAG-SET
1998/99	179	118	291
1999/00	305	82	205

Figura 3. Piovosità medie nelle due annate

Nella trattazione dei risultati, ci si limita per semplicità a due soli parametri che riassumono il complesso quadro quanti-qualitativo che caratterizza la barbabietola da zucchero (tab. 6): per gli aspetti produttivi è stata scelta la cosiddetta resa finanziaria (RF), parametro largamente utilizzato in Europa, corrispondente alla resa in radici a 16° in base a una proporzione che tiene conto delle differenze di prezzo alle diverse polarizzazioni; per quelli qualitativi, la purezza sugo denso (PSD), calcolata in base alla formula comunemente attribuita a Wieninger e Kubadinow, in realtà opera di altri autori (Carruthers e Oldfield, 1960).

Tabella 5. Caratteristiche terreni

Parametro	U. di mis.	Media
Sabbia	%	20 ± 11
Limo	%	47 ± 7
Argilla	%	33 ± 11
pH		7,8 ± 0,3
Calcare totale	%	14 ± 8
Calcare attivo	%	6 ± 4
S.O.	%	2,0 ± 0,5
N kjeldahl	g kg ⁻¹	1,2 ± 0,4
C / N		9,9 ± 1,6
C.S.C.	cmolc kg ⁻¹	24 ± 12

Tabella 6. Parametri di confronto quanti-qualitativo

- **RESA FINANZIARIA (RF) = resa radici a 16°S; [t ha⁻¹]**
- **PUREZZA SUGO DENSO (PSD) = $99,36 - 14,27 (K + Na + aN)$; [%]**

polarizzazione

Risultati e discussione

1) Effetti dell'azoto

La risposta media alla concimazione nelle due annate nelle tesi comuni a tutti i campi (fig. 4) presenta effetti diversi, in un certo qual modo complementari: la prima delle due è stata caratterizzata da assenza di risposta utile e da uno scadimento qualitativo avvertibile; la seconda, da apprezzabile incremento produttivo e da modesta flessione qualitativa. Si è così manifestato il tipico comportamento della bietola rispetto all'azoto: quando mancano le condizioni per lo sviluppo della biomassa e quindi per un aumento della produzione, l'elemento in esubero satura le radici, estrinsecando tutta la sua nocività. Quando, invece, esiste spazio per la risposta produttiva, l'azione negativa è molto più contenuta. Nel caso in esame, il divario tra le due annate è tale che la purezza sughi della seconda con N pari a 120 kg ha⁻¹ risulta pari a quella rilevata nella prima con N 0.

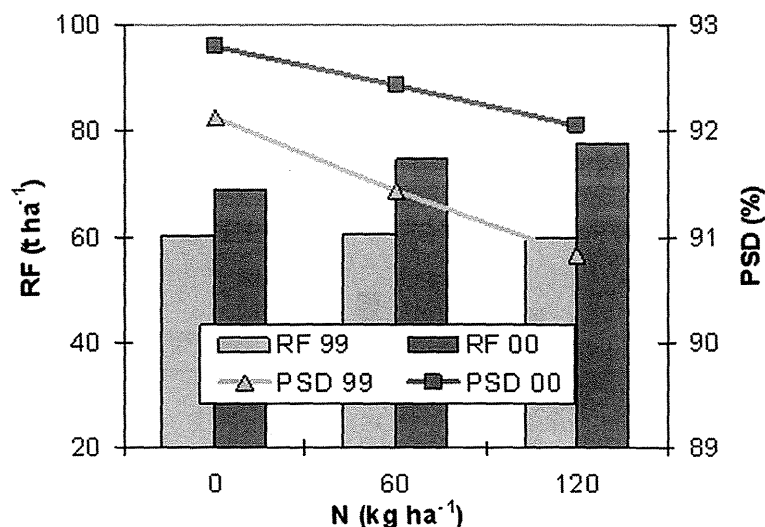


Figura 4. Risposta media nelle due annate

È verosimile che la situazione più sfavorevole manifestatasi nella prima annata sia dovuta alle minori precipitazioni autunno-vernine che hanno limitato la naturale lisciviazione dell'azoto, creando le condizioni per un surplus nutritivo in primavera. Questa ipotesi è suffragata da indagini compiute a livello comprensoriale, in cui è stato dimostrato il legame esistente tra basse piovosità autunno-primaverili e cattiva qualità delle bietole nella successiva campagna di lavorazione (Peruch *et al.*, 2000). L'analisi della varianza dei singoli campi (tab. 7) evidenzia una differenza di comportamento tra resa finanziaria e purezza sugo denso: la prima presenta una significanza statistica solamente in 8 casi su 21, di cui uno con calo di produzione anziché aumento; la seconda in 17 su 21, con effetti di segno univoco. È parimenti ravvisabile l'effetto annata precedentemente discusso: nel 1999 solo una località su sette presentava un significativo incremento produttivo; nel 2000, 6 su 14.

Tabella 7. ANOVA singole prove (1) ed effetti dell'azoto

PROVA	SIGLA	RESA FINANZIARIA				PUREZZA SUGO DENSO			
		P	SIGNIF.	DMS (2)	EFFETTO	P	SIGNIF.	DMS (2)	EFFETTO
1	GOD_99	0.609	n. s.			0.001	**	0.91	↘
2	SPC_99	0.570	n. s.			0.030	*	1.66	↘
3	BC_99	0.453	n. s.			0.000	**	0.81	↘
4	MIN_99	0.465	n. s.			0.000	**	0.39	↘
5	FUS_99	0.341	n. s.			0.223	n. s.		
6	CAD_99	0.012	*	7.39	↘	0.046	*	1.27	↘
7	LAV_99	0.040	*	10.44	↗	0.016	*	0.63	↘
8	FUS_00	0.390	n. s.			0.000	**	0.57	↘
9	FIL_00	0.849	n. s.			0.548	n. s.		
10	MON_00	0.032	*	10.15	↗	0.023	*	1.49	↘
11	LAV_00	0.029	*	11.94	↗	0.159	n. s.		
12	RA_00	0.000	**	10.44	↗	0.000	**	0.29	↘
13	BAR_00	0.722	n. s.			0.010	*	0.88	↘
14	CAS_00	0.000	**	9.46	↗	0.742	n. s.		
15	OST_00	0.632	n. s.			0.001	**	0.68	↘
16	MIN_00	0.857	n. s.			0.000	**	0.73	↘
17	MIR_00	0.927	n. s.			0.019	*	0.56	↘
18	CAD_00	0.464	n. s.			0.009	**	0.76	↘
19	SPC_00	0.000	**	7.33	↗	0.050	*	0.50	↘
20	GOD_00	0.281	n. s.			0.000	**	0.38	↘
21	CHI_00	0.000	n. s.	5.25	↗	0.003	**	0.56	↘

(1) tesi con N = 0, 60, 120, 180 kg ha⁻¹ alla semina (2) P=0,05

3) Esame comparativo dei risultati

La natura dei tre metodi complementari è tale che si possa avere una dose consigliata per ogni livello di azoto distribuito alla semina, il che pone problemi a livello di interpretazione dei risultati. In effetti, confrontando le dosi consigliate in funzione del precedente apporto (fig. 5), si osserva come la metodica dell'azoto minerale terreno

già in partenza indichi un quantitativo medio inferiore, che quasi si annulla una volta distribuita la dose N 1 (60 kg ha⁻¹ di elemento). I due metodi fogliari, tra loro molto prossimi, partono da un consiglio più alto e seguono un trend di riduzione molto più lento. Anche la frequenza dei casi con consiglio attivo, cioè con dosi da apportare > 0, sottolinea la sostanziale differenza nelle indicazioni tra il primo metodo e gli altri due.

Pertanto, per risolvere il problema creato dalla molteplicità delle indicazioni, ai fini del presente lavoro è stato considerato il consiglio espresso sulla dose N 1, che può corrispondere ad un quantitativo di larga applicazione alla semina. La somma (60 + N consigliato) è la dose totale sottoposta ad esame comparativo.

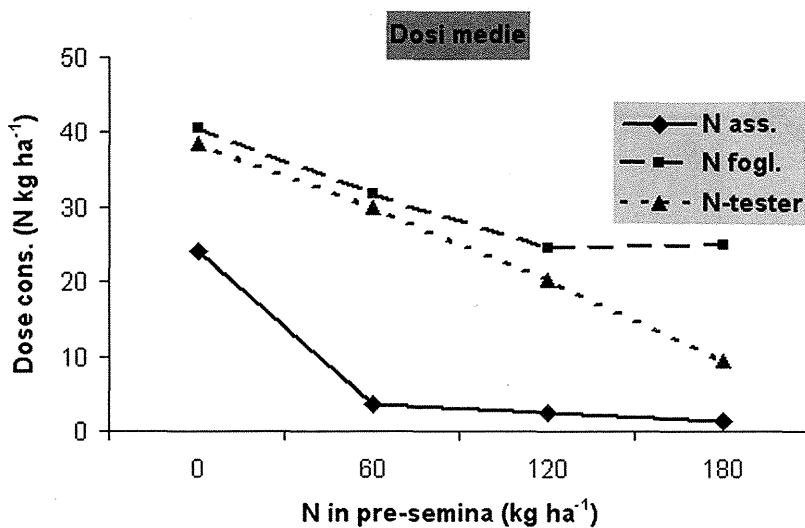
Con questa avvertenza, nelle figure da 6 a 8 si riportano i risultati delle singole prove relativamente ai parametri RF e PSD, a confronto con le dosi consigliate da ciascun metodo. Nei casi di effettiva significanza statistica (P=0,05), i risultati relativi alle dosi fisse vengono interpolati e viene espressa graficamente la differenza minima significativa che separa le medie; nei casi di mancata significanza, la DMS non viene espressa e l'interpolazione è solo accennata, potendosi del resto prendere come riferimento la dose N 0, la più bassa tra quelle in grado di ottenere un analogo risultato.

La variabilità delle situazioni di risposta e delle relative dosi consigliate è decisamente ampia: si va dall'estremo di forte risposta produttiva senza apprezzabile scadimento qualitativo (Lavezzola 2000, Castagnaro 2000), a quello di riduzione produttiva e qualitativa (Cadriano 1999). Nel mezzo sta il caso classico: aumento della produzione e contemporaneo calo della qualità (Lavezzola 1999, Monteroberto 2000, Ravenna 2000, S. Pietro in Casale 2000, Chiaravalle 2000).

Analoga è la media di tutte le località (fig. 8), per la quale si riportano anche i quantitativi indicati da ciascun metodo: 119, 80, 64, 92 e 90 kg ha⁻¹, rispettivamente per bilancio semplificato, N assimilabile autunnale, N assimilabile primaverile, N fogliare ed N-tester.

Poiché, però, l'effetto medio cela un'effettiva eterogeneità di situazioni, più che un giudizio medio varrà un'analisi della frequenza con cui vengono ottenuti certi risultati. Questo studio, per la resa finanziaria (fig. 9) indica nel bilancio semplificato il metodo in grado di massimizzare l'area a risposta ottimale (verde) e di minimizzare quella a più forte penalizzazione (rossa); l'azoto assimilabile primaverile si pone in posizione antitetica, con un'area di risposta ottimale più contenuta e con un'espansione dell'area di forte sottonutrizione a quasi il 25% dei casi. I restanti tre metodi si collocano in posizione intermedia, vicini tra loro. È appena il caso di accennare al fatto che il limite della classe più penalizzante (-10 t ha⁻¹) approssima la media delle DMS, rappresentando quindi un effettivo scarto produttivo. In termini economici, a valori attuali corrisponde a circa 400 ha⁻¹, una fetta importante della PLV colturale.

Nel caso della purezza sugo denso la situazione sopra descritta si rovescia (fig. 10): il bilancio semplificato presenta quasi il 30% dei casi con un peggioramento della PSD di oltre 1,5 punti, laddove l'azoto assimilabile primaverile non presenta casi in questa classe di frequenza. Ancora una volta, gli altri tre metodi si pongono in posizione intermedia, non molto distanti tra loro. Per la PSD, il limite della classe più penalizzante (-1,5 punti percentuali) rappresenta in media il doppio della DMS ed è quindi indicazione di sicura perdita. La stima di questo valore su scala nazionale corrisponderebbe ad oltre dieci milioni di Euro, una significativa quota del valore aggiunto della filiera.



N (kg ha ⁻¹)	0	60	120	180
N assimilabile	57	24	5	8
N fogliare	100	95	76	92
N-tester	90	81	81	58

Figura 5. Metodi complementari: dosi consigliate in funzione degli apporti precedenti

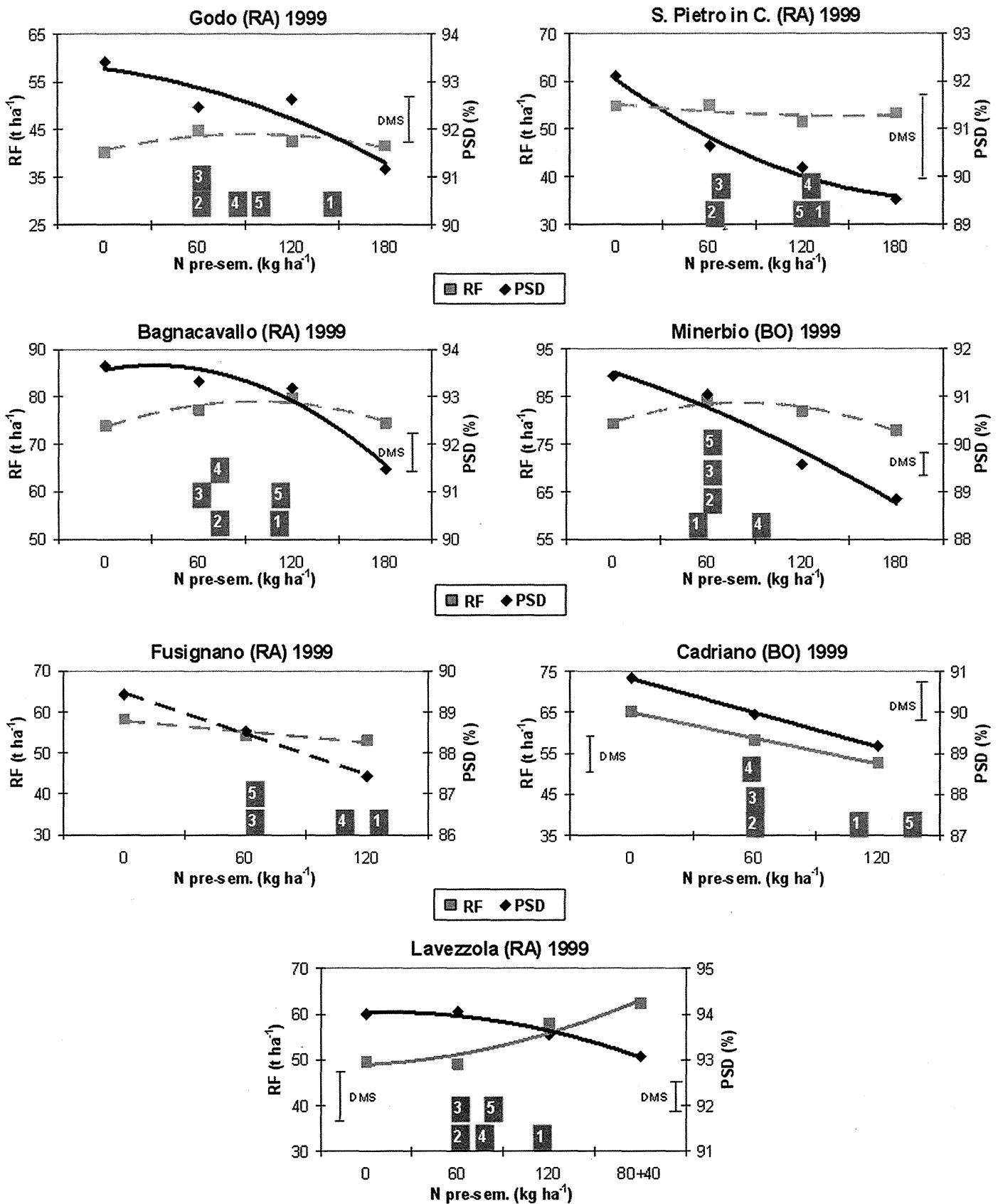


Figura 6. Risultati delle singole prove (1)

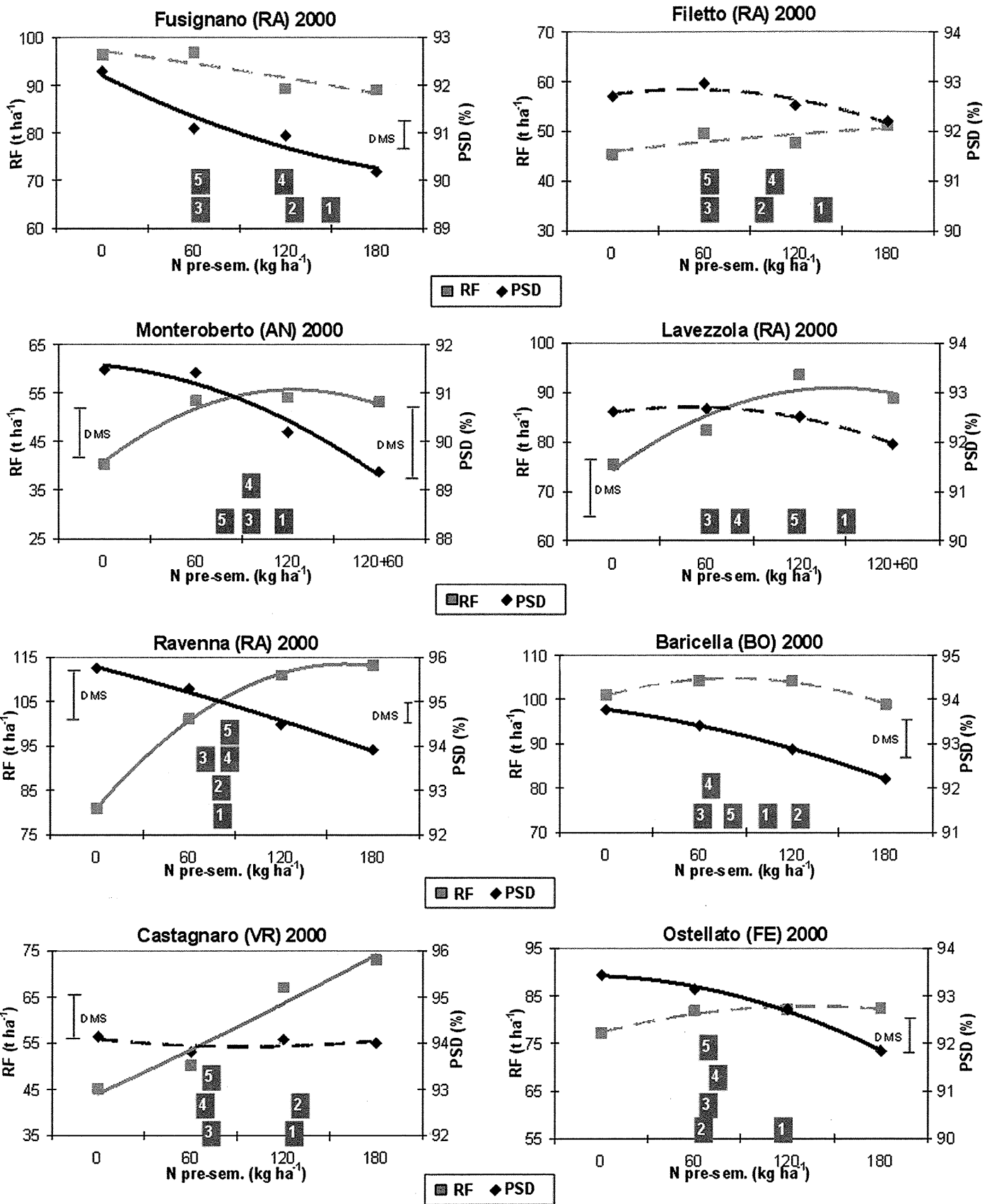


Figura 7. Risultati delle singole prove (2)

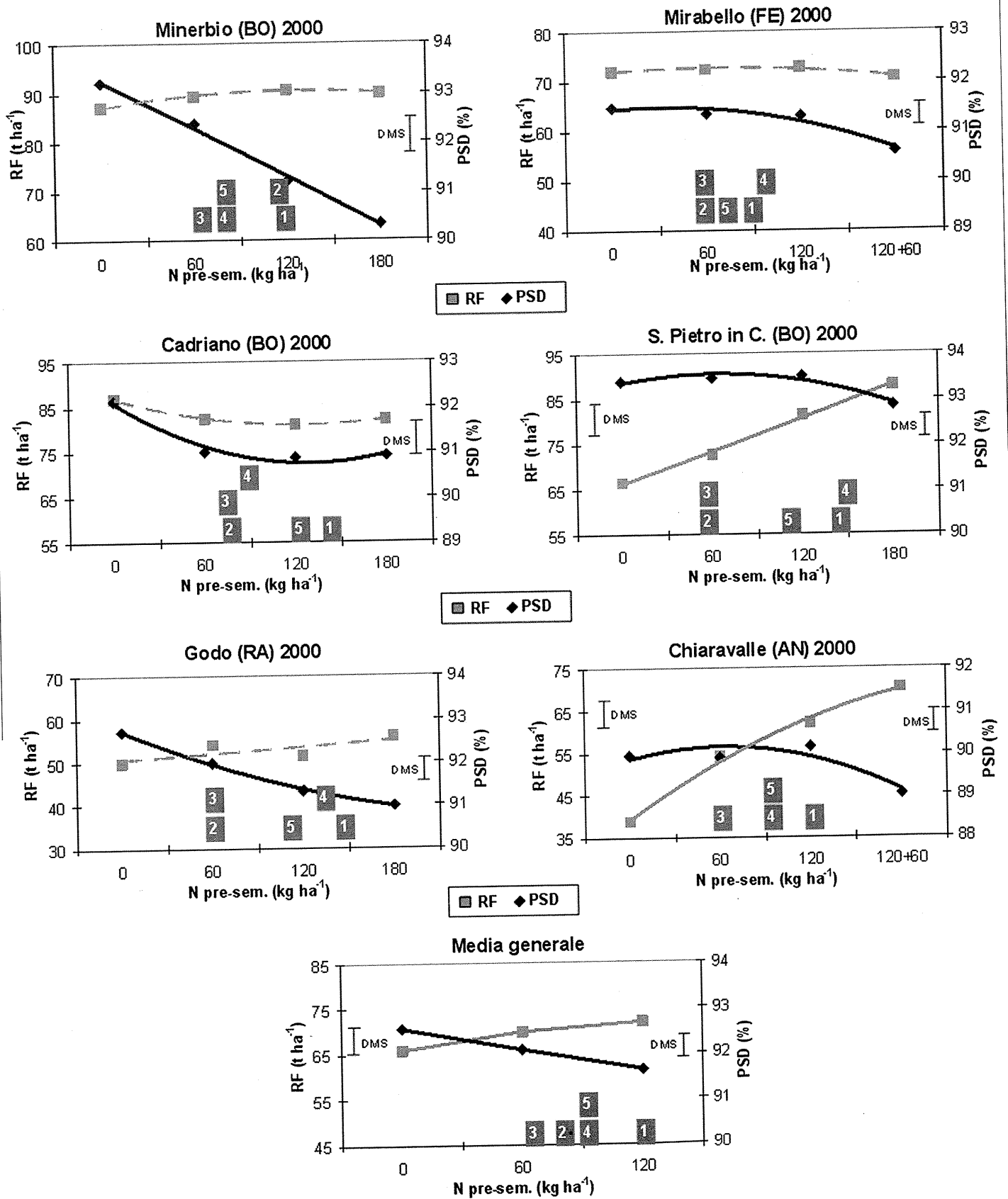


Figura 8. Risultati delle singole prove (3)

