



Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici

IMPIEGO DI FITOREGOLATORI IN AGRICOLTURA

Stagista Dr.ssa Rosati Marilena

Tutors Ing. Di Marco Giuseppe
Dr.ssa Vagaggini Daria

Febbraio 2004

INDICE

| | |
|--|----|
| Prefazione | |
| Abstract | |
| Riassunto | |
| Capitolo 1: INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO | 9 |
| Capitolo 2: METODOLOGIA | 12 |
| Capitolo 3: INQUADRAMENTO GENERALE | 13 |
| 3.1 Ormoni vegetali o fitoregolatori naturali | 13 |
| 3.1.1 Auxine. | 15 |
| 3.1.2 Gibberelline | 17 |
| 3.1.3 Citochine | 19 |
| 3.1.4 Acido abscissico ed altri inibitori | 22 |
| 3.1.5 Etilene | 23 |
| 3.2 Fitoregolatori esogeni | 26 |
| 3.2.1 Auxine | 27 |
| 3.2.2 Gibberelline | 29 |
| 3.2.3 Citochine. | 31 |
| 3.2.4 Inibitori | 32 |
| 3.2.5 Etilene | 34 |
| 3.3 Destino ambientale di alcuni fitoregolatori esogeni. | 36 |
| 3.3.1 Classe auxine | 37 |
| 3.3.2 Classe citochinine | 37 |
| 3.3.3 Classe inibitori | 37 |
| 3.3.4 Classe etilene | 38 |
| 3.3.5 Valutazione degli impatti ambientali | 39 |

| | | |
|--|--|----|
| 3.4 | NORMATIVA | 40 |
| 3.4.1 | Regolamentazione italiana ed europea per la commercializzazione di prodotti fitosanitari | 40 |
| 3.4.2 | Autorizzazione dei prodotti fitosanitari | 40 |
| 3.4.3 | Normativa sui residui | 42 |
| Capitolo 4: ANALISI DEI DATI | | 43 |
| 4.1 | Principi attivi autorizzati | 43 |
| 4.2 | Dati ISTAT | 44 |
| 4.2.1 | Consumi regionali e provinciali | 45 |
| Capitolo 5 IMPOSTAZIONE E VALIDAZIONE DEL QUESTIONARIO | | 48 |
| Capitolo 6: CONCLUSIONI | | 50 |
| ALLEGATO A | | |
| BIBLIOGRAFIA | | |

PREFAZIONE

Il presente lavoro, svolto presso il settore Studi e Valutazioni dell'APAT, affronta sotto diversi punti di vista la problematica dell'utilizzo di fitoregolatori in agricoltura e nelle pratiche floro-vivaistiche. L'interesse per questo argomento nasce dal crescente consumo a livello nazionale ed internazionale di queste sostanze, che hanno come effetto il miglioramento chimico delle colture finalizzato all'incremento delle vendite, ma sulle quali esistono ancora pochi studi in merito alla diffusione e al comportamento nelle matrici ambientali.

Lo studio presenta una panoramica approfondita sulla natura e sugli effetti dei fitoregolatori, naturali ed esogeni, specificando le tipologie produttive maggiormente soggette a questi trattamenti. Riporta, inoltre, dati relativi ai quantitativi distribuiti nel Lazio e nella provincia di Roma, confrontandoli con i più diffusi e conosciuti prodotti fitosanitari, diserbanti ed insetticidi.

In prospettiva di voler proseguire il lavoro con un'indagine "puntiforme" presso attività floro-vivaistiche, la conclusione dell'elaborato propone un questionario, opportunamente validato, che sarà strumento necessario per la quantificazione dei consumi e dei carichi che, allo stato attuale, interessano l'ambiente.

Ing. Di Marco

Dr.ssa Vagaggini

ABSTRACT

The aim of this work is to investigate the phenomenon of the utilization of growth regulator, both in agriculture and in floriculture. So far, this problem has been barely investigated. Among the phyto-sanitary products, growth regulator, in spite of being widely used, are the least studied substances, especially from the environmental impact point of view. This is due to both the recent employment and the scarce available data on the utilized amounts.

The term “growth regulator” includes both vegetal hormones, also called natural growth regulator or phyto-hormones, and exogenous growth regulator, also called phyto-regulators. The former are naturally present in plants, the latter are artificially supplied and, in general, synthesized in laboratory. The utilization of these substances is essentially related to the chemical control of the plants’ growth, finalized to the improvement of the production.

The first part of this work provides a framework of the various growth regulator classes (auxins, gibberellins, cytokinins, abscisic acid, inhibitors, ethylene, productive-ethylene, promoting-ethylene and regulator-ethylene), both natural and exogenous. It also specifies, in both cases, the effects of these substances on the physiology of the plants. In particular, it specifies the effects which are finalized to increasing the agricultural and floricultural yield (for example, produce the roots, avoid the fruit fall, reduce the plant’s dimension). The chemical characteristics of the classes are described, and, for some of them, their ecological path is investigated. Available data (1999-2001), provided by ISTAT, shows that the national market of growth regulator represents a little percentage of the market of phyto-sanitary substances. Moreover, in 2001 a slight decrease of sales is observed in Lazio region and in the province of Rome.

In the last part of the work, an interview has been carried out at “Vivai Torsanlorenzo”, aimed to the validation of a questionnaire which, in the future, will be used also in other commercial activities, in order to understand the real utilization of growth regulator in floriculture. It has been observed the products

that reduce the plant's dimension and produce the roots, by liquid, powder and nebulized supply, are the most widely used products on all species. Also, the frequency of the treatments depends of the growth cycle of the different species.

According to the available data, both from the literature and from the field, a situation emerges which needs to be further investigated. This is because of the widespread utilization of these products and the lack of information on their dispersion in the different environmental matrices and the possible alterations at the ecosystem level.

ABSTRACT

Lo scopo del lavoro è di approfondire la conoscenza sul fenomeno, ancora poco investigato, dell'utilizzo dei fitoregolatori sia in agricoltura che nel floro-vivaismo. All'interno dei prodotti fitosanitari i fitoregolatori sono sostanze, che seppur molto utilizzate, presentano il minor numero di studi soprattutto a livello di impatto ambientale; ciò è dovuto sia al loro recente impiego che agli scarsi dati disponibili sui quantitativi utilizzati.

Il termine "fitoregolatori" include sia gli ormoni vegetali, chiamati anche fitoregolatori naturali o fitormoni, sia i fitoregolatori esogeni o regolatori di crescita. I primi sono naturalmente presenti nelle piante mentre i secondi vengono somministrati artificialmente e, generalmente, sintetizzati in laboratorio. L'utilizzo da parte dell'uomo di dette sostanze è essenzialmente legato al controllo chimico dello sviluppo delle piante, finalizzato al miglioramento delle produzioni.

La prima parte del lavoro inquadra le classi di fitoregolatori (auxine, gibberelline, citochinine, acido abscissico, inibitori, etilene, etilen-produttori, etilen-promotori, ed etilen-regolatori), naturali ed esogeni, specificando in entrambi i casi gli effetti di queste sostanze sulla fisiologia delle piante, sottolineando in particolare anche quegli effetti finalizzati al maggior rendimento delle produzioni agricole e vivaistiche (es. radicanti, anti-cascolanti, brachizzanti). Tutte le classi vengono inoltre descritte nelle loro caratteristiche chimiche e, per alcune sostanze in particolare, è stato specificato il destino ambientale. La raccolta dei dati (1999-2001), forniti dall'ISTAT, indica che il mercato nazionale dei fitoregolatori rappresenta una piccola percentuale del mercato dei fitosanitari e una leggera flessione nelle vendite è individuabile nel 2001 nel Lazio e nella provincia di Roma.

Nell'ultima parte del lavoro è stata condotta un'intervista presso i "Vivai Torsanlorenzo", finalizzata a validare un questionario che in futuro sarà sottoposto ad altre attività commerciali per capire il reale utilizzo dei fitoregolatori in ambito floro-vivaistico. E' emerso come i brachizzanti e

radicanti siano i prodotti maggiormente utilizzati praticamente su tutte le specie, con somministrazione liquida, in polvere e mediante nebulizzazione, mentre la frequenza dei trattamenti è funzione del ciclo di sviluppo delle singole specie.

Dai dati a disposizione sia in letteratura che sul campo emerge un quadro che in futuro necessiterà di ulteriori approfondimenti, visto l'uso ormai ubiquitario di questi prodotti e la carenza di informazioni sulla loro dispersione nelle diverse matrici ambientali e sulle possibili alterazioni a livello ecosistemico.

CAPITOLO 1

INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO

L'impiego dei fitoregolatori in agricoltura, ovvero l'introduzione della tecnica del controllo chimico dello sviluppo delle piante, è una pratica relativamente recente. La storia dell'utilizzazione di queste sostanze è legata a quella della scoperta e identificazione degli ormoni naturali, ma in un certo senso da essa si è poi in parte separata con la constatazione di effetti agronomicamente utili esercitati da composti sintetici non presenti in natura, che costituiscono oggi la maggioranza dei fitoregolatori.

I primi fitoregolatori a trovare applicabilità in agricoltura, tra gli anni '30 e '40, furono le auxine, in particolare l'acido 1-naftilacetico o NAA con la sua ammidina (NAD), e l'acido indolbutirrico (IBA). L'uso di queste sostanze contribuì a risolvere importanti problemi in ambito agricolo e floro-vivaistico come quelli della cascola pre-raccolta negli alberi da frutto, della radicazione delle talee di diverse specie ornamentali, della allegagione in serra di piante orticole, incrementando le produzioni e gli introiti economici da esse derivati.

La commercializzazione con diversi marchi dei fitoregolatori iniziò negli U.S.A. dal 1950, in quello stesso anno fu osservato l'effetto antigermogliante su cipolla dell'idrazide maleica, il primo inibitore che abbia avuto un diffuso impiego pratico su alcune specie. Verso la fine dello stesso periodo iniziò la verifica dell'applicabilità dell'acido gibberellico, che fu la prima e praticamente la sola gibberellina ad avere impiego in agricoltura fino al 1970. Successivamente, con la scoperta delle citochinine e la sintesi di alcune di esse, iniziò la sperimentazione di una miscela di gibberelline A₄ e A₇ e di una citochinina che terminò con la commercializzazione di un formulato (Promalin), per impiego su melo. Gli anni '70 sono invece quelli dell'introduzione commerciale di molti fitoregolatori, anzitutto gli etilen-produttori (ethephon).¹

L'interesse attuale per l'impiego dei fitoregolatori in agricoltura è in maggioranza connesso allo sfruttamento delle opportunità di mercato ed alla

¹ Schiaparelli *et al.*, 1995. Fitoregolatori in agricoltura, p. 177-227.

riduzione dei costi di produzione. Queste finalità da una parte rendono estremamente utili certe applicazioni, dall'altra conferiscono al mercato dei fitoregolatori un'espansione dei consumi con una variabilità degli stessi in dipendenza del progresso tecnico e delle condizioni di mercato che caratterizzano i vari settori agricoli. I fitoregolatori attualmente trovano uno svariato utilizzo nel settore floro-vivaistico e nel settore frutticolo in quanto presentano molteplici possibilità applicative. Gli impieghi più rilevanti sono su specie estesamente coltivate come cereali e cotone, che garantiscono elevati consumi, oppure su quelle specie a maggior reddito come tabacchi, fruttiferi ed orticole, che possono sopportare i prezzi relativamente alti dei formulati. Esistono in commercio numerosi principi attivi, miscele di più principi attivi e vari formulati commerciali distribuiti da numerose aziende, quindi c'è un settore di ricerca sempre attivo che ruota intorno a queste sostanze e si prefigge lo scopo di sintetizzare nuove molecole che abbiano un'efficace attività biologica e determinate caratteristiche tossicologico-ambientali.

