



Bollettino

della Società Italiana della Scienza del Suolo

Volume 50, 2001

No. 4

€ 21

Giornata di Studio
Osservatorio Nazionale Permanente per i Fertilizzanti
Pisa, 5-6 aprile 2000

Direttiva del Consiglio (91/676/CEE) relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole - <i>G. Loffredo</i>	869
I nitrati nel metabolismo degli organismi viventi - <i>A. Trincherà</i>	875
I nitrati nel suolo - <i>M. de Bertoldi</i>	885
L'accumulo dei nitrati negli ortaggi - <i>V. Magnifico, A.D. Palumbo</i>	893
Tecniche per ridurre il contenuto dei nitrati negli ortaggi - <i>P. Santamaria</i>	897
La concimazione azotata - <i>S. Miele, L. Foschi</i>	909
Una nutrizione mirata: quanto e quando serve - <i>M. Presterà</i>	921
La concimazione localizzata nella barbabietola da zucchero - <i>L. Baranti, F. Rosso</i>	923
Contenuto di nitrati nel suolo ed in alcune colture tipiche del Metapontino - <i>G. Lacertosa, A. Merendino, S. Vanadia, F. Montemurro</i>	937
Effetto dell'inibitore della nitrificazione 3,4 dmpp sulla efficienza ed efficacia della concimazione azotata del frumento duro - <i>A. Coli, M. Mazzoncini, R. Risaliti, D. Tesi</i>	947
Previsione dello stato nutrizionale e dell'efficienza della nutrizione azotata in colture meridionali mediante test rapidi su nitrati e clorofilla - <i>F. Montemurro, D. Ferri, G. Convertini</i>	961
Attività dei Gruppi di Lavoro dell'Osservatorio Nazionale Permanente per i Fertilizzanti	
Attività dell'Osservatorio Nazionale Permanente per i Fertilizzanti, Marzo 2000 - marzo 2001 - <i>A. Benedetti</i>	977
Censimento dei concimi minerali CE - <i>A. Benedetti, S. Dell'Orco</i>	979
Attività del G.d.L. 2, "Monitoraggio" - <i>M. Adua</i>	983
L'immissione al consumo, per uso agricolo, dei fertilizzanti - <i>M. Adua</i>	987
Attività del G.d.L. 3, "Qualità di Processi e Prodotti" - <i>S. Silva</i>	1019
Attività del G.d.L. 4, "Biomasse" - <i>F. Tittarelli</i>	1023
Attività del G.d.L. 5, "Sostanze ed elementi indesiderati" - <i>C. Nigro</i>	1025
Agenti patogeni nel compost - <i>de Bertoldi</i>	1029
Attività del G.d.L. 7, "Legislazione" - <i>A. Benedetti</i>	1035
Attività del G.d.L. 9, "Agricoltura biologica" - <i>S. Canali</i>	1037
Attività del G.d.L. 10, "Pubblicazioni scientifiche" - <i>C. Ciavatta, P. Nannipieri</i>	1039
Attività del G.d.L. 11, "Metodi di analisi" - <i>F. Alianiello</i>	1057
Collegamento con altre società internazionali - <i>P. Sequi</i>	1061
Indice generale volume 50 (2001)	I
Indice degli autori	IX



Bollettino

della Società Italiana della Scienza del Suolo

Volume 50

DAZZI



No. 4 2001

Errata corrige della copertina

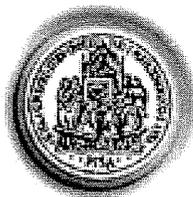
Bollettino della Società Italiana della Scienza del Suolo
Volume 50, 2001 – No. 3

Atti del Convegno

La "bioremediation" in Italia: dalla teoria alla pratica - Roma, 14-15 dicembre 2000

Saluto di benvenuto	
G. Lelli	549
Sessione 1: La teoria	
La Bioremediation: una strategia multidisciplinare per detossificare suoli e acque inquinati - <i>L. Gianfreda, F. Saccomandi</i>	553
Pedofauna: possibile agente di bioremediation? - <i>C. Jacomini, E. Rota</i>	571
Il fitorimedia: organismi vegetali come potenziali agenti disinquinanti - <i>A. Massacci, M.A. Iannelli, F. Pietrini</i>	581
Sessione 2: La ricerca	
I progetti di ricerca italiani sulla bioremediation - <i>S. Grego</i>	591
I progetti di ricerca italiani nella cooperazione tecnica e scientifica a livello europeo - <i>A. Benedetti</i>	595
Bioremediation: stato di applicazione in Europa - <i>F. Quercia, G. Petruzzelli</i>	603
Sessione 3: La pratica	
Trattamento biologico di siti industriali: dalla sperimentazione all'applicazione in campo - <i>A. Bernardi, A. Robertiello</i>	625
I muschi acquatici utilizzati come indicatori e accumulatori di metalli: limiti e vantaggi - <i>R.M. Cenci</i>	633
Indicatori molecolari delle variazioni della comunità batterica in suoli inquinati - <i>A. Gelsomino, C. Crecchio, G. Cacco</i>	641
Fitoestrazione da un suolo contaminato da più metalli pesanti: accumulo e tolleranza - <i>M.F. Quartacci, C.L.M. Sgherri, F. Navari - Izzo</i>	649
Studio di alcuni fattori che determinano l'efficienza della tecnica di fitoestrazione assistita in un suolo inquinato da piombo - <i>G.A. Sacchi, A. Rivetta, A. Abruzzese, G. Lucchini, A. Paganetto, F. Gambale, M. Cocucci</i>	661
Microorganismi da siti industriali: selezione per resistenza ai metalli pesanti, accumulo di zinco e applicazioni biotecnologiche - <i>A.R. Sprocati, C. Cremisini, E. Fantauzzi, M. Galletti, S. Sabelli, L. Segre, F. Vitali</i>	673
Studio dell'efficienza del mais nella phytoremediation in un suolo contaminato da metalli pesanti - <i>P. Zaccheo, L. Crippa, C. Gigliotti</i>	685
Tavola rotonda	
"Dalla teoria alla pratica" - <i>M. Angelone</i>	695
Sessione 4: Poster	
Variazione di parametri morfo-fisiologici di piante di orzo e di avena allevate in microcosmi trattati con metalli pesanti - <i>E. Argese, E. Delaney, F. Agnoli, F. Faraon, A. Sorgonà, G. Cacco</i>	709
Il codice TMVOC per la simulazione numerica del trasporto di compost organici nel sottosuolo in condizioni multifase - <i>A. Battistelli, K. Pruess</i>	723
Valutazione della capacità di Pb-decontaminante di due specie ornamentali - <i>G.</i>	733

<i>Carratù, A.M. Carafa, G.G. Aprile</i>	
Attività protettiva delle sostanze umiche presenti nei composts nei confronti dell'attività mutagene dei metalli pesanti - <i>C. De Simone, A. De Marco, C. D'Ambrosio, M. Owczarek, F. Beretta</i>	739
Indagini preliminari sull'uso di tecniche SEM per lo studio di piante accumulatrici - <i>A. Fornaroli, E. Capri, M. Trevisan</i>	747
Utilizzazione di Azolla e Lemna per la rimozione di N e P da acque reflue - <i>C. Forni, M.A. Nicolai, L. Tancioni</i>	751
Biosensori per bioremediation da erbicidi - <i>D. Esposito, P. Giardi, E. Pace, M. Rizzuto, M.T. Giardi</i>	759
Fitoestrazione di metalli pesanti: primi risultati sperimentali - <i>L. Marchiol, G. Zerbi</i>	765
Modelli sperimentali di Bioremediation: piante acquatiche e antibiotici di uso veterinario - <i>L. Migliore, C. Forni, S. Cozzolino</i>	777
Stima della tossicità ambientale dei residui di attività mineraria (Estrazione di pirite). Contributi conoscitivi per le attività di bonifica e bioremediation. Studi preliminari - <i>S. Nocciolini, A. Costa, E. Lorenzoni, L. Spadafina, M.R. Vacri</i>	781
Possibile recupero biologico di un suolo d'altura precedentemente adibito a stazzo - <i>L. Pompili, F. Tittarelli, F. Pinzari, A. Benedetti, S. Baccella</i>	791
Fitoestrazione mediante <i>Brassica Napus</i> (colza): capacità di assorbimento nei confronti di zinco e cadmio - <i>G. Rossi, A. Figliolia, S. Socciarelli</i>	803
Detossificazione di suoli inquinati da idrocarburi: un caso studio - <i>F. Saccomandi, L. Gianfreda</i>	809
La laccasi: un possibile agente disinquinante? - <i>F. Sannino, L. Gianfreda</i>	815
Effetti delle poliammine sull'accumulo e la traslocazione del piombo in mais: interessanti prospettive di fitorimediazione - <i>M. de Agazio, E. Rea, A. Fruggerio, M. Zacchini</i>	823
Interazione tra funghi micorrizici e metalli pesanti: prospettive nel biorisanamento - <i>S. Perotto, E. Martino, P. Bonfante</i>	831
Contributi dei soci	
Aspetti tecnico economici dell'inquinamento da gas serra (Protocollo di Kyoto: riciclo della sostanza organica e controllo delle emissioni) - <i>P.T. Perri</i>	845
Il riciclo delle ceneri - <i>F. Tittarelli</i>	853



**Scuola Superiore di Studi
Universitari e di Perfezionamento
Sant'Anna**

Giornata di Studio

**Osservatorio Nazionale Permanente
per i Fertilizzanti**

**Nitrati nel suolo, nelle acque
e nelle colture**

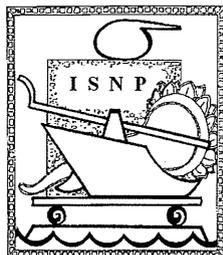
PISA

5 aprile 2001

Università di Pisa, Aula Magna Storica, Facoltà di Giurisprudenza
Via San Frediano, 20

6 aprile 2001

Scuola Superiore di Studi Universitari e di Perfezionamento
Sant'Anna
Via Carducci, 40



**Istituto Sperimentale per la
Nutrizione delle Piante**



**Università degli Studi
di Pisa**



DIRETTIVA DEL CONSIGLIO (91/676/CEE) RELATIVA ALLA PROTEZIONE DELLE ACQUE DALL'INQUINAMENTO PROVOCATO DAI NITRATI PROVENIENTI DA FONTI AGRICOLE

Gianfranco Loffredo

Ministero delle Politiche Agricole e Forestali
Via XX Settembre, 20 - 00187 Roma

Motivazioni: tutelare la salute umana, le risorse viventi e gli ecosistemi acquatici e salvaguardare altri usi legittimi dell'acqua.

Finalità: ridurre l'inquinamento delle acque causato da nitrati di origine agricola; prevenire ulteriore inquinamento dello stesso tipo.

Elementi considerati: acque sotterranee, acque dolci superficiali, estuari, acque marine effluenti di allevamento anche trasformati (di tutti gli animali allevati per uso o profitto) fertilizzanti chimici azotati.

Principali previsioni:

1. monitoraggio delle acque interne superficiali e profonde per individuare quelle che contengono oltre - o si avvicinano ai - 50 mg/l di nitrati; monitoraggio delle acque superficiali interne e marine per individuare le eutrofizzate o a rischio di esserlo;
2. segnalazione alla Commissione delle Zone Vulnerabili (ZV), ossia dei territori che scaricano nelle acque precedentemente individuate (uno stato può essere segnalato anche nella sua interezza);
3. fissazione di un Codice di Buona Pratica Agricola (CBPA) di applicazione discrezionale; ove necessario formazione ed informazione degli agricoltori sul Codice di Buona Pratica Agricola;
4. fissazione di uno o più Programmi d'Azione (PA) più severi del Codice di Buona Pratica Agricola, di obbligatoria attuazione nelle Zone Vulnerabili;
5. attuazione dei Programmi d'Azione; svolgimento di programmi di controllo dei Programmi d'Azione; possibile revisione dei Programmi d'Azione;
6. ripetizione del monitoraggio e delle designazioni delle Zone Vulnerabili in rapporto ai risultati dello svolgimento dei Programmi d'Azione;

7. periodica relazione degli stati membri alla Commissione su monitoraggio, Zone Vulnerabili, Programmi d'Azione, programmi di controllo dei Programmi d'Azione, previsioni sui tempi di disinquinamento e loro grado di incertezza; corrispondentemente la Commissione trasmette al Parlamento europeo ed al Consiglio relazioni di sintesi.

Modificabilità della Direttiva senza ricorrere al Consiglio: tramite un procedimento che coinvolge un Comitato nel seno del quale siedono Commissione e stati membri si possono adattare gli allegati alla direttiva tenendo conto del progresso scientifico e tecnico (gli allegati concernono monitoraggio, Codice di Buona Pratica Agricola, Programmi d'Azione, metodi misura, relazioni periodiche).

Importanza dell'allegato III: contiene divieti di natura agronomica, previsioni per gli stoccaggi, previsioni sull'equilibrio tra il fabbisogno di azoto delle colture e qualsiasi apporto azotato. In particolare stabilisce che per ciascuna azienda il quantitativo di effluente di allevamento sparso sul terreno ogni anno, compreso quello distribuito dagli animali, non superi i 170 kg di azoto (210 per i primi quattro anni); è prevista una procedura di deroga. Gli stati membri possono calcolare i quantitativi suddetti sulla base del numero degli animali.

Elementi non adeguatamente considerati nella Direttiva: atmosfera, acque superficiali non potabili, eutrofizzazione (in Italia governata generalmente dal fosforo).

Elementi di insufficiente determinazione: azoto contenuto negli effluenti al campo; eutrofizzazione.

Elementi di particolarmente gravosa o difficile applicazione: monitoraggio acque su tutto il territorio nazionale, indipendentemente dai carichi; bilancio aziendale dell'azoto; limitazione ai 170 kg laddove le asportazioni sono molto elevate.

Recepimento normativo della Direttiva Nitrati in

Italia al marzo 2001

Normativa di diverse regioni, specie dell'Emilia Romagna, progressivamente più stringente, volta a contenere l'inquinamento; Direttiva dell'Autorità di bacino del Po dell'1 ottobre 1996 che riprende parecchio dalla direttiva nitrati ed è anche esplicitamente volta a realizzare un'uniformità di comportamento nel bacino padano.

Diverse leggi comunitarie: conferiscono al Governo delega a recepire la direttiva con decreto legislativo definendone i criteri informativi in maniera in realtà poco chiara

I decreti legislativi 152/1999 e 258/2000:

1. introducono e definiscono nella legislazione italiana il concetto di utilizzazione agronomica di effluenti di allevamento, acque di vegetazione e reflui agroalimentari;

2. ufficializzano il Codice di Buona Pratica Agricola diramato alla fine del 1993 e lo rendono obbligatorio nelle Zone Vulnerabili;

3. recepiscono fedelmente la Direttiva, e cercando insieme di recuperare il tempo perduto per coincidere progressivamente con le scadenze della stessa, attribuiscono alle regioni:

- il monitoraggio e la designazione delle Zone Vulnerabili (sentita l'Autorità di bacino);

- la definizione dei Programmi d'Azione e la attuazione obbligatoria degli stessi e del Codice di Buona Pratica Agricola nelle Zone Vulnerabili;

- la verifica dell'efficacia dei Programmi d'Azione procedendo a eventuali modifiche;

- la possibile integrazione del Codice di Buona Pratica Agricola e la fissazione di modalità applicative;

- la predisposizione ed attuazione di interventi di formazione ed informazione degli agricoltori;

- la comunicazione di tutte le azioni intraprese al Ministero dell'ambiente che riferisce alla Commissione;

4. stabiliscono sanzioni penali per comportamenti incongrui degli agricoltori (fino a 15 milioni o un anno di arresto);

5. stabiliscono che sulla base dei criteri recati da un emanando decreto interministeriale le regioni disciplinano la comunicazione dell'utilizzo agronomico all'autorità competente, le norme tecniche dello stesso utilizzo, i criteri di controllo e le sanzioni amministrative pecuniarie; il decreto, molto complesso, è in formazione con attiva collaborazione regionale;

6. inoltre negli allegati:

- individuano d'ufficio provvisoriamente le Zone Vulnerabili in Lombardia, Veneto ed Emilia Romagna;

- stabiliscono criteri per il monitoraggio e la definizione delle Zone Vulnerabili;
- danno indicazioni e misure per i programmi d'azione.

Implementazione amministrativa in Italia al marzo

2001

- Codice di Buona Pratica Agricola fissato, diramato, ufficializzato e valutato;
 - Monitoraggio acque incompleto; difficoltà a evidenziare tendenze su base serie storiche;
 - Zone Vulnerabili designate solo d'ufficio, necessità di riconsiderarle ove in diminuzione, ove in accrescimento;
 - Programmi d'Azione regionali da finalizzare ulteriormente;
 - Relazioni alla Commissione non complete;
 - Statistiche ufficiali fertilizzanti chimici probabilmente migliorabili;
- Diversi procedimenti di infrazione in corso; possibili condanne a consistenti multe.*

Difficoltà italiane:

- Frammentazione amministrativa e diverso coinvolgimento delle regioni;
 - Difficoltà a dar luogo, per la raccolta delle informazioni, a co-genze, uso di format e di filiere di centralizzazione dati e notizie;
 - Lentezza dell'adeguamento della normativa nazionale e regionale;
 - Resistenze e comportamenti incongrui degli allevatori - agricoltori;
 - Necessità di approfondimenti scientifico - tecnici impegnativi, come l'accertamento della quantità di azoto negli effluenti;
 - Necessità di disporre di una molto efficiente amministrazione locale per gestire un sistemadi comunicazioni e di controlli molto impegnativo (vedi bilancio dell'azoto);
-

- Estrema limitatezza delle risorse umane disponibili nelle amministrazioni centrali.

Attività della Commissione Europea

- Periodiche riunioni di stimolo e di richiesta di informazioni agli stati membri;

- Messa a disposizione di documenti di apprezzabile qualità per omogeneizzare e razionalizzare il comportamento degli stati membri, a carattere di raccomandazione e tendenzialmente di cogenza (es. calcolo azoto in effluenti, monitoraggio eutrofizzazione, format per le relazioni periodiche) e diffusione di buoni esempi di comportamento;

- Avviamento delle procedure di infrazione;

- Eventualmente nel futuro insieme agli stati membri modifica degli allegati alla direttiva.

La Commissione nella produzione dei suoi documenti e nell'analisi delle informazioni inviate dagli stati membri si fa assistere da ditte ed enti esterni.

Implementazione della Direttiva da parte dei diversi stati membri al marzo 2001

Tutti gli stati membri hanno provveduto a:

- Monitoraggio acque
- Designazione delle Zone Vulnerabili
- Codice di Buona Pratica Agricola
- Programmi d'Azione
- Relazione

Le procedure di infrazione per ciascuno stato membro sono indicate in tabella 1.

Tabella 1. Procedure di infrazione per ciascuno stato membro

Stato membro	Procedure
Belgio	5
Danimarca	0
Germania	1
Grecia	4
Spagna	3
Francia	2
Irlanda	3
Italia	3
Lussemburgo	4
Olanda	1
Austria	1
Portogallo	3
Finlandia	1
Svezia	0
Regno Unito	3

Hanno designato come Zone Vulnerabili l'intero territorio nazionale: Danimarca, Germania, Lussemburgo, Olanda, Austria e Finlandia.

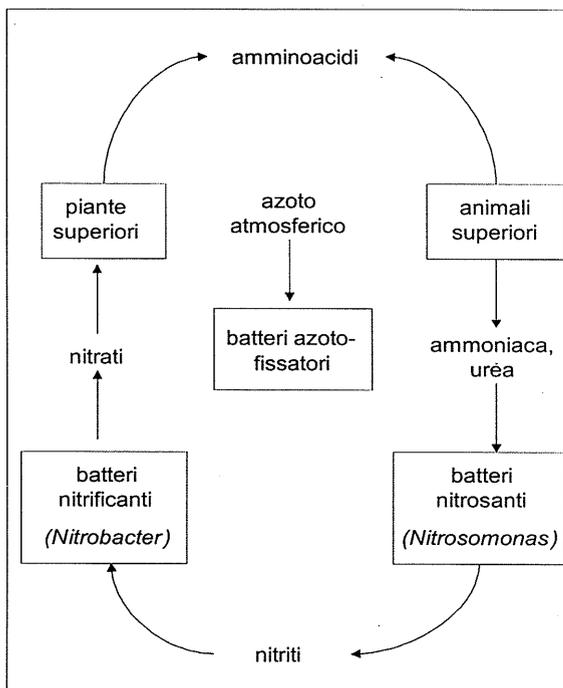
I NITRATI NEL METABOLISMO DEGLI ORGANISMI VIVENTI

Alessandra Trincherà

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

L'azoto, elemento che entra a far parte delle proteine, degli acidi nucleici e di molte biomolecole organiche, viene riciclato attraverso gli organismi viventi della biosfera. In effetti sussiste una vera e propria interdipendenza metabolica fra i differenti tipi di organismi, dal momento che l'azoto molecolare (N_2), presente in grandi quantità nell'atmosfera, è una molecola chimicamente inerte, che quindi non viene utilizzata dalla maggior parte degli organismi.

Di seguito viene rappresentato schematicamente il ciclo dell'azoto.



Il ciclo dell'azoto

Il nitrato nei microrganismi del suolo

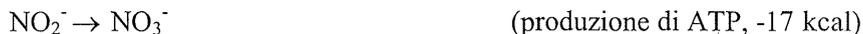
A seguito del processo di riduzione dell' N_2 atmosferico ad NH_4^+ (*azoto-fissazione*), l'azoto ridotto viene utilizzato dai microrganismi del suolo (*immobilizzazione*) per la biosintesi di molecole organiche complesse (proteine, basi azotate, ecc.). A fronte del processo di sintesi, i microrganismi del suolo sono in grado di operare la degradazione delle molecole complesse, producendo azoto minerale (come ammonio) ed energia come ATP (*mineralizzazione*).

Il ciclo dell'azoto, tuttavia, comprende anche un altro sottociclo, definito *autotrofo*, in quanto operato da batteri chemiosintetici ed autotrofi del terreno. Tale sottociclo, che coinvolge esclusivamente i comparti suolo-atmosfera, comprende il processo di *nitrificazione*, ossia l'ossidazione dell'ammonio del suolo (forma azotata ridotta) a nitrito (batteri nitrosanti) e successivamente a nitrato (batteri nitrificanti), con produzione di energia come ATP:

Batteri nitrosanti (*Nitrosomonas*):



Batteri nitrificanti (*Nitrobacter*):

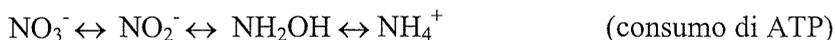


La maggior parte delle piante utilizza l'azoto del terreno prevalentemente in forma nitrica, disciolto nella soluzione del suolo e quindi immediatamente disponibile per l'assorbimento da parte delle membrane rizosferiche. L'ammonio, forma ridotta dell'azoto, è infatti generalmente adsorbita sul complesso di scambio, e quindi meno prontamente assimilabile da parte delle piante. Conseguentemente il ruolo nei microrganismi nitrosanti e nitrificanti del terreno risulta strategico per la nutrizione delle piante.

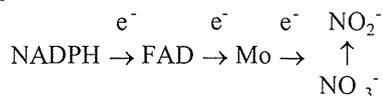
Occorre sottolineare che, parallelamente al processo di nitrificazione, sussiste nel suolo un processo opposto, la *denitrificazione*, che prevede la riduzione del nitrato fino ad azoto ammoniacale (*riduzione assimilatoria*) od azoto atmosferico (*riduzione dissimilatoria*). I processi sono in realtà significativamente differenti, in quanto nel primo caso la riduzione viene operata dai batteri denitrificanti al fine di generare ammonio da utilizzarsi nella sintesi delle molecole complesse, mentre nel secondo caso il fine ultimo è l'utilizzazione del nitrato quale accettore di elettroni nella catena respiratoria terminale, in assenza di ossigeno. I due processi hanno quindi

obiettivi e vincoli differenti: la riduzione assimilatoria del nitrato è un processo operato dall'enzima *nitrato-reduttasi* batterica dei batteri denitrificanti, insensibile alla presenza/assenza di O_2 ed inibito dall'ammonio. Ciò è facilmente comprensibile, in quanto tale enzima viene disattivato nel momento in cui nel terreno sono già presenti quantità sufficienti di ammonio da utilizzarsi nella sintesi dei composti organici: poiché infatti il processo di riduzione assimilatoria comporta, come tutti i processi riduttivi, consumo di energia, esso viene sospeso allorché il prodotto finale della reazione enzimatica sia già disponibile (meccanismo di feedback negativo).

Riduzione assimilatoria (nitrato-reduttasi batterica, insensibile all' O_2 , inibita da NH_4^+):



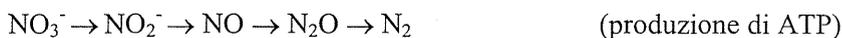
La nitrato-reduttasi è un enzima molto comune sia nelle piante che nei microrganismi (batteri e funghi). Tale enzima è costituito da una flavoproteina che contiene sia molibdeno che citocromo b ed impiega il NADPH come donatore di elettroni. L'intero processo del trasferimento degli elettroni al nitrato può essere così schematizzato:



E' stato verificato che il molibdeno subisce cambiamenti ciclici di valenza da Mo(V) a Mo(VI) e viceversa durante la riduzione del nitrato.

La riduzione dissimilatoria viene effettuata mediante la nitrato-reduttasi dei batteri denitrificanti, chemioautotrofi, anaerobi facoltativi che, in condizioni di anaerobiosi, utilizzano quale accettore di e^- proprio l'azoto nitrico. Per le sue somiglianze fisiologiche ed enzimologiche con la respirazione aerobica, il processo viene anche detto *respirazione a nitrato*. Tale processo comporta conseguentemente un recupero energetico (produzione di ATP), che si traduce nella successiva sintesi di composti C_6 a partire dalla CO_2 .

Riduzione dissimilatoria (nitrato-reduttasi dei batteri denitrificanti, anaerobi facoltativi, inibita da O_2):



La nitrato-reduttasi respiratoria, che è stata studiata a fondo nell'*E. coli*, impiega l'acido formico come donatore di elettroni ed utilizza quali componenti del sistema il citocromo b, il molibdeno ed il ferro non emico. La formazione di ATP da ADP + fosfato è quindi accoppiata alla respirazione a nitrato.

Il nitrato nel metabolismo dei mammiferi

A seguito dei processi fin qui descritti ad opera dei microrganismi del suolo (nitrificazione, immobilizzazione/mineralizzazione, ecc.) e da parte delle piante superiori (assorbimento, assimilazione), il nitrato entra nella catena alimentare, passando dai microrganismi del suolo alle piante e quindi all'uomo.

Quale composto azotato, il nitrato (NO_3^-) entra nella catena alimentare degli organismi viventi attraverso il cibo e l'acqua. Il nitrato può essere presente negli alimenti naturalmente o introdotto quale additivo chimico per conservazione, sebbene il suo contenuto sia strettamente vincolato a precise norme legislative. I vegetali rappresentano la principale fonte di nitrato, anche se il loro contenuto in nitrato dipende molto dalla tipologia di vegetale, nonché dalle modalità di coltivazione e conservazione. Nel caso dell'apporto di nitrati dalle acque, il rapporto della *World Health Organisation* (WHO) nel 1985 sul rischio derivante dai nitrati contenuti nell'acqua potabile afferma che la concentrazione dei nitrati nelle acque di superficie in molti Paesi è cresciuta notevolmente in questi ultimi 20-40 anni e che le principali cause di questo incremento sono da ricercarsi nell'aumento dell'uso di fertilizzanti minerali, nei cambiamenti delle destinazioni d'uso dei terreni e nel recupero di residui da agricoltura intensiva (WHO, 1985).

Nei mammiferi, il nitrato è velocemente convertito (attraverso l'azione di enzimi batterici o dei mammiferi stessi) in nitrito, che può prontamente reagire con ammine, ammidi ed aminoacidi presenti per formare *N*-nitroso composti. Mentre il nitrato viene generalmente considerato un composto a bassa tossicità, il nitrito ed gli *N*-nitroso composti sono conosciuti per essere biologicamente attivi nei mammiferi. Conseguentemente, la definizione del rischio umano da nitrato deve necessariamente tenere conto della tossicità del nitrito e dei *N*-nitroso composti.

Lo studio della tossicità del nitrato, del nitrito e dei *N*-nitroso composti è stato seguito in modo approfondito ed aggiornato nel tempo alla luce delle nuove informazioni messe in evidenza nelle recenti attività di ricerca su tali composti chimici (ECE-TOC, 1988; Speijers *et al.*, 1989; Walker, 1990).

Studi di laboratorio su animali hanno dimostrato che il nitrato può essere formato nei mammiferi endogenicamente, attraverso specifici processi metabolici. Ratti mantenuti con dieta povera in nitrato (<0.06 mg di nitrato al giorno) hanno escreto quantitativi di nitrato maggiori di quelli introdotti. Tali informazioni sono state supportate anche da studi isotopici: fornendo infatti nella dieta azoto nitrico marcato (^{15}N - NaNO_3), è stato osservato che, di tutto l'azoto nitrico escreto, solo il 30-50% era costituito da azoto marcato. E' stato stimato che il nitrato venga sintetizzato nei mammiferi alla velocità di 1.24 mg/kg_{corp}/giorno (Green *et al.*, 1981).

In esperimenti precedenti, nei quali i ratti venivano alimentati con aggiunta di acetato di ammonio od ammonio cloruro marcati, circa lo 0.007-0.008% dell'ammonio veniva convertito in nitrato, confermando che l'ammonio può essere un precursore del nitrato (Wagner, 1985). Si è quindi concluso che circa il 50% del nitrato deriva da fonti endogene. Una convincente ipotesi di conversione dell'ammonio a nitrato via idrossilammina è stata confermata quando si è dimostrato che la somministrazione di idrossilammina esogena ai ratti porta ad un consistente incremento nella sintesi del nitrato (Saul e Archer, 1984).

Esperimenti ancor più recenti hanno mostrato che la via metabolica prevalente per la sintesi del nitrato endogeno nei mammiferi comporta probabilmente la conversione dell'arginina a ossido nitrico (NO), seguita da ulteriore ossidazione a N_2O_3 ed N_2O_4 (Marletta, 1988). La conversione arginina \rightarrow ossido nitrico viene effettuata da un gran numero di enzimi, detti ossido nitrico-sintasi, alcuni di essi costitutivi ed altri inducibili. La ossido nitrico-sintasi costitutiva produce tipicamente bassi livelli di nitrato per brevi periodi (pochi secondi) in risposta a messaggeri intracellulari come la bradichinina. La ossido nitrico-sintasi inducibile produce invece elevati livelli di nitrato per periodi di tempo più lunghi (alcune ore), in risposta a sostanze immunostimolanti, quali i lipopolisaccaridi di *E. coli*. Tale processo è oggi noto in quanto si verifica in molti tipi di cellule, ed in particolare nei macrofagi, nelle cellule dell'endotelio, nei neuroni, nei neutrofili e negli epatociti (Ignarro, 1990; Snyder e Bredt, 1992; Lancaster 1992).

Alcuni ceppi batterici sono inoltre in grado di produrre ossido nitrico per riduzione del nitrito (Ralt *et al.*, 1988; Calmels *et al.*, 1987). In

esperimenti condotti in vitro, si è evidenziata la formazione sia di nitrito che di nitrato, anche se nell'organismo intatto (in vivo) è stata osservata esclusivamente la presenza di nitrato, ottenuto probabilmente per ossidazione del nitrito da parte dell'emoglobina.

Il nitrato nel metabolismo umano

Nell'uomo, la biosintesi del nitrato è stata evidenziata in molti studi (circa 54 mg di nitrato escreti al giorno). Si è osservato, mediante esperimenti di induzione della biosintesi del nitrato nei mammiferi e nell'uomo, che infezioni e stati infiammatori costituiscono la principale causa dell'aumento di sintesi del nitrato. In particolare, infezioni da *E. coli* o *Giardia lamblia* sembrano essere meccanismi in grado di amplificare la escrezione di nitrato nelle urine (Wetting et al., 1987). Somministrazione di arginina marcata ha inoltre confermato la via biosintetica argina (ossido di azoto nell'uomo (Leaf et al., 1989a).

Studi in vitro ed in vivo hanno dimostrato che il nitrato può essere ridotto a nitrito attraverso cammini metabolici propri dei batteri ed anche nei mammiferi. L'ammontare del nitrito prodotto dipende sia dall'attività della nitrato-reduttasi della popolazione microbica sia dalla disponibilità del substrato nitrico.

Nell'uomo, la maggioranza del nitrito viene prodotto nella saliva. Circa il 25% di nitrato ingerito è secreto nella saliva e di questo circa il 20% viene convertito in nitrito nella bocca. Quindi, circa il 5% del nitrato acquisito con la dieta viene convertito in nitrito (Walter e Smith, 1981). È stata osservata una correlazione diretta tra il pH gastrico, la colonizzazione batterica e la concentrazione gastrica di nitrito. Disordini gastrointestinali ed acloridria possono determinare un aumento del nitrito gastrico fino a 6 mg/l (Dolby et al., 1984).

Per quel che riguarda la sintesi nell'uomo delle *N*-nitrosammine dal nitrato, sono stati effettuati numerosi studi in vitro ed in vivo sull'uomo. Esperimenti hanno mostrato che una comune dieta a base di proteine porta spontaneamente alla formazione di nitroso composti, quali *N*-nitrosopiperidine ed *N*-nitrosopirrolidine. Anche la somministrazione di nitrato marcato esogeno alla dieta ha dimostrato che una significativa quota di *N*-nitrosoprolina escreta non deriva dal nitrato, bensì dalla normale dieta quotidiana. Gli studi sull'uomo hanno rivelato che non vi è alcuna correlazione tra il nitrato assunto con la dieta e la escrezione renale di *N*-nitrosoprolina

(Tannenbaum, 1987). E' stato ipotizzato che il catabolismo delle proteine possa portare alla formazione dell'agente nitrosante responsabile della sintesi della *N*-nitrosoprolina (Mallett *et al.*, 1988).

Tossicocinetica del nitrato e metabolismo

La tossicocinetica ed il metabolismo del nitrato, del nitrito e dei nitroso composti sono strettamente interconnessi fra loro ed hanno un ruolo chiave nella definizione della biodisponibilità e tossicità del nitrito e dei nitroso composti derivanti dall'ingestione del nitrato. Quest'ultimo viene infatti assorbito prontamente dall'intestino, ed il nitrato nel sangue viene selettivamente trasportato e secreto nella saliva, in dosi dipendenti da un sistema di trasporto attivo (Fritsch *et al.*, 1985). Circa il 65-70% del nitrato assunto con la dieta viene escreto con le urine in 5-18 ore.

Nei mammiferi la riduzione del nitrato a nitrito avviene ad opera di specifici batteri con attività di nitrato-reduttasi, localizzati nel tratto gastrointestinale prossimale (Hegesh e Shiloah, 1982). Poche informazioni sono disponibili sull'assorbimento intestinale del nitrito negli animali, e nell'uomo sembra non vi sia alcun assorbimento. Il nitrito può essere ossidato a nitrato nei tessuti e nel sangue tramite l'ossiemoglobina, effetto che si verifica rapidamente nei ruminanti e più lentamente nell'uomo.

Tossicologia del nitrato nei mammiferi

Il nitrato può essere considerato un potenziale agente tossico per l'uomo, in particolar modo per i neonati, in quanto è in grado di determinare una condizione patologica detta metaemoglobinemia, conosciuta anche come "*blue baby syndrome*". In tale patologia il nitrato viene convertito nella saliva in nitrito che, ossidando il Fe(II) a Fe(III), trasforma la emoglobina in metaemoglobina. La metaemoglobina è caratterizzata da una ridotta capacità di trasporto di ossigeno nei globuli rossi; conseguentemente, il primo segnale evidente di tale sindrome è la colorazione bluastra delle estremità (dita, naso), dovuta alla cattiva ossigenazione del sangue. Negli adulti, la trasformazione della emoglobina in metaemoglobina è generalmente momentanea, in quanto si ha il ripristino della forma ridotta in breve termine; nei neonati, sussiste invece una incapacità metabolica alla rapida riconversione ad emoglobina, con conseguenze fisiche prevedibili (cianosi, sintomi da soffocamento, convulsioni).

Uno studio condotto per due anni sui ratti ha dimostrato che dosi di nitrato somministrato esogenamente fino a dosi giornaliere del 10% in peso di NaNO_3 nella dieta non determina fenomeni di carcinogenicità, a parte lievi rallentamenti nella crescita (Lehman, 1958). E' stato inoltre rilevato che il nitrato in sé non è un composto genotossico e che i casi di genotossicità riscontrati sono da imputare alla trasformazione da nitrato a nitrito od a nitroso composti (Luca *et al.*, 1985). Anche studi sugli effetti cronici da nitrato hanno dimostrato come non si verifichi alcun incremento di tumori negli animali trattati. La NAED (no adverse effect dose= dose limite alla quale non si riscontrano effetti negativi) per il nitrato è stata stimata 365 mg NaNO_3/kg .

Il nitrito è certamente un composto genotossico, anche se non è stata evidenziata carcinogenicità nei saggi effettuati su ratti da laboratorio. In ogni caso, sono stati verificati cambiamenti istopatologici relativamente a fegato, all'epitelio bronchiale, nonché danneggiamenti ai tessuti coronarici (in generale, per sopravvenuti stati infiammatori) (Gruener e Shuval, 1973). Uno studio recente ha dimostrato che elevate dosi di nitrito nell'acqua potabile producono una leggera ipertrofia della zona glomerulosa surrenale nei ratti. Sarebbe necessario approfondire tale aspetto anche in relazione ad alte dosi di nitrito nell'uomo. La NAED per il nitrito nell'uomo è stata stimata 10 mg NaNO_2/kg .

Nel caso dei *N*-nitroso composti, è stata verificata una forte carcinogenicità in animali da laboratorio, che si esplica nella induzione di tumori in vari organi ed per tutte le specie animali trattate.

Studi epidemiologici non sono riusciti a dimostrare evidenze di una associazione causale tra assunzione di nitrato e rischio di cancro. Riguardo al nitrito, diversi esperimenti sembrano invece confermare una correlazione positiva tra assunzione di proteine trattate e rischio di tumori. La maggiore evidenza sperimentale relativa al rischio da ingestione di nitriti è legata, come già accennato, alla metaemoglobinemia nei bambini, con un limite di assunzione di 1-8.3 mg $\text{NaNO}_2/\text{kgcorp./giorno}$ (Winton *et al.*, 1971).

Conclusioni

Il nitrato, quale ione azotato in forma ossidata, costituisce un importante anello nell'ambito del ciclo dell'azoto in quanto, sia attraverso meccanismi di adsorbimento radicale diretto da parte delle piante, sia mediante l'attività riducente operata dei microrganismi del suolo, entra a far parte delle strutture azotate complesse delle piante superiori, degli animali ed infine dell'uomo.

Molto si è detto sulle possibili ripercussioni sulla salute umana in relazione all'assunzione di elevate dosi di nitrato. Sembra opportuno sottolineare come, al fine di stabilire il rischio relativo all'assunzione di nitrato, nitrito e *N*-nitroso composti con la dieta, è importante tenere presente che, a parte il caso dei neonati per i quali la dieta è costituita principalmente da acqua potabile, per gli adulti è il cibo la principale fonte di nitrati. I vegetali forniscono circa l'85% del nitrato assunto con la dieta. Inoltre, a causa del basso contenuto di nitriti e nitroso composti negli alimenti, questi ultimi contribuiscono in modo assai limitato al loro accumulo nel corpo, essendo evidentemente la maggior fonte di questi composti biologicamente attivi proprio il nitrato assunto con la dieta. Il nitrato viene infatti prontamente ridotto dai batteri gastrointestinali in nitrito e la successiva reazione del nitrito con le ammine, le ammidi e gli amminoacidi porta alla formazione degli *N*-nitroso composti nell'organismo. Conseguentemente, i vegetali costituiscono non solo la principale fonte di nitrati per l'uomo, ma anche di nitriti e *N*-nitroso composti.

Gli studi epidemiologici non hanno tuttavia dimostrato l'evidenza di una associazione causale tra esposizione da nitrati e rischi cancro. In modo analogo, gli sforzi diretti a stabilire un legame causale tra gli *N*-nitroso composti (assunti con la dieta od endogenamente sintetizzati) e l'incidenza di cancro nell'uomo non hanno avuto successo nel generare una risposta chiara ed univoca.

In conclusione si ricorda che, in relazione alla presenza di nitrati nei vegetali ed il relativo rischio per la salute umana, vi sono numerose evidenze sperimentali che confermano come il consumo di vegetali sia associato ad una riduzione del rischio di cancro. E' vero infatti che, malgrado costituiscano la principale fonte di nitrati nella dieta, i vegetali rappresentano anche una importante fonte di micronutrienti essenziali e di antiossidanti, quali l'acido ascorbico, tocoferoli, carotenoidi e flavonoidi. Tali componenti operano una efficace protezione alla tossicità indotta da nitrito (es. nella metaemoglobinemia) e prevengono la formazione proprio di quei *N*-nitroso composti tossici per l'organismo animale e dell'uomo.

Bibliografia

- CALMELS S., OHSHIMA H., ROSENKRANZ H., McCOY E. and BARTSCH H., 1987, Biochemical studies on the catalysis of nitrosation by bacteria, *Carcinogenesis* 8, 1085-1088.
- DOLBY J.M., WEBSTER A.D., BORRIELLO S.P., BARCLAY F.E., BARTHOLOMEW B.A. and HILL M.J., 1984, Bacterial colonization and nitrite concentration in the achlorhydric stomachs of patients with primary hypogammaglobulinaemia or classical pernicious anaemia, *Scand. J. Gastroenterol.* 19, 105-110.

- ECETOC, 1988, Nitrate in drinking water. *Technical Report no. 27*. EISENBRAND G., HABS M., SCHMAHL D. and PREUSSMANN R., 1980, Carcinogenicity of N-nitroso-3-hydroxypyrolidine and dose-response study with N-nitrosopiperidine in rats, *IARC Sci. Publ.* 31, 657-666.
- Free and conventional rat, *Science* 212, 56-58.
- FRITSCH P., de SAINT-BLANQUAT G. and KLEIN D., 1985, Excretion of nitrates and nitrites in saliva and bile in the dog, *Food Chem. Toxicol.* 23, 655-659.
- GREEN L.C., TANNENBAUM S.R. and GOLDMAN P., 1981, Nitrate synthesis in the germ.
- GRUENER N. and SHUVAL H.I., 1973, Study on the toxicology of nitrites, *Environ. Qual. Safety* 2, 219-229.
- HEGESH E. and SHILOAH J., 1982, Blood nitrate and infantile methaemoglobinaemia, *Clin. Chim. Acta* 125, 107-115.
- IGRARRO L.J., 1990, Biosynthesis and metabolism of endothelium-derived nitric oxide, *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.* 30, 515-560.
- LANCASTER Jr. J.R., 1992 Nitric oxide in cells, *Am. Sci.* 80, 248-259.
- LEAF C.D., WISHNOK J.S. and YANNENBAUM S.R., 1989a, L-arginine is a precursor for nitrate biosynthesis in humans, *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 163, 1032-1037.
- LEHMAN A.J., 1958, Nitrates and nitrites in meat products. *Q. Bull. Assoc. Food Drug Off.* 22, 136-138.
- LUCA D., RAILEANU L., LUCA V. and DUDA R., 1985, Chromosomal aberrations and micronuclei induced in rat and mouse bone marrow cells by sodium nitrate, *Mutat. Res.* 155, 121-125.
- MALLETT A.K., WALTERS D.G. and ROWLAND I.R., 1988, Protein-related differences in the excretion of nitrosoproline by the rat - possible modifications of de novo nitrate synthesis, *Food Chem. Toxicol.* 26, 831-835.
- MARLETTA M.A., 1988, mammalian Synthesis of nitric oxide, nitrite, nitrate and N-nitrosating agents, *Chem. Res. Toxicol.* 1, 249-257.
- RALT D., WISHNOK J.S., FITTS R. and TANNENBAUM S.R., 1988, Bacterial catalysis of nitrosation: involvement of the nar operon of *Escherichia coli*, *J. Bacteriol.* 170, 359-364.
- SAUL R.L. and ARCHER M.C., 1984, Oxidation of ammonia and hydroxylamine to nitrate in the rat in vitro, *Carcinogenesis* 5, 77-81.
- SNYDER S.H. and Bredt D.S., 1992, Biological role of nitric oxide, *Sci. Am.* 266, 68-77.
- SPEIJERS G.J.A., VAN WENT G.F., VAN APELDOORN M.E., MONTIZAN G.K., JANUS J.A., CANTON J.H., Van Gestel C.A.M., VAN DER HEIJDER C.A., HEIJNA-MERKUS E., KNAAP A.G.A.C., LUTTIK R. and de ZWART D., 1989, Integrated Criteria Document Nitrate Effects. *Report no. 758473007* (RIVM, Bithoven, Netherlands).
- TANNENBAUM S.R., 1987, Endogenous formation of N-nitroso compounds: a current perspective, *IARC Sci. Publ.* 84, 292-296.
- WAGNER D.A., SHUKER D.E., BILMAZES C., OBIEDZINSKI M., BAKER I., YOUNG V.R. and TANNENBAUM S.R., 1985, Effect of vitamins C and E on endogenous synthesis on N-nitrosamino acids in humans: precursor product studies with (15N) nitrate, *Cancer Res.* 45, 6519-6522.
- WALKER R., 1990, Nitrates, nitrites and N-nitroso compounds: a review of the occurrence in food and diet and the toxicological implications. *Fodd. Add. Contam.* 5, 717-768.
- WALTERS C.L. and SMITH P.L.R., 1981, The effect of water-borne nitrate on salivary nitrite, *Food Chem. Toxicol.* 19, 297-302.
- WETTING K., BROSHINSKI L., FISHER G., NAMASCHK A., SCHULZ K.R., HABERLAND B., PROCKSCH A., STEINRUCK H. and FLENTJE B., 1987, Stark erbohte Nitratsynthese bei Lamblia in der Schwangerschaft, *Z. Klin. Med.* 42, 401-403.
- WHO, 1985, Health Hazards From Nitrates in Drinking-Water (WHO, Geneva).
- WINTON E.F., TARDIFF R.G. and McCABE L.J., 1971, Nitrate in drinking water, *J. Am. Water Work Assoc.* 63, 95-98.

I NITRATI NEL SUOLO

Marco de Bertoldi

Dipartimento di Microbiologia Industriale, Università di Udine
Via Marangoni, 97 - 3310 Udine

Riassunto

Il primo impiego economico dei nitrati risale all'antichità, non come fertilizzante, ma per la preparazione di polvere da sparo. Durante l'era Napoleonica, durante la quale c'era una forte richiesta di polvere da sparo, i nitrati venivano preparati mescolando terra con letame e calce. La spiegazione della formazione dei nitrati, all'inizio del diciannovesimo secolo, era di natura chimica. In contrasto con questa teoria, Pasteur per primo ipotizzò la natura microbiologica del processo. Le prime evidenze sperimentali furono portate da Schloesing e Muntz, mentre Winogradsky isolò gli agenti microbici responsabili del processo. Nel terreno avvengono due processi distinti di nitrificazione: autotrofa ed eterotrofa. La nitrificazione autotrofa, operata da batteri chemioautotrofi, avviene in due fasi distinte, nitrificazione e nitrificazione. Dalla ossidazione dell'ammoniaca e dei nitriti questi batteri traggono l'energia per organizzare la CO₂ ed effettuare tutti i processi anabolici. Il principale significato della nitrificazione autotrofa nel suolo è una perdita di azoto. Poiché i nitriti e i nitrati sono mobili (gli anioni hanno una ritenzione molto bassa), possono quindi essere facilmente dilavati e percolare, causando il problema dell'eutrofizzazione delle acque fluviali e lacustri. Nonostante l'avvento della denitrificazione, i nitrati possono essere anche accumulati in concentrazioni tossiche nelle riserve d'acqua. Il destino alternativo dei nitrati è la denitrificazione, che comporta una perdita d'azoto per gassificazione; questo processo avviene principalmente in terreni asfittici, pesanti, in condizione anaerobiche. Altra via metabolica dei nitrati è l'assimilazione diretta da parte dei microrganismi e successiva riduzione all'interno della cellula, per entrare poi nell'anabolismo delle molecole azotate. In questo senso i microrganismi competono con le radici delle piante, avendo un metabolismo più veloce, e immobilizzano momentaneamente l'azoto da loro assimilato. Il valore dei nitrati come fertilizzante dipende essenzialmente dalla capacità della pianta di assimilarli prima che vengano utilizzati dai microrganismi o persi per denitrificazione. Circa un terzo dei fertilizzanti azotati viene perso nel suolo per percolamento e per denitrificazione. I principali fattori che condizionano la nitrificazione autotrofa nel suolo sono: concentrazione di ammonio, CO₂, ossigeno, pH e temperatura. Negli ultimi anni sono stati sintetizzati concimi azotati a lento rilascio e a rilascio controllato allo scopo di limitare la perdita d'azoto nell'ambiente e fornire alla pianta elementi nutritivi in tempi e modi più vantaggiosi. Sono stati inoltre impiegati nel suolo inibitori specifici della nitrificazione i quali agiscono direttamente sull'attività enzimatica dei batteri nitrificanti. La nitrificazione eterotrofa avviene soprattutto a carico di funghi (*Aspergillus flavus*), di attinomiceti e di altri batteri eterotrofi (*Arthrobacter*). Questi microrganismi ope-

rano essenzialmente nei terreni acidi, dove i nitrificanti autotrofi crescono stentatamente. I nitrificanti eterotrofi non sono in grado di utilizzare l'energia che si libera dall'ossidazione dell'ammoniaca, come invece fanno gli autotrofi. Infatti l'energia ricavata è insignificante rispetto a quella che ricavano dall'ossidazione dei composti del carbonio. Sembra che la nitrificazione eterotrofa sia una funzione endogena del metabolismo, questa infatti può conferire vantaggi competitivi ai microrganismi che la operano, come produzione di tossine, agenti mutageni che inibiscono altri microrganismi del suolo, ed anche produzione di metaboliti intermedi, come acido idroxamico, che ha funzione di auxina. Nei terreni agricoli domina la nitrificazione autotrofa. Nei terreni acidi, forestali di conifere, con pH bassi, mancanza di ossigeno, temperature basse o elevate, predomina la nitrificazione eterotrofa. Il solo pH non è comunque fattore sufficiente per selezionare le due popolazioni. La forma di azoto organico nel suolo e la sua velocità di degradazione possono avere un effetto importante nel determinare il tipo di nitrificazione predominante.

Introduzione

La disponibilità di azoto per la pianta nei terreni agricoli è il principale fattore limitante la produzione di alimenti. In genere, il contenuto in azoto nei suoli agricoli non è molto alto e deve pertanto essere integrato annualmente per mantenere adeguata la fertilità biologica e la produttività dei terreni.

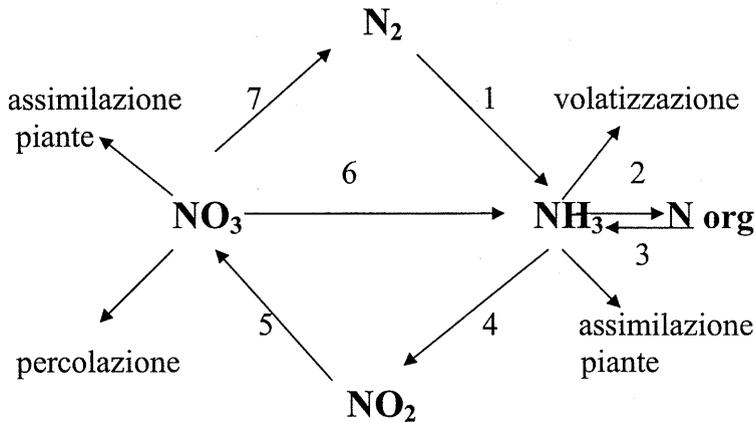
Le perdite di azoto nei terreni coltivati sono molto elevate, soprattutto in seguito all'asportazione operata dalle colture, alla denitrificazione, alla volatilizzazione dell'ammoniaca e alla percolazione, in particolare dei nitrati.

La reintegrazione dell'azoto perso avviene mediante la fissazione biologica dell'azoto atmosferico, l'aggiunta al suolo di fertilizzanti organici (inclusi i sovesci), e di concimi chimici.

Le trasformazioni a carico dell'azoto, che avvengono nel suolo, sono operate dai microrganismi che vivono liberi nel terreno o in simbiosi con le radici delle piante (Fig. 1).

Fra tutte queste, la nitrificazione assume, nei riflessi della nutrizione delle piante, una particolare importanza. Questo processo riveste ruoli sia positivi che fortemente negativi per le piante. Infatti, anche se l'azoto nitrico costituisce una delle fonti nutrizionali predilette dalle colture, esso può essere facilmente perso dal terreno sia per percolazione (basso potere di ritenzione anionica dei suoli), sia per denitrificazione. Esiste inoltre una forte competizione fra microrganismi e piante nell'assimilazione di questo azoto a vantaggio dei primi, i quali lo immobilizzano all'interno della cellula, rendendolo momentaneamente indisponibile alle piante.

Figura 1. L'azoto nel terreno: trasformazioni microbiche, assimilazione radicale e perdite (volatizzazione, percolazione e denitrificazione)



1. fissazione biologica
2. organicazione
3. ammonificazione
4. nitrosazione
5. nitrificazione
6. riduzione assimilativa
7. riduzione dissimilativa (denitrificazione)

Nel terreno avvengono due processi distinti di nitrificazione. La prima, nitrificazione autotrofa, è operata da microrganismi chemioautotrofi i quali, dall'ossidazione dell'ammoniaca o dei nitriti, traggono l'energia per organizzare l'anidride carbonica. Essa pertanto costituisce la fase catabolica di questi microrganismi. La seconda, nitrificazione eterotrofa, è operata da funghi e da batteri; questi microrganismi non riescono ad utilizzare l'energia liberata dal processo, ma ottengono solo vantaggi competitivi nei riguardi di altri microrganismi del suolo.

La nitrificazione autotrofa

La nitrificazione è l'ossidazione dell'ammoniaca ad acido nitrico; il processo avviene in due fasi distinte operate da microrganismi diversi. Nella prima fase (nitrosazione) l'ammoniaca viene ossidata ad acido nitroso, nella seconda (nitrificazione) l'acido nitroso viene ossidato ad acido nitrico. Nella Tabella 1 sono riportati i generi che operano queste trasformazioni. Questi batteri nel suolo crescono lentamente con tempi di generazione che possono arrivare a 10-20 giorni. I prodotti di ossidazione, nitriti e nitrati, sono tossici rispettivamente ai nitrosanti e ai nitricanti. Su piastre agar crescono solo a concentrazioni parziali di ossigeno e le microcolonie appaiono dopo 3-4 settimane.

Tabella 1. Famiglia delle Nitrobacteriaceae

Generi ossidanti l'ammoniaca: Nitrosanti

Genere	Morfologia
<i>Nitrosomonas</i>	cellule ellipsoidali, bastoncini
<i>Nitrosococcus</i>	cocchi
<i>Nitrospira</i>	spirali
<i>Nitrosolobus</i>	cellule pleomorfe, lobate
<i>Nitrosovibrio</i>	bastoncini ricurvi, a virgola

Generi ossidanti l'acido nitroso: Nitricanti

Genere	Morfologia
<i>Nitrobacter</i>	cellule pleomorfe
<i>Nitrococcus</i>	cocchi
<i>Nitrospira</i>	spirali
<i>Nitrospina</i>	bastoncini allungati

Batteri ossidanti l'ammonio (Nitrosanti)

Sono tutte specie di batteri Gram-negativi, litoautotrofi obbligati che usano l'ammonio come unica fonte di energia. Crescono autotroficamente usando l'anidride carbonica come principale fonte di carbonio, ma possono anche assimilare composti organici (acetato) e crescere come mixotrofi. La maggior parte delle specie hanno temperature ottimali di crescita attorno a 25-30°C, a pH 7.5-8.0 e concentrazioni di ammonio da 2 a 10 mM. Il tempo di duplicazione varia da 8 ore a alcuni giorni. Prediligono terreni sciolti e aerati e non acquosi in quanto necessitano ossigeno per il loro metabolismo.

Batteri ossidanti i nitriti (nitrificanti)

Sono batteri Gram-negativi, litoautotrofi; utilizzano i nitriti come fonte di energia e l'anidride carbonica come principale fonte di carbonio. Solo le specie del genere *Nitrobacter* sono in grado di crescere anche eterotroficamente, in particolare utilizzando composti del carbonio semplici come piruvato, acetato e glicerina. La crescita ottimale avviene a 25-30°C, pH 7.5-8.0 con una concentrazione di nitriti da 2 a 30 mM.

Il tempo di duplicazione varia da 10 ore ad alcuni giorni.

La nitrificazione eterotrofa

Sebbene da tempo si conosceva la presenza di microrganismi eterotrofi nella nitrificazione nel suolo, questo processo era stato sempre considerato prevalentemente come opera dei chemioautotrofi. Questo perché è sempre stato molto difficile dimostrare nel suolo il significato degli eterotrofi nella nitrificazione (Stutzer e Hartleb, 1894; Nelson, 1929; Cutler e Mukerji, 1931).

Recentemente è stato dimostrato che il fungo *Aspergillus flavus* può produrre discrete quantità di nitrati a partire sia da sorgenti di azoto organico ridotto, sia da sorgenti inorganiche (Schimel *et. al.*, 1984).

Il fatto che i nitrificanti eterotrofi possano produrre nitrati da sorgenti di azoto ridotto, sia organico che inorganico, ha comportato una modifica del termine "nitrificazione" da "ossidazione dell'ammonio via nitrito a nitrato" a "ossidazione di ogni forma ridotta di azoto ad una forma più ossidata" (Doxtader e Alexander, 1966; Verstraete e Alexander, 1973; Verstraete, 1975).

E' ormai generalmente appurato che i nitrificanti chemioautotrofi sono più sensibili all'acidità del suolo degli eterotrofi; questo fatto suggerisce che certi ambienti acidi possano essere selettivi per la dominanza di una popolazione di nitrificanti eterotrofi (Killhan, 1986).

Fra i microrganismi eterotrofi capaci di nitrificare, i funghi sono considerati i più attivi (*Aspergillus*, *Penicillium*). Sono in grado di operare questo processo anche alcuni batteri (*Arthrobacter*) e attinomiceti (Odu e Adeoye, 1970; Nelson, 1929; Remacle, 1977a).

Recentemente è stato dimostrato che numerosi funghi isolati da terreni acidi di conifere hanno la capacità di nitrificare. In particolare ceppi di *Aspergillus flavus* e *Penicillium*, isolati da suoli forestali acidi in Germania hanno dimostrato avere una spiccata attività nitrificante a pH 5 (Remacle, 1977b).

Attualmente si può affermare che la nitrificazione eterotrofa, particolarmente quella operata dai funghi, è molto comune e predomina, rispetto a quella autotrofa, nei suoli acidi come le foreste di conifere. In questo senso riveste particolare interesse, da un punto di vista ecologico, l'attività nitrificante dei funghi micorrizici nei terreni forestali ricchi di azoto organico.

In contrasto con i chemioautotrofi, gli eterotrofi non traggono alcuna energia dal processo (Schmidt, 1960; Alexander, 1977). La nitrificazione eterotrofa sembra essere perciò una funzione del metabolismo endogeno. Sembra che la nitrificazione conferisca alcuni vantaggi competitivi agli eterotrofi. Alcuni prodotti finali del processo sono tossine e agenti mu-

tageni, la produzione dei quali può certamente inibire molti competitori dei nitrificanti nell'ambiente suolo (Verstraete, 1975). Si ritiene possibile inoltre che la nitrificazione eterotrofa produca composti come l'acido idroxamico il quale è un fattore di crescita per i microrganismi.

Il ruolo della nitrificazione nel suolo

I nitrati nel suolo possono seguire quattro vie diverse (Fig. 1). Possono essere assimilati dai microrganismi per essere subito ridotti e utilizzati nell'anabolismo delle molecole azotate. In questo senso i microrganismi competono con le radici delle piante, avendo un metabolismo più veloce, immobilizzando momentaneamente così l'azoto all'interno delle cellule sotto forma organica. Nonostante questa competizione i nitrati costituiscono una delle fonti di azoto predilette dalle piante e vengono assimilati dalle radici, più facilmente degli ioni ridotti. I nitrati possono inoltre essere ridotti dai microrganismi ad azoto molecolare (N_2) mediante la denitrificazione. Questo processo avviene nei terreni asfittici con scarsi livelli di ossigeno e comporta una perdita notevole di azoto dal terreno. Poiché i nitrati non vengono trattenuti dai minerali argillosi e dai componenti umici del suolo, possono facilmente essere dilavati e percolare nella acque fluviali e lacustri. Questo comporta non solo una perdita di azoto nel terreno ma anche un inquinamento delle acque, causando il problema dell'eutrofizzazione.

Si può asserire che il vero ruolo della nitrificazione nel suolo sia una perdita netta di azoto per le colture. Il valore dei nitrati come fertilizzanti chiaramente dipende dalla velocità con la quale viene assimilato dalle piante rispetto alla velocità con la quale viene sottoposto ad altre trasformazioni. Si stima che circa un terzo dell'azoto usato come fertilizzante venga perso dai suoli sia per percolazione che per denitrificazione.

I principali fattori che condizionano la nitrificazione nel suolo sono la concentrazione di ammonio, di anidride carbonica, di ossigeno, il pH e la temperatura. Quando i valori di questi parametri non sono ottimali la nitrificazione rallenta fino a fermarsi completamente. La nitrificazione nel suolo avviene più rapidamente dell'ammonificazione e quindi essa è fortemente condizionata dalla disponibilità di substrato.

Inibizione della nitrificazione nel suolo

La ragione primaria di ridurre la nitrificazione nei suoli coltivati è quella di ridurre le perdite di azoto per percolazione o per denitrifica-

zione. Altri possibili benefici includono una minor concentrazione di ioni nitrici nei vegetali coltivati. Riducendo le perdite di azoto si dovrebbe in teoria aumentare l'efficacia della fertilizzazione azotata e ridurre gli effetti ambientali negativi (riduzione di emissione di N_2O nell'atmosfera e della contaminazione delle acque con nitrati). Comunque, considerando l'importanza dello ione nitrico, come precursore dei pathways che determinano le maggiori perdite in azoto, l'inibizione della nitrificazione risulta essere l'approccio più realistico per controllare il ciclo dell'azoto nel suolo (Hauck, 1983).

Poiché lo ione ammonio è meno soggetto a perdite per dilavamento, ritardando la trasformazione dell'azoto ammoniacale ad azoto nitrico, con una inibizione selettiva dell'attività enzimatica dei batteri nitrificanti, si possono ridurre le perdite di azoto per lisciviazione e per denitrificazione.

Molti pesticidi e composti chimici si sono dimostrati attivi nell'inibire la nitrificazione. I nitriti raramente si accumulano nel suolo, il che significa che l'ossidazione dell'ammonio è la fase che condiziona la velocità di reazione della nitrificazione. Non sorprende infatti che la maggior parte degli inibitori in commercio inibiscano selettivamente questa prima fase della nitrificazione. La nitropirina è stato uno dei primi prodotti utilizzati commercialmente sia per incrementare l'efficacia delle concimazioni azotate, sia per distinguere la nitrificazione autotrofa da quella eterotrofa.

AD AZIONE FISICO-CHIMICA

1. Fertilizzanti a lento rilascio

- concimi organici
- concimi organo-minerali
- fertilizzanti polimerici di sintesi

2. Fertilizzanti a cessione controllata

- concimi di tipo ureico, NPK, elementi nutritivi+micro elementi
- A: ricoperti da uno strato di zolfo;
- B: ricopertura di tipo polimerico (organico-ceroso)

AD AZIONE ENZIMATICA

Agiscono direttamente sull'attività enzimatica ammonificante, nitrificante o ureasica dei microrganismi del suolo:

- nitropirina
- diciandiamide
- triosolfato di ammonio
- acetilene

Tavola 1. Sistemi per ritardare o inibire la nitrificazione nel suolo

Nella tavola 1 sono riportati schematicamente i principali sistemi fino ad oggi adottati per rallentare o inibire la nitrificazione nel suolo.

Molti potenziali inibitori della nitrificazione sono stati saggiati nel suolo e in colture liquide. Uno dei principali target per l'inibizione della nitrificazione è l'enzima ammonio mono-ossigenasi che catalizza la trasformazione dello ione ammonio in idrossilammina ed ha come costituente un gruppo metallico (Hooper, 1978). Uno degli inibitori specifici

di questa reazione è la nitropirina. Essa infatti si chela con i componenti rameici dell'enzima ammonio mono-ossigenasi.