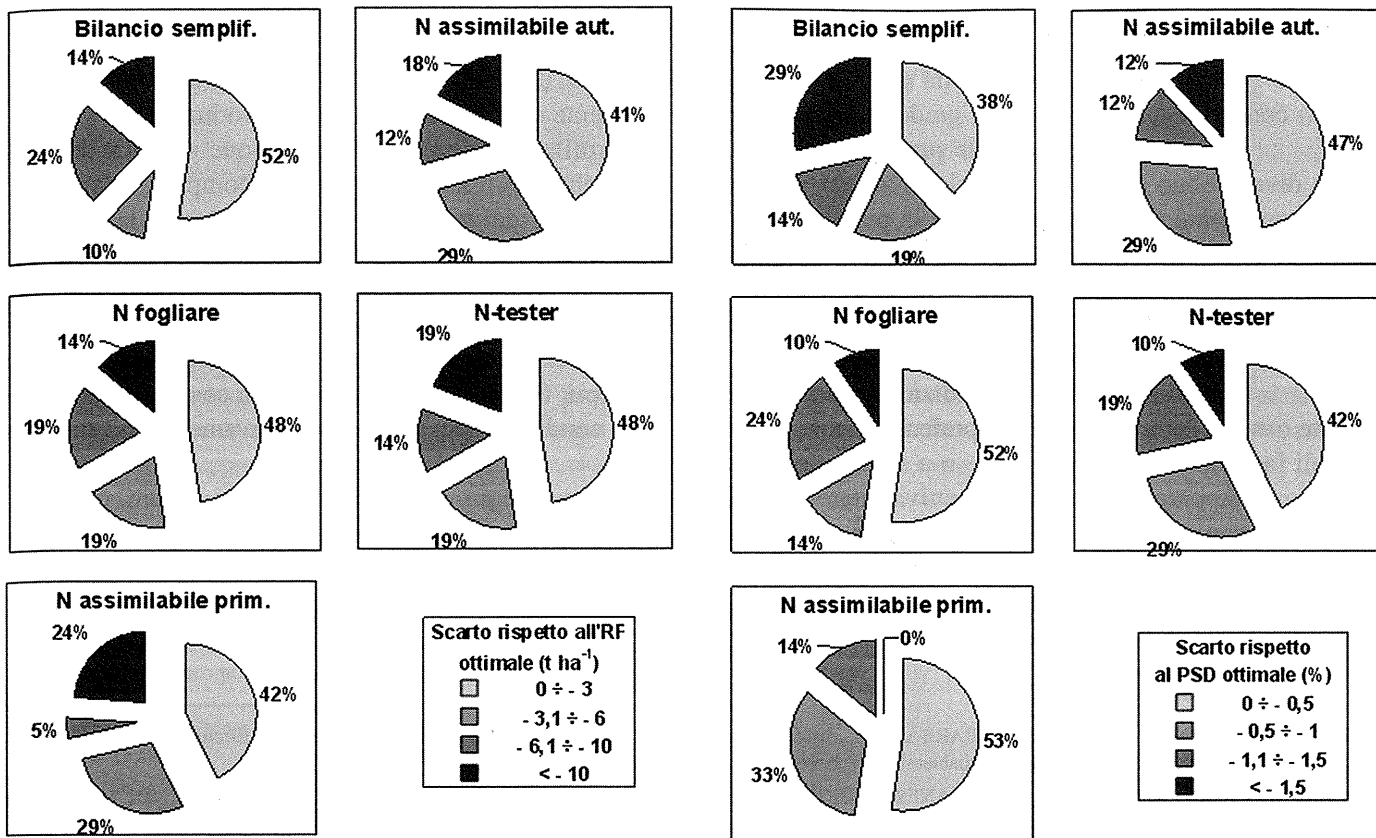


Figura 9. Frequenza delle risposte ottenute con i diversi metodi: Resa Finanziaria

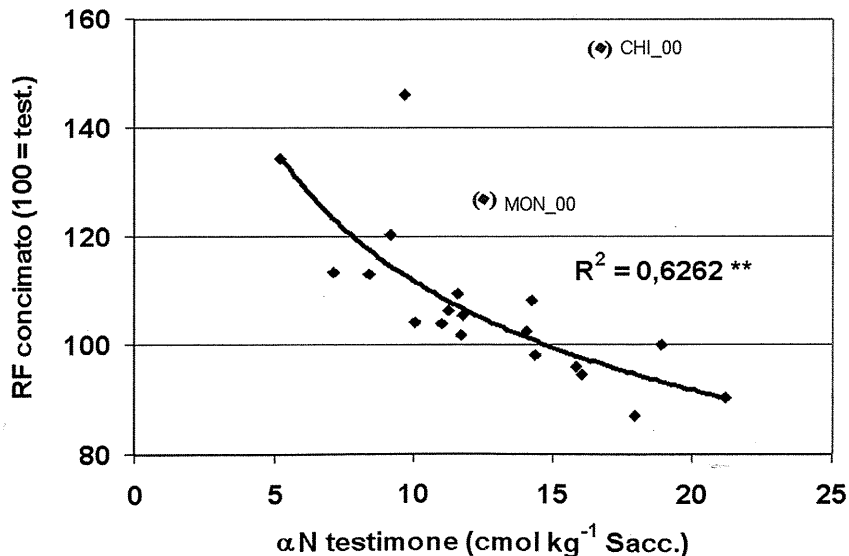
Figura 10. Frequenza delle risposte ottenute con i diversi metodi: Purezza Sugo Denso

4) Produttività e qualità delle bietole

Il legame esistente tra stato nutritivo della coltura e impurità azotate nelle radici è dimostrato dall'associazione tra azoto -amminico rilevato nella tesi N 0 e la risposta produttiva, intesa come la resa finanziaria media delle tesi N 1, N 2, ed N 3 rispetto ad N 0 (fig. 11). Fanno eccezione a questa relazione e vengono pertanto escluse le due località del Centro Italia, areale per cui potrà forse valere un diverso andamento.

In base alla curva di regressione tracciata, il livello soglia di azoto nocivo oltre il quale la risposta si annulla è di 15 cmol kg⁻¹ di saccarosio. Poiché le analisi qualitative, ivi compreso l'N, sono patrimonio comune di tutti i bieticoltori, appare plausibile l'ipotesi di utilizzare tale informazione, opportunamente mediata nell'arco di più annate, per un giudizio a posteriori sulla validità delle pratiche fertilizzanti, e quindi per una correzione ove prevalgano sbilanciamenti dell'uno o dell'altro tipo.

Figura 11. Risposta alla concimazione e impurità azotate



Conclusioni

Dal complesso dell'attività svolta nel biennio 1999-2000, la nutrizione azotata della barbabietola da zucchero si conferma fattore critico, in grado di influenzare sensibilmente quantità e qualità della produzione.

In base ai risultati delle prove comparative, non si profila all'orizzonte una soluzione univoca del problema: diversi sono stati gli approcci tentati per dare una risposta che approssimasse meglio il comportamento della pianta, con analisi del substrato da cui la pianta trae nutrimento, ovvero dei tessuti vegetali. Nonostante le profonde differenze tra loro, i metodi si sono rivelati nel complesso utili ad approssimare le esigenze della coltura, ma nessuno si è dimostrato chiaramente superiore agli altri: il più rispondente in termini di produzione si è dimostrato il più debole in termini di qualità e viceversa. Questo effetto è chiara conseguenza della duplice natura della bietola: esigente sì di azoto, ma ad esso qualitativamente sensibile.

Esistono semmai le condizioni affinché le metodiche più fortemente caratterizzate a sostegno della produzione ovvero della qualità siano preferibilmente impiegate nelle condizioni più idonee, rispettivamente in aziende o in areali facilmente soggetti a sotto- o a sovranutrizione.

Appare, infine, in prospettiva interessante la possibilità di integrazione tra gli approcci seguiti, con la finalità di un completamento e, se possibile, di una sintesi dei metodi di corrente impiego. A questo riguardo, l'analisi qualitativa come indicatore aziendale dello stato nutritivo si prospetta come un elemento da tutti recepibile, la cui validità è stata dimostrata nel ciclo di prove effettuate.

Bibliografia

- AMADUCCI M. T., ROSSO F., VENTURI G., BARBANTI L., BIMBATTI M., CANDOLO G., MERIGGI P., PERUCH U., 1997. Effetti dei fattori agronomici sul valore tecnologico della barbabietola da zucchero. *Agronomica*, suppl. 1, 10-58.
- BARBANTI L., CANDOLO G., BELTRAMI G., FRANESI A., BETTINI G., CECCHINI M., TELLOLI R., ZAVANELLA M., CAMPAGNA G., 2002. Monitoraggio dell'azoto nei terreni in Val padana: una linea guida per la concimazione della bietola. *L'Industria Saccarifera Italiana*, 95, 5, 151-158.
- CARRUTHERS A., OLDFIELD J. F. T., 1960. Methods for the assessment of beet quality. *Proc. 11th Assembly of CITS*, Frankfurt, 224-248.
- DRAYCOTT A. P., 1993. Nutrition in: The sugar beet crop: science into practice. Cooke D. A. and Scott R. K. (editors), Pub. Chapman & Hall, 239-291.
- DRAYCOTT A. P., MESSEM A. B., 1977. Response by sugar beet to irrigation, 1965-1975. *J. Agric. Sci.*, Cambridge, 76, 261-267.
- GIORDANI G., 1998. Analisi dei nitrati nella radice e nei piccioli delle foglie di bietola. *L'Informatore Agrario*, 16, 43-46.
- LOPEZ BELLIDO L., CASTILLO J. E., FUENTES M., 1994. Nitrogen uptake by autumn sown sugar beet. *Fertilizer Res.*, 38, 2, 101-109. CAB Abstracts 1995.
- MACHET J. M., HÉBERT J., 1983. Résultats de six années d'essais sur la prévision de la fumure azotée de la betterave sucrière. *Proc. of the Symposium "Nitrogen and sugar-beet" of the IIRB*, Brussels, February 16-17, 493-508.
- MAMBELLI S., DAL RIO M. P., VENTURI G., 1997. Razionalizzare la concimazione azotata: ruolo della diagnosi dello stato nutrizionale della pianta. *Riv. Di Agronomia*, 31, 3, 554-564.
- MANNINI P., VENTURI G., 1993. Effects of irrigation and fertilization on sugarbeet yield and quality in Northern Italy's Po Valley. *Proc. of the 56th I.I.R.B. Congress*, Brussels, February 10-11, 171-186.
- MAROTTI M., NASTRI A., BERNATI E., TODERI G., 1997. Effetti della concimazione azotata e dell'interramento dei residui colturali sulle caratteristiche quantitative e qualitative della produzione di bietola. *Agricoltura Ricerca*, 170, 105-112.
- PERUCH U., POGGIOLINI S., BARBANTI L., ROSSO F., 2000. Effetto della piovosità sulla Purezza del Sugo denso. *L'Industria Saccarifera Italiana*, 93, 6, 183-188.
- SEQUI P., 2000. La dinamica dell'azoto nel sistema suolo-pianta. *Atti del convegno internazionale "Azoto: una necessità da gestire al meglio"*, Bardolino (VR), 24 Novembre, 6-12.
- TINKER P. B., 1965. The effects of nitrogen, potassium and sodium fertilizers on sugar beet. *J. Agric. Sci.*, 65, 207-212.
- TODERI G., 1968. I concimi organici e minerali in bieticoltura. *Agricoltura*, 5, 3-15.
- TODERI G., GIORDANI G., LANZONI L., MANNINI P., 1985. Effetti del medicaio sulla fertilità del terreno. *Riv. di Agron.*, 5, 1, 22-28.
- TODERI G., ROSSI PISA P., MAROTTI M., 1982. Effetti dell'interramento della paglia di orzo sulle rese di prodotto di bietole, frumento e orzo in rotazione triennale. *Riv. di Agron.*, 16, 2, 187-196.
- VENTURI G., 2000. Le interazioni fra azoto ed altri elementi. *Atti del convegno internazionale "Azoto: una necessità da gestire al meglio"*, Bardolino (VR), 24 Novembre, 27-55.
- WIKLICKY L., NÉMETH K., RECKE H., 1983. Assessment of nitrogen fertilizer requirements for sugar beet by means of EUF (Electro Ultrafiltration wasserklare Filtrate). *Proc. of the Symposium "Nitrogen and sugar-beet" of the IIRB*, Brussels, February 16-17, 533-544.
- WINTER S. R., 1990. Sugarbeet response to nitrogen as affected by seasonal irrigation. *Agronomy J.*, 82, 5, 984-988. CAB Abstracts 1990-1991.

FERTILIZZAZIONE AZOTATA SU BARBABIETOLA DA ZUCCHERO PRIMAVERILE NEL TAVOLIERE PUGLIESE: RISPOSTE PRODUTTIVE E QUALITATIVE

Donato De Giorgio, Francesco Fornaro, Grazia Convertini

Istituto Sperimentale Agronomico - Bari

Riassunto

Si riportano i risultati di una ricerca biennale (1999 e 2001), sugli effetti di 3 livelli di fertilizzazione azotata (0, 50 100 kg ha⁻¹) sulla barbabietola da zucchero a semina primaverile, nel Tavoliere pugliese. L'azoto è stato somministrato in copertura in un unico intervento. Durante il ciclo colturale è stato condotto lo studio dell'analisi di crescita con il metodo distruttivo. Alla raccolta sono stati rilevati i principali parametri biometrici (peso, circonferenza e diametro delle radici) e produttivi (rese in radici e saccarosio).

In entrambe le annate è emersa una positiva influenza della fertilizzazione azotata, sull'indice di area fogliare, sul contenuto in sostanza secca sia della parte epigea che ipogea. Influenza che però non si è tramutata in una differenziazione fra le tesi azotate sulla quantità di radici alla raccolta, pur conservando un leggero gradiente con il crescere delle dosi. Anche sui parametri biometrici le differenze sono state di scarso rilievo. Sulla percentuale di saccarosio nella polpa, pur senza differenze significative, è stato rilevato l'effetto opposto, con il valore più alto nel testimone senza azoto che, rapportato alla quantità di radici per ettaro, è risultata la più produttiva (7,4 t ha⁻¹ di saccarosio). L'incidenza dell'azoto nocivo è aumentato con il crescere degli apporti azotati.

Parole chiave: barbabietola da zucchero, azoto, Tavoliere pugliese

Introduzione

La necessità di adottare principi di tecniche agronomiche conservative nella coltivazione della barbabietola da zucchero, rende necessaria una ricalibrazione degli interventi agrotecnici e in particolare nell'utilizzo dei prodotti di sintesi. Aspetto che assume particolare rilevanza per le aree bieticole dell'Italia meridionale ritenute "difficili" per questa coltura. In queste aree per migliorare la redditività della barbabietola, dove rappresenta comunque una realtà socioeconomica non trascurabile, è necessario rapportare gli itinerari tecnici alle peculiarità del territorio caratterizzato da scarse disponibilità idriche e da alte temperature estive (Rizzo *et al.* 1983; Caliandro *et al.* 1996; Cucci *et al.* 1999; Camposeo *et al.*, 2001; Rinaldi, 2002).

Individuare il giusto rapporto tra rese, qualità del prodotto, reddito per l'operatore agricolo e il rispetto dell'ambiente, è un obiettivo non facile da raggiungere, ma che occorre perseguire attraverso uno studio dell'interazione fra variabilità ambientale e genetica con le tecniche agronomiche (Marzi *et al.*, 1991; Caliandro *et al.* 1986; Amaducci *et al.*, 1996; Cucci *et al.* 1999; Camposeo *et al.*, 2001). In questo contesto, la fertilizzazione azotata per la sua influenza sullo sviluppo della pianta e qualità del prodotto, sui costi di produzione e come fonte di inquinamento se non ben calibrata, assume un ruolo determinante per migliorare la competitività della barbabietola nelle aree meridionali. Una carenza di azoto determina un minor sviluppo della radice, un eccesso invece incide negativamente sulla polarizzazione ed aumenta il contenuto in azoto nocivo, in sintesi esplica una marcata influenza regolatrice sia sulle rese che sulla qualità (Cucci *et al.*, 1988; Barbanti, 1989; Shepard, 1992; Houba *et al.*, 1995; Geypens *et al.*, 1998; Zinati *et al.*, 2001).

Con l'intento di apportare un contributo alla definizione della dose più appropriata di azoto, in un'area di particolare interesse per la bieticoltura meridionale, come il Tavoliere pugliese, nel 1999 e 2001 è stata condotta una ricerca sulla barbabietola da zucchero a semina primaverile, sottoponendola a diversi livelli di fertilizzazione azotata. L'obiettivo primario è valutare la possibilità di ridurre gli apporti azotati, per ridurre i costi, rendere la coltura più competitiva e preservare l'ambiente da effetti negativi che possono derivare da apporti superiori alle reali esigenze della pianta.

Materiali e metodi

La prova è stata realizzata a Foggia, nell'azienda sperimentale dell'Istituto (41° 27' latitudine N, 3° 04' longitudine E, 90 m.s.l.), su terreno argilloso-limoso del quaternario antico, profondo, classificato Typic Chromoxerert secondo Soil Taxonomy (1999) dotato di discreta fertilità agronomica N totale 0,122%; P₂O₅ assimilabile 41ppm; K₂O scambiabile 1598 ppm; pH -acqua- 8,33; s.o. 2,07%; C/N 10). Il clima è caratterizzato da estati caldo-aride con temperature che possono raggiungere i 40 °C e da inverni che negli ultimi tempi, pur raggiungendo punte minime di 0 °C, nell'insieme sono sempre meno freddi e con scarsa piovosità. Secondo le Carte Bioclimatiche per il Mediterraneo del-

la FAO-UNESCO è classificato "termomediterraneo accentuato". Nel biennio di prova è stata registrata una piovosità annua prossima alla norma dei precedenti 48 anni (524 mm), con rispettivamente -32 mm nel primo e -93,71 mm nel secondo (Fig. 1). Durante il ciclo colturale, i mesi con un forte deficit idrico sono stati aprile e maggio nel 1999 e marzo, maggio e luglio nel 2001. La temperatura è stata sempre superiore alla norma, con conseguenti valori di evapotraspirazione molto elevati.

La barbabietola da zucchero a semina primaverile in rotazione biennale con il frumento duro, è stata sottoposta a 3 livelli di fertilizzazione azotata: 0, 50 e 100 kg ha⁻¹ di N, di seguito indicate con N0, N50 e N100. In campo è stato utilizzato uno schema sperimentale a blocco randomizzato con 3 ripetizioni e con parcelle elementari di 300 m². La semina della barbabietola da zucchero (marca Puma) è stata effettuata, in entrambe le annate, nella prima settimana di marzo.

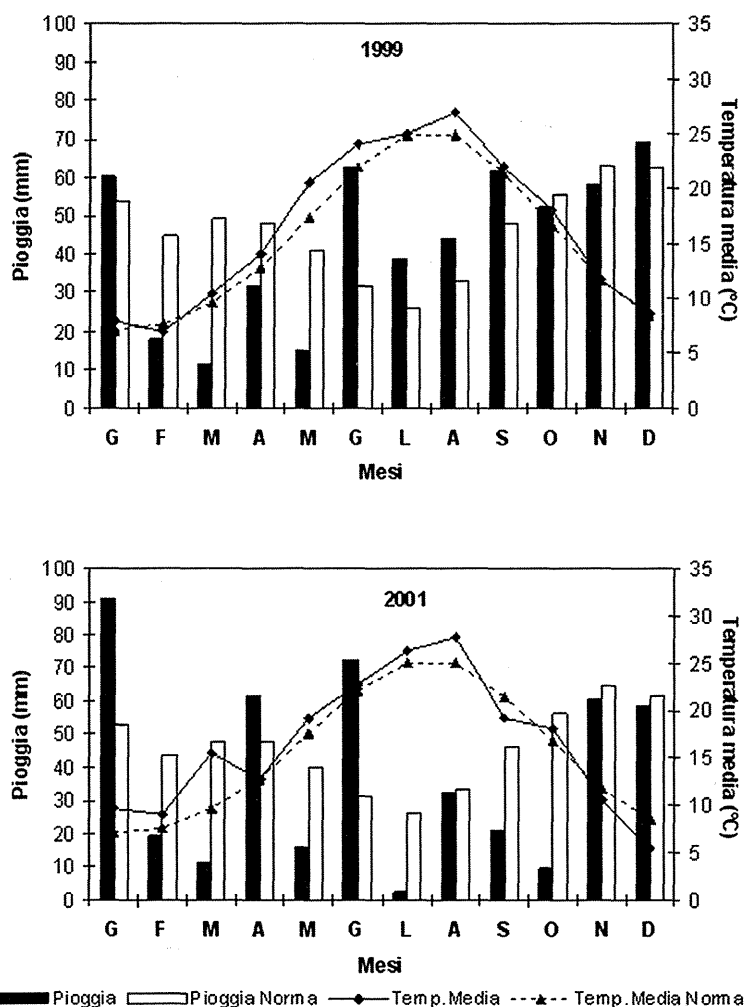


Figura 1. Valori medi mensili di pioggia e temperatura del biennio di prova e medie corrispondenti dei precedenti 47 anni

Per facilitare l'emergenza e soprattutto per ridurre il danno da uccelli, voraci delle giovani piante appena emerse, tra la seconda quindicina di marzo e la 1^a decade di aprile, sono state effettuate due irrigazioni di 250 m³ ha⁻¹ ciascuna. L'azoto è stato somministrato in copertura in un unico intervento tra l'8° e la 10°. L'emergenza è stata uniforme sull'intero campo sperimentale con un investimento iniziale di 10 piante per m². Durante il ciclo vegetativo, oltre a rilevare le principali fasi, da ogni tesi e da una superficie di 1 m², sono state prelevate campioni di piante e sottoposte all'analisi di crescita della parte epigea, misurando la superficie fogliare con il Delta T-Device. E' stata rilevata, inoltre, l'incidenza delle foglie ingiallite. Contemporaneamente sulla parte ipogea è stato rilevato il peso delle radici. Successivamente le singole componenti dell'intera pianta sono state messe in stufa per la determinazione della sostanza secca. Le principali operazioni colturali eseguite durante il ciclo colturale della barbabietola sono riportate nella tabella 1. Alla raccolta, effettuata in entrambe le annate nella seconda metà di agosto, oltre alla resa in radici scollettate sono stati rilevati i principali parametri biometrici (circonferenza, lunghezza e peso medio di un fittone). L'investimento medio alla raccolta è stato di 9,11 nel 1999 e di 7,30 nel 2001. In laboratorio un campione di radici per ogni tesi, è stato sottoposto ad analisi per la determinazione del contenuto in saccarosio e di N alfa-amminico.

I dati sperimentali sono stati sottoposti ad analisi statistica, secondo le procedure del pacchetto SAS (SAS Institute, 1987).

Tabella 1. Tecniche agronomiche utilizzate sulla barbabietola primaverile

Operazioni colturali	1999	2001
Data semina	02/03/1999	05/03/2001
Concimazione presemina (P ₂ O ₅)	04/11/1998	20/02/2001
Concimazione di copertura (N)	07/05/1999	17/05/2001
Irrigazioni (n. e volumi m ³ ha ⁻¹)	3 - 2.500	3 - 2.500
Trattamenti diserbanti	Cloridazon - Fluarizop-p-butile - Azinphos metile	Fenmediphan, Desmediphan, Etotumesate - Haloxifop-Etossietile - Cloridazon
Trattamenti antiparassitari	Carbofuran	Acefate - Tetraconozolo
Sarchiature	12/05/1999	12/05/2001
Data raccolta	08/09/1999	30/08/2001

Risultati e discussione

Dall'esame dei risultati dell'analisi di crescita, si osserva che in entrambe le annate con l'apporto azotato più alto, la superficie fogliare (LAI) della barbabietola da zucchero (Fig. 2) ha avuto un andamento costantemente superiore sia al testimone che alla dose minima, raggiungendo il valore più elevato intorno al 100° giorno dalla semina (GDS). Per il livello azotato N50 l'andamento del LAI è stato diverso nel biennio, nel 1° anno costantemente superiore al testimone con valori più prossimi a quelli di N100, raggiungendo la massima superficie fogliare intorno al 130° giorno dalla semina, nel 2° invece fino al 100° giorno (G.D.S.) i valori si pongono nell'intermezzo fra gli altri 2 livelli, successivamente decrescono avvicinandosi a quelli del testimone senza azoto. Il numero di foglie verdi (Fig. 3) ha un andamento diverso dal LAI, infatti nella prima annata le differenze fra i livelli azotati sono poco significativi, ad eccezione della tesi N100 che mostra un leggero incremento fino al 120° giorno dall'emergenza, nella seconda invece con il maggior apporto azotato il numero di foglie verdi si mantiene più elevato durante l'intero ciclo vegetativo. Il differente andamento di questo parametro rispetto al LAI, nella prima annata, è da attribuirsi a un diverso sviluppo della lamina fogliare. L'andamento dell'accumulo di sostanza secca nelle foglie verdi durante l'intero ciclo colturale della barbabietola (Fig. 4), in entrambe le annate è stato molto simile a quello del LAI, raggiungendo il massimo accumulo intorno al 100° giorno per poi decrescere, più accentuato nella seconda annata, con il naturale ingiallimento e perdita delle foglie basali.