Nonostante l'espansione dei consumi a livello mondiale per queste sostanze rimangono però dei vuoti di conoscenza. Il destino e la persistenza ambientale dei fitoregolatori, ad esempio, sono problematiche non ancora adeguatamente investigate infatti, tra i numerosi prodotti che trovano applicabilità in tutti settori dell'agricoltura solo per pochi di essi è noto l'impatto sulle matrici ambientali. Un altro problema degno di nota è la scarsità di dati relativa ai reali quantitativi che vengono somministrati alle diverse colture, tale questione nasce, ad esempio, dalla difficoltà di stimare il dato quando le somministrazioni sono di tipo puntiforme (es. nelle pratiche floro-vivaistiche).

Lo scopo del presente lavoro/studio è quello di investigare sotto molteplici aspetti il fenomeno dell'utilizzo dei fitoregolatori in agricoltura ed in particolare nel settore floro-vivaistico. In primo luogo viene presentata una sintesi, derivante da consultazione bibliografica delle caratteristiche di queste sostanze con i relativi effetti della loro applicazione su specie vegetali ad uso commerciale. Seguono informazioni, lì dove disponibili, sul destino ambientale e sul l'impatto di dette sostanze sulle matrici acqua/aria/suolo ed un inquadramento sulla

normativa che regola il loro commercio e la richiesta di autorizzazioni per l'uso. La seconda parte dell'elaborato riporta i dati ISTAT, relativi agli anni 1999-2001, di distribuzione all'uso dei fitoregolatori, elaborati mediante grafici che fotografano la situazione attuale nella Regione Lazio, con particolare riguardo alla provincia di Roma.

In ultimo si è provveduto alla formulazione e validazione di un questionario da sottoporre nell'immediato futuro, a gestori o consorzi di attività floro-vivaistiche, al fine di approfondire la spinosa questione dei consumi nei diversi settori produttivi. La validazione è stata fatta mediante intervista ai "Vivai Torsanlorenzo" situato in provincia di Roma e stimato come il consorzio più grande d'Europa. Oltre ai dati sul vivaio, e' riportato, a conclusione di questa fase, il format ottimale del questionario che verrà sottoposto nel proseguio della ricerca ed altre attività produttive per ricavare dati esaustivi in merito al reale utilizzo dei fitoregolatori nel floro-vivaismo e, in una fase successiva, l'indagine sarà estesa anche al settore agricolo.

CAPITOLO 2

METODOLOGIA

La sintesi relativa alle caratteristiche dei fitoregolatori, comprensiva della descrizione delle classi, dei principi attivi, delle modalità di azione, degli effetti fisiologici sui vegetali, deriva dalla consultazione bibliografica di varie fonti, opportunamente citate in seguito e reperite presso la biblioteca del Dipartimento di Biologia Vegetale dell'Università "La Sapienza" di Roma, la casa editrice "Edizioni Agricole" ed alcuni siti internet.

I dati ISTAT utilizzati per la stima della distribuzione dei fitoregolatori sono disponibili on line al sito www.istat.it ed alcuni dettagli sono stati forniti dal Dott. Adua del Servizio Agricoltura dell'ISTAT.

La lista dei prodotti e dei principi attivi autorizzati sono on line nel sito del Ministero della Salute, con le relative imprese produttrici e le scadenze autorizzative. Tutti i dati raccolti sono stati elaborati mediante grafici, che stimano quantità assolute e abbondanze relative.

Il questionario (Allegato A), contenente una serie di domande atte a quantificare le tipologie produttive ed i consumi di fitoregolatori, è stato strutturato sulla base di format utilizzati per la stima dei quantitativi somministrati in agricoltura di altri prodotti fitosanitari, quali diserbanti e insetticidi. La validazione è avvenuta mediante intervista diretta.

CAPITOLO 3

INQUADRAMENTO GENERALE

3.1 Ormoni vegetali o fitoregolatori naturali

Il termine “fitoregolatori” include sia gli ormoni vegetali, chiamati anche fitoregolatori naturali o fitormoni, sia i fitoregolatori esogeni o regolatori di crescita. I primi sono naturalmente presenti nelle piante mentre i secondi vengono somministrati artificialmente e, generalmente, sintetizzati in laboratorio. A prescindere però dalla loro origine tali sostanze hanno una funzione mediatrice nella comunicazione intercellulare nelle piante superiori, rivestendo un ruolo fondamentale nella fisiologia vegetale.

La prima definizione di ormone vegetale risale al 1948, quando solo l'acido 3-indolacetico (comunemente chiamato auxina) era stato scoperto, Thimann e Pincus affermarono che un ormone delle piante superiore è una sostanza organica prodotta naturalmente, che controlla la crescita ed altre funzioni fisiologiche in luoghi lontani da quello di produzione ed è attiva in piccolissime concentrazioni. Tale definizione era costruita sull'assunto che fosse l'auxina l'unico ormone naturale e che questa fosse responsabile della crescita delle cellule.

Ricerche più recenti hanno individuato altre sostanze, prodotte dalle piante, caratterizzate da attività ormonale; attualmente è accettata la suddivisione degli ormoni vegetali in cinque classi: auxine, gibberelline, citochinine, acido abscissico e altri inibitori, etilene.

Tale classificazione è basata sull'attitudine delle diverse sostanze a produrre particolari effetti in specifici test chiamati biosaggi. In altre parole, una certa sostanza è inserita in una data classe allorché in alcuni specifici tests determina risposte del tutto peculiari.

Alla luce delle recenti scoperte nell'ambito della fisiologia vegetale, il quadro sulla regolazione ormonale delle piante potrebbe essere così sinteticamente riassunto:

- la caratteristica comune a tutti gli ormoni vegetali è quella di essere sostanze naturali in grado di influenzare, a concentrazioni ridotte (molto inferiori

a quelle a cui agiscono vitamine e nutrienti), i processi fisiologici come crescita, differenziazione e sviluppo;

- l'azione regolatrice esplicata dagli ormoni nella morfogenesi può essere diretta e/o indiretta ; quest'ultima si esplica nell'ambito dei fenomeni correlativi ed è legata alla capacità che gli ormoni hanno di influenzare la traslocazione delle sostanze nutritive e l'efficienza metabolica di tessuti ed organi;
- la loro azione è accompagnata da una modificazione qualitativa e/o quantitativa dell'attività del genoma e di conseguenza del corredo proteico della cellula;
- la biosintesi degli ormoni si realizza preferenzialmente in alcuni siti rispetto ad altri, pur non esistendo nelle piante tessuti o organi specializzati per questa funzione. Spesso più ormoni sono presenti in uno stesso sito e l'effetto fisiologico è il risultato della loro interazione;
- gli ormoni, o i loro precursori, vengono trasportati nella pianta per vie diverse, ma possono agire anche nello stesso tessuto o cellula ove sono stati sintetizzati;
- gli ormoni non sono gli unici fattori della regolazione, ma interagiscono con gli stimoli ambientali nel regolare diversi fenomeni fisiologici e nel controllare lo sviluppo della pianta;
- gli ormoni si legano ad uno o più recettori specifici presenti nella cellula ed il complesso ormone-recettore può:
 - i. stimolare direttamente la risposta;
 - ii. migrare nel nucleo e interagire con il DNA modificando così direttamente o indirettamente il processo di trascrizione di specifici geni;
 - iii. agire indirettamente attraverso un intermediario chiamato secondo messaggero, cioè una sostanza che all'interno della cellula trasmette il segnale portato dall'ormone; si innesca così una sequenza di reazioni secondarie che porta alla comparsa dell'effetto fisiologico finale.²

² Schiaparelli *et al.*, 1995. Fitoregolatori in agricoltura, pp. 28-35.

Nei prossimi paragrafi saranno descritte in dettaglio le cinque classi di ormoni vegetali, ponendo una particolare attenzione agli effetti che tali sostanze svolgono nella pianta.

3.1.1. Auxine

Il termine “auxina” viene generalmente usato per identificare quelle sostanze chimiche, sia naturali che sintetiche, in grado di stimolare la crescita delle piante per allungamento del fusto.

La prima auxina ad essere identificata nel 1934 è stato l'acido 3-indolacetico (IAA) (fig. 1), sostanza in grado di influenzare la crescita delle piante in relazione ad effetti fototropici.

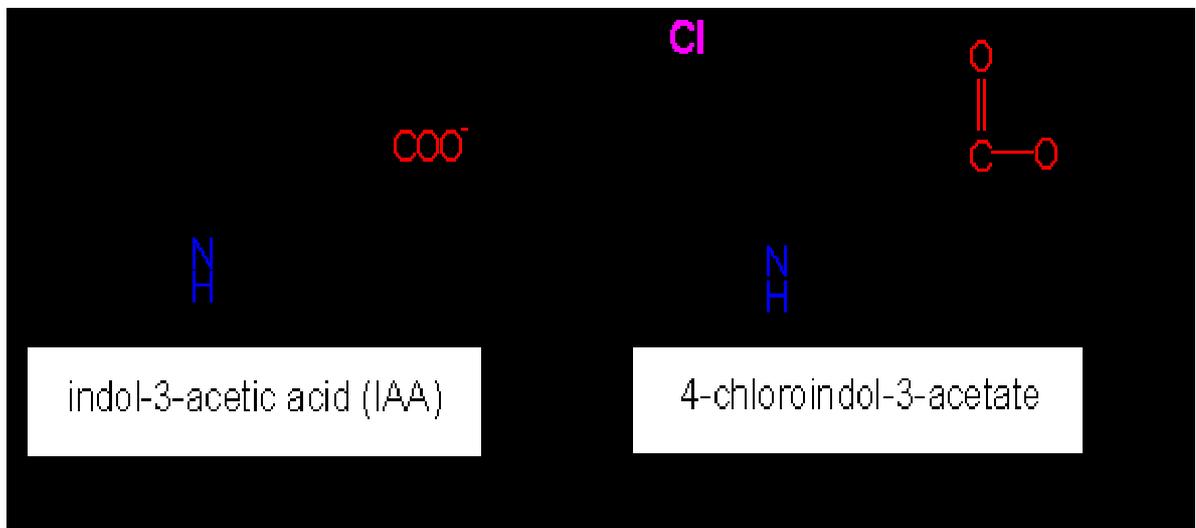


Fig. 1: Struttura chimica di alcune auxine

La biosintesi dell'IAA nella pianta è associata ai siti di rapida divisione cellulare, come i meristemi apicali dei germogli, le giovani foglie e i frutti in via di sviluppo, anche le foglie mature e gli apici radicali possono essere siti di produzione della sostanza ma qui le concentrazioni sono di solito più basse.

L'IAA esercita una vasta gamma di effetti sull'accrescimento e sulla morfogenesi vegetale:

- stimolazione della distensione cellulare in fusti e coleptili, la concentrazione ottimale per l'accrescimento per distensione è tipicamente da 10^{-5} a 10^{-6} m;

- aumento dell'estendibilità della parete cellulare nei coleoptili e nei giovani fusti in via di sviluppo;
- regolazione dell'accrescimento delle radici e nelle foglie;
- influenza sui tropismi, cioè miglioramento degli effetti della luce e della gravità sull'accrescimento vegetale;
- inibizione della crescita delle gemme laterali;
- aumento della crescita radicale (utilizzate in agricoltura per la propagazione di piante per talea);
- inibizione della caduta delle foglie, dei fiori e dei frutti dalle piante con ritardo dei primi stadi di abscissione fogliare e promozione di quelli successivi;
- regolazione dello sviluppo dei frutti.