In particolare si sono riscontrati effetti molto positivi degli inibitori della nitrificazione (nitropirina) con applicazioni autunnali su alcune graminacee (grano, mais), in terreni sabbiosi con irrigazione, in terreni con scarse lavorazioni, e quando vengono impiegate concimazioni con deiezioni zootecniche o con fanghi.

Resta comunque complessa una reale valutazione dell'efficacia di questi sistemi nel suolo; infatti la biomassa microbica, la sostanza organica umificata, il pH, le condizioni climatiche e l'umidità rendono il sistema suolo estremamente variabile e difficile da analizzare (Prosser, 1986; Trinchera e Benedetti, 2000).

Bibliografia

- ALEXANDER, M. (1977). Introduction to soil microbiology. *J. Wiley*, New York.
- CUTLER D.W. and MUKERJI B.K. (1931) Nitrite formation by soil bacteria other than *Nitrosomonas*. *Proc. R. Soc. Lond.*, Ser. B 108, 384-394.
- DOXTADER K.G. and ALEXANDER M. (1966) Nitrification by heterotrophic soil microorganisms. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 30, 351-355.
- HAUCK R.D. (1983) Agronomic and technological approaches to minimizing gaseous nitrogen losses from croplands. In "*Gaseous Loss of Nitrogen from Plant-Soil System*". Freney J.R. and Simpson, J.R. (eds) Martinus Nijhoff W. Junk, The Hague, pp.285-312.
- HOOPER A.B. (1978) Nitrogen oxidation and electron transport in ammonia-oxidising bacteria. in *Microbiology-1978*. Shlessinger D. (ed), American Society for Microbiology, Washington, 299-304.
- KILLHAM K. (1986) A new perfusion system for the measurement and characterization of potential rates of soil nitrification. *Plant and Soil*.
- NELSON D.H. (1929) The isolation of some nitrifying organisms. *Iowa State Coll. J. Sci.* 3, 113-175.
- ODU C.T.I. and ADEOYE K.B. (1970) Heterotrophic nitrification in soil - a preliminary investigation. *Soil Biol. Biochem.*, 2, 41-45.
- PROSSER J.I. (1986). Nitrification. *The Soc. Gen. Microbiol.*, IRL Press vol. 20, Oxford.
- REMACLE J. (1977a) The role of heterotrophic nitrification in acid forest soils - preliminary results. *Ecol. Bull.*, 25, 560-561.
- REMACLE J. (1977b) Microbial transformation of nitrogen in forests. *Oecol. Planatarium*, 7, 69-78.
- SCHIMEL J.P., FIRESTONE M.K. and KILLHAM K. (1984) Identificaiton of heterotrophic nitrification in a Sierran forest soil. *Appl. Environ. Microbiol.* 48, 802-806.
- SCHMIDT E.L. (1960) Nitrate formation by *Aspergillus flavus* in pure and mixed culture natural environment. *Trans. 7th Int. Congr. Soil. Sci.*, 2, 600-605.
- STUTZER A. and HARTLEB R. (1894) Uber nitrabildung. *Zentralbl. Bakteriol. Parasitenkd. Infektionskr.* 22, 701.
- TRINCHERA A. e BENEDETTI A. (2000) Studio sull'ottimizzazione dei metodi di analisi dei fertilizzanti azotati a lento rilascio ed a rilascio controllato. *Boll. Soc. Ital. Sci. Suolo*, 49, 837-850.
- VERSTRAETE W. (1975) Heterotrophic nitrification in soils and aqueous media - a review. *Bull. Acad. Sci. USSR Biol.* Ser. 4, 515-530.
- VERSTRAETE W. and ALEXANDER M. (1973) Heterotrophic nitrificaiton in samples of natural ecosystems. *Environm. Sci. Technol.*, 7, 39-42.

L'ACCUMULO DEI NITRATI NEGLI ORTAGGI

Vitangelo Magnifico, Angelo Domenico Palumbo

Istituto Sperimentale per l'Orticoltura

Via Cavallegeri, 25 - 84098 Pontecagnano (SA)

Le piante assorbono azoto sotto forma sia di catione ammonio NH_4^+ che di anione nitrato NO_3^- . Comunemente, nei terreni lavorati e ben arieggiati, la forma nitrica è quella principalmente assorbita dalle piante pur potendo contemporaneamente utilizzare la forma ammoniacale. Gli ioni NH_4^+ appena assorbiti vengono utilizzati nella sintesi di amminoacidi e di altri composti contenenti azoto ridotto (purine, pirimidine, alcuni coenzimi, ecc.); gli ioni NO_3^- , invece, dopo l'assorbimento devono essere ridotti prima di essere assimilati. All'interno della pianta i nitrati vengono ridotti a nitriti ad opera dell'enzima citoplasmatico nitrato-riduttasi (NR); i nitriti, a loro volta, vengono ridotti ad NH_4^+ ad opera della nitrito-riduttasi localizzata nei cloroplasti delle foglie e nei proplastidi delle radici.

Mentre la forma ammoniacale non è accumulabile nella pianta perchè tossica, la quota di nitrati non ridotta dall'enzima NR si accumula nei vacuoli cellulari senza danneggiare la pianta andando, invece, a costituire una importante riserva nutrizionale, tanto che la concentrazione di azoto nitrico nei tessuti vegetali ai primi stati di accrescimento delle piante è un indice importante per accertare lo stato di salute della coltura e prevederne l'esito produttivo finale. I nitrati in eccesso contribuiscono a bilanciare le cariche positive degli ioni potassio, sodio, calcio, magnesio, ecc., oltre che a svolgere un'azione osmo-regolatrice per compensare l'eventuale mancanza di componenti organici nei vacuoli. La bassa concentrazione di nitrati nelle piante si manifesta con i sintomi classici della deficienza di azoto.

La forma ammoniacale, invece, non è accumulabile nella pianta perchè tossica. Questa condizione, comunque, si verifica solo nei casi in cui la fonte di azoto unica o preponderante è quella ammoniacale. L'eccesso di assorbimento di ioni ammoniacali si manifesta con sintomi simili a quelli della deficienza di potassio a dimostrazione della elevata competizione fra questi due ioni all'interno delle piante.

Il diverso comportamento delle specie verso l'accumulo dei nitrati è fondamentalmente dovuto al sito di assimilazione e riduzione dei mesimesi; se la nitrato-riduttasi è attiva a livello radicale si avrà trasferimento per via xilematica prevalentemente di composti azotati organici; se invece a livello radicale l'attività della NR è modesta, per la stessa via gli ioni nitra-

ti si accumuleranno nelle parti alte della pianta (steli e foglie). In generale, fiori, frutti e semi sono poveri di nitrati perchè ricevono azoto organico prevalentemente per via floematica che non trasporta forme inorganiche di azoto.

Piante orticole grandi accumulatrici di nitrati sono lattuga, spinacio, sedano, rucola, ravanello, cavolfiore, cavolo broccolo, i diversi tipi di cavoli da foglia, broccoletto di rapa, bietola da orto e da costa; mentre carota, cipolla, patata, fagiolino e batata sono cattive accumulatrici di nitrati.

Dipendendo l'accumulo dei nitrati da fattori genetici, ambientali e colturali è bene tener presente che la classificazione non è del tutto rigorosa. Grande differenza può esserci fra lo stesso organo di specie diverse: le radici di bietola e ravanello accumulano nitrati mentre le radici di carota e patata no o molto poco.

I fattori che influenzano l'accumulo dei nitrati nei tessuti vegetali sono diversi e tutti correlati all'attività della nitrato-riduttasi. Inanzitutto è la presenza di nitrati nel terreno o nel mezzo di coltura che stimola la costituzione e l'attività dell'enzima. Questa è una condizione abbastanza frequente nella coltivazione delle piante orticole, che, in genere, richiedono elevati dosi di fertilizzanti azotati per poter esprimere al meglio quantità e qualità e che al momento della raccolta commerciale sono caratterizzate da stadi fenologici ad elevate velocità di accrescimento e di asportazione di elementi nutritivi.

L'azione della NR è influenzata direttamente dalla luminosità e dalla temperatura che interagiscono fra loro. Al buio e alle basse temperature l'enzima NR perde rapidamente la sua attività; pertanto, a parità di azoto nitrico nel terreno, è comune avere accumulo di nitrati nei tessuti vegetali, in quanto le radici assorbono nitrati che l'enzima non trasforma o trasforma in minor quantità. Nel caso, invece, di alta luminosità e temperatura piuttosto bassa, la concentrazione di nitrati nelle piante risulta modesta. Rapidi abbassamenti di temperatura possono favorire l'accumulo di nitrati in quanto il terreno, raffreddandosi più lentamente dell'atmosfera, consente alle radici di continuare ad assorbire anche quando la NR presente nelle parti epigee delle piante non è più attiva.

I valori di luminosità e di temperatura considerati critici per l'azione della NR non sono ben noti; variano fra le specie e le cultivar e sono molto dipendenti dalla concentrazione dei nitrati nel mezzo di coltivazione. In uno studio su spinacio, ormai considerato classico, alle dosi di 0, 50 e 200 kg ha⁻¹ di N non si verificò accumulo di nitrati, rispettivamente, fino a 15, 10 e 5°C (Cantliffe, 1972c).

I fertilizzanti nitrici favoriscono direttamente l'attività della NR mentre quelli ammoniacali la deprimono almeno fino a quando gli ioni ammoniacali non vengono trasformati nel terreno in ioni nitrati. Degli altri elementi nutritivi quelli che favoriscono direttamente l'accumulo dei nitrati sono: il potassio, il cui eccesso nella pianta richiama ioni nitrati per bilanciare le cariche elettriche; l'azoto, la cui deficienza non consente la formazione di sufficienti sulfidrilici essenziali per l'attività della NR; il molibdeno, che è un componente della NR. Gli altri elementi, intervenendo nel metabolismo generale della pianta, possono determinare accumuli di nitrati in condizione di carenza. Anche in situazioni di stress idrici sono stati osservati accumuli di nitrati nei tessuti vegetali così come avviene negli organi più vecchi della stessa pianta per effetto della ridotta attività enzimatica generale.

In definitiva, l'accumulo dei nitrati nei tessuti vegetali è un fenomeno fisiologico prevedibile essendo strettamente legato al metabolismo dell'azoto nelle piante indipendentemente dalla fonte, che può essere di natura organica o minerale. Si deduce, quindi, che i nitrati sono composti naturali nelle piante che possono accumularsi nei tessuti vegetali anche indipendentemente dalla volontà dell'operatore agricolo, il quale, comunque, è tenuto a conoscere i parametri che possono influenzarne l'accumulo allo scopo di controllarlo e fornire al consumatore o all'industria di trasformazione materiale vegetale nei limiti ammessi per legge.

Nella ormai vasta casistica disponibile, nelle condizioni di temperatura e di luminosità delle maggiori aree orticole italiane, per il basso contenuto di sostanza organica nei terreni nonché per le dosi e i metodi di distribuzione dei fertilizzanti azotati applicati, alla raccolta il contenuto dei nitrati negli ortaggi, e soprattutto in quelli considerati grandi accumulatori come spinacio e lattuga, non risulta mai eccedere i limiti imposti dalla normativa comunitaria n. 194/97. Resta, comunque, l'accortezza di porre particolare attenzione alle produzioni di ortaggi da foglia nei mesi autunnali allorché gli sbalzi di temperatura accompagnati dalla ridotta luminosità possono favorire un maggiore accumulo dei nitrati nella parte edule.

Bibliografia

- CANTLIFFE D.J., 1972 a). Nitrate accumulation in spinach grown under different light intensities. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 97, 152-154.
- CANTLIFFE D.J., 1972 b). Nitrate accumulation in vegetable crops as affected by photoperiod and light duration. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 97, 414-418.
- CANTLIFFE D.J., 1972 c). Nitrate accumulation in spinach grown at different temperatures. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 97,

674-676.

MAGNIFICO V., 1997 - L'accumulo dei nitrati negli ortaggi. *L'Informatore Agrario*, 29, 47-49.

MAYNARD D.N., BARKER A.V., MINTOTI P.L. E PECK NH., 1976. Nitrate accumulation in vegetables. *Adv. Agronomy*, 28, 71-114.

SANTAMARIA P., ELIA A., GONELLA M., SERIO F. E TODARO E., 1997. I fattori che influenzano l'accumulo dei nitrati negli ortaggi. *L'Informatore Agrario*, 40, 117-121.

TECNICHE PER RIDURRE IL CONTENUTO DEI NITRATI NEGLI ORTAGGI

Pietro Santamaria

Dipartimento di Scienze delle Produzioni Vegetali
Università degli Studi, Bari

Dal 15 febbraio 1997 è in vigore il Regolamento della Commissione Europea n. 194/97 (in gran parte confermato dal Regolamento n. 864/99) che fissa i tenori massimi di nitrato ammissibili per la commercializzazione di lattughe e spinaci. I limiti fissati dalla Commissione Europea variano con la stagione, infatti i livelli più alti di nitrato sono previsti per le colture allevate in inverno, e, per la lattuga, anche con l'ambiente di produzione (tab. 1). La Commissione Europea ha emanato questo Regolamento soprattutto per uniformare i limiti già in vigore in alcuni Stati membri, che erano causa di difficoltà commerciali nell'Unione Europea, ma Finlandia, Irlanda, Belgio e Regno Unito hanno usufruito di una deroga per i loro prodotti.

Tabella 1. Livelli massimi di nitrato ammessi dal regolamento n. 864/99 della CE*

Prodotto	Periodo di raccolta	NO ₃
		(mg/kg di prodotto fresco)
Spinacio (fresco)	1° novembre - 31 marzo	3.000
	1° aprile - 31 ottobre	2.500
Spinacio (inscatolato o surgelato)		2.000**
Lattuga (in serra)	1° ottobre - 31 marzo	4.500
	1° aprile - 30 settembre	3.500
Lattuga (in pien'aria)	1° maggio - 31 agosto	2.500

*: il regolamento non si applica agli alimenti destinati ai lattanti e ai bambini

** : valore espresso sul prodotto trasformato

Il Regolamento 194/97 ha recepito le preoccupazioni espresse dalla Commissione scientifica per gli alimenti (SCF) della Commissione europea circa la pericolosità del nitrato per la salute umana (SCF, 1995). Un'alimentazione ricca di nitrato rappresenta un rischio potenziale di metemoglobinemia per i neonati, non tanto per il nitrato in sé quanto piuttosto per la possibile produzione batterica di nitrito, e di formazione di cancro gastrico, per la possibile produzione batterica di composti N-nitroso nello stomaco a partire da nitrito e composti N nitrosabili.

Nel suo ultimo rapporto sulla valutazione tossicologica di nitrito e nitrato, l'Organizzazione Mondiale di Sanità (World Health

Organization – WHO, 1995) ha più che dimezzato la dose giornaliera accettabile (DGA) per il nitrito (NO_2) fissata nel precedente rapporto, portandola a 0,06 mg/kg di peso corporeo (pc), mentre ha confermato la DGA per il nitrato (3,65 mg/kg pc, espresso come NO_3).

In confronto alla attuale DGA di nitrato, l'ingestione di soli 100 g di ortaggi crudi contenenti 2.500 mg di NO_3 per kg di prodotto fresco porta una persona di 60 kg ad assumere 250 mg di NO_3 e ad eccedere la DGA di NO_3 del 12 %. Considerando che nell'uomo il 5 % di NO_3 è trasformato in nitrito (WHO, 1995), la stessa quantità di ortaggi crudi fornirebbe 12,5 mg di NO_2 , superando così la DGA di NO_2 del 250 %.

Tra i vari alimenti, gli ortaggi sono quelli che contribuiscono maggiormente all'assunzione giornaliera di nitrato, poiché ne apportano oltre il 70 % (Santamaria, 1997).

La capacità di accumulare NO_3 è diversa nelle varie specie orticole. Le specie che tendenzialmente accumulano più nitrati sono: rucola, ravanello, bietola da costa e da orto, spinacio, lattuga e sedano (Corrè e Breimer, 1979; Santamaria, 1997). Le parti eduli di ortaggi che trasportano le sostanze nutritive (piccioli, steli, radici) hanno le concentrazioni più alte (Pate, 1973). In generale, frutti e semi sono poveri di NO_3 (Quinche e Dvorak, 1980), perché ricevono azoto organico prevalentemente attraverso il floema, che notoriamente non trasporta forme inorganiche dell'azoto (Pate, 1973). Le concentrazioni di nitrato sono intermedie nelle parti delle piante che hanno meno tessuti xilematici, come le infiorescenze di cavolfiore e le radici di carota.

Tecniche per ridurre il contenuto di nitrati

Di seguito sono discussi i fattori che influenzano il contenuto di nitrato negli ortaggi e, di conseguenza, gli strumenti per ridurre l'accumulo di NO_3 .

Condizioni ambientali

Radiazione solare

La luce, insieme alla concimazione azotata, è il principale fattore che controlla il contenuto di nitrato delle piante, perché influenza sia il ritmo di crescita delle piante sia la riduzione del nitrato (Santamaria *et al.*, 1997).

La concentrazione di nitrato degli ortaggi è bassa durante l'estate, ma alta durante l'inverno (fig. 1). In condizione di ridotta radiazione solare, al di là del ritmo di crescita e della velocità di assimilazione del nitrato, NO_3 può accumularsi nei vacuoli per sostituire i composti organici osmoticamente attivi nella funzione osmoregolatrice (fig. 2). Questa relazione è stata considerata dalla Commissione Europea per stabilire i limiti fissati dal regolamento 194/97 (tab. 1).

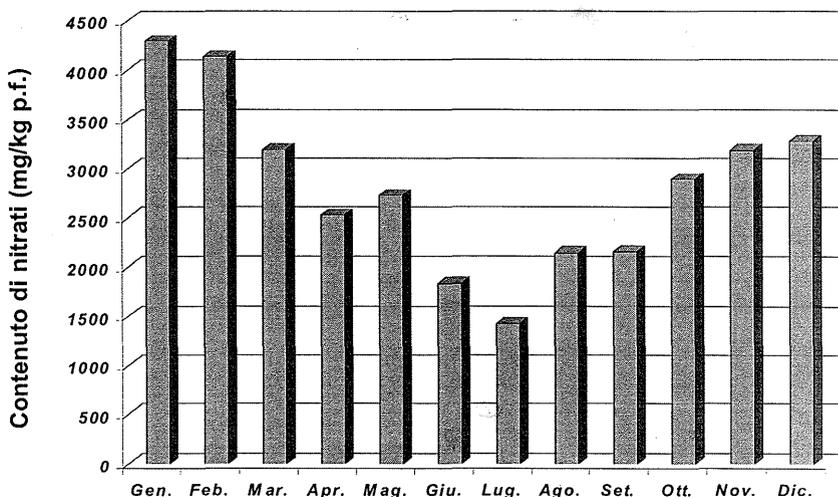


Figura 1. Contenuto di nitrati della lattuga riscontrato in Danimarca nei diversi mesi dal 1993 al 1996 (Petersen e Soltze, 1999).

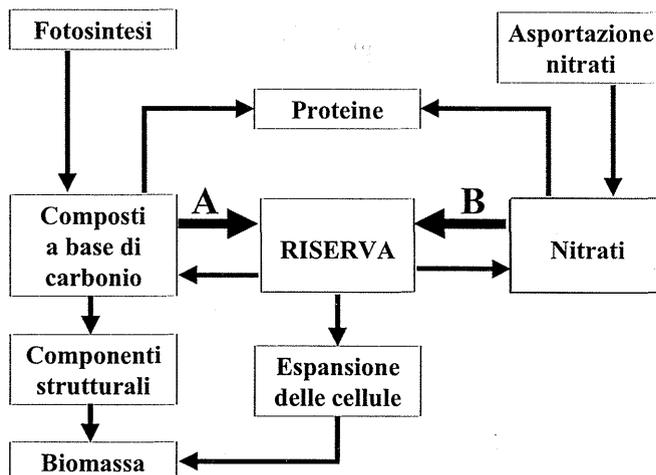


Figura 2. Diagramma di flusso dei composti a base di carbonio e di azoto (da Blom Zandstra, 1989).

I giorni brevi, caratteristici del periodo autunno-vernino, insieme alla bassa radiazione solare, fanno aumentare il contenuto di NO_3 nelle piante (Cantliffe, 1972; Quinche e Dvorak, 1980; van der Boon *et al.*, 1990). Pertanto, per la produzione di ortaggi dietetici a basso contenuto di nitrato, occorrerebbe programmare il ciclo colturale in modo da completarlo in periodi caratterizzati da radiazione solare elevata.

La concentrazione di nitrato varia durante il giorno soprattutto nelle lamine fogliari (è più alta all'alba e più bassa a mezzogiorno), ma meno in piccioli, steli, radici e tuberi. Pertanto, si può consigliare di raccogliere a mezzogiorno, anche se nelle prime ore della giornata i prodotti sono più turgidi e, dopo la raccolta, per la minore temperatura, possono conservarsi più a lungo.

Una notte con "luce bassa" ($35 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ di PPF) prima della raccolta si è dimostrata capace di ridurre la concentrazione di nitrato nello spinacio del 25 %, soprattutto grazie ad una diminuzione della concentrazione nella lamina fogliare, mentre la concentrazione di nitrato nei piccioli non è stata influenzata (Steingrover, 1986). Risultati simili sono stati ottenuti su cima di rapa allevata in camera di crescita e sottoposta per sole 2,5 ore prima del giorno all'irradianza di $130 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ di PPF (Santamaria *et al.*, 1997a). Questi risultati sono causati da una diminuzione dell'asportazione di nitrato, piuttosto che da un aumento dell'assimilazione del nitrato. Infatti, i risultati di Steingrover (1986) hanno dimostrato che la domanda di NO_3 , che ha funzione osmotica nel vacuolo, è ridotta poiché il contenuto di acido malico e carboidrati è più alto nel trattamento a "luce bassa". L'asportazione di nitrato sarebbe inibita da un meccanismo a *feedback* dagli amminoacidi formati nelle lamine fogliari alla fine del periodo notturno a "luce bassa" e trasportati dalle foglie alle radici. Una notte a "luce bassa" immediatamente prima della raccolta è stata suggerita come uno strumento per ridurre il contenuto di nitrato dello spinacio allevato in serra durante i mesi invernali, mentre non sortisce lo stesso effetto sulla lattuga, a causa della difficoltà di penetrazione della luce nel cespo (Steingrover *et al.*, 1993).

La luce favorisce l'attività della nitrato-riduttasi, l'enzima responsabile della riduzione del nitrato a nitrito (questo, a sua volta, viene immediatamente ridotto ad ammonio, che, attraverso varie vie metaboliche, viene assimilato nei composti organici). Così i livelli di nitrato nella lattuga prodotta in Danimarca, Belgio, Germania, Gran Bretagna e Olanda sono simili, ma, per le peggiori condizioni luminose, sono significativamente più alti di quelli della lattuga coltivata in Italia e Spagna (MAFF, 1992). I recenti dati pubblicati da Cerutti *et al.* (1996) e da Santamaria *et al.* (1999b) indicano che il contenuto di nitrato della lattuga è di solito decisamente più bas-

so di quello previsto dal regolamento della Commissione Europea, mentre per lo spinacio sono stati riscontrati valori a volte maggiori (tab. 2).

Tabella 2. Contenuto di nitrati (mg/kg di prodotto fresco) in lattuga e spinacio commercializzati in due città italiane

Ortaggio	Città	Campioni esaminati	NO ₃	
			Intervallo	Media
Lattuga	Milano	23	310 - 2.131	1.065*
	Bari	16	428 - 1.766	832**
Spinacio	Milano	5	1.158 - 4.734	2.716*
	Bari	13	547 - 3.350	1.845**

*: fonte: Cerruti et al., 1996

** : fonte: Santamaria et al., 1999a

Temperatura

L'aumento della temperatura stimola l'assorbimento di NO₃; viceversa, l'abbassamento della temperatura dell'intera pianta o delle sole radici sortisce l'effetto contrario (Behr e Wiebe, 1992; Lainè *et al.*, 1993; Malorgio *et al.*, 1995). Durante l'autunno e la primavera le condizioni climatiche possono essere tali da avere radiazione solare bassa ma temperatura alta; questo può provocare l'aumento del contenuto di nitrato nei prodotti. Invece, in estate, anche se le temperature sono elevate, il contenuto di nitrato delle piante è più basso in confronto all'inverno grazie all'elevata radiazione globale.

Concimazione azotata

Dosi di azoto

La concimazione azotata, aumentando la disponibilità di N nel mezzo di coltura, determina l'incremento di NO₃ nella pianta (fig. 3).

Nella pratica agronomica è preferibile distribuire l'N in almeno due momenti, valutando attentamente l'epoca di distribuzione del concime sulla base della disponibilità nel mezzo di coltura e del ritmo di asportazione dell'elemento minerale da parte della specie (Magnifico, 1987). Questo accorgimento riduce le perdite di N dal terreno e l'accumulo di NO₃ nella pianta, aumentando in definitiva l'efficienza d'uso di N.

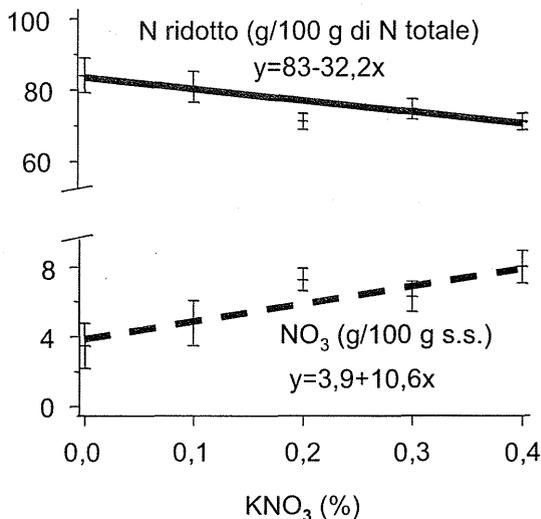


Figura 3. Relazione tra azoto ridotto, contenuto di nitrati della rucola e KNO₃ distribuito con la fertirrigazione (Santamaria et al., 1999).

Nella pianificazione della concimazione azotata risulta fondamentale la conoscenza della disponibilità di N nel terreno. Per questo, all'inizio della coltivazione, si calcola l'azoto inorganico disponibile per la pianta nello strato di terreno interessato dalla coltura. Le colture a ciclo lungo, come cavoli e cavolfiore, possono esplorare il terreno fino ad una profondità di 90 cm. La patata esplora fino a 60 cm di terreno, mentre un numero rilevante di colture a ciclo breve interessano soltanto i primi 30 cm di terreno (gli esempi più importanti sono quelli di lattuga e spinacio). La quantità di N da distribuire con la concimazione sarà uguale alla differenza tra l'N richiesto dalla coltura per ottenere il valore di produzione prefissato e l'azoto inorganico presente nello strato di terreno esplorato dalle radici.

Nei terreni interessati dalle colture orticole generalmente la velocità di mineralizzazione netta è alta poiché anche il contenuto di sostanza organica è alto. Inoltre l'N è reso disponibile dalla decomposizione dei residui colturali, che sono completamente mineralizzati in poche settimane dopo l'incorporazione nel terreno. La quantità di N nei residui colturali varia notevolmente tra le specie. I residui di lattuga contengono solo 20-30 kg/ha di N, mentre le brassicacee possono lasciare fino a 150 kg/ha di N. La quantità di N contenuta nei residui colturali dovrebbe essere considerata disponibile per le colture come N inorganico del terreno.

Per evitare la distribuzione di dosi elevate di N e favorire così l'accumulo di nitrato nei prodotti occorre considerare anche la rotazione colturale. Per esempio, colture che richiedono valori bassi di N, come la lattuga, non dovrebbero essere impiantate dopo una coltura, come il cavolfiore, che lascia elevate quantità di N nei residui colturali.

Agricoltura biologica

La concimazione organica, in specie quella letamica, riduce, in genere, l'accumulo di NO_3 , fornendo produzioni più o meno equivalenti a quelle dei fertilizzanti minerali (Termine *et al.*, 1987).

Generalmente, nei sistemi di produzione biologica gli apporti di N sono inferiori rispetto all'agricoltura tradizionale. Questo garantisce l'ottenimento di prodotti con contenuto di nitrato più basso. Occorre considerare però che quando si ricorre all'interramento di residui colturali, quali, ad esempio, quelli di una leguminosa, l'apporto di N organico prontamente mineralizzabile può raggiungere anche 100-300 kg/ha; pertanto è buona norma far seguire nella rotazione alla leguminosa un ortaggio ad elevata richiesta di N, onde evitare disponibilità eccessive di N. Al di là della quantità di N messa a disposizione delle colture biologiche, bisogna prendere atto che spesso in questo tipo di sistema di produzione si impiegano fonti di N a pronto effetto e con titolo in N piuttosto elevato, come ad esempio il sangue secco. In tali condizioni la risposta della coltura in termini di asportazione è rapida, e può portare ad accumuli di nitrato soprattutto in condizioni di bassa radiazione solare e/o elevata temperatura.

Forma chimica dell'N

L'esclusiva o prevalente disponibilità di N in forma nitrica favorisce l'accumulo di NO_3 , al di là della dose e delle modalità di distribuzione del concime.

L'uso di concimi contenenti NH_4 o una miscela di NO_3 e NH_4 può ridurre il contenuto di NO_3 nelle piante. Diversamente da NO_3 , NH_4 non richiede riduzione chimica (consente perciò il risparmio dell'energia richiesta per ridurre la forma di N ossidata), non può essere accumulato, perché è tossico, ma deve essere "incorporato" in composti azotati non dannosi e utili (amminoacidi e ammidi) per la formazione di materiale ve-

getale (Salsac *et al.*, 1987).

Il grado di preferenza ed efficacia di ciascuna forma azotata è legato alla specie, all'età della pianta, alle condizioni ambientali (principalmente al pH), al rapporto tra le due forme chimiche dell'N e alla concentrazione degli altri elementi nutritivi presenti nel mezzo di crescita.

In una prova condotta su otto ortaggi da foglia allevati in idrocoltura con tre rapporti molari tra NH_4 e NO_3 (100:0, 50:50 e 0:100), è stato osservato che le Asteraceae, soprattutto la lattuga, preferiscono asportare N- NH_4 piuttosto che N- NO_3 dalla soluzione nutritiva contenente entrambe le forme chimiche dell'azoto. Lattuga, scarola e rucola (Santamaria *et al.*, 1998) hanno fornito risultati migliori quando l'N è stato somministrato in forma mista; cicoria catalogna, sedano e finocchio non sono stati influenzati dalla forma chimica dell'N (Santamaria *et al.*, 1999a); rucola, bietola da coste e radicchio hanno mostrato gli effetti tipici della tossicità da ammonio (necrosi radicale, appassimento precoce dei cotiledoni, crescita stentata) quando sono stati allevati col 100 % di N- NH_4 (Santamaria *et al.*, 2000b).

In termini di contenuto di nitrato delle foglie, dalla prova suddetta è emerso che la forma mista non si è differenziata statisticamente da quella contenente N in forma esclusivamente nitrica solo per la rucola e la bietola da coste (Santamaria *et al.*, 1998; 1999a), mentre per le altre specie il contenuto di nitrato è aumentato con l'aumentare della percentuale di N- NO_3 nella soluzione nutritiva. In ogni caso, con l'azoto in forma esclusivamente ammoniacale è stato possibile ottenere foglie di cicoria, sedano e finocchio con concentrazioni molto basse di nitrati (Santamaria *et al.*, 1998; Santamaria *et al.*, 1999a).

Riassumendo l'insieme delle esperienze condotte, è possibile ordinare le specie orticole esaminate rispetto al grado di capacità di utilizzare NH_4 . Passando dalla capacità maggiore a quella minore, le specie possono essere ordinate come segue: indivia, cicoria, finocchio, sedano, scarola, lattuga, patata, adicchio, peperone, carciofo, rucola, pomodoro, bietola e spinacio.

In condizioni normali, l'ammonio (e l'urea) sono convertiti a nitrato nel terreno dando gli stessi risultati dei fertilizzanti nitrici. Però la nitrificazione può essere bloccata dagli inibitori della nitrificazione come la nitropirina (N-serve) o la diciandiamide (DCD). Generalmente, l'impiego di fertilizzanti a base di ammonio e di inibitori della nitrificazione porta alla diminuzione del contenuto di nitrati negli ortaggi, ma anche alla diminuzione delle produzioni (Slangen e Kerkhoff, 1984), poiché per una crescita ottimale è necessaria la presenza come osmoregolatore del nitrato. Per prevenire gli effetti negativi della nutrizione ammoniacale, può essere distribuita solo una

parte dell'azoto in forma ammoniacale, combinata con un inibitore della nitrificazione, e l'altra in forma nitrica. Questo approccio riduce la concentrazione del nitrato nelle piante senza perdite di produzione.

In una recente esperienza in serra, McCall e Willumsen (1998) hanno dimostrato che, a parità di N distribuito e di produzione ottenuta, il contenuto di nitrato della lattuga può essere ridotto utilizzando, al posto di NO_3 , NH_4 e Cl. Un risultato migliore si ottiene aggiungendo DCD all' NH_4 , perché si evita la nitrificazione.

Cloro

In molte specie il nitrato svolge un importante ruolo come ione osmoticamente attivo. In questa funzione non specifica il nitrato può essere sostituito parzialmente dal cloro. Pertanto, la fertilizzazione con cloro può portare ad una riduzione fino al 50 % della concentrazione di nitrato nella pianta (McCall e Willumsen, 1998), e ad una riduzione anche del fabbisogno di N. D'altra parte eccessi di cloro possono provocare riduzioni di produzione. McCall e Willumsen (1998) hanno dimostrato che la funzione osmotica del nitrato è sostituita dagli zuccheri (fig. 2), quando nel terreno non è disponibile il cloro e il nitrato è distribuito in quantità ridotta, mentre, in presenza di cloro, il cloro sostituisce completamente il nitrato come osmoregolatore, quando nel terreno il nitrato è sostituito dall'ammonio applicato.

Colture senza suolo

Tutti i sistemi di allevamento senza suolo si basano sull'impiego di una soluzione nutritiva che può essere controllata sia a livello della sua composizione minerale sia in termini di variabili irrigue. Nelle colture senza suolo è possibile ottenere ortaggi con contenuto di nitrati basso coltivando le piante con il rapporto ottimale tra ammonio e nitrato (Santamaria e Elia, 1997; Santamaria *et al.*, 1998a), aggiungendo cloro (Van der Boon *et al.*, 1990) o sottraendo il nitrato dalla soluzione nutritiva in prossimità della raccolta. Quest'ultimo approccio consente di diminuire in modo significativo la concentrazione di nitrato, ad esempio, nella rucola (tab. 3) o nella lattuga (Santamaria *et al.*, 2000a), senza ridurre le produzioni. L'effetto della modificazione della soluzione nutritiva per pochi giorni può risultare meno efficace durante l'inverno, quando l'insufficiente radiazione solare limita sia il

ritmo di crescita della pianta sia il ritmo di riduzione del nitrato e quindi il metabolismo del nitrato nei vacuoli. In queste condizioni l'utilizzazione di cloro potrebbe essere più efficace.

Tabella 3. Produzione commerciabile, sostanza secca e contenuto di nitrati della rucola 49 e 58 giorni dopo la semina, rispettivamente, 2 (su vermiculite) e 3 (su perlite) giorni dopo la sostituzione della soluzione nutritiva con acqua (Santamaria *et al.*, 2000b).

Età delle piante (giorni dalla semina)	Trattamento	Produzione (kg/m ²)	Sostanza secca (g/kg fresco)	NO ₃ (mg/kg fresco)
49	Soluzione	2,2	89	5.140
	Acqua per 2 gg.	2,1	94	2.572
	Significatività (P)	n.s.	< 0,05	< 0,001
58	Soluzione	3,1	93	4.698
	Acqua per 3 gg.	3,1	91	2.997
	Significatività (P)	n.s.	n.s.	< 0,05

Preparazioni culinarie

Per ridurre il contenuto di nitrato dello spinacio, della rucola o della bietola da coste si possono eliminare dalle foglie i piccioli (Santamaria, 1997), che contengono fino a 10 volte di più di nitrato rispetto alle lamine fogliari. E' possibile contenere ulteriormente il tenore di nitrati alla raccolta eliminando le foglie più esterne (più vecchie) della parte edule (Mayard e Barker, 1979).

L'operazione di cottura degli ortaggi porta ad una drastica riduzione del contenuto di nitrato (Mergnat *et al.*, 1994), purché dopo questa operazione non si consumi l'acqua di cottura all'interno della quale, dopo la rottura delle membrane cellulari e dei tonoplasti, si trasferiscono i nitrati.

Conclusioni

Produrre ortaggi con basso contenuto di nitrato è possibile, soprattutto nelle regioni caratterizzate da maggiore disponibilità di radiazione solare.

Un basso contenuto di nitrato rappresenta un valore aggiunto per la produzione.

Dal punto di vista agronomico è possibile ridurre il contenuto di nitrato soprattutto mediante la razionalizzazione della concimazione azotata.

Al fine di ottenere prodotti dietetici occorre mettere in conto la possibilità che si verifichi una diminuzione di produzione.

Anche il consumatore può ridurre l'assunzione di nitrato asportando le porzioni delle parti eduli che sono più ricche di nitrato.

Bibliografia

- BEHR U., WIEBE H.J., 1992. Relation between photosynthesis and nitrate content of lettuce cultivars. *Scientia Horticulturae*, 49, 175-179.
- BLOM-ZANDSTRA, M., 1989. Nitrate accumulation in vegetables and its relationship to quality. *Ann. Appl. Biol.*, 115, 553-561.
- CANTLIFFE D.J., 1972. Nitrate accumulation in vegetable crops as affected by photoperiod and light duration. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 97, 414-418.
- CERUTTI G., BERTOLÉ S., CASARTELLI A., D'AMATO A., 1996. Nitrati e nitriti in ortaggi e aromatizzanti vegetali del commercio. *La difesa delle piante*, 19, 35-40.
- CORRÉ W.J., BREIMER T., 1979. Nitrate and nitrite in vegetables. *Pudoc, Wageningen*, 85
- LAINÉ P., OURRY A., MACDUFF J., BOUCAUD J., SALETTE J., 1993. Kinetic parameters of nitrate uptake by different catch crop species: effects of low temperatures or previous nitrate starvation. *Physiol. Plant.*, 88, 85-92.
- MAFF (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food), 1992. Nitrate, nitrite and N-nitroso compounds in food: second report. *Food surveillance paper N. 32* (London: HMSO).
- MAGNIFICO V., 1987. La fertilizzazione delle colture orticole in funzione dei ritmi di accrescimento e di asportazione dei principali elementi nutritivi. *Culture Protette*, 16 (3), 71-79.
- MALORGIO F., PARDOSSI A., CASAROTTI D., TOGNONI F., 1995. Contenuto di nitrati nella lattuga coltivata in NFT. *Culture Protette*, 24 (7/8), 67-70.
- MAYNARD D.N., BARKER A.V., 1979. Regulation of nitrate accumulation in vegetables. *Acta Horticulturae*, 93, 153-162.
- MCCALL D., WILLUMSEN J., 1998. Effects of nitrate, ammonium and chloride application on yield and nitrate content of soil-grown lettuce. *J. Hortic. Sci Biotech.*, 73, 698-703.
- MERGNAT T., FRITSCH P., FERRANDES B., SAINT-BLANQUAT G., 1994. Influence du blanchiment et du séchage sur les teneurs en nitrates et nitrites de quelques légumes. *Ind. Alim. Agric.*, 111, 321-325.
- PATE J.S., 1973. Uptake, assimilation and transport of nitrogen compounds by plants. *Soil Biol. Biochem.*, 5, 109-119.
- PETERSEN A., SOLTZE S., 1999. Nitrate and nitrite in vegetables on the Danish market: content and intake. *Food Addit. Contam.*, 16, 291-299.
- QUINCHE J.P., DVORAK V., 1980. Le dosage des nitrates dans les légumes, les plantes condimentaires et les terres pour ionométric et par chromatographic gaz-liquide. *Rev. Suisse Vit. Arb. Hort.*, 12 (1), 7-19.
- SALSAC L., CHAILLOU S., MOROT-GAUDRY J.F., LESAINTE C., JOLIVET E., 1987. Nitrate and ammonium nutrition in plants. *Plant Physiol. Biochem.*, 25, 805-812.
- SANTAMARIA P., 1997. Contributo degli ortaggi all'assunzione giornaliera di nitrato, nitrito e nitrosammina. *Ind. Alim.*, 36, 1329-1334.
- SANTAMARIA P., ELIA A., 1997. Producing nitrate free endive heads. Effect of nitrogen form on growth, yield and ion composition of endive. *J. Amer. Hort. Sci.*, 122, 140-145.
- SANTAMARIA P., ELIA A., GONNELLA M., PARENTE A., SERIO F., 1999. Accumulo di nitrati e produzione della rucola. *Informatore agrario*, 55 (15), 99-103.

- SANTAMARIA, P., ELIA, A., GONNELLA, M., SERIO, F., TODARO, E., 1997. I fattori che influenzano l'accumulo dei nitrati negli ortaggi. *Informatore Agrario*, 53 (40), 117-121.
- SANTAMARIA P., ELIA A., MAGNIFICO V., GONNELLA M., 1997a. Diurnal variation of nitrate accumulation in broccoli rab leaves. *Agricoltura Mediterranea*, 127, 233-240.
- SANTAMARIA P., ELIA A., PAPA G., SERIO F., 1998. Nitrate and ammonium nutrition in chicory and rocket salad plants. *J. Plant Nutr.*, 21:1779-1789.
- SANTAMARIA P., ELIA A., PARENTE A., SERIO F., 1998a. Fertilization strategies for lowering nitrate content in leafy vegetables. Chicory and rocket salad cases. *J. Plant Nutr.*, 21:1791-1803.
- SANTAMARIA P., ELIA A., SERIO F., 2000. Nutrizione nitrica e ammoniacale di otto ortaggi. *Workshop "Risultati del primo anno di attività del Piano Nazionale di ricerca per l'Orticoltura"*. V Giornate Scientifiche SOI, Sirmione (BS) 2000, 62-63.
- SANTAMARIA P., ELIA A., SERIO F., GONNELLA M., PARENTE A., 1999a. Comparison between nitrate and ammonium nutrition in fennel, celery, and swiss card. *J. Plant Nutr.*, 22:1091-1106.
- SANTAMARIA P., ELIA A., SERIO F., TODARO E., 1999b. A survey of nitrate and oxalate content in retail fresh vegetables. *J. Sci. Food Agric.*, 79, 1882-1888.
- SANTAMARIA P., GENEROSO L., GONNELLA M., ELIA A., 2000a. Produzione e contenuto di nitrati di cultivar di lattuga. *Culture protette*, 29 (12), 71-77.
- SANTAMARIA P., PARENTE A., SERIO F., 2000b. Un modo semplice per ridurre l'accumulo dei nitrati nella rucola. *V Giornate Scientifiche SOI*, Sirmione (BS) 2000, 257-258.
- SCF, 1995. Opinion on Nitrate and Nitrite, espressa il 22 Settembre 1995. Allegato 4 al Documento III/5611/95.
- SLANGEN J.H.G., KERKHOFF P., 1984. Nitrification inhibitors in agriculture and horticulture: a literature review. *Fertil. Res.*, 5, 1-76.
- STEINGRÖVER E., 1986. Nitrate accumulation in spinach: uptake and reduction of nitrate during a dark or a 'low light' night period. *Plant Soil*, 91, 429-432.
- STEINGRÖVER E.G., STEENHUIZEN J. W., VAN DER BOON J., 1993. Effects of low light intensities at night on nitrate accumulation in lettuce grown on a recirculating nutrient solution. *Neth. J. Agric. Sci.*, 41, 13-21.
- TERMINE E., LAIRON D., TAUPIER-LETAGE B., GAUTIER S., LAFONT R., LAFONT H., 1987. Yield and content in nitrates, minerals and ascorbic acid of leeks and turnips grown under mineral or organic nitrogen fertilization. *Plant Food for Hum. Nutr.*, 37, 321-332.
- VAN DER BOON J., STEENHUIZEN J. W., STEINGRÖVER E.G., 1990. Growth and nitrate concentration of lettuce as affected by total nitrogen and chloride concentration, NH₄/NO₃ ratio and temperature of the recirculating nutrient solution. *J. Hort. Sci.*, 65, 309-321.
- WHO, 1995. Toxicological evaluation of certain food additives and contaminants in food. Prepared by the forty-fourth report of the joint FAO/WHO experts committee on food additives. Nitrite, 269-323. Nitrate, 325-360.

LA CONCIMAZIONE AZOTATA

Sergio Miele ¹, L. Foschi ²

¹ Dipartimento di Agronomia e Gestione dell'Agroecosistema, Università di Pisa
Via San Michele degli Scalzi, 2 - 56124 Pisa

² Scuola Superiore di Studi Universitari e di Perfezionamento Sant'Anna
Via Carducci, 40 - 56127 Pisa

Riassunto

Dopo un breve esame dell'andamento dei consumi dei fertilizzanti azotati, sono presi in considerazione gli effetti che su questi hanno avuto la dinamica delle superfici e delle rese delle principali colture e l'adozione delle misure agro-ambientali.

Sono passati in rassegna i fenomeni che contribuiscono a ridurre l'efficienza agronomica dell'azoto applicato alle colture e le strategie operative volte, per contro, a migliorare tale efficienza: (a) corretto dosaggio e tempistica degli interventi; (b) adozione di metodiche di applicazione "mirate" alla pianta; (c) uso di formulati fertilizzanti innovativi. Il tutto con particolare riferimento alla coltura più estesamente coltivata, il frumento.

Viene infine rapidamente riassunta l'attività di ricerca svolta dal D.A.G.A. dell'Università di Pisa nei settori della "localizzazione multipla" e della messa a punto di nuovi fertilizzanti azotati, che dovranno trovare opportuna collocazione sia nella tecnica agronomica ordinaria che nella normativa vigente.

Summary

Nitrogen fertilizer consumption, as affected by trends in major crop areas and yields, and regional agro-environmental regulations, is briefly examined.

The causes reducing agronomic efficiency of Nitrogen fertilizers applied to crops are discussed: (a) correct dose and timing of application; (b) application methods targeted to the plant; (c) use of innovative fertilizer formulations. Reference to the most diffuse crop, wheat, is frequently made.

The research activity of the D.A.G.A. of the University of Pisa is summarized in relation to the so-called "multiple plant localization" application techniques and the development of new Nitrogen fertilizers, which are presently investigated to find their place both in the ordinary agronomic technique and in the fertilizer law.

L'impiego di concimi azotati a livello mondiale è in continua crescita, nonostante si sia assistito, dalla fine degli anni '80, ad un tasso di incremento minore rispetto ai decenni precedenti; al riguardo, il contributo maggiore viene dato dalla crescita d'uso dei fertilizzanti nei paesi in via di sviluppo (Figura 1).

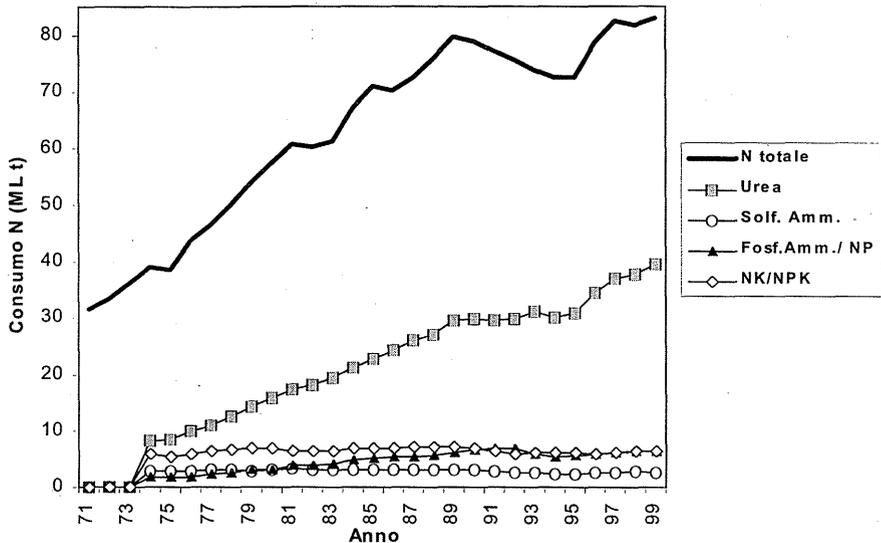


Figura 1. MONDO: Andamento del consumo dei concimi azotati (Fonte: IFA)

Di contro, in Europa e in Italia, si è assistito ad una continua riduzione del consumo di concimi azotati nell'ultimo decennio (Figure 2 e 3), dovuto, in parte, all'importante ruolo che hanno svolto le misure agroambientali nel pilotare le scelte degli agricoltori dal 1992 in poi. A fronte di ciò, sia in Europa che in Italia, sorprende il progressivo incremento delle rese unitarie delle principali colture, soprattutto dei cereali, che da sempre costituiscono il principale obiettivo del mercato dell'azoto (Figure 4 e 5); in particolare, è interessante evidenziare come specie caratterizzate da un rapporto molto diverso con l'elemento azoto come il mais, che risente particolarmente di laute concimazioni azotate, e la barbabietola da zucchero, che richiede, per contro, una particolare attenzione al corretto dosaggio di tale elemento, presentino comunque un andamento crescente delle produzioni. Quanto sopra lascia intendere che si sta progressivamente pervenendo ad una maggiore efficienza delle concimazioni azotate, a tutto vantaggio del R.O.I. (*Return On Investment*) di questo mezzo tecnico e della riduzione dell'impatto ambientale, indipendentemente dai positivi effetti che, nel tempo, hanno determinato, sulla produzione vegetale, il miglioramento genetico, l'affi-

namento delle tecniche colturali, con particolare riferimento alla concimazione azotata, e, ove possibile, il riposizionamento dell'attività agricola su terreni contraddistinti da maggiori livelli di fertilità. Il tutto senza entrare nel merito della potenziale influenza che sulla produzione vegetale può avere avuto l'aumento della concentrazione di CO₂ nell'atmosfera.

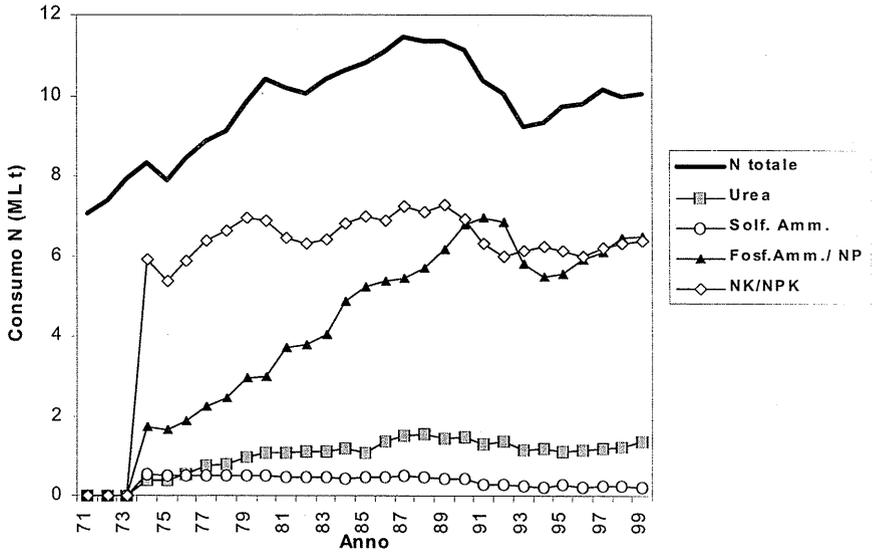


Figura 2. EUROPA: Andamento del consumo dei concimi azotati (Fonte: IFA)

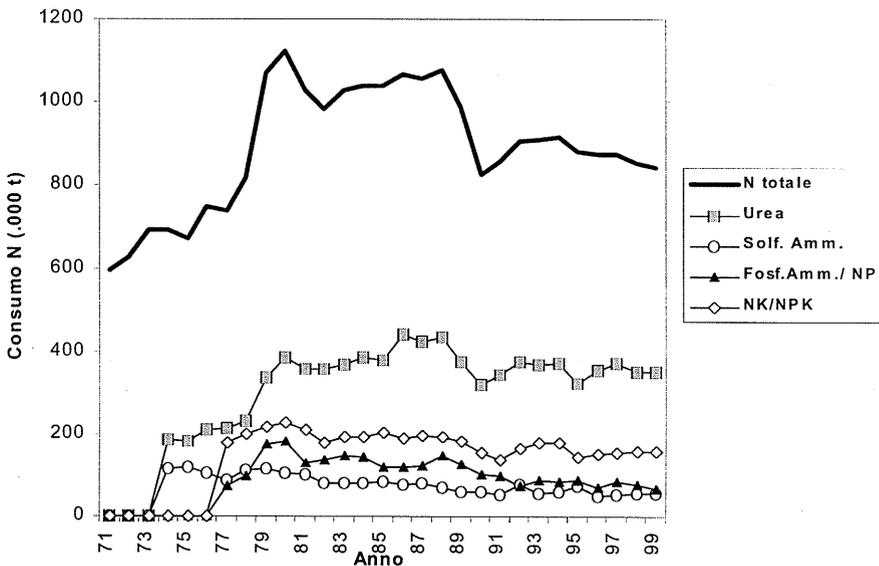


Figura 3. ITALIA: Andamento del consumo dei concimi azotati (Fonte: IFA)

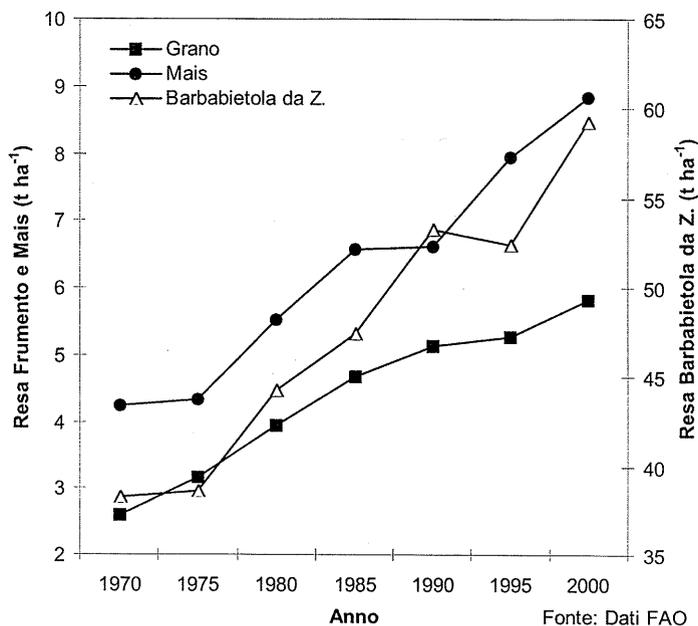


Figura 4. EUROPA: Andamento della Resa unitaria di Frumento, Mais e Barbabetola da zucchero

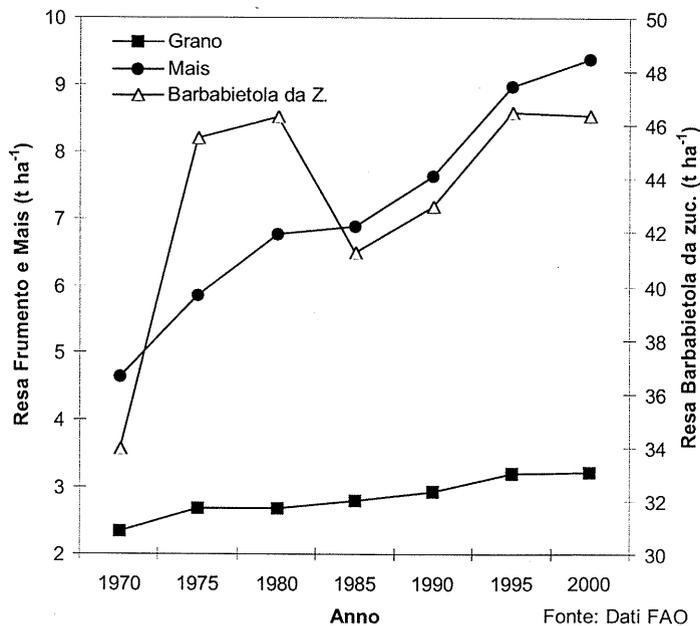


Figura 5. ITALIA: Andamento della Resa unitaria di Frumento, Mais e Barbabetola da zucchero

Il quadro, però, è probabilmente più complesso, causa l'interazione di altri fattori, tra cui la difficoltà a precisare in quale misura si è effettivamente verificata una sostituzione tra azoto di sintesi ed N derivato dal riciclaggio delle biomasse, un problema che può assumere contorni inquietanti quando il concetto positivo, di riciclaggio appunto, viene confuso con quello di smaltimento diffuso. Preoccupante è poi il fatto che sia proprio il settore dell'agricoltura biologica quello che, più di ogni altro, è esposto ai rischi associati alla presenza di inquinanti di varia natura nei materiali usati come fonte naturale di azoto ed altri nutritivi.

Tabella 1. Destino dell'azoto somministrato mediante le concimazioni (CEA, IFA, IPI, 1983)

Processo	% dell'azoto nel fertilizzante
Assorbimento da parte della coltura nell'anno di applicazione	25 - 70
Lisciviazione nell'anno di applicazione	0 - 300
Immobilizzazione della s. o. e successivamente mineralizzazione	0 - 30
Volatilizzazione come ammoniaca	0 - 40
Denitrificazione	0 - 30

In riferimento ai concimi azotati di sintesi, i maggiori problemi di compatibilità ambientale si determinano soprattutto in conseguenza della bassa efficienza d'uso dell'elemento (Tabella 1). Infatti, solo una quota che oscilla tra il 25 e 70% dell'azoto distribuito viene effettivamente assorbita dalla coltura durante l'anno di applicazione. In Italia si stima che in media tale percentuale si attesti su valori intorno al 50%. Nell'ambito del sistema pianta/suolo, quando la disponibilità del nutriente nel terreno eccede la capacità di assorbimento della pianta, in concomitanza a particolari fattori di natura ambientale ed agronomica, subentrano vari fenomeni, quali: trasformazioni indotte da microrganismi (nitrificazione, denitrificazione, immobilizzazione, etc.), processi chimici (scambio, fissazione, precipitazione, idrolisi, ecc.) e fisici (lisciviazione, volatilizzazione) che tendono a ridurre la disponibilità dell'elemento azoto (Finck A., 1992). Uno studio condotto da Broadbent su mais nel 1977 (Figura 6) evidenzia come le perdite di azoto per lisciviazione subiscano un brusco incremento, in corrispondenza della distribuzione di dosi superiori a quelle necessarie per il raggiungimento dei livelli massimi di resa colturale e di accumulo di azoto nella granella; quando l'efficienza d'uso del fertilizzante tende a decrescere, quindi, l'azoto non assorbito dalla pianta può andare incontro a tutti quei fenomeni sopraccitati che tendono a ridurre la disponibilità. Tra questi, le perdite per lisciviazione assumono un'importanza decisiva, in considerazione del forte rischio ambientale cui danno luogo. La corretta identificazione dei menzionati fenomeni di perdita consente di intra-

prendere opportune misure, volte a ridurre l'incidenza o la durata. Tali strategie operative sono essenzialmente riconducibili a:

- corretto dosaggio e tempistica degli interventi;
- adozione di metodiche di applicazione "mirate" alla pianta;
- uso di formulati fertilizzanti innovativi.

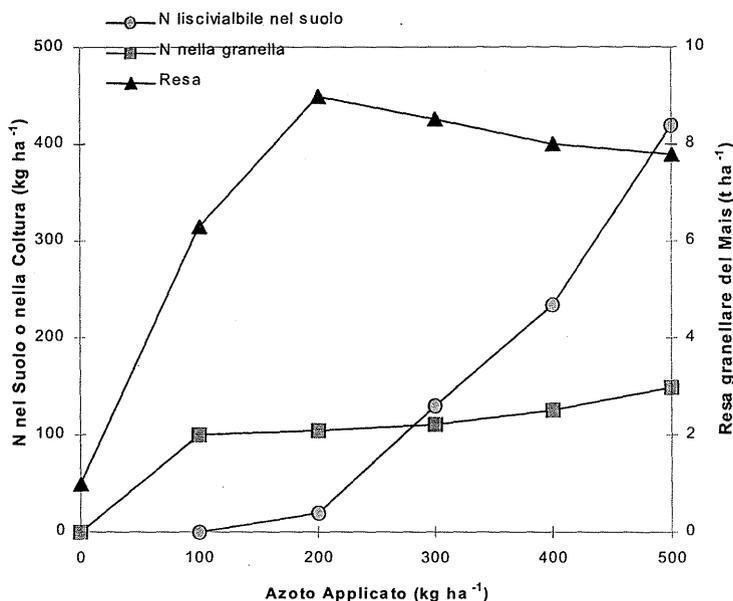


Figura 6 Mais: relazione tra concimazione azotata, resa e N lisciviato (Broadbent et al., 1977)

Corretto dosaggio e tempistica degli interventi

Il progressivo diffondersi nel nostro Paese delle misure di riduzione degli input ha costituito l'occasione per rivedere in valore assoluto le dosi d'azoto destinate alle colture. E' interessante evidenziare come, nel 1997 (elaborazione INEA su dati ISTAT), le misure agroambientali abbiano coinvolto l'11% dell'intera SAU nazionale, con otto regioni (che rappresentano una quota pari al 45% della SAU totale) caratterizzate da un livello di adesione superiore al 10%, e punte del 51,7% e del 46,7%, rispettivamente, nel Trentino-Alto Adige e nella Val d'Aosta.

Il caso della Toscana può essere indicativo della tendenza che si registra a livello nazionale, in quanto, in un solo anno, dal '97 al '98, si è registrato un incremento della SAU investita, a norma del reg. CEE 2078/92,

pari a circa 7 punti percentuali (dal 20,8 al 27,5%); in particolare, scendendo nel dettaglio (Figura 7), si evidenzia che, nel 1998, il 91% della superficie era interessato dalla "riduzione degli input" e il 7% dal "biologico" (Rapporto 2000 sullo stato dell'ambiente della Regione Toscana. Dati e Indicatori).

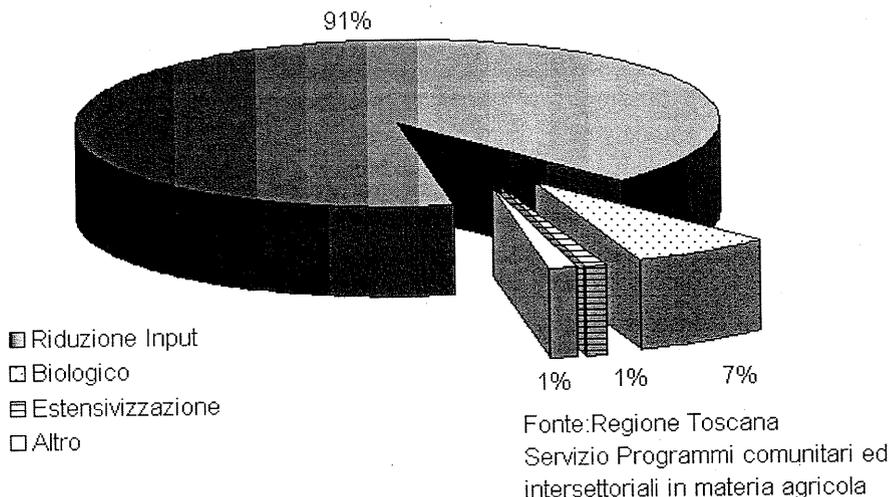


Figura 7. TOSCANA: Incidenza % di adesione alle varie misure agro-ambientali nel 1998

L'articolazione a livello regionale di queste misure, come è noto, ha finito col determinare un problema di "concorrenza" tra agricoltori che operano sullo stesso mercato; infatti, la stessa coltura, in regioni anche limitrofe e non dissimili sotto il profilo agro-climatico, può essere trattata con dosi di concime (ed in particolare di azoto) diverse, generando effetti produttivi in grado di fornire differenti livelli di remunerazione. E' però doveroso sottolineare l'aspetto positivo di queste misure agroambientali che, quanto meno, hanno stimolato l'agricoltore verso l'adozione di tecniche di concimazione più efficienti, per compensare la riduzione dei dosaggi ammessi. Le stesse misure agroambientali, inoltre, suggeriscono le più razionali tempistiche degli interventi di concimazione azotata, con evidenti vantaggi rispetto alle tecniche tradizionali. Al riguardo, sarebbe però opportuno che, in queste misure, trovasse esplicita indicazione il divieto all'uso di azoto nitrico in pre-semina o alla semina delle colture: il divieto all'applicazione d'azoto *tout court* è infatti manifestamente penalizzante per coloro che intendono usare forme a lento rilascio (organico o di sintesi) o N ammoniacale e ureico stabilizzati. Sempre a proposito dei disciplinari di produzione e delle misure agroambientali, occorre aggiungere che sarebbe auspicabile un impiego più sistematico dei sistemi diagnostici di tipo tradizionale (analisi

suolo-pianta-produzione) ed innovativo (fotobiologia) per pilotare gli interventi (dose e tempistica), soprattutto sulle colture che richiedono, ai fini quali-quantitativi della resa, una maggiore attenzione a livello di concimazione azotata (Miele, 1995; Volterrani *et al.*, 1996 a).