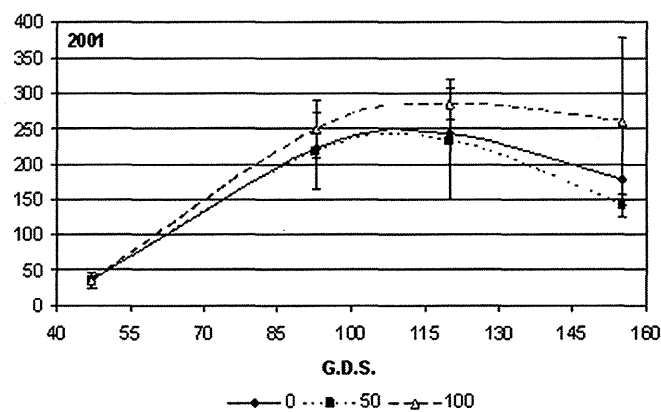
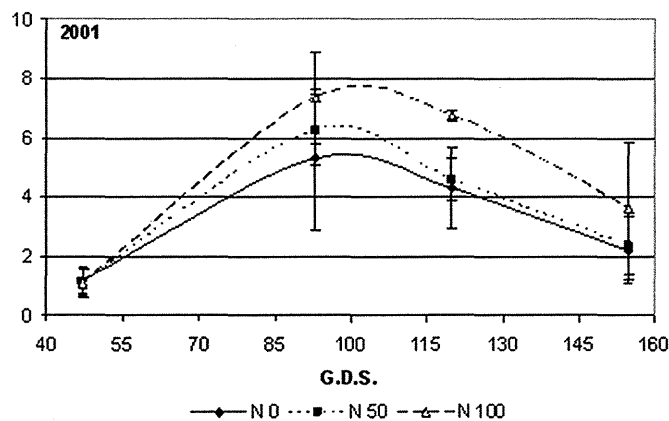
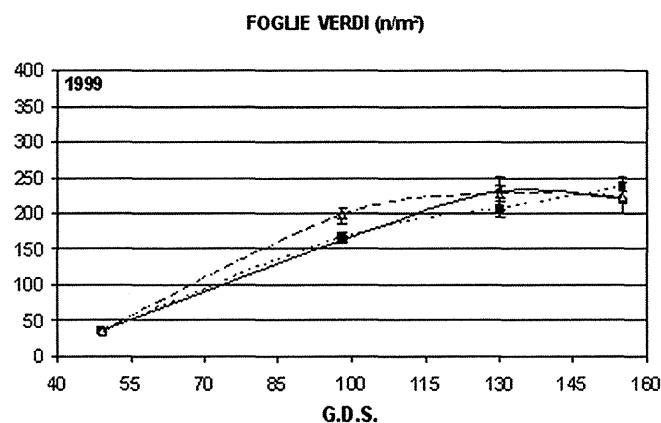
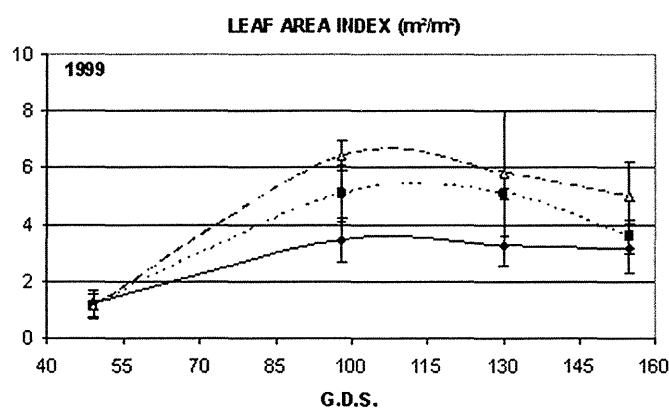


Figura 2.

Andamento dell'indice di area fogliare (LAI) della barbabietola primaverile, sottoposta a 3 livelli di fertilizzazione azotata nei 2 anni di prova. Le barre rappresentano gli errori standard

Figura 3.

Variazioni del numero di foglie verdi della barbabietola primaverile, in funzione dei 3 livelli azotati nei 2 anni di prova. Le barre rappresentano gli errori standard

La comparsa delle foglie ingiallite è stata rilevata intorno al 100° giorno dalla semina ed è aumentata con l'evolversi del ciclo della barbabietola. I livelli azotati non hanno mostrato una incidenza significativa su questo parametro (Fig. 5), ad eccezione di un lieve incremento nel primo anno nella tesi N100. Differenze più marcate si riscontrano sul loro peso secco (Fig. 6) con incrementi proporzionali ai livelli azotati, più evidenti nel 1° anno e un po' meno nel 2°.

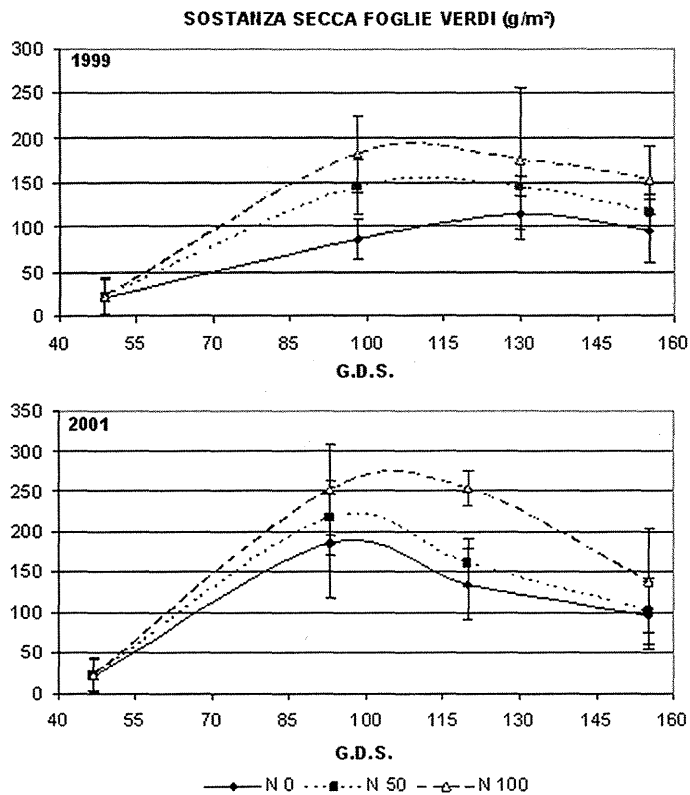


Figura 4. Andamento dell'accumulo di sostanza secca delle foglie verdi della barbabietola primaverile, sottoposta a 3 livelli azotati nei 2 anni di prova. Le barre rappresentano gli errori standard

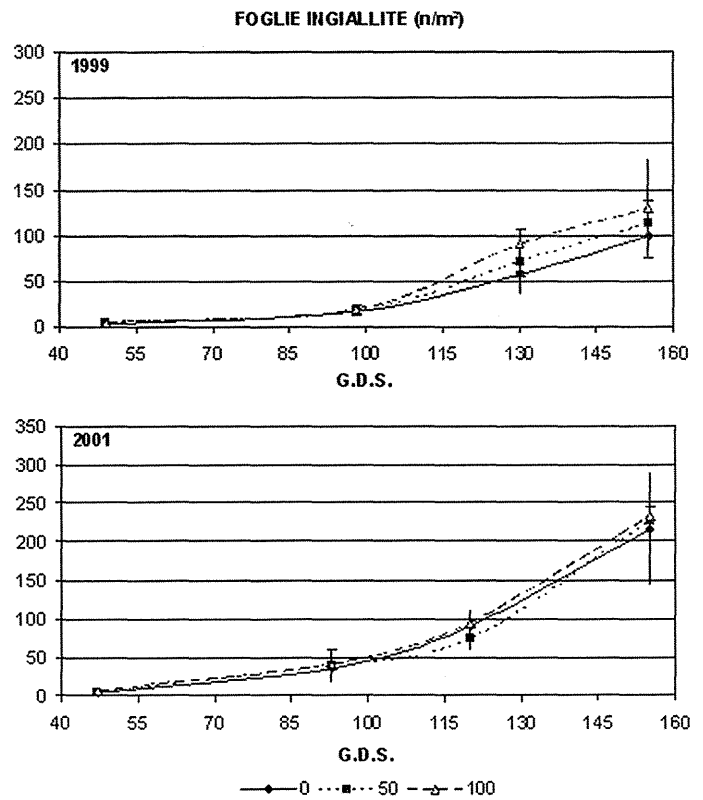


Figura 5. Variazioni del numero di foglie ingiallite della barbabietola primaverile, in funzione dei 3 livelli azotati nei 2 anni di prova. Le barre rappresentano gli errori standard

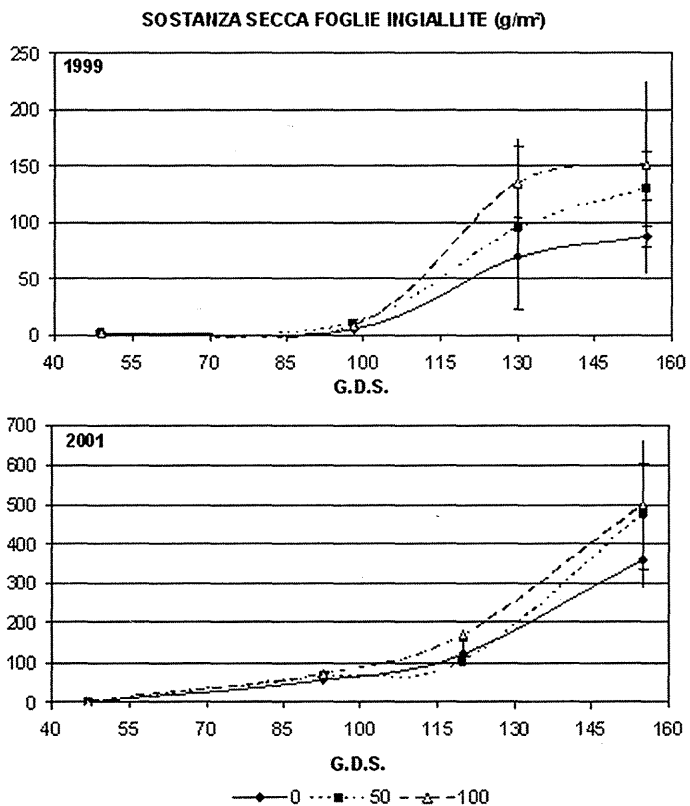


Figura 6. Andamento dell'accumulo di sostanza secca delle foglie ingiallite della barbabietola primaverile, sottoposta a 3 livelli azotati nei 2 anni di prova. Le barre rappresentano gli errori standard

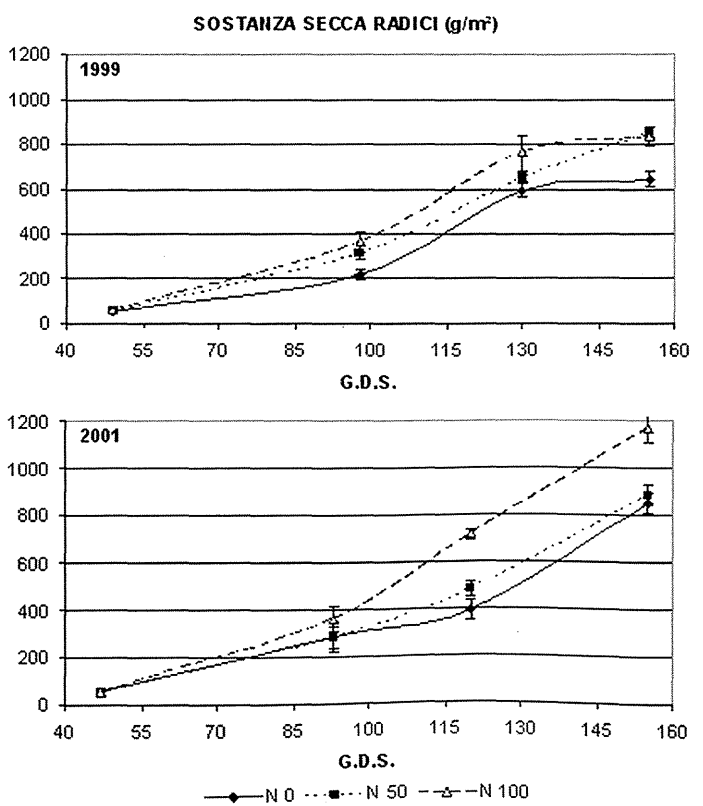


Figura 7. Andamento dell'accumulo di sostanza secca nelle radici della barbabietola, sottoposta a 3 livelli azotati nei 2 anni di prova. Le barre rappresentano gli errori standard

Il peso secco delle radici ha raggiunto i valori più elevati nella seconda annata (Fig. 7). I tre livelli azotati nel 1° anno, pur conservando un gradiente in base alla diversa disponibilità di N, hanno mostrato un andamento non molto differente, nel secondo l'apporto di 100 unità di N ha⁻¹ ha influito in modo significativo sullo sviluppo dei fittoni e quindi sull'accumulo della sostanza secca, differenziandosi nettamente ad iniziare dal 100° giorno dopo della semina. L'influenza del livello N50 è stato un po' altalenante, infatti nella prima annata l'accumulo in sostanza secca è stato intermedio tra N100 ed N0, nel secondo i valori sono stati prossimi a quelli del testimone.

Sia sui parametri produttivi che biometrici rilevati alla raccolta, le 2 annate sono state statisticamente differenti (Tab. 2), con valori più elevati nella prima. Differenza da attribuirsi all'effetto anno e al minor numero di piante per m² alla raccolta nella seconda annata (-1,8).

Tabella 2. Schema riassuntivo dell'analisi della varianza

Fonte di variazione	Pianta intera (t ha ⁻¹)	Radici (t ha ⁻¹)	Sostanza secca foglie (t ha ⁻¹) (%)		Saccarosio polpa (t ha ⁻¹) (%)		Peso radice (g)	Circonf. massima (cm)	Lungh. max radice (cm)	N alfa-amminico (meq 100g ⁻¹)
Anno	***	***	n.s.	n.s.	***	n.s.	***	***	*	***
Azoto	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Anno x Azoto	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Poiché dall'analisi statistica per anno, non sono emerse differenze significative su tutti i parametri rilevati, nelle tabelle si riportano i dati medi del biennio.

Tutti i parametri quantitativi (Tab. 3), mostrano una leggera tendenza a lievi incrementi con il crescere delle dosi, ma di entità molto limitata da non giustificare un intervento di fertilizzazione azotata.

Tabella 3. Parametri quantitativi alla raccolta della produzione della barbabietola primaverile

Anno	Pianta intera (t ha ⁻¹)	Radici (t ha ⁻¹)	Sostanza secca foglie (t ha ⁻¹) (%)		Saccarosio (t ha ⁻¹)	Saccarosio (%)
			(t ha ⁻¹)	(%)		
1999	59,96 A*	50,91 A	2,82	31,33	17,34	8,78 A
2001	42,96 B	34,88 B	3,05	37,80	16,62	5,80 B
Azoto						
0 kg di N ha ⁻¹	49,48	41,79	2,63	34,45	17,58	7,39
50 kg di N ha ⁻¹	51,06	42,88	2,87	34,40	16,89	7,24
100 kg di N ha ⁻¹	53,85	44,01	3,30	34,84	16,46	7,23

* Lettere diverse indicano differenze significative per P ≤ 0,005 (S.N.K test).

Ad avvantaggiarsi maggiormente è la parte aerea, tendenza già rilevata con l'analisi di crescita, infatti il peso della pianta intera e della sostanza secca delle foglie tende ad aumentare con l'aumentare delle dosi. Sulla parte ipogea è la dose di 50 kg ha⁻¹ ad evidenziarsi rispetto agli altri 2 livelli. Il valore più alto della percentuale di saccarosio nella polpa è stato rilevato nel testimone senza azoto (17,6 %) che, rapportato alla produzione di radici, ha consentito a questa tesi di dare la più alta resa di saccarosio per ettaro (7,4 t ha⁻¹), pur non differenziandosi significativamente dalle altre 2 dosi. Il basso livello produttivo dei dati medi del biennio, è da attribuirsi oltre alla minor resa in radici anche al più basso grado di polarizzazione nella seconda annata. Sui parametri biometrici della radice, peso, circonferenza e lunghezza (Tab. 4), è l'apporto minimo (50 kg ha⁻¹) a mostrare una maggiore incidenza.

Tabella 4. Parametri biometrici e qualitativi alla raccolta della barbabietola primaverile

Anno	Peso radice (g)	Circonferenza massima (cm)	Lunghezza massima radice (cm)	N alfa-amminico (meq 100g ⁻¹)
2001	388,70 B	26,27 B	34,66 B	3,12 B
Azoto				
0 kg di N ha ⁻¹	512,54	27,09	37,57	3,79
50 kg di N ha ⁻¹	574,82	28,90	37,85	4,04
100 kg di N ha ⁻¹	542,71	27,91	35,17	4,47

* Lettere diverse indicano differenze significative per P ≤ 0,005 (S.N.K test).

L'azoto nocivo, invece, è aumentato con il crescere degli apporti azotati, con il valore più alto nella tesi N100 e il più basso nel testimone senza azoto. In sintesi la fertilizzazione azotata determina incrementi nello sviluppo della parte aerea, lievi incrementi nelle dimensioni delle radici, ma i valori più bassi riscontrati sulla percentuale di saccarosio, hanno annullato i già limitati effetti sulla rese. La barbabietola da zucchero, esplorando con il suo apparato radicale uno strato ben superiore alla lunghezza del fittone, riesce a recuperare l'azoto direttamente dal terreno lungo il profilo esplorato. Questi risultati, sono in linea con quelli già conseguiti nello stesso ambiente su altre colture come il frumento e il girasole (De Giorgio et al. 1992; Ferri et al., 1996), dove il livello ottimale di fertilizzante azotato è di 50 kg ha⁻¹ di N e in alcune annate è proprio il testimone senza azoto a dare i migliori risultati.

Conclusioni

Lo studio dell'analisi di crescita ha mostrato che la fertilizzazione azotata e in particolare l'apporto più elevato (100 kg ha⁻¹ di N), influenza positivamente la superficie fogliare e il contenuto in sostanza secca nelle foglie e nelle radici. In parallelo è stata rilevata, però, una maggiore incidenza di foglie ingiallite con l'aumentare delle dosi di N.

Sui parametri produttivi e biometrici, rilevati alla raccolta, pur in presenza di un significativo effetto delle annate, l'azione della fertilizzazione azotata è stata ininfluenza. La quantità di radici per ettaro mostra una tendenza ad incrementi con il crescere delle dosi, effetto che si annulla e si inverte a favore del testimone senza azoto nel calcolo della quantità di saccarosio per ettaro, poiché è proprio il testimone ad avere il grado polarimetrico più alto.

In sintesi, in base a questi risultati, la coltivazione della barbabietola da zucchero, nell'ambiente di prova, può dare buoni risultati produttivi anche senza concimazione azotata o con limitati apporti (50 kg ha⁻¹ di N), con positivi risvolti sulla qualità del prodotto, sui costi di produzione e sull'ambiente, aspetto quest'ultimo che sta assumendo un ruolo sempre più incisivo nella scelta degli itinerari delle tecniche agronomiche.

Bibliografia

- AMADUCCI, M.T., MOSCA, G., SAMBO, P., VENTURI, G., AMADUCCI, S., 1996. L'analisi "genotipo x ambiente" per la valutazione di marche di barbabietola da zucchero. *Sementi Elette*, maggio-agosto, 25-29.
- BARBANTI, L., 1989. L'azoto, fattore importante nel delicato equilibrio produttivo della bietola. *Inf. Agr.*, 8, 43-47.
- CALIANDRO, A., ZUFFRANO, M., MASTRO, M.A., 1986. Risposta produttiva all'irrigazione della barbabietola autunnale in ambiente meridionale. *L'Informatore Agrario*, 23, 29-33.
- CALIANDRO, A., RUBINO, P., CATALANO, MASTRO, M.A., 1996. Variazione dei fabbisogni irrigui della barbabietola da zucchero (*Beta vulgaris* L.) a semina autunnale nei diversi ambienti del territorio pugliese.
- CAMPOSEO, S., DE SANTIS, S., ALBRIZIO, R., RUBINO, P., 2001. Effetto sulla stima dell'evapotraspirazione della bietola da zucchero con il metodo del rapporto di Bowen in ambiente mediterraneo. *Riv. di Agron.*, 35, 117-126.
- CUCCI, G., DE CARO, A., CALIANDRO, A., 1988. Influenza dell'irrigazione, della concimazione azotata e dell'epoca di raccolta sulla barbabietola da zucchero a semina autunnale. *Irrigazione e Drenaggio*, XXXV, gennaio-marzo, 51-56.
- CUCCI, G., DE CARO, A., GHERBIN, P., VANNELLA S., 1999. Dinamica dell'accrescimento epigeo ed ipogeo e dell'accumulo di saccarosio estraibile in barbabietola primaverile ed autunnale. *Riv. di Agron.*, 33, 147-153.
- DE GIORGIO, D., RIZZO, V., RINALDI, M., 1992. Dinamica dell'accrescimento del frumento duro in monosuccessione, sottoposto a differenti modalità di lavorazione del terreno e dosi di fertilizzante azotato. *Riv. di Agron.*, 27, 4, 524-553.
- FERRI, D., DE GIORGIO, D., RINALDI, M., 1996. Relationship between nitrogen fertilization on crop rotation "sunflower - durum wheat" and nitrogen cycle in southern Italy. *Proc. of 14th Intern. Sunflower Conference*, 12-20 June, Beijing/Shenyang, 375-382.
- GEYPENS M., VANONGEVAL L., ELST P., BRIES J., 1998. Evaluation of nitrogen-fertilizer recommendations for sugar beet on the nitrogen-index expert system. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 29, 2217-2225.
- HOUBA, V. J. G., HUIJBREGTS A. W. M., WILTING P., NOVOZAMSKY I., GORT G., 1995. Sugar yield, nitrogen uptake by sugar beet and optimal nitrogen fertilization in relation to nitrogen soil analyses and several additional factors. *Biol. Fertil. Soils* 19, 55-59.
- MARZI, V., DE CARO, A., CUCCI G., GHERBIN, P., VANNELLA S., 1991. Ritmo di accrescimento e di accumulo di saccarosio estraibile in bietola a semina primaverile ed autunnale a differenti regimi irrigui. *Agricoltura Ricerca*, 12, 120-121, 133-140.
- RINALDI M., 2002. Determinazione di parametri colturali della barbabietola da zucchero a semina autunnale in ambiente a sussidio idrico limitato. *Agroindustria*, 1, 2, 110-114.
- RIZZO, V., DI BARI, V., COLUCCI, R., 1983. Valutazione della curva di risposta della barbabietola da zucchero all'irrigazione. Tre anni di ricerca nel Tavoliere pugliese. *Riv. di Agron.* 17, 2, 279-288.
- SAS INSTITUTE, 1987. SAS/STATTM guide for personal computers. Version 6 Edition. SAS Inst. Inc. Cary, NC.
- SHEPARD M.A., 1992. Leaching of nitrogen fertiliser applied to sugar beet. *Aspects Appl., Biol.*, 30, 417-420.
- SOIL SURVEY STAFF, 1999. Soil Taxonomy, 2nd Ed., *Agric. Hand.* N. 436, USDA- NRCS, Washington DC.
- ZINATI, G. M., CHRISTENSON D. R., HARRIS D., 2001. Spatial and temporal distribution of ¹⁵N tracer and temporal pattern of N₂ uptake from various depths sugarbeet. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 32, 1445-1456.