La varietà delle sostanze ad azione auxinica è notevole, le principali sono rappresentate da derivati dell'IAA, che in maggioranza possono essere considerati precursori della sintesi dell'IAA, come cloroauxine e glucobrassicine. L'IAA, è stato trovato in un numero ristretto di piante; mentre per molte specie vegetali si hanno evidenze di attività auxinica dovute proprio a molecole derivate dall'IAA, che producono i medesimi effetti di quest'ultimo.³

Le ricerche iniziate da Koepeli *et al.* (1938)⁴ e attualmente in continua evoluzione hanno permesso di definire, in generale, i requisiti perché un composto possieda attività auxinica:

- a) una struttura ciclica con almeno un doppio legame, i composti attivi sono quelli appartenenti alla serie indolica, benzenica, naftalenica e antracena. Anche il numero dei doppi legami è importante, in quanto progressive idrogenazioni possono ridurre l'attività auxinica. La sostituzione nell'anello degli atomi di idrogeno con altri atomi o gruppi di essi influisce grandemente sull'attività, ad esempio i composti alogeno sostituiti sono più attivi dell'IAA;

³ www.minerva.unito.it

⁴ Koepfli *et al.*, 1938. Phytohormones: structure and physiological activity. I J. Biol. Chem., 122, 763-780.

- b) una catena laterale, in cui è presente un gruppo carbossilico o un gruppo facilmente trasformabile in carbossilico, posta vicino al doppio legame;
- c) una particolare configurazione spaziale, che permette un attacco specifico dell'ormone alla molecola recettrice.

3.1.2. Gibberelline

Lo studio di una malattia del riso provocata dal fungo *Gibberella fujikuroi* consentì la scoperta di una nuova classe di ormoni: le gibberelline. La malattia colpiva le giovani piantine provocando un allungamento abnorme dello stelo e alcuni ricercatori giapponesi nel 1926 osservarono che il filtrato di coltura del fungo, applicato alle piante sane, causava lo stesso effetto del patogeno. Si concluse che il fungo produceva una sostanza responsabile dell'allungamento.

Negli anni successivi gli scienziati giapponesi approfondirono gli studi sulla sostanza prodotta dal fungo, così da pervenire all'isolamento di due composti denominati gibberellina A e gibberellina B.⁵

Attualmente le gibberelline sono una famiglia di composti rappresentata da oltre 80 molecole, definite dalla loro struttura chimica. Esse sono dei composti terpenoidi costituiti da unità isopreniche che derivano dalla via dell'acido mevalonico e sono responsabili come effetto principale dell'altezza della pianta: il fusto di una pianta alta contiene più gibberelline biologicamente attive del fusto di una pianta nana. Si tratta di un gruppo di ormoni la cui sintesi e concentrazione sono sotto controllo genetico.

Le gibberelline sono presenti in tutto il regno vegetale ed in ogni organo della pianta (la concentrazione, estremamente bassa, è all'ordine di 1-10 ppm), in forma libera o legate con glucidi o proteine a basso peso molecolare.⁶

Organi particolarmente ricchi di gibberelline sono gli apici vegetativi, le foglie, i fiori e i semi (embrioni ed endosperma); questi ultimi, mentre sono in formazione, presentano i livelli di gibberelline in assoluto più elevati, ma il significato di questa sovrapproduzione non è chiaro

⁵ Schiaparelli *et al.* 1995, Fitoregolatori in agricoltura, pp. 57-59.

⁶ www.minerva.unito.it

Le gibberelline influenzano sia la divisione cellulare, sia la distensione, ma intervengono in questo secondo processo in modo diverso rispetto all'auxina. In generale la presenza delle gibberelline è associata ad un'intensa attività di crescita; nel fenomeno del lussoreggiamento degli ibridi, al maggiore sviluppo e vigoria della pianta corrisponde un più elevato contenuto di gibberelline endogene.

Due sono gli aspetti da considerare per includere una sostanza nella classe delle gibberelline: struttura chimica e attività biologica nei tests. Tutte posseggono la struttura a quattro anelli del gibbane (diterpene composto da 4 unità di isoprene), ma si differenziano per il numero di atomi di carbonio (19 o 20), per la presenza, o meno, di un doppio legame e per numero o posizione dei gruppi OH e COOH (fig 2).

A queste limitate differenze di struttura chimica corrispondono però profonde diversità di comportamento fisiologico; valutato con biosaggi specifici, vi sono composti aventi la struttura del gibbane ma inattivi nei test.

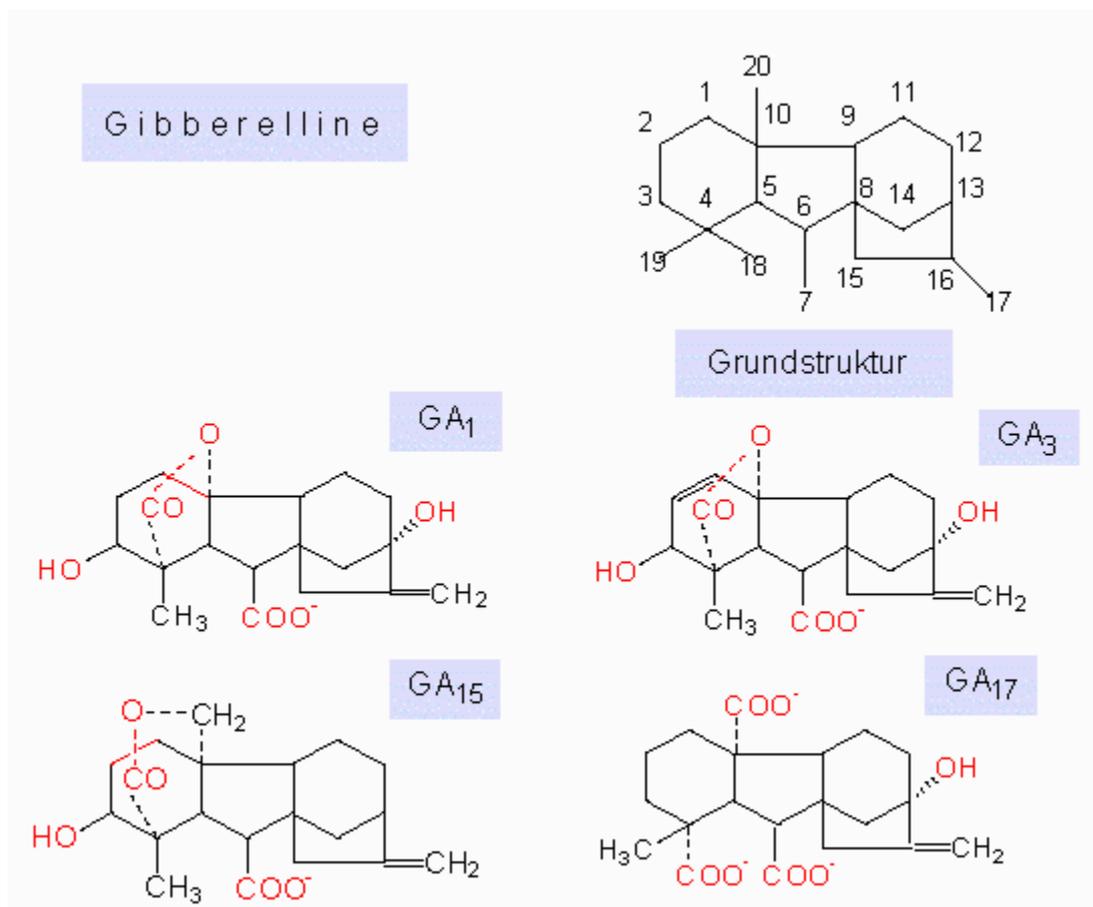


Fig. 2. Formule chimiche di alcune gibberelline.

Le gibberelline attive sono soprattutto quelle a 19 atomi di carbonio, mentre quelle a 20 atomi di carbonio possono diventarlo attraverso la conversione nelle prime.

I biosaggi utilizzati mettono in evidenza la capacità delle gibberelline di stimolare l'allungamento dello stelo e la biosintesi di alfa amilasi nell'endosperma di orzo, quest'ultimo test è specifico per le gibberelline.⁷

3.1.3. Citochinine

La prima citochinina fu isolata nello sperma di aringa nel 1955 da Miller e collaboratori. Tale sostanza fu definita chinetina data la sua capacità di promuovere la citochinesi. Contemporaneamente a Miller, Letham (1963)⁸ pubblicò un articolo sulla zeatina come fattore di induzione della divisione cellulare ed in seguito ne descrisse le proprietà chimiche. Da quel momento, sono state isolate molte altre citochinine naturali, esse sono ubiquitarie nel mondo vegetale.

Attualmente le citochinine identificate in tessuti vegetali sono più di 30 anche se alcune sono presenti solo in poche specie; l'attività biologica è tra loro molto diversa.⁹

Le citochinine naturali costituiscono un gruppo chimicamente omogeneo, sono infatti composti adeninici sostituiti, contraddistinti dalla presenza dell'adenina, che porta legata al gruppo amminico in posizione 6 una catena laterale isoprenoide o contenente un sistema ad anello di varia struttura (fig. 3).

⁷ Schiaparelli *et al.*, 1995. Fitoregolatori in agricoltura, pp. 60-62.

⁸ Letham, D. S., 1963. Zeatin a factor inducing cell division isolated from zeamays. *Life Sci*, 2: 569-573.

⁹ Taiz Geiger, 1996. Fisiologia vegetale. Piccin, Padova.

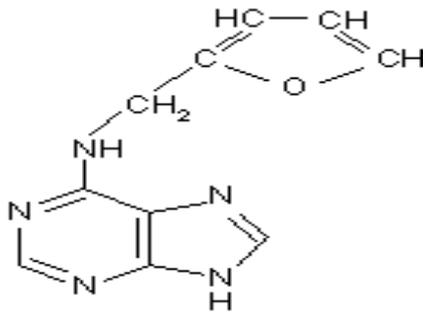


Fig. 3. Formula chimica di una citochinina: chinetina.

L'intensità del loro effetto fisiologico aumenta con il numero degli atomi di carbonio della catena laterale; se la catena laterale contiene invece un sistema ad anello, allora la sua lunghezza ottimale, cui corrisponde la massima attività fisiologica, è di uno o due atomi di carbonio.¹⁰

Nell'intera pianta i meristemi apicali delle radici sono i siti principali di sintesi delle citochinine libere, mentre un altro sito di biosintesi sono gli embrioni.

Le citochinine innescano la proliferazione cellulare in tessuti che contengono una concentrazione ottimale di IAA. Entrambi gli ormoni partecipano alla regolazione del ciclo cellulare, l'IAA regola gli eventi che portano alla replicazione del DNA, mentre le citochinine regolano gli eventi che portano alla mitosi.

E' stata evidenziata la partecipazione delle citochinine nel controllo di molti fenomeni e processi fisiologici:

- divisione e distensione cellulare;
- germinazione dei semi;
- morfogenesi ed espressione sessuale dei fiori;
- maturazione dei frutti (effetto ritardante);
- differenziazione cellulare;
- dominanza apicale (stimolano lo sviluppo delle gemme laterali);
rapporti elevati citochinine/auxine favoriscono lo sviluppo delle gemme, mentre rapporti bassi favoriscono la dominanza apicale;

¹⁰ Schiaparelli *et al.*, 1995. Fitoregolatori in agricoltura, pp. 71.