Adozione di metodiche di applicazione mirate alla pianta

Il caso del frumento può essere preso ad esempio, in quanto è la coltura più estesamente coltivata, e che, a ragione, può essere considerata come irrinunciabile per il rispetto della razionalità degli avvicendamenti. Al riguardo, resta inoltre da valutare l'importante ruolo che riveste tale coltura nella corretta gestione del terreno, consentendo di effettuare arature nel periodo estivo, indispensabili in molte aree italiane, data la frequente diffusione dei terreni argillosi che, altrimenti - anche a seguito dei loro modesti contenuti di sostanza organica - avrebbero seri problemi di strutturazione degli aggregati. L'effetto dei limiti climatici è ancora il fattore che maggiormente influenza la resa della coltura, dando origine alla nota situazione di squilibrio produttivo tra nord e sud, causato soprattutto dalla differente disponibilità di acqua nelle diverse zone cerealicole in corrispondenza delle più importanti fasi fenologiche della pianta (fine levata-maturazione).

Insoluto, inoltre, è ancora il problema della qualità che, oltre ai progressi del miglioramento genetico, confida forzatamente sull'incremento dell'efficienza d'uso dell'azoto, tramite l'impiego di interventi di fertilizzazione più mirati e frazionati nel tempo, nell'intento di fornire l'elemento nei momenti in cui la pianta ne ha più significativa necessità. Ad esempio, in non pochi casi, la distribuzione di una modesta quota (meno di 5-7 kg/ha) di azoto alla semina è utile per ottenere un migliore e più rapido sviluppo dell'apparato radicale, basilare poi per il massimo assorbimento dell'acqua e degli elementi nutritivi e, conseguentemente, per un più equilibrato accrescimento della pianta; tale effetto è ancor più favorito se l'applicazione del fertilizzante è localizzata in banda, impiegando specifici formulati ad effetto starter. Nella successiva fase di inizio accostamento l'effetto dell'azoto si concretizza in una più rapida espansione dell'apparato fogliare, che consente una maggiore produzione di fotosintetati e, quindi, di prodotti di riserva che verranno poi traslocati nella granella. La ridotta disponibilità di azoto in una fase tardiva del ciclo, con grano con foglia a bandiera, è spesso la causa del mancato raggiungimento di standard qualitativi soddisfacenti: un intervento di fertilizzazione in questa fase, anche con dosi molto ridotte distribuite al

terreno o per via fogliare, in relazione all'ambiente e allo stato sanitario in cui si trova la coltura, può essere considerato una pratica interessante per l'ottenimento di granella ad elevata qualità.

Il frazionamento degli interventi collide, però, con la necessità di contenere i costi colturali e ridurre il compattamento del suolo. Inoltre, è nota la difficoltà di abbinamento di un trattamento di concimazione con azoto in forma liquida con il diserbo di post-emergenza, vuoi per problemi di fitotossicità, vuoi per una non precisa rispondenza tra epoche di applicazione dei vari prodotti.

Resta poi da considerare anche l'influenza che concimazioni azotate non equilibrate hanno sullo sviluppo delle piante infestanti, oltre che sull'insorgere di fitopatie sulla coltura. Particolare attenzione deve infatti essere rivolta all'applicazione precoce di N, per gli effetti che potrebbe espletare sulla vogliosità della pianta che, se eccessiva, la predispone ad una maggiore incidenza delle malattie crittogamiche.

In senso più generale, le modalità applicative mirate alle piante sono, però, una diretta conseguenza del maggiore interesse che, a partire dagli anni '80, presentano i temi della riduzione dei livelli nutritivi in genere e del contenimento dei fenomeni di dispersione nell'ambiente di azoto e fosforo.

Da quindici anni a questa parte, il Dipartimento di Agronomia e Gestione dell'Agroecosistema dell'Università di Pisa sta sviluppando criteri di concimazione definibili "a localizzazione multipla" (Miele, 1984): localizzazione in banda nel terreno, alla semina e alla pianta in fase di attiva crescita attraverso ad esempio la micro-fertirrigazione e la concimazione fogliare. Nell'ambito di questa attività sono stati messi a punto formulati, anche innovativi a livello di composizione chimica e forma fisica (Miele, 1991), ed attrezzature per la loro distribuzione alle colture.

A livello di ricerca agronomica, è stato studiato il *priming effect* che, sulla giovane plantula, determina la localizzazione alla semina di azoto e fosforo, così da svolgere un effetto di stimolo al precoce sviluppo dell'apparato radicale, aumentando il *recovery* di nutritivi e riducendo lo stress idrico e le perdite di azoto per lisciviazione nelle prime fasi del ciclo.

Con stretto collegamento ai temi di cui sopra, tecniche come la localizzazione alla semina o al trapianto (effettuata con concimi granulari convenzionali, microgranulati e liquidi), la fertirrigazione e la stessa concimazione fogliare forniscono difficilmente i migliori effetti agronomici se prescindono da una precisa rispondenza dei formulati impiegati, in rapporto alle esigenze dei vari teatri operativi. Da qui l'esigenza di intraprendere stu-

di mirati alla messa a punto di formulati innovativi, in grado di rispondere sempre meglio alle esigenze delle specifiche metodiche applicative.

Uso di formulati fertilizzanti innovativi

In merito ai concimi innovativi, i principali approcci tecnologici per migliorare l'efficienza d'uso dell'azoto sono legati all'impiego di:

- a. formulati a rilascio controllato;
- b. inibitori della nitrificazione;
- c. inibitori dell'ureasi o prodotti in grado di controllare la volatilizzazione di ammoniaca alterando le reazioni fertilizzante-microsito.

Tali formulati, infatti, sono meno soggetti al rilascio incontrollato dell'elemento azoto nell'ambiente; risultano, cioè, potenzialmente capaci di riportare il rilascio di azoto in forma assimilabile con la curva di assorbimento della coltura. I vantaggi legati all'impiego di tali prodotti sono riconducibili a (Miele, 2000):

- una diminuzione dei dosaggi, a pari o superiore livello di resa quali-quantitativa, data la maggior efficienza dell'azoto;
- una ridotta fitotossicità, quando il fertilizzante viene a diretto contatto delle piante;
- minori passaggi, con contenimento dei costi di applicazione e del calpestamento del suolo;
- un'inferiore impatto ambientale, con possibilità di rientrare nei programmi di finanziamento all'agricoltura per la riduzione degli input.

La legge italiana ammette prodotti appartenenti alle categorie a e b e l'uso di miscele di concimi (ATS+UAN, urea+nitrato di calcio, urea+acido fosforico) che valgono a conseguire l'obiettivo del controllo della volatilizzazione di NH_3 . Tuttavia, le modifiche che in tempi diversi si sono sovrapposte all'impianto originario della normativa hanno contribuito a creare qualche perplessità, che ne fa auspicare una revisione completa, nell'ambito di una legge quadro. Ad esempio, non è chiaro perché nella premessa all'Allegato 1.B non sia rientrato, tra gli inibitori della nitrificazione, un prodotto storicamente già previsto nel capitolo 2.1 come tale: la dicianammide. Al di là della validità o meno dei prodotti, sarebbe comunque opportuna una maggiore armonizzazione tra legislazioni diverse, chiarendo una volta per tutte se considerare questi inibitori additivi dei fertilizzanti oppure

fitofarmaci, in quanto interferiscono con la flora batterica, come suggerisce il *Fertilizer Act* USA. A livello di ricerca e, a cascata, di legislazione, resta poi il problema degli inibitori dell'ureasi, tipo NBPT, non previsti dall'attuale legge italiana.

Un interessante studio condotto da Volterrani *et al.* (1996b) sulla concimazione di un tappeto erboso di loietto (*Lolium perenne* L.) con forme di azoto a diversa velocità di rilascio, ha messo in evidenza (Figura 8) come la quantità di azoto asportata dalla coltura, a seguito di interventi di concimazione con sangue secco, metilenurea e IBDU, sia del tutto comparabile a quella dei migliori concimi tradizionali (solfato ammonico e urea), mentre risultano significativamente più contenute le perdite di azoto per lisciviazione.

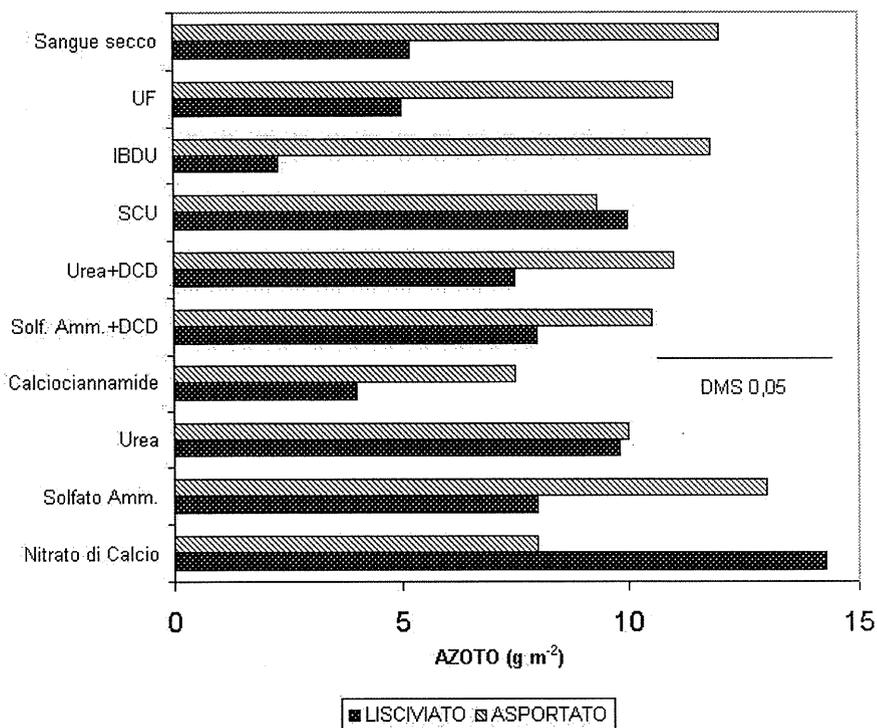


Figura 8. Azoto totale asportato da *Lolium* sp. e perduto per lisciviazione (Volterrani *et al.*, 1996).

Studi in corso, alcuni in collaborazione con il Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale dell'Università di Pisa, riguardano lo sviluppo di nuovi aspetti collegati alla gestione dell'azoto: fertilizzanti azotati ad effetto stabilizzante della struttura del suolo, altri per ottimizzare la risposta della pianta a condizioni di stress salino, altri ancora specifici per le applicazio-

ni fogliari: sia per contenere i danni da inquinanti atmosferici che per interventi volti a favorire la resa di proteine. Si tratta, in tutti i casi, di settori innovativi della fertilizzazione azotata, che dovranno trovare opportuna collocazione sia nella tecnica agronomica ordinaria che nella normativa vigente.

Bibliografia

- BROADBENT F.E., RAUSCHKOLB R.S. (1977). Nitrogen fertilization and water pollution. *Calif. Agric.* 31, 24-25.
- CEA, IFA, IPI (1982). Handbook on Environmental Aspects of Fertilizer Use. Martinus Nijhoff/Dr.Junk Pub., The Hague, 66
- Finck A. (1991). "Fertilizers and their efficient use". In: *Halliday D.J. et al.*, eds., *World Fertilizer Use Manual*, IFA, Paris.
- MIELE S. (1984). La concimazione localizzata: aspetti agronomici e tecnico applicativi. *Macchine e Motori Agricoli XLII* (12), 19-65.
- MIELE S. (1991). Innovazioni in tema di fertilizzanti e loro tecniche applicative volte a migliorare il rapporto agricoltura ambiente. *Atti Soc. Agraria di Lombardia CXXIX, Bollettino dell'Agricoltura 1/1991*, 21-53.
- MIELE S. (1995). Indagine sulle caratteristiche quali-quantitative in rapporto alle proprietà chimico-fisiche del terreno. Primi risultati di una ricerca sulla barbabietola da zucchero in Centro Italia. *Atti Conv. CNB Bietole e Futuro. La sfida della produttività*", Montecatini 2-06-95.
- MIELE S. (2000). Metilenurea liquida: risultati di un progetto di ricerca italiano. *Bollettino della Società Italiana della Scienza del Suolo*, 49, 829-836.
- RAPPORTO 2000 sullo stato dell'ambiente della Regione Toscana. Dati e Indicatori
- VOLTERRANI M., GROSSI N., GAETANI M., PARDINI G., MIELE S. (1996a). Proprietà ottiche e contenuto azotato di foglie di barbabietola da zucchero (*Beta vulgaris L.*). *Riv. di Agronomia XXX n° 4*, 587-593.
- VOLTERRANI M., GROSSI N., GAETANI M., PARDINI G., MIELE S. (1996b). La concimazione di un tappeto erboso di loietto (*Lolium perenne L.*) con forme di azoto a diversa velocità di rilascio dell'elemento. Nota I: Applicazione primaverile. *Rivista di Agronomia, XXX n° 4*, 665-672.

UNA NUTRIZIONE MIRATA: QUANTO E QUANDO SERVE

Mariachiara Presterà

Hydro Agri Italia S.p.A.
Viale Corsica, 7 - 20133 Milano

La fertilizzazione rappresenta un fattore indispensabile se si vogliono ottenere produzioni agricole qualitativamente e quantitativamente soddisfacenti. La FAO mette infatti i fertilizzanti al terzo posto in ordine di importanza tra i fattori della produzione, dopo territorio e acqua.

Tra gli elementi della fertilità, l'azoto è sicuramente quello che richiede la maggiore attenzione, sia perchè influenza più di ogni altro fattore la crescita delle piante e di conseguenza la produzione agricola, sia perchè è il maggiore "indiziato" per problemi di tipo ambientale.

Gestire la fertilizzazione significa:

- massimizzare l'efficienza dell'azoto distribuito;
- ridurre al minimo le perdite;
- ottimizzare le produzioni agricole;
- ottemperare ai regolamenti.

Partendo dall'assunto che "ciò che la pianta assorbe non va perso" si arriva a definire il concetto della fertilizzazione mirata, per cui gestire la fertilizzazione significa fertilizzare in quantità mirata ed in tempi appropriati.

Per fare ciò bisogna essenzialmente sapere quanto e quale azoto serve e in quali momenti somministrarlo.

Quanto azoto serve? La risposta a questa domanda richiede qualche considerazione preliminare. Una concimazione mirata nei limiti della redditività economica lascia nel terreno un residuo molto limitato a fronte di un completo utilizzo da parte della coltura.

Esiste una relazione tra resa e disponibilità di un fattore della produzione. Superata la "Soglia di Deficienza" del fattore, in corrispondenza della quale ad incrementi della disponibilità dello stesso si hanno ancora incrementi nella resa, la resa si mantiene stazionaria fino addirittura a diminuire una volta raggiunta e superata quella che viene definita "Soglia di Tossicità", ovvero quella quantità del fattore al di sopra della quale si cominciano a registrare effetti negativi sulla produzione agricola. Una seconda considerazione, prettamente economica, è quella per cui la redditività della concimazione risulta essere massima laddove viene massimizzata la differenza tra ricavi della produzione agricola e costi della fertilizzazione, e ciò

avviene per entità di produzione inferiori alla resa massima.

Riassumendo, eccessi nella concimazione azotata non portano maggiore redditività della produzione e incrementi delle rese quali/quantitative, arrivando persino a comprometterle. Comportano inoltre indiscussi rischi ambientali.

Quando serve l'azoto? L'assorbimento di azoto da parte delle piante non avviene in maniera costante durante il ciclo colturale, venendo oltretutto fortemente influenzato da fattori antropici, dalle caratteristiche pedologiche e dalle condizioni climatiche. Contemporaneamente anche il terreno non rilascia azoto disponibile all'assorbimento radicale in maniera costante e continuativa. "Gestire" la concimazione significa adattare gli apporti fertilizzanti alle esigenze nutrizionali della pianta in funzione della presenza nel terreno di elementi nutritivi disponibili all'assorbimento radicale e in funzione dei risultati prefissati, in termini di quantità e di qualità.

Il frazionamento rappresenta la migliore tecnica di gestione dell'azoto. Infatti interventi frazionati consentono di integrare l'azoto disponibile nel suolo adeguandolo alle necessità della pianta, con decisioni mirate "just in time" e non "a priori" su probabili stime di consumo.

I fattori da tenere in considerazione per redigere un piano di concimazione sono:

- Natura e stato del suolo;
- Precessioni colturali;
- Clima;
- Tipo di coltura (caratteristiche varietali e destinazione d'uso);
- Tecniche agricole adottate (irrigazione, tipo di impianto, ecc...);
- Necessità di ottemperare ad eventuali regolamenti.

Analisi del terreno e fogliari consentono di operare scelte mirate.

Tra i nuovi strumenti oggi disponibili vi è N-Tester Hydro Agri che opera grazie alla determinazione fotometrica del contenuto di clorofilla della coltura a livello fogliare, consentendo di effettuare un'analisi immediata direttamente in campo. Lo strumento registra e media automaticamente i risultati di 30 letture valide. Tabelle di taratura, disponibili per bietola e diverse varietà di grano tenero e duro, associano al dato numerico un consiglio di concimazione da valutarsi nel quadro complessivo delle condizioni nelle quali si sta operando.

Per concludere, la fertilizzazione è un fattore dal quale non si può prescindere in agricoltura, nello specifico quella azotata richiede particolari attenzioni ed una più che mai attenta gestione. La miglior gestione della fertilizzazione consente di intervenire in maniera mirata, oggi più che mai, avvalendosi di strumenti che consentono di conoscere le esatte esigenze della pianta e disponibilità del terreno.

LA CONCIMAZIONE LOCALIZZATA NELLA BARBABIETOLA DA ZUCCHERO

Lorenzo Barbanti, Franco Rosso

Agronomica
Via Romolo Gessi, 20 - 48100 Ravenna

Riassunto

Vengono discusse le motivazioni che hanno storicamente portato alla localizzazione dei concimi fosfatici nella coltura della barbabietola da zucchero: una generale carenza dei terreni e la necessità di assicurare un rapido avvio di vegetazione come premessa di produzioni più elevate, stante anche la relativa brevità della stagione vegetativa, rispetto ai paesi del centro-nord Europa.

L'insieme della sperimentazione effettuata sull'argomento tra gli anni '80 ed il 2000, dapprima dal Centro Studi e Ricerche Bieticole di Eridania e successivamente da Agronomica, ha permesso di convalidare le ragioni che avevano portato alla diffusione della localizzazione su bietola; di specificare meglio i requisiti del sistema di distribuzione; di rivalutare il ruolo dell'intervento nell'economia di coltivazione; infine, di escludere l'impiego dei concimi N-P.

Nella prima metà degli anni '90, è stata valutata anche la possibilità di localizzare l'azoto in fase di semina, separatamente dal fosforo: in Italia non è stato possibile riprodurre i favorevoli effetti ottenuti nei Paesi dove il sistema si andava diffondendo (principalmente Belgio e Francia), ragion per cui tale pratica non è stata inserita tra quelle consigliate, salvaguardando, invece, la localizzazione del fosforo.

Negli ultimi anni, sono stati sviluppati nuovi tipi di concimi fosfatici microgranulari e liquidi per l'impiego localizzato a dosaggi ridotti di P_2O_5 /ha. Tali prodotti, che rispondono all'esigenza di semplificazione delle operazioni e di riduzione dei pesi in fase di semina, sono stati testati e confrontati con il perfosfato triplo a dose standard di P_2O_5 /ha. Sulla scorta di questi risultati, viene riesaminato il ruolo della localizzazione nel contesto della tecnica di coltivazione, in funzione dell'attuale livello di dotazione dei terreni e dell'evoluzione prevista per il parco seminatrici.

Introduzione

Nelle colture erbacee, la distribuzione dei fertilizzanti al terreno può avvenire in due modi: a pieno campo, investendo l'intera superficie

a coltura, oppure localizzata in specifiche bande o sezioni del terreno.

La prima modalità risponde al principio della semplicità operativa: i fertilizzanti, nelle diverse forme fisiche (solida, liquida, gassosa), vengono distribuiti da macchine di relativa semplicità in tempi contenuti, col risultato di arricchire in modo uniforme la superficie trattata.

La localizzazione, invece, prevede un forte innalzamento della concentrazione nutritiva solo in prossimità del seme o delle radici delle piante. Per poter garantire la necessaria precisione, essa deve normalmente avvenire in abbinamento con altre operazioni, generalmente la semina o la lavorazione interfilare, col risultato di aumentarne i tempi di esecuzione, ma con il vantaggio di portare i concimi direttamente a bersaglio sulla pianta, nella zona di più attiva assimilazione radicale. Si consegue in tal modo una maggior efficienza nutritiva del fertilizzante, che si traduce in significative economie di prodotto e in un minor rischio di rilascio delle quote residue.

Tra le colture del seminativo, la barbabietola da zucchero è forse quella che vanta la maggior anzianità di impiego della localizzazione dei concimi. La distribuzione del fosforo nel solco di semina data ormai da diversi decenni; lo scopo è quello di promuovere la vegetazione iniziale per ottenere una più rapida copertura del terreno e, quindi, produzioni più elevate alla raccolta. Questo effetto è stato a lungo motivato da due condizioni, di cui una difficilmente ovviabile, la forzata brevità del ciclo colturale (bietola primaverile) rispetto ai Paesi del centro-nord Europa; l'altra, più facilmente superabile, la storica carenza di fosforo di molti terreni bieticoli italiani. La combinazione dei due fattori ha decretato il successo della localizzazione ed il suo inserimento tra le pratiche colturali più consigliabili.

Fosforo localizzato

Nella prima metà degli anni '80, presso il Centro Studi e Ricerche Bieticole di Eridania fu avviato un programma di guida alla concimazione della bietola, basato sulle analisi del terreno e sulla risposta all'apporto dei diversi elementi nutritivi, in specifiche prove sperimentali. Dopo alcuni anni di lavoro, alcuni elementi, come il potassio e il sodio, si dimostrarono di modesto interesse nell'ambiente di coltivazione padano. Altri, come l'azoto, si rivelarono fondamentali per l'equilibrio quanti-qualitativo della coltura, e di non facile gestione pur disponendo di analisi.

Per il fosforo si presentò una situazione intermedia (tab. 1): in terreno carente, l'elemento "muoveva" la produttività della coltura, attraver-

so un aumento della resa radici; in terreno non carente tale effetto si attenuava fino a scomparire. In entrambi le situazioni, la qualità risultava scarsamente influenzata dagli apporti nutritivi. Si confermava in tal modo la validità tecnica dell'orientamento fino ad allora seguito, di distribuire comunque fosforo alla coltura: anche in assenza di vantaggi apprezzabili, non ci sarebbero state controindicazioni.

Tabella 1. Effetto della concimazione fosfatica sulla produzione e sulla qualità della bietola, in relazione al livello di fosforo assimilabile dei terreni
Annate 1985 - 1990

P Olsen (mg/ kg)	Numero prove	Livello di concimazione	Dose di P ₂ O ₅ (kg/ ha)	Saccarosio grezzo (% test.)	Purezza sugo denso (5 test.)
≤ 10	9	Testimone	0	100	100
		Dose max	250	114,6	99,9
		Valori assoluti del testimone		9,4 t/ha	89,8 %
> 10	4	Testimone	0	100	100
		Dose max	188	101,9	99,7
		Valori assoluti del testimone		12,2 t/ha	89,5 %

In tal modo si privilegiava l'esigenza di assicurare comunque la produttività, a prescindere dall'economicità di coltivazione. Poiché, però, si percepiva che tale posizione sarebbe diventata debole nel tempo, verso la fine degli anni '80 si formularono una serie di ipotesi per una revisione di que-

Tabella 2. Descrizione degli stadi fenologici della bietola (sintesi della scala CEBEST)

Stadi da 2 a 8 foglie vere		
11	la coppia di foglie vere appena visibili	
13	la coppia di foglie vere nettamente visibili	
15	la coppia di foglie vere a metà sviluppo	
19	la coppia di foglie vere interamente sviluppate	
21	2a coppia di foglie vere appena visibili	
31	3a coppia di foglie vere appena visibili	
41	4a coppia di foglie vere appena visibili	
Chiusure dell'interfila		
	% indicativa di chiusura interfila	n° approssimativo di foglie vere
50	-	10
52	20	12
54	40	14
56	60	16
58	80	18
60	100	20

sta prassi. In particolare si contemplava la possibilità che la localizzazione da sola sarebbe stata di per sé sufficiente alle esigenze della coltura, cosa che avrebbe permesso di realizzare un significativo risparmio economico. Le verifiche sperimentali furono effettuate nelle annate 1989 e 1990, su terreni fortemente carenti (rispettivamente 5 e 4 mg/kg di P Olsen). In tali prove, il comportamento della coltura durante il ciclo fu oggetto di osservazioni, al pari dei risultati alla raccolta: le differenze di sviluppo iniziale tra tesi a diversa concimazione furono espresse in base alla scala fenologica CEBEST (Centesimal BEet STage), di cui si riporta una sintesi in tab. 2.

Due erano le attività sperimentali impostate. Nella prima, effettuata solo nel 1989, venivano testati tre livelli di P_2O_5 a pieno campo con distribuzione autunnale, in combinazione con tre localizzati nel solco di semina. È bene a questo proposito precisare che nella precedente sperimentazione, per analogia con le indicazioni pratiche, la concimazione localizzata veniva abbinata sempre a quella a pieno campo. Nella fig. 1 si riportano sinteticamente i risultati relativamente allo sviluppo iniziale e alla produzione di saccarosio per ettaro. Appare evidente il parallelismo che esiste tra i due parametri: il testimone alla 4^a coppia di foglie vere (stadio 43) produceva statisticamente meno delle tesi migliori, che nella stessa epoca si trovavano già alla chiusura dell'interfila (stadio 60), quindi in grado di intercettare meglio la luce incidente. È ugualmente possibile osservare che l'apporto di P_2O_5 con qualunque modalità/dose appianava statisticamente ogni ulteriore differenza produttiva. Viceversa, dal punto di vista fenologico, i 100 kg/ha di P_2O_5 a pieno campo (tesi 2) facevano registrare ancora un certo ritardo rispetto al resto delle tesi concimate, mentre le 50 unità localizzate (tesi 4) erano da sole in grado di assicurare un'ottimale progressione alla coltura.

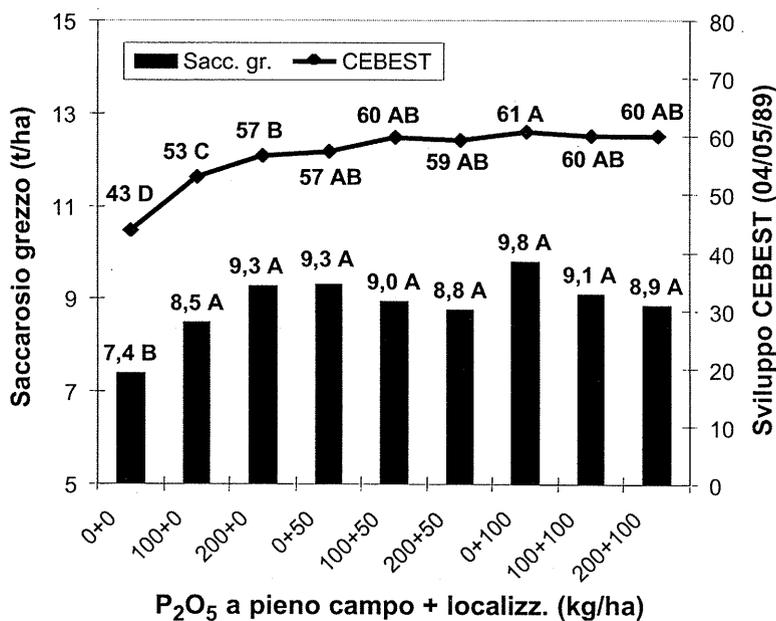


Figura 1. Sviluppo iniziale e produzione di saccarosio con diverse dosi e modalità di apporto del fosforo - 1989

La seconda prova muoveva dall'osservazione che i diversi modelli di seminatrici bietola sono schematicamente dotati di tre diversi sistemi di localizzazione (fig. 2): all'interno del solco di semina, con distribuzio-

ne del concime prima o dopo la caduta del seme (rispettivamente AS = avanti seme, e DS = dietro seme) e fuori solco (FS), a 5 – 8 cm di distanza. Queste tre modalità configurano una diversa posizione relativa tra seme e concime e un diverso grado di contatto tra i due, più intimo nella modalità AS, praticamente assente nella FS. La prova era quindi mirata a verificare le ripercussioni della diversa modalità di distribuzione sul comportamento della coltura, confrontando i tre sistemi, che nella prima annata erano rappresentati da tre seminatrici diverse, mentre nella seconda erano riuniti sulla stessa macchina.

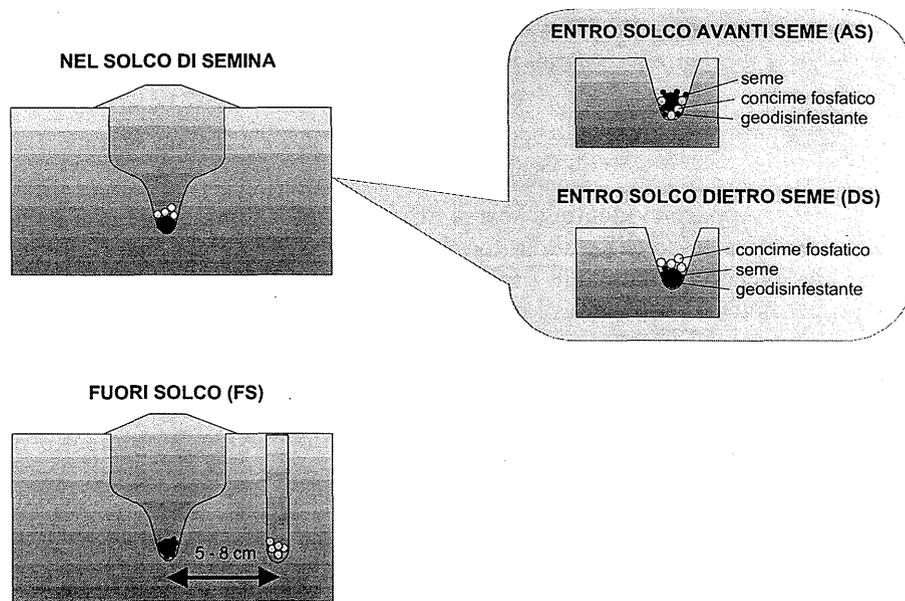


Figura 2. Sistemi di localizzazione del fosforo nella bietola

Nonostante l'analogia, bassa dotazione di fosforo assimilabile nel 1989 e nel 1990 (rispettivamente 5 e 4 mg/kg di P Olsen), le condizioni di crescita della prima annata si rivelavano più severe, forse a causa del terreno meno argilloso e quindi più lento a scaldarsi in primavera. Per tale motivo, nel 1989 lo sviluppo iniziale e la produzione di saccarosio risultavano più fortemente scaglionati in funzione dei trattamenti applicati. In questa stessa annata, particolare rilievo assume l'interazione tra dosi di P_2O_5 e seminatrici, statisticamente significativa per entrambi i parametri analizzati (figg. 3 e 4).

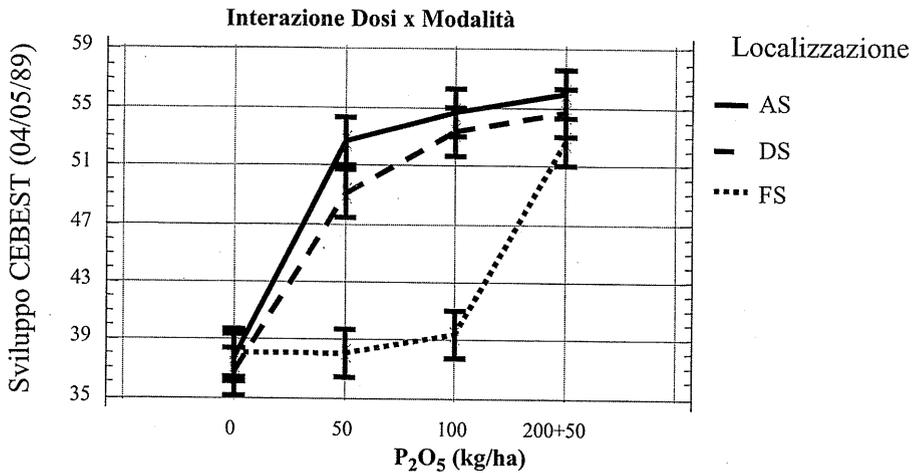


Figura 3. Sviluppo iniziale con diverse dosi di P₂O₅ e differenti sistemi di localizzazione - 1989

Appare evidente la scarsa efficacia della seminatrice con localizzazione fuori solco (FS), sia in termini di sviluppo iniziale che di produzione alla raccolta; solamente l'inserimento di 200 kg/ha di P₂O₅ a pieno campo permette un recupero di entrambi i parametri. Le differenze esistenti tra le due modalità entro solco (AS e DS) sembravano più legate alla diversa qualità della semina esplicita dalle due macchine, che al posizionamento del concime. Nel complesso, il parallelismo tra il comportamento della coltura e la sua produzione era testimoniato dal raggiungimento, in questa prova, del miglior livello di correlazione tra i due fattori ($R^2 = 54,94\%$; $n = 72$; $p < 0,0001$).

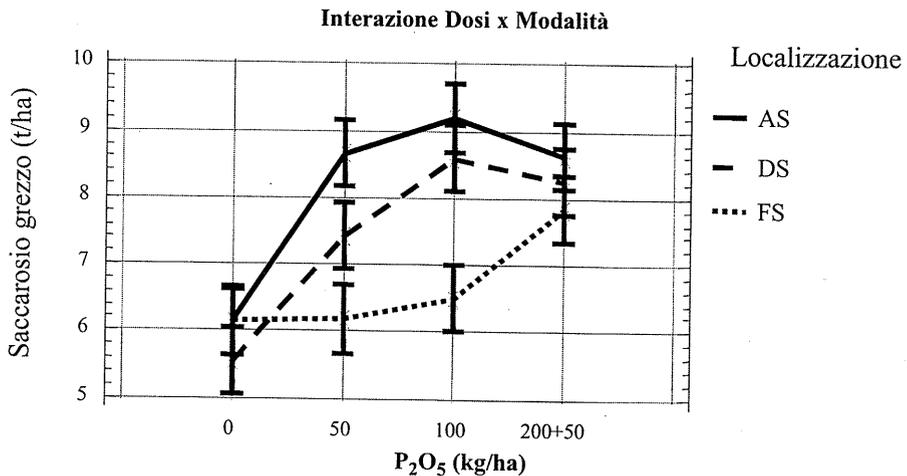


Figura 4. Produzione di saccarosio con diverse dosi di P₂O₅ e differenti sistemi di localizzazione - 1989

Sulla scorta dei risultati ottenuti nel 1989, la prova veniva ripetuta nel 1990 con alcune varianti: la seminatrice era unica, modificata in modo da alloggiare i tre sistemi di distribuzione, e, non essendo più necessario effettuare un testimone per ogni macchina, le due tesi libere (n° 4 e 8) venivano occupate da apporti di P_2O_5 a pieno campo senza localizzazione (100 e 200 kg/ha). Si riusciva così a conglobare in un'unica prova le tesi più significative delle due dell'annata precedente. I risultati (fig. 5) presentavano una situazione in linea con quella osservata nel 1989: lo sviluppo ai primi di maggio evidenziava bene le differenze tra tesi, con il testimone e le 50 e 100 unità di P_2O_5 fuori solco in ritardo rispetto al complesso delle altre tesi. Alla raccolta le differenze nel saccarosio risultavano più sfumate, forse a causa della siccità che limitava il potenziale produttivo, ma ancora interpretabili sulla base del comportamento primaverile.

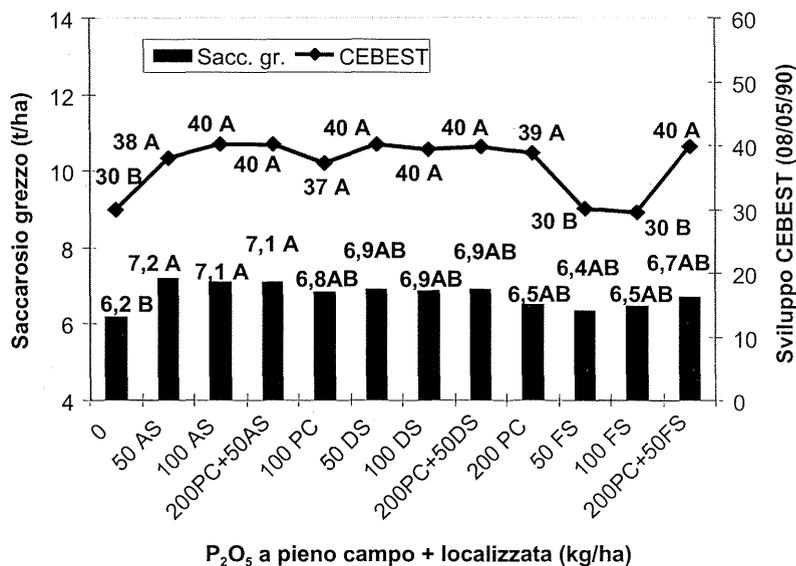


Figura 5. Produzione di saccarosio con diverse dosi e modalità di apporto della P_2O_5 - 1990

La coerenza dei risultati tra le due annate confermava l'ipotesi che si potessero realizzare interessanti risparmi di fertilizzante, puntando sulla localizzazione come unica modalità di apporto. Dal punto di vista operativo, le dosi consigliate di P_2O_5 furono portate dalle tradizionali 40 - 50 unità per ettaro alle 70 - 90, per compensare le asportazioni nette della coltura e contenere il rischio di impoverimento del terreno. Parallelamente, si pose una particolare enfasi sull'efficacia del sistema di distribuzione, spingendo i costruttori di seminatrici ad applicare la localizzazione entro solco anche sulle macchine pneumatiche, che fino ad allora operavano per lo più in fuori solco.

Azoto localizzato

Come premesso, la localizzazione del fosforo rappresentava una prerogativa del nostro ambiente di coltivazione, poco diffusa all'estero. Negli stessi anni in cui in Italia ci si adoperava per una sua riqualificazione all'interno del percorso colturale, nei paesi del centro-nord Europa si intraprendevano nuove strade, focalizzando l'interesse sull'azoto, l'elemento nutritivo che più di tutti influenza produzione e qualità della bietola. Per la sua forte valenza ambientale oltre che produttiva, l'azoto si prestava bene allo sviluppo di studi finalizzati ad aumentarne l'efficienza nutritiva, riducendo il rischio di rilascio ambientale. Anche in questo caso, la localizzazione si proponeva come una possibile via da seguire.

I risultati ottenuti dapprima in Belgio, poi anche in altri paesi, evidenziarono la validità della tecnica: su una scala crescente di dosi, la localizzazione permetteva di ottenere risultati analoghi al pieno campo con un 30% di azoto in meno, in virtù di una maggior efficienza nutritiva, valutata attraverso l'impiego di concimi marcati con N¹⁵. Anche il profilo ecologico dell'operazione ne traeva beneficio, come dimostravano studi di dispersione della "nuvola" fertilizzante nel terreno. Infine, non raramente la localizzazione dell'azoto a parità di dose permetteva di ottenere una produzione più alta del pieno campo, del 3% nella media di 14 campi effettuati dall'Institut Technique de la Betterave in Francia.

L'insieme di queste ragioni, abbinato all'entrata in vigore di Codici di buone pratiche agronomiche per la protezione delle acque dai nitrati, ha decretato il successo dell'azoto localizzato ed il suo affiancamento al pieno campo, su superfici di tutto rispetto. Le seminatrici sono state adattate all'uopo con l'aggiunta di tramogge per il concime solido o, più spesso, di serbatoi montati anteriormente alla trattrice e collegati alla seminatrice con una pompa per la distribuzione di concimi liquidi di tipo UAN. In tutti i casi la distribuzione avviene al di fuori del solco di semina (modalità FS), per non arrecare danni alla germinazione del seme.

In Italia, sulla scorta dei primi risultati resi noti si decise di procedere ad una fase sperimentale, che si sviluppò tra il 1990 e il 1995 su sette campi. La seminatrice era stata adattata per la distribuzione di concime granulare (urea) in fuori solco, a 8 cm dal solco di semina e a 3 di profondità. I risultati non hanno nel complesso fornito una chiara dimostrazione di superiorità per il localizzato rispetto al pieno campo né nell'insieme della sperimentazione (fig. 6), né in specifiche situazioni colturali.

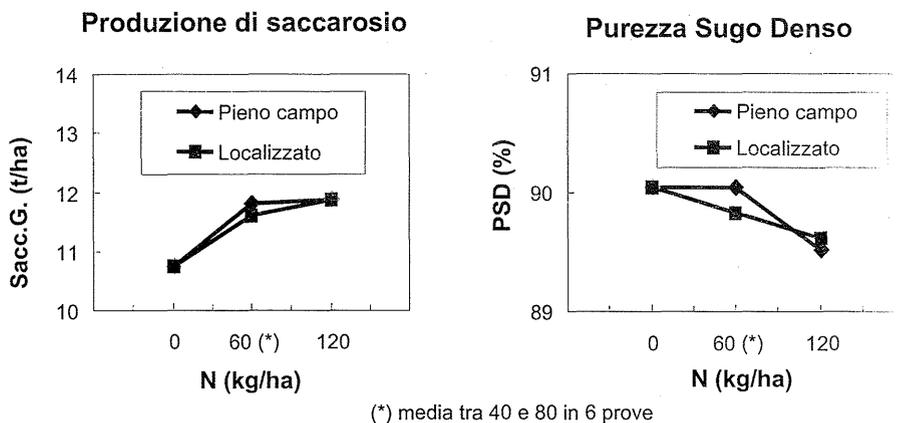


Figura 6. Effetto dell'azoto localizzato sulla produzione e sulla qualità.
Media di 9 prove compiute tra il 1990 e il 1996

Viceversa, i rilievi effettuati sul suolo e sui vegetali hanno permesso di confermare anche nel nostro ambiente la maggior efficacia di assorbimento del localizzato, stimata attraverso il calcolo dell'utilizzazione apparente del concime (tab. 3). Questo risultato è di per sé sufficiente a giustificare una riduzione delle dosi in localizzato, ma non sembra di per sé tale da motivarne l'adozione, stante la possibilità di ottenere lo stesso effetto con una modesta variazione di dose.

Tabella 3. Efficacia nutritiva apparente dell'azoto distribuito con diverse modalità

Sigla campo	Dose di N e modalità di apporto	Azoto assorbito dalla pianta intera (kg/ha)	Efficacia nutritiva apparente
RA 91	0	259	-
	120 P. C.	292	28%
	120 LOC.	304	38%
FE 92	0	189	-
	80 P. C.	222	41%
	80 LOC.	236	59%
	120 P. C.	208	16%
	120 LOC	251	51%
RA 93	0	198	-
	80 P. C.	213	19%
	80 LOC.	224	32%
	120 P. C.	219	18%
	120 LOC.	231	27%

In assenza di giustificazioni forti a sostegno della localizzazione dell'azoto, volendo ugualmente valorizzare la tecnica per alcune sue caratteristiche peculiari quali la precisione e la tempestività di distribuzione, che costituiscono all'estero parte non piccola del suo successo, si è tentato di superare la relativa incompatibilità tra azoto e fosforo e di giungere a una distribuzione abbinata dei due elementi, in una posizione di compromesso tra le loro esigenze. Si è utilizzato a tale scopo il concime DAP 18-46 a diverse distanze dal solco di semina: 6/3/0 cm, praticamente in modalità FS a due diverse distanze e in modalità DS. La prova fu effettuata in terreno carente (P Olsen = 7 mg/kg) solamente nel 1995, poiché i risultati smentirono in maniera evidente l'ipotesi abbozzata (tab. 4): infatti in posizione FS anche a solo 3 cm dal solco di semina si perdeva buona parte dell'effetto starter rispetto allo standard di riferimento (0-46-0 entro solco), mentre inserendo il 18/46 in posizione DS si produceva una perdita di investimento assolutamente intollerabile già al dosaggio più basso. Derivava da ciò la rinuncia a proseguire su questa strada e l'avviso ancora più ribadito che in passato a non incorrere in questo errore.

Tabella 4. Effetto del concime DAP 18-46 localizzato in diverse posizioni - 1995

Concime	Dosaggio (kg/ha)	Localizzazione	Emergenza bietole (&%)	CEBEST (19/05/95)	Sacc. Grezzo (t/ha)
-	-	-	68 A	33 C	13,1 B
18-46	100	6 cm FS	67 A	40 B	13,8 C
	200	"	68 A	39 B	14,1 C
18-46	100	3 cm FS	58 A	38 B	14,1 B
	200	"	59 A	38 B	13,9 B
18-46	100	DS	20 B	-	-
	200	"	5 C	-	-
0-46-0	100	DS	70 A	43 A	15,3 A
	200	"	64 A	44 A	15,0 A

Nuovi concimi fosfatici per localizzazione

Dopo questa serie di prove che ha permesso di chiarire le performance ottenibili con i tradizionali concimi chimici, nella seconda metà degli anni '90 sono apparsi nuovi prodotti fertilizzanti specificamente creati per l'impiego in localizzazione. Questi prodotti sono caratterizzati da un dosaggio molto basso di P_2O_5 /ha, compensato da un'asserita alta efficienza nutritiva. Il loro numero è al momento ancora in evoluzione, ma si riconoscono tre tipi principali: microgranulari su base humica, microgranulari su base minerale e liquidi. L'attività su questi prodotti si è da poco conclusa, dopo un biennio sperimentale (1999 - 2000). Nella prima annata si è operato in due località entrambe caratterizzate da terreni fortemente carenti (5 mg/kg di P Olsen). Il comportamento della coltura si è discostato di poco tra le due: in

assenza di fosforo l'inizio della vegetazione è risultato stentato e la produzione finale inferiore a quella delle tesi concimate (fig. 7), che non si sono ulteriormente distinte tra loro, dimostrando una sostanziale parità di effetti tra le specialità in prova, rappresentative delle tre categorie sopraccitate, e lo 0-46-0. La qualità della bietola in termini di purezza del sugo denso (PSD) non ha risentito in misura apprezzabile dei trattamenti applicati, come rilevato in passato.

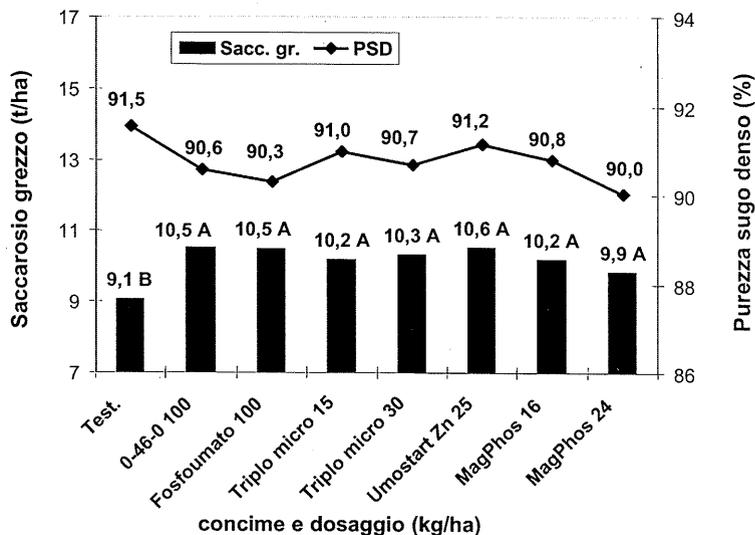


Figura 7. Effetto di alcune specialità fertilizzanti localizzate a paragone con i tradizionali concimi granulari – Media di 2 località nel 1999

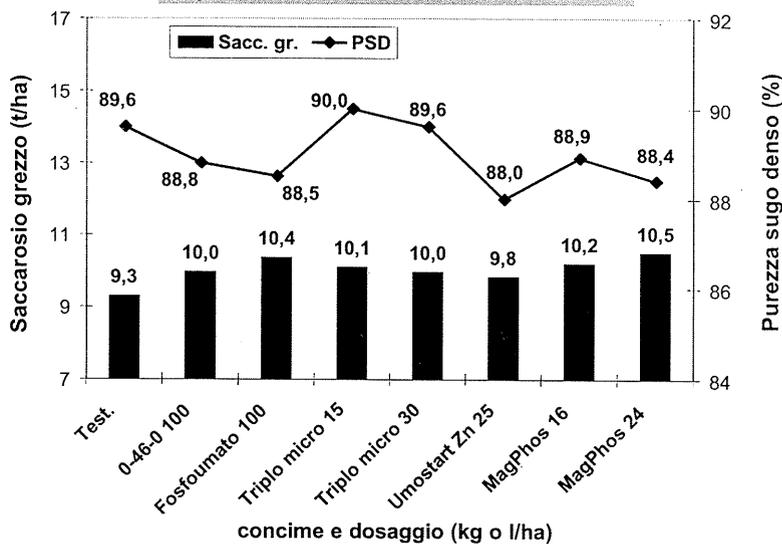


Figura 8. Effetto di alcune specialità fertilizzanti localizzate a paragone con i tradizionali concimi granulari – 2000

Nella seconda annata, in una prova di conferma su terreno meno povero (11 mg/kg di P Olsen), la coltura non ha evidenziato né una risposta produttiva apprezzabile, né un effetto sulla qualità univocamente interpretabile (fig. 8). Valgono pertanto i più severi risultati ottenuti nella prima annata, dai quali si deduce una che i nuovi concimi a basso apporto di P_2O_5 /ha hanno un'efficacia analoga a quella dei classici granulari a dose piena.

A livello economico, le nuove specialità sono caratterizzate da un costo per ettaro non eccessivamente più alto dei granulari, cui fa però riscontro un apporto di molto inferiore e quindi un costo dell'unità fertilizzante di 5 - 10 volte più alto. A ciò si aggiunge la mancata reintegrazione delle asportazioni colturali, che rende necessari apporti complementari a pieno campo se non si vuol correre il rischio di un progressivo impoverimento del terreno. Fanno da contrappeso al maggior costo la praticità e la regolarità nella distribuzione che si traducono in meno masse da movimentare e sollevare ad altezza di tramoggia, ed in minori rischi di ostruzione dei tubi adduttori. A livello operativo, la scelta tra i due sistemi non potrà essere pertanto univoca, ma dipenderà da una serie di fattori: organizzazione aziendale, dotazione di fosforo assimilabile dei terreni ed altri. Per facilitare nell'orientamento, Nella tabella 5 si riportano sinteticamente pregi e difetti dei diversi tipi, per facilitare l'orientamento delle scelte tecniche.

Tabella 5. Vantaggi e svantaggi dei diversi tipi di concimi fosfatici in localizzazione alla semina

Tipo di concime	Vantaggi	Svantaggi
Granulari	Economia Asportazioni compensate	Maggior peso seminatrice Lentezza di rifornimento Maggior rischio otturazioni
Microgranulari	Minor peso seminatrice Rapidità di rifornimento	Alto costo unità fertilizzante Obbligo all'impiego di seme con geoinsetticida confettato Asportazioni non compensate
Liquidi	Minor peso seminatrice Rapidità di rifornimento	Alto costo unità fertilizzante Taratura variabile (escursione termica giornaliera) Asportazioni non compensate

Conclusioni

La concimazione localizzata costituisce parte integrante dell'agrotecnica della bietola. La coltura ha caratteristiche tali da valorizzare l'ef-

fetto di posizionamento del concime in termini di aumentata resa e di risparmio di fertilizzanti. L'insieme di questi fattori si traduce in una maggior efficienza produttiva e in un minor accumulo nel terreno di residuali nutritivi soggetti al rischio di dispersione ambientale.

Diverse sono le vie che sono state perseguite a seconda del paese, diversi sono stati i risultati ottenuti. In Italia, dove la localizzazione del fosforo vanta una lunga storia, alla fine degli anni '80 è stata promossa una rivisitazione tecnica che ha permesso di circostanziarne meglio i vantaggi, riqualificandola all'interno del percorso colturale. In altri paesi, è stato più l'azoto l'elemento chiave su cui si è focalizzata l'attenzione, ottenendo risultati di tutto interesse ai fini della scelte pratiche. Anche in Italia sono stati fatti tentativi di inserire l'azoto in affiancamento al fosforo, senza ottenere benefici che giustificassero gli sforzi e i rischi insiti in tale operazione.

In tempi più recenti l'iniziativa delle industrie di fertilizzanti ha reso disponibili nuovi concimi fosfatici per impiego in localizzazione a dose molto contenuta. Questi prodotti costituiscono la novità degli ultimi anni, in virtù del successo commerciale che ha permesso loro di occupare in tempi rapidi una discreta fetta di mercato.

Attualmente vi sono due nuovi elementi che potrebbero incidere sul quadro di riferimento: da un lato la comparsa di seminatrici a 12 file che non possono avere una tramoggia di dimensioni adeguate per la distribuzione del concime granulare; dall'altro, il progressivo arricchimento dei terreni bieticoli italiani, molti dei quali non rispondono più alla concimazione fosfatica. Questi elementi, uniti allo sforzo da compiere in direzione di una sempre maggiore semplificazione e di un contenimento dei costi, rendono meno centrale il ruolo della localizzazione, di quanto non sia stato finora.

È pertanto prevedibile che il suo impiego si riduca progressivamente nel tempo e, in questo contesto, è quanto mai opportuno che questa riduzione poggi sulle analisi del terreno come elemento guida. La localizzazione manterrà comunque la propria validità intrinseca e dovrà sempre essere confermata nel caso di terreni carenti o quando si vogliano evitare distribuzioni a spaglio, come in prossimità dei corsi d'acqua o in terreni soggetti a erosione in assenza di coltura.

Bibliografia

- BARBANTI L., CANDOLO G. (1991). Possibilités de reduction des doses de P par les techniques de localisation au semis. *Compte rendu del 54° Congresso d'Inverno dell'Institut International de Recherches Betteravières*, 347-368.
- VANDERGETEN J.P., VANSTALLEN M. (1991). Influence de l'application localisée de doses raisonnées d'azote sur le rendement et la qualité industrielle de la betterave à sucre. *Compte rendu del 54° Congresso d'Inverno dell'Institut International de Recherches Betteravières*, 297-318.
- CAROLLE M. (2000). Fertilisation azotée de la betterave sucrière en France. Connaissances acquises, techniques actuelles, perspectives. *Atti del convegno "Azoto, una necessità da gestire al meglio"*, Bardolino, 24/11/2000, in stampa.

CONTENUTO DI NITRATI NEL SUOLO ED IN ALCUNE COLTURE TIPICHE DEL METAPONTINO

Giovanni Lacertosa ¹, Alessandro Merendino ¹, Salvatore Vanadia ¹,
Francesco Montemurro ²

¹ Metapontum Agrobios
S.S. 106 km. 448,2 - 75010 Metaponto (MT)

² Istituto Sperimentale Agronomico
Via C. Ulpiani, 5 - 75125 Bari

Riassunto

E' stato avviato uno studio sul contenuto dei nitrati nei suoli, nelle foglie e nei frutti di alcune colture tipiche del Metapontino al fine di migliorare la base conoscitiva di questo importante parametro.

A partire dal 1996 sono state effettuate 607 analisi di terreno nel Metapontino e 1003 nelle aree interne, rilevando: le caratteristiche granulometriche, la conducibilità elettrica, il contenuto di nitrati e la sostanza organica. Inoltre, nel Metapontino, su foglie e frutti di agrumi, fragola, vite, melanzana, melone e anguria sono stati determinati i nitrati e l'azoto totale.

I risultati evidenziano che il valore medio dei nitrati è simile nelle due aree per le diverse tipologie di suolo, anche se con deviazioni standard elevate. Il 32,6% dei campioni del Metapontino presenta valori di nitrati $> 20 \text{ mg kg}^{-1}$, mentre circa il 30% $< 5 \text{ mg kg}^{-1}$. I terreni coltivati ad ortive hanno mostrato un contenuto di nitrati superiore (da 5 a 10 volte) rispetto ai terreni delle altre colture.

I nitrati nel gambo sono stati in alcuni casi molto elevati, presentando una variabilità comunque inferiore rispetto al suolo, mentre i nitrati dei frutti sono stati sensibilmente più bassi, indicando una ridotta pericolosità di questi prodotti per il consumatore. Infine, nei frutti di fragola, è stata riscontrata una sensibile differenza nel contenuto di nitrati al variare dell'epoca di raccolta e della varietà.

Abstract

Concern about ground and water NO_3^- pollution make of increasing importance the knowledge of this factor. In Metaponto plain (Basilicata region South Italy) a nitrate survey on soil and plant content was carried out in 1996-1999. In 1610 soil samples were determined soil properties, electrical conductivity, nitrate and organic matter content.

Moreover nitrate concentration and total N were measured in leaves and fruits of several typical Mediterranean crops (citrus, strawberry, grape, eggplant, melon and watermelon).

The results indicate that soil nitrate content, regardless soil texture, is similar, but with high standard deviation, in Metaponto plain and in hill area of Basilicata Region. Moreover in Metaponto plain 32,6% of soil samples have nitrate content > of 20 mg kg⁻¹, while 30% < of 5 mg kg⁻¹. Horticultural soil present high NO₃⁻ content (5 to 10 time more than other crop soil).

The crop stem nitrate was very high, but with a lower variability respect to soil, while nitrate fruit content was situated lower down, in a surely not dangerous rank for human health. Finally, in nitrate strawberry fruits difference among time-harvesting and varieties were found.

Introduzione

L'azoto è elemento indispensabile per la nutrizione delle piante sia perché spesso risulta carente in alcuni suoli, sia perché un apporto eccessivo può determinare uno scadimento qualitativo della produzione ed una maggiore suscettibilità ad attacchi di fitopatogeni. Peraltro, sono da tempo note le problematiche connesse alla salute umana dell'accumulo dei nitrati nella parte edule di alcuni ortofrutticoli e quelle relative agli aspetti ambientali derivanti, in particolari condizioni pedoclimatiche, dal dilavamento e dall'inquinamento delle acque dai nitrati (Newbould, 1989; Capotorti *et al.*, 1996).

Pertanto la determinazione chimica dell'azoto inorganico presente nel suolo sta acquisendo notevole importanza sia per migliorare le pratiche di fertilizzazione sia per ridurre le perdite per lisciviazione dei nitrati. Particolare interesse riveste la determinazione dell'N-NO₃⁻ in quanto la maggior parte delle piante, ad esclusione di quelle adatte ad ambienti acidi, crescono meglio se nutrite con questo ione. Per questo motivo diversi autori propongono di analizzare l'azoto nitrico del suolo prima di intervenire con apporti azotati (Fox *et al.*, 1989). Peraltro, il contenuto di N-NO₃⁻ del suolo è molto variabile anche a causa delle perdite per lisciviazione (precipitazioni atmosferiche ed interventi irrigui), per effetto dei cicli di essiccamento e di inumidimento del suolo, per risalita capillare nei casi di falde poco profonde. Di conseguenza può essere opportuno abbinare alla determinazione dell'N minerale del suolo anche quella dello stato nutrizionale azotato, durante il ciclo della coltura, attraverso la diagnostica fogliare o per mezzo di test rapidi quali l'indice in verde o il contenuto dei nitrati nel gambo (Manbelli *et al.*, 1997; Daugaard e Todsén, 1999; Lacertosa e Montemurro,

2001). D'altra parte, il rilievo dell'N del terreno risulta meno efficace del contenuto dei nitrati nel gambo che, peraltro, presenta un'ampia variabilità geografica come indicato nel frumento duro da Roth *et al.* (1989). Infine alcuni autori indicano che anche il contenuto minerale dei frutti può essere utilizzato quale parametro per definire lo stato nutrizionale delle piante (Gallasch *et al.*, 1984).

Pertanto è stato determinato il contenuto dei nitrati nei suoli, nelle foglie e nei frutti di alcune colture tipiche della pianura del Metapontino, al fine di migliorare la base conoscitiva di questo importante parametro ottimizzando gli interventi conservativi delle potenzialità produttive degli agroecosistemi e per ridurre gli effetti negativi delle pratiche agricole.

Materiali e metodi

Da uno studio di monitoraggio della fertilità dei suoli effettuato dalla Metapontum Agrobios sono state selezionate 607 analisi riferite a campionamenti effettuati nella fascia Ionica del Metapontino (411 nella provincia di Matera e 196 in quella di Taranto) e 1003 effettuati nelle aree della collina e delle aree interne della Basilicata (203 nella provincia di Matera e 800 in quella di Potenza). I prelievi del terreno, effettuati a partire dal 1996 secondo metodologia standard di campionamento (D.M. 11/5/92) sono stati realizzati dai divulgatori agricoli delle Aziende Sperimentali e Dimostrative Regionali, delle Organizzazioni Professionali e da tecnici del comprensorio.

Le analisi eseguite secondo metodiche ufficiali (D.M. 11/5/92, D.M. 13/9/99) presso il laboratorio di chimica agraria della Metapontum Agrobios hanno riguardato i seguenti parametri: caratteristiche granulometriche (Boujocous), conducibilità ($EC_{1:2}$), nitrati (Dionex) e sostanza organica (Walkley-Black). Sono state distinte tre tipologie di suolo sulla base delle classi di tessitura (classificazione USDA): terreno argilloso (comprendenti le classi Argilloso, Argilloso Limoso, Argilloso Sabbioso e Limoso), terreno franco (comprendenti le classi Franco, Franco Limoso Argilloso, Franco Argilloso e Franco Limoso) e terreno sabbioso (per le rimanenti classi).

Inoltre sulle foglie delle colture rilevate (agrumi, fragola, vite, melanzana, melone, anguria) è stato determinato il contenuto di nitrati del gambo tramite Nitratech (MERCK), espresso come $mg\ kg^{-1}$ di peso fresco, e messo a punto da Pommerening *et al.* (1992) su vegetali freschi. Sulle medesime parti vegetali è stato rilevato il contenuto di azoto totale (espresso come $g\ 100\ g^{-1}$ sulla sostanza secca) attraverso il CHN (600 LECO) ed.

Infine sui frutti delle colture rilevate (agrumi, fragola, vite, melanzana, melone, anguria) è stato determinato il contenuto di nitrati e di azoto totale della parte edibile, con le stesse metodologie effettuate per le foglie. In particolare sulla fragola l'indagine è stata più approfondita effettuando la determinazione dei parametri in tre epoche di raccolta e per le principali cultivar coltivate nel metapontino.

Risultati

Le principali caratteristiche fisico-chimiche dei terreni del Metapontino e delle aree interne della Basilicata (media \pm deviazione standard) suddivisi per tre tipologie di suolo (argilloso, franco e sabbioso) sono riportate in tabella 1. Il valore medio dei nitrati è simile nei due ambienti geografici per le diverse tipologie di terreno ad esclusione dei terreni argillosi della pianura metapontina che presentano valori più alti ($54,4 \text{ mg kg}^{-1}$). D'altra parte, le deviazioni standard riscontrate nei nitrati sono risultate molto elevate, indicando la presenza di una forte variabilità di questo parametro in tutte le tipologie di suolo. La sostanza organica è sempre minore nei terreni sabbiosi rispetto a quelli argillosi e franchi, mentre le aree interne hanno presentato sempre contenuti di sostanza organica maggiori. Peraltro simile andamento era stato evidenziato in una precedente ricerca sulla fertilità dei suoli della Basilicata che aveva evidenziato la diminuzione significativa della sostanza organica dalle zone ad altitudine maggiore a quelle più basse e dai comprensori dell'entroterra a quelli litoranei, secondo gradienti di temperatura e di piovosità (Lacertosa *et al.*, 1997a).