BILANCIO DELL'AZOTO IN PROVE DI FERTILIZZAZIONE ORGANICA SU BARBABIETOLA DA ZUCCHERO NEL TAVOLIERE PUGLIESE

Donato Ferri, Grazia Convertini, Michele Maiorana, Francesco Montemurro

Istituto Sperimentale Agronomico (MiPAF) - BARI

Riassunto

Nelle condizioni pedoclimatiche dell'Italia meridionale sono state studiate le possibilità di impiego con funzioni ammendanti e/o fertilizzanti dei compost da rifiuti solidi urbani (RSU) da raccolta indifferenziata e differenziata. In particolare, sono stati accertati gli effetti prodotti dal materiale organico incorporato nel terreno, tramite queste biomasse di scarto, sulle risposte produttive e qualitative della barbabietola da zucchero e sul bilancio dell'N nel sistema suolo-pianta.

Si riferisce su tre prove sperimentali che prevedono l'applicazione di diversi tipi e dosi di RSU compost su barbabietola. In ogni prova sono state determinate la produzione media, le principali caratteristiche qualitative ed il bilancio dell'azoto. Sono stati considerati come input il contenuto di azoto minerale del terreno nello strato compreso tra 0 e 40 cm e l'N fertilizzante fornito con i compost. Gli output dal sistema sono essenzialmente costituiti dalle quantità di N asportato dalle piante e il contenuto di N minerale alla fine della coltura; per differenza si ottiene l'N deficit del suolo.

I risultati delle tre prove, ancorché riferiti a periodi di tempo diversi, mostrano che il bilancio azotato nel sistema "barbabietola - suolo" è pressoché paritario allorquando vengono forniti al suolo circa 120 kg N ha⁻¹ come azoto organico (compost); quantità di N inferiori potrebbero depauperare il suolo, mentre dosi più elevate aumentano il pool organico del sistema senza rischi di inquinamento e di accumulo di metalli pesanti.

Introduzione

Il livello della sostanza organica nei suoli è considerato un elemento importante della fertilità dei terreni. Infatti, una riduzione del suo contenuto ha effetto sfavorevole sulla struttura e sulla stabilità degli aggregati, sulle proprietà fisiche del terreno, sulla capacità di ritenzione idrica, sulle attività biologiche e sulla capacità di scambio di elementi nutritivi. In questa situazione, nel medio e lungo termine si potrebbe avere nel suolo una elevata sensibilità e vulnerabilità ai fattori che determinano il processo di erosione (acqua e vento) e maggiore suscettibilità alla compattezza, acidificazione, salinizzazione, con conseguenze che portano ad una degradazione del sistema suolo e all'inizio dello stato di desertificazione. Di conseguenza, l'aggiunta di materiale organico al suolo può attenuare il processo degradativo della componente organica, contribuendo a salvaguardare l'ecosistema e prevenendo gli effetti negativi degli interventi agronomici spinti, tipici delle coltivazioni intensive (Shiralipour *et al.*, 1992; Ferri *et al.*, 1995).

Negli ultimi anni è divenuta sempre più attuale ed importante la tendenza al recupero di risorse dai rifiuti solidi urbani (RSU), soprattutto a seguito della diffusione di moderne tecnologie di compostaggio di materiale derivante dalla raccolta differenziata. Tale tecnica si è dimostrata più efficace dello smaltimento a discarica o dell'incenerimento anche se talvolta presenta problemi di concentrazione dei metalli pesanti, i cui valori possono raggiungere livelli tali da rappresentare un rischio per l'ambiente (Bonciarelli, 1991; Businelli *et al.*, 1991; Ferri *et al.*, 1996). Occorre quindi, per la sostenibilità delle coltivazioni e la tutela del consumatore, verificare con prove di campo l'idoneità di tali materiali all'uso agricolo.

Diversi studi hanno previsto l'applicazione di RSU al suolo con risultati che possono essere definiti positivi (Senesi *et al.*, 1989; Giusquiani *et al.*, 1995; Pinamonti, 1997). D'altra parte mancano ancora informazioni sull'applicazione di questi materiali nel lungo periodo, in colture tipiche mediterranee e sulle ripercussioni di tali applicazioni sul bilancio azotato complessivo.

Pertanto, lo scopo del presente lavoro è stato quello di studiare le possibilità di impiego con funzioni ammendanti e/o fertilizzanti dei compost da RSU, ottenuti da biostabilizzazione aerobica di rifiuti da raccolta indifferenziata e differenziata. In particolare, sono stati accertati gli effetti prodotti dal materiale organico incorporato nel terreno, tramite queste biomasse di scarto, sulle risposte produttive e qualitative della barbabietola da zucchero e sul bilancio dell'azoto nel sistema suolo-pianta.

Materiali e metodi

La barbabietola da zucchero è stata coltivata in una rotazione biennale con il frumento duro in un tipico ambiente Mediterraneo (Foggia) su un terreno limo argilloso classificato dalla Soil Taxonomy come Typic

Tabella 1.
Caratteristiche chimico-fisiche del terreno

pH (acqua)	8,3
N tot (Kjeldhal)	1,22 g kg ⁻¹
P ₂ O ₅ ass. (Olsen)	41 mg kg ⁻¹
K ₂ O scamb.	1598 mg kg ⁻¹
Corg (Walkley & Black)	12,03 g kg ⁻¹
C/N	10
Sabbia	19,5 %
Limo	31,1 %
Argilla	49,4 %

Tabella 2. Principali caratteristiche chimiche dei compost impiegati nelle prove

Parametri	Unità di misura*	RSU indifferenziato	RSU differenziato
N tot	%	1.20	1.47
Cu	mg kg ⁻¹	87.2	330
Zn	mg kg ⁻¹	309.6	751
Mn	mg kg ⁻¹	170.0	
Pb	mg kg ⁻¹	199.6	670
Cr	mg kg ⁻¹	49.7	
Ni	mg kg ⁻¹	29.2	217
Co	mg kg ⁻¹	8.6	
Cd	mg kg ⁻¹	5.0	1.3
T.O.C.	%	30.2	13.75
T.E.C.	%	5.5	7.67
C(HA+FA)	%	5.2	2.51
C/N		29,5	9.55

Chromoxerert. Il terreno (le cui analisi sono riportate nella Tabella 1) è dotato di discreta fertilità agronomica. L'ambiente di prova è caratterizzato da un clima "termomediterraneo accentuato" (FAO UNESCO) con andamento pluviometrico scarso e irregolare, punte termiche superiori a 40°C e forte ventosità.

Sono state realizzate tre prove sperimentali con obiettivi diversi. La prima ricerca (condotta dal 1994 al 1999 = Prova 1), ha riguardato il confronto fra tre tipi di fertilizzanti e tre dosi su barbabietola da zucchero, a semina autunnale (cv. Suprema). In questa nota si riportano i risultati medi degli anni del confronto fra testimone non concimato e trattamento con RSU contenente 80 e 120 kg N ha⁻¹ sotto forma organica (tesi definite rispettivamente N0, N80 e N120). Il compost utilizzato è stato ottenuto dalla trasformazione aerobica degli RSU con raccolta indifferenziata dagli impianti della SLIA (sedi di Brindisi e Castel di Sangro). Le analisi chimiche del compost utilizzato nelle prove effettuate con i metodi previsti per il terreno, opportunamente modificati (Ferri *et al.*, 1996) sono presentate in Tabella 2. La somministrazione del compost è avvenuta sempre in autunno, prima dell'aratura principale del terreno.

Il secondo studio (condotto dal 1996 al 2000 = Prova 2) ha riguardato la "soglia di rischio" della stessa biomassa da riciclo (compost da RSU- indifferenziati). Si sono confrontate tre tesi, una senza nessun apporto di compost (N0), una con la quantità di compost equivalente a 120 kg N ha⁻¹ (N120) e la terza con la quantità di compost equivalente a 240 kg N ha⁻¹ (N240).

Il compost da RSU era lo stesso usato per la prima prova ma in quantità più elevate per valutare la soglia di rischio della biomassa aggiunta.

Nel corso del 2001, infine, è stata avviata nello stesso ambiente (azienda di Foggia dell'Istituto Sperimentale Agronomico) una terza ricerca per valutare gli effetti della somministrazione di compost da RSU da raccolta differenziata sulla

produttività e la qualità dei prodotti agricoli, sull'evoluzione della fertilità del suolo e sull'eventuale accumulo (nel suolo e nella pianta) di metalli pesanti. Sono stati posti a confronto per la barbabietola da zucchero tre tesi con quantità di compost equivalenti a 0, 50 e 100 kg N ha⁻¹ distribuiti alla semina (tesi definite rispettivamente N0, N50 e N100). Le analisi chimiche del compost da raccolta differenziata utilizzato nella prova sono presentate in Tabella 2 ed anche in questo caso sono stati utilizzati i metodi previsti per il terreno.

In tutte e tre le ricerche i trattamenti in esame sono stati realizzati in parcelle elementari di 40 m², distribuite in campo secondo un disegno sperimentale a blocco randomizzato con tre repliche.

All'inizio ed alla fine di ciascun ciclo colturale sono stati prelevati campioni di terreno (profondità di 0-40 cm) per ogni prova e da ogni singola parcella elementare e su di essi sono state effettuate le determinazioni di N minerale (N-NO₃ + N-NH₄ scambiabile).

In accordo con quanto rilevato da altri autori (Mantovani, 1977; Biancardi *et al.*, 1994), alla raccolta sono stati determinati i principali parametri produttivi della barbabietola da zucchero e le caratteristiche qualitative della polpa (rese in radici, contenuto in saccarosio, N α -amminico, coefficiente di alcalinità).

Tutti i parametri dell'N determinati (contenuto in azoto delle parti di pianta, N asportato, N minerale del suolo) sono stati utilizzati per calcolare il bilancio dell'azoto distinto per singola tesi sperimentale adottata secondo uno schema suggerito da Montemurro *et al.* (2001).

Risultati

Nella Tabella 3 sono riportate la resa e le caratteristiche qualitative della bietola nelle 3 prove sperimentali. Un sostanziale incremento della produzione media del periodo in radici è stato osservato nella prima prova passando dalla tesi controllo alle tesi fertilizzate (51,81; 60,90 e 58,53 t ha⁻¹ rispettivamente per N0, N80 e N120). D'altra parte nessuna differenza è stata riscontrata fra N80 e N120, indicando che l'aggiunta supplementare di N organico da

RSU non influenza negativamente il risultato produttivo finale. Simili risultati sono stati trovati da Baffi *et al.* (1999) in ricerche effettuate nello stesso ambiente su frumento duro: l'apporto di RSU-compost indifferenziato non modifica le caratteristiche del suolo e della pianta, ma incrementa il contenuto di N nella granella in maniera simile alle tesi fertilizzate con concimi tradizionali. Il contenuto di N α -amminico segue lo stesso andamento della resa, non producendo accumuli di N nocivo nelle radici all'aumentare della dose di N organico apportato.

Tabella 3. Resa e caratteristiche qualitative della bietola nelle tre prove sperimentali

Tesi	Resa (t/ha)	Saccarosio (%)	N nocivo meq 100 g polpa	Indice alcalinità
N0	51,84	5,24	0,72	
Prova 1	N80	60,90	14,52	1,00
	N120	58,53	16,02	0,96
N0	41,70	11,82	2,06	
Prova 2	N120	43,60	11,68	3,67
	N240	41,16	12,25	4,05
N0	30,00	9,35	0,40	
Prova 3	N50	33,36	9,06	0,48
	N100	30,90	9,84	0,42

Di particolare importanza sono i risultati della seconda prova che mostrano una sostanziale ed inalterata performance produttiva fra la dose agronomica e la dose doppia ("soglia di rischio") di RSU - compost in termini di resa (43,60 e 41,16 t ha⁻¹ rispettivamente per N120 e N240), di saccarosio (11,68 e 12,25%) e contenuto di N nocivo (2,24 e 2,21 meq 100 g di polpa). Infine, sempre dall'esame della tabella 3, è possibile notare che anche la somministrazione di RSU compost da raccolta differenziata (Prova 3) non modifica l'andamento produttivo e qualitativo della barbabietola da zucchero coltivata nelle condizioni meridionali. Simili risultati sono stati trovati nello stesso ambiente sul altre colture (pomodoro) da Montemurro *et al.* (2003) e su alcune proprietà di suoli coltivati a pomodoro e girasole in rotazione al frumento (Convertini *et al.*, 2002).

Nella figura 1 è riportato il bilancio dell'azoto delle tre prove sperimentali. Il bilancio dell'azoto è determinato per differenza tra "entrate" e "uscite" nel sistema, considerando come input il contenuto di azoto minerale (N-NO₃ e N-NH₄ scambiabile) del terreno nello strato compreso tra 0 e 40 cm prima dell'inizio delle prove e quello che resta al termine del ciclo colturale, e, naturalmente, l'N fertilizzante fornito con i compost. Gli output dal sistema sono essenzialmente costituiti dalle quantità di N asportate dalle radici di barbabietola e dai residui colturali della stessa e dalle eventuali perdite azotate (per lisciviazione o per volatilizzazione).

Il deficit azotato della prima prova è stato sostanzialmente diverso nelle 3 tesi poste a confronto. Il valore positivo della tesi N80 indica che parte dell'N somministrato rimane nel suolo alla fine del ciclo e, se non utilizzato prontamente dalle colture successive, potrebbe andare incontro a processi di dilavamento. D'altra parte, l'alto valore negativo del deficit nella tesi N0 indica che il suolo viene molto sfruttato e che potrebbe andare incontro nel tempo a fenomeni di depauperamento della sua

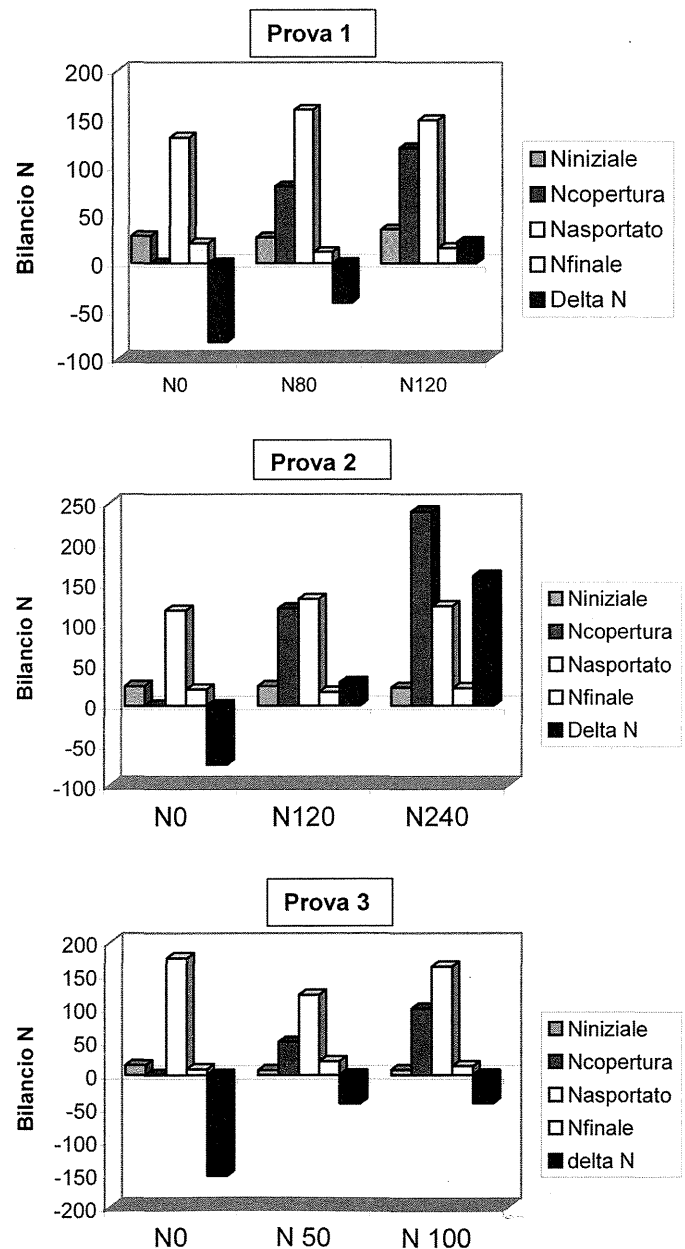


Figura 1. Bilancio azotato delle tre prove in studio

fertilità naturale. Invece il valore pressoché uguale a zero della tesi N120, indica che il processo produttivo si sviluppa in maniera ecocompatibile (relativamente alla utilizzazione dell'azoto). In altri termini, l'applicazione di 120 kg ha⁻¹ di RSU compost può rappresentare un buon compromesso fra attività produttiva (maggior produzione rispetto al controllo; Tabella 3) e utilizzazione di N, poiché il deficit azotato è pressoché uguale a zero.

Questo risultato è confermato dal bilancio dell'N della Prova 2: la maggior quantità di azoto somministrato con la tesi N240 (ancorché sotto forma organica) non ha incrementato la produzione (Tabella 3) ma è rimasto nel terreno, con possibilità di rapida mineralizzazione (caratteristica tipica dei climi mediterranei) e successivo dilavamento.

Infine, dall'esame del bilancio azotato relativo alla Prova 3 si evince che nessuna differenza sostanziale è stata trovata tra il deficit di N delle tesi N50 e N100. D'altra parte, la tesi N100 ha mostrato un maggior livello di N asportato dalla pianta non seguito da alcun incremento produttivo (Tabella 3), indicando che probabilmente parte di questo azoto viene assorbito e immagazzinato nei tessuti delle piante in varie forme chimiche ("azoto di lusso"), come suggerito da Barraclough (1993).

Conclusioni

Anche se i risultati delle tre prove si riferiscono a periodi di tempo diversi, mostrano che il bilancio azotato nel sistema "barbabietola - suolo" è pressoché paritario allorquando vengono forniti al suolo circa 120 kg N ha⁻¹ come azoto organico. Quantità di azoto inferiori potrebbero depauperare il suolo, mentre invece dosi più elevate aumentano il pool organico del sistema e non sembrano determinare disequilibri nutrizionali e rischi di inquinamento. Inoltre, in un esperimento di lunga durata (6 anni), questa dose di RSU compost ha sostanzialmente incrementato le rese (prova 1) rispetto al controllo e non ha innalzato l'N α -amminico. Infine, anche l'impiego di un nuovo tipo di RSU (da raccolta differenziata) è risultato non influire negativamente sulla produzione e qualità della barbabietola.

Bibliografia

- BAFFI C., CONVERTINI G., SILVA S., MONTEMURRO F., FIGLIOLIA A. 1999. Effetti dell'ammendamento con compost da RSU su frumento: resa, qualità e contenuto di metalli pesanti nei prodotti e nel terreno. *Atti del XVI Convegno S.I.C.A.*, 341-348.
- BARRACLOUGH P.B. 1993. Nutrient storage pool concentrations in plants as diagnostic indicators of nutrient sufficiency. *Plant and Soil*, 155/156: 175-178.
- BIANCARDI E., COLOMBO M., GRAF A., NEGRINI G. 1994. La barbabietola da zucchero nell'Italia centro settentrionale. *L'Industria Saccarifera Italiana*, 1, 87, 7-20.
- BONCIARELLI F. 1991. Problemi dell'utilizzazione agricola di reflui e di residui solidi urbani. Relazione generale di sintesi. In *Agricoltura e Ambiente Edagricole*, pp. 103-115.
- BUSINELLI M., GIGLIOTTI G., GIUSQUIANI P. C. 1991. Applicazioni di compost da RSU in agricoltura. Il destino dei nutrienti e dei metalli pesanti nel terreno. *Agrochimica*, 35, 13-25.
- CONVERTINI G., FERRI D., MONTEMURRO F., MAIORANA M. 2003. Effetti dell'ammendamento con RSU-compost da raccolta differenziata su alcune proprietà di un terreno coltivato a pomodoro e girasole in rotazione con frumento duro. *Bollettino della Società Italiana della Scienza del Suolo*, 52 (1-2), 353;
- FERRI D., CONVERTINI G., MAIORANA M., 1995. Evoluzione dell'N minerale, del C e dei parametri di umificazione di un vertisuolo trattato con diverse modalità di interrimento dei residui culturali del frumento. *Atti XIII Convegno Nazionale SICA*, 111-121.
- FERRI D., CONVERTINI G., GIGLIO L., LA CAVA P. 1996. Impiego di RSU-compost nell'Italia meridionale: effetti sulle colture (barbabietola e frumento) e sul terreno. *Atti II Convegno Nazionale I.H.S.S.*, pp.18-37.
- GIUSQUIANI P.L., PAGLIAI M., GIGLIOTTI G., BUSINELLI D., BENEDETTI A., 1995. Urban waste-compost: effects on physical, chemical and biochemical soil properties. *J. Environ. Qual.*, 24, 175-182.
- MANTOVANI G. 1977. Sul valore tecnologico della barbabietola da zucchero. *L'industria Saccarifera Italiana*, 3, 51-64.
- MIRAAF, 1994. Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo. ISMEA. Roma.
- MONTEMURRO F., CONVERTINI G., FERRI D. 2001. Previsione dello stato nutrizionale e dell'efficienza della nutrizione azotata in colture meridionali mediante test rapidi su nitrati e clorofilla. *Bollettino della S.I.S.S.*, 50 (4): 961-973.
- MONTEMURRO F., MAIORANA M., CONVERTINI G., FERRI D. 2003. Utilizzazione di rifiuti solidi urbani compostati su colture industriali: aspetti nutrizionali e produttivi. *Atti XX Congresso Nazionale della Società Italiana di Chimica Agraria* (in press);
- PINAMONTI F., 1997. L'impiego del compost sui terreni agricoli. *L'Informatore Agrario*, 44, 45-49.
- Senesi, N., Sposito, G., Holtzclaw, K.M., Bradford, G.R., 1989. Chemical properties of metal-humic fractions of a sewage sludge-amended aridisol. *J. Environ. Qual.*, 18, 186 - 194.
- SHIRALIPOUR A., MCCONNELL D. B., SMITH W. H., 1992. Uses and benefits of MSW compost: a review and assessment. *Biomass and Bioenergy*, 3, 267-279.

**Attività
dei gruppi di lavoro
dell'Osservatorio Nazionale
Permanente per i Fertilizzanti
2002-2003**

OSSERVATORIO NAZIONALE PERMANENTE PER I FERTILIZZANTI ATTIVITÀ 2002-2003

Coordinatore Anna Benedetti

Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante
Via della Navicella, 2/4 - 00184 Roma

Nel corso dell'anno 2002 sono proseguite le attività intraprese da parte di tutti i Gruppo di lavoro con particolare successo da parte di alcuni di essi.

In particolare il Gruppo Censimento in collaborazione con L'Informatore Agrario ha portato a termine l'aggiornamento del censimento sui concimi organici ed organo-minerali entrando praticamente a regime. Ad anni alterni verrà dunque aggiornata la lista dei concimi minerali e di quelli organici ed organo-minerali.

Il Gruppo Monitoraggio ha anch'esso trovato un suo equilibrio e dopo il primo periodo nel quale l'attività è stata maggiore ora si lavora a regime.

Il Gruppo 4 Biomasse ha organizzato un convegno su l'utilizzo degli scarti dalla filiera agrumicola ad Acireale nel maggio 2002 e sta proseguendo la sua opera di catalogazione di altre biomasse.

Gli atti di questo Convegno verranno pubblicati in uno dei prossimi numeri del Bollettino della SISS.

Senza illustrare l'opera dei singoli gruppi che verrà descritta dai diversi coordinatori mi preme ricordare che è in corso di stampa il Bollettino SISS con gli atti del Convegno dello scorso anno sulla concimazione organica tenutosi a Roma e che molte sono state le visite al sito Web dell'Osservatorio presso l'indirizzo dell'ISNP e molte le richieste di informazione, puntualmente e regolarmente fornite.