- stimolazione dello sviluppo dei cloroplasti;
- fotosintesi;
- apertura degli stomi;
- stimolazione della sintesi della clorofilla;
- agiscono come fattori di ringiovanimento e ritardano l'ingiallimento delle foglie (ritardano la senescenza);
- aumento nell'assorbimento dei nutrienti.

Per rilevare l'attività citochinica si ricorre spesso ai biosaggi. Tra i più utilizzati vi sono quelli basati sull'induzione della divisione cellulare; l'attività in questo tipo di test è considerata requisito essenziale perché una sostanza possa essere classificata come citochinina.¹¹

3.1.4. Acido abscissico ed altri inibitori

L'acido abscissico fu identificato e caratterizzato nel 1963 da Frederick Addicott e suoi collaboratori durante uno studio sulle sostanze responsabili dell'abscissione dei frutti nella pianta del cotone. Furono isolate due sostanze e chiamate abscissina I e abscissina II, quest'ultima è attualmente denominata acido abscissico (ABA), sostanza ubiquitaria nelle piante vascolari.¹²

Nel 1984 Milborrow osservò che l'ABA si trova all'interno della pianta, in ogni organo principale o tessuto vivente, dall'apice della radice a quello del germoglio. Esso è sintetizzato praticamente in tutte le cellule che contengono cloroplasti o amiloplasti.

Per quanto riguarda la struttura chimica, l'ABA è un sesquiterpene (15 atomi di carbonio) ed è pertanto costituito da 3 unità isoprenoiche. I 15 atomi di carbonio sono configurati ad anello alifatico con un doppio legame, due gruppi metilici e una catena insatura che termina con un gruppo carbossilico (fig. 4).

¹¹ www.minrva.unito.it

¹² Addicott *et al.*, 1968. Abscisic acid: A new name for abscisin II. *Science* 159:1493.

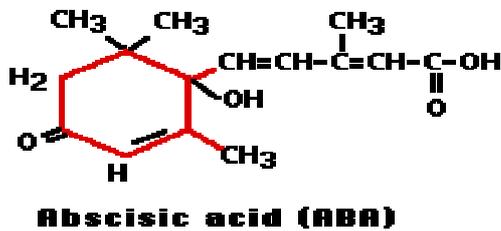


Fig. 4 Formula chimica dell'acido abscissico

Studi sui requisiti strutturali, perché l'ABA abbia un'attività biologica, hanno dimostrato che qualsiasi cambiamento della molecola porta alla perdita di attività.

Le risposte fisiologiche dell'ABA nelle piante superiori sono:

- dormienza delle gemme. Nelle piante legnose la dormienza è, nei climi freddi, un'importante caratteristica adattativa; quando durante l'inverno un albero è sottoposto a temperature molto basse protegge i suoi meristemi con le perule e interrompe temporaneamente l'accrescimento della gemma. L'ABA è l'ormone in grado di indurre la dormienza;
- dormienza dei semi. L'accrescimento delle pianticelle indotto dall'auxina viene inibito dall'ABA, che per questo motivo viene definito come ormone inibitore della crescita;
- stress e chiusura degli stomi. L'ABA è molto efficace nel causare la chiusura negli stomi ed il suo accumulo in foglie sotto stress idrico gioca un ruolo importante nella riduzione nella perdita dell'acqua dovuta alla traspirazione;
- abscissione e senescenza. Tramite la sua promozione sulla senescenza, può indirettamente aumentare la formazione di etilene e stimolare l'abscissione fogliare.

Altri inibitori naturali sono gruppi di sostanze di diversa natura chimica, come fenoli, terpeni, lattoni e flavonoidi. Nella maggioranza dei casi agiscono da

antagonisti verso auxine, gibberelline e citochinine contrastandone l'azione o intervenendo sul loro metabolismo.¹³

3.1.5. Etilene

Nel 1901 Nelljubow scoprì che una sostanza era responsabile della cosiddetta “risposta tripla”, particelle di pisello cresciute al buio in laboratorio mostravano un allungamento ridotto del fusto, un aumento dell'accrescimento laterale ed un accrescimento orizzontale anormale. Nel 1934 Gane identificò chimicamente questa sostanza, denominata etilene, come un prodotto naturale del metabolismo vegetale, solo nel 1959 Burg e Thimann riconobbero il significato fisiologico dell'etilene come ormone vegetale responsabile di diversi effetti sulle piante.¹⁴

L'etilene è l'olefina più semplice e in condizioni fisiologiche è più leggero dell'aria. E' infiammabile e va facilmente incontro a ossidazioni: può essere ossidato ad ossido di etilene e l'ossido di etilene può essere idrolizzato a glicole etilenico. Nella maggior parte dei tessuti l'etilene può essere completamente ossidato ad anidride carbonica. Esso viene facilmente liberato dal tessuto e si diffonde nella fase gassosa che attraversa gli spazi intercellulari fuoriuscendo dal tessuto.

L'etilene è un ormone biologicamente attivo a concentrazioni bassissime. Le più alte produzioni di etilene avvengono in tessuti senescenti o in frutti in via di maturazione, ma tutti gli organi delle piante superiori sono in grado di sintetizzarlo. Con poche eccezioni, tutti i tessuti non senescenti che vengono lesi, o disturbati meccanicamente, aumentano di numerose volte nell'arco di 25-30 minuti la loro produzione di etilene; in seguito le concentrazioni di etilene ritornano a valori normali.

Il precursore dell'etilene è l'acido 1-amminociclopropan-1-carbossilico (ACC), quest'ultimo in condizioni anaerobiche si accumula nel tessuto e esposto all'ossigeno produce etilene. I fattori di controllo della sintesi dell'etilene sono

¹³ www.minerva.unito.it

¹⁴ Taiz e Zeiger, 1996. Fisiologia vegetale, Piccin, Padova.

essenzialmente le condizioni ambientali avverse a livello di ossigeno, temperatura e luce; infatti è stato osservato che le piante sottoposte a stress causati da eccessi termici, da carenza idrica, da ferite e da eccessi idrici aumentano la produzione di etilene. L'attività dell'etilene aumenta all'aumentare della concentrazione di ossigeno e diminuisce man mano che l'ambiente si satura di anidride carbonica. In una cella se si satura l'ambiente di anidride carbonica si inibisce la respirazione e si ritarda la maturazione. In condizioni di eccesso idrico del terreno, le radici, trovandosi in ambiente anaerobico, sintetizzano ACC che viene trasportato attraverso lo xilema, alla parte aerea, dove viene convertito aerobicamente ad etilene. Se le condizioni di anaerobiosi persistono, nella parte aerea si genera un accumulo di etilene che provoca epinastia dei piccioli, (curvatura delle foglie verso il basso, che avviene quando la parte superiore del picciolo cresce più velocemente di quella inferiore) e, in certi casi, l'inibizione dell'allungamento degli organi ed in particolare dei cauli.

In condizioni di carenza di ossigeno (concentrazione di ossigeno minore del 2%), l'etilene prodotto è in grado di stimolare la formazione di radici laterali o avventizie, ma se l'eccesso idrico si prolunga fino a ridurre la concentrazione di ossigeno a valori bassissimi, la produzione di etilene può essere eccessiva ed inibire la crescita delle radici.

L'etilene causa molti effetti su organi differenti di varie specie vegetali ed in particolare:

- accelera la maturazione dei frutti;
- regola il processo di abscissione;
- induce, insieme ad alte concentrazioni di auxina, l'epinastia
- promuove la germinazione dei semi.¹⁵

¹⁵ www.minerva.unito.it

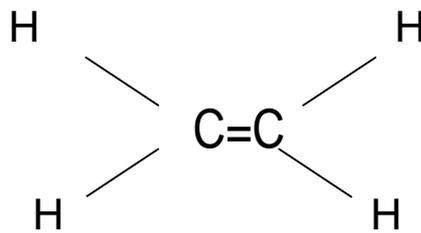


Fig. 5. Formula chimica dell'etilene.

3.2 Fitoregolatori esogeni

I fitoregolatori esogeni sono composti chimici, di natura organica preparati in laboratorio ed impiegati sulle piante al fine di stimolare, inibire o ritardare i processi fisiologici, questi composti hanno una struttura chimica molto simile o identica ai fitoregolatori prodotti naturalmente dalla pianta. Secondo la loro diversa origine possiamo trovare:

- ❖ ormoni naturali, ottenuti da tessuti vegetali per estrazione o da colture di funghi;
- ❖ ormoni di sintesi, prodotti identici ai naturali ma ottenuti per sintesi in laboratorio;
- ❖ regolatori di crescita sintetici, sostanze artificiali senza analoghi in natura.

In base alle risposte nei biosaggi, i regolatori di crescita possono venire distinti in: auxine, gibberelline, citochinine, inibitori, etilen-produttori, etilen-promotori, ed etilen-regolatori.¹⁶

Per impiegare i fitoregolatori esogeni nella coltivazione delle piante bisogna tener presente che agiscono a bassissime concentrazioni e possono causare fitotossicità.

I fitoregolatori esogeni interagiscono con quelli endogeni accrescendone la dotazione naturale, direttamente quando vengono somministrati sotto forma di composto di sintesi simile a quello naturale, oppure, indirettamente quando si

¹⁶ Schiaparelli *et al.*,1995.Fitoregolatori in agricoltura, pp. 37-40.

somministra un composto che penetra nella pianta e poi attraverso un'idrolisi enzimatica fornisce un composto ormone-simile. Possono interferire sulla sintesi ormonale favorendola od ostacolandola, direttamente agendo nel luogo di sintesi, oppure, indirettamente reagendo con i precursori fisiologici. Un altro metodo di azione consiste nella reazione tra fitoregolatore endogeno ed esogeno, che legandosi tra loro formano un complesso inattivo, impedendo così all'ormone naturale di esplicare la sua funzione. Infine i composti di sintesi possono agire sulla demolizione degli ormoni naturali, ritardandola determinando un anomalo accumulo, oppure accelerandola impedendone l'azione.¹⁷

3.2.1 Auxine

Le auxine esogene sono composti che vanno ad interagire e interferire sulle auxine naturali (IAA). Attraverso una comparazione strutturale tra l'auxina naturale e i composti di sintesi, si nota che, anche se varia la molecola nel suo complesso, i siti catalitici sono stereochimicamente gli stessi e questa caratteristica permette ai composti esogeni di sostituire l'ormone endogeno nei diversi processi fisiologici. I fitoregolatori esogeni auxini-simili sono, nel loro complesso, stimolanti di molti processi fisiologici, soprattutto quelli di crescita.¹⁸

Tra i composti auxini-simili di sintesi i più comuni sono: acido 1-naftilacetico o NAA, acido 3-indolbutirrico o IBA, acido 2,4-diclorofenossiacetico o 2,4-D. Questi composti essendo più stabili dell'IAA, in quanto non attaccabili dall'IAA-ossidasi, vengono largamente impiegati in agricoltura infatti l'IAA (ottenibile per estrazione o per sintesi) viene usato prevalentemente in laboratorio, essendo l'impiego difficile per la sua labilità agli agenti fisici e chimici.¹⁹

Il NAA influisce sulla fisiologia vegetale in modo analogo alle auxine naturali e viene utilizzato in diversi formulati. I settori di impiego delle auxine di sintesi sono molti. Il NAA stimola la divisione e la distensione cellulare ed influenza in particolare alcuni processi di differenziazione come la radicazione;

¹⁷ www.sssup.it

¹⁸ www.sssup.it

¹⁹ Schiaparelli *et al.*, 1995. Fitoregolatori in agricoltura, pp. 101-109.

nella propagazione per talea di numerose specie floricole ed ornamentali l'uso dei radicanti è ormai entrato nella pratica corrente, ad integrazione di altre tecniche quali il riscaldamento basale e la nebulizzazione. Con essi è possibile sia ridurre i tempi di radicazione, con notevoli vantaggi economici, sia stimolare il fenomeno su specie e varietà difficili. Oltre all'NAA per tale scopo viene impiegato l'IBA, soprattutto su piante ornamentali.²⁰

Un'altra importante azione del NAA è la partenocarpia, si tratta in pratica dello sviluppo di frutti (es. melo) da ovari non fecondati. In questi casi il NAA induce, nelle pomacee, la produzione dei frutti come se questi fossero stati fecondati e quindi si possono avere produzioni normali o aumentate anche in condizioni avverse di impollinazione. Un effetto più generale sulle piante, dato dal NAA, si ha sulle foglie che sviluppano una maggiore superficie e la fotosintesi clorofilliana viene incrementata, con un conseguente aumento di produzione di sostanze nutritive, aumento della crescita e maggiore sviluppo sia delle piante che della produzione di fiori.²¹ Inoltre il NAA viene impiegato anche come fitoregolatore spollonante, numerose specie arboree (nocciolo, vite, melo) sviluppano alla base del tronco o lungo il fusto dei pollini, che oltre ad indebolire la pianta sono un rischio per essa, quale via di assorbimento di diserbanti sistemici somministrati nelle vicinanze. Per la loro rimozione sono spesso richiesti più passaggi naturali o meccanici, per altro non sempre eseguiti dall'azienda per ragioni organizzative. In alternativa è possibile utilizzare fitoregolatori a base di NAA.