Tabella 1. Contenuto di nitrati, sostanza organica e conducibilità elettrica (media \pm d. s.) nei suoli del Metapontino e delle aree della Basilicata suddivisi per tipologia di suolo

	Pianura Metapontina			Aree interne della Basilicata		
	Argilloso (n=159)	Franco (n=126)	Sabbioso (n=322)	Argilloso (n=421)	Franco (n=366)	Sabbioso (n=216)
Nitrati mg kg^{-1}	54,4 \pm 117,9	38,3 \pm 83	32,4 \pm 68,6	32,5 \pm 37,2	35,1 \pm 44,8	41,3 \pm 51,7
S.O. %	1,62 \pm 0,64	1,8 \pm 0,81	1,28 \pm 0,58	1,93 \pm 0,63	2,01 \pm 0,80	1,70 \pm 0,86
EC 1:2 mS cm^{-1}	0,344 \pm 0,25	0,331 \pm 0,25	0,282 \pm 0,20	0,199 \pm 0,16	0,199 \pm 0,19	0,175 \pm 0,12

La conducibilità elettrica ($\text{EC}_{1:2}$) risulta correlata positivamente con il contenuto di nitrati sia per i terreni del Metapontino (0,64), sia per quelli delle aree interne (0,28). D'altra parte in una ricerca sulle caratteristi-

che fisiche e chimiche dei suoli agrari della Basilicata (Palazzo *et al.*, 1997), l'analisi fattoriale per lo studio della variabilità territoriale ha messo in evidenza che la componente salinità raggruppa oltre alla conducibilità elettrica, al sodio, ai cloruri ed ai solfati anche il contenuto di nitrati del terreno. In particolare questo fattore è risultato maggiore nel metapontino rispetto alle aree interne a causa delle ridotte precipitazioni, dell'elevata intensità colturale e del ricorso intensivo e spesso irrazionale di alcune pratiche agricole (irrigazione e concimazione in particolare).

In figura 1 si riporta la distribuzione di frequenza del contenuto di nitrati dei suoli del Metapontino. Il contenuto di azoto nitrico varia considerevolmente nel corso della stagione a seguito dei processi di mineralizzazione della sostanza organica e delle condizioni termo pluviometriche ambientali. Poiché fornisce una misura della disponibilità di azoto assorbibile dalla pianta, può rappresentare un metodo per stabilire la necessità o meno di un intervento di concimazione (Iversen *et al.*, 1985; Roth *et al.*, 1989). Valori di nitrati al suolo superiori a 20 mg kg^{-1} (il 32,6% dei campioni del Metapontino) presentano condizioni in cui si potrebbe ridurre considerevolmente la fertilizzazione azotata. D'altra parte il valore medio del contenuto di nitrati della pianura metapontina ($39,4 \text{ mg kg}^{-1}$) non è un parametro statistico che riassume in maniera esaustiva l'andamento dei nitrati nel suolo poiché la distribuzione non è di tipo normale (circa il 30% dei campioni presenta valori di nitrati $< 5 \text{ mg kg}^{-1}$).

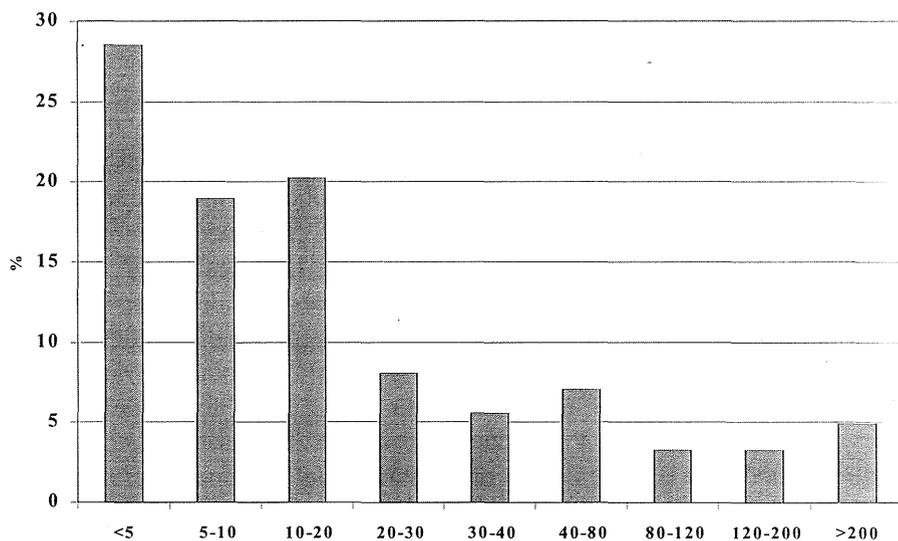


Figura 1. Istogramma di frequenza del contenuto di nitrati (mg kg^{-1}) in suoli agrari del Metapontino

In tabella 2 sono riportati i contenuti di nitrati, sostanza organica e conducibilità elettrica in suoli del Metapontino suddivisi per colture. I dati mostrano che le colture ortive presentano un contenuto di nitrati sensibilmente maggiore rispetto alle altre colture, superiore in media da 5 a 10 volte. Andamento similare, ma più contenuto, hanno fatto registrare anche il contenuto di sostanza organica e la conducibilità elettrica, indicando una maggiore intensificazione delle pratiche colturali nelle colture orticole. D'altra parte le deviazioni standard risultano comunque elevate per tutte le tipologie colturali.

Tabella 2. Contenuto di nitrati, sostanza organica e conducibilità elettrica (media \pm d. s.) in suoli del Metapontino per colture

	Agrumi (n=241)	Fragola (n=102)	Fruttiferi (n=65)	Olivo (n=14)	Ortive (n=31)	Seminativo (n=46)	Vigneto (n=79)
NO_3^- mg kg ⁻¹	36,4 \pm 88,6	36,4 \pm 60,7	26,4 \pm 79,4	14,8 \pm 12,8	134,8 \pm 193	35,4 \pm 52,8	30,5 \pm 63,5
S.O.%	1,55 \pm 0,69	1,45 \pm 0,66	1,60 \pm 0,58	1,33 \pm 0,38	1,53 \pm 0,91	1,30 \pm 0,71	1,29 \pm 0,68
EC _{1:2} mS cm ⁻¹	0,294 \pm 0,21	0,349 \pm 0,20	0,266 \pm 0,14	0,306 \pm 0,27	0,486 \pm 0,39	0,267 \pm 0,22	0,287 \pm 0,22

Nella tabella 3 sono riportati il contenuto di azoto totale e di NO_3^- nelle foglie e nella parte edule dei frutti delle colture oggetto d'indagine. Il contenuto dei nitrati nel gambo delle colture rilevate ha presentato una notevole variabilità, passando da 221 mg kg⁻¹ a 3057 mg kg⁻¹, rispettivamente per la melanzana e per l'anguria. Peraltro, a fronte di elevati valori di nitrati riscontrati nella pianta durante il ciclo vegetativo si contrappongono valori ridotti nella parte edule dei frutti a fine ciclo. In particolare per agrumi, vite ed anguria il contenuto di nitrati della parte edule è stato al di sotto del valore minimo rilevabile dallo strumento (< 10 mg kg⁻¹), mentre per le altre colture (fragola, melanzana e melone) il contenuto, comunque ridotto, è notevolmente inferiore a quanto rilevato, nello stesso ambiente, su ortaggi da foglia e da fiore (Palazzo *et al.*, 1994; Lacertosa *et al.*, 1997b), confermando il basso livello di pericolosità di questi prodotti per il consumatore. Peraltro i nitrati nel gambo possono rappresentare un indice importante per determinare lo stato nutrizionale precoce delle piante e razionalizzare l'intervento della concimazione azotata. Sempre dall'analisi della tabella 3 si evince che sia nelle foglie che nei frutti il contenuto di azoto totale è risultato più stabile (ridotte deviazioni standard) del contenuto dei nitrati.

Nella tabella 4 e 5 si riporta il contenuto in nitrati ed in azoto totale in frutti di fragola in tre epoche di raccolta (precoce, normale e tardiva) nel periodo 1998-2000, per le principali cultivar allevate nel Metapontino (Miranda, Pajaro, Paros, Tethis e Tudla). Sensibilmente maggiore è risultato

il valore di nitrati e di azoto totale nel prodotto raccolto precocemente rispetto a quello tardivo (113,3 e 85,5 mg kg⁻¹ per i nitrati, e 87,6 e 78,5 mg 100 g⁻¹ per l'azoto totale, rispettivamente per raccolta precoce e tardiva), probabilmente a seguito delle ultime fertirrigazioni azotate effettuate. Infine una sensibile differenza varietale è stata riscontrata, soprattutto per il contenuto dei nitrati, con maggiori livelli presenti in Tudla rispetto a Miranda e Paros, indicando che la scelta della cultivar può influire sensibilmente sulla capacità di accumulo dei nitrati.

Tabella 3. Contenuto di azoto e di NO₃⁻ nelle foglie e nella parte edule dei frutti (media ± d. s.)

Coltura	Numero di campioni	Foglie		Numero di campioni	Frutti	
		N totale (%) sulla s.s.	NO ₃ ⁻ nel gambo (mg kg ⁻¹)		N totale (mg 100g ⁻¹ sul tal q.)	NO ₃ ⁻ (mg kg ⁻¹)
Agrumi	245	2,54±0,33	294±361	120	95,0±22,0	< 10
Fragola	115	3,20±0,35	964±701	116	82,2±14,5	106,3±58,8
Vite	118	2,91±0,60	1425±1189	43	97,1±22,0	< 10
Melanzana	45	3,08±0,50	221±379	45	136,7±32,1	133,4±101
Melone*	12	3,64±0,30	2726±842	12	236,4±34,2	36,5±10,2
Anguria*	28	4,36±0,59	3057±1164	12	110,1±22,2	< 10

* azoto nei frutti calcolato sul frutto intero

Tabella 4. Contenuto in nitrati ed azoto (media ± d.s.) in frutti di fragola in tre epoche di raccolta nel 1998-2000

	Precoce (n=36)	Normale (n=37)	Tardiva (n=43)
Nitrati mg kg ⁻¹	113,3 ± 56,7	115,3 ± 66,1	85,5 ± 51,9
Azoto mg 100g ⁻¹	87,6 ± 13,5	79,8 ± 15,4	78,5 ± 12,8

Tabella 5. Contenuto in nitrati ed azoto in frutti di fragola per diverse cultivar (media ± d.s.)

Dati	Miranda (n=24)	Pajaro (n=37)	Paros (n=7)	Tethis (n=12)	Tudla (n=24)
Nitrati mg kg ⁻¹	72,9±47,2	101,7±58,2	75,2±34,3	94,5±61,5	130,4±60,2
Azoto mg 100g ⁻¹	77,6±12,9	85,5±15,2	76,1±19,1	82,3±15,1	83,5±12,2

Conclusioni

I risultati di questa indagine mostrano che il contenuto dei nitrati nei suoli è molto variabile, mentre quello rilevato nelle colture è più stabile; peraltro i nitrati presenti nel gambo sono stati sempre maggiori di quel-

li dei frutti. Pertanto sarebbe opportuno ottenere intervalli ottimali di dotazione di nitrati nei gambi o in frutti utilizzabili per identificare deficienze o eccessi di azoto anche al fine di modulare gli interventi di fertilizzazione (Gallash et al., 1984; Binford et al., 1992).

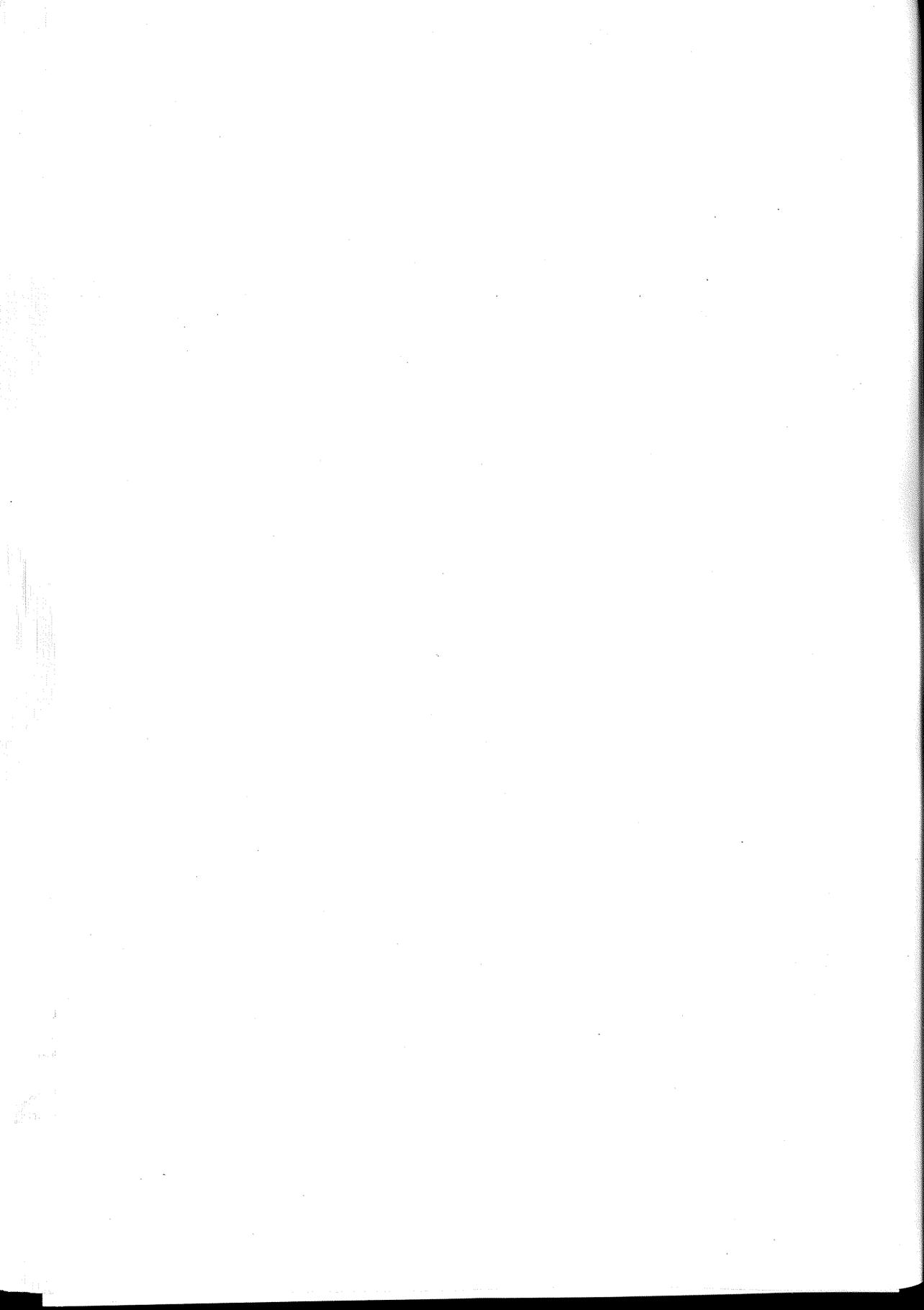
Peraltro la conoscenza delle caratteristiche del suolo è di basilare importanza sia per la individuazione delle aree sensibili sia per la predisposizione dei piani di fertilizzazione azotata previsti nel codice di buona pratica agricola per la protezione delle acque dai nitrati (Benedetti e Sequi, 1999). A tal fine la determinazione dell'N nitrico nei suoli, che viene talvolta e per alcune colture già utilizzata per razionalizzare la fertilizzazione azotata, può costituire un valido supporto insieme alla determinazione dello stato nutrizionale durante il ciclo colturale.

Bibliografia

- BENEDETTI A., SEQUI P. 1999. Codice di buona pratica agricola per la protezione dell'acqua dai nitrati. *L'informatore Agrario*, 27: 27-30.
- BINFORD G. D., BLACKMER A. M., MEESE B. G. 1992. Optimal concentrations of nitrate in cornstalks at maturity. *Agron. J.*, 84: 881-887.
- CAPOTORTI G., MONTEMURRO F., LACERTOSA G., BERNARDONI C., PALAZZO D. 1996. Effetti di concimi fogliari sul contenuto di nitrati in lattuga. *Culture protette*, 1: 65-70.
- DAUGAARD H., TODSEN T.T. 1999. Nitrogen fertilization of strawberries: Nmin, leaf dry matter and leaf sap analysis as control methods. *Journal of plant nutrition*, 22: 1679-1685.
- D.M. 11/5/92. N.79. Approvazione dei metodi ufficiali di analisi chimica del suolo. Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste
- D.M. 13/9/99. Approvazione dei metodi Ufficiali di analisi chimica del suolo. Mi.P.A.F
- FOX R. H., ROTH G. W., IVERSEN K. V., PIECIELEK W. P. 1989. Soil and tissue nitrate test compared for predicting soil nitrogen availability to corn. *Agron. J.*, 81: 971-974.
- GALLASCH P.T., DALTON G.S., ZIERSCH J. 1984. The use of juice analysis to define the fertiliser requirements of citrus. *Proc. Int. Citriculture*, 1:140-142.
- IVERSEN K. V., FOX R. H., PIECIELEK W. P. 1985. The relationships of nitrate concentrations in young corn stalks to soil nitrogen availability and grain yields. *Agron. J.*, 77: 927-932.
- LACERTOSA G., MONTEMURRO N., MARTELLI S., SANTOSPIRITO G., PALAZZO D. 1997a. Indagine sulle caratteristiche chimico fisiche dei suoli agrari nella regione Basilicata. *Supplemento Meridione dell'Informatore Agrario*, 26: 31-33.
- LACERTOSA G., MONTEMURRO F., CAPOTORTI G., PALAZZO D., 1997b. Influenza dei fattori ambientali e della disponibilità di azoto sulla concentrazione di nitrati nella lattuga (*Lactuca sativa* L.). *Riv. di Agron.*, 31, (1): 74-79.
- LACERTOSA G., MONTEMURRO F. 2001. Test rapidi per determinare il contenuto in azoto di alcune colture tipiche del Meridione. *L'informatore Agrario*, 14: 67-70.
- MANBELLI S., DAL RIO M.P., VENTURI G. 1997. Razionalizzazione della concimazione azotata: ruolo della diagnosi dello stato nutrizionale della pianta. *Riv. di Agron.*, 31(3): 554-564.
- NEWBOULD P., 1989. The use of nitrogen fertilizers in agriculture. Where do we go practically and ecologically. *Plant*

and Soil, 115, 297-311.

- PALAZZO D., LACERTOSA G., MONTEMURRO N., FORTUNATO M., VANADIA S. 1997. Applicazione dell'analisi fattoriale per lo studio della variabilità territoriale delle caratteristiche fisiche e chimiche dei suoli agrari. *Atti Convegno XV SICA*, 335-340.
- PALAZZO D., POMMERENING B., PALMA A., MARTELLI S., 1994. Indagine sui nitrati nelle orticole dell'area metapontina. *L'informatore Agrario*, 35: 59-64.
- POMMERENING B., PALAZZO D., MASTROVITO D., MARTELLI S., VANADIA S. 1992. A quick test for determining NO_3^- concentrations in fresh vegetables. *Advanced in Horticultural Scienc*, 1: 33-36.
- ROTH G. W., FOX R. H., MARSHALL H. G., 1989. Plant tissue tests for predicting nitrogen fertiliser requirements of winter wheat. *Agron. J.*, 81: 502-507.



EFFETTO DELL'INIBITORE DELLA NITRIFICAZIONE 3,4 DMPP SULLA EFFICIENZA ED EFFICACIA DELLA CONCIMAZIONE AZOTATA DEL FRUMENTO DURO

Antonio Coli¹, Marco Mazzoncini¹, Rosalba Risaliti¹, Donato Tesi²

¹ Centro Interdipartimentale di Ricerche Agro-Ambientali "E. Avanzi"
Università degli Studi di Pisa - Via Vecchia di Marina, 6 - 56010 S. Piero a Grado (PI)

² Compo Agricoltura S.p.A.
Via Marconato, 8 - 20031 Cesano Maderno (MI)

Riassunto

Il miglioramento dell'efficienza della nutrizione azotata è divenuto uno degli obiettivi principali della ricerca in materia di fertilizzazione, in questa ottica i fertilizzanti a lento rilascio ed i fertilizzanti stabilizzati stanno riscuotendo un interesse crescente. In prove sperimentali di pieno campo sono state valutate le caratteristiche agro-ambientali di un inibitore della nitrificazione, il 3,4 DMPP. L'esperimento ha avuto la durata di tre anni durante i quali la produzione è stata valutata congiuntamente all'efficienza apparente ed all'efficacia produttiva per verificare l'applicabilità di questo prodotto in sistemi agricoli compatibili con la salvaguardia dell'ambiente.

Summary

As the increase of nitrogen efficiency is one of the main objective of fertilization research, control-release and stabilized fertilizers are considered as an important tool in environmentally responsible plant nutrition. The 3,4 DMPP, has been studied to evaluate its agro-environmental characteristics. The expected environmental benefits concern with minimizing nitrogen losses, on the other hand improving nutrient efficiency could bring to higher crop yield.

In a three-year field trial, crop yield, efficiency and effectiveness have been observed in order to evaluate the usability of nitrogen-stabilized fertilizers and their possible use in environmental-friendly farming and fertilization systems.

Introduzione

La tutela della qualità delle acque superficiali e sotterranee è divenuto uno degli obiettivi principali dei modelli agricoli sostenibili. La ne-

cessità di contenere l'inquinamento da nitrati di origine agricola ha portato all'emanazione di specifiche normative in materia di fertilizzazione azotata in cui si precisa che l'apporto di fertilizzanti deve essere commisurato al reale fabbisogno delle colture ed alle caratteristiche del territorio (D.L. 152/1999).

In questa ottica, la validità agronomica dei fertilizzanti assume un significato più ampio; la valutazione degli aspetti quali-quantitativi delle produzioni ottenute deve essere considerata congiuntamente alla ricaduta ambientale della fertilizzazione (Benedetti, 1998).

Per ottimizzare la gestione dell'azoto nel sistema suolo-pianta sono allo studio da diversi anni prodotti fertilizzanti stabilizzati con inibitori della nitrificazione che agiscono deprimendo temporaneamente l'attività batterica. L'effetto batteriostatico è particolarmente attivo nei confronti dei batteri del genere *Nitrosomonas*, responsabili dell'ossidazione dello ione ammonio a nitriti (Zacherl e Amberger, 1990). Il rallentamento di questo primo stadio di ossidazione causa la diminuzione della velocità dell'intero processo ossidativo, nel suolo l'azoto si mantiene più a lungo sotto forma ammoniacale, significativamente meno esposta al rischio di lisciviazione (Watson et al. 1994). Il ricorso a fertilizzanti stabilizzati con inibitori della nitrificazione dovrebbe permettere la riduzione degli apporti azotati, sia in valore assoluto, sia per quanto concerne il numero di applicazioni. Dal punto di vista ambientale, la ridotta lisciviazione dei nitrati, le limitate emissioni di ossido di azoto, la minore volatilizzazione di composti ammoniacali e di altri composti dal rilevante effetto sul clima, dovrebbero contribuire in modo significativo a contenere l'impatto della fertilizzazione (Bronson 1992; Bronson e Mosier 1993; Bronson e Mosier 1994). E' stato inoltre descritto un effetto indiretto sulla disponibilità dei fosfati, che si tradurrebbe in un miglioramento della nutrizione fosfatica delle colture (Amberger 1991; Amberger 1992). Valutando globalmente il sistema suolo-pianta, il ricorso ai fertilizzanti stabilizzati dovrebbe quindi migliorare sia l'efficienza sia l'efficacia produttiva contenendo il rischio di dispersione del nutriente nell'ambiente ed utilizzando al meglio l'energia sussidiaria.

Materiali e metodi

Dal 1997 il Centro Interdipartimentale di Ricerche Agro-Ambientali "E. Avanzi" dell'Università di Pisa in collaborazione con la Compo Agricoltura S.p.A., realizza prove sperimentali tese a valutare gli aspetti agronomici ed ambientali della fertilizzazione azotata con prodotti stabilizzati (Coli et al., 2000). Dal 1998 al 2000 questo tipo di studi si sono

concentrati sulla valutazione di due formulati a base di solfo-nitrato ammonico: SNA e SNAI, quest'ultimo stabilizzato con l'inibitore della nitrificazione 3,4 DMPP (3,4 dimetil-pirazolo-fosfato) sulla coltura di frumento duro. Nel primo anno di sperimentazione la quantità di azoto complessivamente distribuita è stata di 140 kg ha⁻¹ mentre negli anni successivi si è fatto ricorso a due diversi livelli di azoto (100 e 140 kg ha⁻¹); in entrambi i casi sono state utilizzate tre diverse epoche di distribuzione (alla semina, all'accestimento e frazionata). Nelle parcelle che prevedevano la distribuzione frazionata il fertilizzante è stato distribuito in copertura in corrispondenza delle fasi di accestimento e di levata (tabella 1).

Tabella 1. Trattamenti posti a confronto nel triennio 1998 - 2000

	Tipo di fertilizzante	Dose	Epoca di distribuzione
Triennio 1998-2000	solfo-nitrato ammonico + 3,4 DMPP (SNAI)	140 kg ha ⁻¹	100% alla semina
	solfo-nitrato ammonico (SNA)		100% all'accestimento
			70% all'accestimento + 30% alla levata
Biennio 1999-2000	solfo-nitrato ammonico + 3,4 DMPP (SNAI)	100 kg ha ⁻¹	100% alla semina
	solfo-nitrato ammonico (SNA)		100% all'accestimento
			70% all'accestimento + 30% alla levata

Le prove sperimentali sono state effettuate su terreni con diverse caratteristiche fisico-chimiche e meccaniche; nell'annata 1997-1998 su un terreno limo-argilloso con buona dotazione di sostanza organica e di elementi nutritivi, nell'annata 1998-1999 su un terreno con analoghe caratteristiche fisico-meccaniche, decisamente meno dotato in termini di nutrienti. Nell'ultimo anno la ricerca è stata realizzata su un terreno sabbio-limoso scarsamente dotato in sostanza organica (tabella 2).

Tabella 2. Principali caratteristiche fisico chimiche dei terreni che hanno ospitato le prove sperimentali

	Anno		
	1997-1998	1998-1999	1999-2000
<i>Granulometria (g 100g⁻¹)</i>			
Scheletro (>2 mm)	assente	assente	assente
Sabbia (2-0.02 mm)	16.6	22.1	57.1
Limo (0.02-0.002 mm)	51.0	46.0	32.0
Argilla (<0.002 mm)	32.4	31.9	10.9
<i>Caratteristiche chimiche</i>			
pH	8.0	8.0	7.3
Sostanza organica (g 100g ⁻¹) (1)	2.17	1.62	1.47
Azoto totale (g 100g ⁻¹) (2)	0.13	0.11	0.21
Fosforo assimilabile (mg g ⁻¹) (3)	19.3	8.4	19.2

(1): metodo Lotti; (2): metodo Kjeldhal; (3): metodo Olsen.

Il dettaglio delle principali notizie agronomiche relative alla conduzione delle ricerche sul cereale a paglia nel triennio di sperimentazione sono riportate in tabella 3. A raccolta sono state determinate la produzione utile e la biomassa totale. E' stata inoltre valutata la concentrazione di azoto nella paglia e nella granella della pianta secondo il metodo Kjeldhal (Jones, 1991). Dai parametri misurati è stato possibile calcolare il contenuto proteico della granella e le asportazioni in azoto operate dalla coltura. Sono state quindi calcolate l'efficienza apparente e l'efficacia produttiva della concimazione azotata così come definite da Giardini (1989):

- efficienza apparente della concimazione Efa

$$Efa = (Dc - Dcn) / Dn$$

dove: Dc corrisponde alla quantità di N assorbita dalla coltura concimata; Dcn corrisponde alla quantità di N assorbita dalla coltura non concimata, mentre Dn corrisponde alla dose di N distribuita.

- efficacia produttiva Er

$$Er = (Rn - R0) / Dn$$

dove: Rn ed R0 sono le rese unitarie rispettivamente della coltura concimata e della coltura non concimata e Dn è la dose di N distribuita con la concimazione.

Tabella 3. Principali interventi agrotecnici effettuati nel triennio di sperimentazione

	Anno		
	1997-1998	1998-1999	1999-2000
Lavorazione principale	Aratura autunnale (25-30 cm)		
Cultivar	Cirillo		
Concimazione (kg ha ⁻¹)	P ₂ O ₅ 120 K ₂ O 120	P ₂ O ₅ 120 K ₂ O 120	P ₂ O ₅ 150 K ₂ O 150
Diserbo di post-emergenza	Clodinafop-propargyl + Tribenuron-methyl (20 g ha ⁻¹ + 200 ml ha ⁻¹)		

In campo è stato adottato uno schema sperimentale a blocco randomizzato con quattro replicazioni. Per l'intero triennio, l'analisi statistica dei risultati è stata condotta considerando come variabili sperimentali l'epoca di distribuzione (semina, accestimento e frazionata) ed il tipo di fertilizzante (SNA e SNAI), valutando solo la dose 140 Kg ha⁻¹. Nel biennio 1998-2000 è stato considerato un terzo fattore "dose di azoto" (100 kg ha⁻¹ e 140 kg ha⁻¹). L'analisi della varianza è stata impostata secondo un modello misto, in cui gli anni sono stati considerati come fattore casuale e le variabili sperimentali come fattori fissi. I risultati ottenuti sono stati elaborati per ogni singolo an-

no e ricombinati per una analisi poliennale previa determinazione della omogeneità della varianza degli errori (Gomez e Gomez, 1984).

Risultati e discussione

I tre anni di prova sono stati caratterizzati da andamenti climatici particolarmente siccitosi, con piovosità sensibilmente inferiore rispetto alla media poliennale (329 mm, 268 mm e 376 mm rispettivamente nel 1997-98, nel 1998-99 e nel 1999-00). Dalla seconda decade di aprile (periodo in cui è stata distribuita la seconda dose di azoto in copertura) alla metà di giugno (epoca di raccolta), le precipitazioni medie del triennio sono risultate pari a 80 mm, rispetto ad una media ventennale di circa 160 mm. In particolare, nel secondo anno di sperimentazione le precipitazioni verificatesi tra la terza decade di gennaio e la terza decade di marzo, periodo in cui il cereale è passato dalla fase di accostimento alla fase di levata, sono state di solo 18 mm. Nell'annata 1999-2000 il periodo intercorso tra la seconda concimazione di copertura e la fase di maturazione del frumento duro è stato caratterizzato da scarsa piovosità, appena 57 mm, rispetto ad una media ventennale pari a 145 mm (tabella 4).

Tabella 4. Precipitazioni registrate durante il ciclo colturale del frumento duro nel triennio di sperimentazione e nel ventennio 1981-2000

Annata	Periodo	Precipitazioni nel periodo di sperimentazione (mm)	Precipitazioni nel ventennio (mm)
1997-	dal 16.12.97 al 08.02.98 ⁽¹⁾	119	124
1998	dal 09.02.98 al 08.04.98 ⁽²⁾	112	115
	dal 09.04.98 al 20.06.98 ⁽³⁾	98	158
	<i>dal 20.11.97 al 20.06.98</i>	<i>329</i>	<i>397</i>
1998-	dal 09.11.98 al 21.01.99 ⁽¹⁾	163	181
1999	dal 22.01.99 al 30.03.99 ⁽²⁾	18	124
	dal 31.03.99 al 15.06.99 ⁽³⁾	87	189
	<i>dal 09.11.98 al 15.06.99</i>	<i>268</i>	<i>494</i>
1999-	dal 06.12.99 al 28.02.00 ⁽¹⁾	174	155
2000	dal 29.02.00 al 18.04.00 ⁽²⁾	145	110
	dal 19.04.00 al 15.06.00 ⁽³⁾	57	145
	<i>dal 06.12.99 al 15.06.00</i>	<i>376</i>	<i>410</i>

(1): periodo intercorso tra la concimazione alla semina e la prima concimazione in copertura; (2): periodo intercorso tra la prima concimazione in copertura e la seconda concimazione in copertura; (3): periodo intercorso tra la seconda concimazione in copertura e la fase di maturazione del frumento duro.

Queste circostanze hanno attenuato le differenze tra le tesi poste a confronto, non permettendo di valutare pienamente l'effetto del DMPP

che in genere manifesta la sua superiorità rispetto ai fertilizzanti convenzionali nelle annate più piovose (Zerulla, 2000). L'analisi statistica dei risultati non ha sostanzialmente evidenziato, per i caratteri considerati, significative interazioni tra il tipo di concime e l'epoca di distribuzione nel triennio e tra questi ultimi e la dose di fertilizzante distribuita nella sperimentazione biennale (tabella 5), pertanto la discussione si concentrerà sulla valutazione degli effetti principali dei trattamenti.

Tabella 5. Livelli di significatività dell' F per i caratteri esaminati

	Sostanza secca granella (t ha ⁻¹)	Proteine N (%)	N asportato totale (kg ha ⁻¹)	Efficienza apparente (%)	Efficacia produttiva (kg granella/kg N)
Triennio 1998-2000					
Tipo di concime	*	n.s.	*	*	n.s.
Epoca di distribuzione	n.s.	n.s.	*	*	*
Anno	***	***	***	n.s.	*
Concime x Epoca	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.
Concime x Anno	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Epoca x Anno	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Concime x Epoca x Anno	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Biennio 1999-2000					
Tipo di concime	*	n.s.	n.s.	n.s.	*
Epoca di distribuzione	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Dose di azoto	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Anno	***	***	***	***	n.s.
Concime x Epoca	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Concime x Dose	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Epoca x Dose	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Concime x Anno	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Epoca x Anno	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Dose x Anno	**	n.s.	*	***	***
Concime x Epoca x Dose	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.
Concime x Epoca x Anno	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Concime x Dose x Anno	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Epoca x Dose x Anno	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Concime x Epoca x Dose x Anno	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

*** P ≤ 0.001; ** P ≤ 0.01; * P ≤ 0.05; n.s. = non significativo

In tabella 6 sono riportate le produzioni utili, il contenuto proteico della granella, le asportazioni totali di azoto della coltura, l'efficienza apparente e l'efficacia produttiva nel triennio. L'elaborazione statistica dei dati, effettuata separatamente tra gli anni, non evidenzia differenze statisticamente significative tra i due fertilizzanti a confronto per nessuno dei caratteri considerati. Appare comunque opportuno sottolineare che la distribu-

zione del fertilizzante stabilizzato con DMPP ha permesso di conseguire migliori produzioni granellari ed una maggiore efficienza apparente ed efficacia produttiva. Relativamente alla granella le differenze produttive rilevate tra SNAI e SNA sono risultate comprese tra il 3% del 2000 ed il 5% del 1999, mentre l'efficacia della concimazione azotata, conseguente all'impiego del fertilizzante con DMPP, è risultata di circa il 14%, 23% e 7% rispettivamente nel 1998, nel 1999 e nel 2000. Le differenze a carico dell'efficienza apparente tra il fertilizzante stabilizzato e quello convenzionale sono risultate abbastanza contenute oscillando tra il +4% del 1998 ed il +6% del 1999 e del 2000.

Tabella 6. Effetto medio del tipo di concime e dell'epoca di distribuzione nel triennio 1998-2000

	Anno			Valori medi del triennio
	1997-1998	1998-1999	1999-2000	
Sostanza secca granella (t ha⁻¹)				
SNAI	5.18	5.89	3.66	4.91 a
SNA	4.99	5.62	3.54	4.72 b
Semina	5.03	5.80	3.55	4.79
Accestimento	5.07	5.67	3.42	4.72
Frazionata	5.17	5.79	3.83	4.93
Proteine (%)				
SNAI	14.34	16.45	13.96	14.92
SNA	13.98	16.57	13.37	14.64
Semina	13.54	16.10	13.40	14.33
Accestimento	14.30	16.27	14.15	14.91
Frazionata	14.63	17.15	13.51	15.10
N asportato totale (kg ha⁻¹)				
SNAI	185.9	215.8	132.5	178.1 a
SNA	183.4	211.4	127.4	174.1 b
Semina	173.7	205.5	124.4	167.9 b
Accestimento	187.6	208.5	131.4	175.8 ab
Frazionata	192.6	226.9	134.1	184.5 a
Efficienza apparente (%)				
SNAI	54	53	54	54 a
SNA	52	50	51	51 b
Semina	45	45	49	46 b
Accestimento	55	48	54	52 ab
Frazionata	59	61	55	58 a
Efficacia produttiva (kg di granella / kg di N)				
SNAI	11.5	10.3	13.1	11.6
SNA	10.1	8.4	12.3	10.3
Semina	10.4	9.6	12.4 b	10.8
Accestimento	10.7	8.8	11.4 b	10.3
Frazionata	11.4	9.6	14.3 a	11.8

Le medie contrassegnate dalle stesse lettere non sono significativamente diverse per $P \leq 0.05$ (LSD test)

Le asportazioni totali di azoto della coltura ed il contenuto proteico della granella sembrano essere stati condizionati in misura modesta dalla presenza dell'inibitore della nitrificazione, tanto che nel secondo anno di sperimentazione i valori medi delle proteine sono risultati più elevati nelle tesi che prevedevano la distribuzione dello SNA.

L'indagine statistica cumulata dei dati del triennio conferma gli esiti delle analisi effettuate per le singole annate, evidenziando la presenza di differenze statisticamente significative tra i due fertilizzanti sia per quanto riguarda la produzione granellare sia per quanto riguarda le asportazioni totali di azoto e l'efficienza apparente. L'utilizzazione del concime stabilizzato sembra determinare, rispetto al fertilizzante convenzionale, incrementi produttivi medi pari al 4% ed un miglioramento dell'efficienza apparente della concimazione (+6%). La presenza del DMPP ha determinato inoltre un incremento nelle asportazioni totali di azoto da parte del cereale a paglia (+2%).

Nessuna differenza statisticamente significativa è stata registrata tra i due tipi di concime relativamente all'efficacia produttiva ed al contenuto in proteine della granella.

Come media del triennio, l'effetto dell'epoca di distribuzione è risultato significativo soltanto per quanto concerne le asportazioni totali di azoto e l'efficienza apparente. Per entrambi i caratteri, la distribuzione frazionata dell'azoto ha permesso di conseguire risultati statisticamente superiori rispetto a quelli ottenuti con un'unica distribuzione alla semina, mentre nessuna differenza statisticamente apprezzabile è stata rilevata tra quest'ultima e la somministrazione unica in fase di accestimento. In particolare mentre le differenze produttive tra il concime addizionato con DMPP e quello convenzionale appaiono abbastanza contenute con la distribuzione frazionata (+2%), con la somministrazione unica all'accestimento ed alla semina il divario appare più evidente, con incrementi rispetto allo SNA dell'ordine del 4% e del 7% rispettivamente (figura 1). Anche per quanto riguarda l'efficacia produttiva (figura 2), i valori più elevati si sono ottenuti nelle tesi trattate con DMPP rispetto alle tesi trattate con SNA, questo risultato è stato osservato con la distribuzione frazionata (+6% come media del triennio), con la somministrazione unica all'accestimento (+13%) e con la distribuzione alla semina (+22%).

I risultati ottenuti dall'analisi del biennio 1999-2000 confermano quanto osservato nel triennio (tabella 7). L'utilizzazione del concime stabilizzato ha determinato sensibili differenze nell'efficienza, nell'efficacia produttiva e nel contenuto proteico della granella del frumento duro e nell'anno 2000 tali differenze sono risultate statisticamente significative (+20%, +17% e +7% rispettivamente).

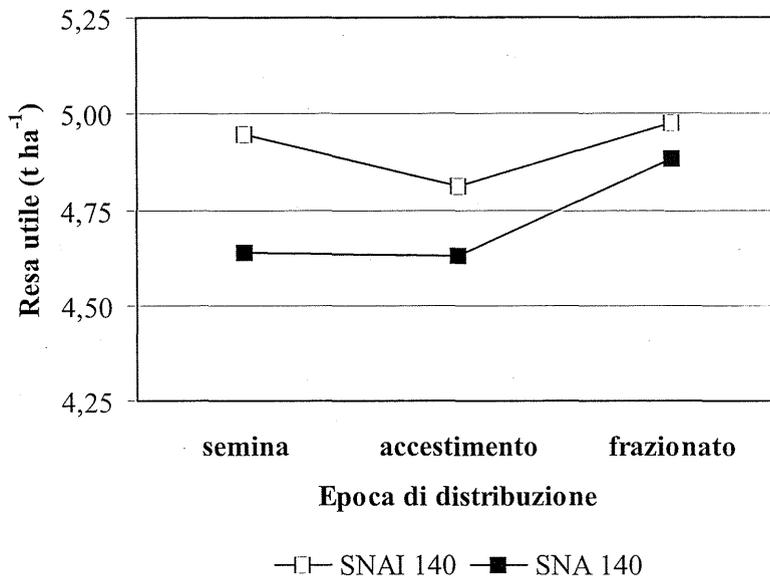


Figura 1. Effetto dell'interazione "tipo di concime x epoca di distribuzione" sulla produzione di granella (t ha⁻¹) del frumento duro. Valori medi del triennio

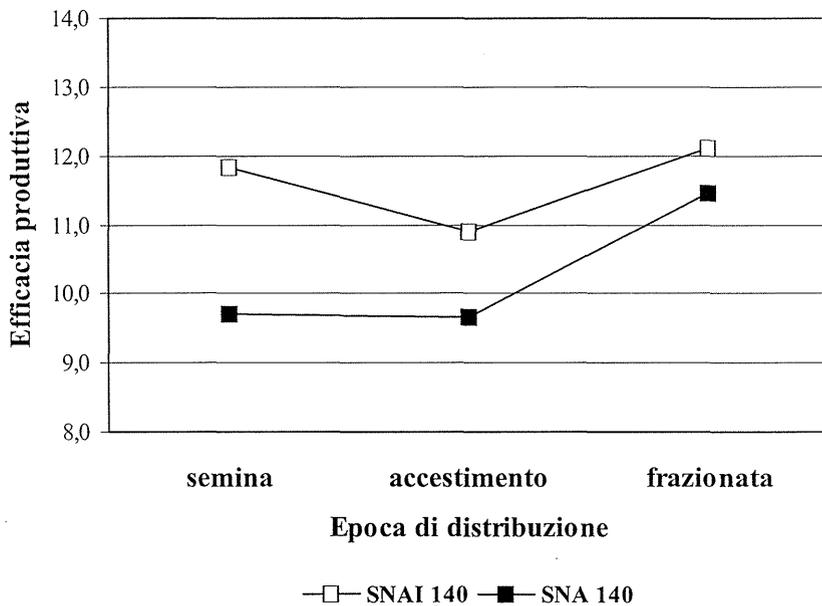


Figura 2. Effetto dell'interazione "tipo di concime x epoca di distribuzione" sull'efficacia produttiva (kg di granella / kg di N). Valori medi del triennio

Tabella 7. Effetto medio del tipo di concime, dell'epoca di distribuzione e della dose di N nel biennio 1999-2000

	Anno		Valori medi del biennio
	1998-1999	1999-2000	
Sostanza secca granella (t ha⁻¹)			
SNAI	6.09	3.53	4.81 a
SNA	5.91	3.31	4.66 b
Semina	5.97	3.54 a	4.76
Accestimento	6.02	3.15 b	4.58
Frazionata	6.00	3.57 a	4.78
100	6.24 a	3.24 b	4.74
140	5.75 b	3.60 a	4.68
Proteine (%)			
SNAI	16.06	14.15 a	15.11
SNA	16.05	13.20 b	14.63
Semina	15.95	13.22	14.59
Accestimento	15.86	14.02	14.94
Frazionata	16.36	13.79	15.08
100	15.61 b	13.68	14.65
140	16.51 a	13.67	15.09
N asportato totale (kg ha⁻¹)			
SNAI	217.9	126.0	172.0
SNA	216.0	115.5	165.8
Semina	210.3	121.9	166.1
Accestimento	216.5	117.2	166.9
Frazionata	224.0	123.2	173.6
100	220.2	111.6 b	165.9
140	213.6	130.0 a	171.8
Efficienza apparente (%)			
SNAI	65	59 a	62
SNA	64	49 b	57
Semina	59	56	58
Accestimento	65	50	58
Frazionata	70	56	63
100	78 a	55	67
140	51 b	53	52
Efficacia produttiva (kg di granella / kg di N)			
SNAI	14.4	14.5 a	14.5 a
SNA	12.9	12.4 b	12.7 b
Semina	13.3	14.8 a	14.1
Accestimento	14.0	11.0 b	12.5
Frazionata	13.6	14.6 a	14.1
100	17.9 a	14.2 a	16.1
140	9.3 b	12.7 b	11.0

Le medie contrassegnate dalle stesse lettere non sono significativamente diverse per $P \leq 0.05$ (LSD test)

L'effetto del trattamento "epoca di distribuzione" è risultato significativo solo nel secondo anno di prova e solo per alcuni caratteri. La produzione di granella e l'efficacia sono infatti risultate statisticamente inferiori per le tesi che prevedevano la distribuzione all'accestimento, nessuna differenza significativa è stata osservata tra la distribuzione alla semina e la distribuzione frazionata.

I caratteri esaminati sembrano essere stati condizionati in misura diversa dalle dosi di azoto impiegate. Nell'annata 1998-1999 i minori apporti di fertilizzante azotato (100 kg ha^{-1}) hanno determinato significativi incrementi della resa granellare, dell'efficienza e dell'efficacia, mentre il contenuto proteico è risultato significativamente più contenuto. Al contrario, nel secondo anno di prova, la produzione utile e le asportazioni totali di azoto sono risultate statisticamente superiori distribuendo 140 kg ha^{-1} di N.

L'analisi cumulata del biennio, per quanto concerne l'efficienza e l'efficacia del fertilizzante stabilizzato, conferma quanto precedentemente osservato per merito dell'analisi del triennio. Il concime azotato stabilizzato con DMPP ha determinato un apprezzabile ma non significativo incremento dell'efficienza (62% vs 57% del concime tradizionale) ed un significativo incremento dell'efficacia ($+14\%$). Risultati produttivi statisticamente superiori sono stati ottenuti distribuendo SNAI (4.81 t ha^{-1} vs 4.66 t ha^{-1}) mentre non si sono osservate differenze significative riguardo al contenuto proteico della granella ed alle asportazioni di N operate dalla coltura di frumento duro.

L'interazione tra i tre trattamenti applicati nel biennio (tipo di fertilizzante, epoca di distribuzione e livello di fertilizzazione), pur non risultando statisticamente significativa, ha segnalato la possibilità di raggiungere elevatissimi livelli di efficienza (74%) e ottimali rese granellari distribuendo la dose di fertilizzante più bassa in un'unica soluzione alla semina (figure 3 e 4).

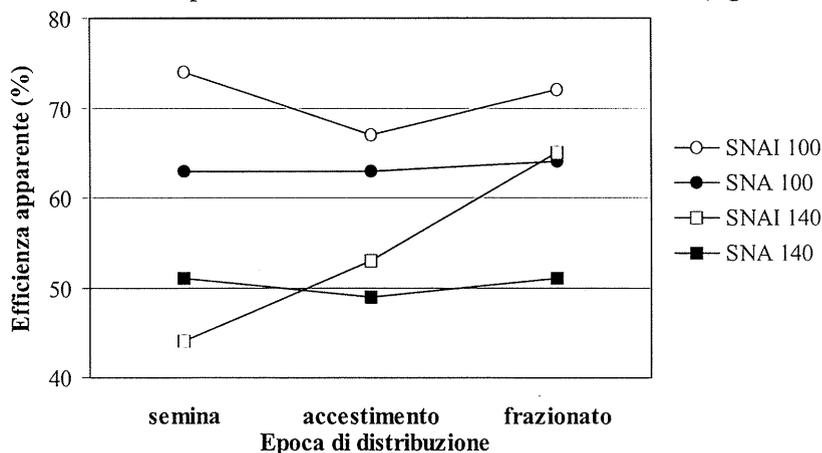


Figura 3. Effetto dell'interazione "tipo di concime x epoca di distribuzione x dose di azoto" sull'efficienza apparente (%) della concimazione azotata. Valori medi del biennio

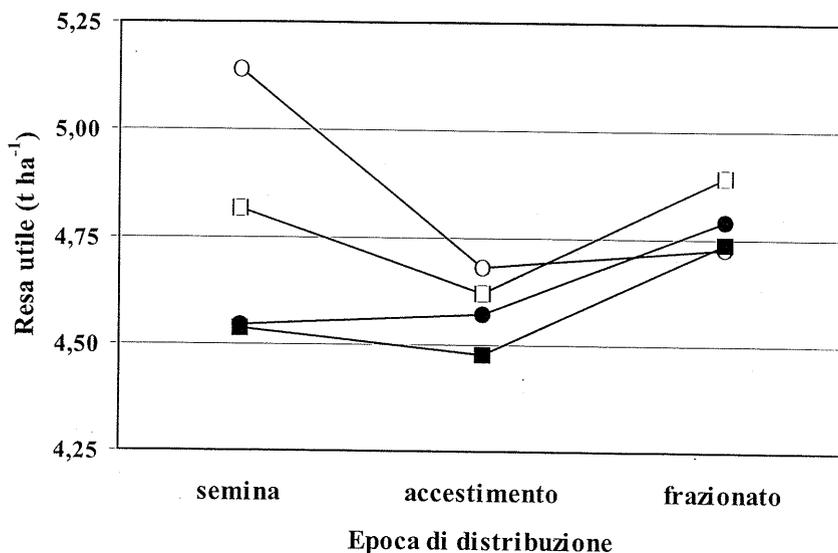


Figura 4. Effetto dell'interazione "tipo di concime x epoca di distribuzione x dose di azoto" sulla produzione di granella ($t\ ha^{-1}$) del frumento duro. Valori medi del biennio

Conclusioni

I risultati relativi alle tesi trattate con il prodotto stabilizzato, sembrano evidenziare una migliore sincronia tra rilascio di azoto da parte del fertilizzante ed esigenze nutrizionali della coltura. Purtroppo, il particolare andamento climatico dei tre anni di prova ha fortemente condizionato l'efficienza e l'efficacia del fertilizzante, non permettendo di valutare pienamente gli effetti agronomici ed ambientali del DMPP. Le differenze tra trattamenti, se pur apprezzabili a livello di medie, spesso non sono risultate statisticamente significative.

L'incremento dell'efficienza e dell'efficacia del fertilizzante nelle tesi trattate con l'inibitore della nitrificazione, lasciano supporre una riduzione del rischio potenziale di lisciviazione dell'azoto durante il ciclo colturale del frumento duro come già evidenziato negli studi condotti nel 1998 e 1999 relativamente alla presenza di azoto nitrico in diversi orizzonti di terreno diversamente fertilizzato (Mazzoncini *et al.*, 2000; Coli *et al.*, 2000).

I buoni risultati produttivi ottenuti nelle tesi fertilizzate in un'unica soluzione, sembrano indicare la convenienza di questo itinerario techni-

co, applicabile anche in sistemi colturali "a basso input" ed auspicabile in tutte le aree particolarmente vulnerabili ai fenomeni di lisciviazione.

Bibliografia

- AMBERGER A., 1992. Mobilization of rock phosphates in soils by root exudates and fertilization techniques. *Proceedings: 4th International IMPHOS conference "Phosphorus, life and environment"*. Gent, Belgium, Sept. 1992.
- BENEDETTI A., 1998. Fertilizzanti e ambiente un equilibrio possibile. *Terra e Vita n. 12 supplemento*, 4-8.
- BRONSON K. F., MOSIER A.R., BISHNOI S. R., 1992. Nitrous oxide emissions in irrigated corn as affected by nitrification inhibitors. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56, 161-165.
- BRONSON K. F., MOSIER A.R., 1993. Effect of nitrogen fertilizer and nitrification inhibitors on methane and nitrous oxide fluxes in irrigated corn. *Biochemistry of global change. Radiatively active trace gases*. Chapman & Hall. New York/London.
- BRONSON K. F., MOSIER A.R., 1994. Suppression of methane oxidation in aerobic soil by nitrogen fertilizers, nitrification inhibitors, and urease inhibitors. *Biol. Fertil. Soils*, 17(4), 263-8. Springer-Verlag, Berlin.
- COLI A., RISALITI R., MOSCHENI E., 2000. L'impiego dell'inibitore della nitrificazione 3,4 DMPP su frumento duro: effetti sulla produttività e sulla dinamica dei nitrati nel suolo. *Bollettino della Società Italiana di Scienza del Suolo*, volume 49 (4), 811-820.
- DELGADO, J. A., MOSIER, A. R., 1996. Mitigation alternatives to decrease nitrous oxides emissions and urea-nitrogen loss and their effect on methane flux. *J. Environ. Qual.* 25 (5). CodeN: JEVQAA; ISSN: 0047-2425.
- Direttiva del Consiglio 91/676/CEE del 12 dicembre 1991 relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato da nitrati provenienti da fonti agricole.
- GIARDINI L., 1989. Aspetti agronomici e fisiologici della concimazione azotata in relazione con l'ambiente. *Rivista di Agronomia*, 1, 3-22.
- GOMEZ A. K., and GOMEZ A. A., 1984. Statistical procedures for agricultural research. *Second edition*. J. Wiley & Sons, New York.
- JONES JR., BENTON J., WOLF B., MILLS H. A., 1991. Plant analysis handbook. Micro - Macro Publishing, Inc.
- KOSHINO M., 1993. The Environmental Protection Framework Concerning Fertilizer Use in Japan. Publisher: National Institute of Agro-Environmental Sciences, Department of Farm Chemicals, Tsukuba, Japan.
- MAZZONCINI M., TESI D., GINANNI M., COLI A., 2000. Effetto di un nuovo inibitore della nitrificazione sul contenuto di azoto nitrico del terreno. *L'Informatore Agrario*, 13: 29-32.
- TESI D., ZERULLA W., 1999. 3,4 DMPP, fertilizzanti stabilizzati per un'agricoltura sostenibile. *Bollettino della Società Italiana di Scienza del Suolo*, volume 48 (4), 867-872.
- TRENKEL M.E., 1997. Controlled release and stabilized fertilizers in agriculture. International Fertilizer Industry Association (IFA).
- WATSON C.J., MILLER H., POLAND P., KILPATRICK D.J., ALLEN M.D.B., GARRET M.K., CHRISTIANSON C.B. 1994. Soil properties and the ability of the urease inhibitor N-(n-butyl) thiophosphoric triamide (nBTPT) to reduce ammonia volatilization from surface-applied urea. *Soil Biology & Biochemistry*, Vol. 26, No. 9, 1165-1171.
- ZACHERL B., AMBERGER A. 1990. Effect of the nitrification inhibitors dicyandiamide, nitrapyrin and thiourea on

Nitrosomonas europea. *Fertilizer Research*, 22: 37-44.

ZERULLA W., 2000. Controlled release fertilizers and fertilizers with nitrification inhibitor. *Bollettino della Società Italiana di Scienza del Suolo*, volume 49 (4), 773-786.

PREVISIONE DELLO STATO NUTRIZIONALE E DELL'EFFICIENZA DELLA NUTRIZIONE AZOTATA IN COLTURE MERIDIONALI MEDIANTE TEST RAPIDI SU NITRATI E CLOROFILLA

Francesco Montemurro, Donato Ferri, Grazia Convertini

Istituto Sperimentale Agronomico
Via C. Ulpiani, 5 - 70125 BARI

Riassunto

Nell'azienda Sperimentale di Foggia dell'I.S.A. e nel Tavoliere Pugliese (Lucera - FG) sono state avviate due ricerche per prevedere lo stato nutrizionale delle colture e per razionalizzare la fertilizzazione azotata in mais in semina estiva (Foggia) e migliorare l'efficienza di utilizzazione dell'N in frumento duro (Lucera). La prima ricerca prevede un confronto fra fertilizzazione minerale e organica (refluo oleario compostato alla dose di 100 N kg ha^{-1}), mentre la seconda prevede, in due aree selezionate con procedure geostatistiche sulla base dello stato di fertilità agronomica dei suoli, un confronto fra una dose di fertilizzante ottimale per la zona e quantità differenti per modi e tempi di somministrazione dell'N. Durante il ciclo colturale ed alla raccolta sono state determinati l'accrescimento e il contenuto di N totale delle piante, lo stato nutrizionale (indice in verde e contenuto dei nitrati), l'N asportato, la produzione e le sue componenti. E' stato inoltre determinato il contenuto di N minerale ($\text{NNO}_3 + \text{NNH}_4$) del suolo.

I trattamenti posti a confronto sia per il mais che per il frumento hanno influito significativamente sui livelli produttivi e sul contenuto proteico. Stesso andamento hanno fatto registrare gli indicatori dello stato nutrizionale e una correlazione significativa è stata riscontrata fra questi parametri e le performance produttive, indicando che è possibile modulare la fertilizzazione azotata durante il ciclo colturale. D'altra parte, modificando la modalità di somministrazione dei fertilizzanti è possibile migliorare le risposte quanti-qualitative delle colture. Inoltre, in frumento non è stata ottenuta nessuna differenza fra le tesi maggiormente fertilizzate nella produzione ed avendo riscontrato un deficit di N minerale positivo, è possibile che parte di questo azoto sia rimasto sotto forma di N minerale nel suolo non utilizzato, con possibili rischi di lisciviazione.

La determinazione precoce dello stato nutrizionale del mais e del frumento trattate con fertilizzanti minerali od organici, si è rilevata un efficace strumento di razionalizzazione della concimazione azotata, in grado di ridurre le eccessive somministrazioni e di conseguenza i rischi ambientali.

Introduzione

L'azoto è un elemento che partecipa a tutti i processi metabolici della pianta e, di conseguenza, l'assorbimento dal terreno e la relativa traslocazione nelle diverse parti di pianta sono processi fisiologici dipendenti anche dagli stadi di sviluppo e di crescita della pianta stessa (Schenk, 1996). Per questo motivo, negli ultimi anni è stata prestata un'attenzione crescente al miglioramento d'efficienza dell'utilizzazione dell'azoto da parte di numerose specie vegetali (Mahler *et al.*, 1994; Capotorti *et al.*, 1996); d'altra parte, per la sua mobilità nel sistema suolo-pianta-atmosfera, l'azoto è soggetto ad una facile perdita nell'ambiente, soprattutto se non viene somministrato razionalmente alle colture (Giardini, 1989; Guillard *et al.*, 1995; Delogu *et al.*, 1998). Per una corretta gestione della nutrizione azotata delle piante non è possibile prescindere da una valutazione sia delle metodologie che delle variabili che intervengono nel processo produttivo, e cioè la pianta, il terreno, le tecniche agronomiche, lo specifico ambiente climatico ed il sistema colturale adoperato (Manbelli *et al.*, 1997). Per poter far fronte ai fabbisogni nutrizionali le piante necessitano spesso di fertilizzazioni azotate che, se eccessive, possono portare ad una bassa efficienza di concimazione, accumulo di nitrati nei vegetali ed incremento di nitrati dilavabili.

La determinazione dello stato nutrizionale delle piante, utile alla razionalizzazione della fertilizzazione azotata, può essere fatta attraverso diversi metodi (determinazione del contenuto in azoto totale e nitrico delle piante, contenuto in clorofilla-delle foglie, caratteristiche spettrali delle foglie ed attività nitrato-riduttasica dei tessuti) (Manbelli *et al.*, 1997). Metodi di determinazione non distruttivi dello stato nutrizionale delle piante in pieno campo si stanno sempre più diffondendo e studiando, come la rilevazione del contenuto in clorofilla e del contenuto in nitrati dei tessuti vegetali (Giordani e Guermandi, 1994; Giordani e Guermandi, 1995; Lacertosa *et al.*, 2000; Lacertosa e Montemurro, 2001) per far fronte alla nuova esigenza di ordine economico ed ambientale derivanti da una non accurata somministrazione dell'azoto (Sylvester-Brandley, 1993).

La razionalizzazione della fertilizzazione azotata, oltre che tramite il monitoraggio dello stato nutrizionale delle piante, può essere perseguita anche con l'impiego di fertilizzanti organici che liberano azoto più lentamente (Giardini, 1989). In particolare, negli ambienti meridionali potrebbe essere interessante utilizzare i sottoprodotti della lavorazione delle olive come ammendanti del terreno evitando di procedere al loro smaltimento nei corpi idrici.

La predisposizione di specifici piani di concimazione resta comunque lo strumento più utile per ridurre gli sprechi di concime. Questi piani, però, vanno realizzati mediante un approccio geostatistico che consente di definire aree soddisfacentemente omogenee in base alla fertilità dei suoli (fattori fisici, chimici e biologici del terreno), alla produttività ed alla qualità dei prodotti (Castrignanò *et al.*, 2000; Ferri *et al.*, 2000).

Su queste tematiche, nell'azienda Sperimentale Pod. 124 dell'I.S.A. (Foggia) e nel Tavoliere Pugliese (comprensorio cerealicolo di Lucera - FG) sono in corso due ricerche che riguardano l'utilizzazione di reflui oleari compostati su mais in semina estiva (ISA-Foggia) e la razionalizzazione dell'uso dei fertilizzanti su frumento duro (Lucera - FG) coltivato in zone omogenee da un punto di vista geostatistico.

Materiali e metodi

La ricerca effettuata nell'azienda Sperimentale Pod. 124 dell'I.S.A. a Foggia prevede un confronto fra fertilizzazione minerale tradizionale e fertilizzazione organica con refluo oleario somministrato prima della semina del mais da solo o in combinazione con fertilizzante azotato tradizionale; in particolare sono state confrontate le seguenti tesi sperimentali: a) compost pari a 100 kg N ha⁻¹ sotto forma organica (100com); b) compost pari a 100 kg N ha⁻¹ più 100 kg N ha⁻¹ sotto forma minerale (200com); c) fertilizzazione minerale pari a 100 kg N ha⁻¹ (100min) distribuito alla semina; d) fertilizzazione minerale pari a 200 kg N ha⁻¹ distribuito metà alla semina e metà in copertura (200min); e) controllo non fertilizzato e coltivato (contr). Il compost utilizzato è stato ottenuto da sansa vergine di oliva (82%), pollina (10%) e paglia (8%) e le principali caratteristiche sono riportate in tabella 1.

Tabella 1. Caratteristiche del compost da refluo oleario.

Parametro		
Umidità	(%)	47.20
PH		5.97
EC	(dS/m)	1.19
Azoto totale	(%)	1.40
Carbonio totale (TOC)	(%)	50.50
Carbonio estraibile (TEC)	(%)	16.90
Carbonio umificato (HA+FA)	(%)	14.90
Grado di umificazione (DH)	(%)	88.00
Tasso di umificazione (HR)	(%)	25.90
Indice di umificazione (HI)	(%)	0.13

Durante il ciclo colturale si sono rilevate le performance produttive e l'efficienza dell'N nelle parcelle trattate ed in quelle di controllo. E' stato effettuato, inoltre, l'accrescimento delle piante e l'N asportato dalle piante in corrispondenza delle principali fenofasi (CHN). Particolare attenzione è stata riposta nell'effettuazione della determinazione precoce dello stato nutrizionale (indice di verde-SPAD, contenuto di nitrati dello stocco-Nitracheck). Sulla base dei rilievi eseguiti, sono stati calcolati l'efficienza agronomica "NAE" (rapporto tra la differenza in biomassa fra le tesi concimate ed il controllo e l'N applicato); l'efficienza fisiologica dell'azoto "PE" (rapporto tra la differenza in produzione fra le tesi concimate ed il controllo rispetto all'incremento di N asportato); l'incremento di N asportato "ARF" (rapporto tra la differenza in N assorbito fra le tesi concimate ed il controllo e l'N applicato) (Moll *et al.*, 1982; Delogu *et al.*, 1998; Montemurro *et al.*, 1999).

La razionalizzazione della concimazione azotata al frumento duro è stata perseguita con una ricerca relativa ad un areale di 10.000 ha (Lucera-Foggia). In questo territorio sono state dapprima individuate aree omogenee per fertilità agronomica con procedure geostatistiche (realizzazione di mappe); successivamente si sono determinate le dosi ottimali di N, per ogni area omogenea, con modelli di simulazione ed infine si sono avviate prove sperimentali comparative (di concimazione) in due di queste aree individuate. In una località sono state confrontate una fertilizzazione minerale pari a 120 kg N ha⁻¹ (N120, fertilizzazione ottimale della zona), una di 60 kg N ha⁻¹ (N60, 50% in meno della ottimale), una di 180 kg N ha⁻¹ (N180, 50% in più della ottimale) ed il controllo non fertilizzato (N0); in un'altra azienda (ubicata in un altro cluster caratterizzato da diversa fertilità agronomica) si è effettuata una fertilizzazione minerale alla semina con 36 kg N ha⁻¹ per tutte le tesi e poi una somministrazione di 50, 70 e 90 kg ha⁻¹ di N in copertura (indicate rispettivamente N50, N70 e N90). I rilievi effettuati riguardano la produzione, le caratteristiche qualitative del prodotto (contenuto di N della granella), l'accrescimento in corrispondenza delle principali fenofasi, la determinazione precoce dello stato nutrizionale (indice di verde, SPAD e contenuto di nitrati dello stocco, Nitrachek). E' stato inoltre determinato l'N minerale (N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺ scambiabile) del terreno all'inizio ed alla fine del ciclo colturale in uno strato di 0-40 cm. Infine, sono stati calcolati l'N assorbito in post fioritura "Npost" (contenuto di N della intera pianta alla maturazione - contenuto di N alla fioritura) e l'N traslocato "Ntrans" (contenuto di N della intera pianta alla fioritura - contenuto di N nella paglia alla raccolta) (Capotorti *et al.*, 1996).