Altra pubblicazione dell'Osservatorio è costituita da un volumetto tematico divulgativo scaturito dall'attività dei GdL 8 e GdL 9 sull'analisi dei terreni e delle foglie e la loro interpretazione. Tale attività è stata condotta sotto l'egida della Regione Lazio e della Regione Sicilia ed in particolare con la collaborazione dei tecnici dei servizi di sviluppo e divulgazione.

La Commissione IV Fertilità del Suolo e Nutrizione delle Piante in collaborazione con il GdL 11 nel 2003 riprenderà i lavori e la Commissione Tecnico Consultiva per l'ufficializzazione dei metodi di analisi riprenderà i lavori per la realizzazione di un manuale della Collana dei Metodi di Analisi della SISS.

A carattere informativo si riportano di seguito i riferimenti dei numeri tematici del Bollettino della SISS in materia di fertilizzanti e fertilizzazione, che costituiscono un piccolo patrimonio conoscitivo.

- **Pietrasanta** (Lucca) "*Cento anni di fertilizzazione*" 19 marzo 1999
Bollettino SISS 48, n. 4 (1999).
- **Pisa** "*Nuovi indirizzi per la produzione*" 24 marzo 1999
Bollettino SISS 49, n. 4 (2000).
- **Pisa** "*Nitrati nel suolo, nelle acque e nelle colture*" 5-6 aprile 2001
Bollettino SISS 50, n. 4 (2001).
- **Contributo dell'Osservatorio Nazionale Permanente per i Fertilizzanti** - Gruppo di lavoro 8. "*Razionalizzazione dell'uso dei fertilizzanti e disciplinari di produzione*".
Bollettino SISS 51, n. 3 (2002)
- **Roma** "*La fertilizzazione organica: elementi nutritivi a lenta cessione*" 18-19 marzo 2002
Bollettino SISS 51, n. 4 (2002)
- **Viterbo** "*Presentazione dei manuali dei metodi di analisi di microbiologia e biochimica del suolo*" 19 aprile 2002
Bollettino SISS 51, n. 4 (2002)
- **Acireale (CT)** "*Utilizzo e riciclo dei sottoprodotti dell'industria agrumaria*" 21 maggio 2002
Bollettino SISS 51, n. 4 (2002)
- **Bologna** "*La concimazione della bietola*" 6-7 febbraio 2003
Bollettino SISS, questo volume

Il futuro dell'Osservatorio prevede collaborazioni sempre più strette con gli organi istituzionali al fine di garantire il necessario dibattito scientifico degli argomenti, che non sempre può essere assicurato nei diversi livelli operativi.

Sicuramente nel corso del 2003 verrà attivato un dibattito sui substrati di coltura che potrebbe portare anche all'organizzazione di un Convegno.

L'appuntamento annuale per il prossimo Convegno potrebbe riguardare la nutrizione minerale e la razionalizzazione della concimazione minerale ad esempio attraverso l'agricoltura di precisione o altre tecniche innovative. Si dovrebbe altresì parlare di potassio, fosforo o degli altri elementi definiti secondari, ma altrettanto importanti nella nutrizione delle colture. La sede potrebbe essere Firenze.

Infine si segnala l'organizzazione di un Expert Meeting del OCSE sui Biofertilizzatori per la Metà dell'anno 2004 con la partecipazione di illustri colleghi sia italiani che stranieri.

GRUPPO 1: CENSIMENTO

Silvia Dell'Orco

Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante
Via della Navicella, 2/4 - 00184 Roma

Nell'anno 2002 l'attività del gruppo di lavoro "Censimento", GDL 1 dell'Osservatorio Nazionale Permanente per i Fertilizzanti, è stata focalizzata sull'aggiornamento al primo censimento dei concimi organici e degli organo-minerali, precedentemente pubblicato dall'Informatore Agrario nel 1999 (Benedetti e Sequi). I prodotti presenti sul mercato a livello nazionale, sono stati catalogati secondo quanto stabilito dalla Legge 748/84.

I risultati del censimento sono stati pubblicati nell'articolo "Concimi organici e organo-minerali presenti sul mercato italiano" pubblicato sull'Informatore Agrario, (Dell'Orco e Benedetti).

Un aspetto innovativo di grande importanza rispetto all'iniziale censimento, è stato quello dell'arricchimento delle ditte censite derivato dal supporto del "Registro dei fertilizzanti consentiti in agricoltura biologica", realizzato dall'Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante (Canali *et al.*). Infatti la sua consultazione ha reso possibile la conoscenza di ditte che non erano state inserite nei precedenti censimenti, sia perché non risultano negli archivi ufficiali (ISTAT, MIPAF, Assofertilizzanti, ISNP); sia perché non hanno mai contattato l'Informatore Agrario e l'Istituto.

Un altro aspetto innovativo ha riguardato il controllo incrociato con il "Registro dei fertilizzanti consentiti in agricoltura biologica". Su tutti i concimi inseriti che sono stati dichiarati "consentiti in agricoltura biologica", è stata effettuata una verifica tra i dati rilevati dal censimento e quelli riportati nel Registro dei fertilizzanti per l'agricoltura biologica.

Altro dato da segnalare è quello relativo al numero di risposte ottenute dalle ditte contattate. Infatti, rispetto ai censimenti precedenti, la percentuale d'adesione è stata più elevata, dato importante perché indice di una maggiore collaborazione da parte delle aziende che operano in questo settore. Il "GDL Censimento" ha, infatti, come obiettivo fondamentale quello di fornire una guida il più esaustiva possibile dei prodotti, al fine di facilitare il reperimento da parte del consumatore.

L'attività prevista per il 2003 è la seguente:

- il secondo aggiornamento al censimento dei concimi CE, con pubblicazione prevista nell'ultimo trimestre del 2003 ;
- la catalogazione degli ammendanti, per ampliare il censimento a tutti gli Allegati della Legge 748/84 ed avere una visione globale del mercato dei fertilizzanti. Infatti per i prodotti appartenenti all'Allegato C, il numero d'informazioni arrivate rispetto ai contatti intessuti precedentemente, erano state, finora, ben lontane dal rispecchiare la realtà. L'ampliamento delle ditte inserite e la consultazione del "Registro dei fertilizzanti consentiti in agricoltura biologica", hanno permesso il reperimento d'ulteriori informazioni che garantiscono la realizzazione di un censimento degli ammendanti, più vicino al mercato effettivo. Infine è nostro obiettivo, in un arco di tempo ancora non identificabile, di includere anche i substrati colturali. Quest'ulteriore catalogazione risulta di più difficile realizzazione a causa della confusione che regna, ancora oggi, sia sulla definizione delle materie prime che sulla normativa in vigore.

Bibliografia

- BENEDETTI E P. SEQUI: "Censimento dei concimi organici ed organo-minerali". Supplemento a L'Informatore Agrario n. 47 (1999).
- LEGGE n.748/84, 19 ottobre 1984-Nuove norme per la disciplina dei fertilizzanti. Maf-Ministero dell'agricoltura e delle foreste. Supplemento ordinario alla Gazzetta ufficiale della Repubblica Italiana n.305 del 6 novembre 1984.
- CANALI S., F. RIVA, M. NATALINI, P. SEQUI: "Il Registro dei fertilizzanti per l'agricoltura biologica" Supplemento a L'Informatore Agrario n. 11 (2002).
- DELL'ORCO S. E A BENEDETTI: "Concimi organici e organo-minerali presenti sul mercato italiano" Supplemento a L'Informatore Agrario n. 47 (2002).

GRUPPO 2: MONITORAGGIO

Mario Adua

Istituto nazionale di statistica
Via A. Ravà, 150 - 00142 Roma

1 - Attività svolta nel 2002

Nel corso del 2002, il Gruppo di lavoro 2 "Monitoraggio" dell'Osservatorio Nazionale Permanente sui Fertilizzanti ha continuato la propria attività di studio e di analisi mediante uno stretto dialogo fra i suoi componenti ed ha raggiunto alcuni risultati molto promettenti; tali risultati rappresentano il frutto di un intenso impegno di ricerca scientifica e di approfondimento sistematico impostato ed avviato nel precedente biennio 2000 - 2001.

L'impegno profuso e la forte motivazione nel conseguimento di dati statistici più affidabili ed aggiornati hanno consentito:

- una capillare sensibilizzazione fra gli operatori della filiera fertilizzanti, specialmente per quanto concerne le categorie dei produttori, importatori e distributori di concimi, ammendanti e correttivi;
- l'identificazione dell'Istituto nazionale di statistica (ISTAT) quale organo tecnico-scientifico ufficiale in grado di fornire dati univoci, attendibili e circostanziati sul comparto che rendono inutili altre rilevazioni e stime compiute precedentemente da soggetti diversi e non sempre idonei a svolgere tale ruolo;
- l'aggiornamento degli elenchi individuali delle imprese distributrici con il proprio marchio di fertilizzanti e di quelle distributrici di prodotti di provenienza estera.

Inoltre, l'azione di stimolo e collaborazione del Gruppo di lavoro ha contribuito, sia sul piano tecnico e scientifico che nei rapporti con i rispondenti, al rinnovato impegno dell'ISTAT che ha, sempre nel corso del 2002, ottenuto i seguenti risultati:

- rilevazione completa di tutte le tipologie dei prodotti fertilizzanti attualmente distribuiti in Italia;
- conseguimento dei risultati definitivi della rilevazione sulla distribuzione per uso agricolo dei fertilizzanti entro l'anno di esecuzione dell'indagine;
- immissione dei dati statistici ufficiali, sia nazionali che regionali e provinciali, su internet nel sito www.istat.it (parole chiave per la ricerca: imprese, agricoltura, mezzi di produzione, fertilizzanti);
- predisposizione degli elementi necessari per la rilevazione del titolo completo in elementi principali, meso e microelementi dei fertilizzanti distribuiti in vista di un calcolo più esatto del bilancio dell'azoto nonché di quello del fosforo e del potassio nel terreno.

2 - Programmazione per il 2003

Per quanto riguarda la programmazione relativa al 2003, il Gruppo di lavoro "Monitoraggio" si propone di svolgere la seguente attività:

- promozione, come Osservatorio Nazionale Permanente sui Fertilizzanti, di un convegno specifico sull'evoluzione della produzione e distribuzione dei fertilizzanti in Italia volto a contribuire alla determinazione ed evidenziazione delle nuove tendenze dell'industria, delle molteplici aspettative degli agricoltori e delle crescenti esigenze dei consumatori;

- stesura di un prototipo di rapporto annuale sul mercato dei fertilizzanti in Italia (produzione, commercio estero, distribuzione, prezzi, prospettive, ecc);
- rilancio della collaborazione con l'associazione di categoria Assofertilizzanti e con altri esperti per l'elaborazione di uno "Studio di settore sui fertilizzanti in Italia" promossa, ma ancora non attuata, dall'Osservatorio Nazionale per il Settore Chimica sotto l'egida del Ministero delle attività produttive.
- miglioramento della collaborazione e dei rapporti con il Ministero delle politiche agricole e forestali (MIPAF) quale contributo per una auspicata rapida pubblicazione dei dati statistici disponibili presso l'Ufficio di statistica di tale Amministrazione;
- svolgimento di un censimento sulle imprese operanti in Italia di produzione e distribuzione degli ammendanti e dei connettivi;
- istituzione, presso l'Istituto nazionale per la nutrizione delle piante (INNP), di un albo nazionale volontario delle imprese distributrici e produttrici dei fertilizzanti;
- riproposizione della proposta di unificazione dell'indagine ISTAT "Rilevazione sulla distribuzione per

uso agricolo dei fertilizzanti” con quella MIPAF “Indagine sulla produzione, importazione e movimento di concimi, ammendanti e correttivi” quale strumento statistico integrato ed efficace sia per una rilevazione completa della filiera che per un minor fastidio ai rispondenti.

- istituzione di un sito internet dell'Osservatorio in cui possono trovare ampio spazio anche le informazioni e analisi statistiche ed i confronti con gli altri Paesi europei ed extraeuropei;
- proposta all'ISTAT di pubblicare, almeno a livello nazionale e regionale, i dati relativi a ciascuna delle 64 tipologie di prodotti fertilizzanti attualmente distribuiti in Italia.

3 - Conclusioni

Il Gruppo di lavoro 2 “Monitoraggio” costituisce ormai un luogo privilegiato di incontro tra imprese, ricercatori, associazioni, ed istituzioni pubbliche interessate al miglioramento della ricerca scientifica e della conoscenza statistica dei dati strutturali e congiunturali della filiera fertilizzanti

La collaborazione con l'ISTAT è stata completa ed ha permesso di conseguire notevoli avanzamenti metodologici, tecnico-scientifici e conoscitivi sulle caratteristiche del comparto.

Il monitoraggio sempre più aggiornato e dettagliato dei fertilizzanti costituisce la base ed il quadro in cui vanno inserite tutte le altre ricerche, le politiche settoriali e le riflessioni sulla filiera; appare pertanto necessario dare maggiore spazio alla presentazione ed analisi dei dati statistici nel mondo della ricerca, dell'università della formazione e della produzione.

Si ritiene inoltre necessario sia un più intenso interscambio con gli altri Gruppi di lavoro operanti nell'ambito dell'Osservatorio che una doverosa attenzione a quanto accade in Europa e nel Mondo alla filiera fertilizzanti nel suo complesso in relazione alle crescenti richieste dei consumatori di maggiore sicurezza alimentare e di una generale, migliore qualità della vita.

GRUPPO 4: BIOMASSE

Fabio Tittarelli

Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante
Via della Navicella, 2/4 - 00184 Roma

Il G.d.L. n. 4 "Biomasse" si è posto l'obiettivo, fin dal primo anno di attività, di monitorare le quantità di biomasse di rifiuto prodotte annualmente sul territorio nazionale, in quanto quest'attività è ritenuta uno dei punti chiave per poter successivamente intraprendere delle iniziative specifiche riguardanti la loro potenziale utilizzazione come fertilizzanti. In particolare, si è deciso di far riferimento ai "Rifiuti compostabili" così come sono elencati al punto 16 dell'Allegato 1, suballegato 1 del Decreto del Ministero dell'Ambiente del 5 febbraio 1998 "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22".

L'attività si è concentrata nell'ultimo anno, grazie alle sinergie realizzate con il progetto PARSIFAL, sui rifiuti derivanti da attività agro-industriale con particolare riferimento agli scarti prodotti dal settore vinicolo, dalla lavorazione dei prodotti ortofrutticoli, dall'industria olearia, dall'industria casearia e di lavorazione della carne e dalla lavorazione del pomodoro. I responsabili di ogni U.O. del Progetto PARSIFAL si sono infatti impegnati a raccogliere dati ed informazioni su uno specifico settore e ad organizzare seminari tematici con i massimi esperti delle problematiche tecniche ed ambientali associate alla produzione di rifiuti di ciascuna filiera agro-industriale.

A tale proposito, con la collaborazione della Dr.ssa Emanuela Di Bartolomeo, il sottoscritto ha preso dei contatti con il Dr. Carlo Leoni della Stazione sperimentale per l'industria delle conserve alimentari in Parma ed ha organizzato un seminario, che si terrà presso la biblioteca della sede centrale dell'Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante in data 17 febbraio 2003 sul tema "L'industria italiana di trasformazione del pomodoro: aspetti tecnologici, qualitativi ed ambientali". A seguire, il Dr. Luca Marmo, funzionario presso la DG Ambiente della Commissione Europea terrà, in data 28 febbraio 2003, un seminario sul tema "L'evoluzione della normativa europea sui rifiuti. Prospettive di futura attività della DG Environment in previsione dell'allargamento dell'Unione Europea".

E' inoltre previsto su proposta del Dr. Ferri, in data da definire, un seminario sulle acque di vegetazione.

Per concludere, in data 21 maggio 2002 si è tenuto presso l'Istituto Sperimentale per l'Agrumicoltura di Acireale (CT) il convegno dal titolo "Utilizzo e riciclo dei sottoprodotti dell'industria agrumaria" la cui bozza di programma era stata presentata l'anno scorso a Roma nel corso del convegno annuale dell'Osservatorio.

Nell'ambito di questo convegno tutti gli aspetti e le tecnologie relativi all'utilizzo e riciclo dei sottoprodotti dell'industria agrumaria sono stati sviluppati.

In particolare, sono stati presentati i risultati e le future prospettive delle attività di ricerca e sperimentazione, finanziate dal MiPAF, riguardanti il riciclo delle biomasse di rifiuto derivanti dall'industria agrumaria.

GRUPPO 5: ELEMENTI INDESIDERATI

Corrado Nigro

Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante
Via della Navicella, 2/4 - 00184 Roma

Tra i problemi più dibattuti negli ultimi 20 anni quello dei metalli pesanti occupa una posizione preminente per i molteplici riflessi sia sulla salute umana che sulla gestione dei rifiuti e dei fanghi. Risulta quindi di fondamentale importanza nell'ambito della legge dei fertilizzanti la definizione, almeno per ammendanti e compost, di un limite compatibile, sotto l'aspetto sanitario ed ambientale. Al riguardo non sono poche le contestazioni tra chi lo vorrebbe fin troppo basso, ben al di sotto della soglia di rischio, e chi lo vorrebbe più alto per consentire l'utilizzo di rifiuti altrimenti destinati a discarica. Mediare fra questi due estremi non è sempre facile; ma è il compito assegnato alla ricerca.

Il Gruppo 5 Elementi indesiderati dell'Osservatorio per i Fertilizzanti, costituito da un ristrettissimo numero di persone, ha affrontato da tempo questo problema con l'intento di pervenire ad una revisione generalizzata dei limiti attualmente fissati e di estendere lo studio anche ad altri elementi attualmente non previsti dalla legislazione attuale, sia per acquisire notizie utili qualora si ritenesse necessario introdurre anche per questi elementi un valore limite, sia per evidenziare eventuali problemi di carattere ambientale. Si intende anche proporre una modifica di alcune anomalie della legge riguardanti ad esempio il Cu. Per questo elemento l'allegato C fissa per i diversi ammendanti compostati (C.3, C.4, C.5) un limite di 150 mg/kg, per gli altri ammendanti e per i correttivi un limite di 230. Il perché di questa differenza non è davvero comprensibile. L'anomalia aumenta se si effettua un paragone con le norme dell'agricoltura biologica. Di recente Bruxelles ha fissato un limite di 8 kg/ha/anno di Cu per i trattamenti anticrittogamici, riducibile a 6 kg/ha/anno dal 1/01/06. Facendo un paragone, l'aggiunta al terreno di compost nella misura di 10 t/ha/anno comporta una somministrazione di kg 1,5 di Cu, l'aggiunta di una uguale quantità di ammendante comporta una somministrazione di 2,3 kg; si tratta cioè di una quantità molto inferiori rispetto a quelle fissate da Bruxelles anche per il 2006. Va ancora detto che studi di diversi ricercatori, soprattutto canadesi, hanno dimostrato che possibili effetti negativi di questo elemento sia sul processo di umificazione, sia su una parziale inattivazione di alcuni gruppi enzimatici (amilasi, cellobiasi, ecc.) si potrebbero verificare solo con una somministrazione di almeno 14-15 kg/ha/anno. Nemmeno è il caso di citare i criteri di valutazione proposti dall'EPA (Environmental Protection Agent dell'USA) che fissa addirittura la quantità massima di Cu somministrabile in 75 kg/ha/anno. Tutto ciò evidenzia la necessità di una revisione del limite del Cu; infatti allo stato attuale le norme dell'agricoltura biologica risultano meno restrittive di quelle della legge dei fertilizzanti.

Per un attento esame del problema si riportano di seguito, desunti dalla bibliografia, alcuni valori del Cu riscontrabili nel terreno, nelle acque, nelle piante e nell'uomo.

Cu nel terreno e nelle acque

In Italia il tenore del Cu nel terreno varia fra 2 e 250 mg/kg con una *moda* di 30. Per effetto di attività antropiche o di composizione anomala del substrato pedologico si possono riscontrare valori notevolmente più elevati, sino a 600 mg/kg.

La biodisponibilità del Cu è minima nei suoli torbosi o comunque ricchi di sostanza organica per la formazione di complessi e chelati e in quelli argillosi e calcarei per l'effetto pH. La determinazione viene effettuata nei suoli acidi con il metodo di Lakanen e Ervio (EDTA tamponato a pH 4,65 con acido acetico e acetato di ammonio), nei suoli neutri o subalcalini con il metodo di Lindsay e Norvell (DTPA tamponato a pH 7,3 con trietanolammina). In linea di massima il tenore normale di Cu assimilabile nel suolo è di 5-6 mg/kg; con valori inferiori a 1,5 mg/kg si ha carenza, con valori superiori a 20 mg/kg si manifestano effetti nocivi.

Il Cu è un elemento molto poco mobile; la sua migrazione nel profilo è favorita da una tessitura sciolta, da un basso pH e da limitati tenori in sostanza organica.

Nel mare la concentrazione del Cu è di $2,5 \times 10^{-4}$ mg/L, nelle acque interne è maggiore e può raggiungere facilmente i 2×10^{-2} .

Per l'acqua potabile l'OMS ha fissato un valore soglia di 2 mg/L, valore ridotto dalla legislazione italiana (DL 31 del 2/2/01) a 1 mg/L.

Il Cu nelle piante

Il Cu è un elemento fondamentale per le piante entrando nella costituzione di molti enzimi responsabili di importanti funzioni fisiologiche; interviene inoltre nel metabolismo dei carboidrati e delle proteine. Piante carenti

in Cu mostrano un'alterazione della sintesi proteica ed accumulo di composti azotati. Il tenore medio varia tra 0,2 e 10 mg/kg. Valori superiori a 20 sono da considerarsi tossici.

Di seguito si riporta a titolo d'esempio la concentrazione media del Cu in gruppi FAO di alimenti (Tab. 1).

Tabella 1. Concentrazione media del Cu in alcuni gruppi FAO di alimenti (mg/kg)

Gruppi FAO	Cu
Grano	1,97
Riso	2,38
Patate	2,01
Pomodori	0,85
Legumi verdi	2,10
Mele	0,36

La mobilità del Cu nella pianta è ridotta; l'assorbimento dal terreno avviene sotto forma di Cu^{+2} attraverso le radici, dove rimane prevalentemente localizzato. Sembra inoltre che il Cu inibisca l'assunzione dello Zn. Le piante sono dotate di un meccanismo che consente loro di regolare il quantitativo di Cu assunto dal terreno. Esperienze di campo condotte dall'Università Cattolica del Cile hanno dimostrato che piante coltivate in terreni normali ed in terreni fortemente contaminati (161-654 mg/kg di Cu) presentavano valori di Cu non molto diversi. In particolare nei pomodori e nelle cipolle il valore era di poco superiore a quello previsto dall'OMS. La tossicità del Cu risiede principalmente nella sua capacità di sostituire altri ioni metallici in particolare il Fe^{+2} , causando fenomeni di clorosi e nell'affinità per i gruppi SH- cui si lega strettamente inattivando gli enzimi.

Il Cu nell'uomo

L'organismo umano adulto contiene circa 1,4-2,1 mg/kg di Cu; la concentrazione varia a secondo degli organi ed è massima nel fegato. Il fabbisogno giornaliero medio si aggira sui 1-2,5 mg in condizioni normali e può raggiungere i 3-4 mg in situazioni fisiologiche particolari. Ricerche americane hanno evidenziato che nei Paesi industrializzati l'apporto di Cu con la dieta ammonta in molti casi **solo** al 40% di quello richiesto.

È stato stimato che in Europa e nel Nord America cereali, carni e pesce contribuiscono ciascuno per il 20-30% al contenuto di Cu di una dieta normale; un altro 10-15% deriva da frutta e verdura, piuttosto ridotto è il contributo dell'acqua potabile.