I fruttiferi presentano spesso per cause naturali la manifestazione della caduta anticipata dei frutti ormai arrivati a maturazione. Questo fenomeno chiamato abscissione è determinato dall'ABA e si verifica tutte le volte che la quantità di auxine si abbassa. La cascola naturale pre-raccolta, in certe varietà di melo e pero, porta ad un non trascurabile danno economico. Per prevenirla e bloccarla vengono utilizzati gli anticasca a base di auxine come il NAA e 2-4D. Questi fitoregolatori incrementano la riproduzione cellulare nella zona di

²⁰ Schiaparelli *et al.*, 1995. Fitoregolatori in agricoltura, pp. 177-215.

²¹ www.agrisonline.it

distacco del picciolo, impedendo così la differenziazione del tessuto di separazione, che causa il distacco del frutto dalla pianta. Tuttavia queste sostanze hanno come effetto collaterale quello di stimolare la maturazione dei frutti, con conseguente riduzione della conservabilità, ciò ha sempre frenato l'impiego di questi fitoregolatori, ma il problema è stato risolto recentemente con una maggiore attenzione sulle dosi usate ed un trattamento scaglionato nel tempo.

Il 2-4D viene impiegato come anticasciolante su agrumi., pesco e melo, su quest'ultima specie riduce l'incidenza delle spaccature dei frutti nelle varietà sensibili.

L'esigenza di migliorare lo standard qualitativo e di limitare il fenomeno dell'alternanza di produzione, in particolare sul melo "Golden Delicious", ha portato all'ampio uso dei diradanti.²² Il programma di diradamento chimico del melo seguito nelle principali aree frutticole, prevede preferibilmente l'intervento precoce con NAD o, in alternativa l'impiego successivo con NAA per piante difficili da diradare o con condizioni climatiche sfavorevoli al diradamento.²³

3.2.2 Gibberelline

L'unica fonte di approvvigionamento delle gibberelline è rappresentata dai filtrati di coltura dei funghi *Gibberella fujikuroi* e *Sphaceloma manihoticola* posti a fermentare su appropriati substrati.

L'estrazione dalla piante superiori è più difficile, perché il quantitativo è più basso ed inoltre sono più complesse le fasi di purificazione e di concentrazione. L'estrazione dei filtrati di coltura del fungo è ugualmente un procedimento costoso, che influisce sul prezzo finale del prodotto.²⁴

Gli effetti più marcati dell'applicazione, in ambito agricolo-vivaistico, delle gibberelline sono:

- allungamento del fusto in piante nane;
- allungamento dello stelo florale in piante longidiurne, alcune piante assumono una forma a rosetta durante giorni brevi e si innalzano e

²² Schiaparelli *et al.*, 1995. Fitoregolatori in agricoltura, pp.177-227.

²³ www.asprofrut.com

²⁴ Schiaparelli *et al.*, 1995. Fitoregolatori in agricoltura, pp 110-117.

fioriscono solo durante i giorni lunghi. La somministrazione delle gibberelline causa l'allungamento dello stelo in piante sottoposte a giorni brevi;

- modificazione della giovinezza, molte piante perenni legnose non fioriscono fino a quando non hanno raggiunto un determinato stadio di maturità e l'applicazione delle gibberelline può regolare questa giovinezza;
- fruttificazione e accrescimento del fiore;
- induzione della germinazione del seme.

Le applicazioni commerciali più importanti di queste sostanze sono nella gestione delle coltivazioni da frutto, nella produzione di malto e orzo e nell'allungamento della canna da zucchero, con un risultante aumento della resa in zucchero. L'impiego delle gibberelline nel settore frutticolo permette di aumentare la grandezza dell'uva priva di semi. Applicate sui frutti degli agrumi ritardano la senescenza, così i frutti possono rimanere sull'albero più a lungo in modo tale da estendere il periodo commerciale. Le gibberelline aumentano la produzione di malto a seguito dell'incremento di alfa amilasi.

Tra le gibberelline più conosciute l'acido gibberellico o GA₃ rappresenta la principale gibberellina utilizzata in agricoltura, di più recente ritrovamento sono le gibberelline GA₄ e GA₇. Gli effetti del GA₃ sulle diverse specie sono molteplici; uno dei più evidenti è l'allungamento degli organi: agirebbe a livello del meristema subapicale attraverso lo stimolo della distensione e della divisione cellulare permettendo il superamento della fase a rosetta in varie specie, come ad esempio la lattuga. E' possibile con GA₃ sostituire in tutto o in parte la vernalizzazione di certi semi, bulbi, rizomi, piante da fiore²⁵ ed inoltre l'applicazione di questa sostanza permette di ottenere una maggiore allegagione nel pero, nel ciliegio e nella fragola (aumenta il numero dei fiori per pianta, anticipa la fioritura ed allunga il peduncolo florale).²⁶ Nella lattuga da seme anticipa l'emissione dello scapo florale, anticipa e migliora la fioritura in

²⁵ www.minerva.unito.it

²⁶ www.agrisonline.it

floricoltura, interrompe la dormienza dei semi. Su carciofo è diffuso l'impiego dell'acido gibberellico, di cui viene sfruttato l'effetto per stimolare la produzione e l'emissione anticipata dei capolini. Su azalea il GA₃ stimola la fioritura, in sostituzione parziale o totale della vernalizzazione.

GA₇ e GA₄ invece vengono usati in miscele ed i loro effetti sono molteplici. Nel melo stimolano l'allungamento dei frutti, riducono le rugginosità dei frutti nella varietà "Golden Delicious" e riducono la spaccatura dei frutti. La miscela delle stesse gibberelline con un citochinine è utilizzata per conferire ai frutti "Golden Delicious" e "Delicious rosse" quella forma tronco conica allungata. Questa miscela è diffusa in tutte quelle zone dove spesso la forma dei frutti non raggiunge quella tipica dello standard varietale, maggiormente gradita al consumatore. Nel pero stimolano l'allegagione, la partenocarpia e riducono le rugginosità dei frutti.²⁷

3.2.3. Citochinine

Pochissime sono le citochinine attualmente oggetto di pratica applicazione in agricoltura. Esse risultano impiegate, normalmente in miscele con altri regolatori (auxine, gibberelline), nelle colture in vitro e in frutticoltura. Un limite alla loro diffusione è rappresentato dall'elevato costo.

Le citochinine esogene e le miscele più utilizzate sono 6-benzylaminopurine (BAP o BA), PBA, Thiourea, forchlorfenuron, BAP + GA₄₋₇, Idrogeno cianamide, miscela di citochinine, in prevalenza zeatina-simili, estratta da alghe marine.

I settori in cui vengono utilizzate queste sostanze sono: diradamento, allegagione, fruttificazione e fioritura. Gli effetti sono molteplici:

- interruzione della dominanza apicale in specie ornamentali, alberi da frutto e conifere;
- interruzione della dormienza;
- diradamento dei frutti nel pesco;

²⁷ Schiaparelli *et al.*, 1995. Fitoregolatori in agricoltura, pp. 110-117, 177-228.

- ritardo della senescenza in ortaggi da foglia, con aumento della conservabilità post-raccolta (lattuga, asparago, cavolo, sedano);
- stimolo dell'allegagione in specie orticole e nel fico, melo e pero;
- stimolo dell'allegagione in pomacee e drupacee con gibberelline e auxine;
- riduzione delle rugginosità nelle mele "Golden Delicious".

Un particolare impiego del Promalin, formulato commerciale di BAP+GA_{4,7}, è quello nei vivai, dove il suo impiego è finalizzato alla stimolazione dell'emissione i rami anticipati negli astoni di certe varietà di melo che hanno scarsa attitudine al rivestimento, in sostituzione della spuntatura manuale. Il fitoregolatore opera una cimatura chimica con conseguente interruzione della dominanza apicale e sviluppo di ramificazioni laterali.

L'impiego dell'idrogeno cianamide trova applicazione nel settore della frutticoltura, dove viene usato per interrompere la dormienza delle gemme con conseguente precoce ed uniforme germogliamento nel melo, pesco, ciliegio, albicocco, pistacchio e lampone.²⁸

3.2.4 Inibitori

L'acido abscissico, ottenibile per fermentazione o per sintesi, ha dimostrato una scarsa capacità di controllo dei fenomeni con trattamento in campo. La risposta delle diverse specie è molto variabile ed in genere sono necessari trattamenti ripetuti perché l'effetto è di breve durata. L'ormone è infatti instabile ai raggi UV e quando è applicato esogenamente si muove lentamente nella pianta verso i tessuti in cui deve agire e nello stesso tempo viene lentamente metabolizzato. Infine va tenuto presente il suo costo molto elevato dovuto alla complessità della sintesi. Per questi motivi è escluso quindi l'interesse pratico per gli inibitori naturali.