L'analisi statistica è stata effettuata usando le procedure del pacchetto statistico SAS (SAS Institute, 1990). L'effetto dei trattamenti è stato valutato attraverso la procedura dell'analisi della varianza (ANOVA), consi-

derando le variabili come fattori fissi, mentre le differenze fra le medie sono stati valutate usando il Duncan Multiple Range Test (DMRT).

Risultati

Nella figura 1 vengono riportati i valori di produzione e del contenuto proteico del mais di secondo raccolto coltivato a Foggia. I risultati mettono in evidenza che le tesi con aggiunta di compost non influenzano negativamente il risultato produttivo; non vi è, inoltre, alcuna differenza fra le varie tesi sul contenuto proteico della granella. In particolare, è stato riscontrato un significativo incremento produttivo da parte delle tesi che hanno usufruito della fertilizzazione minerale (200min, 200com e 100min) rispetto alle tesi 100 com e contr (8,86, 8,84 e 8,27 t ha⁻¹ rispetto a 7,21 e 7,25 t ha⁻¹, rispettivamente). Appare evidente, comunque, che, al di là di 100 kg N ha⁻¹ è consigliabile somministrare più compost che concime minerale, considerando gli effetti positivi della fertilizzazione organica nel tempo.

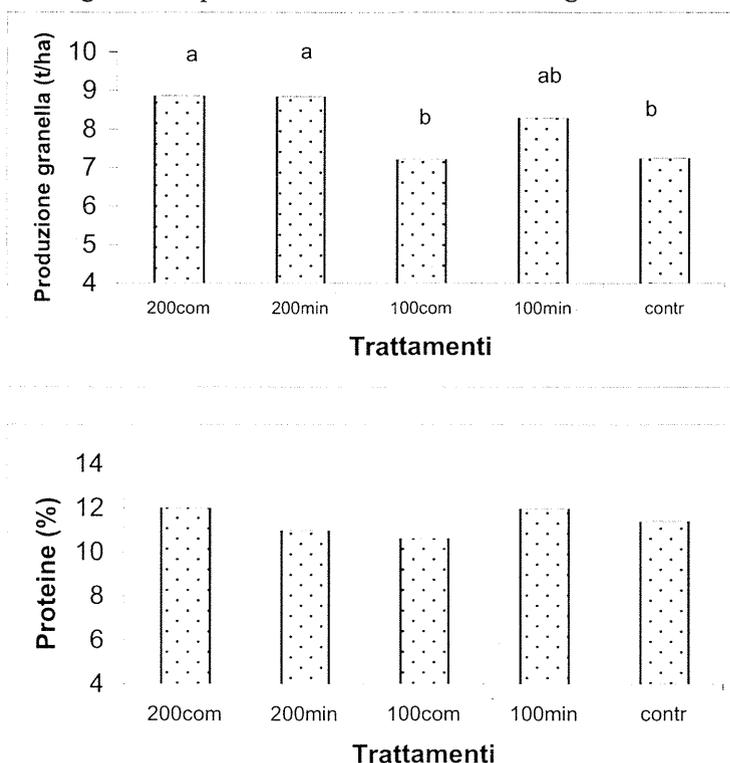


Figura 1. Produzione e qualità del mais di secondo raccolto coltivato a Foggia.

Nella tabella 2 vengono riportati l'N asportato (totale e dalle cariossidi) ed i parametri di efficienza dell'utilizzazione dell'azoto in mais di secondo raccolto coltivato a Foggia. L'N asportato ha mostrato una differenza significativa fra le tesi poste a confronto seguendo lo stesso andamento della produzione (200min, 200com e 100min rispetto a 100com e contr); anche gli indici di efficienza hanno mostrato la stessa tendenza. Pertanto, l'aggiunta di N fertilizzante minerale ha significativamente incrementato la produzione, l'N asportato e l'efficienza di utilizzazione dell'N. D'altra parte, la dose supplementare di N fertilizzante somministrato (100 kg ha⁻¹), sia sotto forma minerale (tesi 200min) che sotto forma organica (tesi 200com) non ha avuto alcuna influenza sulle performance produttive e sull'utilizzazione di N in mais (N asportato e indici di efficienza) estivo in ambiente meridionale, come evidenziato in altre ricerche effettuate nello stesso ambiente (Convertini *et al.*, 1999; Montemurro *et al.*, 1999). Di particolare importanza riveste la tesi 100com, poiché è ormai noto che la concimazione organica estrinseca la sua potenzialità nel tempo (Benedetti *et al.*, 1998) e quindi è probabile che gli effetti benefici di questa somministrazione si vedranno sulle colture successive.

Tabella 2. N asportato e parametri di efficienza dell'utilizzazione dell'azoto in mais di secondo raccolto coltivato a Foggia.

Trattamenti	N asportato totale (kg ha ⁻¹)	N asportato granella (kg ha ⁻¹)	AE (kg kg ⁻¹)	PE (kg kg ⁻¹)	ARF (%)
200 com	228.22 ab	169.5 a	80.63 a	284.4 a	48.65 a
200 min	225.79 ab	155.50 a	82.07 a	441.5 a	46.21 a
100 min	236.97 a	160.37 a	103.68 a	271.1 a	57.40 a
100 com	172.20 b	122.03 b	-4.20 b	84.1 b	-7.37 b
Contr	179.57 b	132.46 b	-	-	-

Nota: nell'ambito di ciascuna colonna i valori non aventi lettera in comune sono significativamente diversi per $P < 0,05$ secondo il DMRT.

Nella Figura 2 sono rappresentati gli indicatori dello stato nutrizionale precoce (SPAD e contenuti di nitrati) in due stadi fenologici (fioritura e maturazione cerosa delle cariossidi) in mais. I trattamenti sperimentali influiscono significativamente sul contenuto in nitrati al momento della fioritura e nella fase di maturazione cerosa delle cariossidi; solo in quest'ultima fase, invece, sull'indice di verde. Anche in questo caso i trattamenti si sono differenziati seguendo lo stesso comportamento della produzione, dell'N asportato e degli indici di efficienza dell'N (figura e tabella 2). Queste determinazioni, quindi, poiché sono correlate positivamente alle performance produttive o al contenuto di N delle piante, consentono di conoscere i deficit nutrizionali e di modulare, eventualmente, la fertilizzazione azotata (Lacertosa e Montemurro, 2001).

Nella tabella 2 vengono riportati l'N asportato (totale e dalle cariossidi) ed i parametri di efficienza dell'utilizzazione dell'azoto in mais di secondo raccolto coltivato a Foggia. L'N asportato ha mostrato una differenza significativa fra le tesi poste a confronto seguendo lo stesso andamento della produzione (200min, 200com e 100min rispetto a 100com e contr); anche gli indici di efficienza hanno mostrato la stessa tendenza. Pertanto, l'aggiunta di N fertilizzante minerale ha significativamente incrementato la produzione, l'N asportato e l'efficienza di utilizzazione dell'N. D'altra parte, la dose supplementare di N fertilizzante somministrato (100 kg ha⁻¹), sia sotto forma minerale (tesi 200min) che sotto forma organica (tesi 200com) non ha avuto alcuna influenza sulle performance produttive e sull'utilizzazione di N in mais (N asportato e indici di efficienza) estivo in ambiente meridionale, come evidenziato in altre ricerche effettuate nello stesso ambiente (Convertini *et al.*, 1999; Montemurro *et al.*, 1999). Di particolare importanza riveste la tesi 100com, poiché è ormai noto che la concimazione organica estrinseca la sua potenzialità nel tempo (Benedetti *et al.*, 1998) e quindi è probabile che gli effetti benefici di questa somministrazione si vedranno sulle colture successive.

Tabella 2. N asportato e parametri di efficienza dell'utilizzazione dell'azoto in mais di secondo raccolto coltivato a Foggia.

Trattamenti	N asportato totale (kg ha ⁻¹)	N asportato granella (kg ha ⁻¹)	AE (kg kg ⁻¹)	PE (kg kg ⁻¹)	ARF (%)
200 com	228.22 ab	169.5 a	80.63 a	284.4 a	48.65 a
200 min	225.79 ab	155.50 a	82.07 a	441.5 a	46.21 a
100 min	236.97 a	160.37 a	103.68 a	271.1 a	57.40 a
100 com	172.20 b	122.03 b	-4.20 b	84.1 b	-7.37 b
Contr	179.57 b	132.46 b	-	-	-

Nota: nell'ambito di ciascuna colonna i valori non aventi lettera in comune sono significativamente diversi per $P < 0,05$ secondo il DMRT.

Nella Figura 2 sono rappresentati gli indicatori dello stato nutrizionale precoce (SPAD e contenuti di nitrati) in due stadi fenologici (fioritura e maturazione cerosa delle cariossidi) in mais. I trattamenti sperimentali influiscono significativamente sul contenuto in nitrati al momento della fioritura e nella fase di maturazione cerosa delle cariossidi; solo in quest'ultima fase, invece, sull'indice di verde. Anche in questo caso i trattamenti si sono differenziati seguendo lo stesso comportamento della produzione, dell'N asportato e degli indici di efficienza dell'N (figura e tabella 2). Queste determinazioni, quindi, poiché sono correlate positivamente alle performance produttive o al contenuto di N delle piante, consentono di conoscere i deficit nutrizionali e di modulare, eventualmente, la fertilizzazione azotata (Lacertosa e Montemurro, 2001).

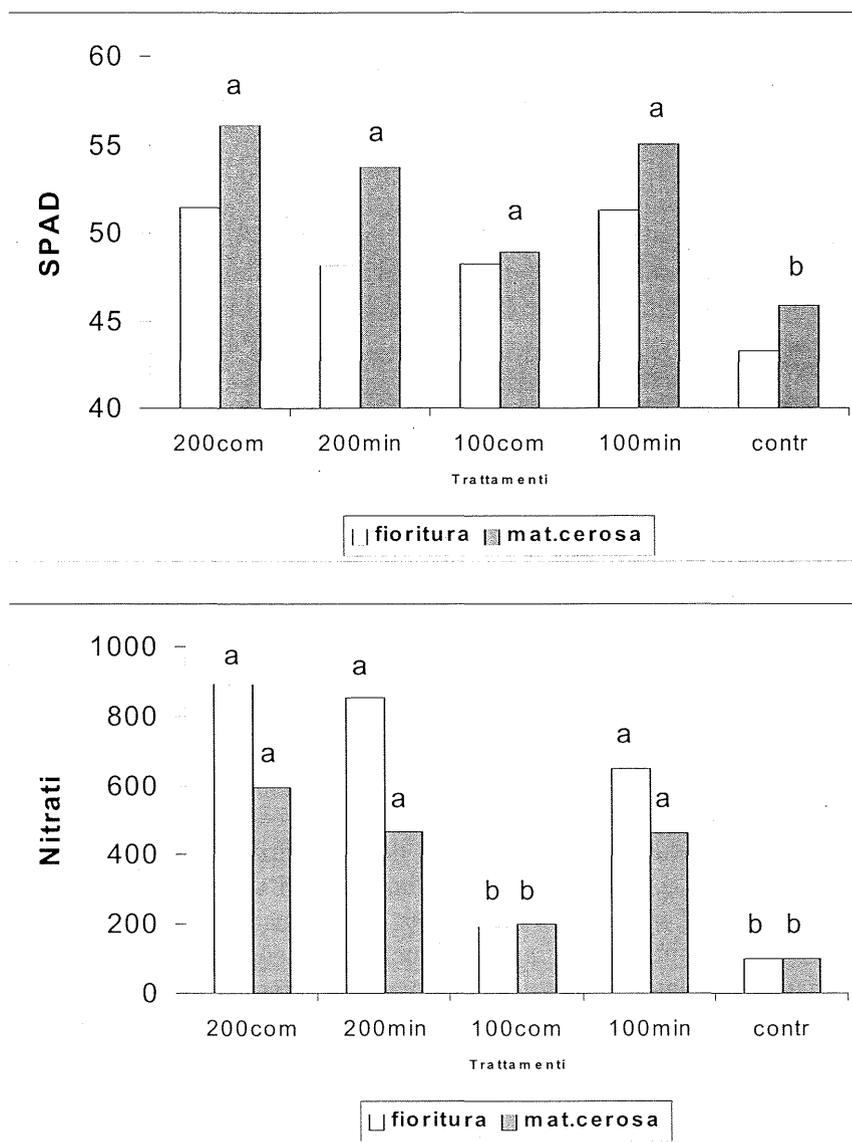


Figura 2. Indicatori dello stato nutrizionale precoce (SPAD) e contenuti di nitrati in due stadi fenologici (fioritura e maturazione cerosa delle cariossidi) in mais di secondo raccolto coltivato a Foggia.

Nella tabella 3 sono riportati i coefficienti di correlazione fra produzione ed N asportato con agli indicatori dello stato nutrizionale precoce dell'azoto in mais di secondo raccolto coltivato a Foggia. Produzione, N asportato e indici di efficienza sono correlati significativamente e positivamente con gli indicatori precoci dello stato nutrizionale (indice in verde e con-

tenuto di nitrati dello stocco), suggerendo la possibilità di modulare la fertilizzazione al mais durante la coltivazione. D'altra parte, modificando la modalità di somministrazione dei fertilizzanti impiegati è possibile migliorare le performance produttive della coltura in studio. Infine, l'elevata correlazione rilevata tra N asportato e performance produttive (0,8111 e 0,7421 rispettivamente con produzione e contenuto di proteine) indica che questo parametro è estremamente importante nelle condizioni meridionali di coltivazione e che condiziona fortemente il risultato produttivo e qualitativo finale come evidenziato anche in altre ricerche (Guillard *et al.*, 1995; Maiorana *et al.*, 2000).

Tabella 3. Coefficienti di correlazione fra produzione e N asportato con gli indicatori dello stato nutrizionale precoce dell'azoto in mais di secondo raccolto coltivato a Foggia.

	Produzione	Proteine	N asportato	AE	ARF
SPAD Fio	0.4268	-0.1181	0.2279	0.3229	0.0439
	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Nitrati Fio	0.9072	0.3550	0.8094	0.7804	0.7788
	***	n.s.	***	***	***
SPAD Cer	0.7733	0.1617	0.6901	0.7274	0.5607
	***	n.s.	**	***	*
Nitrati Cer	0.4963	0.1449	0.4653	0.3722	0.3458
	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
N asportato	0.8111	0.7421	.	.	.
	***	**	.	.	.

*, **, *** = significativo per $P < 0.05$, 0.01 e 0.001 , rispettivamente; n.s. = non significativo.

Nella tabella 4 sono riportati la resa areica, l'N asportato, le caratteristiche qualitative e le componenti della produzione in frumento coltivato a Lucera (FG). La media della produzione dell'azienda 1, ubicata in un cluster di fertilità agronomica più elevato (Castrignanò *et al.*, 2000), è stata sostanzialmente più elevata rispetto a quella dell'azienda 2 (3,635 e 3,023 t ha⁻¹, rispettivamente). Inoltre, la concimazione effettuata in fase di semina (36 kg ha⁻¹ per tutte le tesi) e la fertilità agronomica più contenuta dell'azienda 2 hanno determinato probabilmente una risposta produttiva alla concimazione di copertura inferiore che nell'altra azienda. Anche l'N asportato e le componenti della produzione presentano lo stesso andamento. Per contro, nell'azienda 1 si è verificata una differenza significativa fra le tesi per la produzione (3,94, 4,08, 3,65 e 2,87 t ha⁻¹ rispettivamente per N180, N120, N60 e N0) e per il numero di cariossidi, mentre nessun effetto rilevante è stato riscontrato fra i trattamenti sul contenuto in proteina. Il numero di cariossidi per metro quadro è risultato l'unico parametro produttivo influenzato dalla concimazione azotata, e ciò dimostra che nelle condizioni meridionali la disponibilità di N influenza soprattutto la fertilità della spiga, come individuato in orzo nello stesso ambiente (Maiorana *et al.*, 2000). Dalle parcelle concimate con N180 vengono asportate quantità di N più elevate di

quelle asportate dalle parcelle testimoni. La concimazione con N120 e N60 evidenzia un comportamento intermedio. Sembra comunque che l'N traslocato non incida sulle quantità totali asportate ma che queste ultime siano invece condizionate dalle frazioni di N assorbite dalle piante dopo la fioritura. Simili risultati hanno ottenuto diversi autori su altre piante (Van Sanford e MacKnow, 1987; Delogu *et al.*, 1998; De Giorgio *et al.*, 2000).

Tabella 4. produzione, N asportato e qualità e componenti della produzione in frumento coltivato a Lucera (FG).

Trattamento	Produz. (t ha ⁻¹)	N granella (%)	N asportato (kg ha ⁻¹)	Cariossidi (n° x m2)	N post fioritura (kg ha ⁻¹)	N trasloc. (kg ha ⁻¹)	
Azienda 1	N0	2.87 b	2.492	57.6 b	5219 b	0.4 b	42.5
	N60	3.65 ab	2.961	80.8 ab	6792 ab	14.3 b	45.6
	N120	4.08 a	3.088	87.3 ab	7513 a	17.3 ab	63.5
	N180	3.94 a	2.862	112.4 a	7824 a	44.8 a	37.9
Azienda 2	N50	2.84	2.821	100.9	5846	60.1	7.6
	N70	2.75	3.103	138.6	5601	79.8	6.9
	N90	3.48	2.567	113.2	7406	55.6	18.8

Nota: nell'ambito di ciascuna colonna i valori non aventi lettera in comune sono significativamente diversi per P<0,05 secondo il DMRT.

Nella tabella 5 sono rappresentati gli indicatori precoci dello stato nutrizionale del frumento duro (SPAD e contenuto in nitrati) in due fasi vegetative (fioritura e botticella). Anche per questi parametri è stato osservato un andamento differente fra le due aziende; si è riscontrata infatti una differenza significativa solo nell'azienda 1 fra le tesi poste a confronto sia per il contenuto di nitrati che per l'indice in verde nelle due fasi vegetative considerate. In particolare, il contenuto di nitrati della posizione basale dei culmi è stato sensibilmente minore nelle parcelle concimate con N60 e N0 rispetto a quelle che hanno usufruito della concimazione di copertura nella fase di levata.

Tabella 5. indicatori precoci dello stato nutrizionale (SPAD e contenuto in nitrati) in due fasi vegetative (fioritura e botticella) in frumento duro allevato a Lucera (FG).

Trattamento	SPAD fioritura	Nitrati fioritura	SPAD botticella	Nitrati botticella	
Azienda 1	N0	42.9 c	10.3 c	36.4 b	34.3 c
	N60	47.1 b	67.2 c	39.5 ab	83.3 c
	N120	55.8 a	273.3 a	48.4 a	396.7 a
	N180	49.5 ab	184.4 b	45.5 ab	284.0 b
Azienda 2	N50	40.5	1.1	34.69	21.7
	N70	42.5	9.0	40.24	59.7
	N90	46.8	34.7	40.36	73.0

Nota: nell'ambito di ciascuna colonna i valori non aventi lettera in comune sono significativamente diversi per P<0,05 secondo il DMRT.

Nella tabella 6 sono riportati i coefficienti di correlazione fra resa areica, caratteristiche qualitative e N asportato con gli indicatori precoci dello stato nutrizionale nell'azienda 1. Anche in questo caso è stata riscontrata una correlazione significativa fra produzione, componenti della produzione (accrescimento individuato dal LAI massimo e numero di cariossidi per metro quadro) ed azoto asportato con i nitrati nella pianta e l'indice in verde, indicando che è possibile frazionare la fertilizzazione azotata durante il ciclo colturale. Anche per il frumento duro, inoltre, è stata rilevata una correlazione significativa fra N asportato e performance produttive, e confermata l'importanza di questo parametro.

Tabella 6. Coefficienti di correlazione fra produzione, qualità e N asportato con gli indicatori precoci dello stato nutrizionale nell'azienda 1.

	Produzione	% N granella	LAI max	N° car. m ²	N asportato	N post fioritura	N traslocato
Botticella	0.804	0.309	0.566	0.827	0.610	0.327	0.404
SPAD	***	n.s.	*	***	*	n.s.	n.s.
Botticella	0.676	0.411	0.683	0.708	0.579	0.442	0.122
Nitrati	**	n.s.	**	***	*	n.s.	n.s.
Fioritura	0.519	0.276	0.681	0.712	0.562	0.418	0.092
SPAD	n.s.	n.s.	**	***	*	n.s.	n.s.
Fioritura	0.683	0.206	0.756	0.571	0.363	0.197	0.207
nitrati	**	n.s.	***	*	n.s.	n.s.	n.s.
N asportato	0.791	0.141	0.630	0.785	-	0.882	-0.078
	***	n.s.	*	***		***	n.s.

Infine nella figura 3 è riportato il deficit di N minerale (nitrati più ammonio scambiabile) nel suolo dell'azienda 1 di Lucera (FG) alla fine del ciclo colturale. Il deficit di N minerale è stato negativo per il controllo e per la tesi N60, indicando che l'N mineralizzato, e comunque reso disponibile durante il ciclo colturale, è stato asportato dalla coltura per le esigenze fisiologiche; questa quantità, comunque non è stata sufficiente a garantire un elevato livello produttivo (tabella 4), anche perché si è rilevata una stretta correlazione fra N asportato e performance produttive (tabella 6). Per contro, nella tesi maggiormente concimata (N180) è stato trovato un deficit positivo di circa 50 kg ha⁻¹ che indicano una presumibile perdita di questa quantità di fertilizzante per eventuali fenomeni di dilavamento, lisciviazione e per asportazione da parte delle erbe infestanti cresciute maggiormente nelle tesi con più elevati livelli di fertilizzazione azotata. Di conseguenza è possibile notare che la dose ottimale è probabilmente di circa 120 kg ha⁻¹ (giusto compromesso fra produzione, qualità, efficienza di utilizzazione dell'N e deficit di N minerale a fine ciclo pari a zero), mentre la dose superiore non ha fatto registrare incrementi produttivi. Questi risultati sono in accordo con

quanto riportato da Sowers *et al.* (1994) che individuano nell'elevato contributo dell'N residuo e nell'alta mineralizzazione fattori fondamentali di disponibilità dell'N nelle colture in successione. Pertanto, anche se è sempre difficile distinguere gli effetti delle diverse pratiche di fertilizzazione azotata da quelli della fertilità intrinseca dei suoli, si potrebbe concludere che quando il frumento viene coltivato con le tecniche convenzionali, l'efficienza dell'uso dell'N appare modesta e potrebbe essere migliorata con altri tipi di interventi agronomici.

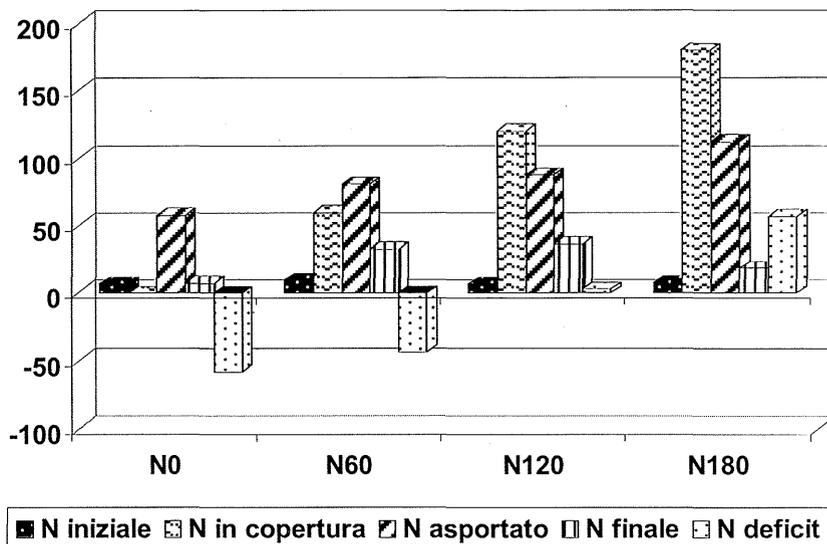


Figura 3. Deficit di N minerale (kg ha^{-1}) nel suolo dell'azienda 1 di Lucera (Fg).

Conclusioni

L'impiego della determinazione precoce dello stato nutrizionale di colture meridionali trattate con fertilizzanti convenzionali e non, si è rilevato un possibile strumento di razionalizzazione della fertilizzazione azotata in grado di evitare eccessive somministrazioni e rischi ambientali. Infatti, è stato accertato che è possibile effettuare interventi di concimazione durante il ciclo colturale. Inoltre, poichè la dose supplementare di N fertilizzante non ha avuto effetti sulle performance produttive e sull'efficienza di utilizzazione dell'N, potrebbe accadere che una parte dell'N fertilizzante rimanga nel terreno a fine ciclo o venga perso durante il ciclo colturale. L'impiego di compost non influenza negativamente il risultato produttivo e

neppure il contenuto proteico; il compost quindi non pregiudica l'asportazione di N nel mais. L'aggiunta di questo materiale organico al suolo è peraltro utile ai fini di una maggiore sostenibilità delle coltivazioni in quanto i benefici di tali apporti al suolo potrebbero essere visibili soprattutto nei successivi cicli di coltivazione.

Bibliografia

- BENEDETTI A., CANALI S., ALIANELLO F. 1998. La fertilizzazione organica dei suoli. In: "I fertilizzanti organici". MiPAAF-PANDA. Ediz. L'Informatore Agrario. Vol. I, 1-12.
- CAPOTORTI G., MONTEMURRO F., GERARDI A., PALAZZO D. 1996. Correlazione fra tolleranza a fosfinotricina e caratteristiche di utilizzazione dell'azoto in mais. *Riv. di Agron.* 30 (2): 142-146.
- CASTRIGNANÒ A., MONTEMURRO F., LA CAVA P., FERRI D. 2000. Simulazione dei rendimenti quali-quantitativi del frumento in relazione alla variabilità chimica e fisica dei terreni. *Atti XVIII Congresso Nazionale della Società Italiana di Chimica Agraria, Settembre 2000* (in press).
- CONVERTINI G., MAIORANA M., MONTEMURRO F., FERRI D. 1999. Assimilazione e rimobilizzazione dell'azoto in mais di secondo raccolto sottoposto a diversi livelli di fertilizzazione azotata nel mezzogiorno d'Italia. *Atti XVII Congresso Nazionale Società Italiana Chimica Agraria*, 365-371.
- DE GIORGIO D., CONVERTINI G., FORNARO F., MONTEMURRO F. 2000. N uptake, N remobilization and yield in sunflower cropped at different N supply in Southern Italy. Edited by El-Fouly and Martin-Prével. Kluwer Academic Publishers, (in press).
- DELOGU G., CATTIVELLI L., PECCHIONI N., DE FALCIS D., MAGGIORE T., STANCA A.M. 1998. Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. *European Journal of Agronomy*. 9: 11-20.
- FERRI D., CONVERTINI G., MONTEMURRO F., LA CAVA P. 2000. Investigation on time and rate of N application in durum wheat cropped area geostatistically individuated as soil fertility level. *Proceeding Xth Internat. Colloquium for the optimization of Plant Nutrition (Cairo, 08-13 April)*. Edt. El-Fowly-Martin Prevel. Kluwer Academic Publishers (in press.).
- GIARDINI L. 1989. Aspetti agronomici e fisiologici della concimazione azotata in relazione con l'ambiente. *Riv. di Agron.* 23 (1): 3-22.
- GIORDANI G., GUERMANDI M. 1994. Un nuovo strumento per determinare lo stato nutrizionale azotato delle piante. *L'Informatore Agrario*. 37: 45-47.
- GIORDANI G., GUERMANDI M. 1995. Analisi dei nitrati nel frumento mediante un test rapido colorimetrico. *L'Informatore Agrario*. 46: 32-36.
- GUILLARD K., GRIFFIN G.F., ALLISON D.W., MOOSA RAFAY M., YAMARTINO W.R., PIETRZYK S.W. 1995. Nitrogen utilization of selected cropping system in the U.S Northeast: I. Dry matter yield, N uptake, apparent N recovery, and N use efficiency. *Agron. J.* 87: 193-199.
- LACERTOSA G., MONTEMURRO F., VANADIA S., MONTEMURRO N. 2000. Prediction of nitrogen status with leaf chlorophyll readings and stem nitrate concentration in Mediterranean crops. Edited by El-Fouly and Martin-Prével. Kluwer Academic Publishers, (in press);
- LACERTOSA G., MONTEMURRO F. 2001. Test rapidi per la determinazione del contenuto in azoto di alcune colture tipiche del Meridione. *L'Informatore agrario*. 14: 67-70.
- MAHLER R.L., KOEHLER F.E., LUTCHER L.K. 1994. Nitrogen source, timing of application, and placement: effects on winter wheat production. *Agron. J.* 86: 637-642.
- MANBELLI S., DAL RIO M. P., VENTURI G. 1997. Razionalizzare la concimazione azotata: ruolo della diagnosi del-

lo stato nutrizionale della pianta. *Riv. di Agron.* 31 (3): 554-564.

MOLL R.H., KAMPRATH E.J., JACKSON W.A. 1982. Analysis and interpretation of factor which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agron. J.* 74: 562-564.

MONTEMURRO F., CONVERTINI G., FERRI D., MAIORANA M. Yield N uptake and N use efficiency in a catch-crop maize (*Zea mais L.*) cropped at different N supplied. *Proceeding of the 10th Nitrogen Workshop 23-26 August 1999 Copenhagen (Dk)*, IV. 29.

SAS Institute, 1990. SAS/STAT Software. SAS Institute Inc. Cary, NC.

SCHENK M.K. 1996. Regulation of nitrogen uptake on the whole plant level. *Plant and Soil.* 181: 131-137.

SHEPHERD M.A., DAVIES D.B., JOHNSON P.A. 1993. Minimizing nitrate losses from arable soils. *Soil Use and Management*, 9 (3): 94-99.

SOWERS K.E., PAN W.L., MILLER B.C., SMITH J.L. 1994. Nitrogen use efficiency of split nitrogen application in soft white winter wheat. *Agron. J.* 86: 942-948.

SYLVESTER-BRADLEY R. 1993. Scope for more efficient use of fertilizer nitrogen. *Soil Use and Management.* 9 (3): 112-117.

VAN SANFORD D.A., MACKOWn C.T. 1987. Cultivar differences in nitrogen remobilization during grain fill in soft red winter wheat. *Crop Sci.* 27: 295-300.

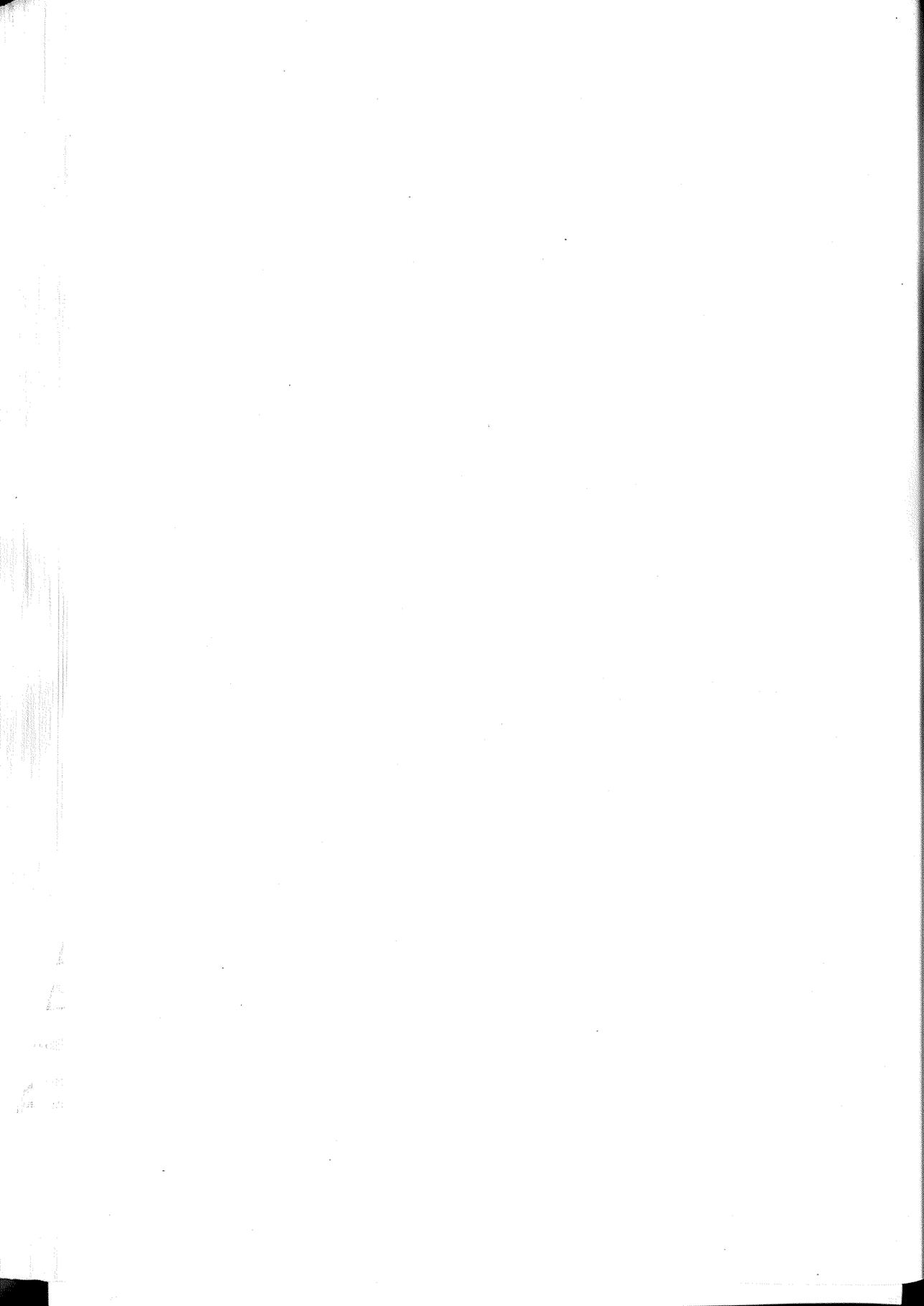




Attività dei Gruppi di Lavoro

**dell'Osservatorio Nazionale
Permanente per i Fertilizzanti**

marzo 2000 - marzo 2001



*ATTIVITÀ DELL'OSSERVATORIO NAZIONALE
PERMANENTE PER I FERTILIZZANTI
MARZO 2000 - MARZO 2001*

Anna Benedetti

Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante

Via della Navicella, 2/4 - 00184 Roma

L'Osservatorio inizia il suo terzo anno di attività e, terminato il periodo di promozione, dedicherà nel corso del 2001 il massimo delle proprie energie alla razionalizzazione ed ottimizzazione del lavoro.

Nel corso del 2000 numerose sono state le iniziative intraprese dai singoli gruppi di lavoro, alcuni dei quali sono già arrivati ad un buon livello di funzionalità, mentre altri necessitano ancora di un migliore sforzo organizzativo.

Tra tutti si segnala in particolare l'attività dei primi due gruppi "Censimento" coordinato dall'ISNP e "Monitoraggio" coordinato invece dal Dott. Adua, ricercatore dell'ISTAT.

Il primo dei due ha prodotto il censimento secondo la legge 748/84 dei concimi minerali, organici ed organo-minerali pubblicati tutti su *L'Informatore Agrario* n. 14 suppl. al num. 26 marzo -1 aprile 1999; n. 47 suppl. al num. 26 novembre - 2 dicembre 1999; n. 9 suppl. al num. 2 marzo-9 marzo 2001 (primo aggiornamento al censimento dei concimi CE).

Il secondo ha realizzato nuovi questionari per la raccolta dei dati sulle produzioni e consumo dei fertilizzanti anch'essi ai sensi della 748/84, ma soprattutto un tavolo comune di scambio di idee tra ISTAT, MiPAF, Osservatorio e Assofertilizzanti.

Il Gruppo di Lavoro "Biomasse" ha organizzato in occasione di *Ricicla* (Rimini, 11/11/2000) un "Seminario scientifico sul riciclo delle biomasse in agricoltura" durante il quale si è voluto fare il punto della situazione sulle biomasse compostabili infatti potenzialmente un numero molto elevato di prodotti di rifiuto e di scarto sono riciclabili, ma non tutte le biomasse sono utilizzabili in agricoltura. Prodotti riutilizzabili in agricoltura non solo non debbono nuocere alla salute umana animale e dell'ambiente, ma debbono possedere delle reali proprietà fertilizzanti. È indispensabile dunque focalizzare alcuni tra i problemi emergenti in materia di riciclo delle biomasse in agricoltura, che vanno dal contenimento delle emissioni gassose, alla qualità dei compost, al recupero di prodotti non organici, ma che derivano dalla combustione di materiali organici quali ad esempio le ceneri da CDR.

Ad esso hanno partecipato i seguenti relatori:

Pirro-Tomaso Perri (Scuola S. Anna, Università di Pisa; Consulente FAO): *Riciclo della sostanza organica e controllo delle emissioni: aspetti tecnico-economici*

Fabio Tittarelli (Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante, Roma): *Riciclo delle ceneri*

Marco de Bertoldi (Università di Udine): *Compostaggio di qualità*

Sergio Piccinini e Giuseppe Bonazzi (CRPA - Reggio Emilia): *Digestione anaerobica*

Giovanni Ballarini (Università di Parma): *Alimenti, mangimi, fertilizzanti: i tre anelli concentrici del grande ciclo della natura*

Catia Bastioli (Novamont, Novara): *Utilizzazione in agricoltura di prodotti di sintesi biodegradabili*

Damiano Petruzzella e Carmelo Gigliuzzo (CIHEAM-IAM, Bari): *Formazione professionale e riciclo delle biomasse in Italia e nel Mediterraneo*

L'Osservatorio ha altresì patrocinato il Convegno "La concimazione organo-minerale tra passato, presente e futuro" tenutosi a Bologna in occasione dell'EIMA il 22 novembre 2000.

Si è inoltre lavorato alla pubblicazione degli atti del Convegno annuale dell'Osservatorio (tenutosi lo scorso anno a Pisa) sul Bollettino della Società Italiana della Scienza del Suolo volume 49 n. 4 (2000).

Si sono infine tenute riunioni sia dei singoli GdL, della cui attività verrà riferito specificatamente dai diversi coordinatori, che del Comitato Scientifico.

Per l'anno 2001 sono previsti altri seminari o giornate di studio, alcune promosse dai differenti Gruppi di Lavoro oltre che dall'Osservatorio stesso. In particolare in autunno verrà organizzato ad Acireale (CT) dal Gruppo di Lavoro 5 un Convegno "Pastazzo", ed un altro presso l'Università Cattolica di Piacenza dal Gruppo di Lavoro 3 sui substrati per coltura.

Come coordinatore dell'Osservatorio tengo comunque a rinnovare a tutti l'invito a collaborare alle nostre iniziative, a segnalarci eventuali disfunzionamenti, attese e suggerimenti che saremo lieti di accogliere ed attuare. Colgo comunque l'occasione per ribadire che il lavoro dell'Osservatorio viene svolto su base volontaria all'interno dei diversi gruppi e l'occasione del Convegno annuale vuole essere unicamente una vetrina delle nostre attività. Chi desidera intervenire e collaborare ad esse dovrà contattare i diversi responsabili dei Gruppi di Lavoro.

CENSIMENTO DEI CONCIMI MINERALI CE

Anna Benedetti, Silvia Dell'Orco

Gruppo 1, "Censimento"

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

Sul supplemento n. 11 del 9-15 marzo 2001 dell'Informatore Agrario é apparso l'aggiornamento al primo censimento dei concimi minerali CE ai sensi della Legge 748/84 precedentemente pubblicato nel supplemento n. 14 del 26 Marzo-1 Aprile 1999.

L'obiettivo principale di questo nuovo censimento è stato quello di riuscire a contattare il maggior numero possibile di ditte produttrici, anche grazie al supporto dello stesso Informatore Agrario, di Assofertilizzanti, dell'ISTAT e dell'ufficio statistico del MIPAF al fine di allontanare ogni possibile errore dovuto a "potenziali esclusi", non certo per volontà, ma per mancata conoscenza.

Nonostante ripetuti appelli, apparsi anche in coda agli altri censimenti pubblicati, che incitavano tutti coloro che non comparivano nell'elenco a contattare la segreteria dell'Osservatorio per essere inseriti nel nuovo aggiornamento, solo un limitatissimo numero di ditte hanno segnalato il loro nominativo.

Nonostante tutti gli sforzi effettuati hanno risposto alla prima richiesta di aggiornamento solo il 16% delle ditte contattate. Successivamente con reiterata richiesta sia da parte dell'Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante che dell'Informatore Agrario hanno risposto 72 ditte corrispondenti al 47% di quelle contattate, i cui nominativi sono pubblicati in coda all'elenco dei concimi CE censiti sul supplemento n.11 del 9-15 marzo 2001.

Si invitano pertanto ancora una volta tutti coloro che non risultano censiti di contattare la segreteria dell'Osservatorio poiché probabilmente il loro nominativo non risulta negli archivi ufficiali (ISTAT, MIPAF) né presso quello dell' ISNP, di Assofertilizzanti o dell'Informatore Agrario.

Il censimento vuole essere un aiuto all'agricoltore che in questo modo dispone di un elenco il più esaustivo possibile dei formulati esistenti sul mercato, con l'indicazione precisa della denominazione ai sensi della Legge 748/84 (es. NPK + microelementi chelati) a cui viene affiancato il nome commerciale ed i titoli al fine di metterlo in grado di acquistare i principi nutritivi realmente desiderati. Inoltre vengono date informazioni sulle ditte produttrici e distributrici nonché sulle confezioni disponibili. Infine nella

colonna "indicazioni supplementari" si danno notizie relative al miglior utilizzo del prodotto ad esempio per floricoltura, per fertirrigazione od ancora per applicazione fogliare, ecc.

Rispetto al primo censimento che comprendeva poco più di mille concimi e 66 formulati commerciali, la lista relativa all'aggiornamento risulta aumentata in quanto sono stati censiti precisamente 1600 prodotti.

Tale censimento è risultato molto utile per tutti gli addetti ai lavori che vanno dall'agricoltore, al commerciante ed al produttore, fino a chi opera nel settore della divulgazione, della ricerca e della sperimentazione.

Il GDL "Censimento" attualmente sta lavorando all'aggiornamento della catalogazione di concimi organici ed organo-minerali che dovrebbe essere pronto per la fine del 2001. Per quanto riguarda, invece, il censimento degli ammendanti e dei substrati per coltura non si è in grado di fornire alcuna informazione, poiché rispetto ai contatti intessuti hanno risposto solamente 23 ditte produttrici e questo è ben lontano dal rispecchiare la realtà!

Infine ultima questione che merita un breve cenno di chiarimento riguarda la tipologia di informazione che l'Osservatorio Fertilizzanti cerca di fornire agli operatori del settore con il gruppo di lavoro Censimento rispetto a quanto viene svolto in maniera ufficiale da fonti di rilevamento nazionali abilitate a questo (ISTAT ed Ufficio Statistico del MIPAF).

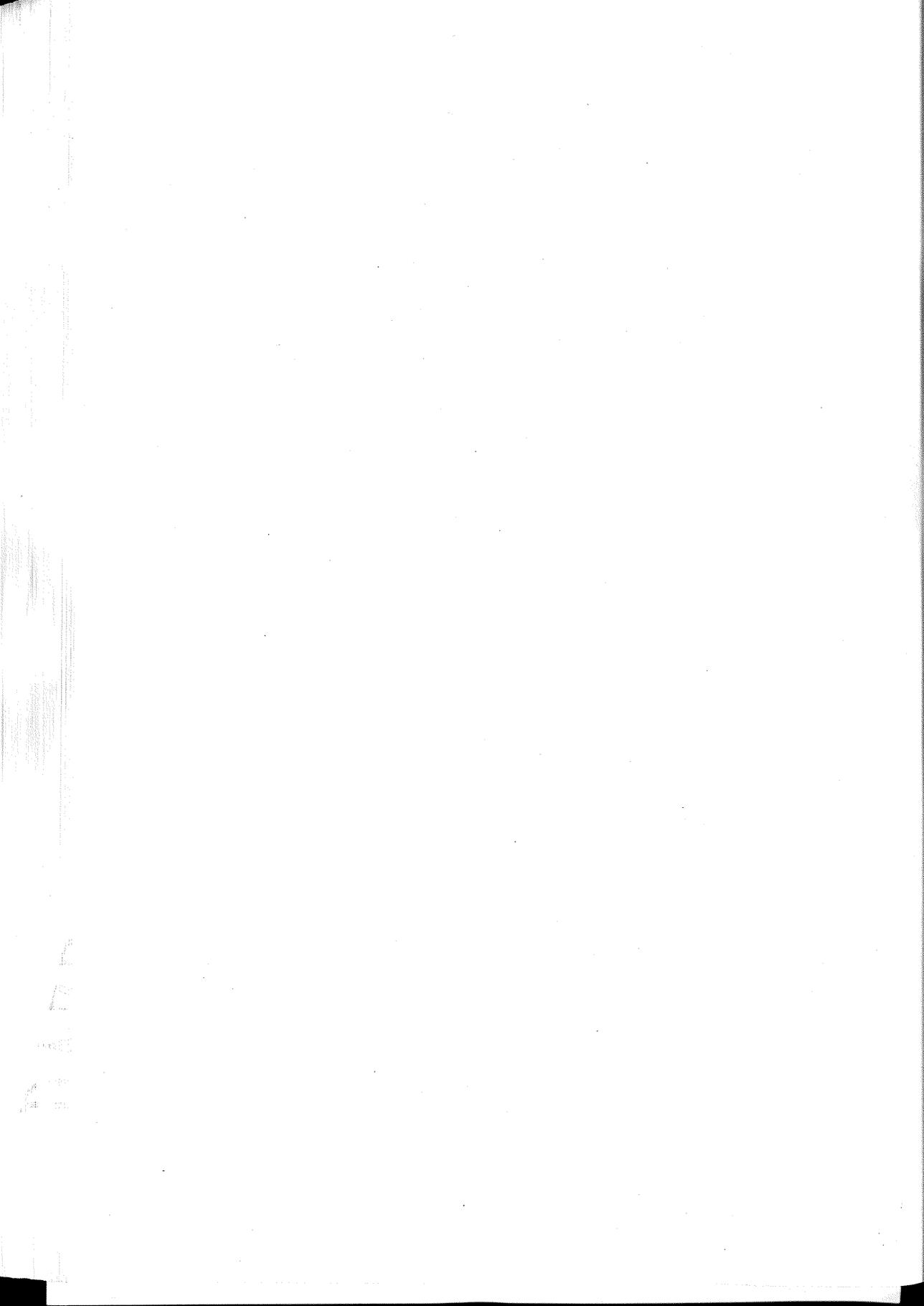
Come precedentemente ricordato il GDL "Censimento" opera una traduzione in termini commerciali e divulgativi di quanto la Legge 748/84 prevede come tipologia di fertilizzanti per il commercio nazionale ed internazionale.

E' bene in questa sede (successivamente il Dott. Adua, ricercatore dell'ISTAT e coordinatore del GDL "Monitoraggio" illustrerà quanto fatto in ambito Osservatorio dal gruppo misto ISTAT, MIPAF, ISNP, Osservatorio Fertilizzanti, Industria) spendere poche righe per chiarire "chi fa cosa" poiché non poche volte abbiamo constatato un po' di confusione e di diffidenza soprattutto a livello dei produttori di fertilizzanti quando si trovano davanti alla richiesta di rispondere ad un questionario. I GDL "Censimento" e "Monitoraggio" dell'Osservatorio Nazionale Permanente per i Fertilizzanti operano in sintonia con le finalità dell'Osservatorio stesso per contribuire a portare chiarezza agevolando le attività degli addetti ai lavori.

Il GDL "Censimento" ha come obiettivo fondamentale quello di fornire una guida il più esaustiva possibile dei prodotti in commercio catalogati secondo le tipologie previste dalla Legge 748/84, al fine di facilitare il reperimento da parte del consumatore.

Il GDL "Monitoraggio", invece, ha messo intorno allo stesso tavolo diverse Istituzioni che per legge si occupano di raccogliere informazioni a livello nazionale sulla produzione e sul consumo e sull'importazione ed esportazione dei fertilizzanti e quindi con requisiti diversi da quanto operato dal GDL "Censimento" nell'intento di ottimizzare il lavoro di tutti.

E' chiaro pertanto che l'Osservatorio non si sostituisce né all'ISTAT né al MIPAF, ma offre le competenze tecniche e scientifiche necessarie alla migliore stesura dei formulari che poi ciascun Ente utilizzerà per i propri compiti istituzionali. Si auspica a tal scopo di riuscire nel tempo ad individuare un unico questionario in grado di raccogliere tutte le informazioni necessarie sia all'ISTAT che al MIPAF nel solo ed unico interesse di snellire le richieste di lavoro all'industria. Strategica in questo caso è stata la collaborazione con Assofertilizzanti nell'individuazione dei punti critici dei diversi questionari.



ATTIVITÀ DEL G.D.L. 2, "MONITORAGGIO"

Mario Adua

Gruppo 2, "Monitoraggio"

Istituto Nazionale di Statistica
Via Adolfo Ravà, 150 - 00142 Roma

Introduzione

Nell'ambito del Osservatorio Nazionale Permanente per i Fertilizzanti, il Gruppo di Lavoro "Monitoraggio" si occupa di problematiche statistiche (rilevazione ed analisi dei dati, esame delle metodologie per la raccolta delle informazioni, rapporti con i rispondenti, classificazione dei prodotti, archivi, ecc.).

Nel corso dell'ultimo anno, da marzo 2000 a febbraio 2001, si sono svolte sei riunioni, di cui 4 a Roma e 2 a Milano.

Mediamente, hanno partecipato agli incontri 12 -13 persone dei 24 componenti il Gruppo di lavoro.

Attività svolta

L'attività svolta è risultata molto intensa e ha riguardato principalmente le seguenti problematiche:

- repertorio delle fonte statistiche nazionali ed internazionali e delle indagini relative alla filiera fertilizzanti;
- classificazione univoca dei fertilizzanti da utilizzare nelle rilevazioni statistiche in base alla vigente legislazione comunitaria e nazionale;
- rilevazione annuale dell'Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT) sulla distribuzione, per uso agricolo, dei fertilizzanti;
- dati sulla produzione e commercio estero dei fertilizzanti rilevati dall'ISTAT;
- statistica semestrale del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali (MiPAF) sulla produzione, importazione e movimento dei concimi;
- censimento dei prodotti commercializzati curato dall'Osservatorio

Nazionale Permanente per i Fertilizzanti;

- archivio delle imprese produttrici, importatrici e distributrici;
- codice di comportamento statistico per le imprese;
- esame dei risultati della rilevazione ISTAT sulla distribuzione dei fertilizzanti - Anno 1998;
- processo di integrazione ed unificazione dell'indagine MiPAF sulla produzione, importazione e movimento dei concimi con la rilevazione ISTAT sulla distribuzione dei fertilizzanti;
- vendita ad altre imprese ed immissione al consumo di prodotti alla rinfusa;
- reflui zootecnici e biomasse;
- seminario ISTAT-MiPAF-Osservatorio-Assofertilizzanti con le imprese produttrici e distributrici.

Risultati conseguiti

I principali risultati dell'attività svolta dal Gruppo di lavoro "Monitoraggio" sono i seguenti:

- dialogo e collaborazione fattiva fra diversi soggetti istituzionali (ISTAT, MiPAF, ISNP), esperti del settore, associazione di categoria (Assofertilizzanti) ed imprese produttrici e distributrici sulle principali problematiche statistiche, per contribuire al reperimento di una informazione corretta, puntuale, tempestiva e dettagliata sulla filiera fertilizzanti;
- adozione della Classificazione ISTAT sui fertilizzanti che comprende, in base alla vigente normativa, nomenclature, definizioni, contenuti minimi in elementi fertilizzanti e stato dei prodotti, identificati mediante specifici codici;
- studio di un progetto di fattibilità per l'integrazione e, se possibile, l'unificazione dell'indagine ISTAT sulla distribuzione dei fertilizzanti con quella MiPAF sulla produzione, importazione e movimento dei concimi, in una apposita rilevazione annuale sulla produzione, lavorazione e distribuzione dei fertilizzanti in Italia;
- elaborazione di un codice volontario di comportamento statistico per le imprese, da osservare in occasione delle rilevazioni di dati richiesti dalle istituzioni proposte in base al Piano Statistico Nazionale (PSN);

- costituzione, conservazione ed aggiornamento di un archivio delle imprese produttrici, importatrici e distributrici di fertilizzanti;
- identificazione nel commercio di prodotti alla rinfusa di una possibile consistente fonte di errore statistico se tale variabile non viene rilevata correttamente; infatti nel caso specifico della rilevazione ISTAT sulla distribuzione sui fertilizzanti, è fondamentale che ciascuna impresa dichiari il quantitativo di ogni singolo prodotto distribuito con il proprio marchio, mentre la quantità messa al consumo alla rinfusa va rilevata solo quando viene effettivamente distribuita tal quale (senza subire ulteriori operazioni di lavorazione, miscelatura o confezionamento ad opera di altre imprese);
- preparazione di un apposito Convegno congiunto ISTAT-MiPAF-Osservatorio-Assofertilizzanti con le imprese della filiera, per approfondire le problematiche metodologiche nonché le tempistiche relative alle singole rilevazioni sui fertilizzanti;
- esame dei dati ISTAT sulla produzione, commercio estero e distribuzione dei fertilizzanti nel 1998;
- contributo alla impostazione della rilevazione ISTAT sulla distribuzione, anni 1999 e 2000;
- contributo per la predisposizione dell'indagine del MiPAF sulla produzione, importazione e movimento dei concimi, anno 2000;
- richiesta di una maggiore tempestività, sia da parte delle imprese nella fornitura delle informazioni richieste che da parte delle istituzioni ufficiali nella pubblicazione dei risultati;
- riscontro della difficoltà oggettiva di reperire dati statistici attendibili ed omogenei sulla produzione e distribuzione di reflui zootecnici e di biomasse.

Prospettive future

Il Gruppo di Lavoro "Monitoraggio" prevede, nell'ambito dell'Osservatorio, di continuare la propria attività per contribuire ulteriormente al miglioramento delle statistiche sui fertilizzanti, quale servizio doveroso sia per gli operatori coinvolti che per gli interessati alle problematiche (qualità del cibo, salubrità delle acque, rapporto agricoltura-ambiente, biodiversità, produzioni ecocompatibili, ecc.) legate alla filiera.

Il Gruppo di lavoro si impegnerà per promuovere, entro tempi ragionevoli, l'effettiva unificazione della rilevazione ISTAT sulla distribuzione sui fertilizzanti con l'indagine MiPAF sulla produzione, importazione e movimento dei concimi.

Tale obiettivo rappresenterebbe una notevole semplificazione nella rilevazione dei dati, causerebbe minor fastidio statistico e consentirebbe una concreta razionalizzazione statistica utile per tutti gli operatori interessati alla filiera.

L'unificazione delle due indagini permetterebbe anche di utilizzare dati statistici omogenei e relativi a tutto il processo lavorativo - dal produttore al consumatore finale - che si svolge nella filiera fertilizzanti.

Il Gruppo di lavoro intende anche valutare la possibilità di sponsorizzare l'istituzione di uno specifico "Albo delle imprese" operanti, a vario titolo e con diverse funzioni nel variegato comparto dei fertilizzanti.

L'IMMISSIONE AL CONSUMO, PER USO AGRICOLO, DEI FERTILIZZANTI

Mario Adua

1. Introduzione

I cambiamenti in atto nel settore primario ed i nuovi connotati che l'agricoltura ed il mondo rurale vanno acquisendo rendono sempre più urgente la disponibilità di informazioni aggiornate, confrontabili, dettagliate e precise anche su produzione, commercio estero, immissione al consumo, distribuzione agli agricoltori e risultati nell'utilizzo dei fertilizzanti, nonché sulle eventuali conseguenze del loro impiego a carico della salubrità dei cibi, della purezza delle acque, della qualità dell'ambiente e delle modificazioni all'ecosistema.

Pertanto, appare sempre più importante aderire spontaneamente ad un codice etico di comportamento nei confronti delle statistiche ufficiali sui fertilizzanti.

Per un miglior servizio alla società ed ai consumatori, tutti gli operatori della filiera, nonché le Associazioni di categoria, gli Enti pubblici e le Istituzioni centrali dello Stato coinvolte nella fornitura, elaborazione, validazione e diffusione dei dati sui fertilizzanti sono chiamate, nel rispetto del proprio ruolo e competenze, ad un impegno maggiore.

2. L'evoluzione del settore

Nella seconda metà del XX secolo, l'immissione al consumo e l'impiego dei concimi minerali semplici e composti, hanno attraversato quattro distinte fasi:

- prima fase: una consistente ripresa, rispetto al periodo antecedente alla seconda guerra mondiale, durante gli anni '50;
- seconda fase: una forte crescita, nel corso degli anni '60 e '70;
- terza fase: un periodo di stabilità, caratterizzato però dal perdurare di impieghi elevati, durante gli anni '80;
- quarta fase: una lenta e continua riduzione, nel corso dell'ultimo decennio.

Tale andamento rispecchia sostanzialmente il ruolo dell'agricoltura italiana e l'evoluzione socio-economica e culturale-ambientale verificatesi negli ultimi decenni.

Infatti, alla ripresa dopo la guerra, ha fatto seguito un massiccio utilizzo di concimi ritenuti indispensabili per conseguire e mantenere nel tempo elevati incrementi produttivi (rese medie per ettaro) delle principali coltivazioni; in seguito, nel corso degli anni '80, mentre si manifestavano le prime inversioni di tendenza sulle funzioni dell'agricoltura, la crescita del consumo si è interrotta, quantunque l'impiego dei fertilizzanti sia rimasto considerevolmente elevato.

Durante gli ultimi anni, l'agricoltura ha attraversato un lungo periodo di forte ristrutturazione e rielaborazione del proprio ruolo economico e sociale nell'ambito di una società moderna in continua evoluzione e sempre più interdipendente con quanto accade nel resto del mondo.

Si è così, man mano, sempre più affermato il concetto che la produzione non è più il fine ultimo delle pratiche agronomiche, in quanto acquistano sempre maggior rilievo problematiche relativamente recenti, quali la salvaguardia ambientale, l'agricoltura sostenibile o eco-compatibile, la difesa idrogeologica, la biodiversità, la qualità della vita, la presenza dell'uomo sul territorio ecc.

Nel corso degli anni '90, è divenuta patrimonio comune l'idea forte "più qualità e meno quantità"; ciò ha influenzato notevolmente la politica agraria, facendo assumere alla tradizionale agricoltura di mercato una valenza più ambientalistica, unitamente ad una maggiore preoccupazione per i rischi alla salute, derivante dalle conseguenze di una eccessiva ed errata concimazione (contenuto di sostanze dannose nelle derrate alimentari, inquinamento causato dai nitrati nelle falde acquifere, contaminazione dell'ambiente, ecc.).

Contemporaneamente, la politica dell'Unione Europea (U.E.) si è spostata dal sussidio ai prezzi delle principali produzioni vegetali al sostegno del reddito globale della famiglia agricola.

La regolamentazione dell'agricoltura biologica e dei prodotti di qualità, l'introduzione del codice per le buone pratiche agricole, i sussidi per i seminativi ritirati dalla produzione, le riconversioni colturali e l'agricoltura eco-compatibile e la normativa sui nitrati (Regolamento n. 2078, Codice buone pratiche agricole, Direttiva nitrati, ecc.) hanno sempre più influenzato le scelte colturali degli agricoltori, orientandoli ad un diverso e più equilibrato utilizzo delle pratiche agronomiche.

Appare evidente come un insieme di cause abbiano spinto sia verso l'ottimizzazione nell'utilizzo dei principali mezzi di produzione che

verso una progressiva riduzione e differenziazione nell'impiego dei fertilizzanti, specialmente di quelli minerali semplici, unitamente alla rivalutazione del consumo di concimi organici, ammendanti e correttivi.

Attualmente, nell'ambito dell'U.E., l'Italia costituisce il quinto mercato dei fertilizzanti, dopo quello francese, tedesco, inglese e spagnolo; la produzione nazionale è largamente insufficiente e ciò determina una notevole importazione di materie prime e prodotti finiti, sia dai Paesi comunitari che da quelli extracomunitari.

3. Il quadro di riferimento

3.1 La produzione

Per motivi di sintesi, l'analisi sulla produzione italiana di fertilizzanti si limita all'esame dei principali concimi prodotti dall'industria chimica negli anni 1995-1999 (Prospetti n. 1 e 2).

Prospetto 1. Produzione di concimi minerali ed organo-minerali (a)
Anni 1995 - 1999 (Quantità in tonnellate)

CONCIMI	1995	1996	1997	1998	1999
Concimi minerali semplici					
Azotati					
Urea	538.983	457.901	514.866	447.380	377.091
Solfato ammonico (b)	555.793	548.429	569.715	502.494	454.848
Nitrato ammonico	502.083	512.037	548.101	330.454	361.174
Totale Azotati	1.596.859	1.518.367	1.632.682	1.280.328	1.193.113
Fosfatici					
Perfosfato	158.217	144.046	213.744	227.807	226.145
Totale Concimi minerali semplici	1.755.076	1.662.413	1.846.426	1.508.135	1.419.258
Concimi minerali composti					
Binari	132.492	99.649	101.034	77.497	91.176
Ternari	637.814	564.564	535.078	488.788	415.900
Liquidi	22.749	19.257	20.788	26.933	13.683
Totale Concimi minerali composti	793.055	683.470	656.900	593.218	520.759
Totale Concimi organo-minerali	294.138	299.385	307.540	320.225	308.467
Totale Concimi minerali ed organo-minerali	2.842.269	2.645.268	2.810.866	2.421.578	2.248.484

Fonte: Elaborazione su Rilevazione annuale della produzione industriale, ISTAT

(a) - Compresa la quantità, di provenienza sia nazionale che estera, reimpiegate per la produzione di concimi minerali ed organo-minerali

(b) - Compresi anche i sali doppi e miscugli di solfato ammonico o di nitrato ammonico

Prospetto 2. Variazione della produzione di concimi minerali ed organo-minerali (a) - Anni 1995 - 1999 (Quantità in tonnellate)

CONCIMI	VARIAZIONI									
	1996/1995		1997/1996		1998/1997		1999/1998		1999/1995	
	Assolute	%	Assolute	%	Assolute	%	Assolute	%	Assolute	%
Concimi minerali semplici										
Azotati										
Urea	-81.082	-15,04	56.965	12,44	-67.486	-13,11	-70.289	-15,71	-161.892	-30,04
Solfato ammonico (b)	-7.364	-1,32	21.286	3,88	-67.221	-11,80	-47.646	-9,48	-100.945	-18,16
Nitrato ammonico	9.954	1,98	36.064	7,04	-217.647	-39,71	30.720	9,30	-140.909	-28,06
Totale Azotati	-78.492	-4,92	114.315	7,53	-352.354	-21,58	-87.215	-6,81	-403.746	-25,28
Fosfatici										
Perfosfato	-14.171	-8,96	69.698	48,39	14.063	6,58	-1.662	-0,73	67.928	42,93
Totale Concimi minerali semplici	-92.663	-5,28	184.013	11,07	-338.291	-18,32	-88.877	-5,89	-335.818	-19,13
Concimi minerali composti										
Binari	-32.843	-24,79	1.385	1,39	-23.537	-23,30	13.679	17,65	-41.316	-31,18
Ternari	-73.250	-11,48	-29.486	-5,22	-46.290	-8,65	-72.888	-14,91	-221.914	-34,79
Liquidi	-3.492	-15,35	1.531	7,95	6.145	29,56	-13.250	-49,20	-9.066	-39,85
Totale Concimi minerali composti	-109.585	-13,82	-26.570	-3,89	-63.682	-9,69	-72.459	-12,21	-272.296	-34,34
Totale Concimi organo-minerali	5.247	1,78	8.155	2,72	12.685	4,12	-11.758	-3,67	14.329	4,87
Totale Concimi minerali ed organo-minerali	-197.001	-6,93	165.598	6,26	-389.288	-13,85	-173.094	-7,15	-593.785	-20,89

Fonte: Elaborazione su Rilevazione annuale della produzione industriale, ISTAT

(a) - Compresi le quantità, di provenienza sia nazionale che estera, reimpiegate per la produzione di concimi minerali ed organo-minerali

(b) - Compresi anche i sali doppi e miscugli di solfato ammonico o di nitrato ammonico

In tale periodo, la produzione si è ridotta di circa 600 mila tonnellate (-20,89%), passando da 2,84 a 2,25 milioni di tonnellate.

I dati riportati, che sono quelli rilevati dall'Istituto nazionale di statistica (ISTAT), comprendono anche i quantitativi importati di concimi minerali sottoposti ad arricchimento del titolo e quelli reimpiegati per la produzione di concimi minerali binari, ternari ed organo-minerali.