Programma di lavoro

a) Nuova definizione del limite del Cu

Tra le possibili metodologie da adottare per pervenire alla determinazione di un limite del Cu due meritano una speciale segnalazione; la prima fa riferimento, come è pratica consolidata (Convegno sui rischi da diversi input dei metalli pesanti che pervengono al suolo, Bad Harzburg, Germania, Novembre 1997), alla differenza fra il **tenore medio** dell'elemento nel terreno non inquinato (30 mg/kg) e un limite soglia da non superare (100 mg/kg). Il secondo prevede la misura, certamente non facile del bilancio del Cu. Si ritiene comunque da calcoli preliminari che un limite di 300 mg/kg per ammendanti e correttivi potrebbe essere adottato in condizione di sicurezza sanitaria ed ambientale.

b) Valutazione della frazione assimilabile e di un fattore "rischio"

I metalli pesanti, come ogni altro elemento, sono presenti non in una unica *forma*, ma in un *pool* di forme diverse, caratterizzate da differenti solubilità e reattività. Considerare quindi solo il totale, accettando l'ipotesi di una completa solubilizzazione, come avviene nella legislazione di quasi tutti i Paesi, salvo qualche rara eccezione (Svizzera), non sembra comunque corretto. Non si considera infatti il fattore "rischio" di carattere immediato, inteso come possibile inserimento dei metalli nella catena alimentare. In realtà occorrerebbe valutare per ciascun elemento le diverse forme e la quantità liberate in un determinato periodo di tempo, vale a dire la cinetica della reazione.

Esistono una pluralità di metodi che consentono di frazionare le diverse forme nessuno dei quali può considerarsi esente da critica. Dopo un attento esame della bibliografia è sembrato indicativo far riferimento alla estrazione con H_2O , quale possibile misura sia della frazione più immediatamente assimilabile che del rischio inquinamento per lisciviazione. Per un primo controllo si è fatto riferimento all'elemento di gran lunga più pericoloso, vale a dire al

Cd, prendendo in esame un perfosfato a basso tenore di Cd (P_2O_5 20,01; Cd mg/kg P_2O_5 47,03), metà circa di quello previsto per l'agricoltura biologica (Cd mg/kg P_2O_5 90). La solubilità del Cd in acqua rispetto al totale è risultata del 46%. Miscelando il perfosfato in proporzioni crescenti dal 10 al 50% con una torba ad alto tasso di umificazione (TOC 24,13, CHA+FA 16,84, tasso umif. 69,79) si è verificata, a seguito di una fissazione da parte della torba, una progressiva riduzione del Cd solubile. I risultati delle esperienze, illustrati sommariamente nella Tab. 2, mostrano come prodotti ad uguale contenuto in Cd totale si differenzino nettamente per il Cd solubile in acqua, il che non è indifferente dal punto di vista agronomico ed ambientale. Le ricerche proseguono e l'obiettivo resta *almeno* quello di associare alla forma totale un qualche indice di "valutazione del rischio".

Va detto infine che nell'ambito delle ricerche in corso a diverso livello per il disinquinamento da metalli pesanti, dovrebbe essere considerata anche la torba, che rappresenta fra l'altro un prezioso, ma poco considerato componente, dei concimi organo minerali, idonei mezzi per realizzare un'agricoltura ecocompatibile.

Tabella 2. Cd totale e Cd solubile in acqua in diversi formulati

Formulati	Cd totale mg/kg	Cd% solubile in acqua
Perfosfato	4,70	46,55
Perfosfato 50%, torba 10%	4,70	28,92
Perfosfato 50%, torba 20%	4,70	22,33
Perfosfato 50%, torba 30%	4,70	14,70
Perfosfato 50%, torba 50%	4,70	12,48

GRUPPO 7: *LEGISLAZIONE*

Anna Benedetti

Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante
Via della Navicella, 2/4 - 00184 Roma

Il 2002 è stato un anno particolarmente intenso dal punto di vista normativo in materia di fertilizzanti in quanto molti atti legislativi diretti o trasversali hanno trovato compimento o avvio, tra le più importanti troviamo:

Regolamento U.E. sui fertilizzanti

Primo tra tutti merita la stesura del Regolamento Comunitario frutto dello SLIM che accorpa tutte le direttive comunitarie in materia di fertilizzanti sostituendole a partire dalla 76/116. Tale regolamento non è ancora stato pubblicato ufficialmente sulla G.U. dell'Unione Europea, ma si è ormai giunti ad una revisione linguistica della materia e quindi se ne vedrà la sua emanazione sicuramente del corso di quest'anno.

CBPA

Tutte le regioni sono state chiamate attraverso un tavolo di concertazione nazionale a stendere le norme di Buona Pratica Agricola in ottemperanza alla direttiva comunitaria 91/676 e per la loro applicazione nelle aree vulnerabili e delle UBPA dal Regolamento 1257 per accedere ai fondi di incentivazioni del piano di sviluppo rurale e questo sta destando molta preoccupazione nel mondo dei produttori.

Digestati e biostabilizzati

Presso il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio è in corso la stesura di un decreto ministeriale che stabilisce l'adozione di norme tecniche, delle modalità e delle condizioni di utilizzo di rifiuti organici biodegradabili destinati al trattamento biologico.

Da questo lavoro dovrebbe prendere l'avvio successivamente un adeguamento della 748/84 in materia di ammendanti compostati prevedendo anche digestati di buona qualità e biostabilizzati di classe 1.

Un approccio mirato e chiarificatore dovrebbe anche essere sviluppato nei confronti dei substrati per coltura.

Regolamento 1774 del 2002 dell'U.E.

Il regolamento 1774 dell'U.E. recante norme sanitarie relative ai sottoprodotti di origine animale non destinati al consumo umano, che in Italia entrerà in vigore nel prossimo mese di aprile.

Questo regolamento viene ad impattare con il mondo della produzione dei concimi organici sollevando tutta una serie di problematiche di non facile soluzione.

Una delle principali difficoltà del regolamento dipende da una mancata comprensione linguistica tra i diversi Paesi, gli errori nelle traduzioni sono moltissimi. Ad esempio tra i letami viene compreso il guano. Per l'accezione italiana è catalogabile tra i concimi organici NP ed il suo modo di prevenzione prevede unicamente escrementi di uccelli acquatici, può pertanto essere considerato quasi come un fossile, per quella anglosassone non è così comprendendo anche gli escrementi dei pesci.

Metodi di analisi ufficiali per fertilizzanti

Il 2002 ha visto un'intensa attività anche da parte della Commissione Metodi di Analisi per i fertilizzanti del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali collegata alla Commissione Tecnico Consultiva per le modifiche alla 748/84 che ha portato recentemente alla pubblicazione di 8 nuovi metodi di analisi ufficiali (si veda Gruppo 11) ed altri 7 in corso di pubblicazione.

Nonostante tutto questo fermento legislativo la legge cardine di riferimento nazionale la 748/84 continua a permanere la stessa con rigidità che spesso impongono la soluzione di problemi piuttosto spinosi. Il GdL 7 nel corso dell'anno ha sviluppato un documento che vorrebbe presentare alla Commissione tecnico consultiva con la proposta di due modifiche all'articolato che consentirebbe un adeguamento della legge all'innovazione tecnologica.

La Legge dei fertilizzanti 748, che data del lontano 1984, rappresenta ancora oggi un sicuro punto di riferimento e resta all'avanguardia per quanto attiene i concimi organici ed organo-minerali rispetto alle analoghe Leggi Europee. Sembrerebbe tuttavia opportuno apportare qualche **leggera modifica** che, lasciando inalterato lo schema, consenta di tener conto dei più recenti progressi scientifici e dei problemi emersi in questi anni nel mondo agricolo. Almeno due di questi problemi vanno segnalati e richiederebbero un adeguamento legislativo.

a) Il primo è rappresentato dalla comparsa sul mercato di nuovi prodotti di larga diffusione non considerati dall'attuale legge e commercializzati in assenza di norme e di qualsiasi controllo. Il caso forse più clamoroso è quello dei biostimolanti.

b) Il secondo problema, che in questo ultimo decennio ha assunto una sempre maggiore importanza, è quello dei rifiuti e di un loro riutilizzo, necessario oltretutto per chiudere il ciclo della sostanza organica nel terreno. Alcuni di questi materiali, particolarmente ricchi in sostanza organica, potrebbero trovare, se l'attuale legge lo consentisse, il che purtroppo non è, un valido impiego nella formulazione dei concimi organo-minerali mezzo idoneo per ridurre le quantità di elementi minerali da somministrare alle colture e quindi l'impatto ambientale.

Attualmente i concimi organo-minerali vengono definiti "prodotti ottenuti per reazione o miscela di uno o più concimi organici con uno o più concimi minerali semplici oppure composti. La torba pur non essendo compresa tra i concimi organici è autorizzata quale matrice organica in particolari condizioni".

Per permettere l'utilizzo di questi prodotti occorrerebbe sostituire la parola concime organico con matrice organica, concetto di ben maggiore ampiezza, consentendo l'impiego di quelle matrici organiche, a basso tenore in metalli pesanti, **in grado di interagire con la frazione minerale, aumentandone il coefficiente di utilizzazione da parte delle colture.**

MODIFICHE PROPOSTE

Tenendo conto di quanto sopra esposto le poche modifiche da apportare alle legge riguarderebbero **esclusivamente gli articoli 1 e 7**, riproposti come di seguito:

Art. 1 (Classifica dei Fertilizzanti)

Il termine "fertilizzante" comprende prodotti minerali, organici e organo-minerali, che si suddividono in "concimi" ed "ammendanti e correttivi". **Fertilizzanti di diversa natura potranno essere inseriti con decreto del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, sentita la Commissione Tecnico-Consultiva.**

Una procedura analoga è già stata adottata per l'art.4 che consente la variazione dei titoli minimi dichiarabili nei concimi liquidi con decreto del Ministro delle Politiche Agricole, sentita la Commissione Tecnico - Consultiva.

Art. 7 punto i (Classificazione dei concimi organo-minerali)

Sono concimi organo-minerali i prodotti ottenuti per reazione a miscela di uno o più **matrici organiche** con uno o più concimi minerali semplici oppure composti.

Di conseguenza dal punto b, inerente la torba, viene eliminata la frase "pur non essendo compresa tra i concimi organici nell'allegato 5.1".

Inoltre ai punti 5a (Concime organo-minerali azotati), 5b (Concimi organo-minerali NP), 5c (Concimi organo-minerali NK) **le parole concimi organici vengono sostituite con matrici organiche.**

Per il 2003 il Gruppo di legislazione in collaborazione con il GdL 3 verrà attivato un tavolo di dibattito per individuare un iter possibile alla presentazione di una proposta per l'inserimento negli allegati alla legge 748/84 Digestati e Biostabilizzati di classe 1 portando un po' di ordine soprattutto nel mondo dei substrati di coltura.

GRUPPO 9: AGRICOLTURA BIOLOGICA

Stefano Canali

Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante
Via della Navicella, 2/4 - 00184 Roma

Riassunto della presentazione al Convegno 2003

La presentazione ha l'obiettivo di informare brevemente sulle attività svolte dal GL 9 - Agricoltura Biologica - dell'Osservatorio Nazionale Permanente per i Fertilizzanti nel corso del 2002 e di presentare il programma di lavoro 2003.

Anche nel 2002 le attività delle GL 9 sono state prevalentemente finalizzate al supporto delle azioni di sviluppo del Registro dei fertilizzanti per Agricoltura Biologica.

Come è noto, la costituzione del Registro dei Fertilizzanti per Agricoltura Biologica risale al 2000. L'anno 2001 è risultato essere un periodo di forte espansione dello strumento. Sono state ricevute e valutate oltre 1900 comunicazioni che hanno permesso di iscrivere circa 1600 fertilizzanti tra quelli consentiti in agricoltura biologica.

L'anno in esame - 2002 - è stato invece caratterizzato da azioni volte principalmente a completare lo sviluppo ed affinare le procedure di gestione delle comunicazione e le procedure per la loro valutazione.

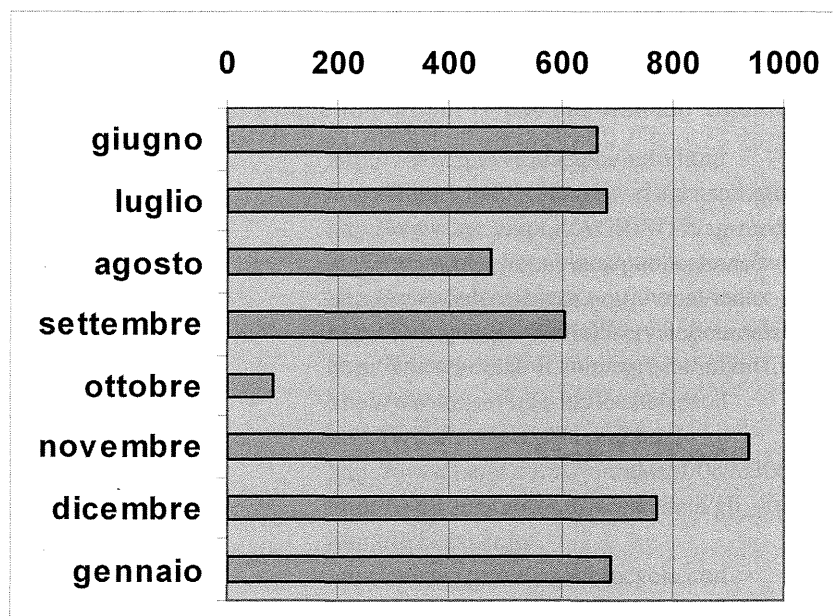
Sempre nel medesimo periodo sono state avviate attività volte alla verifica dell'impatto del Registro sulle realtà operative, realizzata con l'obiettivo di comprendere con maggior dettaglio le modalità di utilizzo dello strumento da parte degli operatori, il grado di diffusione delle informazioni fornite e, per ultimo, la facilità di accesso e di fruizione dei dati semplici, o in forma elaborata.

Tali attività si possono sommariamente sintetizzare in:

1. studio sull'accesso ed utilizzo delle pagine web del Registro (statistiche del sito);
2. indagine conoscitiva

La prima attività ha consentito di ottenere valutazioni sul numero degli accessi alle pagine del Registro e sulla loro distribuzione nel tempo (grafico 1).

Grafico 1. Accessi alle pagine Web "Fertilizzanti per Agricoltura Biologica"



L'indagine conoscitiva, attualmente in itinere, è stata svolta mediante un semplice questionario fatto circolare preliminarmente tra i componenti del GL 9 - Agricoltura Biologica - e che potrà essere poi distribuito anche agli altri componenti dei differenti Gruppi dell'Osservatorio e, quindi, a tutti gli operatori ai quali il Registro è rivolto.

Per approfondire la tematica viene inoltre proposta la realizzazione di un Convegno inerente il ruolo del Registro dei fertilizzanti per agricoltura biologica e i possibili sviluppi di questo strumento che, potrebbe essere svolto sotto l'egida dell'Osservatorio Nazionale Permanente sui Fertilizzanti nel corso del 2003. Nel box 1 viene riportata la bozza del programma proposta.



Convengo

IL Registro dei fertilizzanti per agricoltura biologica

Interventi auspicati:

- MiPAF: introduzione
- ISNP: descrizione dello strumento e delle attività svolte
- Iniziative analoghe in ambito europeo
- Operatori Agricoli
- Organismi di Controllo
- Consumatori
- Produttori di fertilizzanti
- MiPAF - ICRF
- Altri da definire

SANA Roma - 7 aprile 2003

GRUPPO 10: PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE

Claudio Ciavatta e Loretta Landi

ciavatta@kaiser.alma.unibo.it

loretta.landi@unifi.it

Il Gruppo "Pubblicazioni scientifiche" dell'Osservatorio Nazionale Permanente per i Fertilizzanti della SISS, nel corso del 2002 ha proseguito nelle attività programmate e presentate alla IV Giornata di Studio dell'Osservatorio (Roma, 18-19 marzo 2002).

In relazione alla comoda possibilità di consultare materiale bibliografico in rete, anche quest'anno è stato preparato un aggiornamento dell'elenco dei siti WEB (Allegato) sui quali è possibile reperire e consultare comodamente pubblicazioni riguardanti il settore dei fertilizzanti.

Come già ricordato nel passato, nel caso la rivista non fosse presente in rete, ovvero non fosse disponibile l'articolo richiesto, è possibile conoscere, ad esempio, quale biblioteca in Italia ha in carico la rivista e quindi risalire facilmente all'articolo. Si tratta semplicemente di collegarsi e consultare il sito WEB del Catalogo Italiano dei Periodici (ACNP) all'indirizzo: <http://acnp.cib.unibo.it/cgi-ser/start/it/cnr/fp.html>. Molte biblioteche, inoltre, possono trasmettere copia dell'articolo, oltre che per posta o fax, anche via e-mail in formato PDF.

In relazione alla luce della forte espansione di disponibilità in rete della oramai quasi totalità delle riviste che interessano questo settore, si suggerisce che la raccolta e la messa a disposizione degli utenti dei siti WEB sia la via da percorrere. Questo comodo ed efficiente strumento, infatti, consente a ciascun utente di cercare ciò che desidera nella più totale libertà di ricerca, di massima efficienza, di tempi rapidi e costi molto contenuti.

Ecco allora il rinnovato invito agli aderenti a questo Gruppo e a tutti coloro che leggeranno questa breve nota, a segnalare agli scriventi gli indirizzi dei siti WEB nei quali hanno verificato la presenza di letteratura sui fertilizzanti.

Si rinnova, inoltre, l'auspicio che in considerazione della ridotta dimensione del file realizzato, di potere diffondere le informazioni raccolte attraverso il Sito WEB dell'Osservatorio.

I coordinatori, a nome degli aderenti al Gruppo 10, ringraziano tutti coloro che hanno collaborato e soprattutto le persone che intenderanno dare un contributo fattivo con suggerimenti e vorranno prestare la loro esperienza per lo sviluppo delle attività del Gruppo e dell'Osservatorio.

Allegato

Elenco (in ordine alfabetico) di siti WEB di alcune importanti riviste che trattano argomenti inerenti i fertilizzanti

Acqua Aria	http://www.apenet.it/acqua/intro.html
Advances in Soil Science	http://library.humboldt.edu/~rls/gensoil.htm
Agricoltura Mediterranea	http://www.agr.unipi.it/AGRISITE/agrmedng.htm
Agronomie	http://www.elsevier.nl/inca/publications/store
Agronomy Journal	http://www.edpsciences.org/journal/index
Agrochimica	http://link.springer.de/link/service/journals/10087
Applied Soil Ecology	http://www.infolab-it.com/agrisite/infaut1.htm
Applied Spectroscopy Journal	http://www.elsevier.com/locate/apsoil
Arid Soil Research and Rehabilitation	http://www.s-a-s.org/journal.html
Atti dell'Accademia dei Georgofili	http://www.tandf.co.uk/journals/tf/08903069.html
Biochemistry	http://www.georgofili.it/Accademia/gli_atti.htm
BioCycle	http://jb.bcasj.or.jp/
Biology & Fertility of Soil	http://www.jgpress.com/biocycle.htm
Bioresource Technology	http://www.link.springer.de/link/service/journals/00374/index.htm
Bioscience Biotechnology & Biochemistry	http://www.elsevier.com/inca/publications/store/4/0/5/8/5/4/index.htm
Canadian Journal of Soil Science	http://www.bioweb.ne.jp/jsbba/bbbhomee.html
Compost: Science & Utilization	http://www.nrc.ca/aic-journals/cjss.html
European Journal of Soil Science	http://www.jgpress.com/compost.htm
Fertilizzanti	http://www.blackwell-science.com/products/journals/ejss.htm
Geoderma	www.arvan.it
Informatore Agrario	http://www.elsevier.nl/inca/publications/store/5/0/3/3/2/index.htm
	http://www.informatoreagrario.it/infoagri/index.asp

Journal of Agricultural and Food Chemistry	http://gort.ucsd.edu/newjour/j/msg02440.html
Journal of Biological Inorganic Chemistry	http://www.sbic-home.org/site/jbichome.htm
Journal of Environmental Quality	http://www.agronomy.org/journals/jeq
Journal of Plant Nutrition and Soil Science	http://www.wiley-vch.de/vch/journals/2045
Journal of Material Cycles and Waste Management	http://link.springer-ny.com/link/service/journals
Nutrient Cycling in Agroecosystems	http://www.swets.nl/backsets/catalogue_result_1385-1314.htm
Pest Management Science	http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/jtoc?ID=68504529
Plant and Soil	http://www.wiley-vch.de/vch/journals/2045
Rivista di Agronomia	http://www.gce.it/
Soil Biology and Biochemistry	http://www.elsevier.nl/cdweb/journals/00380717/viewer.htm
Soil Science	http://www.soilsci.com
Soil Science and Plant Nutrition	http://www.wiley-vch.de/contents/jc_2045
Terra & Vita	http://www.gce.it/
The International Fertiliser Society	http://www.fertiliser-society.org
Waste Management	http://www.environmental-center.com/magazine/elsevier/waste/

Indice generale volume 52 (2003)

Numero 1-2

Atti del Convegno annuale "La conservazione della risorsa suolo"

Piacenza, 8-10 giugno 2002

Relazioni ad invito

- R. Barberis 7 La problematica dei suoli e siti contaminati nell'ottica della conservazione della risorsa suolo
- G. Bidoglio, F. Bouraoui, R. Cenci, 25 La conservazione della risorsa suolo in europa: problemi e prospettive
M. D'Alessandro, A. Jones, R. Jones,
N. Filippi, H. Langenkamp, W. Mehl,
L. Montanarella, E. Rusco, S. Sommer,
G. Umlauf, M. Vanliedekerke

- R. Rasio 29 Il suolo e le politiche di programmazione e pianificazione

Sessione poster

Commissione I

- A. Basile, R. De Mascellis, G. Mele, 45 Proprietà fisiche e modellazione dei fenomeni di accumulo d'acqua nei suoli in
F. Terribile relazione all'inscasso delle frane di Sarno del maggio 1998
- A. Castrignanò, M. Maiorana, 67 Analisi dell'evoluzione temporale dell'impedenza meccanica del suolo in nove
F. Fornaro anni di misurazioni
- G. Falsone, E. Bonifacio, E. Zanini 79 Stabilità degli aggregati in suoli forestali: approcci metodologici
- A. Marsili, P. Servadio 89 Effetti sulle caratteristiche fisico-meccaniche del suolo agrario di un cantiere
di lavoro per la raccolta del mais
- P. Servadio, A. Marsili 99 Le variazioni di alcuni parametri fisico-meccanici del suolo in relazione al
passaggio di trattori equipaggiati con diversi sistemi di propulsione: pneumatici e cingoli
- D. Ventrella, N. Losavio 109 Calibrazione di HYDRUS-1D per la simulazione del bilancio idrico di un suolo argilloso

Commissione II

- G.P. Aspetti, C. Tedeschi, 125 Stato di contaminazione di suoli esposti a diverse fonti di elementi in tracce:
R. Baccelli, A.A.M. Del Re il metodo bcr di estrazione sequenziale
- G. M. Beone, C. Baffi, S. Silva 133 Interferenze nella determinazione di cobalto in campioni di suolo e sedimento
con la tecnica ICP-OES
- R.M. Cenci, G. M. Beone, 139 Preparazione di un campione omogeneo di suolo argilloso: dalla raccolta all'analisi
P. Trincerini, D. Dabergami,
F. Sena, A. Besozzi, F. Bo
- G. Diana, A. Figliolia, I. Perucchini, 147 Stima della capacità di adsorbimento fosfatico di alisuoli e andisuoli da misure
R. Indiatì di conducibilità elettrica
- F. Fornasier, C. Mondini, L. Leita 155 Enantioselettività nell'uptake aminoacidico di un suolo addizionato con zinco
- R. Indiatì, A. Figliolia, I. Perucchini, 163 Previsione del fabbisogno fosfatico di terreni agrari mediante studi di
R. Oppedisano, G. Diana equilibratura suolo-P a breve termine
- P. Marino Gallina, G. Cabassi, 171 Analisi chemiometrica dei dati spettrali FT-IR per la caratterizzazione qualitativa
D. Orfeo, M. Piombino e quantitativa della sostanza organica dei suoli dell'azienda sperimentale
A. Menozzi di Landriano (PV)
- M. Pigna, S. Del Gaudio, A. Violante 183 Fattori che influenzano l'adsorbimento di solfato su andisuoli
- M.D.R. Pizzigallo, A. Napola, 191 Rimozione mecano-chimica di xenobiotici organici clorurati con ossidi
M. Spagnuolo, P. Ruggiero di manganese e ferro
- L. Rizzi, G. Petruzzelli, F. Pedron, 203 Fitoestrazione "ex-situ" in suolo contaminato da Pb
M. Barbaferri, B. Pezzarossa