Nell'ambito degli inibitori artificiali si presenta la suddivisione tra soppressori e ritardanti di crescita. Per soppressori si intendono quelle sostanze che distruggono, con azione caustica, il meristema apicale. L'effetto comporta

²⁸ Schiaparelli *et al.*, 1995. Fitoregolatori in agricoltura pp. 118-124, 177-228.
www.pacifici-net.it

l'interruzione permanente della dominanza apicale, con conseguente sviluppo di germogli laterali. Tra questi troviamo gli esteri metilici di acidi grassi e gli alcoli grassi. I primi sarebbero i veri cimanti chimici che trovano impiego su alberi da frutto e ornamentali in sostituzione della cimatura manuale, mentre i secondi sono usati nel controllo dei germogli ascellari nel tabacco che si sviluppano in seguito all'operazione di cimatura. Per ritardanti di crescita si intendono invece quelle sostanze che inibiscono temporaneamente l'attività del meristema apicale e subapicale, da cui dipende l'allungamento del fusto e dei germogli. A questo gruppo sono riferibili i brachizzanti o nanizzanti (TIBA, idrazide maleica, tecnazene, chlorpropham o CIPC, SADH, CCC, DPC, ecc.). L'interesse per un contenimento dello sviluppo e quindi delle dimensioni delle piante, senza alterazioni nella loro struttura, è sentito sia in floricoltura che in frutticoltura. Queste esigenze possono venire soddisfatte dai ritardanti di crescita la cui azione peculiare è di rallentare l'allungamento del fusto inibendo la divisione e la distensione cellulare del meristema subapicale, o di quello intercalare nelle graminacee. I brachizzanti trovano impiego principalmente su cereali, sul pero, sul pomodoro e sulle piante da fiore. Tra le specie arboree la più trattata con il CCC (Cloruro di clorocolina) è il pero, l'utilizzo può avvenire nei giovani impianti, per favorire l'entrata in produzione, oppure in piante adulte che in determinate situazioni colturali presentano un eccessivo vigore vegetativo ed alternanza di produzione. Saltuariamente vengono trattate con CCC anche certe varietà di vite da vino, se eccessivamente vigorose; tra gli effetti positivi si può osservare una riduzione della colatura. In orticoltura solo il pomodoro viene trattato con il CCC; sul pomodoro da industria l'uso del nanizzante trova giustificazione su coltivazioni vigorose, con abbondante massa fogliare, per ridurre il rischio di una scolarità di maturazione, deleteria sia per la raccolta manuale sia per quella meccanica. Anche la coltura dell'orzo sembra potersi avvantaggiare dell'uso dei brachizzanti (miscela di CCC con ethephon), in quanto su molte varietà si ottiene un abbassamento della taglia ed una riduzione dell'allettamento con conseguente incremento produttivo. Nei tuberi di patata per

prevenire il germogliamento dei tuberi in magazzino prima della commercializzazione sono usati i formulati a base di profam e clorprofam.

L'impiego dei ritardanti di crescita trova applicazione su tutte le varietà di tabacco, che sottoposte a cimatura devono essere trattate con antigermoglianti per impedire che all'ascella delle foglie si sviluppino dei succhioni, causa di cali quantitativi e qualitativi della resa, e di ostacolo alla raccolta meccanica..²⁹

3.2.5. Etilene

L'etilene, poiché promuove molti processi fisiologici è uno degli ormoni vegetali più ampiamente utilizzati in agricoltura. Le applicazioni commerciali dell'etilene riguardano l'accelerazione della maturazione dei frutti di mela e pomodoro ed il viraggio della colorazione verde degli agrumi. Inoltre, l'etilene sincronizza la fioritura e la formazione dei frutti dell'ananas e accelera l'abscissione dei fiori e dei frutti. Nel cotone, nel ciliegio e nel noce la sua applicazione rende possibile ottenere l'allungamento dei frutti e la loro caduta.

Viene anche utilizzato per promuovere l'espressione sessuale femminile nel cocomero, per prevenire l'autoimpollinazione, per aumentare la resa e per inibire l'accrescimento terminale di alcune piante, promovendo invece l'accrescimento laterale e portando la pianta a fioritura compatta.

Le strategie di stoccaggio, sviluppate per inibire la produzione di etilene e per promuovere la conservazione dei frutti sono basate sul controllo dell'atmosfera a basse concentrazioni di ossigeno e delle basse temperature, che inibiscono la biosintesi dell'etilene..³⁰

L'importanza pratica dei processi controllati con questo ormone, ha stimolato la ricerca di sostanze regolatrici in grado di liberarlo all'interno dei tessuti e di riprodurre gli effetti, sono questi gli etilen-produttori (ethephon, etacelasil). L'ethephon viene comunemente utilizzato sul pomodoro da industria, questo fitoregolatore, aumentando la contemporaneità di maturazione dei frutti, incrementa l'efficienza della macchina; inoltre scaglionando nel tempo i

²⁹ Schiaparelli *et al.*, 1995. Fitoregolatori in agricoltura, pp. 125-151, 177-228.

³⁰ www.minerva.unito.it

trattamenti, rappresenta uno strumento che, insieme agli altri (semine differenziate, ecc.), permette la pianificazione delle raccolte in accordo con i programmi dell'industria conserviera. Un altro impiego dell'ethephon è quello sul melo (Golden Delicious e Delicious rosse) per ottenere in particolari situazioni di mercato, anticipo di maturazione e aumento del colore dei frutti. L'etacelasil viene invece impiegato come cascolante dell'olivo, in abbinamento sia a scuotitori o vibratori sia alla raccolta su reti, in questo modo si ha una riduzione dei costi di raccolta delle olive.

Vi sono altri regolatori che non hanno una relazione diretta con l'etilene, ma che reagiscono liberando l'ormone, tali sostanze si definiscono etilen-promotori (DNOC, cycloheximide, tribufos, merphos, endothal dimethipin). Altre sostanze partecipano invece alla sintesi dell'etilene, inibendola o stimolandola, si parla di etilen-regolatori. L'interesse per tali sostanze è quello di poter inibire certe azioni dell'etilene ed in particolare quelle indesiderate, ad esempio l'abscissione delle foglie, causata dall'ormone prodotto in risposta a condizioni di stress o gli effetti sulla senescenza e sulla maturazione dei frutti in post-raccolta.

Alcuni autori correlano la cascola di giugno dei frutticini nel melo e nel pero ad un aumento del livello endogeno di etilene trovando conferma dall'osservazione che l'applicazione di etilen-inibitori (AgNO_3 , AVG) dopo la piena fioritura, ad esempio nel melo e nel pero, riduce l'entità del fenomeno, aumentando così l'allegagione.

Gli etilen-inibitori trovano impiego pratico nella conservazione dei fiori recisi, in quanto rallentano i fenomeni di senescenza; uno dei più usati è il tiosolfato di argento o STS.³¹

3.3 Destino ambientale di alcuni fitoregolatori esogeni

L'utilizzo dei fitoregolatori in agricoltura può costituire un rischio per l'ambiente, considerando che queste sostanze hanno la capacità di diffondere in fase liquida, solida e gassosa. L'affinità per un determinato comparto (atmosfera,

³¹ Schiaparelli *et al.*, 1995. Fitoregolatori in agricoltura, pp.152-164, 177-228.

suolo, acque superficiali, acque sotterranee) dipende dalle caratteristiche chimico-fisiche della sostanza e del mezzo in cui essa si disperde. Il destino ambientale dei fitoregolatori è una problematica non ancora adeguatamente investigata, solo per alcune di queste sostanze è nota la tipologia di diffusione delle diverse matrici ambientali e gli effetti sugli organismi viventi, rilevati attraverso l'utilizzo di tests tossicologici.

Per meglio comprendere questi fenomeni occorre però capire in primo luogo le leggi che regolano il movimento di queste sostanze nell'ambiente e quali caratteristiche chimico-fisiche devono essere considerate per individuare il destino ambientale e i possibili effetti sugli ecosistemi. Sono elencati di seguito i parametri più importanti generalmente considerati nell'analisi del rischio ambientale associato all'utilizzo dei fitoregolatori³²:

1. Degradazione e persistenza
2. Volatilità e solubilità (Costante di Henry)
3. Adsorbimento (Koc)
4. Bioaccumulo (Kow, BCF)

Dalle ricerche effettuate sono emerse informazioni sulle sostanze di seguito elencate.

3.3.1 Classe auxine: NAA o acido alfa-naftalenacetico

Destino terrestre: il NAA non subisce idrolisi nel suolo, ma può subire fotolisi sulla superficie del suolo. Il Koc suggerisce che ha una medio-bassa mobilità nel suolo.

Destino acquatico: non subisce idrolisi nell'ambiente acquatico, ma è soggetto a fotolisi. Il Koc suggerisce che parte del NAA è ripartito tra la colonna d'acqua e la sostanza organica e parte viene assorbito dai sedimenti. La costante di Henry indica una scarsa volatilità della sostanza.

Destino atmosferico: il NAA nell'atmosfera è presente in fase vapore e in una fase particolata. Subisce fotolisi con conseguente formazione di radicali idrossilici, il tempo di dimezzamento di tale reazione è di 9 ore.

³² ANPA, 1998. L'impatto ambientale dei prodotti fitosanitari. Documenti 4.pp.182

3.3.2 Classe citochinine: cianamide o idrogeno cianamide

Destino terrestre: il Koc indica che la cianamide ha una scarsa mobilità nel suolo, mentre la costante di Henry è indicativa di una scarsa volatilità della sostanza.

Destino acquatico: la cianamide non viene assorbita dai sedimenti acquatici, è poco volatile e la sua concentrazione negli organismi acquatici è bassa.

Destino atmosferico: esiste unicamente nella fase vapore e questa fase viene degradata nell'atmosfera mediante fotolisi. I prodotti della fotolisi sono i radicali idrossilici ed il tempo di dimezzamento della reazione è di circa 19 ore.

3.3.3 Classe inibitori:

1. chlorpropham o 3-clorofenilcarbammato (CIPC)

Destino terrestre: l'idrolisi enzimatica è il processo attraverso il quale si ha la perdita del CIPC nel suolo, mentre la perdita per fotolisi è irrilevante. Il tempo di dimezzamento del CIPC dipende dalla natura del suolo e delle condizioni climatiche e va dai 30 ai 65 giorni.

Destino acquatico: la biodegradazione è irrilevante in ambienti limpidi, ma se la popolazione batterica è presente con una densità superiore a 10^8 organismi il CIPC viene degradato. In corpi d'acqua limpidi il CIPC va incontro a fotolisi ed il tempo di dimezzamento della reazione è di 121 giorni. E' poco volatile e scarsamente concentrato negli organismi acquatici.

Destino atmosferico: è presente nell'atmosfera in fase vapore ed in fase particolata. Subisce fotolisi con conseguente formazione di radicali idrossilici, il tempo di dimezzamento della reazione è di 5 ore.

2. Cycocel (formulato in commercio del cloruro di clorocolina o CCC)

Destino terrestre: viene rapidamente degradato in seguito ad attività enzimatica, senza conseguenze sulla micro-macrofauna del suolo. Viene assorbito in suoli ricchi di sostanza organica, minerali e suoli argillosi.

Destino acquatico: in questo ambiente va incontro a processi di biodegradazione e assorbimento. Il Cycocel è rapidamente ed altamente assorbito dai sedimenti, dal materiale in sospensione e dai minerali argillosi. L'assorbimento da parte dei sedimenti non sembra ridurre la biodegradazione al contrario dell'assorbimento da parte dei sedimenti argillosi. La riduzione di biomassa e di altri nutrienti determina la riduzione della biodegradazione. La concentrazione negli organismi acquatici non è consistente.

Destino atmosferico: è presente nell'atmosfera nella fase vapore ed in forma particolata. La fase vapore subisce fotolisi con conseguente formazione di radicali idrossilici, il tempo di dimezzamento della reazione è di circa 12 ore.³³

3.3.4. Classe etilene: Ethephon

Destino ambientale: ha un tempo di persistenza nell'ambiente molto basso. La dissipazione dell'Ethephon è dovuta alla degradazione microbiologica e all'idrolisi chimica. Ha una media-bassa mobilità nel suolo ed ha un basso coefficiente ottanolo/acqua, pertanto, non si accumula nei tessuti grassi dei pesci e di organismi viventi.

Effetti ecologici: studi condotti sulla dieta di alcuni volatili, ratti e pesci dimostrano che l'Ethephon non è tossico.³⁴

3.3.5 Valutazione degli impatti ambientali

Dai dati sopra citati le sostanze fitoregolatrici prese in considerazione presentano generalmente nei confronti delle diverse matrici ambientali una scarsa mobilità, una scarsa volatilità ed un tempo di dimezzamento di poche ore. Quest'ultima informazione e la mancanza di bioaccumulo all'interno degli organismi rende ipotizzabile un modesto impatto sugli equilibri naturali, ma è necessario tener presente che per scongiurare un pericolo ambientale occorre anche prendere in considerazione le dosi con cui queste sostanze vengono utilizzate. Un uso massiccio può comunque creare delle alterazioni nelle matrici

³³ www.toxnet.it

www.fitogest.it

³⁴ www.epa.it

in cui avviene la dispersione e attualmente dati sulle dosi di principi attivi somministrati e sulla loro effettiva dispersione nell'ambiente sono difficilmente reperibili.