Nel periodo esaminato, la riduzione produttiva ha riguardato principalmente i prodotti azotati semplici, calati di ben 404 mila tonnellate (-25,28%); tale diminuzione è stata generalizzata ed ha interessato tutti i principali formulati; infatti, il solfato ammonico, il nitrato ammonico e l'urea hanno subito decrementi pari rispettivamente a -18,16%, -28,06% e -30,04%.

I concimi minerali composti hanno ugualmente manifestato una flessione consistente che ha coinvolto principalmente i prodotti ternari, calati di 222 mila tonnellate (-34,79%).

A fronte delle riduzioni sopra riportate, è importante segnalare l'incremento del perfosfato e dei formulati organo-minerali, pari rispettivamente a 68 (+42,93%) ed a 14 mila tonnellate (+4,87%).

3.2 Il commercio estero

La produzione nazionale è storicamente insufficiente alla domanda delle aziende agricole; pertanto, vengono immesse al consumo consistenti quantità di prodotti importati, nonché di formulati ottenuti in Italia reimpiegando concimi minerali semplici e binari di provenienza estera.

Nel periodo 1997-2000, i dati sul commercio estero rilevati dall'ISTAT, pur segnalando sia una riduzione delle quantità importate che un incremento di quelle esportate, evidenziano una forte dipendenza dall'estero.

Infatti, in termini di quantità, il saldo commerciale è fortemente negativo e risulta stabilmente superiore ai 3 milioni di tonnellate annue.

3.2.1 L'importazione

L'esame dei dati relativi all'importazione nel periodo 1997-2000, mostra un andamento complessivamente stabile che ha oscillato fra i 3,73 ed i 3,61 milioni di tonnellate annue di provenienza estera (Prospetti n. 3 e 4); all'interno dei singoli raggruppamenti per tipo di prodotti, le variazioni appaiono più significative.

Fra gli azotati semplici, alla riduzione persistente del nitrato

ammonico, calato da 387 a 293 mila tonnellate (-24,25%), ha fatto da contrappeso l'aumento dell'urea, salita da 924 a 1.133 mila tonnellate (+22,61%) e del solfato ammonico, passato da 64 a 119 mila tonnellate (+85,49%); complessivamente, l'importazione dei formulati azotati semplici, è aumentata di 221 mila tonnellate (+15,67%).

I fosfatici, composti essenzialmente dal perfosfato semplice, sono risultati in diminuzione, calando da 237 a 191 mila tonnellate (-19,65%).

Fra i prodotti potassici, il calo complessivo di 75 mila tonnellate è da imputare principalmente alla diminuzione della quantità importata di cloruro di potassio, sceso da 529 a 448 mila tonnellate (-15,30%).

Prospetto 3. Importazione di concimi minerali ed organo - minerali
Anni 1997 - 2000 (Quantità in tonnellate)

CONCIMI	1997	1998	1999	2000
Concimi minerali semplici				
Azotati				
Urea	923.831	925.447	988.931	1.132.669
Solfato ammonico (a)	63.974	115.573	100.070	118.665
Nitrato ammonico	386.548	353.669	356.165	292.821
Altri azotati	37.608	34.130	56.262	89.081
Totale Azotati	1.411.961	1.428.819	1.501.428	1.633.236
Fosfatici				
Perfosfato	237.378	301.177	263.595	190.738
Altri fosfatici	39.381	34.348	41.924	18.534
Totale Fosfatici	276.759	335.525	305.519	209.272
Potassici				
Cloruro di potassio	529.207	508.413	427.722	448.256
Solfato di potassio	81.135	94.732	97.747	90.920
Altri potassici	23.569	19.294	22.536	19.572
Totale Potassici	633.911	622.439	548.005	558.748
Totale Concimi minerali semplici	2.322.631	2.386.783	2.354.952	2.401.256
Concimi minerali composti				
Binari				
Azoto-fosfatici	765.808	711.411	713.330	592.133
Azoto-potassici	5.795	8.265	4.014	21.182
Fosfo-potassico	33.186	43.578	39.627	31.534
Totale Binari	804.789	763.254	756.971	644.849
Ternari (b)	561.865	578.317	601.884	523.372
Totale Concimi minerali composti	1.366.654	1.341.571	1.358.855	1.168.221
Concimi organo-minerali	37.487	37.744	33.422	43.571
Totale Concimi minerali ed organo-minerali	3.726.772	3.766.098	3.747.229	3.613.048

Fonte: Statistica del Commercio con l'estero, ISTAT

(a) - Compresi anche i sali doppi e miscugli di solfato di ammonio o di nitrato di ammonio

(b) - Compresi anche i concimi minerali composti in cui non sono presenti contemporaneamente azoto, fosforo e potassio

Prospetto 4. Variazione dell'importazione di concimi minerali ed organo-minerali - Anni 1997-2000 (Quantità in tonnellate)

CONCIMI	VARIAZIONI							
	1998/1997		1999/1998		2000/1999		2000/1997	
	Assolute	%	Assolute	%	Assolute	%	Assolute	%
Concimi minerali semplici								
Azotati								
Urea	1.616	0,17	63.484	6,86	143.738	14,53	208.838	22,61
Solfato ammonico (a)	51.599	80,66	-15.503	-13,41	18.595	18,58	54.691	85,49
Nitrato ammonico	-32.879	-8,51	2.496	0,71	-63.344	-17,79	-93.727	-24,25
Altri azotati	-3.478	-9,25	22.132	64,85	32.819	58,33	51.473	136,87
Totale Azotati	16.858	1,19	72.609	5,08	131.808	8,78	221.275	15,67
Fosfatici								
Perfosfato	63.799	26,88	-37.582	-12,48	-72.857	-27,64	-46.640	-19,65
Altri fosfatici	-5.033	-12,78	7.576	22,06	-23.390	-55,79	-20.847	-52,94
Totale Fosfatici	58.766	21,23	-30.006	-8,94	-96.247	-31,50	-67.487	-24,38
Potassici								
Cloruro di potassio	-20.794	-3,93	-80.691	-15,87	20.534	4,80	-80.951	-15,30
Solfato di potassio	13.597	16,76	3.015	3,18	-6.827	-6,98	9.785	12,06
Altri potassici	-4.275	-18,14	3.242	16,80	-2.964	-13,15	-3.997	-16,96
Totale Potassici	-11.472	-1,81	-74.434	-11,96	10.743	1,96	-75.163	-11,86
Totale Concimi minerali semplici	64.152	2,76	-31.831	-1,33	46.304	1,97	78.625	3,39
Concimi minerali composti								
Binari								
Azoto-fosfatici	-54.397	-7,10	1.919	0,27	-121.197	-16,99	-173.675	-22,68
Azoto-potassici	2.470	42,62	-4.251	-51,43	17.168	427,70	15.387	265,52
Fosfo-potassico	10.392	31,31	-3.951	-9,07	-8.093	-20,42	-1.652	-4,98
Totale Binari	-41.535	-5,16	-6.283	-0,82	-112.122	-14,81	-159.940	-19,87
Ternari (b)	16.452	2,93	23.567	4,08	-78.512	-13,04	-38.493	-6,85
Totale Concimi minerali composti	-25.083	-1,84	17.284	1,29	-190.634	-14,03	-198.433	-14,52
Concimi organo-minerali	257	0,69	-4.322	-11,45	10.149	30,37	6.084	16,23
Totale Concimi minerali ed organo-minerali	39.326	1,06	-18.869	-0,50	-134.181	-3,58	-113.724	-3,05

Fonte: Elaborazione su Statistica del Commercio con l'estero, ISTAT. (a) - Compresi anche i sali doppi e miscugli di solfato di ammonio o di nitrato di ammonio; (b) - Compresi anche i concimi minerali composti in cui non sono presenti contemporaneamente azoto, fosforo e potassio

Nel gruppo dei formulati binari, la riduzione è dovuta pressoché completamente ai prodotti azoto-fosfatici, scesi da 766 a 592 mila tonnellate (-22,68%).

Anche i concimi ternari hanno subito una flessione di 38 mila tonnellate (-6,85%), mentre i concimi organo-minerali si sono incrementati di circa 6 mila tonnellate, raggiungendo le 44 mila tonnellate (+16,23%).

L'importazione dei fertilizzanti continua ad incidere considerevolmente ed in maniera negativa sul saldo commerciale degli scambi internazionali; ciò nonostante i concimi di provenienza estera rappresentano ormai una caratteristica strutturale del settore.

3.2.2 L'esportazione

Sempre dal 1997 al 2000, l'esportazione, per quanto complessivamente di gran lunga inferiore all'importazione (per ogni tonnellata esportata di concime) se ne sono importate mediamente sei), ha mostrato un andamento positivo (Prospetti n. 5 e 6); dopo un forte incremento registrato nel 1998 rispetto all'anno precedente, e pari a 250 mila tonnellate (+52,44%), nel biennio 1999-2000 la diminuzione è stata contenuta, facendo registrare, nel 2000 rispetto al 1997, un incremento complessivo di 93 mila tonnellate (+19,41%).

Prospetto 5. Esportazione di concimi minerali ed organo-minerali
Anni 1997-2000 (Quantità in tonnellate)

CONCIMI	1997	1998	1999	2000
Concimi minerali semplici				
Azotati				
Urea	12.274	94.193	56.272	8.306
Solfato ammonico (a)	314.344	394.345	300.715	397.050
Nitrato ammonico	45.976	65.166	60.036	41.224
Altri azotati	17.422	52.206	35.514	29.738
Totale Azotati	390.016	605.910	452.537	476.318
Fosfatici				
Perfosfato	722	440	583	1.075
Altri fosfatici	131	379	327	160
Totale Fosfatici	853	819	910	1.235
Potassici				
Cloruro di potassio	7.385	36.374	327	408
Solfato di potassio	1.796	858	1.455	1.138
Altri potassici	203	856	293	420
Totale Potassici	9.384	38.088	2.075	1.966
Totale Concimi minerali semplici	400.253	644.817	455.522	479.519
Concimi minerali composti				
Binari				
Azoto-fosfatici	2.472	10.259	34.075	11.113
Azoto-potassici	6.291	6.075	4.056	3.465
Fosfo-potassico	64	141	325	756
Totale Binari	8.827	16.475	38.456	15.334
Ternari (b)	24.399	21.585	29.755	36.158
Totale Concimi minerali composti	33.226	38.060	68.211	51.492
Concimi organo-minerali	43.744	44.610	39.575	38.824
Totale Concimi minerali ed organo-minerali	477.223	727.487	563.308	569.835

Prospetto 6. Variazione dell'esportazione di concimi minerali ed organo-minerali - Anni 1997-2000 (Quantità in tonnellate)

CONCIMI	VARIAZIONI							
	1998/1997		1999/1998		2000/1999		2000/1997	
	Assolute	%	Assolute	%	Assolute	%	Assolute	%
Concimi minerali semplici								
Azotati								
Urea	81.919	667,42	-37.921	-40,26	-47.966	-85,24	-3.968	-32,33
Solfato ammonico (a)	80.001	25,45	-93.630	-23,74	96.335	32,04	82.706	26,31
Nitrato ammonico	19.190	41,74	-5.130	-7,87	-18.812	-31,33	-4.752	-10,34
Altri azotati	34.784	199,66	-16.692	-31,97	-5.776	-16,26	12.316	70,69
Totale Azotati	215.894	55,36	-153.373	-25,31	23.781	5,26	86.302	22,13
Fosfatici								
Perfosfato	-282	-39,06	143	32,50	492	84,39	353	48,89
Altri fosfatici	248	189,31	-52	-13,72	-167	-51,07	29	22,14
Totale Fosfatici	-34	-3,99	91	11,11	325	35,71	382	44,78
Potassici								
Cloruro di potassio	28.989	392,54	-36.047	-99,10	81	24,77	-6.977	-94,48
Solfato di potassio	-938	-52,23	597	69,58	-317	-21,79	-658	-36,64
Altri potassici	653	321,67	-563	-65,77	127	43,34	217	106,90
Totale Potassici	28.704	305,88	-36.013	-94,55	-109	-5,25	-7.418	-79,05
Totale Concimi minerali semplici	244.564	61,10	-189.295	-29,36	23.997	5,27	79.266	19,80
Concimi minerali composti								
Binari								
Azoto-fosfatici	7.787	315,01	23.816	232,15	-22.962	-67,39	8.641	349,56
Azoto-potassici	-216	-3,43	-2.019	-33,23	-591	-14,57	-2.826	-44,92
Fosfo-potassico	77	120,31	184	130,50	431	132,62	692	1081,25
Totale Binari	7.648	86,64	21.981	133,42	-23.122	-60,13	6.507	73,72
Ternari (b)	-2.814	-11,53	8.170	37,85	6.403	21,52	11.759	48,19
Totale Concimi minerali composti	4.834	14,55	30.151	79,22	-16.719	-24,51	18.266	54,98
Concimi organo-minerali	866	1,98	-5.035	-11,29	-751	-1,90	-4.920	-11,25
Totale Concimi minerali ed organo-minerali	250.264	52,44	-164.179	-22,57	6.527	1,16	92.612	19,41

Fonte: Elaborazione su Statistica del Commercio con l'estero, ISTAT. (a) - Compresi anche i sali doppi e miscugli di solfato di ammonio o di nitrato di ammonio; (b) - Compresi anche i concimi minerali composti in cui non sono presenti contemporaneamente azoto, fosforo e potassio

Sono aumentati i formulati azotati, saliti da 390 a 476 mila tonnellate (+22,13%), e fra questi in particolare il solfato ammonico, passato da 314 a 397 mila tonnellate (+26,31%). Sono risultate assai modeste le esportazioni di prodotti fosfatici, potassici e binari; i formulati ternari hanno registrato un incremento di 12 mila tonnellate (+48,19%), mentre gli organo-minerali sono diminuiti, calando da 44 a 39 mila tonnellate (-11,25%).

Attualmente, è difficile prevedere un rilevante incremento dell'export italiano, ad esclusione di un rafforzamento sui mercati esteri per specifici prodotti specialistici (a base di mesoelementi e di microelementi) ed organo-minerali.

3.3 Il consumo

In base agli ultimi dati rilevati dall'ISTAT, è possibile seguire l'andamento della distribuzione al consumo, per uso agricolo, dei concimi minerali ed organo-minerali negli anni 1995-1998 (prospetti n. 7 e 8).

Prospetto 7. Concimi minerali ed organo - minerali distribuiti al consumo
Anni 1995 - 1998 (Quantità in tonnellate)

CONCIMI	1997	1998	1999	2000
Concimi minerali semplici				
Azotati				
Urea	298.578	295.755	302.192	152.686
Solfato ammonico	695.079	620.021	736.761	553.826
Nitrato ammonico	698.251	598.943	716.463	717.711
Altri azotati	35.452	34.299	40.684	85.789
Totale Azotati	1.727.360	1.549.018	1.796.100	1.510.012
Fosfatici				
Perfosfato	423.119	431.728	475.742	309.154
Altri fosfatici	3.281	7.455	7.874	14.472
Totale Fosfatici	426.400	439.183	483.616	323.626
Potassici				
Cloruro di potassio	155.531	133.150	159.689	106.723
Solfato di potassio	57.721	63.948	70.638	39.147
Altri potassici	20.618	16.915	19.957	20.571
Totale Potassici	233.870	214.013	250.284	166.441
Totale Concimi minerali semplici	2.387.630	2.202.214	2.530.000	2.000.079
Concimi minerali composti				
Binari				
Azoto-fosfatici	545.926	566.042	619.762	458.569
Azoto-potassici	10.437	25.147	21.665	24.526
Fosfo-potassico	21.100	36.589	32.179	35.767
Totale Binari	577.463	627.778	673.606	518.862
Ternari	900.867	967.923	945.477	1.025.355
Totale Concimi minerali composti	1.478.330	1.595.701	1.619.083	1.544.217
Concimi organo-minerali	243.720	283.163	326.229	383.723
Totale Concimi minerali ed organo-minerali	4.109.680	4.081.078	4.475.312	3.928.019

Fonte: Rilevazione sulla distribuzione, per uso agricolo dei fertilizzanti, ISTAT

Prospetto 8. Variazione nella distribuzione al consumo dei concimi minerali ed organo - minerali. Anni 1995-1998 (Quantità in tonnellate)

CONCIMI	VARIAZIONI							
	1996/1995		1997/1996		1998/1997		1998/1995	
	Assolute	%	Assolute	%	Assolute	%	Assolute	%
Concimi minerali semplici								
Azotati								
Urea	-2.823	-0,95	6.437	2,18	-149.506	-49,47	-145.892	-48,86
Solfato ammonico (a)	-75.058	-10,80	116.740	18,83	-182.935	-24,83	-141.253	-20,32
Nitrato ammonico	-99.308	-14,22	117.520	19,62	1.248	0,17	19.460	2,79
Altri azotati	-1.153	-3,25	6.385	18,62	45.105	110,87	50.337	141,99
Totale Azotati	-178.342	-10,32	247.082	15,95	-286.088	-15,93	-217.348	-12,58
Fosfatici								
Perfosfato	8.609	2,03	44.014	10,19	-166.588	-35,02	-113.965	-26,93
Altri fosfatici	4.174	127,22	419	5,62	6.598	83,79	11.191	341,09
Totale Fosfatici	12.783	3,00	44.433	10,12	-159.990	-33,08	-102.774	-24,10
Potassici								
Cloruro di potassio	-22.381	-14,39	26.539	19,93	-52.966	-33,17	-48.808	-31,38
Solfato di potassio	6.227	10,79	6.690	10,46	-31.491	-44,58	-18.574	-32,18
Altri potassici	-3.703	-17,96	3.042	17,98	614	3,08	-47	-0,23
Totale Potassici	-19.857	-8,49	36.271	16,95	-83.843	-33,50	-67.429	-28,83
Totale Concimi minerali semplici	-185.416	-7,77	327.786	14,88	-529.921	-20,95	-387.551	-16,23
Concimi minerali composti								
Binari								
Azoto-fosfatici	20.116	3,68	53.720	9,49	-161.193	-26,01	-87.357	-16,00
Azoto-potassici	14.710	140,94	-3.482	-13,85	2.861	13,21	14.089	134,99
Fosfo-potassico	15.489	73,41	-4.410	-12,05	3.588	11,15	14.667	69,51
Totale Binari	50.315	8,71	45.828	7,30	-154.744	-22,97	-58.601	-10,15
Ternari (b)	67.056	7,44	-22.446	-2,32	79.878	8,45	124.488	13,82
Totale Concimi minerali composti	117.371	7,94	23.382	1,47	-74.866	-4,62	65.887	4,46
Concimi organo-minerali	39.443	16,18	43.066	15,21	57.494	17,62	140.003	57,44
Totale Concimi minerali ed organo-minerali	-28.602	-0,70	394.234	9,66	-547.293	-12,23	-181.661	-4,42

Fonte: Elaborazione su Statistica del Commercio con l'estero, ISTAT

Il biennio 1995-1996 presenta dati abbastanza stabili, mentre il 1997 fa registrare un forte incremento complessivo (+9,66%) rispetto all'anno precedente.

Complessivamente fra il 1995 ed il 1998, si è registrato nella distribuzione dei fertilizzanti un calo di 182 mila tonnellate (-4,42%). Rispetto al 1997, nel 1998 si è verificato un consistente calo, pari a 547 mila tonnellate (-12,23%).

La tendenza del periodo esaminato, così da come si evince pure da altri indicatori, sia economici che sociali e politici, ha consentito di accertare la prosecuzione del calo, continuo anche se contenuto, anche nel biennio 1999-2000.

La riduzione del consumo, e quindi del conseguente utilizzo dei fertilizzanti nelle pratiche colturali, ha interessato i prodotti minerali semplici ed i composti binari.

Fra gli azotati, ad un incremento del nitrato ammonico e dei formulati vari, aumentati di 19 mila (+2,79%) e 50 mila tonnellate (+141,99%), ha corrisposto un consistente calo dell'urea e del solfato ammonico, scesi rispettivamente di 146 mila (-48,86%) e di 141 tonnellate (-20,32%).

Il consumo di perfosfato si è contratto di 114 mila tonnellate (-26,93%) e quello del cloruro di potassio di 49 mila tonnellate (-31,38%).

Fra i prodotti binari, ad un incremento degli azoto-potassici e dei fosfo-potassici, pari rispettivamente a 14 mila (+134,99%) e 15 mila tonnellate (+69,51%), ha fatto da riscontro una notevole riduzione degli azoto-fosfatici, scesi da 546 a 459 mila tonnellate (-16,00%).

In aumento è risultato il consumo dei fertilizzanti ternari ed organo-minerali.

I ternari sono saliti da 901 a 1.025 mila tonnellate (+13,82%); ancor più rilevante, ed in linea con le tendenze attuali, è risultato l'incremento di 140 mila tonnellate conseguito dai formulati organo-minerali, passati da 244 a 384 mila tonnellate (+57,44%).

Le indicazioni provvisorie relative sia al 1999 che al 2000, indicano una diminuzione complessiva pari circa al 2 - 4 % annuo.

4. La rilevazione sulla distribuzione, per uso agricolo, dei fertilizzanti

4.1 La metodologia ed il contenuto informativo

La rilevazione sulla distribuzione per uso agricolo dei fertilizzanti è una indagine di tipo esaustivo e viene eseguita, direttamente dall'ISTAT con cadenza annuale, per via postale mediante autocompilazione dei modelli di rilevazione (uno per ciascuno prodotto) da parte delle unità coinvolte.

L'unità di rilevazione è costituita dall'impresa o azienda agricola operante, con il proprio marchio, nella distribuzione di fertilizzanti (concimi, ammendanti e correttivi) di origine sia nazionale che estera, indipendentemente dalla produzione di tali formulati.

Per una corretta esecuzione della rilevazione, nonché per cogliere l'intero universo, costituito da tutte le unità di rilevazione rientranti nel campo di osservazione, è indispensabile aggiornare in tempo reale lo specifico archivio informatizzato che consente di giungere a tutte le imprese ed aziende agricole ricadenti nel settore indagato.

Le informazioni richieste riguardano essenzialmente la provenienza (nazionale od estera), lo stato fisico (solido o liquido), la distinzione del titolo negli principali della fertilità (azoto, fosforo e potassio), la classificazione, la codifica e la distribuzione dei singoli prodotti a livello provinciale.

Il punto di forza dell'indagine consiste nell'accedere direttamente alla fonte dei dati (imprese o aziende agricole produttrici e distributrici o soltanto distributrici con il proprio marchio) e di rilevare la distribuzione provinciale di ogni singolo prodotto classificato, escludendone i quantitativi rivenduti alla rinfusa ad altre imprese e quelli diretti all'esportazione o ad utilizzazioni diverse dal campo agricolo (ad esempio: utilizzo di concimi minerali per altre produzioni industriali quali vernici, esplosivi, ecc.).

4.2 Le definizioni e le classificazioni utilizzate

Pur mantenendo la consueta rilevazione dei concimi minerali e di quelli organo-minerali, l'edizione 1998 dell'indagine ha allargato il proprio campo di osservazione anche ai concimi organici, ai concimi minerali a base di microelementi, agli ammendanti ed ai correttivi.

Le definizioni e le classificazioni utilizzate sono riprese direttamente dalla vigente normativa relativa al settore dei fertilizzanti.

Per fertilizzante, si intende qualsiasi sostanza che, per il suo contenuto in elementi nutritivi, oppure per le sue peculiari caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche, contribuisce al miglioramento della fertilità del terreno agrario, al nutrimento delle specie vegetali coltivate o, comunque, ad un loro migliore sviluppo.

I concimi sono quelle sostanze naturali o sintetiche, minerali od organiche, idonee a fornire alle colture uno o più degli elementi chimici della fertilità; tali prodotti, che possono essere commercializzati allo stato sia solido (granuli, polveri, pellettati) che fluido (soluzioni e sospensioni), si dividono in prodotti minerali, comprendenti pure i formulati a base di un solo oppure più mesoelementi o microelementi, organici ed organo-minerali, che, a loro volta, sono distinti in semplici e composti a seconda del contenuto di un solo elemento o di combinazioni fra più elementi fertilizzanti.

I concimi minerali sono quei prodotti che contengono uno solo o combinazioni, secondo vari rapporti, degli elementi chimici principali della fertilità. I formulati minerali semplici sono distinti in: azotati, fosfatici, potassici ed a base di un solo microelemento; quelli minerali composti sono suddivisi in binari (azoto-potassici, azoto-fosfatici, fosfo-potassici), in ternari azoto-fosfo-potassici ed a base di più microelementi.

I concimi a base di microelementi: sono quei prodotti minerali che contengono uno solo o combinazioni, secondo vari rapporti, di microelementi o oligoelementi (boro, cobalto, rame, ferro, manganese, molibdeno e zinco); i prodotti a base di microelementi si dividono in forma minerale (quando i microelementi sono in forma libera) e chelata (quando i microelementi sono legati all'agente chelante).

I concimi organici: sono quei prodotti formati da composti organici del carbonio, di origine sia animale che vegetale, legati chimicamente in forma organica agli elementi principali della fertilità; i formulati organici semplici comprendono soltanto gli azotati, mentre quelli composti raggruppano i binari azoto-fosfatici.

I concimi organo-minerali: riuniscono i formulati ottenuti per reazione o miscele di uno o più concimi organici con uno o più concimi minerali semplici o composti; i fertilizzanti organo-minerali semplici comprendono soltanto gli azotati, mentre quelli composti raggruppano sia i binari che i ternari.

Gli ammendanti e correttivi comprendono qualsiasi sostanza, naturale o sintetica, minerale od organica, capace di modificare e migliorare

le proprietà e le caratteristiche chimiche, fisiche, biologiche e meccaniche di un terreno; la categoria è distinta in ammendanti e correttivi.

Gli ammendanti: sono quei prodotti a base di sostanza organica, naturale o sintetica, con un contenuto in elementi primari (azoto, fosforo e potassio) che non supera il 2% della massa totale.

I correttivi: comprendono i prodotti inorganici, naturali o sintetici, a base di calcio, magnesio e zolfo.

4.3 L'analisi dei risultati

L'edizione 1998 della rilevazione ha allargato il campo di osservazione per cogliere, in base alla classificazione dei fertilizzanti contenuta nella normativa vigente, anche i concimi minerali a base di microelementi, i concimi organici, gli ammendanti ed i correttivi.

In linea con l'andamento della produzione nazionale e del commercio estero, l'analisi dei principali risultati, conseguiti nel 1998 rispetto al 1997, ha evidenziato per i concimi minerali in complesso, scesi da 4,15 a 3,53 milioni di tonnellate, un calo pari al 14,9%; sempre nello stesso periodo, i concimi organo-minerali sono saliti da 330 a 380 mila tonnellate, facendo registrare un incremento del 17,6%.

La riduzione, pari a 540 mila tonnellate, dei prodotti minerali semplici distribuiti è stata la conseguenza di un calo generalizzato che ha colpito principalmente i formulati azotati (nitrato ammonico e solfato ammonico) calati di circa 300 mila tonnellate (-16,7%); viceversa, la distribuzione dell'urea, pari a 720 mila tonnellate, è risultata praticamente identica a quella registrata nel 1997.

I concimi minerali composti hanno registrato una diminuzione di sole 70 mila tonnellate (-4,5%); tale riduzione è dovuta al calo dei prodotti binari (-150 mila tonnellate), peraltro parzialmente compensato dall'incremento dei formulati ternari (+80 mila tonnellate).

Sempre nel corso del 1998, si è rilevata una distribuzione di 1,7 mila tonnellate di concimi minerali a base di microelementi e di 230 mila tonnellate di prodotti organici, con prevalenza degli azotati semplici rispetto ai binari azoto-fosfatici; si è registrata anche l'immissione al consumo di ammendanti e correttivi, di cui sono stati distribuiti rispettivamente 270 e 30 mila tonnellate.

A livello territoriale e per il complesso dei concimi minerali, organici ed organo-minerali, pari a 4,05 milioni di tonnellate, si è evidenziato che i 2/3 dei prodotti sono stati distribuiti nel Centro-nord, principalmente in Lombardia, Veneto, Emilia Romagna e Piemonte; nel Mezzogiorno le regioni più interessate sono state Puglia, Campania e Sicilia.

Rispetto ai concimi, l'immissione al consumo di ammendanti e correttivi è risultata ancora più concentrata nelle regioni centro-settentrionali, che hanno assorbito rispettivamente il 79,8% e l'84,3% del totale nazionale; i maggiori consumi di ammendanti si sono registrati in Liguria, Lombardia e Veneto; per gli ammendanti, l'immissione al consumo è stata più consistente in Toscana e Veneto, che da sole hanno rappresentato il 63,4% della distribuzione nazionale.

L'indagine rileva anche i quantitativi dei principali elementi fertilizzanti immessi al consumo richiedendo per ciascun elemento il titolo, cioè la percentuale di azoto, fosforo e potassio contenuto in ogni prodotto commercializzato; più specificatamente, vengono rilevati i seguenti titoli:

- per l'azoto, distintamente in azoto nitrico, ammoniacale, amidico ed organico;
- per il fosforo, in anidride fosforica solubile ed insolubile;
- per il potassio, in ossido potassico.

Nel 1998 sono stati distribuiti 1,59 milioni di tonnellate dei principali elementi chimici della fertilità; pur escludendo quelli contenuti nei concimi organici e non rilevati precedentemente, si è avuto, rispetto al 1997, un calo di 190 mila tonnellate; la riduzione ha riguardato principalmente l'azoto ammoniacale (- 110 mila tonnellate) e l'anidride fosforica solubile (- 90 mila tonnellate). Sono risultati invece in aumento l'azoto nitrico (+ 6,4%) e quello amidico (+ 3,9%); è interessante notare come sia notevolmente cresciuta l'immissione al consumo di azoto organico, di cui sono stati distribuiti 163.380 quintali con un incremento del 337,1% rispetto all'anno precedente.

Le regioni che hanno maggiormente utilizzato come elementi fertilizzanti l'azoto e l'anidride fosforica sono state Lombardia, Veneto, Emilia-Romagna e Puglia. L'ossido potassico è stato distribuito prevalentemente nel Centro-nord; solo il 23,1% è stato immesso al consumo nel Mezzogiorno.

A livello nazionale, gli elementi fertilizzanti contenuti nei concimi per ettaro di superficie concimabile hanno raggiunto chilogrammi 73,83 di azoto, 45,56 di anidride fosforica e 29,94 di ossido potassico, facendo registrare delle diminuzioni, rispetto al 1997, pari rispettivamente a -10,2%, -15,6% e -9,7%.

La riduzione degli elementi fertilizzanti contenuti nei concimi minerali, organici ed organo-minerali per ettaro di superficie concimabile è il risultato sia di una più mirata concimazione che del progressivo passaggio di superficie agricola utilizzata all'agricoltura biologica ed ecocompatibile e del ritiro dalla produzione di superfici investite a seminativi.

5. Considerazioni conclusive

I dati sulla produzione industriale e sul commercio estero non consentono di distinguere precisamente i quantitativi di fertilizzanti destinati all'agricoltura da quelli degli analoghi prodotti impiegati in altre utilizzazioni non agricole; inoltre è difficile scorporare la quota di prodotti, essenzialmente concimi semplici e composti binari, reimpiegati nella produzione di altri fertilizzanti minerali composti, specialmente prodotti ternari ed organo-minerali.

Appare comunque evidente che, nel periodo 1995-1999, la produzione complessiva di concimi minerali ed organo-minerali si è ridotta di circa 600 mila tonnellate (-20,89%), passando da 2,84 a 2,25 milioni di tonnellate.

Nel periodo 1997-2000, i dati sul commercio estero rilevati dall'ISTAT, pur segnalando sia una riduzione delle quantità importate che un incremento di quelle esportate, evidenziano una forte dipendenza dall'estero.

L'esame dei dati relativi all'importazione, mostra un andamento complessivamente stabile che ha oscillato fra i 3,73 ed i 3,61 milioni di tonnellate annue di provenienza estera.

L'esportazione, per quanto complessivamente inferiore all'importazione, ha fatto registrare, nel 2000 rispetto al 1997 un incremento complessivo di 93 mila tonnellate (+19,41%).

Complessivamente, nella distribuzione al consumo dei fertilizzanti fra il 1995 ed il 1998, si è registrato un calo di 182 mila tonnellate (-4,42%).

L'immissione dei fertilizzanti in Italia, come nel resto dei principali Paesi industrializzati, viene sempre più determinata e condizionata da un complesso di cause solo in parte direttamente correlate al conseguimento delle produzioni vegetali.

Da quando la produzione non è più l'unico e l'ultimo fine delle pratiche agronomiche, la concimazione risulta ridotta, più mirata e localizzata (agricoltura di precisione), nonché legata alle scelte aziendali del tipo di agricoltura da praticare (tradizionale, estensiva, intensiva, biologica, biodinamica, integrata, ecc.).

La crescente attenzione per una migliore qualità della vita e per la tutela dell'ambiente, nonché la politica dell'Unione Europea, favoriscono e sostengono le pratiche agronomiche a basso impatto ambientale, i prodotti di qualità (a denominazione di origine ed a indicazione geografica protetta), le produzioni biologiche, il recupero dei residui organici, la salubrità delle acque, il ritiro dei seminativi dalla produzione, ecc.

Pertanto "meno quantità e più qualità" sembra una sintesi efficace anche per riassumere il possibile evolversi della distribuzione dei fertilizzanti.

Infatti, alla diminuzione dei prodotti più tradizionali, quali i concimi minerali semplici e binari, fa da contrappeso sia l'incremento dei ternari che quello ben più significativo dei concimi organo-minerali; quantunque non si dispone di sufficienti dati ufficiali, risulta evidente anche un considerevole aumento nel consumo dei concimi organici e degli ammendanti.

Infine, appare assai promettente il mercato sia nazionale che estero per i prodotti cosiddetti specialistici a base di mesoelementi e microelementi, i formulati idrosolubili, quelli liquidi, sia minerali che organici, i prodotti a lento rilascio o a cessione controllata ed i biostimolanti.

6. Bibliografia

- ADUA (2001), La distribuzione dei fertilizzanti in Italia. *Bollettino n. 4 (Vol. 49, 2000)*, S.I.S.S., Roma
- Autori vari (2000), *Bollettino n. 4 (Vol. 48, 1999)*, S.I.S.S., Roma
- Autori vari (2001), *Bollettino n. 4 (Vol. 49, 2000)*, S.I.S.S., Roma
- FAO (2001), Fertilizer 1999, Volume 49, Fao, Roma
- ISTAT (1998), Statistiche dell'agricoltura - Anno 1995, ISTAT, Roma
- ISTAT (1999), Statistiche dell'agricoltura - Anno 1996, ISTAT, Roma
- ISTAT (2000), Statistiche dell'agricoltura - Anno 1997, ISTAT, Roma
- ISTAT (2001), Statistiche dell'agricoltura - Anno 1998, ISTAT, Roma
- ISTAT (2001), Annuario statistico italiano - Anno 2000, ISTAT, Roma
- ISTAT (2001), Statistica del commercio con l'estero - Anni 1997-2000, ISTAT, Roma
- Legge n. 748 del 19 ottobre 1984, Nuove norme per la disciplina dei fertilizzanti, Gazzetta Ufficiale, Roma
- TRINCHIERI (1995), Industrie chimiche in Italia dal 1800 ad oggi, Manoscritto

7. Allegato statistico ⇒

Tavola 7.1. Fertilizzanti distribuiti al consumo, per regione - Anno 1998 (in quintali)

REGIONI	CONCIMI MINERALI					A base di microelementi	TOTALE
	SEMPLICI		COMPOSTI				
	Azotati	Fosfatici	Potassici	Binari	Ternari		
Piemonte	1.184.362	69.998	265.577	311.119	1.182.966	383	3.014.405
Valle d'Aosta	89	-	-	70	1.111	1	1.271
Lombardia	2.607.841	258.353	461.372	394.023	1.501.489	362	5.223.440
Trentino-Alto Adige	96.511	12.692	12.569	5.606	224.545	1.445	353.368
<i>Bolzano-Bozen</i>	<i>71.736</i>	<i>11.192</i>	<i>9.283</i>	<i>1.844</i>	<i>157.091</i>	<i>305</i>	<i>251.451</i>
<i>Trento</i>	<i>24.775</i>	<i>1.500</i>	<i>3.286</i>	<i>3.762</i>	<i>67.454</i>	<i>1.140</i>	<i>101.917</i>
Veneto	1.641.092	488.144	285.963	376.228	1.689.873	1.000	4.482.300
Friuli-Venezia Giulia	399.201	49.877	134.512	138.379	326.223	323	1.048.515
Liguria	23.267	2.065	2.064	2.220	48.300	138	78.054
Emilia-Romagna	1.832.328	670.330	220.559	534.793	674.466	1.758	3.934.234
Toscana	947.344	86.812	46.445	464.225	467.220	318	2.012.364
Umbria	541.805	58.722	25.101	293.545	125.463	62	1.044.698
Marche	707.069	228.243	19.079	332.057	241.144	159	1.527.751
Lazio	697.420	64.758	23.582	355.962	519.139	1.302	1.662.163
Abruzzo	281.905	180.904	39.016	144.540	347.653	155	994.173
Molise	226.176	33.921	2.503	100.913	39.693	8	403.214
Campania	1.027.677	187.635	13.401	322.477	559.125	861	2.111.176
Puglia	1.248.720	319.866	48.532	363.420	1.118.152	3.412	3.102.102
Basilicata	317.291	46.873	3.712	148.349	76.155	247	592.627
Calabria	390.053	119.714	8.397	115.987	308.796	332	943.279
Sicilia	656.170	271.041	33.742	463.926	653.544	4.198	2.082.621
Sardegna	273.797	86.310	18.280	320.786	148.490	401	848.064
ITALIA	15.100.118	3.236.258	1.664.406	5.188.625	10.253.547	16.865	35.459.819
Nord-Centro	10.678.329	1.989.994	1.496.823	3.208.227	7.001.939	7.251	24.382.563
Mezzogiorno	4.421.789	1.246.264	167.583	1.980.398	3.251.608	9.614	11.077.256

SEGUE: tavola 7.1

REGIONI	Concimi organici	Concimi organo-minerali	Totale (a)	Ammendanti	Correttivi	TOTALE
Piemonte	172.532	102.295	3.289.232	134.332	9.370	3.432.934
Valle d'Aosta	1.985	656	3.912	2.399	-	6.311
Lombardia	553.438	65.478	5.842.356	383.572	20.064	6.245.992
Trentino-Alto Adige	37.702	9.080	400.150	59.246	13.373	472.769
<i>Bolzano-Bozen</i>	<i>26.347</i>	<i>3.227</i>	<i>281.025</i>	<i>39.187</i>	<i>11.884</i>	<i>332.096</i>
<i>Trento</i>	<i>11.355</i>	<i>5.853</i>	<i>119.125</i>	<i>20.059</i>	<i>1.489</i>	<i>140.673</i>
Veneto	280.814	315.756	5.078.870	341.797	76.176	5.496.843
Friuli-Venezia Giulia	34.802	74.897	1.158.214	83.996	325	1.242.535
Liguria	53.074	62.378	193.506	478.571	727	672.804
Emilia-Romagna	379.459	497.199	4.810.892	202.716	9.796	5.023.404
Toscana	145.503	396.344	2.554.211	186.866	101.011	2.842.088
Umbria	31.666	133.788	1.210.152	38.518	366	1.249.036
Marche	63.379	248.449	1.839.579	60.278	1.281	1.901.138
Lazio	65.842	221.728	1.949.733	163.682	3.224	2.116.639
Abruzzo	50.255	254.345	1.298.773	59.662	5.152	1.363.587
Molise	7.787	63.430	474.431	7.623	88	482.142
Campania	39.161	262.029	2.412.366	103.127	1.249	2.516.742
Puglia	101.298	489.217	3.692.617	147.652	22.742	3.863.011
Basilicata	7.915	67.576	668.118	11.811	714	680.643
Calabria	45.302	110.457	1.099.038	35.753	911	1.135.702
Sicilia	229.825	447.284	2.759.730	136.344	12.432	2.908.506
Sardegna	47.563	14.847	910.474	38.813	603	949.890
ITALIA	2.349.302	3.837.233	41.646.354	2.676.758	279.604	44.602.716
Nord-Centro	1.820.196	2.128.048	28.330.807	2.135.973	235.713	30.702.493
Mezzogiorno	529.106	1.709.185	13.315.547	540.785	43.891	13.900.223

(a) Comprende i concimi minerali, organici ed organo-minerali.

Fonte: Rilevazione sulla distribuzione, per uso agricolo, dei fertilizzanti, ISTATmercio

Tavola 7.2. Concimi minerali semplici azotati distribuiti al consumo, per regione - Anno 1998 (in quintali)

REGIONI	Calcio-cianamide	NITRATO		Di calcio	Solfato ammmonico	Urea agricola	Altri azotati	TOTALE
		Ammonico						
		> del 27%	27% ed oltre					
Piemonte	56.290	259.822	137.519	34.556	45.704	648.601	1.870	1.184.362
Valle d'Aosta	-	-	-	-	89	-	-	89
Lombardia	39.060	441.684	126.609	16.374	73.527	1.878.084	32.503	2.607.841
Trentino-Alto Adige	30	61.113	2.432	11.545	4.887	16.383	121	96.511
<i>Bolzano-Bozen</i>	<i>30</i>	<i>53.088</i>	<i>1.200</i>	<i>7.105</i>	<i>1.391</i>	<i>8.872</i>	<i>50</i>	<i>71.736</i>
<i>Trento</i>	<i>-</i>	<i>8.025</i>	<i>1.232</i>	<i>4.440</i>	<i>3.496</i>	<i>7.511</i>	<i>71</i>	<i>24.775</i>
Veneto	15.240	232.873	192.192	74.043	106.336	1.016.236	4.172	1.641.092
Friuli-Venezia Giulia	720	64.471	31.564	3.314	27.573	271.010	549	399.201
Liguria	480	1.217	3.619	1.752	11.986	3.894	319	23.267
Emilia-Romagna	8.000	590.748	194.205	70.395	138.988	811.236	18.756	1.832.328
Toscana	6.710	402.439	121.022	41.682	38.774	333.428	3.289	947.344
Umbria	710	166.828	29.542	40.786	11.283	292.136	520	541.805
Marche	3.830	340.347	23.952	7.401	15.824	308.906	6.809	707.069
Lazio	11.150	282.466	39.345	61.790	56.561	241.160	4.948	697.420
Abruzzo	4.040	113.052	7.077	20.446	40.846	95.205	1.239	281.905
Molise	-	94.760	14.957	5.522	1.271	108.888	778	226.176
Campania	11.980	368.170	42.854	42.246	256.855	301.642	3.930	1.027.677
Puglia	5.040	375.508	60.238	49.446	415.535	318.335	24.618	1.248.720
Basilicata	240	182.379	22.248	5.743	21.448	84.443	790	317.291
Calabria	960	171.365	15.033	30.394	98.167	73.631	503	390.053
Sicilia	720	159.921	84.446	21.960	154.904	221.037	13.182	656.170
Sardegna	480	77.707	2.537	33.757	6.300	152.858	158	273.797
ITALIA	165.680	4.386.870	1.151.391	573.152	1.526.858	7.177.113	119.054	15.100.118
Nord-Centro	142.220	2.844.008	902.001	363.638	531.532	5.821.074	73.856	10.678.329
Mezzogiorno	23.460	1.542.862	249.390	209.514	995.326	1.356.039	45.198	4.421.789

Fonte: Rilevazione sulla distribuzione, per uso agricolo, dei fertilizzanti, ISTAT

Tavola 7.3. Concimi minerali semplici fosfatici distribuiti al consumo, per regione
Anno 1998 (In quintali)

REGIONI	Perfosfato semplice	Perfosfato triplo	Altri fosfatici	TOTALE
Piemonte	23.525	22.816	23.657	69.998
Valle d'Aosta	-	-	-	-
Lombardia	117.975	131.107	9.271	258.353
Trentino-Alto Adige	6.292	4.490	1.910	12.692
<i>Bolzano-Bozen</i>	<i>5.098</i>	<i>4.253</i>	<i>1.841</i>	<i>11.192</i>
<i>Trento</i>	<i>1.194</i>	<i>237</i>	<i>69</i>	<i>1.500</i>
Veneto	322.378	161.472	4.294	488.144
Friuli-Venezia Giulia	30.984	18.426	467	49.877
Liguria	1.732	144	189	2.065
Emilia-Romagna	396.043	206.192	68.095	670.330
Toscana	18.859	63.500	4.453	86.812
Umbria	16.794	41.151	777	58.722
Marche	143.821	84.247	175	228.243
Lazio	38.079	22.745	3.934	64.758
Abruzzo	168.661	12.003	240	180.904
Molise	29.675	4.050	196	33.921
Campania	181.792	5.272	571	187.635
Puglia	281.177	35.737	2.952	319.866
Basilicata	43.546	3.276	51	46.873
Calabria	113.936	4.548	1.230	119.714
Sicilia	222.489	42.910	5.642	271.041
Sardegna	36.843	32.847	16.620	86.310
ITALIA	2.194.601	896.933	144.724	3.236.258
Nord-Centro	1.116.482	756.290	117.222	1.989.994
Mezzogiorno	1.078.119	140.643	27.502	1.246.264

Fonte: Rilevazione sulla distribuzione, per uso agricolo, dei fertilizzanti, ISTAT

Tavola 7.4. Concimi minerali semplici potassici distribuiti al consumo, per regione - Anno 1998 (in quintali)

REGIONI	Solfato potassico	CLORURO		Altri potassici	TOTALE
		fino al 45%	fino al 45%		
Piemonte	16.995	2.055	218.358	28.169	265.577
Valle d'Aosta	-	-	-	-	-
Lombardia	33.459	740	412.906	14.267	461.372
Trentino-Alto Adige	5.187	-	2.874	4.508	12.569
<i>Bolzano-Bozen</i>	<i>3.854</i>	-	<i>2.689</i>	<i>2.740</i>	<i>9.283</i>
<i>Trento</i>	<i>1.333</i>	-	<i>185</i>	<i>1.768</i>	<i>3.286</i>
Veneto	114.263	639	123.658	47.403	285.963
Friuli-Venezia Giulia	26.096	-	106.121	2.295	134.512
Liguria	556	20	580	908	2.064
Emilia-Romagna	52.109	-	144.927	23.523	220.559
Toscana	23.926	125	15.405	6.989	46.445
Umbria	19.708	-	1.168	4.225	25.101
Marche	9.862	-	6.949	2.268	19.079
Lazio	10.975	31	3.171	9.405	23.582
Abruzzo	3.168	3	18.226	17.619	39.016
Molise	30	80	2.393	-	2.503
Campania	5.815	7	2.470	5.109	13.401
Puglia	21.843	670	155	25.864	48.532
Basilicata	1.964	487	-	1.261	3.712
Calabria	6.693	-	-	1.704	8.397
Sicilia	24.268	10	1.174	8.290	33.742
Sardegna	14.553	344	1.483	1.900	18.280
ITALIA	391.470	5.211	1.062.018	205.707	1.664.406
Nord-Centro	313.136	3.610	1.036.117	143.960	1.496.823
Mezzogiorno	78.334	1.601	25.901	61.747	167.583

Fonte: Rilevazione sulla distribuzione, per uso agricolo, dei fertilizzanti, ISTAT

Tavola 7.5 Concimi minerali composti distribuiti al consumo, per regione - Anno 1998 (in quintali)

REGIONI	BINARI			Ternari (a)	A base di microelementi	TOTALE	
	Azoto-fosfatici	Fosfo-potassici	Azoto-potassici				Totale
Piemonte	178.892	85.970	46.257	311.119	1.182.966	383	1.494.468
Valle d'Aosta	-	70	-	70	1.111	1	1.182
Lombardia	302.156	63.692	28.175	394.023	1.501.489	362	1.895.874
Trentino-Alto Adige	2.910	620	2.076	5.606	224.545	1.445	231.596
<i>Bolzano-Bozen</i>	<i>857</i>	<i>296</i>	<i>691</i>	<i>1.844</i>	<i>157.091</i>	<i>305</i>	<i>159.240</i>
<i>Trento</i>	<i>2.053</i>	<i>324</i>	<i>1.385</i>	<i>3.762</i>	<i>67.454</i>	<i>1.140</i>	<i>72.356</i>
Veneto	291.521	68.172	16.535	376.228	1.689.873	1.000	2.067.101
Friuli-Venezia Giulia	127.854	10.259	266	138.379	326.223	323	464.925
Liguria	679	221	1.320	2.220	48.300	138	50.658
Emilia-Romagna	411.643	82.713	40.437	534.793	674.466	1.758	1.211.017
Toscana	451.260	5.545	7.420	464.225	467.220	318	931.763
Umbria	268.751	19.826	4.968	293.545	125.463	62	419.070
Marche	331.107	126	824	332.057	241.144	159	573.360
Lazio	349.720	1.549	4.693	355.962	519.139	1.302	876.403
Abruzzo	127.070	6.393	11.077	144.540	347.653	155	492.348
Molise	100.377	4	532	100.913	39.693	8	140.614
Campania	313.518	403	8.556	322.477	559.125	861	882.463
Puglia	356.000	2.000	5.420	363.420	1.118.152	3.412	1.484.984
Basilicata	148.164	14	171	148.349	76.155	247	224.751
Calabria	113.866	30	2.091	115.987	308.796	332	425.115
Sicilia	392.126	9.909	61.891	463.926	653.544	4.198	1.121.668
Sardegna	318.075	156	2.555	320.786	148.490	401	469.677
ITALIA	4.585.689	357.672	245.264	5.188.625	10.253.547	16.865	15.459.037
Nord-Centro	2.716.493	338.763	152.971	3.208.227	7.001.939	7.251	10.217.417
Mezzogiorno	1.869.196	18.909	92.293	1.980.398	3.251.608	9.614	5.241.620

(a) Concimi fosfo-azoto-potassici.

Fonte: Rilevazione sulla distribuzione, per uso agricolo, dei fertilizzanti, ISTAT

Tavola 7.6. Concimi organici ed organo - minerali distribuiti al consumo, per regione - Anno 1998 (in quintali)

REGIONI	ORGANICI			ORGANO - MINERALI		
	Azotati semplici	Composti	Totale	Azotati semplici	Composti	Totale
Piemonte	131.765	40.767	172.532	1.291	101.004	102.295
Valle d'Aosta	641	1.344	1.985	-	656	656
Lombardia	506.959	46.479	553.438	13	65.465	65.478
Trentino-Alto Adige	9.756	27.946	37.702	-	9.080	9.080
<i>Bolzano-Bozen</i>	<i>8.868</i>	<i>17.479</i>	<i>26.347</i>	-	<i>3.227</i>	<i>3.227</i>
<i>Trento</i>	<i>888</i>	<i>10.467</i>	<i>11.355</i>	-	<i>5.853</i>	<i>5.853</i>
Veneto	171.561	109.253	280.814	4.352	311.404	315.756
Friuli-Venezia Giulia	13.138	21.664	34.802	232	74.665	74.897
Liguria	18.233	34.841	53.074	75	62.303	62.378
Emilia-Romagna	202.257	177.202	379.459	10.261	486.938	497.199
Toscana	37.501	108.002	145.503	218	396.126	396.344
Umbria	2.612	29.054	31.666	210	133.578	133.788
Marche	10.888	52.491	63.379	1.730	246.719	248.449
Lazio	13.101	52.741	65.842	5.141	216.587	221.728
Abruzzo	21.135	29.120	50.255	1.183	253.162	254.345
Molise	3.321	4.466	7.787	176	63.254	63.430
Campania	17.590	21.571	39.161	2.227	259.802	262.029
Puglia	28.511	72.787	101.298	7.795	481.422	489.217
Basilicata	3.747	4.168	7.915	3.689	63.887	67.576
Calabria	12.526	32.776	45.302	10	110.447	110.457
Sicilia	48.422	181.403	229.825	11.397	435.887	447.284
Sardegna	31.721	15.842	47.563	108	14.739	14.847
ITALIA	1.285.385	1.063.917	2.349.302	50.108	3.787.125	3.837.233
Nord-Centro	1.118.412	701.784	1.820.196	23.523	2.104.525	2.128.048
Mezzogiorno	166.973	362.133	529.106	26.585	1.682.600	1.709.185

Fonte: Rilevazione sulla distribuzione, per uso agricolo, dei fertilizzanti, ISTAT

Tavola 7.7. Ammendanti distribuiti al consumo, per regione - Anno 1998 (in quintali)

REGIONI	Ammendante vegetale	Ammendante misto	Ammendante torboso	Torbe	Letame	Altri ammendanti	Totale
Piemonte	42.013	6.490	8.266	20.028	300	57.235	134.332
Valle d'Aosta	810	52	610	183	-	744	2.399
Lombardia	27.275	47.077	146.179	74.471	3.057	85.513	383.572
Trentino-Alto Adige	4.238	2.802	16.381	18.953	1.440	15.432	59.246
<i>Bolzano-Bozen</i>	<i>160</i>	<i>486</i>	<i>13.554</i>	<i>11.062</i>	<i>240</i>	<i>13.685</i>	<i>39.187</i>
<i>Trento</i>	<i>4.078</i>	<i>2.316</i>	<i>2.827</i>	<i>7.891</i>	<i>1.200</i>	<i>1.747</i>	<i>20.059</i>
Veneto	32.916	15.646	86.472	86.441	6.070	114.252	341.797
Friuli-Venezia Giulia	7.350	6.754	6.850	16.987	606	45.449	83.996
Liguria	408.616	3.486	19.224	19.143	874	27.228	478.571
Emilia-Romagna	9.761	16.037	55.665	30.814	7.888	82.551	202.716
Toscana	5.519	28.033	37.992	53.521	5.619	56.182	186.866
Umbria	440	3.250	9.399	12.823	765	11.841	38.518
Marche	1.124	4.502	33.799	6.474	2.290	12.089	60.278
Lazio	4.168	14.007	45.125	26.206	15.229	58.947	163.682
Abruzzo	1.526	3.710	41.021	5.680	1.218	6.507	59.662
Molise	306	844	1.992	1.059	-	3.422	7.623
Campania	1.808	5.188	29.994	46.940	4.644	14.553	103.127
Puglia	2.348	8.408	38.773	19.973	24.169	53.981	147.652
Basilicata	28	2.569	889	1.605	552	6.168	11.811
Calabria	49	4.900	7.218	4.324	3.858	15.404	35.753
Sicilia	10.834	9.514	10.514	33.138	3.243	69.101	136.344
Sardegna	342	4.106	6.080	14.281	711	13.293	38.813
ITALIA	561.471	187.375	602.443	493.044	82.533	749.892	2.676.758
Nord-Centro	544.230	148.136	465.962	366.044	44.138	567.463	2.135.973
Mezzogiorno	17.241	39.239	136.481	127.000	38.395	182.429	540.785

Fonte: Rilevazione sulla distribuzione, per uso agricolo, dei fertilizzanti, ISTAT

Tavola 7.8. Correttivi distribuiti al consumo, per regione.
Anno 1998 (in quintali)

REGIONI	Calci, calcari e dolomite	Solfato di calcio e gessi	Altri correttivi	Totale
Piemonte	5.297	600	3.473	9.370
Valle d'Aosta	-	-	-	-
Lombardia	12.572	5.351	2.141	20.064
Trentino-Alto Adige	10.862	916	1.595	13.373
<i>Bozano-Bozen</i>	<i>10.862</i>	<i>916</i>	<i>106</i>	<i>11.884</i>
<i>Trento</i>	-	-	<i>1.489</i>	<i>1.489</i>
Veneto	-	71.336	4.840	76.176
Friuli-Venezia Giulia	-	-	325	325
Liguria	-	453	274	727
Emilia-Romagna	644	450	8.702	9.796
Toscana	172	99.692	1.147	101.011
Umbria	-	-	366	366
Marche	-	-	1.281	1.281
Lazio	300	300	2.624	3.224
Abruzzo	1	-	5.151	5.152
Molise	-	-	88	88
Campania	15	150	1.084	1.249
Puglia	30	-	22.712	22.742
Basilicata	210	-	504	714
Calabria	-	-	911	911
Sicilia	15	240	12.177	12.432
Sardegna	-	-	603	603
ITALIA	30.118	179.488	69.998	279.604
Nord-Centro	29.847	179.098	26.768	235.713
Mezzogiorno	271	390	43.230	43.891

Fonte: Rilevazione sulla distribuzione, per uso agricolo, dei fertilizzanti, ISTAT

Tavola 7.9. Contenuto in elementi fertilizzanti, per tipo di concime - Anno 1998 (in migliaia di quintali)

TIPO DI CONCIME	AZOTO					ANIDRIDE FOSFORICA			Ossido potassico
	Nitrico	Ammoniacale	Ammidico	Organico	Totale	Solubile	Insolubile	Totale	
	AZOTATI								
Solfato ammonico	-	314,25	-	-	314,25	-	-	-	-
Calcio-cianamide	-	-	33,14	-	33,14	-	-	-	-
Nitrato ammonico	762,89	763,49	-	-	1.526,38	-	-	-	-
Nitrato di calcio	82,94	5,93	-	-	88,86	-	-	-	-
Urea agricola	-	-	3.301,47	-	3.301,47	-	-	-	-
Altri azotati	6,59	8,48	14,38	-	29,44	-	-	-	-
	FOSFATICI								
Perfosfato semplice	-	-	-	-	-	400,93	16,96	417,89	-
Perfosfato triplo	-	-	-	-	-	410,61	1,53	412,14	-
Altri fosfatici	-	-	-	-	-	28,26	5,01	33,26	-
	POTASSICI								
Cloruro potassico	-	-	-	-	-	-	-	-	639,27
Solfato potassico	-	-	-	-	-	-	-	-	195,81
Altri potassici	-	-	-	-	-	-	-	-	64,68
	COMPOSTI								
Azoto-fosfatici	203,75	615,52	6,97	-	826,24	1.900,72	10,90	1.911,62	-
Azoto-potassici	22,42	1,32	10,18	-	33,91	-	-	-	85,68
Fosfo-potassici	-	-	-	-	-	61,22	3,81	65,03	74,76
Azoto-fosfo-potassici	473,31	679,63	99,03	-	1.251,96	1.446,89	68,07	1.514,96	1.804,15
	ORGANICI								
In complesso	-	-	-	106,54	106,54	33,23	1,20	34,43	1,85
	ORGANO - MINERALI								
In complesso	17,59	228,28	37,46	56,83	340,16	410,33	45,92	456,25	317,88
TOTALE	1.569,49	2.616,90	3.502,63	163,37	7.852,35	4.692,19	153,40	4.845,58	3.184,08

Fonte: Rilevazione sulla distribuzione, per uso agricolo, dei fertilizzanti, ISTAT

Tavola 7.10. Elementi fertilizzanti contenuti nei concimi minerali, organici ed organo-minerali, per regione - Anno 1998 (in quintali)

REGIONI	AZOTO				Totale
	Nitrico	Ammoniacale	Ammidico	Organico	
Piemonte	122.593	162.508	334.136	12.001	631.238
Valle d'Aosta	85	102	18	65	270
Lombardia	128.727	236.251	901.908	17.902	1.284.788
Trentino-Alto Adige	23.206	27.463	7.976	2.102	60.747
<i>Bolzano-Bozen</i>	<i>16.622</i>	<i>19.853</i>	<i>4.340</i>	<i>1.574</i>	<i>42.389</i>
<i>Trento</i>	<i>6.584</i>	<i>7.610</i>	<i>3.636</i>	<i>528</i>	<i>18.358</i>
Veneto	134.523	253.983	479.844	19.525	887.875
Friuli-Venezia Giulia	35.830	57.795	126.427	2.253	222.305
Liguria	3.870	10.670	3.543	4.011	22.094
Emilia-Romagna	177.372	264.601	388.832	25.615	856.420
Toscana	116.545	206.486	170.787	12.992	506.810
Umbria	42.599	90.667	137.150	2.709	273.125
Marche	86.033	124.288	148.076	4.768	363.165
Lazio	100.478	157.923	121.572	6.548	386.521
Abruzzo	49.440	79.920	49.440	6.881	185.681
Molise	27.081	30.451	50.847	1.247	109.626
Campania	121.901	201.057	147.368	5.557	475.883
Puglia	161.546	292.499	169.978	11.489	635.512
Basilicata	41.483	59.151	40.684	1.576	142.894
Calabria	65.308	84.597	37.363	3.848	191.116
Sicilia	106.211	199.957	115.529	18.143	439.840
Sardegna	24.648	76.517	71.135	4.148	176.448
ITALIA	1.569.479	2.616.886	3.502.613	163.380	7.852.358
Nord-Centro	971.861	1.592.737	2.820.269	110.491	5.495.358
Mezzogiorno	597.618	1.024.149	682.344	52.889	2.357.000

SEGUE: tavola 7.10

REGIONI	ANIDRIDE FOSFORICA			OSSIDO
	Solubile	Insolubile	Totale	POTASSICO
Piemonte	282.214	22.121	304.335	432.120
Valle d'Aosta	206	5	211	242
Lombardia	440.536	16.115	456.651	612.655
Trentino-Alto Adige	27.573	955	28.528	45.044
<i>Bolzano-Bozen</i>	<i>19.879</i>	<i>420</i>	<i>20.299</i>	<i>31.985</i>
<i>Trento</i>	<i>7.694</i>	<i>535</i>	<i>8.229</i>	<i>13.059</i>
Veneto	576.700	18.460	595.160	537.447
Friuli-Venezia Giulia	136.546	3.565	140.111	156.481
Liguria	11.031	605	11.636	14.670
Emilia-Romagna	504.233	18.736	522.969	308.758
Toscana	344.067	7.627	351.694	128.874
Umbria	186.223	1.591	187.814	51.579
Marche	283.750	9.476	293.226	51.323
Lazio	249.398	4.203	253.601	108.119
Abruzzo	161.329	2.974	164.303	101.119
Molise	70.964	930	71.894	9.518
Campania	249.326	4.809	254.135	107.022
Puglia	394.890	11.726	406.616	223.226
Basilicata	92.911	1.561	94.472	18.896
Calabria	125.750	3.884	129.634	54.484
Sicilia	370.615	6.133	376.748	182.026
Sardegna	183.930	17.916	201.846	40.486
ITALIA	4.692.192	153.392	4.845.584	3.184.089
Nord-Centro	3.042.477	103.459	3.145.936	2.447.312
Mezzogiorno	1.649.715	49.933	1.699.648	736.777

Fonte: Rilevazione sulla distribuzione, per uso agricolo, dei fertilizzanti, ISTAT

Tavola 7.11. Elementi fertilizzanti contenuti nei concimi minerali, organici ed organo-minerali per ettaro di superficie concimabile, per regione (a)
Anno 1998 (in chilogrammi)

REGIONI	Azoto	Anidride fosforica	Ossido potassico
Piemonte	86,73	41,82	59,37
Valle d'Aosta	14,95	11,68	13,40
Lombardia	156,26	55,54	74,51
Trentino-Alto Adige	87,86	41,26	65,15
<i>Bolzano-Bozen</i>	<i>126,46</i>	<i>60,56</i>	<i>95,42</i>
<i>Trento</i>	<i>51,54</i>	<i>23,10</i>	<i>36,67</i>
Veneto	122,26	81,95	74,01
Friuli-Venezia Giulia	101,53	63,99	71,47
Liguria	50,97	26,84	33,84
Emilia-Romagna	78,47	47,92	28,29
Toscana	70,20	48,71	17,85
Umbria	97,01	66,71	18,32
Marche	71,11	57,41	10,05
Lazio	66,06	43,35	18,48
Abruzzo	54,58	48,29	29,72
Molise	55,11	36,14	4,79
Campania	90,86	48,52	20,43
Puglia	49,58	31,72	17,42
Basilicata	37,42	24,74	4,95
Calabria	41,67	28,26	11,88
Sicilia	39,39	33,74	16,30
Sardegna	33,06	37,82	7,59
ITALIA	73,83	45,56	29,94
Nord-Centro	94,74	54,24	42,19
Mezzogiorno	48,74	35,15	15,24

(a) Nella superficie concimabile sono compresi i seminativi (esclusi i terreni a riposo) e le coltivazioni legnose agrarie.
Fonte: Rilevazione sulla distribuzione, per uso agricolo, dei fertilizzanti, ISTAT

10
A
27

ATTIVITÀ DEL G.D.L. 3, "QUALITÀ DI PROCESSI E PRODOTTI"

Sandro Silva

Gruppo 3, "Qualità di processi e prodotti"

Istituto di Chimica Agraria, Università Cattolica del Sacro Cuore
Via Emilia Parmense, 84 - 29100 Piacenza

La qualità è un concetto difficile da definire se deve fare riferimento ai fertilizzanti, molto più difficile dei prodotti alimentari del commercio per i quali esistono dati sui valori nutrizionali, sulla presenza di impurità, contaminanti, residui ecc., e standard legislativi accettabili anche dal punto di vista della loro produzione e dell'impatto ambientale. In questo caso il consumatore può perciò fare una scelta sulla base dei costi, delle caratteristiche sensoriali, della freschezza e soprattutto della qualità del prodotto.