Commissione III

- D. Ampollini, R. Boccelli, E. Capri, 215 Uso di microartropodi come indicatori di alterazione del suolo
A.A.M. Del Re
- M. Bettinelli, G.M. Beone S. Spezia, 223 Indagini preliminari sull'uso dei licheni per lo studio della deposizione atmosferica
C. Baffi, F. Alberici, S. Bergonzi, di elementi in tracce nella provincia di Piacenza
C. Bettinelli, P. Cantarini,
L. Mascetti, S. Silva
- R. M. Cenci, D. Dabergami, 233 Rateo di deposizione e origine delle ricadute di elementi in tracce nell'Appennino
M. Gherardi, B. Paracchini, tosco-emiliano valutate su muschi e orizzonti pedologici di superficie
G. Vianello

- M. Contin, I. Franco, M. De Nobili 245 Indicatori biochimici di resilienza nell'inquinamento del suolo da petrolio
C. Gardi, C. Menta, L. D'Avino, 253 Tre anni di applicazione del QBS. Sperimentazione di un metodo basato sui microartropodi del suolo
P. Peretti, L. Ferri, V. Parisi
P. Mantovi, R. M. Cenci, S. Piccinini 265 Origini dei metalli pesanti veicolati ai suoli italiani: stime e confronto
S. Mocali, A. Benedetti, K. Smalla 277 Effetti del cuoio idrolizzato sulla biodiversità microbica del suolo
A. Pellegrino, S. Papa, A. Fioretto 287 Attività microbica in frazioni di suolo caratterizzate da particelle di diversa grandezza, in area mediterranea
G. Rossi, S. Socciarelli, B. Felici, 299 Capacità di bioaccumulo dello zinco e del rame in *Brassica napus* in due diversi stadi fenologici
P. Menesatti, A. Figliolia
- Commissione IV**
C. Baffi, G. Botteschi, S. Silva 311 Determinazione di metalli pesanti in colture agrarie e nel suolo trattato con fanghi di depurazione e compost: risultati di una prova biennale
E. Beccaloni, A.M. Coccia, E. Stacul 321 Stabilità del compost e caratterizzazione chimico-microbiologica: studio preliminare
C. Beni, P. Servadio, A. Marcucci, 333 Valutazione di alcuni parametri fisico-chimici e della produttività di un suolo agrario ammendato con compost da RSU
B. Felici, G. Convertini, A. Figliolia
M. Brambilla, P. Fortunati, F. Carini 343 Modello concettuale dinamico per lo studio del trasferimento del radiocesio dal terreno alle piante d'interesse agrario
G. Convertini, D. Ferri, M. Maiorana, 353 Effetti dell'ammendamento con RSU-compost da raccolta differenziata su alcune proprietà di un terreno coltivato a pomodoro e girasole in rotazione con frumento duro
F. Montemurro
P. Fortunati, M. Brambilla, F. Carini 363 Trasferimento suolo-pianta di ¹³⁴Cs e ⁸⁵Sr in mora (*rubus fruticosus*)
M. Freppaz, C. Rixen, V. Stöckli, 373 Innevamento artificiale: additivi del manto nevoso e dinamica dell'azoto in suoli alpini
R. Scalenghe, E. Zanini
P. Mantovi, G. Baldoni, G. Toderi, 385 Variazioni delle caratteristiche chimiche di suoli sottoposti per 12 anni consecutivi a fertilizzazione con fanghi di depurazione o concimi minerali
L. Cortellini, A. Nassisi, L. Dal Re
R. Marchetti, P. Spallacci, 395 Bilancio dell'azoto in suoli diversi fertilizzati con liquame suino e urea: analisi di dati storici
G. Ponzoni
R. Papini, P. Bazzoffi, S. Pellegrini, 413 Andamento del contenuto di metalli pesanti nel suolo e assorbimento da parte della coltura nei tre anni successivi alla applicazione di compost da RSU
G. Brandi, G. Montagna
S. Raimondi, A. Indorante, C. Ignotti, 425 Salinità, qualità e conservazione del suolo nell'ambiente vitivinicolo e collinare di Sambuca di Sicilia (AG)
D. Tusa
G. Valboa, E. Coppola, R. Indiatì, 437 Variabilità delle proprietà di orizzonti di superficie di alfisoli in relazione alla disponibilità del fosforo. Aspetti quantitativi e dinamici
A. Buondonno
- Commissione V**
G. Benedettini, A. Calzolari, 449 Colpo di fuoco batterico in Emilia-Romagna: ricerca di possibili correlazioni tra diffusione della malattia, caratteristiche territoriali e tipologie di suolo attraverso l'utilizzo del data base geografico regionale e di tecnologia GIS
M. Gherardi, G.L. Mazzoli
A. Buondonno, P. Bidello, S. Brenna, 465 Valutazione spaziale dei pedocaratteri tramite analisi delle componenti principali. Indagine preliminare su un areale dell'Oltrepo Mantovano
E. Coppola, D. Di Serafino, C. Glorioso
C. Calzolari, D. Torri, L. Borselli, 477 Definizione ed utilizzo di modellistica dei processi erosivi in ambiente collinare e montano della Regione Emilia Romagna
F. Ungaro, D. Bartolini, S. De Alba
V.A. Laudicina, G. Lo Papa, 493 Suoli e paesaggi della Serie Gessoso-Solfifera a nord-est di Siculiana (AG)
R. Scalenghe, S. Monteleone, C. Dazzi
G. Lo Papa, V. Palermo, S. Parisi, 513 Caratteristiche di una sequenza di suoli forestali nel versante nord-occidentale dell'Etna
V.A. Laudicina, D. Tusa, R. Scalenghe
S. Vacca, A. Buondonno, E. Coppola, 523 Primi accertamenti sulla distribuzione dei polifenoli in suoli sotto differenti coperture vegetali in un'area della Sardegna centro-occidentale
E. Farris, S. Madrau, M. Biagioli
- Commissione VI**
R. Francaviglia, G. Mecella, 537 Confronto di metodi per la stima del fattore di erodibilità K del suolo
P. Scandella, A. Marchetti
R. Francaviglia, G. Mecella 547 Stima, tramite metodi indiretti, del fattore di erosività della pioggia secondo il modello USLE per la Valle del Fiume Sacco (Frosinone)
S. Madrau, G. Dessì, M. A. Deroma, 555 Caratteristiche pedologiche di un'area della Sardegna nord-occidentale soggetta a degrado per calpestio di animali al pascolo
P. Mulè
S. Raimondi, G. Calafiore, 567 Proposta di un modello ecologico di stima dei danni per la siccità: esempio nell'area "San Cataldo" (CL - Sicilia centrale)
A. Indorante, D. Tusa
S. Stanchi, S. Lorito, G. Vianello, 579 Un sistema informativo geografico applicato allo studio dell'erosione in un pedoambiente montano
E. Zanini
N. Vignozzi, P. Bazzoffi, 591 Individuazione della profondità ottimale di lavorazione in funzione delle caratteristiche fisiche del suolo, dell'erosione e della produzione di frumento duro
S. Pellegrini

Commissione VII

- G. Aramini, C. Colloca, A.M. Corea, 605 Suoli vulcanici in Calabria? Un approccio integrato, pedologico, chimico-mineralogico e micromorfologico
R. Paone, F. Terribile
- E. Bonifacio, R. Comolli, C. Fissore, 625 Mineralogia delle argille e pedogenesi in Val Chiavenna
F. Previtalli
- A.P. Leone, C. Colombo, 637 Confronto tra misure spettrofotometriche e spettroradiometriche per la caratterizzazione degli ossidi-idrossidi di ferro in suoli delle Terre Rosse pugliesi
G. Palumbo, J. Torrent, V. Barrón
- S. Vingiani, P. Adamo, F. Terribile 649 Impiego della microscopia negli studi di bioalterazione: i licheni dell'Etna (Sicilia)
- L. Zilocchi, M. Angelone, C. Bini, 661 Aspetti geochimici e mineralogici di litosequenze nelle valli di Fassa e di San Pellegrino (TN)
S. Gemignani, M. Setti

Commissione VIII

- E. Beccaloni, T. Forte, L. Musmeci, 679 Suoli contaminati: problematiche analitiche inerenti la qualità del dato in relazione all'applicazione del D.M. 471/99
E. Stacul
- A. Buondonno, S. Chersich, 689 Distribuzione di elementi potenzialmente tossici (PTE) all'interfaccia suolo/ambiente in un transetto della Valchiavenna (Sondrio)
R. Comolli, E. Coppola, A. Letizia, F. Previtalli, M. Samaria, S. Solaro
- A. Buscaroli, G. Casalicchio, 701 Applicazione G.I.S. nella elaborazione di un indice di qualità dei suoli del comune di Cesena
I. Muratori
- I. Cattani, E. Capri, R. Boccelli, 715 Valutazione degli apporti di alcuni elementi in tracce derivanti da fanghi biologici sparsi sui suoli della provincia di Cremona ed elaborazione con GIS
R. Zanoni, A. Bruneri
- R.M. Cenci, L. Musmeci 725 I muschi utilizzati per calcolare i flussi di deposizione di elementi in tracce per la stima nei suoli dei tempi di superamento dei valori soglia del D.M. 471/1999
- L. Crippa, P. Zaccheo 735 Impiego di un biosaggio nella valutazione dello stato di contaminazione dei suoli
- A. Letizia, E. Coppola, A.P. Leone, 745 Effetti a medio termine dell'irrigazione con acque saline sulla qualità del suolo
G. Masotta, A. Buondonno
- L. Lucini, G.P. Molinari 753 Residui di Difenoconazole nel suolo a seguito di trattamento su barbabietola da zucchero
- S. Madrau, M.A. Deroma, 763 Il consumo di suolo per urbanizzazione nell'arcipelago della Maddalena (Sassari) negli anni 1958-1998
F. Mancuso
- P. Nappi, R.M. Cenci, R. Barberis, 775 Suoli e muschi del Piemonte centro-nord: distribuzione della concentrazione di elementi in tracce e flussi di deposizione
D. Dabergami
- M. Privitera, M. Puglisi, R.M. Cenci, 789 Deposizione di elementi in tracce nell'area del vulcano Etna valutati con muschi e suoli
D. Dabergami, P. Trincherini

Indice degli Autori							
Volume 52							
Adamo P.	649	Comolli R.	625, 689	Maiorana M.	67, 353	Rusco E.	25
Alberici F.	223	Contin M.	245	Mancuso F.	763	Samaria M.	689
Ampollini D.	215	Convertini G.	333, 353	Mantovi P.	265, 385	Scalenghe R.	373, 493, 513
Angelone M.	661	Coppola E.	437, 465, 523, 689, 745	Marchetti R.	395	Scandella P.	537
Aramini G.	605	Corea A.M.	605	Marchetti A.	537	Sena F.	139
Aspetti G.P.	125	Cortellini L.	385	Marcucci A.	333	Servadio P.	89, 99, 333
Baccelli R.	125	Crippa L.	735	Marino Gallina P.	171	Setti M.	661
Baffi C.	133, 223, 311	D'Alessandro M.	25	Marsili A.	89, 99	Silva S.	133, 223, 311
Baldoni G.	385	D'Avino L.	253	Mascetti L.	223	Smalla K.	277
Barbafieri M.	203	Dabergami D.	139, 233, 775, 789	Masotta G.	745	Socciarelli S.	299
Barberis R.	7, 775	Dal Re L.	385	Mazzoli G.L.	449	Solaro S.	689
Barrón V.	637	Dazzi C.	493	Mecella G.	537, 547	Sommer S.	25
Bartolini D.	477	De Alba S.	477	Mehl W.	25	Spagnuolo M.	191
Basile A.	45	De Mascellis R.	45	Mele G.	45	Spallacci P.	395
Bazzoffi P.	413, 591	De Maio M.	27	Menesatti P.	299	Spezia S.	223
Beccaloni E.	321, 679	De Nobili M.	245	Menta C.	253	Stacul E.	321, 679
Benedetti A.	277	Del Gaudio S.	183	Mocali S.	277	Stanchi S.	579
Benedettini G.	449	Del Re A.A.M.	125, 215	Molinari G.P.	753	Stöckli V.	373
Beni C.	333	Deroma M.A.	555, 763	Mondini C.	155	Tedeschi C.	125
Beone G.M.	133, 139, 223	Dessì G.	555	Montagna G.	413	Terribile F.	45, 605, 649
Bergonzi S.	223	Di Serafino D.	465	Montanarella L.	25	Toderi G.	385
Besozzi A.	139	Diana G.	147, 163	Monteleone S.	493	Torrent J.	637
Bettinelli M.	223	Falsone G.	79	Montemurro F.	353	Torri D.	477
Bettinelli C.	223	Farris E.	523	Mulè P.	555	Trincherini P.	139, 789
Biagioli M.	523	Felici B.	299, 333	Muratori I.	701	Tusa D.	425, 513, 567
Bidello P.	465	Ferri L.	253	Musmeci L.	679, 725	Umlauf G.	25
Bidoglio G.	25	Ferri D.	353	Napola A.	191	Ungaro F.	477
Bini C.	661	Figliolia A.	147, 163, 299, 333	Nappi P.	775	Vacca S.	523
Bo F.	139	Filippi N.	25	Nassisi A.	385	Valboa G.	437
Boccelli R.	215, 715	Fioretto A.	287	Oppedisano R.	163	Vanliedekerke M.	25
Bonifacio E.	79, 625	Fissore C.	625	Orfeo D.	171	Ventrella D.	109
Borselli L.	477	Fornaro F.	67	Palermo V.	513	Vianello G.	233, 579
Botteschi G.	311	Fornasier F.	155	Palumbo G.	637	Vignozzi N.	591
Bouraoui F.	25	Forte T.	679	Paone R.	605	Vingiani S.	649
Brambilla M.	343, 363	Fortunati P.	343, 363	Papa S.	287	Violante A.	183
Brandi G.	413	Francaviglia R.	537, 547	Papini R.	413	Zaccheo P.	735
Brenna S.	465	Franco I.	245	Paracchini B.	233	Zanini E.	79, 373, 579
Bruneri A.	715	Freppaz M.	373	Parisi V.	253	Zanoni R.	715
Buondonno A.	437, 465, 523, 689, 745	Gardi C.	253	Parisi S.	513	Zilocchi L.	661
Buscaroli A.	701	Gemignani S.	661	Pedron F.	203		
Cabassi G.	171	Gherardi M.	233, 449	Pellegrini S.	413, 591		
Calafiore G.	567	Glorioso C.	465	Pellegrino A.	287		
Calzolari A.	449	Ignoti C.	425	Peretti P.	253		
Calzolari C.	477	Indiati R.	147, 163, 437	Perucchini I.	147, 163		
Cantarini P.	223	Indorantè A.	425, 567	Petruzzelli G.	203		
Capri E.	215, 715	Jones A.	25	Pezzarossa B.	203		
Carini F.	343, 363	Jones R.	25	Piccinini S.	265		
Casalicchio G.	701	Langenkamp H.	25	Pigna M.	183		
Castrignanò A.	67	Laudicina V.A.	493, 513	Piombino M.	171		
Cattani I.	715	Leita L.	155	Pizzigallo M.D.R.	191		
Cenci R.M.	25, 139, 233, 265, 725, 775, 789	Leone A.P.	637, 745	Ponzoni G.	395		
Chersich S.	689	Letizia A.	689, 745	Previtali F.	625, 689		
Coccia A.M.	321	Lo Papa G.	493, 513	Privitera M.	789		
Colloca C.	605	Lorito S.	579	Puglisi M.	789		
Colombo C.	637	Losavio N.	109	Raimondi S.	425, 567		
		Lucini L.	753	Rasio R.	29		
		Madrau S.	523, 555, 763	Rixen C.	373		
				Rizzi L.	203		
				Rossi G.	299		
				Ruggiero P.	191		

Indice generale volume 53 (2004)

Numero 1-2

Atti del Convegno annuale

"Qualità del suolo, impatto antropico e qualità dei prodotti agricoli - L'agricoltura che produce paesaggio"
Siena, 9-12 Giugno 2003

M. Pagliai	5	Prefazione
G. Pacini	7	L'agricoltura ed il paesaggio della provincia di Siena
Relazioni ad invito		
E.A.C. Costantini, R. Barbetti, M. Iori	13	Valutazione di impatto ambientale e paesaggistico della viticoltura ed olivicoltura nella provincia di Siena
L. Lulli	21	Il suolo e la qualità dei prodotti
Commissione I		
R. Aringhieri	27	Utilizzo dei parametri di flusso saturo nella valutazione della suscettibilità dei suoli di degradazione strutturale
G. Bragato	32	Campionamento a due fasi con impiego di variabili ausiliarie e stimatori di regressione per la stima di variabili fisiche in unità di suolo delineate nella cartografia pedologica
G. Ponzoni, R. Marchetti	37	Influenza dell'apporto di liquami suini sulla ritenzione idrica del terreno
D. Ventrella, N. Losavio, M. Mastrotrilli	44	Impiego dell'infiltrometro a tensione per la misura della conducibilità idraulica: approccio analitico e impiego di differenti funzioni
N. Vignozzi, S. Pellegrini, C. Piovanelli, C. Gamba, M. Pagliai	51	Effetto di differenti sistemi di lavorazione sulla qualità fisica di un suolo franco coltivato a mais continuo
Commissione II		
P. Adamo, M. Zampella, L. Denaix, F. Terribile	59	Forme chimiche e biodisponibilità di Cr e Cu in suoli coltivati della valle del torrente Solofrana (Italia meridionale)
L. Bardi, I. Lacourt, R. Ricci, M. Marzona	69	Gestione del biorisanamento con biopile di un suolo contaminato da oli minerali
E. Beccaloni, L. Musmeci, E. Stacul	74	Distribuzione di As, Be, Se e V in differenti frazioni granulometriche di matrici biostabilizzate aerobicamente
G.M. Beone, C. Baffi, M. Bettinelli, S. Spezia, A. Nassisi, S. Silva	80	Determinazione dei costituenti elementari in campioni di suolo in ambiente ofiolitico: confronto tra due procedure analitiche
A. Del Vecchio, I. Albertin, E. Barberis, G. Bourlot, S. Dolzan	87	Identificazione di una metodologia di organizzazione e verifica dei dati di analisi del terreno agrario per la costituzione di una banca dati tematica
G. Diana, R. Aromolo, I. Perucchini, R. Indiati	93	Confronto tra metodi di estrazione per la valutazione del boro assimilabile in suoli diversi del Lazio
G. Palumbo, A. Di Cerce, M. Sellitto, C. Colombo	99	Rischio di accumulo di metalli pesanti in suoli con diversa gestione agraria
G. Valboa, E. Coppola, A. Buondonno	107	Disponibilità del potassio in alfisuoili: aspetti quantitativi e dinamici
Commissione III		
A. Benedetti, M. Marchionni, M. Lener, S. Mocali, L. Pompili, A. Dentice, M. Cardellicchio	115	Qualità del suolo e OGM
M. Castaldini, D. De Giorgio, A. Fabiani, F. Santomassimo, S. Landi, D. Lami, N. Miclaus	123	Risposta della comunità microbica azotofissatrice a differenti pratiche agricole utilizzate in un mandorleto
B. Ceccanti, C. Garcia, G. Masciandaro, C. Macci, A. Carmignani, A. Filareto	127	Il ruolo dei lombrichi (<i>eisenia foetida</i>) nella bioremediation di un suolo contaminato da idrocarburi
E. Di Bartolomeo, L. Pompili, A. Benedetti, P. Paris, A. Musicanti, F. Cannata	133	Indicatori di qualità del suolo di aree forestale in ambiente mediterraneo
C. Gamba, C. Piovanelli, R. Papini, E. Batistoni, S. Simoncini, G. Valboa, G. Brandi	139	Valutazione della qualità del suolo mediante indici microbici e chimici in un confronto fra prato stabile e rotazione con aratura profonda
R. Gorra, C. Mattana, R. Ambrosoli, E. Zanini	147	Presenza di gruppi microbici funzionali in una constructed wetland per la depurazione di reflui caseari
M. Tullio, F. Pierandrei, E. Rea	153	Caratterizzazione morfologica di funghi vescicolo-arbuscolari (va) associati a diverse cultivar di mela annurca in areali tipici di produzione

Commissione IV

- R. Angelucci, S. Selvi, M.F. Errichetti, 159 Studio del comportamento ecotossicologico di biomasse da residui vitivinicoli su suoli differenti
S. Marconi, M. Rossi, C. De Simone
- R. Aromolo, C. Beni, A. Figliolia, 163 Effetti di concimazione pluriennale di tipo organico e minerale su alfisuoili calcici
F.A. Biondi
- G. Brunetti, V. La Ghezza, 169 Effetti dell'ammendamento con compost sulle caratteristiche degli acidi umici del suolo
D. Mondelli, N. Senesi
- A. Buscaroli, N. Di Virgilio, 176 Qualità dei suoli: il "Bosco della Frattona" (comune di Imola)
G. Vianello, L. Vittori Antisari
- L. Condello, J. Dufey, G. Corti, 183 Frammenti rocciosi di arenaria e alberese come substrati di crescita per olivi
A. Cimato, P. Populaire, R. Cuniglio, frantoio e grignan
A. Agnelli
- M.T. Dell'Abate, G. Lo Papa, 188 Attività microbiologica e qualità del suolo in una sequenza di suoli di pianura
L. Pompili, C. Dazzi, A. Benedetti dell'ambiente xerico siciliano
- S. Dell'Orco, M.I. Barbagiovanni, 194 Fertilità integrale e utilizzo di biomasse in un terreno degradato da coltura intensiva
S. Mocali, C. Beni, A. Figliolia, in monosuccessione
A. Benedetti, R. Fani
- D. Ferri, F. Montemurro, 200 Applicazione di sanse compostate e reflui oleari su specie foraggere: influenza
G. Convertini, M. Maiorana sulle piante e sul suolo
- M. Martin, S. Menardo, 204 Forme di rame in suoli acidi ex-vitati
M. Brugiareddo, G. Bourlot, E. Barberis
- C. Mondini, F. Fornasier, T. Sinicco, 210 Dinamica dell'attività enzimatica come parametro per la caratterizzazione
L. Leita del processo di compostaggio
- C. Mondini, T. Sinicco, L. Leita 216 La biomassa microbica ed il carbonio organico solubile come parametri per la
valutazione del livello di stabilità del compost
- R. Papini, G. Valboa, C. Piovanelli, 222 Effetto del contenuto di sostanza organica sulla disponibilità del rame nel vigneto
C. Gamba, G. Brandi, G. Montagna, e implicazioni sulla qualità del suolo
E.A.C. Costantini, R. Barbetti
- S. Raimondi, G. Gallo, A. Indorante 229 Risposta produttiva del frumento duro (*triticum durum* desf.) coltivato su un suolo
salino nella piana di Gela (CL)
- S. Raimondi, A. Indorante, 235 Risposta produttiva del pomodoro in coltura protetta, irrigazione con acque saline
E. Palazzolo, M. Panno, C. Manno, e impatto ambientale nella piana di Licata (AG)
A. Marcellino
- F. Ricci, G. Corti, R. Cuniglio, 242 Studio delle caratteristiche pedologiche, chimiche e biochimiche del suolo
A. Agnelli, G. Pietramellara, J. Ascher, (bulk e rizosfera) sulla diffusione del mal dell'esca della vite
M.T. Ceccherini