Un'altra considerazione di notevole rilevanza è che la maggior parte dei fitoregolatori utilizzati in agricoltura e nelle pratiche floro-vivaistiche sono sostanze di sintesi che non hanno analoghi in natura e quindi non vengono "riconosciuti" dall'ambiente e di conseguenza difficilmente possono essere integrati nei normali cicli naturali. Eventuali composti intermedi, derivanti per altro dalla degradazione di tali sostanze, potrebbero avere degli effetti tossici ancora non opportunamente investigati.

3.4. NORMATIVA

3.4.1. Regolamentazione italiana ed europea per la commercializzazione dei prodotti fitosanitari

L'omologazione europea è stata definita dalla direttiva del Consiglio della Comunità europea n. 91/414 del 15/07/91, relativa all'immissione in commercio dei prodotti fitosanitari. Con il decreto legislativo n.194 del 17 marzo 1995, relativo all'attuazione della direttiva 91/414, è stato introdotto il termine prodotti fitosanitari per identificare le sostanze attive ed i preparati contenenti una o più sostanze attive, presentate nella forma in cui sono fornite all'utilizzatore e destinati a:

1. proteggere i vegetali o i prodotti vegetali da tutti gli organismi nocivi o a prevenirne gli effetti;
2. favorire o regolare i processi vitali dei vegetali, con esclusione dei fertilizzanti;
3. conservare i prodotti vegetali, con esclusione dei conservanti disciplinati da particolari disposizioni;
4. eliminare le piante indesiderate;

5. eliminare parti di vegetali, frenare o evitare un loro indesiderato accrescimento.

I fitosanitari vengono suddivisi in più classi funzionali:

- Insetticidi;
- Fungicidi;
- Erbicidi;
- Vari.

I fitoregolatori rientrano nella classe Vari.

3.4.2. Autorizzazione dei prodotti fitosanitari

Secondo il decreto legislativo n. 194 del 17 marzo 1995, i prodotti fitosanitari possono essere messi in commercio ed utilizzati solo se sono stati autorizzati dal Ministero della Salute ed è vietata la produzione di prodotti fitosanitari non autorizzati. Un prodotto fitosanitario può essere autorizzato solo se le sostanze attive in esso contenute, accettate a livello comunitario in base alle loro proprietà tossicologiche ed ecologiche, sono iscritte nella lista positiva comunitaria o allegato I. L'iscrizione delle sostanze nell'allegato I deve avvenire secondo una procedura comune ed è concessa per un periodo iniziale non superiore ai 10 anni, rinnovabile una o più volte previo riesame della documentazione. E' in pratica il concetto di revisione periodica dei principi attivi, in base all'evoluzione delle conoscenze scientifiche, tecnologiche e tossicologiche ed al reale impiego nel tempo del prodotto in agricoltura.

Il prodotto fitosanitario può essere autorizzato da uno Stato membro soltanto se:

- a. le sue sostanze attive sono elencate nell'allegato I;
- b. è accertato e dimostrato dalla valutazione del fascicolo conforme all'allegato III, che il prodotto fitosanitario è efficace, non ha effetti inaccettabili sui vegetali e sui prodotti vegetali, non provoca sofferenze e dolori inaccettabili ai vertebrati da combattere, non ha effetti nocivi sulla salute dell'uomo e degli animali, non ha influssi inaccettabili sull'ambiente per quanto riguarda il suo destino;

- c. i suoi residui, provenienti da un impiego autorizzato, possono essere determinati con metodi adeguati, di uso corrente;
- d. lo stato membro fissa i limiti massimi provvisori di residui.

In deroga al punto a. il Ministero della Sanità può rilasciare autorizzazioni provvisorie all'immissione in commercio di un prodotto fitosanitario, contenente una sostanza attiva non iscritta nell'allegato I e non in commercio alla data 26 luglio 1993, sempre che la documentazione presentata sia conforme ai requisiti comunitari.

I fitoregolatori non sono attualmente presenti nell'allegato I però 252 formulati sono autorizzati dal Ministero della Salute (capitolo 4) in quanto hanno avuto l'autorizzazione precedentemente al 26 luglio 2003, data ultima per la richiesta di dette autorizzazioni.

3.4.3. Normativa sui residui

In Italia l'elenco delle quantità massime di residui delle sostanze attive tollerate nei prodotti destinati all'alimentazione è stato emanato con il decreto ministeriale del 19 maggio 2000, "Limiti massimi di residui di sostanze attive dei prodotti fitosanitari tollerati nei prodotti destinati all'alimentazione". Esso riporta tutti i composti ammessi all'impiego agricolo, con l'indicazione delle colture sulle quali è consentito l'utilizzo, e i tempi di sospensione da osservare tra il trattamento e la raccolta o l'immissione al consumo per le derrate immagazzinate.

Alcuni fitoregolatori sono inseriti in questa lista con i residui massimi (R.M.A.) ammissibili specifici per alcune specie vegetali. (tab. 1).

Tab. 1. Residuo massimo ammesso (in mg/Kg) e intervallo di sicurezza (in giorni) stabiliti in Italia per i fitoregolatori.

| Sostanza attiva | Colture autorizzate | R.M.A. (mg/kg) | I.S.(g.g.) |
|------------------------|----------------------------|-----------------------|-------------------|
| NAA | melo, pero, pesco | 0,1 | 7 |
| NAA | olivo | 0,01 | 24 |
| GA3 | melo, pero, fragola, | 2 | 20 |
| | carciofo, patata | 2 | 20 |
| GA3 | agrumi, ciliegio, vite, | 0,2 | 20 |
| | zucchino, pomodoro | 0,2 | 20 |
| CIPC e/o IPC | patata | 0,5 | 30 |
| Ethephon | pesco | 0,5 | 60 |
| Ethephon | pomodoro | 3 | 10 |
| Ethephon | vite da tavola | 3 | 40 |
| Idrazine maleica | cipolla | 10 | * |

CAPITOLO 4

ANALISI DEI DATI

4.1 Principi attivi autorizzati

I dati messi a disposizione dal Ministero della Salute riguardano tutti i prodotti commerciali autorizzati ad azione fitoregolatrice, ognuno con il proprio nome commerciale, data di registrazione, data della scadenza di autorizzazione e quantitativo (g/l) dei principi attivi in essi contenuti.

Le imprese produttrici di fitoregolatori sono 74, mentre i prodotti autorizzati 252, di questi 28 hanno la scadenza dell'autorizzazione nel 2004, 28 nel 2005; dopodiché si può notare una diminuzione del numero di scadenze autorizzative dei prodotti commerciali fino al 2010, anno in cui scadrà l'autorizzazione nuovamente per 28 prodotti (fig.6).

Analizzando invece il numero e la classe di appartenenza dei principi attivi, presenti nei formulati commerciali autorizzati, è emerso che la classe dei fitoregolatori maggiormente presente nei prodotti messi in commercio è rappresentata dalle auxine; infatti il 41% dei principi attivi è costituito dal NAA e dal NAD, le gibberelline (GA₃ e GA₄₋₇) rappresentano il 37%, gli inibitori il 13%, le citochinine e i fitoregolatori a base di ethephon presentano percentuali decisamente più basse, rispettivamente il 5% e il 4% (fig. 7).³⁵

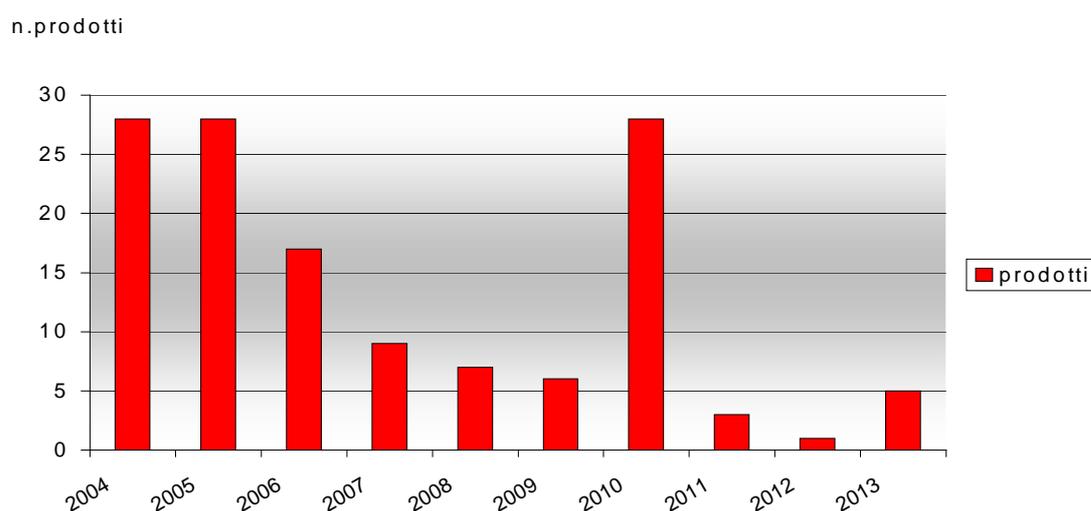


Fig.6. Scadenza dei prodotti commerciali autorizzati dal Ministero della Salute.

³⁵ www.ministerosalute.it

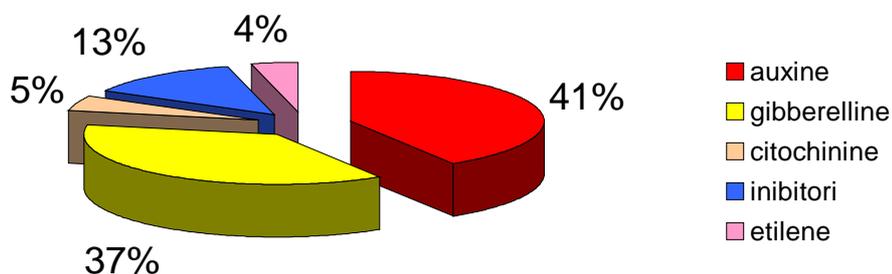


Fig 7. Classi dei fitoregolatori espresse in % presenti nei prodotti commerciali autorizzati dal Ministero della Salute.

4.2 Dati ISTAT

L'ISTAT diffonde annualmente dati di distribuzione all'uso di prodotti fitosanitari. Per distribuzione all'uso si intende il quantitativo di prodotto pronto e confezionato per l'uso che può essere autorizzato sia allo stato in cui si trova all'atto della vendita, sia dopo una manipolazione, come ad esempio diluizione o soluzione. L'indagine viene eseguita presso tutte le imprese che operano sul territorio nazionale con il proprio marchio nella immissione al consumo dei prodotti fitosanitari.

Nelle rilevazione e presentazione dei dati si utilizzano le definizioni e le classificazioni contenute nella legislazione corrente. I fitosanitari vengono suddivisi in più classi funzionali:

- Insetticidi
- Fungicidi
- Erbicidi
- Vari
- Biologici.

La classe "Vari" risulta essere così suddivisa:

- Fumiganti
- Molluschicidi

- Fitoregolatori
- Altri.

I dati analizzati si riferiscono ai Kg annui di fitoregolatori, distribuiti nel Lazio e a Roma e sono relativi al periodo 1999-2001.