Nel settore dei fertilizzanti la qualità di processi è un tema sempre più importante che si ripercuote su tutta la filiera produttiva. Pertanto per ottenere prodotti di qualità occorre iniziare il discorso dal campo con il ricorso a fertilizzanti di consolidato valore agronomico che, assicurando una concimazione equilibrata, consentano di raggiungere livelli elevati in senso quali-quantitativo.

Una concimazione sbilanciata può influenzare negativamente la qualità, specialmente quando è correlata alla presenza di elevati contenuti di nitrati nelle piante. E' però necessario che vengano rispettati i titoli dichiarati dei concimi posti in commercio perché, qualora ciò non si verificasse e siano resi disponibili prodotti sottotitolati, oltre ad esercitare una frode nei confronti del coltivatore lo si trarrebbe ancora in inganno fornendogli un prodotto che non è in grado di soddisfare le esigenze nutritive delle colture, secondo il piano di concimazione previsto, con perdita di produzione.

Nei prodotti agroalimentari è il sistema HACCP che garantisce la qualità di processo e, di conseguenza, la qualità di prodotti.

Nel settore fertilizzanti a quali indicatori fare riferimento? E' fuori dubbio che la mancanza di conoscenze specifiche nel nostro Paese, quali ad esempio quelle relative ai dati sull'impiego dei concimi nelle varie Regioni del territorio e sulle diverse colture, limita pesantemente la possibilità di razionalizzare l'uso dei fertilizzanti con disciplinari di produzione, a differenza di altri Paesi europei dove già si applica una gestione integrata di tutte le pratiche agricole e dove l'impatto ambientale derivante dall'uso di fertilizzanti è attentamente misurato, in diverse condizioni agropedoclimatiche.

Già l'anno scorso, in occasione di queste giornate di studio, si era sottolineato che oggi la tecnologia di processo più complessa e che coinvolge competenze interdisciplinari è quella della produzione di compost, settore nel quale i rischi maggiori per i produttori e gli utilizzatori sono di ordine igienico-sanitario. Qualora, però, siano rispettati alcuni importanti parametri di processo-temperatura massima raggiunta e durata della fase termofila-, al fine di garantire una adeguata stabilizzazione della sostanza organica presente nelle biomasse di recupero, non dovrebbero esserci altre controindicazioni. Sono questi parametri che, a mio avviso, andrebbero precisati nell'allegato C della legge 748/84 corredati di test microbiologici indiretti e rapidi oltre, naturalmente, al controllo sulla presenza di metalli pesanti. Ciò avrebbe il vantaggio di non gravare eccessivamente sul costo del prodotto che ha un valore aggiunto piuttosto modesto, certamente inferiore a quello dei concimi. Se un agricoltore dovesse effettuare tutti i controlli analitici sul compost, per quanto di qualità, dovrebbe certamente spendere molto di più del valore commerciale del compost stesso, cosa ridicola ed assurda.

A questo riguardo sembra quanto mai opportuno di dover snellire la procedura di controllo e comunque di fissare limiti ragionevolmente compatibili anche con le esigenze di mercato.

Prodotti ortofrutticoli della IV gamma, così denominati per indicare la quarta forma di commercializzazione dopo i prodotti freschi, le conserve classiche e i surgelati, rispondono alla domanda crescente da parte del consumatore di prodotti che offrono praticità d'uso e rapidità di preparazione, ma che nel contempo preservino le caratteristiche igieniche e sensoriali proprie della frutta e della verdura fresca. Gli "ortofrutticoli" pronti per l'uso sono caratterizzati, d'altra parte, da una vita commerciale di durata limitata che, in generale, non si estende al di là di 7 giorni e che dipende, in modo particolare, dalla qualità della catena distributiva. Va sottolineato che in Italia non esiste alcuna disposizione di legge per i prodotti della IV gamma; in Francia la Direzione Generale della concorrenza, del consumo e della repressione frodi (DGCCRF), ha elaborato e pubblicato nell'agosto '88 una "Guida delle buone norme igieniche riguardanti i prodotti vegetali della IV gamma". Durante la shelf-life del prodotto, che è fissata in 7 giorni, le caratteristiche microbiologiche e igieniche devono rispettare limiti che sono comparabili con quelli dei compost introdotti dalla legislazione italiana (tav. 1). Con la differenza che i compost non sono destinati all'uso umano. Evidentemente i parametri biologici fissati dalla Legge 748/84 per i compost sono troppo restrittivi, tanto è vero che i valori analitici normalmente riscontrati in campioni di ammendanti sono da 10 a 100 più grandi dei massimi stabiliti. E poi, è proprio necessario porre dei limiti per la mesofauna e per microrganismi non patogeni?

Infine vorrei spendere due parole su alcuni concimi organici, il n.13 del paragrafo 5.1 della legge 748/84, denominato "miscela di concimi organici azotati" ed il n. 8 del paragrafo 5.2, denominato "miscela di concimi organici NP". Questi concimi si prestano facilmente a frodi commerciali non essendo ancora approvate per tali materiali valide indicazioni circa la loro qualità, non solo, ma potrebbero consentire anche la commercializzazione di sostanze tossiche e nocive. Poiché l'argomento riveste una certa importanza occorrerà valutare la possibilità di escludere tali prodotti dalla Legge 748/84.

Tavola 1. Parametri biologici per compost di qualità Legge 748/84

Parametri biologici

Salmonella: assenti in 25 g t.q. (dopo riviv.)

Enterobacteriaceae totali: max 10×10^2 U.

Streptococchi fecali: max $1,0 \times 10^3$ (MPN/g)

Nematodi: assenti in 50 g sul tal quale

Trematodi: assenti in 50 g sul tal quale

Cestodi: assenti in 50 g sul tal quale

Caratteristiche microbiologiche e igieniche dei prodotti vegetali di IV gamma
(DGCCRF)

	Min	Max
Microrganismi aerobi (30°C)/g	5 - 10^5	5 - 10^6
Coliformi fecali/g	10	103
Salmonella in 25 g	assenza	assenza

Valori analitici normalmente riscontrati in campioni di ammendanti

Enterobacteriaceae totali: (U. formanti colonie per g): da 10^3 a 10^5

Streptococchi fecali: max $1,0 \times 10^3$ (MPN/g): da 10^2 a 10^4

1447

ATTIVITÀ DEL G.D.L. 4, "BIOMASSE"

Fabio Tittarelli

Gruppo 4, "Biomasse"

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

Il Gruppo di Lavoro "Biomasse", come già evidenziato lo scorso anno, ha individuato, nella totale assenza di statistiche disponibili sulle quantità di biomasse di rifiuto prodotte annualmente sul territorio nazionale, uno dei punti chiave per poter successivamente intraprendere delle iniziative specifiche riguardanti la loro potenziale utilizzazione come fertilizzanti.

Allo scopo di fare il punto della situazione, lo scorso 8 marzo è stata indetta una riunione del Gruppo di Lavoro presso la biblioteca dell'Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante di Roma.

Oltre ai presenti, alcuni componenti del Gruppo di Lavoro, che non hanno potuto partecipare direttamente alla riunione, hanno garantito la loro collaborazione.

In particolare, le attività concordate con i componenti del Gruppo di Lavoro sono le seguenti:

- il Dr. M. Adua, coordinatore del Gruppo di Lavoro Monitoraggio, fornirà le statistiche più aggiornate riguardanti il patrimonio zootecnico nazionale da cui stimare l'ammontare complessivo delle deiezioni zootecniche prodotte annualmente;
- la Dr.ssa A. Trincherà provvederà alla stima della produzione delle deiezioni zootecniche divise per specie animale, per classe di età e per Regione;
- il Dr. F. Alianiello fornirà i dati sulla consistenza della produzione olivicola e la stima delle quantità di sansa ed acque di vegetazione derivanti dall'attività frantoiana;
- il Dr. C. Mondini si occuperà di reperire dati riguardanti la produzione di alghe marine sul territorio nazionale;
- il Prof. C. Ciavatta, coordinatore del Gruppo di Lavoro Pubblicazioni Scientifiche, fornirà un aggiornamento continuo sulle pubblicazioni scientifiche e divulgative riguardanti l'utilizzo delle biomasse in agricoltura;

- il Dr. M. Centemero fornirà gli ultimi aggiornamenti relativi ai Comuni italiani che effettuano la raccolta differenziata di sostanza organica da rifiuti solidi urbani;

- il Dr. S. Esposito contribuirà all'attività del Gruppo di Lavoro riportando le statistiche relative alle quantità di rifiuti provenienti dall'attività di distillazione che sono prodotte sul territorio nazionale;

- il Dr. G. Rocuzzo fornirà i dati relativi alla quantità stimata di residui dell'industria della concia delle pelli;

- il Dr. B. Pennelli aggiornerà i dati relativi alle biomasse di rifiuto derivanti dall'acquacoltura;

- la Dr.ssa A. Figliolia riporterà i dati più aggiornati sulla produzione e l'utilizzo di fanghi in agricoltura;

- la Dr.ssa M.T. Dell'Abate raccoglierà i dati relativi alle produzioni di residui di lavorazione dell'industria conserviera (con particolare riguardo al pomodoro);

- il Prof. M. de Bertoldi, infine, si occuperà, in occasione di specifiche giornate di studio organizzate dal Gruppo di Lavoro Biomasse, della valutazione tecnico-economica nella realizzazione degli impianti di compostaggio.

Sulla base dell'attività svolta negli anni precedenti e dell'impulso che ha avuto recentemente la ricerca e la sperimentazione sulla gestione dei residui di lavorazione dell'industria agrumaria, nel dicembre 2001 si realizzerà, in collaborazione con l'Istituto Sperimentale per l'Agrumicoltura, una giornata di studio sull'utilizzo del pastazzo di agrumi in agricoltura. Si prevede di invitare i rappresentanti del Ministero dell'Ambiente e dell'Istituto Superiore di Sanità, i ricercatori che hanno svolto attività di studio e sperimentazione sul pastazzo di agrumi e sul compost e di coinvolgere gli imprenditori locali che potrebbero diventare gli attori principali nella costituzione di una filiera di riciclo associata alla filiera produttiva agrumicola.

ATTIVITÀ DEL G.D.L. 5, "SOSTANZE ED ELEMENTI INDESIDERATI"

Corrado Nigro

Gruppo 5, "Sostanze ed elementi indesiderati"

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

Il Gruppo di lavoro Elementi indesiderati dell'Osservatorio per i Fertilizzanti è purtroppo costituito da un ristrettissimo numero di persone. L'unica riunione svoltasi nello scorso anno nel giorno 1/03/2000 presso L'ISNP aveva come scopo la definizione del programma di lavoro e dei tempi di esecuzione. Il coordinatore aveva proposto di approfondire lo studio di alcuni metalli pesanti, in particolare rame e zinco, allo scopo di rivedere i limiti fissati dalla legge dei fertilizzanti che sono evidentemente troppo bassi. Purtroppo non sono pervenute proposte concrete, ne è stato possibile organizzare altre riunioni. Ciò nonostante il coordinatore ha preparato per l'anno 2001 un programma di lavoro sottoposto ai componenti del Gruppo nella riunione del 3 aprile. Tale programma prevede la preparazione di un Dossier rame per la ridefinizione nei fertilizzanti di un limite compatibile sotto l'aspetto sanitario ed ambientale. Vale tuttavia la pena di ricordare che alle preoccupazioni per un possibile effetto nocivo del rame non fanno riscontro uguali timori per quanto riguarda la carenza, che può verificarsi ad esempio più spesso di quanto non si creda ed essere causa di gravi danni. Il rame infatti interviene in fondamentali processi fisiologici quali ad esempio la sintesi di alcuni enzimi, la sintesi proteica nonché reazioni ossidative. La carenza del rame può verificarsi per effetto del potere di fissazione della sostanza organica o per incremento del pH del suolo. Carenze particolarmente pericolose si possono verificare per le colture foraggiere, il cui contenuto medio è di 8-9 mg/kg.

La complessità dei problemi accennati è stata di recente evidenziata da una nota pubblicata da M.B. McBride (*J. Environ. Qual.* 30, 78-84 2001) sulla attività degli ioni rameici quali indici di tossicità per la coltura del mais. Evidentemente occorrerà riesaminare su nuove basi i limiti di carenza e di tossicità di questo elemento.

Di seguito vengono enunciate alcune linee di lavoro.

Per la definizione di un limite compatibile del Cu occorre far riferimento, come è pratica consolidata e scientificamente accertata (Convegno sui rischi da diversi input dei metalli pesanti che pervengono al suolo, Bad Harzburg, Germania, Novembre 1997), alla differenza fra il te-

nore medio dell'elemento nel terreno non inquinato e un limite soglia di sicurezza da non superare.

Nel terreno il tenore di Cu è molto variabile ed oscilla tra 3 e 100 mg/kg. La frazione assimilabile è piuttosto bassa, causa il potere assorbente del terreno, particolarmente elevato nei suoli calcarei e in quelli ricchi di sostanza organica.

Nelle piante il tenore in rame varia da 60 a 200 mg/kg, valori più frequenti si trovano tra 5 e 20 mg/kg. La carenza si manifesta per valori inferiori a 5 mg/kg, la tossicità per valori maggiori di 25-30 mg/kg.

Pertanto il fattore di trasferimento espresso dalla formula pur presentando, come è noto, una variabilità in funzione delle caratteristiche del terreno e delle colture, è certamente maggiore di 1,0.

Per una esatta valutazione occorre considerare i diversi flussi

$$F = \frac{\text{tenore metallo nella pianta (mg / kg)}}{\text{tenore metallo nel terreno (mg / kg)}}$$

che presiedono alla formulazione del bilancio, da ritenersi in prima approssimazione positivo, come di norma accade per tutti i metalli pesanti. A titolo di esempio un attento bilancio compilato per la Svezia ha dimostrato che il tenore del Cu nel terreno aumenta annualmente in media dello 0,13%.

Nella tabella 1 vengono elencate le principali voci che contribuiscono al bilancio, tutte di non facile determinazione.

Tabella 1. Schema di un bilancio del Cu

Flussi	
a) Apporti	<u>Fertilizzanti</u> <i>NPK (tenore Cu 0,05%)</i> <i>Fosfatici (tenore Cu %)</i> <i>Solfato di Cu</i> <i>Letame</i> <i>Ammendanti vari</i>
b) Perdite	<u>Fanghi</u> <u>Fallout atmosferico</u> Lisciviazione dal terreno Lisciviazione dal terreno

Di notevole interesse risulta anche la misura dell'ADI (Acceptable Daily Intake, Dose giornaliera accettabile per l'uomo), che costituisce un valore di riferimento tossicologico.

Tenendo presente tutti i fattori sopra elencati è certamente possibile pervenire ad un bilancio del Cu che consenta la definizione di un limite basato sulla realtà agronomica italiana. Decisivo risulterà comunque l'apporto di ogni componente del Gruppo ed il lavoro da svolgere nel corso delle ricorrenti riunioni.

Componenti del gruppo 5.

Corrado Nigro : coordinatore

Adele Figliolia, Bruno Pennelli: Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante, Roma

Eleonora Beccaloni, Loredana Musmeci: Istituto Superiore di Sanità

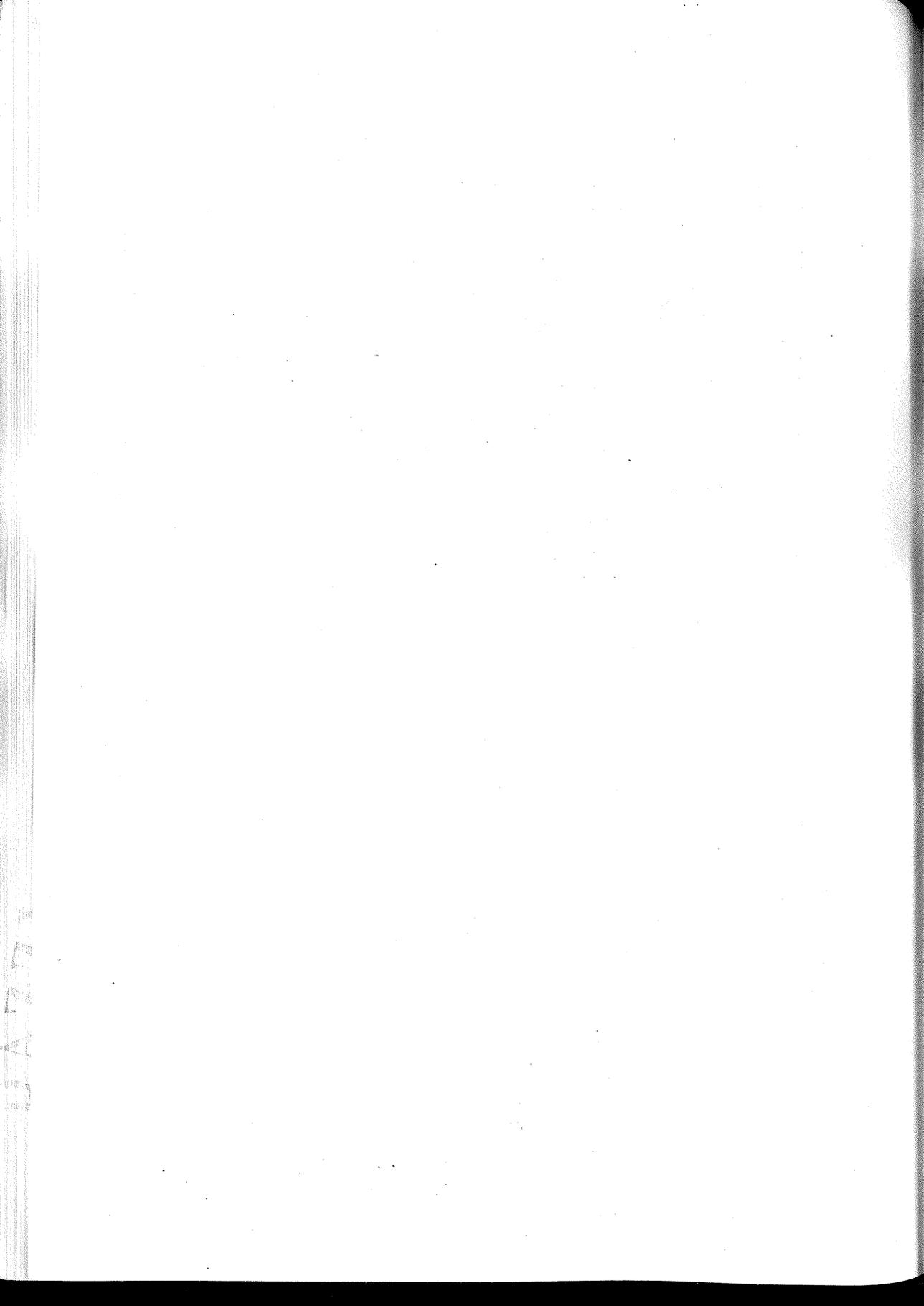
Cortellini: ANPA

Luca Sebastiani: Scuola Superiore S. Anna, Pisa

Roberto Bonotto: Fomet, Verona

Salvatore Esposito: Bonollo, Anagni

Giorgio Morandi: Assofertilizzanti



AGENTI PATOGENI NEL COMPOST

Marco de Bertoldi

Gruppo 6, "Patogeni"

Dipartimento di Microbiologia Industriale, Università di Udine
Via Marangoni, 97 - 33100 Udine

Nelle matrici di partenza usate per il compostaggio possono essere presenti diversi agenti patogeni, soprattutto se questi materiali sono di origine fecale, come i fanghi di depurazione delle acque urbane. Nella tavola 1 sono elencati i potenziali agenti patogeni che possono essere presenti nelle varie matrici di partenza e le relative malattie che essi causano nell'uomo. Tra questi, quelli che destano maggiore preoccupazione e che da un punto di vista epidemiologico hanno realmente costituito un rischio igienico-sanitario in Europa, sono *Salmonella* sp. e alcuni parassiti (*Taenia* e *Ascaris*). Va peraltro ricordato che non tutti gli agenti patogeni presenti possono replicarsi nel materiale destinato a compostaggio; solo alcuni batteri e funghi hanno questa capacità, mentre virus e parassiti obbligati (protozoi ed elminti), a causa del loro complesso ciclo biologico e delle loro esigenze nutrizionali, possono solo sopravvivere nel compost non stabilizzato correttamente.

L'utilizzo in agricoltura di compost non igienizzati costituisce un rischio igienico sanitario in quanto questi agenti patogeni possono contaminare l'uomo direttamente o indirettamente attraverso la catena alimentare. Risulta importante perciò cercare di ridurre la diffusione di questi agenti patogeni la quale mediante un uso improprio di materiali non igienizzati. Va peraltro ricordato che i compost non igienizzati costituiscono una delle tante vie mediante le quali agenti patogeni possono colpire l'uomo. Il rischio addizionale, dato dall'improprio uso di compost non igienizzati, va valutato proprio in questo contesto.

Un'altra considerazione importante da fare è che eliminare totalmente questi agenti patogeni risulta essere economicamente impossibile ed anche inutile. Infatti molti patogeni, potenzialmente presenti in materiali compostabili, sono già presenti nei terreni. In particolare ci si riferisce ad *Aspergillus fumigatus* e a specie diverse di *Clostridium*. L'eliminazione dal compost di questi patogeni risulterebbe del tutto inutile, essendo questi già abbondantemente presenti nell'ambiente dove il compost è destinato.

Il problema della presenza di agenti patogeni nel compost e nei fanghi di depurazione è stato abbondantemente trattato a livello Europeo dalla Commissione della Comunità Europea (Progetto Cost 68, Working Party 3; Progetto Recycling of Urban and Industrial Waste) e dalla Organizzazione

Mondiale della Sanità (Euro Report and Studies n. 54, Stevenage 6-9 January 1981). Molte raccomandazioni sono state fatte, ma soluzioni definitive e normative relative ai trattamenti o alle specifiche tecniche dei compost igienizzati non sono ancora state formulate.

I problemi specifici che dovrebbero essere puntualizzati in un'auspicabile normativa sono:

1. identificazione degli agenti patogeni che possono essere presenti nel compost o nei materiali di partenza, loro caratterizzazione e definizione dei metodi analitici per la loro valutazione;

2. definizione degli agenti patogeni che costituiscono un rischio igienico-sanitario se presenti nel compost;

3. indicatori di agenti patogeni (facili da identificare e abbondantemente presenti), loro calo durante il processo e valori massimi nel compost maturo;

4. valutazione della possibilità di ricrescita di alcuni agenti patogeni nel compost.

Patogeni ed indicatori

La ricerca di alcuni agenti patogeni nel compost, da un punto di vista analitico, è abbastanza complessa, in particolare la determinazione di virus e di parassiti. Tali indagini richiedono laboratori microbiologici bene attrezzati, personale qualificato, tempi lunghi e costi elevati. Tutto questo non sempre è possibile realizzarlo presso impianti di compostaggio o in laboratori d'analisi periferici.

Le analisi batteriologiche risultano di più facile attuazione. Fra tutti i batteri patogeni presenti nelle matrici di partenza e nel compost, *Salmonella* sp. riveste un ruolo di primaria importanza (W.H.O., 1981). Altrettanto importante è standardizzare i metodi per la sua determinazione onde ottenere risultati e normative comparabili. Esistono metodiche standard della Commissione Europea che dovrebbero essere adottate da tutti i laboratori. I laboratori che effettuano queste analisi inoltre dovrebbero essere qualificati con marchi di qualità europei. Poiché la determinazione rapida di questi patogeni è molto importante, soprattutto durante la valutazione di un processo, si dovrebbe introdurre nelle metodiche standard l'uso del P.C.R. (Polymerase Chain Reaction) (Civilini et. al., 2000).

Tavola 1. Patogeni presenti in residui organici e fanghi di depurazione.

PATOGENI	MALATTIA
VIRUS	
Enterovirus	gastro enteriti, meningiti, cardiopatie
Rotavirus	gastro enteriti
Parvovirus	gastro enteriti
Adenovirus	infezioni respiratorie, congiuntiviti
Virus Epatite A	epatite virale
Polio virus	poliomielite
Ecovirus	meningite
Coxsachivirus	meningite
BATTERI	
Salmonella (1700 sierotipi)	tifo, febbri tifoidi, salmonellosi
Shigella	sigellosi
Mycobacterium tuberculosis	tubercolosi
Vibrio colerae	colera
Escherichia coli	gastro enteriti
Yersinia enterocolitica	gastro enteriti
Clostridium perfringens	cancrena
Costridium botulinum	botulismo
Listeria monocytogenes	meningo encefaliti
FUNGHI	
Candida albicans	micosi sistemiche, vaginali e cutanee
Trichosporon cutaneum	micosi cutanee
Aspergillus fumigatus	micosi polmonare
Trichophyton sp	micosi cutanee
Epidermophyton sp	micosi cutanee
Microsporum sp	micosi cutanee
PROTOZOI	
Entamoeba	amebiasi
Giardia lambda	giardiasi
Balantidium coli	balantidiasi
Naegleria fowleri	meningo encefaliti
ELMINTI	
Ascaris lumbricoides	ascariosi
Ancylostoma sp.	ancilostomosi
Necator americanus	necatoriosi
Enterobius vermicularis	enterobiasi
Strongyloides stercoralis	strongiloidiasi
Toxocara sp.	larve nella vescica
Trichuris sp	tricuriasi
Tenia saginata	teniasi
Hymenolepsis nana	malattia tipo teniasi
Echinococcus granulosus	echinococcosi

Non sempre l'assenza di *Salmonella* in compost maturi è indice di igienizzazione del materiale, infatti spesso questo batterio è assente nel materiale di partenza. Da questo fatto emerge la necessità di identificare batteri sempre presenti nel materiale di partenza e il cui calo durante il processo di compostaggio possa essere considerato indice di igienizzazione. Diversi studi (Strauch & de Bertoldi, 1985; de Bertoldi, 1987; de Bertoldi et al., 1998; de Bertoldi et al., 1990) hanno dimostrato che Coliformi fecali e Streptococchi fecali si comportano come ottimi indicatori d'igienizzazione. Il loro calo logaritmico durante il processo di compostaggio è risultato essere proporzionale al calo di *Salmonella*. Sarebbe interessante fare studi comparati fra questi due gruppi di batteri e alcuni virus o parassiti, per verificare se esiste anche fra questi una correlazione e pertanto usare i batteri anche come indicatori di virus e parassiti.

Igienizzazione

Non sempre un processo di compostaggio è sinonimo d'igienizzazione. Il processo deve evolversi correttamente e per tempi idonei; soprattutto si deve verificare un innalzamento della temperatura in tutta la massa, almeno 65°C per tre giorni, e devono avvenire quei processi di antagonismo e competizione microbica che contribuiscono ad un'efficace riduzione degli agenti patogeni. Bisogna ricordare che i microrganismi patogeni costituiscono una popolazione estremamente ridotta e secondaria rispetto alla popolazione dei saprofiti che operano il processo di compostaggio. Questi patogeni si trovano inoltre in un ambiente che non è il più adatto per la loro crescita e subiscono continuamente, ad opera dell'altra microflora, azioni di competizione per i nutrienti, per lo spazio e per innumerevoli altri fattori. Alla fine di un processo condotto bene, questa popolazione più debole tende a soccombere, trovando anche difficoltà di reperire elementi per la propria nutrizione. Infatti un corretto processo di compostaggio trasforma tutta la sostanza organica solubile e prontamente metabolizzabile (unica fonte di carbonio per i patogeni), e lascia nel prodotto finito solo grossi polimeri lignocellulosici e loro prodotti di condensazione (sostanze umiche). Questo fattore è di estrema importanza non solo per il controllo dei patogeni, ma anche per prevenire una loro eventuale ricrescita.

Proposte normative

Al momento dell'uscita dall'impianto il compost deve:

1. essere stabilizzato biologicamente, passando attraverso un processo termofilo adeguato, ed avere una composizione tale da prevenire la ricrescita di eventuali agenti patogeni;

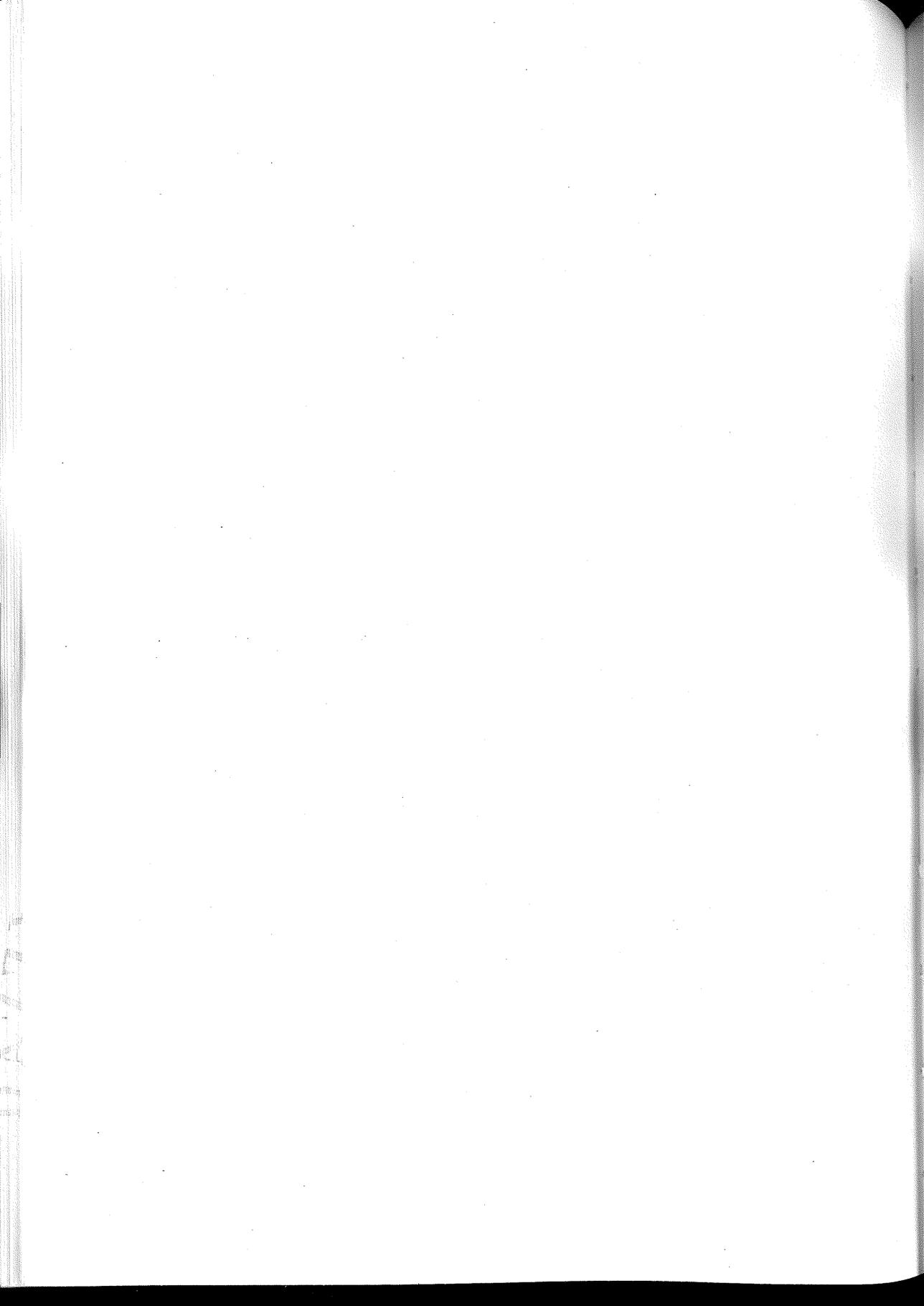
2. non contenere *Salmonella* sp in 50 g (peso secco);

3. non contenere uova vitali di parassiti.

Come indicatori di igienizzazione del processo possono essere impiegati i Coliformi fecali (o Enterobatteriacee) e Stafilococchi fecali. Il loro calo rispettivamente al di sotto di 5×10^2 e di 5×10^3 è un sicuro indice di igienizzazione (per quanto riguarda i batteri patogeni).

Bibliografia

- DE BERTOLDI, M., ZUCCONI, F., CIVILINI, M. (1988). Temperature, Pathogen control and Product quality. *Biocycle*, 29, 43-50.
- DE BERTOLDI, M. (1987). Sludge composting and Hygienization. In "Hygienic aspects of the treatment and use of organic sludge and liquid agriculture waste". Commission of European Community, Concerted Action COST project 681:
- DE BERTOLDI, M. CIVILINI, M. AND MANZANO, M. (1991). Sewage sludge and agricultural waste hygienization through aerobic stabilization and composting. In "Treatment and use of sewage sludge and liquid agricultural waste". ed. L'Hermite, Elsevier Appl. Science.
- CIVILINI, M., VENUTI, F., DE BERTOLDI, M. AND DAMANTE G. (2000). Recovery of Salmonella thyphimurium from compost with IMS-PCR method. *Waste Management & Research*, 18, 1-6.
- STRAUCH, D. AND DE BERTOLDI M. (1986). Microbial specifications of disinfected sewage sludge. In "Processing and use of organic sludge and liquid agricultural waste". ed. L'Hermite, D. Reidel Publ. Co.
- STRAUCH, D. (1987). Microbiological specifications of disinfected compost. In "Compost: Production, Quality and Use" ed. de Bertoldi, Ferranti, L'Hermite and Zucconi, Elsevier Publ. Science.
- W.H.O. (1981) The risk to Health of Microbes in Sewage Sludge Applied to Land. *EURO Reports and Studies n. 54*.



ATTIVITÀ DEL G.D.L. 7, "LEGISLAZIONE"

Anna Benedetti

Gruppo 7, "Legislazione"

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

Il Gruppo di Lavoro "Legislazione" nel corso dell'anno 2000 non ha effettuato riunioni, ma il lavoro dei componenti e lo scambio di idee si è svolto soprattutto via posta elettronica o attraverso contatti telefonici. In estrema sintesi di seguito viene riportato cosa è stato fatto nel 2000 e cosa ci si propone di fare nel 2001.

Lavoro fatto

Il primo impegno che il Gruppo si era ripromesso di assumere riguardava la raccolta e catalogazione della normativa inerente i fertilizzanti.

- nazionale
- dell'unione europea
- connessa (sia nazionale che europea)
- standard di riferimento nazionali ed internazionali

Questo lavoro è stato completato e l'elenco, secondo la catalogazione sopra riportata, è stato pubblicato sul Bollettino della SISS n. 4 Volume 49 anno 2000.

il secondo obiettivo perseguito dal Gruppo era quello di raccogliere le normative sui fertilizzanti dei Paesi aderenti all'Unione Europea.

Pur avendo scritto alle diverse ambasciate si è entrati in possesso di sole 4 legislazioni e precisamente:

- spagnola
- francese
- finlandese
- tedesca

La maggior parte di esse sono arrivate tramite conoscenze personali, pertanto si invitano tutti coloro che possono a farsi parte attiva per completare la collezione. Di questa legislazione si era deciso di procedere alla traduzione degli articolati.

È stata fatta grazie al Dottor Stefano Mocali, dottorato dell'ISNP per la legge spagnola, sono in corso le altre tre.

Lavoro da fare

Il Gruppo di Lavoro ha concordato che il programma di lavoro per il 2001 potrebbe prevedere:

- il proseguimento della raccolta delle normative mancanti e la successiva traduzione;
- uno studio comparativo delle diverse legislazioni al fine di individuare elementi migliorativi o comunque chiarificatori.

Attualmente abbiamo la libera circolazione delle merci, siamo poi così sicuri che ad esempio il concime organo-minerale o l'ammendante che ci arriva da un altro Paese sia effettivamente corrispondente a quanto abbiamo in Italia?

Escludendo pertanto i concimi minerali, per i quali esiste una normativa comunitaria, potremmo ciascuno di noi affrontare uno studio sistematico del materiale sino ad ora raccolto.

Gli argomenti da sviluppare potrebbero essere i seguenti ed alcuni di essi hanno già trovato un "certosino".

Organo-minerali	Andrea Satanassi
Prodotti per agricoltura	Giancarlo Rocuzzo
Chelati	Claudio Ciavatta
Organici	Anna Benedetti
Ammendanti	
Correttivi	
Substrati di colture	
Altro	

Inoltre Corrado Nigro si è offerto di effettuare la traduzione della legislazione tedesca e Manuela Di Bartolomeo di quella francese.

Infine è stato proposto di organizzare un tavolo di discussione allargato rispetto agli aderenti all'Osservatorio che verrà convocato ogni qualvolta se ne renda necessario il dibattito per promuovere iniziative legislative che trovino preventivamente il consenso delle diverse amministrazioni, su segnalazione derivanti dai diversi Gruppi di Lavoro.

ATTIVITÀ DEL G.D.L. 9, "AGRICOLTURA BIOLOGICA"

Stefano Canali

Gruppo 9, "Agricoltura biologica"

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

Il settore dell'agricoltura biologica ha visto negli ultimi 12 mesi un rapido espandersi, come dimostrano le importanti cifre, a tutti ormai note, relative alle superfici coltivate con questo metodo ed al numero di aziende agricole che hanno scelto di convertirsi.

A fronte di tale repentina espansione è stato anche realizzato un notevole sforzo di adeguamento da parte delle istituzioni preposte nello svolgere i compiti di controllo, ricerca tecnica e scientifica e promozione del settore.

Anche l'ISNP è stato impegnato in questo settore, sia con compiti relativi alla ricerca, alla divulgazione dei risultati ed alla consulenza a favore del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, autorità di Controllo nel nostro Paese.

Causa una forte carenza di coordinamento, non altrettanto proficua è risultata l'attività del Gruppo di lavoro n. 9. Pertanto, le attività che si propongono per l'anno futuro ricalcano il programma già avanzato nel periodo precedente che si articolava essenzialmente secondo tre punti principali:

1. definizione di linee guida per la corretta gestione del suolo condotto con metodo biologico in ambiente mediterraneo;
2. individuazione di criteri generali per l'ammissibilità dei mezzi tecnici per la fertilizzazione in agricoltura biologica;
3. attività di collegamento con i sistemi informativi nazionali ed europei sull'agricoltura biologica.

ATTIVITÀ DEL G.D.L. 10, "PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE"

Claudio Ciavatta ¹, Paolo Nannipieri ²

Gruppo 10, "Pubblicazioni scientifiche"

¹ Istituto di Chimica Agraria, Università degli Studi di Bologna
Via Fanin, 40 - 40127 Bologna

² Dipartimento di Scienza del Suolo e Nutrizione della Pianta, Università di Firenze
Piazzale delle Cascine, 16 - 50144 Firenze

Il Gruppo "Pubblicazioni scientifiche" dell'Osservatorio Nazionale Permanente per i Fertilizzanti della SISS nel corso del 2000 ha dato corso alle attività programmate che erano state presentate alla II Giornata di Studio (Pisa, marzo 2000) e che sono state riportate anche nel Bollettino SISS (n. 4, 2000, pp. 985-987).

Attività svolta

La consultazione cartacea e WEB di alcune importanti Riviste (Agricoltura Mediterranea, Agrochimica, Agronomy Journal, Applied Spectroscopy, Geoderma, Journal of Environmental Quality, Journal of Plant Nutrition and Soil Science, Nutrient Cycling in Agroecosystems, Rivista di Agronomia, Soil Science) ha portato alla redazione dell'elenco di lavori che sono riportati nell'allegato 1. Il lavoro, peraltro incompleto, ha avuto comunque il pregio di evidenziare la notevole presenza di articoli che hanno come oggetto i fertilizzanti e che è sempre più facile trovare le singole Riviste (indice analitico e spesso anche articoli integrali) on-line.

In relazione alla crescente possibilità di consultazione in rete, è stato preparato, per le Riviste presenti nei Dipartimenti degli scriventi e degli aderenti a questo Gruppo di lavoro, un primo elenco dei siti WEB (All. 2).

Nel caso non fosse possibile consultare in rete la Rivista, ovvero non fosse disponibile l'articolo richiesto, diventa fondamentale conoscere quale biblioteca possiede l'articolo. Nell'allegato 3 è riportato un esempio delle informazioni che è possibile trovare, ad esempio, consultando il sito WEB del Catalogo Italiano dei Periodici (ACNP).

Attività programmate

Premesso che la conoscenza in tempo reale dell'attività scientifica e divulgativa sta alla base della ricerca, in qualunque settori si operi, in relazione all'esperienza maturata nel corso dell'attività svolta e alla sempre maggiore disponibilità dell'informatica, ci sembra opportuno avanzare alcune proposte che tengano conto di ciò per la programmazione delle attività future.

La raccolta e la catalogazione delle pubblicazioni riguardanti il settore dei fertilizzanti nella sua accezione più completa del termine (conciomi, ammendanti, correttivi, ecc.) ci sembra vada proseguito, anche se con qualche aggiustamento. Riteniamo, infatti, che accanto alla raccolta vera e propria vada potenziata la parte relativa all'indicazione dei siti WEB nei quali è possibile la consultazione delle Riviste. In questo modo l'utente potrà disporre dello strumento con il quale gli sarà consentita la ricerca delle informazioni che desidera.

Ecco allora l'invito, in primo luogo agli aderenti a questo Gruppo e a tutti coloro che leggeranno questa breve nota, a segnalarci gli indirizzi dei siti WEB nei quali hanno verificato la presenza di informazioni che riguardano i fertilizzanti.

Per quanto concerne le modalità di diffusione periodica dei dati raccolti, sono allo studio alcune possibilità, fra le quali, a giudizio degli scriventi, la migliore sembra essere quella del Sito WEB dell'Osservatorio.

I coordinatori, a nome di tutti gli aderenti a questo Gruppo, ringraziano tutti coloro che hanno collaborato e tutti le persone che intenderanno contribuire con la loro esperienza per lo sviluppo delle attività in oggetto e dell'Osservatorio.

I coordinatori del Gruppo 10

Claudio Ciavatta e Paolo Nannipieri

e-mail:

Prof. Claudio Ciavatta: ciavatta@kaiser.alma.unibo.it - cciavat@tin.it

Prof. Paolo Nannipieri: nannip@iges.fi.cnr.it

Allegato 1.

- ARTICOLI attinenti il settore dei fertilizzanti PUBBLICATI nel corso del 1999 su:
Agricoltura Mediterranea, Agrochimica, Agronomy Journal, Applied Spectroscopy, Geoderma, Journal of Environmental Quality, Journal of Plant Nutrition and Soil Science, Nutrient Cycling in Agroecosystems, Rivista di Agronomia, Soil Science
- Acutis M., Costa E., Cossio R., Zavattaro L. e Zuppi G.P. (1999). Applicazioni dell'isotopia naturale dell'azoto per lo studio della dinamica nel suolo dei nitrati derivanti da liquami. *Riv. Agron. XXXIII*:50-53.
- Adjetej J.A., L.C. Campbell, P.G.E. Searle, P. Saffigna (1999). Studies on depth of placement of urea on nitrogen recovery in wheat grown on a red-brown earth in Australia. *Nutr. Cycling Agroec. 54*:227-232
- Amrani M., D.G. Westfall, L. Moughli (1999). Evaluation of residual and cumulative phosphorus effects in contrasted Moroccan calcareous soils. *Nutr. Cycling Agroec. 55*:231-238
- Assimakopoulos J.H., Kollias V.J. and Yassoglou n.J. (1999). Classification of agricultural soils in suitability classes for urea use. *Agric. Mediterranea 129*:59-70.
- Ayoub Ali T. (1999). Fertilizers and the environment. *Nutr. Cycling Agroec. 55*:117-121
- Balasubramanian V. (1999). Farmer adoption of improved nitrogen management technologies in rice farming: technical constraints and opportunities for improvement. *Nutr. Cycling Agroec. 53*:93-101
- Balasubramanian V., A.C. Morales, R.T. Cruz, S. Abdulrachman (1999). On-farm adaptation of knowledge-intensive nitrogen management technologies for rice systems. *Nutr. Cycling Agroec. 53*:59-69
- Ball-Coelho B.R., R.C. Roy (1999). Enhanced ammonium sources to reduce nitrate leaching. *Nutr. Cycling Agroec. 54*:73-80
- Bansal R.L., V.K. Nayyar (1999). Evaluation of soil extractants for Mn availability and response of wheat to applied Mn in soils of semi-arid zone of Punjab, India. *Nutr. Cycling Agroec. 53*:139-146
- Barkle G.F., Brown T.N. and Painter D.J. (1999). Leaching of particulate organic carbon from land-applied dairy farm effluent. *Soil Sci. 164*:252-263.
- Barlow Kirsten, David Halliwell, David Nash (1999). Controlling soil water content in fertiliser dissolution experiments. *Nutr. Cycling Agroec. 55*:7-14
- Basta N.T. and Slom J.J. (1999). Bioavailability of heavy metals in strongly acidic soils treated with exceptional quality biosolids. *J. Environ. Qual. 28*:633-638.
-

- Becker M., D.E. Johnson (1999). The role of legume fallows in intensified upland rice-based systems of West Africa. *Nutr. Cycling Agroec.* 53:71-81
- Beißner L. and Römer W. (1999). The influence of phosphorus nutrition and pH on the phosphatase activity of sugar beet roots. *Plant Nutr. Soil Sci.* 162:83-89.
- Benitez E., Nogales R., Elvira C., Masciandaro G. and Ceccanti B. (1999). Enzyme and Earthworm activities during vermicomposting of Carbaryl-treated sewage sludge. *J. Environ. Qual.* 28:1099-1104.
- Bergstrom L.F. and Kirchmann H. (1999). Leaching of total nitrogen from nitrogen-15-labeled poultry manure and inorganic nitrogen fertilizer. *J. Environ. Qual.* 28:1283-1289.
- Bhaskar R. Bondada, Derrick M. Oosterhuis, Neil P. Tugwell (1999). Cotton growth and yield as influenced by different timing of late-season foliar nitrogen fertilization. *Nutr. Cycling Agroec.* 54:1-8
- Bogdanovic Darinka, Momcilo Ubavic, Maja Cuvardic (1999). Effect of phosphorus fertilization on Zn and Cd contents in soil and corn plants. *Nutr. Cycling Agroec.* 54:49-56
- Bojinova D., Velkova R. and Karev V.(1999). Agrochemical action of organic mineral fertilizers produced through biotreatment of natural phosphate *Agrochimica XLIII*:118-125.
- Bolland M.D.A. (1999). Decreases in Colwell bicarbonate soil test P in the years after addition of superphosphate, and the residual value of superphosphate measured using plant yield and soil test P. *Nutr. Cycling Agroec.* 54:157-173
- Bolland M.D.A., K.H.M. Siddique, S.P. Loss, M.J. Baker (1999). Comparing responses of grain legumes, wheat and canola to applications of superphosphate. *Nutr. Cycling Agroec.* 53:157-175
- Bolland M.D.A., M.F. Clarke, F.C. Boetel (1999). Effectiveness of single and coastal superphosphates applied either in autumn or spring. *Nutr. Cycling Agroec.* 54:133-143
- Bonari E. e Ceccarini L. (1999). Primi risultati agronomico-produttivi delklo spargimento delle "sanse umide" sul terreno agrario. *Riv. Agron.* XXXIII:104-108.
- Bubb K.A., Z.H. Xu, J.A. Simpson, P.G. Safligna (1999). Growth response to fertilization and recovery of ¹⁵N-labelled fertiliser by young hoop pine plantations of subtropical Australia. *Nutr. Cycling Agroec.* 54:81-92
- Calvo M., Bague A.J., Gaspar P. and Bascuas J.A. (1999). Metal enrichment of soils watered with pig slurry. *Agrochimica XLIII*:166-172.
- Capriel P., Ebertseder T., popp L. and Gutser R.. (1999). IR-spectroscopy: a rapid
-

- method to estimate the nitrogen effect and relevant parameters of biocomposts. *Plant Nutr. Soil Sci.* 162:149-154.
- Carsky R.J., B. Oyewole, G. Tian (1999). Integrated soil management for the savanna zone of W. Africa: legume rotation and fertilizer N. *Nutr. Cycling Agroec.* 55:95-105
- Cheshire M. V.; C. N. Bedrock; B. L. Williams; S. J. Chapman; I. Solntseva; I. Thomsen (1999). The immobilization of nitrogen by straw decomposition in soil. *Europ. J. Soil Sci.* 50:329-.
- Clapp C.E. and Hayes M.H.B. (1999). Characterization of humic substances isolated from caly- and silt-sized fractions of a corn residue-amended agriculture soil. *Soil Sci.* 164:899-913.
- Corbeels M., G. Hofman, O. Van Cleemput (1999). Fate of fertiliser N applied to winter wheat growing on a Vertisol in a Mediterranean environment. *Nutr. Cycling Agroec.* 53:249-258
- Dao T.H. (1999). Coamendments to modify phosphorus extractability and nitrogen/phosphorus ratio in feedlot manure and composted manure. *J. Environ. Qual.* 28: 1114-1121.
- De Simone C., De Marco A., Raglione M., d'Ambrosio C.e Pitoni P. (1999). Utilizzazione agronomica delle acque di vegetazione. *Riv. Agron.* XXXIII:8-13.
- Del Campilloa M. C.; S. E. A. T. M. Van Der Zeeb; J. Torrent (1999). Modelling long-term phosphorus leaching and changes in phosphorus fertility in excessively fertilized acid sandy soils. *Europ. J. Soil Sci.* 50:391
- Dierolf T.S, Le I. Amien, R.S. Yost (1999). Testing and validation of an expert system for making liming decisions. *Nutr. Cycling Agroec.* 54:9-20
- Dobermann A., P.F. White (1999). Strategies for nutrient management in irrigated and rainfed lowland rice systems. *Nutr. Cycling Agroec.* 53:1-18
- Dolfing J., Chardon W.J. and Jappehga (1999). Association between colloidal iron, aluminum, phosphorus and humic acids presence of phosphate. *Soil Sci.* 164:171-179.
- Eghball B. and Gilley J.E. (1999). Phosphorus and nitrogen in runoff following beef cattle manure or composted application. *J. Environ. Qual.* 28:1201-1209.
- Eghball Bahman, James F. Power (1999). Composted and Noncomposted Manure Application to Conventional and No-Tillage Systems: Corn Yield and Nitrogen Uptake. *Agronomy J.* 91:819-825
- El Hadi E.A., E. A. E. Elsheikh (1999). Effect of Rhizobium inoculation and nitrogen fertilization on yield and protein content of six chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in marginal soils under irrigation. *Nutr. Cycling Agroec.* 54:57-63
-

- Ellerbrock R. H.; A. Höhn; J. Rogasik (1999). Functional analysis of soil organic matter as affected by long-term manurial treatment. *Europ. J. Soil Sci.* 50:65-72.
- Elrashidi M.A., Baligar V.C., Korcak R.F. and Alva A.K. (1999). Mobility of elements in soil under stabilized dairy feedlot surface: a laboratory study. *Soil Sci.* 164:731-739.
- Enyong L.A., S.K. Debrah, A. Bationo (1999). Farmers' perceptions and attitudes towards introduced soil-fertility enhancing technologies in western Africa. *Nutr. Cycling Agroec.* 53:177-187
- Fahrenhorst C., Botschek J., Skowronek A. and Ferraz J. (1999). Application of gypsum and lime to increase cation adsorption of a Geric Ferrasol in the Brazilian Amazon Region. *Plant Nutr. Soil Sci.* 162:41-48.
- Fenn L.B., G.R. Gobran (1999). Willow tree productivity on fertilizer solutions containing various Ca/Al ratios. *Nutr. Cycling Agroec.* 53:121-132
- Filip Z., Pecher W. and Berthelin J. (1999). Microbial utilization and transformation of humic acids extracted from different soils. *Plant Nutr. Soil Sci.* 162:215-222.
- Fink M., Feller C., Scarpf H.C., Weier U., Maync A., Ziegler J., Pascholds P.J. and Strohmeyer K. (1999). Nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium contents of field vegetables - Recent data for fertiliser recommendations and nutrient balance. *Plant Nutr. Soil Sci.* 162:71-74.
- Gaudin Remi, Jacques Dupuy (1999). Ammoniacal Nutrition of Transplanted Rice Fertilized with Large Urea Granules. *Agronomy J.* 91:33-36.
- Gebrekidan Heluf, Asfaw Belay, Yohannes Uloro, Eylachew Zewdie (1999). Yield response of maize (*Zea mays* L.) to crop residue management on two major soil types Of Alemaya, Eastern Ethiopia: I. Effects of varying rates of applied and residual N and P fertilizers. *Nutr. Cycling Agroec.* 54:65-71
- Gerdemann M.M., Machmüller A., Frossard E. and Kreuzer M. (1999). Effect of different pig feeding strategies on nitrogen fertilizing value of slurry for *Lolium multiflorum*. *Plant Nutr. Soil Sci.* 162:401-408.
- Gerendás J., Polacco J.C., freyermuth S.K. and Sattelmacher B. (1999). Significance of nickel for plant growth and metabolism. *Plant Nutr. Soil Sci.* 162:241-256.
- Giardini L., Borin M. e Berti A. (1999). Effetti di letame e del liquame bovino in avvicendamenti colturali a diverso livello di concimazione. *Riv. Agron.* XXXIII: 118-129.
- Giardini L., Borin M. Maria De Nobili e Fornasier F. (1999). Effetti della fertilizzazione organica e dell'avvicendamento delle colture sul contenuto di

- carbonio organico e sull'attività micorbica del terreno. *Riv. Agron. XXXIII*:1-7.141-146.
- Gigliotti G., D. Businelli, P.L. Giusquiani (1999). Composition changes of soil humus after massive application of urban waste compost: a comparison between FT-IR spectroscopy and humification parameters. *Nutr. Cycling Agroec. 55*:23-28
- Gill J.S., Bijay-Singh, C.S. Khind, Yadvinder-Singh (1999). Efficiency of N-(n-butyl) thiophosphoric triamide in retarding hydrolysis of urea and ammonia volatilization losses in a flooded sandy loam soil amended with organic materials. *Nutr. Cycling Agroec. 53*:203-207
- Gilmour J.T. and Skinner V. (1999). Predicting plant available nitrogen in land-applied biosolids. *J. Environ. Qual. 28*:1122-1126.
- Goos R. Jay, Julie A. Schimelfenig, Bert R. Bock, Brian E. Johnson (1999). Response of Spring Wheat to Nitrogen Fertilizers of Different Nitrification Rates. *Agronomy J. 91*:287-293.
- Gray C.W., R.G. McLaren, A.H.C. Roberts, L.M. Condon (1999). The effect of long-term phosphatic fertiliser applications on the amounts and forms of cadmium in soils under pasture in New Zealand. *Nutr. Cycling Agroec. 54*:267-277
- Grewal J.P.S., Yadvinder-Singh, Bijay-Singh, Anshujit Virk, C.S. Khind (1999). Effect of source and nest size of N fertilizers and temperature on nitrification in a coarse textured, alkaline soil. *Nutr. Cycling Agroec. 54*:199-207
- Guoping Zhang, Chen Jingxing, Eshetu A Tirore (1999). Genotypic variation for potassium uptake and utilization efficiency in wheat. *Nutr. Cycling Agroec. 54*:41-48
- Haldar S.M. (1999). Effect of K and lime application on the changes in available B content in an aerobic Haplaquept. *Agrochimica XLIII*:110-117.
- Halvorson Ardell D., Alfred L. Black, Joseph M. Krupinsky, Stephen D. Merrill, Donald L. Tanaka (1999). Sunflower Response to Tillage and Nitrogen Fertilization under Intensive Cropping in a Wheat Rotation. *Agronomy J. 91*:637-642.
- Ham J.M. and DeSutter T.M. (1999). Seepage losses and nitrogen export from swine-waste lagoons: a water balance study. *J. Environ. Qual. 28*:1090-1098.
- Han N. and Thompson M.L. (1999). Copper-binding ability of dissolved organic matter derived from anaerobically digested biosolids. *J. Environ. Qual. 28*:939-944.
- Han N. and Thompson M.L. (1999). Soluble organic carbon in a biosolids-amended

- mollisol. *J. Environ. Qual.* 28:652-659.
- He Z.L., Alva A.K., Calvert D.V. and Banks D.J. (1999). Ammonia volatilization from different fertilizer sources and effects of temperature and soil pH. *Soil Sci.* 164:750-758.
- Heincke Maren, Martin Kaupenjohann (1999). Effects of soil solution on the dynamics of N₂O emissions: a review. *Nutr. Cycling Agroec.* 55:133-157
- Hooda P.S., Moynagh m., Svoboda I.F., Edwards A.C., Anderson H.A and Sym G. (1999). Phosphorus loss in drainflow from intensively managed grassland. *J. Environ. Qual.* 28:1235-1242.
- Ibrikci H., E.A. Hanlon, J.E. Rechcigl (1999). Inorganic phosphorus and manure effects on bahiagrass production on a Spodosol. *Nutr. Cycling Agroec.* 54:259-266
- Illera V., Walter I., Cuevas G. and Cala V. (1999). Biosolid and municipal solid wastes effects on physical and chemical properties of a degraded soil. *Agrochimica XLIII*:178-186.
- Jackson B.P., Miller W.P. Schumann A.W. and Summer M.E. (1999). Trace elements solubility from land application of fly ash/organic waste mixtures. *J. Environ. Qual.* 28:639-647.
- Jaggi Ramesh C., Milkha S. Aulakh, Randhir Sharma (1999). Temperature effects on soil organic sulphur mineralization and elemental sulphur oxidation in subtropical soils of varying pH. *Nutr. Cycling Agroec.* 54:175-182
- Justes Eric, Bruno Mary, Bernard Nicolardot (1999). Comparing the effectiveness of radish cover crop, oilseed rape volunteers and oilseed rape residues incorporation for reducing nitrate leaching. *Nutr. Cycling Agroec.* 55:207-220
- Kaemmerer M., Giuresse M., Hgafidi M., Brunb G., Seibane L. and Revel J.C. (1999). Complexation du Ca⁺⁺ par les substances humiques extraites de tourbe naturelle et de torbe traitée aux oxydes d'azote. *Agrochimica XLIII*:38-45.
- Kang B.T., F.E. Caveness, G. Tian, G.O. Kolawole (1999). Longterm alley cropping with four hedgerow species on an Alfisol in southwestern Nigeria – effect on crop performance, soil chemical properties and nematode population. *Nutr. Cycling Agroec.* 54:145-155
- Karagiannidis N. (1999). Effect of industrial waste application on plant growth. *Agrochimica XLIII*: 18-27.
- Kätterer T., Olof Andrén (1999). Growth dynamics of reed canarygrass (*Phalaris arundinacea* L.) and its allocation of biomass and nitrogen below ground in a field receiving daily irrigation and fertilisation. *Nutr. Cycling Agroec.* 54:21-29
-

- Khera Tejinder S., Milkha S. Aulakh, John W. Doran (1999). Significance of soil depth on nitrogen transformations in flooded and nonflooded systems under laboratory conditions. *Nutr. Cycling Agroec.* 54:209-213
- Krishnamurti G.S.R., Huang P.M. and Kozak I.M. (1999). Sorption and desorption kinetics of cadmium from soils: influence of phosphate. *Soil Sci.* 164:888-898.
- Kundu D.K., J.K. Ladha (1999). Sustaining productivity of lowland rice soils: issues and options related to N availability. *Nutr. Cycling Agroec.* 53:19-33
- Liu F., He, J. Colombo C. and Violante A. (1999). Competitive adsorption of sulfate and oxalate on goethite in the absence or presence of phosphate. *Soil Sci.* 164:180-189.
- Long-term fertilizer trial. *Nutr. Cycling Agroec.* 54:125-132
- Ma L., Lindau C.W., Hongpragoon C., Burhan W., Jang B.C., Patrick W.H. and Selin H.M. (1999). Modeling urea, ammonium and nitrate transport and transformation in flooded soil columns. *Soil Sci.* 164:123-132.
- Mace J. M., C. Amrhein and J. D. Oster (1999). Comparison of gypsum and sulphuric acid for sodic soils reclamation. *Arid Soil Res. Rehabil.* 13 (2):171-188
- Madrid R., Ibanez M.D., Egea C. and Alarcón A.L. (1999). Changes in soil solution macronutrients during the cultivation of iceberg lettuce. Influence of organic fertilization and fertigation. *Agric. Mediterranea* 129:13-24.
- Mälkönen Eino, John Derome, Hannu Fritze, Heljä-Sisko Helmisaari, Mikko Kukkola, Maarit Kytö, Anna Saarsalmi, Maija Salemaa (1999). Compensatory fertilization of Scots pine stands polluted by heavy metals. *Nutr. Cycling Agroec.* 55:239-268
- Mallarino Antonio P., José M. Bordoli, Rogerio Borges (1999). Phosphorus and Potassium Placement Effects on Early Growth and Nutrient Uptake of No-Till Corn and Relationships with Grain Yield. *Agronomy J.* 91:37-45.
- Mamo M., Rosen C.J. and Halbach T.R. (1999). Nitrogen availability and leaching from soil amended with municipal solid wastes compost. *J. Environ. Qual.* 28:1074-1082.
- Marchetti R., Spallacci P. e Papini R. (1999). Confronto tra liquamazione e concimazione azotata al mais in terreno argilloso: bilancio dell'azoto. *Riv. Agron.* XXXIII:14-22.
- McBride M.B., Richards B.K., Steenhuis T. and Spiers G. (1999). Long-term leaching of trace elements in a heavily sludge-amended silty caly loam soil. *Soil Sci.* 164:613-623.
-

- Menyailo O.V. and Huwe B. (1999). Denitrification and C, N mineralization as function of temperature and moisture potential in organic and mineral horizons of an acid spruce forest. *Plant Nutr. Soil Sci.* 162:527-532.
- Mohammad M. J., S. Zuraiqi, W. Quasmeh, I. Papadopoulos (1999). Yield response and nitrogen utilization efficiency by drip-irrigated potato. *Nutr. Cycling Agroec.* 54:243-249
- Mohanty S.K., U. Singh, V. Balasubramanian, K.P. Jha (1999). Nitrogen deep-placement technologies for productivity, profitability, and environmental quality of rainfed lowland rice systems. *Nutr. Cycling Agroec.* 53:43-57
- Mwaura Francis M., Paul L. Woomer (1999). Fertilizer retailing in the Kenyan Highlands. *Nutr. Cycling Agroec.* 55:107-116
- Nyamangara J., M.I. Piha, H. Kirchmann (1999). Interactions of aerobically decomposed cattle manure and nitrogen fertilizer applied to soil. *Nutr. Cycling Agroec.* 54:183-188
- Oberson A., D.K. Friesen, H. Tiessen, C. Morel, W. Stahel (1999). Phosphorus status and cycling in native savanna and improved pastures on an acid low-P Colombian Oxisol. *Nutr. Cycling Agroec.* 55:77-88
- Ofori-Frimpong K.; D. L. Rowell (1999). The decomposition of cocoa leaves and their effect on phosphorus dynamics in tropical soil. *Europ. J. Soil Sci.* 50: 165-174
- Olk D.C., Brunetti G. and Senesi N. (1999). Organic matter in double-cropped lowland rice soils: chemical and spectroscopic properties. *Soil Sci.* 164:633-649.
- Olk D.C., K.G. Cassman, G. Simbahan, P.C. Sta. Cruz, S. Abdurachman, R. Nagarajan, Pham Sy Tan, S. Satawathananont (1999). Interpreting fertilizer-use efficiency in relation to soil nutrient-supplying capacity, factor productivity, and agronomic efficiency. *Nutr. Cycling Agroec.* 53:35-41
- Ouyang D. S., A. F. MacKenzie, M. X. Fan (1999). Availability of banded triple superphosphate with urea and phosphorus use efficiency by corn. *Nutr. Cycling Agroec.* 53:237-248
- Pandey S. (1999). Adoption of nutrient management technologies for rice production: economic and institutional constraints and opportunities. *Nutr. Cycling Agroec.* 53:103-112
- Pasandaran E., B. Gultom, J. Sri Adiningsih, H. Apsari, Sri Rochayati (1999). Government policy support for technology promotion and adoption: a case study of urea tablet technology in Indonesia. *Nutr. Cycling Agroec.* 53:113-119
- Patruno A., Cavazza L., Vicari A. e Ponzoni G. (1999). Variazione dell'azoto nitrico nel suolo in funzione di ammendamenti e concimazioni azotate in una coltura di mais. *Riv. Agron.* XXXIII:1-7.130-140.
-