Commissione V

- C. Bini, S. Gemignani, 251 Evoluzione geomorfopedologica dell'area deltizia rodigina nello scenario
M. Spiandorello, L. Zilocchi dei mutamenti climatici
G. Bragato 257 Uso delle valutazioni tessiturali di campo per migliorare la capacità predittiva
del rilevamento pedologico di dettaglio
- A. Buondonno, S. Chersich, 261 Ruolo pedogenetico dei polifenoli nella formazione degli orizzonti spodici.
R. Comolli, F. Previtali, E. Coppola, Analisi di un caso studio in Val Chiavenna (Sondrio)
M. Rubino, S. Solaro
- A. Buondonno, E. Coppola, 267 Analisi dei pedocaratteri come indice di variabilità spaziale dei suoli della piana
D. Di Serafino, C. Glorioso, P. Odierna, di Santa Eufemia (Calabria)
V. Scialò, C. Colloca, G. Aramini,
A. Corea, R. Paone
- K. Caniglia, G. Lo Papa, C. Dazzi, 273 Un modello per la definizione dell'adattabilità dei suoli del tratto terminale
S. Monteleone del bacino del Belice (AG) allo smaltimento delle acque di vegetazione
- R. Comolli, C. Dipietro 279 Ricerca ed esplicitazione del modello distributivo dei suoli in un'area di montagna
(Valsassina, LC)
- R. Comolli, C. Ferrè 285 Microvariabilità pedologica e distribuzione di elementi in traccia in suoli
di ambiente alpino (Valchiavenna, SO)
- R. Cuniglio, G. Corti, A. Agnelli 292 Individuazione di orizzonti sombrici in alcuni vigneti della toscana e valutazione
del loro possibile ruolo nel sequestro del carbonio organico
- A. Garlato, G. Sartori, D. Barbieri, 297 Classificazione dei suoli alpini con il World Reference Base
R. Minelli, S. Obber
- V.A. Laudicina, A. Delgado García, 304 Cationi metallici incorporati nei carbonati primari e secondari
H. Barros, C. Dazzi, R. Scalenghe

- V.A. Laudicina, A. Pisciotta, 308 Differenziazione e quantificazione dei carbonati litogenici e pedogenici di suoli forestali attraverso l'analisi isotopica
F. Parello, C. Dazzi
- A.P. Leone, A. Buondonno, 316 Determinazione spettroradiometrica del colore munsell e sue relazioni con la sostanza organica e gli ossidi di ferro in spodosuoli della Val Chiavenna (Sondrio)
S. Chersich, R. Comolli, E. Coppola,
A. Letizia, F. Previtali, M. Rubino,
S. Solaro, G. Castiello
- A Letizia, A Buondonno, E Coppola, 323 Effetti dell'irrigazione con acque salinizzate in un suolo antropizzato del bacino del basso Volturno (CE)
A.P Leone
- G. Lo Papa, R. Lopez, V.A. Laudicina, 329 Variabilità spaziale dell'orizzonte gypico in un ambiente mediterraneo semiarido della Sicilia centro meridionale
R. Scalenghe, A. Castrignanò,
C. Dazzi, S. Monteleone
- L. Minieri, F. Terribile 337 I suoli del bronzo antico sepolti dall'eruzione delle pomici di Avellino. Il contributo della scienza del suolo nello studio dei contesti archeologici
Modelli spaziali per indicatori chimici e biochimici di qualità del suolo
- L. Nisini, G. Jona-Lasinio, 349
M.T. Dell'Abate, C. Dazzi, A. Benedetti
- M. Orrù, A. Vacca 357 Il contributo della pedologia nella pianificazione comunale: applicazioni all'area di Monastir (Sardegna meridionale)
- S. Parisi, E. Meijer, C. Dazzi, P. Buurman 364 Una metodologia auto-validante per la quantificazione della fase amorfa in suoli dell'Etna
M. Paternò, V.A. Laudicina, 371 Variabilità quali-quantitativa dello scheletro in due toposequenze di gypisuoli
G. Lo Papa, S. Parisi, C. Territo
- S. Solaro 377 Studio micromorfologico di suoli su tepetates in Messico
- C. Territo, G. Provenzano, 389 Variabilità spaziale della conducibilità elettrica su suoli forestali evolventi sulla serie gessoso-solfifera
V.A. Laudicina, G. Lo Papa, R. Scalenghe
- F. Ungaro, C. Calzolari, F. Ragazzi, 395 Utilizzo della geostatistica a supporto della cartografia pedologica nella pianura alluvionale del Brenta
L. Fantinato
- I. Vinci, A. Garlato, F. Pocaterra, 401 Approcci metodologici per l'elaborazione della carta dei suoli del Veneto in scala 1:250.000
G. Sartori, P. Zamarchi, S. Carnicelli,
R. Ciampalini, N. Filippi, P. Mozzi,
J. Walkate, U. Wolf
- Commissione VI**
- S. Brenna, R. Madoi 409 Informazioni pedologiche e pianificazione territoriale: un esempio dalla Lombardia
- C. Calzolari, F. Ungaro, F. Ragazzi, 415 Valutazione della capacità protettiva dei suoli nel bacino scolante in laguna di Venezia attraverso l'uso di modellistica
I. Vinci, R. Cappellin, L. Venuti
- C. Cedrola, R. Tomasone, 422 Alterazioni chimiche in suoli agrari sterilizzati con l'impiego di vapore e sostanze a reazione esotermica
M. Bozzoli, A. Marcucci, G. Colorio
- A. Cimato, E. Franchini, C. Lapucci, 428 Qualità di oli monovarietali da olivi frantoio e relazione con suoli della provincia di Siena
C. Attilio, G. Sani, E.A.C Costantini,
S. Pellegrini, R. Barbetti
- E. Franchini, C. Lapucci, C. Attilio, 434 Fenologia e produttività di olivi "frantoio" cresciuti in suoli diversi della provincia di Siena
G. Sani, E.A.C Costantini,
S. Pellegrini, R. Barbetti, A. Cimato
- G. L'Abate, E.A.C. Costantini 439 Il GIS pedoclimatico d'Italia
- P. Servadio, A. Marsili 445 Variazioni di alcuni parametri fisico - meccanici di un suolo argilloso in relazione al passaggio di una trattoria equipaggiata con cingoli in gomma
- Commissione VII**
- C. Colombo, A. Di Cerce, 453 Genesi e mineralogia di andosuoli del complesso vulcanico dei "Campi Flegrei"
G. Palumbo, L. Maturo, F. Terribile
- A. Mirabella, M. Egli, D. Giaccai, 460 L'influenza del clima sui processi di alterazione dei minerali argillosi in una sequenza altimetrica di suoli del Trentino
G. Sartori
- S. Vingiani, D. Righi, F. Terribile, 466 Evoluzione pedogenetica di una toposequenza di suoli sul plateau basaltico di Sedilo (Sardegna centrale)
S. Petit, A. Vacca, P. Adamo, S. Loddo
- Commissione VIII**
- M. G. Andrisani, I. Borzillo, 477 Applicazione del modello di analisi di rischio relativo (MARR) su base GIS per la valutazione della pericolosità ambientale di microdiscariche in Valle di Suéssola (CE, BN)
A. Buondonno, E. Coppola, A. Felli,
C. Glorioso, S. Mattana, S. Vacca
- E. Beccaloni, R.M. Cenci, 483 Contaminanti inorganici di recente introduzione in suoli urbani. Caso studio: i parchi della città di Roma
D. Dabergami, L. Musmeci,
E. Stacul, G. Ziemacki
- A. Buondonno, G. Battaglia, M. Bucci, 489 Alterazioni delle proprietà fisico-meccaniche, chimiche e mineralogiche in un vertice xerofluente contaminato da scorie di fonderia
A. Colella, E. Coppola, A. Langella
- A. Buscaroli, G. Casalicchio, 494 L'indice di qualità dei suoli per una corretta gestione del territorio: il caso della provincia di Padova
I. Muratori, F. Zanella

A. Caimi, S. Stanchi, E. Zanini, R. Chiabrando, G. Garnero, D. Godone, M. Calafiore, C. Rossi, R. Giannini, M. Quaglia	500	Manutenzione ordinaria del territorio: approccio metodologico e applicazione a due aree pilota
D. Cantelli, M. Clemenza, R. Comolli, E. Previtali	505	Valutazione della contaminazione da radiocesio in suoli della Valle del Lys (Aosta)
R.M. Cenci, R. Ferrarese, P. Trincherini, D. Dabergami, M. Zublena	512	Platino, palladio, rodio ed elementi in tracce in suoli e muschi della Valle d'Aosta
G. Fabietti, T. Niccoli, M. CuvIELLO, R. Barberis	519	Indicatori e indici ambientali relativi alla matrice suolo: l'esperienza del centro tematico nazionale territorio e suolo
M. Gherardi, S. Lorito, G. Vianello	527	Interazione tra micromorfologia del territorio e caratteri chimico fisici dei suoli come contributo alla interpretazione di delineaioni podologiche in ambienti rivieraschi del Po (Ro ferrarese)
P. Giandon, D. Ballardini, R. Barberis	533	Verso il monitoraggio ambientale dei suoli italiani: il lavoro del Centro Tematico Nazionale Territorio e Suolo attraverso le esperienze delle ARPA Emilia Romagna, Piemonte e Veneto
P. Giandon, R. Cappellin, F. Ragazzi, I. Vinci	540	Confronto tra livello naturale ed "usuale" dei metalli pesanti nei suoli della pianura veneta in relazione al materiale parentale
S. Madrau, C. Zucca, M. De Roma, D. Pittalis	545	Modelli e cartografia di vulnerabilità dei suoli ai processi di desertificazione. Il caso del comune di Sassari
M. Panichi, R. Cuniglio, A. Agnelli, G. Corti, M. Moriondo	552	Uso del GIS per individuare possibili relazioni tra la distribuzione spaziale del mal dell'esca della vite e le caratteristiche pedologiche in due vigneti toscani. Risultati preliminari
R. Puddu, S. Fanni, D. Manca, M.G. Mameli	558	Monitoraggio dello stato di salinizzazione dei suoli e delle acque nella piana di Muravera -Villaputzu (Sardegna sud-orientale): risultati di un anno di attività
G. Rossi, A. Figliolia, S. Socciarelli, B. Pennelli, A. Marcucci	567	Indagine sulla qualità chimico-fisica di suoli investiti a meleto nel sud Italia
Nuovo regolamento per la stampa	572	
Nuove istruzioni per gli autori	573	

Numero 3

Giornate di studio Osservatorio Nazionale Permanente per i Fertilizzanti

"La concimazione della bietola"

Bologna, 6 - 7 Febbraio 2003

G. Venturi	581	La concimazione della bietola: attualità e problematiche
A. Benedetti, P. Sequi	590	Dinamica dell'azoto nei terreni agricoli
E. Biancardi, R. Marchetti, P. Stevanato	595	L'azoto assimilabile lungo il profilo del terreno e conseguenze agronomiche per la barbabietola da zucchero
G. Mosca, T. Camerali	602	Sviluppo radicale della bietola a diverso input nutritivo
L. Barbanti	607	Risposta della bietola a dosi di azoto consigliate con diverse metodiche
D. De Giorgio, F. Fornaro, G. Convertini	619	Fertilizzazione azotata su barbabietola da zucchero primaverile nel Tavoliere pugliese: risposte produttive e qualitative
D. Ferri, G. Convertini, M. Maiorana, F. Montemurro	625	Bilancio dell'azoto in prove di fertilizzazione organica su barbabietola da zucchero nel Tavoliere pugliese

Attività dei gruppi di lavoro dell'Osservatorio Nazionale Permanente per i Fertilizzanti

A. Benedetti	630	Osservatorio Nazionale Permanente per i Fertilizzanti, attività 2002-2003
S. Dell'Orco	632	Gruppo 1: Censimento
M. Adua	633	Gruppo 2: Monitoraggio
F. Tittarelli	635	Gruppo 4: Biomasse
C. Nigro	636	Gruppo 5: Elementi indesiderati
A. Benedetti	639	Gruppo 7: Legislazione
S. Canali	641	Gruppo 9: Agricoltura biologica
C. Ciavatta, L. Landi	643	Gruppo 10: Pubblicazioni scientifiche

Indice generale volume 52 (2003)	I
Indice degli autori volume 52	IV
Indice generale volume 53 (2004)	V
Indice degli autori volume 53	IX

Indice degli Autori

Volume 53

(in parentesi il numero del fascicolo)

Adamo P.	59, 466 (1-2)	Cannata F.	133 (1-2)	Diana G.	93 (1-2)	Macci C.	127 (1-2)
Adua M.	633 (3)	Cantelli D.	505 (1-2)	Dipietro C.	279 (1-2)	Madoi R.	409 (1-2)
Agnelli A.	183, 242, 292, 552 (1-2)	Cappellin R.	415, 540 (1-2)	Dolzan S.	87 (1-2)	Madrau S.	545 (1-2)
Albertin I.	87 (1-2)	Cardellicchio M.	115 (1-2)	Dufey J.	183 (1-2)	Maiorana M.	200 (1-2); 625 (3)
Ambrosoli R.	147 (1-2)	Carmignani A.	127 (1-2)	Egli M.	460 (1-2)	Mameli M.G.	558 (1-2)
Andrisani M. G.	477 (1-2)	Carnicelli S.	401 (1-2)	Errichetti M.F.	159 (1-2)	Manca D.	558 (1-2)
Angelucci R.	159 (1-2)	Casalicchio G.	494 (1-2)	Fabiani A.	123 (1-2)	Manno C.	235 (1-2)
Aramini G.	267 (1-2)	Castaldini M.	123 (1-2)	Fabietti G.	519 (1-2)	Marcellino A.	235 (1-2)
Aringhieri R.	27 (1-2)	Castiello G.	316 (1-2)	Fani R.	194 (1-2)	Marchetti R.	37 (1-2); 595 (3)
Aromolo R.	93, 163 (1-2)	Castrignanò A.	329 (1-2)	Fanni S.	558 (1-2)	Marchionni M.	115 (1-2)
Ascher J.	242 (1-2)	Ceccanti B.	127 (1-2)	Fantinato L.	395 (1-2)	Marconi S.	159 (1-2)
Attilio C.	428, 434 (1-2)	Ceccherini M.T.	242 (1-2)	Felli A.	477 (1-2)	Marconi S.	159 (1-2)
Baffi C.	80 (1-2)	Cedrola C.	422 (1-2)	Ferrarese R.	512 (1-2)	Marcucci A.	422, 567 (1-2)
Ballardini D.	533 (1-2)	Cenci R.M.	483, 512 (1-2)	Ferrè C.	285 (1-2)	Marsili A.	445 (1-2)
Barbaggiovanni M.I.	194 (1-2)	Chersich S.	261, 316 (1-2)	Ferri D.	200 (1-2); 625 (3)	Martin M.	204 (1-2)
Barbanti L.	607 (3)	Chiabrando R.	500 (1-2)	Figliolia A.	163, 194, 567 (1-2)	Martina M.	69 (1-2)
Barberis E.	87, 204 (1-2)	Ciampalini R.	401 (1-2)	Filareto A.	127 (1-2)	Masciandro G.	127 (1-2)
Barberis R.	519, 533 (1-2)	Ciavatta C.	643 (3)	Filippi N.	401 (1-2)	Mastrorilli M.	44 (1-2)
Barbetti R.	13, 222, 428, 434 (1-2)	Cimato A.	183, 428, 434 (1-2)	Fornaro F.	619 (3)	Mattana C.	147 (1-2)
Barbieri D.	297 (1-2)	Clemenza M.	505 (1-2)	Fornasier F.	210 (1-2)	Mattana S.	477 (1-2)
Bardi L.	69 (1-2)	Colella A.	489 (1-2)	Franchini E.	428, 434 (1-2)	Matturo L.	453 (1-2)
Barros H.	304 (1-2)	Colloca C.	267 (1-2)	Gallo G.	229 (1-2)	Meijer E.	364 (1-2)
Batistoni E.	139 (1-2)	Colombo C.	99, 453 (1-2)	Gamba C.	51, 139, 222 (1-2)	Menardo S.	204 (1-2)
Battaglia G.	489 (1-2)	Colorio G.	422 (1-2)	Garcia C.	127 (1-2)	Miclaus N.	123 (1-2)
Beccaloni E.	74, 483 (1-2)	Comolli R.	261, 279, 285, 316, 505 (1-2)	Garlato A.	297, 401 (1-2)	Minelli R.	297 (1-2)
Benedetti A.	115, 133, 188, 194, 349 (1-2); 590, 630, 639 (3)	Condello L.	183 (1-2)	Garnero G.	500 (1-2)	Minieri L.	337 (1-2)
Beni C.	163, 194 (1-2)	Convertini G.	200 (1-2); 619, 625 (3)	Gemignani S.	251 (1-2)	Mirabella A.	460 (1-2)
Beone G.M.	80 (1-2)	Coppola E.	107, 261, 267, 316, 323, 477, 489 (1-2)	Gherardi M.	527 (1-2)	Mocali S.	115, 194 (1-2)
Bettinelli M.	80 (1-2)	Corea A.	267 (1-2)	Giaccai D.	460 (1-2)	Mondelli D.	169 (1-2)
Biancardi E.	595 (3)	Corti G.	183, 242, 292, 552 (1-2)	Giandon P.	533, 540 (1-2)	Mondini C.	210, 216 (1-2)
Bini C.	251 (1-2)	Costantini E.A.C	13, 222, 428, 434, 439 (1-2)	Giannini R.	500 (1-2)	Montagna G.	222 (1-2)
Biondi F.A.	163 (1-2)	Cuniglio R.	183, 242, 292, 552 (1-2)	Glorioso C.	267, 477 (1-2)	Monteleone S.	273, 329 (1-2)
Borzillo I.	477 (1-2)	Cuviello M.	519 (1-2)	Godone D.	500 (1-2)	Montemurro F.	200 (1-2); 625 (3)
Bourlot G.	87, 204 (1-2)	Dabergami D.	483, 512 (1-2)	Gorra R.	147 (1-2)	Moriondo M.	552 (1-2)
Bozzoli M.	422 (1-2)	Dazzi C.	188, 273, 304, 308, 329, 349, 364 (1-2)	Indiati R.	93 (1-2)	Mosca G.	602 (3)
Bragato G.	32, 257 (1-2)	De Giorgio D.	123 (1-2); 619 (3)	Inorante A.	229, 235 (1-2)	Mozzi P.	401 (1-2)
Brandi G.	139, 222 (1-2)	De Roma M.	545 (1-2)	Iori M.	13 (1-2)	Muratori I.	494 (1-2)
Brenna S.	409 (1-2)	De Simone C.	159 (1-2)	Jona-Lasinio G.	349 (1-2)	Musicanti A.	133 (1-2)
Brugiafreddo M.	204 (1-2)	Del Vecchio A.	87 (1-2)	L'Abate G.	439 (1-2)	Musmeci L.	74, 483 (1-2)
Brunetti G.	169 (1-2)	Delgado Garcia A.	304 (1-2)	La Ghezza V.	169 (1-2)	Nassisi A.	80 (1-2)
Bucci M.	489 (1-2)	Dell'Abate M.T.	188, 349 (1-2)	Lacourt I.	69 (1-2)	Niccoli T.	519 (1-2)
Buondonno A.	107, 261, 267, 316, 323, 477, 489 (1-2)	Dell'Orco S.	194 (1-2); 632 (3)	Lami D.	123 (1-2)	Nigro C.	636 (3)
Buscaroli A.	176, 494 (1-2)	Denaix L.	59 (1-2)	Landi L.	643 (3)	Nisini L.	349 (1-2)
Buurman P.	364 (1-2)	Dentice A.	115 (1-2)	Landi S.	123 (1-2)	Obber S.	297 (1-2)
Caimi A.	500 (1-2)	Di Bartolomeo E.	133 (1-2)	Langella A.	489 (1-2)	Odierna P.	267 (1-2)
Calafiore M.	500 (1-2)	Di Cerce A.	99, 453 (1-2)	Lapucci C.	428, 434 (1-2)	Orrù M.	357 (1-2)
Calzolari C.	395, 415	Di Serafino D.	267 (1-2)	Laudicina V.A.	304, 308, 329, 371, 389 (1-2)	Pacini G.	7 (1-2)
Camerale T.	602 (3)	Di Virgilio N.	176 (1-2)	Leita L.	210, 216 (1-2)	Pagliai M.	5, 51 (1-2)
Canali S.	641 (3)			Lener M.	115 (1-2)	Palazzolo E.	235 (1-2)
Caniglia K.	273 (1-2)			Leone A.P.	316, 323 (1-2)	Palumbo G.	99, 453 (1-2)
				Letizia A.	316, 323 (1-2)	Panichi M.	552 (1-2)
				Lo Papa G.	188, 273, 329, 371, 389 (1-2)	Panno M.	235 (1-2)
				Loddo S.	466 (1-2)	Paone R.	267 (1-2)
				Lopez R.	329 (1-2)	Papini R.	139, 222 (1-2)
				Lorito S.	527 (1-2)	Parello F.	308 (1-2)
				Losavio N.	44 (1-2)	Paris P.	133 (1-2)
				Lulli L.	21 (1-2)	Parisi S.	364, 371 (1-2)
						Paternò M.	371 (1-2)

Pellegrini S.	51, 428,	Tullio M.	153 (1-2)
	434 (1-2)	Ungaro F.	395, 415 (1-2)
Pennelli B.	567 (1-2)	Vacca A.	357, 466 (1-2)
Perucchini I.	93 (1-2)	Vacca S.	477 (1-2)
Petit S.	466 (1-2)	Valboa G.	107, 139,
Pierandrei F.	153 (1-2)		222 (1-2)
Pietramellara G.	242 (1-2)	Ventrella D.	44 (1-2)
Piovanelli C.	51, 139,	Venturi G.	581 (3)
	222 (1-2)	Venuti L.	415 (1-2)
Pisciotta A.	308 (1-2)	Vianello G.	176, 527 (1-2)
Pittalis D.	545 (1-2)	Vignozzi N.	51 (1-2)
Pocaterra F.	401 (1-2)	Vinci I.	401, 415,
Pompili L.	115, 133,		540 (1-2)
	188 (1-2)	Vingiani S.	466 (1-2)
Ponzoni G.,	37 (1-2)	Vittori Antisari L.	176 (1-2)
Populaire P.	183 (1-2)	Walkate J.	401 (1-2)
Previtali E.	505 (1-2)	Wolf U.	401 (1-2)
Previtali F.	261, 316 (1-2)	Zamarchi P.	401 (1-2)
Provenzano G.	389 (1-2)	Zampella M.	59 (1-2)
Puddu R.	558 (1-2)	Zanella F.	494 (1-2)
Quaglia M.	500 (1-2)	Zanini E.	147, 500 (1-2)
Ragazzi F.	395, 415,	Ziemacki G.	483 (1-2)
	540 (1-2)	Zilocchi L.	251 (1-2)
Raimondi S.	229, 235 (1-2)	Zublena M.	512 (1-2)
Rea E.	153 (1-2)	Zucca C.	545 (1-2)
Ricci F.	242 (1-2)		
Ricci R.	69 (1-2)		
Righi D.	466 (1-2)		
Rossi C.	500 (1-2)		
Rossi G.	567 (1-2)		
Rossi M.	159 (1-2)		
Rubino M.	261, 316 (1-2)		
Sani G.	428, 434 (1-2)		
Santomassimo F.	123 (1-2)		
Sartori G.	297, 401,		
	460 (1-2)		
Scalenghe R.	304, 329,		
	389 (1-2)		
Scialò V.	267 (1-2)		
Sellitto M.	99 (1-2)		
Selvi S.	159 (1-2)		
Senesi N.	169 (1-2)		
Sequi P.	590 (3)		
Servadio P.	445 (1-2)		
Silva S.	80 (1-2)		
Simoncini S.	139 (1-2)		
Sinicco T.	210, 216 (1-2)		
Socciarelli S.	567 (1-2)		
Solaro S.	261, 316,		
	377 (1-2)		
Spezia S.	80 (1-2)		
Spiandorello M.	251 (1-2)		
Stacul E.	74, 483 (1-2)		
Stanchi S.	500 (1-2)		
Stevanato P.	595 (3)		
Terribile F.	59, 337, 453,		
	466 (1-2)		
Territo C.	371, 389 (1-2)		
Tittarelli F.	635 (3)		
Tomasone R.	422 (1-2)		
Trincherini P.	512 (1-2)		