- Paul J.W. and Bomke A.A. (1999). Reducing nitrogen losses during simulated composting of poultry manure using adsorbents or chemical amendments. *J. Environ. Qual.* 28:194-201.
- Petersen S.O. (1999). Nitrous oxide emissions from manure and inorganic fertilizers applied to spring barley. *J. Environ. Qual.* 28:1610-1618.
- Piccinini S. e Rossi L. (1999). La qualità della sostanza organica e il contenuto di elementi fertilizzanti nei compost derivanti da frazioni solide di liquami suinicoli. *Riv. Agron.* XXXIII: 40-49.
- Powell J.M., F.N. Ikpe, Z.C. Somda (1999). Crop yield and the fate of nitrogen and phosphorus following application of plant material and feces to soil. *Nutr. Cycling Agroec.* 54:215-226
- Powell J.Mark, Zhiguo Wu (1999). Nitrogen-15 Labeling of Dairy Feces and Urine for Nutrient Cycling Studies. *Agronomy J.* 91:814-818.
- Praveen- Kumar, R. Brumme (1999). Mineralization of guanidine derivatives in soils. *Nutr. Cycling Agroec.* 53:133-138
- Puttanna K., N.M. Nanje Gowda , E.V.S. Prakasa Rao (1999). Effect of concentration, temperature, moisture, liming and organic matter on the efficacy of the nitrification inhibitors benzotriazole, o-nitrophenol, m-nitroaniline and dicyandiamide. *Nutr. Cycling Agroec.* 54:251-257
- Raigón M.D., E. Primo Yúfera, A. Maquieira, R. Puchades (1999). Available N in the root area for citrus orchards fertilized with sulphur-coated-urea and ammonium nitro-sulphate. *Nutr. Cycling Agroec.* 55:187-196
- Raji B.A., B.W. Jimba (1999). A preliminary chlorine survey of the savanna soils of Nigeria. *Nutr. Cycling Agroec.* 55:29-34
- Ramirez H., Rodriguez O. and Shainberg I. (1999). Effect of gypsum on furrow erosion and intake rate. *Soil Sci.* 164:351-357.
- Revel J.C., Morard P., Bailly J.R., Labbé H., Berthout C. and Kaemmerer M. (1999) Plant's use of lechate derived from municipal solid wastes. *J. Environ. Qual.* 28:1083-1089.
- Rezende C. de P., R.B. Cantarutti, J.M. Braga, J.A. Gomide, J.M. Pereira, E. Ferreira, R. Tarré, R. Macedo, B.J.R. Alves, S. Urquiaga, G. Cadisch, K.E. Giller, R.M. Boddey (1999). Litter deposition and disappearance in Brachiaria pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. *Nutr. Cycling Agroec.* 54:99-112
- Richards I.R., I.D.S. Turner, P.A. Wallace (1999). Manure and fertilizer contributions to soil mineral nitrogen and the yield of forage maize. *Nutr. Cycling Agroec.* 55:175-185.
- Ruppel S. and Makswitat E. (1999). Effect of nitrogen fertilization and irrigation on

- soil microbial activities and population dynamics - a field study. *Plant Nutr. Soil Sci.* 162:75-82.
- Saggar S., M.J. Hedley, R.E. White, K.W. Perrott, P.E.H. Gregg, I.S. Cornforth, A.G. Sinclair. (1999). Development and evaluation of an improved soil test for phosphorus, 3: field comparison of Olsen, Colwell and Resin soil P tests for New Zealand pasture soils. *Nutr. Cycling Agroec.* 55:35-50.
- Sahrawat K.L., M.H. Rahman, J.K. Rao (1999). Leaf phosphorus and sorghum yield under rainfed cropping of a Vertisol. *Nutr. Cycling Agroec.* 54:93-98.
- Sauer T.J., Daniel T.C., Moore P.A., Cofey Jr. K.P., Nichols D.J. and West C.P. (1999). Poultry litter and grazing animal effects on runoff water quality. *J. Environ. Qual.* 28:860-865.
- Savithri P., R. Perumal, R. Nagarajan (1999). Soil and crop management technologies for enhancing rice production under micronutrient constraints. *Nutr. Cycling Agroec.* 53:83-92.
- Schils R.L.M., H.G. van der Meer, A.P. Wouters, J.H. Geurink, K. Sikkema (1999). Nitrogen utilization from diluted and undiluted nitric acid treated cattle slurry following surface application to grassland. *Nutr. Cycling Agroec.* 53:269-280.
- Schliephake W., Garz J. and Stumpe H. (1999). Fate of ¹⁵N after one simple application of labelled N-fertilizer in the long-term experiment Eternal Rye Cropping Halle. *Plant Nutr. Soil Sci.* 162:429-436.
- Scholefield D., R.D. Sheldrick, T.M. Martyn, R.H. Lavender (1999). A comparison of triple superphosphate and Gafsa ground rock phosphate fertilisers as P-sources for grass-clover swards on a poorly-drained acid clay soil. *Nutr. Cycling Agroec.* 53:147-155.
- Schröder J.J. (1999). Effect of split applications of cattle slurry and mineral fertilizer-N on the yield of silage maize in a slurry-based cropping system. *Nutr. Cycling Agroec.* 53:209-218.
- Schumann A.W. and Summer M.E. (1999). Plant nutrient availability from mixture of fly ash and biosolids. *J. Environ. Qual.* 28:1651-1657.
- Schutter M.E. and Fuhrmann J.J. (1999). Microbial responses to coal fly ash under field conditions. *J. Environ. Qual.* 28:648-651.
- Shepherd M.A., P.J. Withers (1999). Applications of poultry litter and triple superphosphate fertilizer to a sandy soil: effects on soil phosphorus status and profile distribution. *Nutr. Cycling Agroec.* 54:233-242.
- Shuman L.M. (1999). Effect of organic waste amendments on zinc adsorption by two soils. *Soil Sci.* 164:197-205.
- Shuman L.M. (1999). Organic wastes amendments effect on zinc fractions of two
-

- soils. *J. Environ. Qual.* 28:1442-1447.
- Sikora L.J. and Enkiri N.K. (1999). Growth of tall fescue in compost/fertilizer blends. *Soil Sci.* 164:62-69.
- Spallacci P., Ceotto E., Papini R. e Marchetti R. (1999). La somministrazione dei liquami suini al medicaio: produttività e bilancio dell'azoto in terreno argilloso. *Riv. Agron.* XXXIII:23-33.
- Stehouwer Richard C., Warren A. Dick, Paul Sutton (1999). Acidic Soil Amendment with a Magnesium-Containing Fluidized Bed Combustion By-Product. *Agronomy J.* 91:24-32.
- Stemmer M.; M. Von lütow; E. Kandeler; F. Pichlmayer; M. H. Gerzabek (1999). The effect of maize straw placement on mineralization of C and N in soil particle size fractions. *Europ. J. Soil Sci.* 50:73-.
- Sui Y., Thompson M.L. and Mize C.W. (1999). Redistribution of biosolids-derived total phosphorus applied to a Mollisol. *J. Environ. Qual.* 28:1068-1073.
- Sui Y., Thompson M.L. and Mize C.W. (1999). Redistribution of biosolids-derived total phosphorus applied to a Mollisol. *J. Environ. Qual.* 28:1068-1073.
- Thind H.S., D.L. Rowell (1999). The fate of algal nitrogen in a flooded soil system. *Nutr. Cycling Agroec.* 55:89-94.
- Toderi G., Giordani G., Comellini F. e Guermandi M. (1999). Effetti di un trentennio di apporto di materiali organici di diversa origine e della concimazione azotata su alcune componenti della fertilità del terreno. *Riv. Agron.* XXXIII:1-7.
- Traoré O., S. Sinaj, E. Frossard, J.M. Van De Kerkhove (1999). Effect of composting time on phosphate exchangeability. *Nutr. Cycling Agroec.* 55:123-131.
- Tsao C. and Bartha R. (1999). Differential extraction of radiocarbon associated with soil biomass and humua. *Soil Sci.* 164:235-241.
- Tunesi S., V. Poggi, C. Gessa (1999). Phosphate adsorption and precipitation in calcareous soils: the role of calcium ions in solution and carbonate minerals. *Nutr. Cycling Agroec.* 53:219-227.
- Turtola E., M. Yli-Halla (1999). Fate of phosphorus applied in slurry and mineral fertilizer: accumulation in soil and release into surface runoff water. *Nutr. Cycling Agroec.* 55:165-174.
- Ünlü K.; G. Özeni-rler; C. Yurteri-(1999). Nitrogen fertilizer leaching from cropped and irrigated sandy soil in Central Turkey. *Europ. J. Soil Sci.* 50:609.
- Uz-Zaman Badr and M. Salim. (1999). Plant utilization and release of boron distributed in different fractions in calcareous soils-Rahmatullah. *Arid Soil Res. Rehabil.* 13(3):293-303.
- Våje Per Ivar, Bal Ram Singh, Rattan Lal (1999). Erosional effects on nitrogen ba-

- lance in maize (*Zea mays*) grown on a volcanic ash soil in Tanzania. *Nutr. Cycling Agroec.* 54:113-123.
- Venugopalan M.V., R. Pundarikakshudu (1999). Long-term effect of nutrient management and cropping system on cotton yield and soil fertility in rain-fed vertisols. *Nutr. Cycling Agroec.* 55:159-164.
- Vidal Ivan, Luis Longeri, Jean Marie Hétier (1999). Nitrogen uptake and chlorophyll meter measurements in Spring Wheat. *Nutr. Cycling Agroec.* 55:1-6.
- Vold A., L.R. Bakken, G. Uhlen, A. Vatn (1999). Use of data from long-term fertilizer experiments to model plant nitrogen uptake. *Nutr. Cycling Agroec.* 55:197-206.
- Volterrani M., Gaetani M., Grossi N., Pardini G., Miele S. e Magni S. (1999). L'impiego di concimi organici su un tappeto erboso di loietto. *Riv. Agron.* XXXIII:34-39.
- Voundi Nkana J.C., Tack F.M.G. and Verloo M.G. (1999). Comparing the effects of paper pulp and lime additions to acid tropical soils using batch experiments. *Plant Nutr. Soil Sci.* 162:207-214.
- Vyn Tony J., Ken J. Janovicek, Murray H. Miller, Eric G. Beauchamp (1999). Soil Nitrate Accumulation and Corn Response to Preceding Small-Grain Fertilization and Cover Crops. *Agronomy J.* 91:17-24.
- Wang B., H.U. Neue, H.P. Samonte (1999). Factors controlling diel patterns of methane emission via rice. *Nutr. Cycling Agroec.* 53:229-235.
- Wang K., Y. Yang, R.W. Bell, J.M. Xue, Z.Q. Ye, Y.Z. Wei (1999). Low risks of toxicity from boron fertiliser in oilseed rape-rice rotations in southeast China. *Nutr. Cycling Agroec.* 54:189-197.
- Watson C.A., D. Atkinson (1999). Using nitrogen budgets to indicate nitrogen use efficiency and losses from whole farm systems: a comparison of three methodological approaches. *Nutr. Cycling Agroec.* 53:259-267.
- Wen Guang, T. E. Bates, R. P. Voroney, J. P. Winter, M. P. Schellenberg (1999). Influence of application of sewage sludges, and sludge and manure composts on plant Ca and Mg concentration and soil extractability in field experiments. *Nutr. Cycling Agroec.* 55:51-61.
- Williams Timothy O. (1999). Factors influencing manure application by farmers in semi-arid west Africa. *Nutr. Cycling Agroec.* 55:15-22.
- Wilson S.C. and Jones K.C. (1999). Volatile organic compound losses from sewage sludge-amended soils. *J. Environ. Qual.* 28:1145-1153.
- Withers P.J.A., S. Peel, R.M. Mansbridge, A.C. Chalmers, S.J. Lane (1999). Transfers of phosphorus within three dairy farming systems receiving varying inputs in feeds and fertilizers. *Nutr. Cycling Agroec.* 55:63-75.

- Wood B.H., Wood C.W., Yoo K.H., Yoon K.S. and Delaney D.P. (1999). Seasonal surface runoff losses of nutrients and metals from soils fertilized with broiler litter and commercial fertilizer *J. Environ. Qual.* 28:1210-1218.
- Xiao C., Ma L. Q. and Sarigumba T. (1999). Effects of soil on trace metal leachability from papermill ashes and sludge. *J. Environ. Qual.* 28:321-333.
- Xing B. and Chen Z. (1999). Spectroscopic evidence for condensed domains in soil organic matter. *Soil Sci.* 164:40-47.
- Yang J., G.A. Wadsworth, D. L. Rowell, I. G. Burns (1999). Evaluating a crop nitrogen simulation model, N_ABLE, using a field experiment with lettuce. *Nutr. Cycling Agroec.* 55:221-230.
- Zaharah A R, A R Bah, N K Mwange, P Kathuli, P Juma (1999). Management of Gliricidia (*Gliricidia sepium*) residues for improved sweet corn yield in an Ultisol. *Nutr. Cycling Agroec.* 54:31-39.
- Zaharah A.R., A.R. Bah (1999). Patterns of decomposition and nutrient release by fresh *Gliricidia* (*Gliricidia sepium*) leaves in an Ultisol. *Nutr. Cycling Agroec.* 55:269-277.
- Zhang T.Q., Mackenzie A.F. and Sauriol F. (1999). Nature of soil organic phosphorus as affected by long-term fertilization under continuous corn (*Zea mays* L.): a ^{31}P NMR study. *Soil Sci.* 164:662-670.
- Zoysa A.K.N., P. Loganathan, M.J. Hedley (1999). Phosphorus utilisation efficiency and depletion of phosphate fractions in the rhizosphere of three tea (*Camellia sinensis* L.) clones. *Nutr. Cycling Agroec.* 53:189-201.

Allegato 2.Indirizzi dei siti WEB delle sottoelencate riviste.

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
Agronomy Journal	http://link.springer.de/link/service/journals/10087
Agrochimica	http://www.infolab-it.com/agrisite/infault1.htm
Applied Spectroscopy Journal	http://www.s-a-s.org/journal.html
Arid soil research and rehabilitation	http://www.tandf.co.uk/journals/tf/08903069.html
Atti dell'Accademia dei Georgofili	http://www.georgofili.it/Accademia/gli_atti.htm
Biochemistry	http://www.jb.bcasj.or.jp
Biocycle	http://www.jgpress.com/biocycle.htm
Biology & Fertility of soil	http://www.link.springer.de/link/service/journals/00374/index.htm
Bioresource Technology	http://www.elsevier.com/inca/publications/store4/0/5/8/5/4/index.htm
Bioscience Biotechnology & Biochemistry	http://wwwsoc.nacsis.ac.jp/jsbba/bbindexe.html
Canadian Journal of soil Science	http://www.nrc.ca/aic-journals/ejss.html
Compost: Science & Utilization	http://www.jgpress.com/compost.htm
European Journal of soil Science	http://www.blackwell-science.com/products/journals/ejss.htm
Geoderma	http://www.zalf.de/fachinfo/fachdoku/i-verzeichnisse/geoderma/geod-archiv.htm
Informatore agrario	http://www.informatoreagrario.it/infoagri/index.asp
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
Nutrient Cycling in Agroecosystems	http://www.swets.nl/backsets/catalogue_result_1385-1314.htm
Pest Management Science	http://sci.mond.org/publications/pestsci.htm
Plant and soil	http://www.wiley-vch.de/vch/journals/2045
Rivista di agronomia	http://www.agriline.it/edagri/riviste.cfm?codice=2
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.edagricole.it
The international fertiliser Society	http://www.fertiliser-society.org

Allegato 3.

CIB Home Page, Centro Inter-Bibliotecario, Catalogo delle riviste ed altri periodici (ACNP)

Sito WEB: <http://acnp.cib.unibo.it/cgi-ser/start/it/cnr/fp.html>

Biblioteche italiane che possiedono, ad esempio, i periodici:

AGRICOLTURA MEDITERRANEA

La ricerca ha restituito 31 riferimenti

Selezionare un intervallo

Per ulteriori informazioni selezionare i riferimenti di interesse

Cliccare sul bottone (document delivery) per conoscere le condizioni praticate dalle biblioteche per la fornitura dei documenti.

1. BA010 Biblioteca Centrale. Facoltà di Agraria dell'Università
Bari, tel: 080-5443008/9, fax: 080-5443120,
biblioteca@agr.uniba.it

Posseduto: 1987-

Collocazione: PER.ITAL.83

Ultima revisione posseduto 2000

2. BO500 Biblioteca Centralizzata della Facoltà di Agraria.
Università degli Studi di Bologna

Bologna, tel: (051)2091810/11, fax: (051)2091811,
Fidelio@mail.cib.unibo.it

Posseduto: 1987-1989;

Lacune: 1989;

Collocazione: P/630/5

Ultima revisione posseduto 1996

ADVANCES IN SOIL SCIENCE

La ricerca ha restituito 3 riferimenti

Selezionare un intervallo

Per ulteriori informazioni selezionare i riferimenti di interesse

Cliccare sul bottone (document delivery) per conoscere le condizioni praticate dalle biblioteche per la fornitura dei documenti.

1. BA014 Biblioteca. Dipartimento di Biologia e Chimica agroforestale ed ambientale. Sezione di Chimica agraria. Università degli Studi

Bari, tel: 080-5442856, fax: 080-5442813, bibchiag@agr.uniba.it

Posseduto: 1984-1992;

Ultima revisione posseduto 2000

2. BO502 Biblioteca. Dipartimento di Agronomia. Facoltà di Agraria dell' Università

Bologna, tel: (051)2091547, fax: (051)2091511,
mei@mail.cib.unibo.it

Posseduto: 1984-

Note posseduto: Anno di pubblicazione 1985 per il Vol.1.

Ultima revisione posseduto 1997

3. VT001 Centro per la Biblioteca delle Facoltà di Agraria e di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali - Università degli Studi della Tuscia

Viterbo, tel: (0761) 357513/357518, fax: (0761) 357513, ag-
bib@unitus.it

Posseduto: 1985-1992;

Collocazione: P 019

Ultima revisione posseduto 1998

ATTIVITÀ DEL G.D.L. 11, "METODI DI ANALISI"

Francesco Alianiello

Gruppo 11, "Metodi di analisi"

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

Il gruppo si prefigge lo scopo di affrontare le problematiche che continuano a presentarsi nel campo delle metodologie analitiche dei fertilizzanti, al fine di proporre ed eseguire studi e sperimentazioni sui metodi di analisi.

Abbiamo pensato che il primo compito del GdL fosse quello di ottenere informazioni su esigenze e problemi riguardanti metodiche analitiche, attuali ma anche di vecchia data e non risolti ancora completamente: abbiamo quindi spedito una lettera a tutti i membri della SISS e all'Osservatorio Pedologico, in cui proponevamo noi per primi degli argomenti che ci sembravano particolarmente interessanti, come la determinazione della presenza di agenti patogeni, o altre problematiche quali la determinazione del prione della BSE nelle farine ed altri materiali di origine animale (problema che è stato risolto decretando la distruzione di tutto il materiale a rischio) e lo studio dei fenomeni di racemizzazione negli idrolizzati proteici, mentre fra i vecchi problemi ancora insoluti si era individuato quello della misura diretta dell'azoto organico.

Fra i vari contributi che abbiamo ricevuto c'è l'elenco dei metodi di analisi CEN e ISO, aggiornati al 15/03/01.

I metodi CEN sono 16, di cui 10 "under approval" e "4 under development". Solamente 2 sono "ratified". I metodi ISO sono invece 32. Come si vede sul piano di normalizzazione dei metodi a livello internazionale siamo ancora molto indietro.

Abbiamo ricevuto, da parte del Dott. Morandi, un elenco di analisi per parametri già previsti per alcuni fertilizzanti presenti nella legge 748, di cui ancora manca la metodica. Essi sono:

Chelati: determinazione della natura dell'agente chelante.

Complessanti: determinazione dei singoli agenti complessanti inseriti in legge (es.: ligninsolfonati e sostanze umiche).

Determinazione della quantità di DCD presente in concimi con inibitore di nitrificazione.

UF, IBDU, CDU: metodi per il riconoscimento ed il dosaggio del-

le aldeidi di partenza sia sui prodotti base che sui prodotti che li contengono.

Da Trinchera vengono segnalati:

- metodi di valutazione del lento rilascio in fertilizzanti polimerici azotati o nei concimi organici;
- determinazione delle differenti forme di azoto nei concimi policondensati o negli inibitori della nitrificazione (da FU, IBDU, CDU, DCD, ecc.);
- determinazione del grado di racemizzazione degli amminoacidi negli idrolizzati proteici,
- determinazione della massa molecolare sempre negli idrolizzati proteici.
- Modugno propone la sperimentazione di un metodo in cromatografia ionica per la determinazione del fosforo nei fertilizzanti in alternativa al metodo ufficiale Petermann.
- Gribaudo evidenzia l'assenza, nei concimi organici e negli ammendanti, della dichiarazione di coefficiente di mineralizzazione e quindi l'assenza di un metodo analitico;
- la necessità di testare e perfezionare i metodi di analisi rapidi e colorimetrici, non meglio specificati;
- l'esigenza di criteri per valutare la qualità dei compost, con relativi metodi analitici.
- De Mola desidera informazioni sui tempi di mineralizzazione dell'azoto di origine organica partendo da matrici diverse.
- Bonotto punta l'attenzione sui prodotti fluidi e in soluzione, per molti parametri: dal pH alle composizioni dei diversi elementi fertilizzanti.

Alcune delle proposte vengono suggerite da più di una persona, e corrispondono in genere a quelle in cui del lavoro è già stato fatto. Nel Manuale di analisi dei fertilizzanti proposto dalla Commissione IV infatti tra i contenuti sono previsti capitoli su:

- Chelanti, complessanti, ivi comprese le miscele;
- Diciandiammide (presenza in NPK, NP, ecc.);
- Azoto a lento rilascio e rilascio controllato ivi compreso azoto organico.

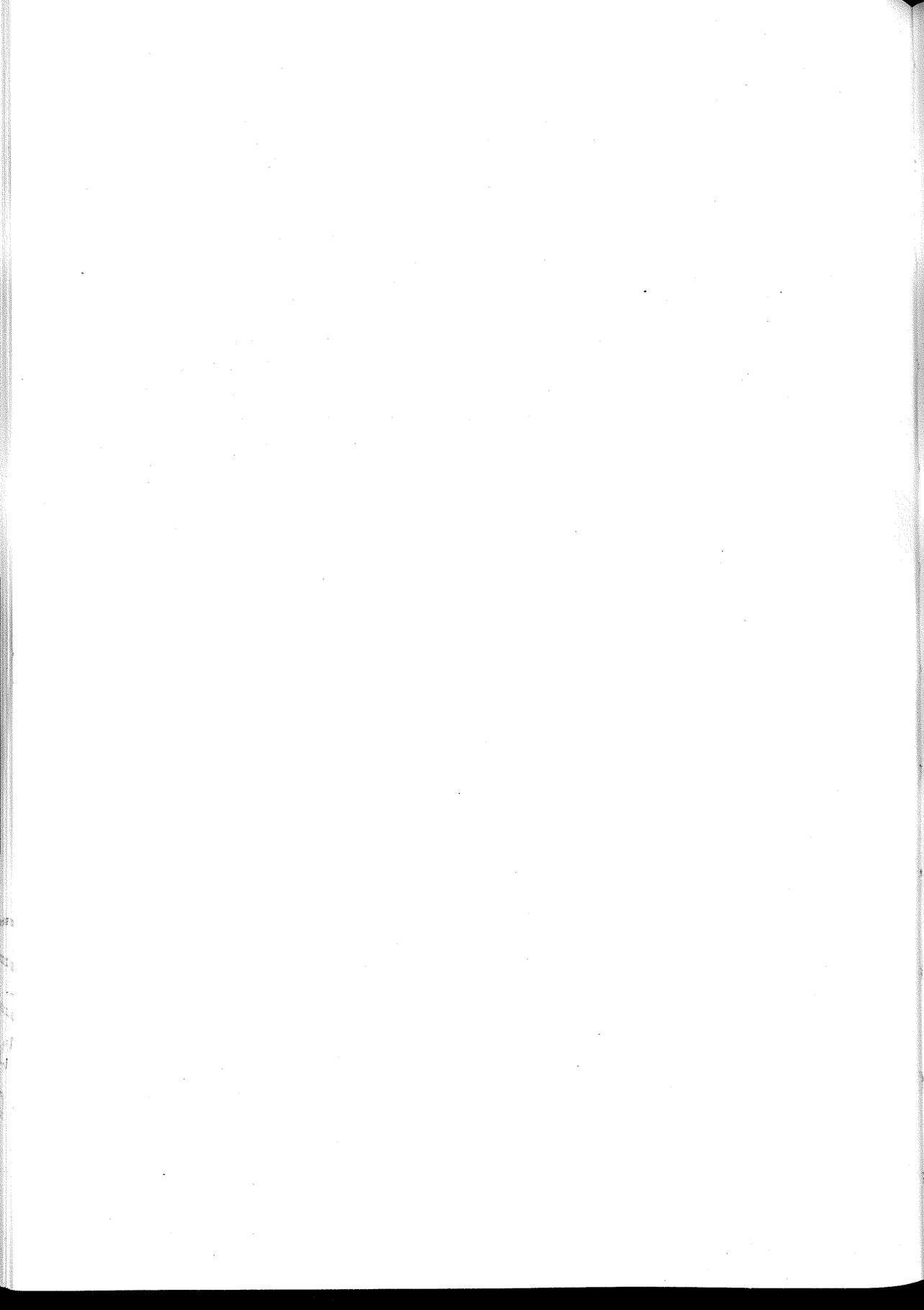
Su tali argomenti quindi già ci sono dei gruppi impegnati, a cui

il GdL non vuole sovrapporsi ma con cui può avviare una collaborazione.

Inoltre l'Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante è già stato impegnato in sperimentazioni e ring test su UF, IBDU e CDU, sugli studi riguardanti gli idrolizzati proteici e sulla cinetica di mineralizzazione delle matrici organiche.

Abbiamo avuto altri contributi che però non si riferiscono direttamente ai metodi analitici per i fertilizzanti, e che perciò andranno veicolati ad altri gruppi di lavoro.

Dopo aver raccolto dati sulle esigenze occorre avviarsi alla fase operativa: il gruppo verrà convocato in tempi rapidi (possibilmente entro un mese) al fine di verificare se è possibile una cooperazione all'interno del Gruppo di Lavoro per impegnarsi nella risoluzione dei problemi segnalati e quindi organizzare un coordinamento dei gruppi eventualmente interessati.



COLLEGAMENTO CON ALTRE SOCIETÀ INTERNAZIONALI

Paolo Sequi

Gruppo 12, "Collegamento con altre società internazionali"

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

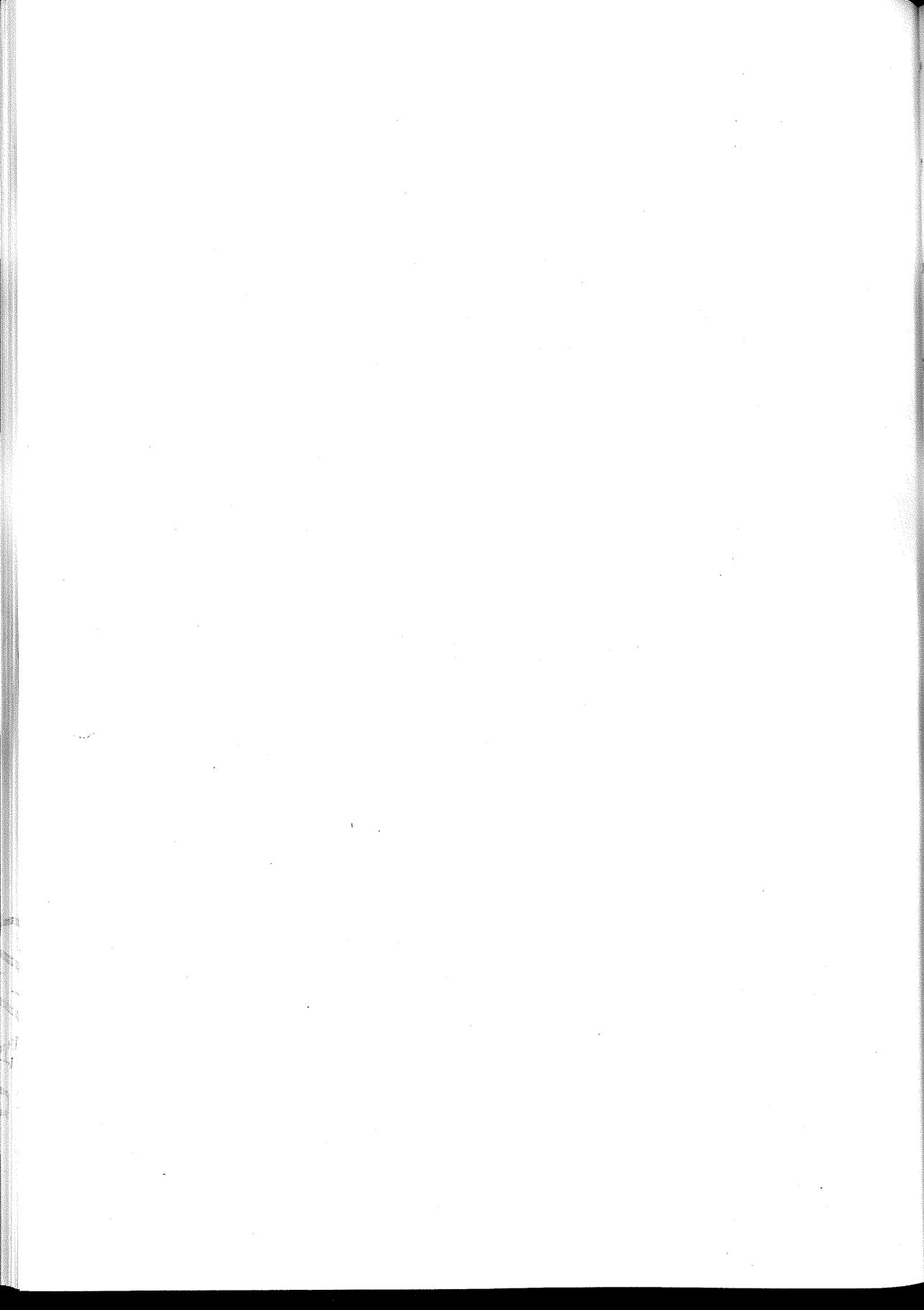
Nel corso del 2000 è proseguita l'attività di collegamento della SISS con altre istituzioni internazionali. In particolare sono stati presi contatti con la International Union of Soil Science Societies per l'organizzazione di due simposi nell'ambito del Convegno Mondiale della Scienza del Suolo che si terrà a Bangkok nel 2002.

I due Convegni che si terranno saranno il n. 57 relativo a: "Soil properties as influenced by the addition of organic fertilizers and amendments" Convenor Tom SIMS, Dept. Of Plant and Soil Sciences - USA.

Verrà focalizzata l'influenza di fertilizzanti ed ammendanti organici sulle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche del suolo. Verrà altresì discusso la possibilità di un loro impiego nel recupero ambientale.

Il convegno n. 58 riguarderà: "Soil organic fertilizers and amendments: an outlook on key environmental and sanitary issues" – Convenor Paolo SEQUI, Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante – Roma.

Il Convegno riguarderà le possibili problematiche legate con l'uso dei fertilizzanti ed ammendanti organici nei confronti di potenziali effetti ambientali quali il rischio di inquinamento da TSE/BSE, emissioni di gas serra (Protocollo di Kyoto), inquinamento genico da DNA ricombinante ecc.



Indice Generale Volume 50 (2001)

Numero 1

Numero d'oro del Bollettino SISS per la celebrazione del cinquantenario della Società P. Sequi 5 Presentazione

Costituzione della SISS

(a cura di R. Francaviglia)	7	Riunione per la costituzione della Società Italiana della Scienza del Suolo (1952)
	11	Trascrizione dei primi 8 verbali (dal 1952 al 1959)
	11	Riunione del giorno 28 giugno 1952
	13	Riunione del giorno 30 ottobre 1952
	15	Riunione del giorno 19 dicembre 1953
	19	Riunione del giorno 26 ottobre 1954
	23	Riunione del giorno 20 dicembre 1956
	25	Riunione del giorno 18 aprile 1959
	27	Soci fondatori, Presidenti, Segretari

Note biografiche

(a cura di L.F. Goldberg)	29	Claudio Antoniani
(a cura di G. Fierotti)	35	Gian Pietro Ballatore
(a cura di A. Vitturi)	41	Alvise Comel
(a cura di C. Gessa)	45	Tomaso Eschena
(a cura di F. Favilli, R. Materassi)	51	Gino Florenzano. Una vita per la scienza
(a cura di P. Fusi, G.G. Ristori)	57	Alberto Malquori
(a cura di C. Nigro)	61	Luigi Marimpetri e Valentino Morani: ricordo di due indimenticabili Direttori
(a cura di M. Pagliai)	65	Gino Passerini
(a cura di F. Mancini)	67	Paolo Principi
(a cura di P. Sequi)	71	Ugo Pralongo
(a cura di G. Mecella, P. Scandella, N. Di Blasi)	73	Enrico Romano
(a cura di P. Sequi)	77	Orfeo Turno Rotini
(a cura di G. Picci)	81	Ricordo di Onorato Verona
Una sorpresa	83	
G. Fierotti	87	"Bollettino della Società Italiana della Scienza del Suolo": dagli inizi ad oggi
P. Nannipieri	91	L'attuale situazione degli insegnamenti relativi al suolo nel mondo accademico
G. Vianello	95	Il suolo nei programmi dei cicli scolastici
Allegati	101	Statuto della Società Italiana della Scienza del Suolo
	105	Regolamento della Società Italiana della Scienza del Suolo
	111	L'elenco completo dei Soci
	123	Soci Onorari

	127	Composizione del Consiglio Direttivo e delle Commissioni
	133	Composizione del Consiglio Direttivo (2000-2002)
	137	Comitati Tecnici, Gruppi di Lavoro e Sottocommissioni
(a cura di M. Amoriello)	145	Il sito WEB della SISS
	147	Le istruzioni per scrivere sul Bollettino
(a cura di G. Diana)	159	Indice dei volumi del Bollettino SISS (dal 1998 al 2000)

Volume 50, 2001 (Numero speciale, supplemento al n. 1)

Atti del Convegno Nazionale "La scienza del suolo per l'ambiente"

Ca' Dolfini/ Auditorium S. Margherita - Venezia, 12 - 16 giugno 2000

A cura di Claudio Bini

F. Mancini	9	Presentazione
C. Keller	11	An overview of the phytoremediation techniques: towards feasibility
R. Calandra, R. Ciappelloni	13	Il laboratorio didattico sulla scienza del suolo: risultati del primo quadriennio (1996 - 2000) di esperienze nella scuola elementare e media
G. Mele, A. Basile, F. Terribile	23	Lo studio della porosità del suolo tramite l'analisi d'immagine: dalle indagini 2d alle prospettive 3d
S. Pellegrini, N. Vignozzi, M. Pagliai, G. Bragato, L. Leita	33	Effetti della somministrazione delle biomasse di recupero sui caratteri fisico - strutturali e sul quoziente metabolico in un suolo coltivato a tessitura franco sabbiosa
A. Castrignanò, M. Maiorana, F. Fornaro	41	L'impedenza del suolo: un utile indicatore della qualità del suolo
C. Colombo, A.P. Leone, F. Terribile	55	Applicazione della riflettanza bi-direzionale allo studio degli ossididi ferro nelle Terre Rosse
E. Bonifacio, B. Biasiol, S. Santoni, E. Zanini	65	Uso di indici geochimici e mineralogici nello studio della pedogenesi in ambiente semi-arido
F. Alianiello, F. Baroccio	73	Effetti delle condizioni red-ox sulla sostanza organica del suolo, valutati mediante parametri di umificazione e focalizzazione isoelettrica
L. Bruggianesi, S. Barbieri, A. Deluisa, S. Zanolla	81	Metalli pesanti nel suolo della pianura Friulana
L. Celi, M. Piccaluga, F. Ajmone Marsan, E. Barberis	87	Interazione di acidi umici con ossidi di ferro: effetto sul rilascio di ferro
G. Lacertosa, F. Montemurro, G. De Mastro, N. Montemurro	93	Indagine sul contenuto di metalli pesanti in diversi suoli agrari nel Mezzogiorno d'Italia
N. Montemurro, A. Palma, V. Pipino, M. Tramutoli, G. Lacertosa	101	Contenuto e distribuzione di metalli pesanti nei suoli agrari nell'area industriale di Melfi
G. Rossi, B. Felici, S. Socciarelli, E. Egger,	107	Il rame nel vigneto: accumulo nel suolo, nel vegetale e nel prodotto finale

- M.E.M. D'Arcangelo, A. Figliolia
 A. Gelsomino, L. Badalucco, 115 Risposte biochimiche e molecolari della comunità
 M. Condello, G. Cacco microbica del suolo al trattamento di solarizzazione
 C. Mondini, L. Leita, H. Insam 123 Analisi delle comunità microbiche in campioni di
 compost: effetto della diluizione degli estratti e
 delle modalità di conservazione
- R. Marchetti, F. Castelli 131 Effetto della fertilizzazione azotata sulla dinamica
 C. Gamba, P. Spallacci, R. Contillo dei nitrati in un suolo franco coltivato a tabacco
 di tipo flue-cured
- C. Beni, C. Di Dio, A. Figliolia, 141 Effetti sulla qualità funzionali del suolo in seguito
 P. Servadio, A. Marsili, E. Egger, all'adozione di tecniche biologiche o convenzionali
 M.E.M. D'Arcangelo per la conduzione del vigneto
- C. De Simone, A. Figliolia, 149 Induzione di attività antimutagenain piantine di
 C. D'Ambrosio, M. Owczarek, vicia faba cresciute su suoli trattati con fanghi
 A. De Marco, P. Ferrazza, C. Beni, di depurazione di acque civili e con compost
 P. Soldati, V. Zoccano da RSU. Nota prima
- R. Francaviglia, M. Donatelli, 157 Applicazione del sistema Arcview-Cropsyst
 C. Stöcle, A. Marchetti nella valutazione della percolazione di acqua e
 della lisciviazione di nitrati
- M. Freppaz, A.C. Edwards, 165 Influenza del manto nervoso sulla dinamica
 B.L. Williams, R. Scalenghe, E. Zanini dell'azoto in suoli alpini: simulazione in laborato-
 rio
- R. Papini, A. Panichi, 173 Influenza del tipo di lavorazione sulla dinamica
 C. Piovanelli, G. Brandi, stagionale e sulla lisciviazione invernale dei nitrati
 G. Montagna in vari ordinamenti colturali
- C. Gamba, S. Pellegrini, 185 Modificazioni indotte da diverse lavorazioni su
 C. Piovanelli, N. Vignozzi alcune caratteristiche biochimiche del suolo e sul
 l'indice penetrometrico in parcelle coltivate
 a mais continuo
- M. Mazzoncini, E. Bonari, 193 Modificazioni indotte da diversi tipi di lavorazione
 R. Risaliti, D. Piccotino, su alcune caratteristiche chimiche di un suolo
 B. Pezzarossa Typic xerofluvents
- N. Silvestri, A. Coli, R. Risaliti, 203 Sistemi colturali compatibili con esigenze
 M. Giannini, S. Pampana di tutela dell'ambiente in aree protette
- R. Indiatì, A. Figliolia, 215 Effetto della somministrazione di reflui
 L. Ceteroni zootecnici sul livello di fosforo assimilabile del
 suolo e sulla perdita potenziale di P nel runoff
- F. Pinzari, F. Tittarelli, 221 Analisi della potenzialità di innesco di matrici
 A. Benedetti, H. Insam agroindustriali nella produzione di compost di qua-
 lità
- M. Raglione, P. Toscano, 229 Influenza di differenti gestioni del suolo sulla
 P. Lorenzoni, R. Angelini, perdita di nutrienti e sulla produzione di un
 C. Briccoli-Bati, M. Spadoni, uliveto in ambiente collinare dell'Italia
 C. De Simone meridionale
- P. Bazzoffi 239 Metodologia di rilievo di un indicatore di stato di
 tillage erosion basata sull'aero-fotogrammetria di
 precisione
- E. Busoni, A. Colica 251 Le lineeazioni nell'analisi integrata del paesaggio:
 loro relazioni con forme di degradazione del suolo

- G. Righini, E.A.C. Costantini, L. Sulli 261 La banca dati delle regioni pedologiche italiane
- P. Giandon, F. Ragazzi, I. Vinci, L. Fantinato, A. Garlato, P. Mozzi, G.P. Bozzo 273 La carta dei suoli del bacino scolantei n laguna di Venezia
- S. Raimondi, L. Gazzarra, M. Labruzzo 281 La valutazione semi-quantitativa dell'attitudine dei suoli per l'Eucalyptus camaldulensis e dell'e. globulus nelle aree Bellia e Portella Farina del complesso boscato "Piazza Armerina" (EN)
- M. Spano, P. Mulé, S. Madrau, P. Baldaccini 289 Prime osservazioni su una toposequenza in ambiente granitico della Sardegna settentrionale e rapporti con la vegetazione
- A.C. Dimase, A. Bonazzi, F. Iovino 301 Il suolo nello studio ambientale del passato: un caso sull'altopiano della Sila (Calabria)
- J. Bech, Ch. Poschenrieder, J. Barcelò, L. Tonon, I. Gonzales, E. Fénes 313 Metal contamination of soils and vegetation by mining activities in South America
- E. Beccaloni, P. Borrello, E. Stacul, L. Musmeci 321 Test di eluizione applicati ad un suolo trattato con compost di qualità e da RSU
- M.G. Bernasconi, R. Calandra, P. Ciaravolo, A. Leccese, G. Tortoreto 329 Monitoraggio ambientale attraverso l'analisi dell'inquinamento del suolo in aree circostanti inceneritori di R.S.U. e R.O.T.
- R.M. Cenci, M. D'Alessandro, F. Leva, M. Dapiaggi, M. Bergonzoni, E. Meglioli, A. Geronimi, F. D'Alberti, P. Barbero, R. Cazzaniga 333 Distribuzione di metalli pensati e radionuclidi in un'area di discarica dell'Appennino Reggiano
- C. Di Dio, B. Felici, R. Aromolo, C. Beni, A. Figliolia 341 Valutazione dell'impatto di traffico aereo su suoli agrari e colture nelle adiacenze aeroportuali: indagine su carota
- I. Mascaro, M. Benvenuti, C. Bini, F. Corsini, P. Costagliola, P. Lattanzi, G. Tanelli, O. Vaselli 349 Impatto ambientale in alcune aree minerarie a solfuri dismesse della Toscana
- L. Morselli, B. Brusori, M. Cecchini, P. Olivieri, R. Francaviglia, R. Aromolo, L. Gataleta 359 La strategia dei carichi critici nello studio della vulnerabilità del territorio

Numero 2

Atti del Convegno "Suolo e governo del territorio"

Roma, 22 Settembre 2000

I Sessione "Gli ecosistemi agro-forestali e la risorsa suolo"

- P. Sequi, P.L. Paolillo 167 Introduzione
- A. Aru 171 Suolo e governo del territorio
- E. Busoni 173 Modalità di conoscenza della risorsa suolo
- C. Dazzi 189 Necessità della conoscenza della risorsa suolo
- E.A.C. Costantini, A. D'Antonio 205 Attualità e prospettive dei progetti "Metodologie pedologiche" e "Carta dei suoli d'Italia a scala

	1:250.000"	
N. Laruccia, M. Piazzi	219	Aspetti della correlazione tra le regioni del bacino padano nella valutazione del comportamento idrogeologico dei suoli in relazione alla vulnerabilità delle acque
F. Guaitoli, A. Pumo, M.G. Matranga, M. Perciabosco, V. Ferraro	235	L'informazione pedologica e il governo del territorio a livello locale. L'esempio dell'Unità Operativa Pedologica della Regione Siciliana
G. Bragato	243	Il contributo della geostatistica allo studio del territorio
F. Danuso, R. Giovanardi, M. Donatelli	251	Applicazioni agronomiche delle conoscenze pedologiche
G. Mecella, P. Scandella, R. Sebasti	281	Governo dei suoli agricoli e comportamenti legislativi
II Sessione "La pianificazione territoriale e la componente suolo"		
M.C. Treu	303	Una premessa. Mutamenti di paradigma e contaminazione dei saperi
M.G. Sandri	307	La memoria dei segni e l'operatività della storia nelle trasformazioni territoriali
A. Pittaluga	311	Evoluzione del paesaggio, trasformazioni territoriali e morfologie insediative. I criteri che hanno informato la raccolta di un repertorio paesaggistico. Esempificazioni per un collegamento interdisciplinare
C. Peraboni	329	Evoluzione del paesaggio, trasformazioni territoriali e morfologie insediative. L'esperienza della dimensione territoriale come strumento per l'analisi e il progetto della configurazione formale del territorio
S. Menoni, F. Pergalani	345	Fattori di criticità e di rischio nell'analisi dei suoli
G. Vianello	361	L'influenza dell'evoluzione del sistema agro-forestale sulla risorsa suolo
F. Boscacci	375	La valutazione economica dei suoli in un contesto di accessibilità generalizzata
P.L. Paolillo	399	La conoscenza dei caratteri dei suoli nella pianificazione urbanistica
M. Magoni	429	L'analisi d'idoneità localizzativa: uno strumento di valutazione per la tutela del suolo agricolo
M.C. Treu	441	La pianificazione territoriale e la componente suolo
Contributi dei Soci		
A. Aru	461	La vulnerabilità dei suoli in relazione all'espansione urbana ed industriale: il caso Sardegna
L. Allievi, C. Gigliotti, F. Ferrari, A. Ferrari	477	Comportamento della comunità microbica di un suolo in presenza di un erbicida sulfonilureico, il Cinosulfuron
C. Gigliotti, A. Farini	485	Risposta della biomassa microbica ai metalli pesanti in una situazione di campo

Informazioni della SISS

- 491 Tesi di Laurea e Dottorato di Ricerca
 509 Giornata di studio "Misura del deflusso superficiale sui suoli di pianura"
 513 Riunioni del Consiglio Direttivo
 531 Verbale di assemblea ordinaria 10 giugno 2000
 539 Verbale di assemblea ordinaria 18 maggio 2001

Numero 3**Atti del Convegno****La "bioremediation" in Italia: dalla teoria alla pratica****Roma, 14-15 dicembre 2000**

G. Lelli

549 Saluto di benvenuto

Sessione 1: La teoria

L. Gianfreda, F. Saccomandi

553 La Bioremediation: una strategia multidisciplinare per detossificare suoli e acque inquinati

C. Jacomini, E. Rota

571 Pedofauna: possibile agente di bioremediation?

A. Massacci, M.A. Iannelli,
F. Pietrini

581 Il fitorimedio: organismi vegetali come potenziali agenti disinfuanti

Sessione 2: La ricerca

S. Grego

591 I progetti di ricerca italiani sulla bioremediation

A. Benedetti

595 I progetti di ricerca italiani nella cooperazione tecnica e scientifica a livello europeo

F. Quercia, G. Petruzzelli

603 Bioremediation: stato di applicazione in Europa

Sessione 3: La pratica

A. Bernardi, A. Robertello

625 Trattamento biologico di siti industriali: dalla sperimentazione all'applicazione in campo

R.M. Cenci

633 I muschi acquatici utilizzati come indicatori e accumulatori di metalli: limiti e vantaggi

A. Gelsomino, C. Crechio,
G. Cacco

641 Indicatori molecolari delle variazioni della comunit  batterica in suoli inquinati

M.F. Quartacci, Sgherri C.L.M.
Navari-Izzo F.

649 Fitoestrazione da un suolo contaminato da pi  metalli pesanti: accumulo e tolleranza

G.A. Sacchi, A. Rivetta,

661 Studio di alcuni fattori che determinano l'efficienza della tecnica di fitoestrazione assistita in un suolo inquinato da piombo

A. Abruzzese, G. Lucchini,

A. Paganetto, F. Gambale, M. Cocucci

673 Microorganismi da siti industriali: selezione per resistenza ai metalli pesanti, accumulo di zinco e applicazioni biotecnologiche

A.R. Sprocati, C. Cremsini,

E. Fantauzzi, M. Galletti,

S. Sabelli, L. Segre, F. Vitali

P. Zaccheo, L. Crippa,

685 Studio dell'efficienza del mais nella phytoremediation in un suolo contaminato da metalli pesanti

C. Gigliotti

Tavola rotonda

M. Angelone

695 "Dalla teoria alla pratica"

Sessione 4: Poster

E. Argese, E. Delaney,

709 Variazione di parametri morfo-fisiologici

- F. Agnoli, F. Faraon,
A. Sorgonà, G. Cacco
A. Battistelli, K. Pruess
- G. Carratù, A.M. Carafa,
G.G. Aprile
C. De Simone, A. De Marco,
C. D'Ambrosio,
M. Owczarek, F. Beretta
A. Fornaroli, E. Capri,
M. Trevisan
C. Forni, M.A. Nicolai,
L. Tancioni
D. Esposito, P. Giardi, E. Pace,
M. Rizzuto, M.T. Giardi
L. Marchiol, G. Zerbi
- L. Migliore, C. Forni,
S. Cozzolino
S. Nocciolini, A. Costa,
E. Lorenzoni, L. Spadafina, M.R. Vacri
- L. Pompili, F. Tittarelli, F. Pinzari,
A. Benedetti, S. Baccella
G. Rossi, A. Figliolia,
S. Socciarelli
- F. Saccomandi, L. Gianfreda
- F. Sannino, L. Gianfreda
M. de Agazio, E. Rea,
A. Fruggerio, M. Zacchini
- S. Perotto, E. Martino,
P. Bonfante
- Contributi dei soci**
P.T.Perri
- F. Tittarelli
- di piante di orzo e di avena allevate in
microcosmi trattati con metalli pesanti
- 723 Il codice TMVOC per la simulazione numerica del
trasporto di compost organici nel sottosuolo in
condizioni multifase
- 733 Valutazione della capacità di
Pb-decontaminante di due specie ornamentali
- 739 Attività protettiva delle sostanze umiche
presenti nei composts nei confronti dell'attività
mutagene dei metalli pesanti
- 747 Indagini preliminari sull'uso di tecniche
SEM per lo studio di piante accumulatrici
- 751 Utilizzazione di Azolla e Lemna per
la rimozione di N e P da acque reflue
- 759 Biosensori per bioremediation da erbicidi
- 765 Fitoestrazione di metalli pesanti: primi risultati
sperimentali
- 777 Modelli sperimentali di Bioremediation: piante
acquatiche e antibiotici di uso veterinario
- 781 Stima della tossicità ambientale dei residui
di attività mineraria. (Estrazione dipirite).
Contributi conoscitivi per le attività di bonifica
e bioremediation. Studi preliminari
- 791 Possibile recupero biologico di un suolo
d'altura precedentemente adibito a stazzo
- 803 Fitoestrazione mediante Brassica Napus (colza):
capacità di assorbimento nei confronti di zinco e
cadmio
- 809 Detossificazione di suoli inquinati da idrocarburi:
un caso studio
- 815 La laccasi: un possibile agente disinquinante?
- 823 Effetti delle poliammine sull'accumulo
e la traslocazione del piombo in mais:
interessanti prospettive di fitorimediazione
- 831 Interazione tra funghi micorrizici e metalli
pesanti: prospettive nel Biorisanamento
- 845 Aspetti tecnico economici dell'inquinamento da
gas serra (Protocollo di Kyoto: riciclo della
sostanza organica e controllo delle emissioni)
- 853 Il riciclo delle ceneri

Numero 4

Giornata di Studio

Osservatorio Nazionale Permanente per i Fertilizzanti

Pisa, 5-6 aprile 2000

G. Loffredo

- 869 Direttiva del Consiglio (91/676/CEE) relativa
alla protezione delle acque dall'inquinamento

		provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole
A. Trincherà	875	I nitrati nel metabolismo degli organismi viventi
M. de Bertoldi	885	I nitrati nel suolo
V. Magnifico, A.D. Palumbo	893	L'accumulo dei nitrati negli ortaggi
P. Santamaria	897	Tecniche per ridurre il contenuto dei nitrati negli ortaggi
S. Miele, L. Foschi	909	La concimazione azotata
M. Presterà	921	Una nutrizione mirata: quanto e quando serve
L. Baranti, F. Rosso	923	La concimazione localizzata nella barbabietola da zucchero
G. Lacertosa, A. Merendino, S. Vanadia, F. Montemurro	937	Contenuto di nitrati nel suolo ed in alcune colture tipiche del Metapontino
A. Coli, M. Mazzoncini, R. Risaliti, D. Tesi	947	Effetto dell'inibitore della nitrificazione 3,4 dmp sulla efficienza ed efficacia della concimazione azotata del frumento duro
F. Montemurro, D. Ferri, G. Convertini	961	Previsione dello stato nutrizionale e dell'efficienza della nutrizione azotata in colture meridionali mediante test rapidi su nitrati e clorofilla

Attività dei Gruppi di Lavoro dell'Osservatorio Nazionale Permanente per i Fertilizzanti

A. Benedetti	977	Attività dell'Osservatorio Nazionale Permanente per i Fertilizzanti Marzo 2000 - marzo 2001
A. Benedetti, S. Dell'Orco	979	Censimento dei concimi minerali CE
M. Adua	983	Attività del G.d.L. 2, "Monitoraggio"
M. Adua	987	L'immissione al consumo, per uso agricolo, dei fertilizzanti
S. Silva	1019	Attività del G.d.L. 3, "Qualità di Processi e Prodotti"
F. Tittarelli	1023	Attività del G.d.L. 4, "Biomasse"
C. Nigro	1025	Attività del G.d.L. 5, "Sostanze ed elementi indesiderati"
de Bertoldi	1029	Agenti patogeni nel compost
A. Benedetti	1035	Attività del G.d.L. 7, "Legislazione"
S. Canali	1037	Attività del G.d.L. 9, "Agricoltura biologica"
C. Ciavatta, P. Nannipieri	1039	Attività del G.d.L. 10, "Pubblicazioni scientifiche"
F. Alianiello	1057	Attività del G.d.L. 11, "Metodi di analisi"
P. Sequi	1061	Collegamento con altre società Internazionali
Indice Generale Volume 50 (2001)	I	
Indice degli Autori	IX	

Indice degli Autori

(in parentesi il numero del fascicolo;

(s)= numero speciale)

Abruzzesc A.	661 (3)	Cacco G.	115 (s);	Edwards A.C.	165 (s)
Adua M.	983 987 (4)	Calandra R.	641, 709 (3)	Egger E.	107, 141 (s)
Agnoli F.	709 (3)	Canali S.	13, 329 (s)	Esposito D.	759 (3)
Ajmonc Marsan F.	87 (s)	Capri E.	1037 (4)	Fantauzzi E.	673 (3)
Alianiello F.	73 (s); 1057 (4)	Carafa A.M.	747 (3)	Fantinato L.	273 (s)
Allievi L.	477 (2)	Carratù G.	733 (3)	Faraon F.	709 (3)
Amoriello M.	145 (1)	Castelli F.	733 (3)	Farini A.	485 (2)
Angelini R.	229 (s)	Castrignanò A.	131 (s)	Favilli F.	51 (1)
Angelonc M.	695 (3)	Cazzaniga R.	41 (s)	Felici B.	107, 341 (s)
Aprile G.G.	733 (3)	Cecchini M.	333 (s)	Fènes E.	313 (s)
Argesc E.	709 (3)	Celi L.	359 (s)	Ferrari A.	477 (2)
Aromolo R.	341, 359 (s)	Cenci R.M.	87 (s)	Ferrari F.	477 (2)
Aru A.	171, 461 (2)	Ceteroni L.	333 (s); 633 (3)	Ferraro V.	235 (2)
Baccella S.	791 (3)	Ciappelloni R.	215 (s)	Ferrazza P.	149 (s)
Badaluocco L.	115 (s)	Ciaravolo P.	13 (s)	Ferri D.	961 (4)
Baldaccini P.	289 (s)	Ciavatta C.	329 (s)	Fierotti G.	35, 87 (1)
Baranti L.	923 (4)	Cocucci M.	1039 (4)	Figliolia A.	107, 141, 149,
Barberis E.	87 (s)	Coli A.	661 (3)		215, 341 (s); 803 (3)
Barbero P.	333 (s)	Colica A.	203 (s); 947 (4)	Fornaro F.	41 (s)
Barbieri S.	81 (s)	Colombo C.	251 (s)	Fornaroli A.	747 (3)
Barclò J.	313 (s)	Condello M.	55 (s)	Forni C.	751, 777 (3)
Barocchio F.	73 (s)	Contillo R.	115 (s)	Foschi L.	909 (4)
Basile A.	23 (s)	Convertini G.	131 (s)	Francaviglia R.	7 (1);
Battistelli A.	723 (3)	Corsini F.	961 (4)		157, 359 (s)
Bazzoffi P.	239 (s)	Costa A.	349 (s)	Freppaz M.	165 (s)
Beccaloni E.	321 (s)	Costagliola P.	781 (3)	Fruggerio A.	823 (3)
Bcch J.	313 (s)	Costantini E.A.C.	349 (s)	Fusi P.	57 (1)
Benedetti A.	221 (s);		216 (s);	Galletti M.	673 (3)
	595, 791 (3);	Cozzolino S.	205 (2)	Gamba C.	131, 185 (s)
	977, 979, 1035 (4)	Crecchio C.	777 (3)	Gambale F.	661 (3)
Beni C.	141, 149, 341 (s)	Cremisini C.	641 (3)	Garlato A.	273 (s)
Benvenuti M.	349 (s)	Crippa L.	673 (3)	Gataleta L.	359 (s)
Beretta F.	739 (3)	D'Alberti F.	685 (3)	Gazzarra L.	281 (s)
Bergonzoni M.	333 (s)	D'Alessandro M.	333 (s)	Gelsomino A.	115 (s);
Bernardi A.	625 (3)	D'Ambrosio C. 149 (s);	333 (s)		641 (3)
Bernasconi M.G.	329 (s)	D'Antonio A.	739 (3)	Geronimi A.	333 (s)
Biasiol B.	65 (s)	D'Arcangelo M.E.M.	205 (2)	Gessa C.	45 (1)
Bini C.	349 (s)		107, 141 (s)	Giandon P.	273 (s)
Bonari E.	193 (s)	Danusio F.	251 (2)	Gianfreda L.	553, 809,
Bonazzi A.	301 (s)	Dapiaggi M.	333 (s)		815 (3)
Bonfante P.	831 (3)	Dazzi C.	189 (2)	Giannini M.	203 (s)
Bonifacio E.	65 (s)	de Agazio M.	823 (3)	Giardi M.T.	759 (3)
Borrello P.	321 (s)	de Bertoldi M.	885, 1029 (4)	Giardi P.	759 (3)
Boscacci F.	375 (2)	De Marco A.	149 (s); 739 (3)	Gigliotti C.	477, 485 (2);
Bozzo G.P.	273 (s)	De Mastro G.	93 (s)		685 (3)
Bragato G.	33 (s); 243 (2)	De Simone C.	149, 229,	Giovanardi R.	251 (2)
Brandi G.	173 (s)		739 (s)	Goldberg L.F.	29 (1)
Briccoli-Bati C.	229 (s)	Dclancy E.	709 (3)	Gonzales I.	313 (s)
Bruggianesi L.	81 (s)	Dell'Orco S.	979 (4)	Grego S.	591 (3)
Brusori B.	359 (s)	Dcluisa A.	81 (s)	Guaitoli F.	235 (2)
Busoni E.	251 (s); 173 (2)	Di Blasi N.	73 (1)	Iannelli M.A.	581 (3)
		Di Dio C.	141, 341 (s)	Indiati R.	215 (s)
		Diana G.	159 (1)	Insam H.	123, 221 (s)
		Dimasc A.C.	301 (s)	Iovino F.	301 (s)
		Donatelli M.	157 (s); 251 (2)	Jacomini C.	571 (3)
				Keller C.	11 (s)

Labruzzo M.	281 (s)	Pagliai M.	65 (1); 33 (s)	Sequi P.	5, 71, 77 (1);
Lacertosa G.	93, 101 (s);	Palma A.	101 (s)		167 (2); 1061 (4)
	937 (4)	Palumbo A.D.	893 (4)	Servadio P.	141 (s)
Laruccia N.	219 (2)	Pampana S.	203 (s)	Sgerri C.L.M.	649 (3)
Lattanzi P.	349 (s)	Panichi A.	173 (s)	Silva S.	1019 (4)
Leccese A.	329 (s)	Paolillo P.L.	167, 399 (2)	Silvestri N.	203 (s)
Leita L.	33, 123 (s)	Papini R.	173 (s)	Socciarelli S.	107 (s); 803 (3)
Lelli G.	549 (3)	Pellegrini S.	33, 185 (s)	Soldati P.	149 (s)
Leone A.P.	55 (s)	Peraboni C.	329 (2)	Sorgonà A.	709 (3)
Leva F.	333 (s)	Perciabosco M.	235 (2)	Spadafina L.	781 (3)
Loffredo G.	869 (4)	Pergalani F.	345 (2)	Spadoni M.	229 (s)
Lorenzoni E.	781 (3)	Perotto S.	831 (3)	Spallacci P.	131 (s)
Lorenzoni P.	229 (s)	Perri P.T.	845 (3)	Spano M.	289 (s)
Lucchini G.	661 (3)	Petruzzelli G.	603 (3)	Sprocati A.R.	673 (3)
Madrau S.	289 (s)	Pezzarossa B.	193 (s)	Stacul E.	321 (s)
Magnifico V.	893 (4)	Piazzi M.	219 (2)	Stöcle C.	157 (s)
Magoni M.	429 (2)	Piccaluga M.	87 (s)	Sulli L.	261 (s)
Maiorana M.	41 (s)	Picci G.	81 (1)	Tancioni L.	751 (3)
Mancini F.	67 (1); 9 (s)	Piccotino D.	193 (s)	Tanelli G.	349 (s)
Marchetti A.	157 (s)	Pietrini F.	581 (3)	Terribile F.	23, 55 (s)
Marchetti R.	131 (s)	Pinzari F.	221 (s); 791 (3)	Tesi D.	947 (4)
Marchiol L.	765 (3)	Piovanelli C.	173, 185 (s)	Tittarelli F.	221 (s);
Marsili A.	141 (s)	Pipino V.	101 (s)		791 853 (3); 1023 (4)
Martino E.	831 (3)	Pittaluga A.	311 (2)	Tonon L.	313 (s)
Mascaro I.	349 (s)	Pompili L.	791 (3)	Tortoreto G.	329 (s)
Massacci A.	581 (3)	Poschenrieder Ch.	313 (s)	Toscano P.	229 (s)
Matrassi R.	51 (1)	Presterà M.	921 (4)	Tramutoli M.	101 (s)
Matranga M.G.	235 (2)	Pruss K.	723 (3)	Treu M.C.	303, 441 (2)
Mazzoncini M.	193 (s);	Pumo A.	235 (2)	Trevisan M.	747 (3)
	947 (4)	Quartacci M.F.	649 (3)	Trinchera A.	875 (4)
Mccella G.	73 (1); 281 (2)	Quercia F.	603 (3)	Vacri M.R.	781 (3)
Meglioli E.	333 (s)	Ragazzi F.	273 (s)	Vanadia S.	937 (4)
Melo G.	23 (s)	Raglione M.	229 (s)	Vaselli O.	349 (s)
Menoni S.	345 (2)	Raimondi S.	281 (s)	Vianello G.	95 (1); 361 (2)
Merendino A.	937 (4)	Rca E.	823 (3)	Vignozzi N.	33 (s)
Miele S.	909 (4)	Righini G.	261 (s)	Vignozzi N.	185 (s)
Migliore L.	777 (3)	Risaliti R.	193, 203 (s);	Vinci I.	273 (s)
Mondini C.	123 (s)		947 (4)	Vitali F.	673 (3)
Montagna G.	173 (s)	Ristori G.G.	57 (1)	Vitturi A.	41 (1)
Montemurro F.	93 (s);	Rivetta A.	661 (3)	Williams B.L.	165 (s)
	937, 961 (4)	Rizzuto M.	759 (3)	Zaccheo P.	685 (3)
Montemurro N.	93, 101 (s)	Robertello A.	625 (3)	Zacchini M.	823 (3)
Morselli L.	359 (s)	Rossi G.	107 (s); 803 (3)	Zanini E.	65, 165 (s)
Mozzi P.	273 (s)	Rosso F.	923 (4)	Zanolla S.	81 (s)
Mulè P.	289 (s)	Rota E.	571 (3)	Zerbi G.	765 (3)
Musmeci L.	321 (s)	Sabelli S.	673 (3)	Zoccano V.	149 (s)
Nannipieri P.	91 (1);	Sacchi G.A.	661 (3)		
	1039 (4)	Saccomandi F.	553, 809 (3)		
Navari-Izzo F.	649 (3)	Sandri M.G.	307 (2)		
Nicolai M.A.	751 (3)	Sannino F.	815 (3)		
Nigro C.	61 (1); 1025 (4)	Santamaria P.	897 (4)		
Nocciolini S.	781 (3)	Santoni S.	65 (s)		
Olivieri P.	359 (s)	Scalenghe R.	165 (s)		
Owczarek M.	149 (s); 739 (3)	Scandella P.	73 (1); 281 (2)		
Pacc E.	759 (3)	Sebasti R.	281 (2)		
Paganotto A.	661 (3)	Segre L.	673 (3)		