4.2.1 Consumi regionali e provinciali.

I dati relativi alle quantità di prodotti fitosanitari distribuiti per uso agricolo nel Lazio sono riportati nella tabella 2, dalla quale si evince che la classe dei Fungicidi rappresenta la classe dei prodotti fitosanitari maggiormente distribuiti negli anni considerati, mentre la classe Vari rappresenta una piccola quantità dei prodotti fitosanitari distribuiti per uso agricolo (fig. 8).

I quantitativi esclusivamente dei principi attivi, espressi in kilogrammi, contenuti nei prodotti fitosanitari distribuiti per uso agricolo nel Lazio e nella provincia di Roma sono riportati nella tabella 3, dalla quale si può notare come i principi attivi di fitoregolatori rappresentino basse percentuali della classe Vari, sia nel Lazio che a Roma. Inoltre dalla figura 9 si osserva un andamento più o meno costante nella distribuzione dei principi attivi di fitoregolatori con una lieve diminuzione nel 2001 nel Lazio, a Roma invece i valori assoluti e relativi risultano pressoché costanti.

Tab. 2. Prodotti fitosanitari distribuiti per uso agricolo nella regione Lazio (Kg).

| Lazio | Vari | Fungicidi | Insetticidi | Erbicidi | Biologici | Totale |
|--------------|-------------|------------------|--------------------|-----------------|------------------|---------------|
| Kg 2001 | 762373 | 3048719 | 1259447 | 1298291 | 7121 | 6375951 |
| Kg 2000 | 771974 | 3353983 | 1345490 | 1142521 | 12677 | 6626618 |
| Kg 1999 | 762373 | 3438632 | 1331727 | 1185397 | 5498 | 6921462 |

Tab.3. Fitoregolatori contenuti nei prodotti fitosanitari distribuiti per uso agricolo nella regione Lazio e nella provincia di Roma. (Kg).

| Kg anno 2001 | Vari | Fitoregolatori |
|---------------------|-------------|-----------------------|
| Lazio | 461991 | 10441 (2%) |
| Roma | 221253 | 2381 (1%) |
| Kg anno 2000 | Vari | Fitoregolatori |
| Lazio | 475448 | 12728 (3%) |
| Roma | 214909 | 2848 (1%) |
| Kg anno 1999 | Vari | Fitoregolatori |
| Lazio | 660236 | 13053 (2%) |
| Roma | 279164 | 1817 (1%) |

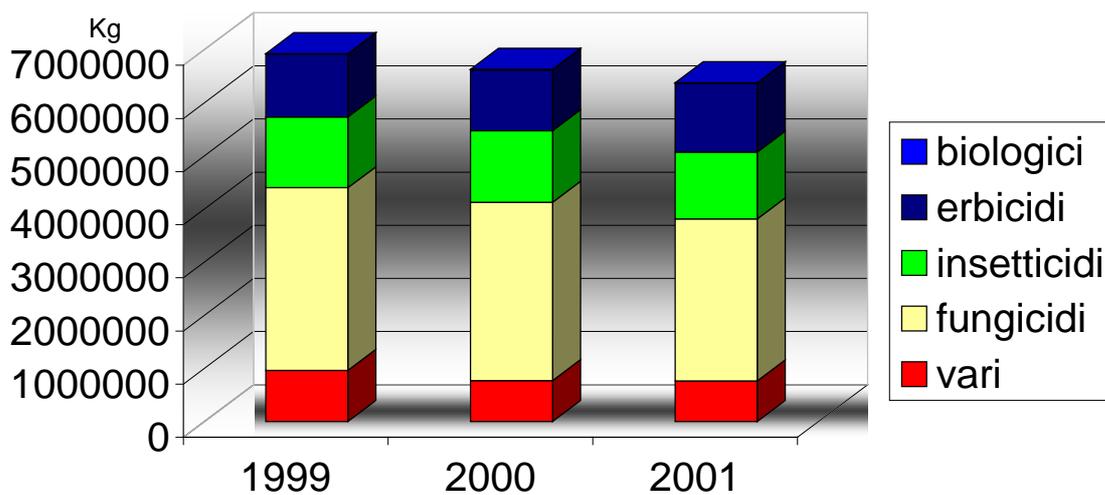


Fig.8. Kg di prodotti fitosanitari distribuiti per uso agricolo nel Lazio (in kilogrammi).

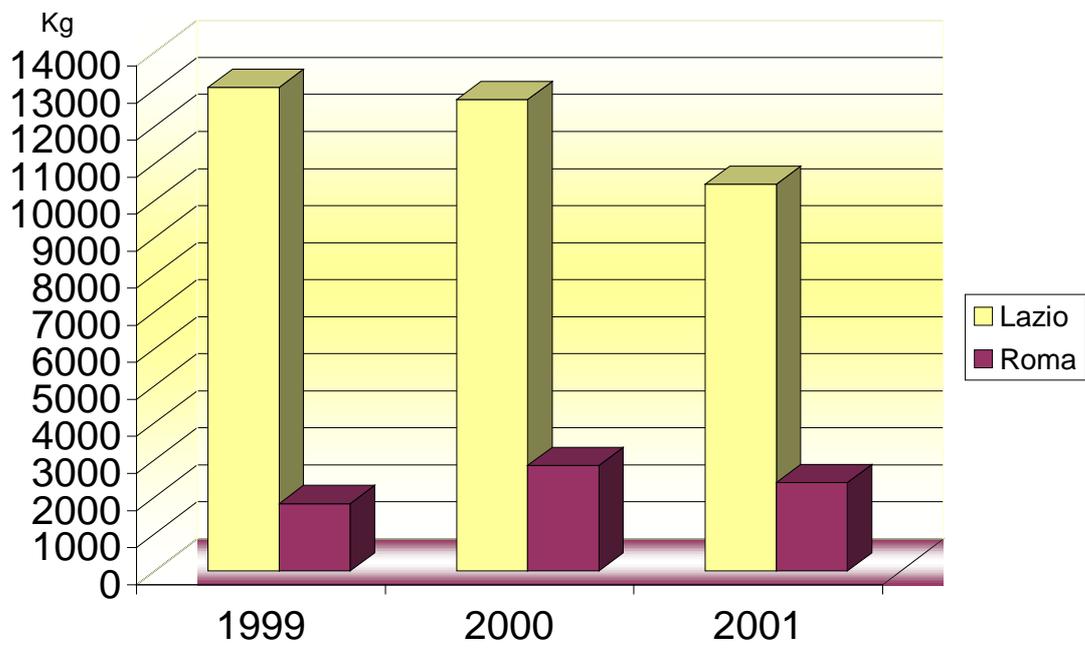


Fig.9 . Kg di principi attivi di fitoregolatori distribuiti a Roma e nel Lazio.

CAPITOLO 5

IMPOSTAZIONE E VALIDAZIONE DEL QUESTIONARIO

In base ai dati ottenuti dalla consultazione bibliografica, anche relativa a lavori effettuati su diserbanti e insetticidi, si è predisposto un questionario nel formato riportato nell'Allegato A. Tale questionario è stato validato utilizzando come caso studio uno dei vivai, in provincia di Roma, del consorzio "Vivai Torsanlorenzo"; in particolare si tratta di un consorzio che comprende ben otto vivai presenti in diverse regioni italiane e vanta di essere il più grande d'Europa. Per questo motivo è sembrato idoneo per testare il questionario, considerando anche l'ampio mercato che l'attività produttiva ha a livello nazionale ed europeo. L'attività oltre alla vendita al dettaglio, si occupa dell'arredo di giardini ed è incaricata da diversi comuni italiani della sistemazione del verde urbano, compreso quello della città di Roma.

Le dimensioni del vivaio, sottoposto ad intervista, sono le seguenti:

- ❑ produzione: oltre 2.000.000 m²
- ❑ coltivazioni in serra: 100.000 m²
- ❑ coltivazioni in contenitori in piena aria: 1.300.000 m²
- ❑ coltivazioni in pieno campo: 700.000 m²

Dall'intervista è risultato che le sostanze fitoregolatrici utilizzate nelle pratiche del vivaio sono l'acido indolbutirrico o IBA (auxina) e i brachizzanti. L'IBA viene impiegato per la radicazione delle talee di tutte le specie prodotte dal vivaio e viene somministrato sia in polvere che in soluzione liquida a seconda della risposta della specie trattata, l'unità di misura è in parti per milione (ppm) ed il quantitativo dell'ormone somministrato varia in funzione della specie trattata; generalmente la quantità del fitormone applicata alla pianta varia da 2500-6500 ppm. Come già detto tutte le piante del vivaio vengono trattate con l'IBA, alcuni esempi, tra quelle maggiormente prodotte, sono: *Leptospermum scoparium*, *Myrtus communis*, *Buxus sempervirens*, *Viburnum tinus*, *Lontana camara*, *Nandina domestica*, *Photinia fraseri*, *Cycas revoluta*. Anche i

brachizzanti vengono utilizzati su tutte le specie coltivate, il fine del loro impiego è mirato all'inibizione della dominanza apicale con conseguente sviluppo delle gemme laterali, conferendo così alla pianta una forma maggiormente gradita al consumatore. Tale forma deriva anche dalla riduzione della distanza degli internodi dei rami causata dal fitoregolatore, che favorisce la classica tipologia "rotondeggiante" della pianta. La somministrazione di questi fitoregolatori avviene con frequenza settimanale, con valori di temperatura che vanno dai 10 ai 20 C°, mediante nebulizzazione con una durata del trattamento che è di 1 secondo, ma, a seconda della specie e quindi della sua risposta, il trattamento può essere ripetuto. Alcuni, tra i tanti generi trattati con brachizzanti, sono: *Biscus*, *Antana*, *Bucanville*, *Europsis*, *Anisodonteia*, *Viburno*. I prodotti commerciali brachizzanti utilizzati dal vivaio sono CYCOCEL 5C TOP e ALAR 85, il primo è a base di cloruro di clorocolina mentre il secondo è a base di daminozoide.

In conclusione, le sostanze utilizzate nelle pratiche di questa attività sono esclusivamente l'IBA e i brachizzanti ed i prodotti vengono largamente impiegati su tutte le piante da fiore, dove esiste un'alta specializzazione nel loro impiego. Si evince che ogni specie ha il suo prodotto consigliato che dà effetti migliori rispetto agli altri. In un mercato quale quello del floro-vivaismo, in permanente rinnovamento, legato al mutevole gusto del consumatore, diventano indispensabili continue verifiche applicative atte a valutare la rispondenza delle diverse sostanze a nuove specie e varietà.

Il questionario proposto è risultato esaustivo della problematica investigata, con domande particolareggiate e di facile risposta per persone competenti nel settore; può dunque in questo format essere utilizzato per il proseguo dell'indagine.

CAPITOLO 6

CONCLUSIONI

La ricerca bibliografica effettuata sull'utilizzo dei fitoregolatori in ambito agricolo e floro-vivaistico ha messo in evidenza che queste sostanze trovano attualmente una vasta applicazione praticamente su tutti i tipi di produzioni. Le classi di fitoregolatori esogeni (auxine, gibberelline, citochinine, inibitori, etilenproduttori, etilen-promotori, ed etilen-regolatori) hanno sulle colture un'ampia varietà di effetti e interagiscono con i fitoregolatori prodotti naturalmente dalla pianta per stimolare, inibire o ritardare i diversi processi fisiologici (allegagione, diradamento, radicazione, riduzione della crescita, impedimento della cascola precoce ecc.). Il loro utilizzo permette una netta riduzione dei costi di produzione e aumenta notevolmente gli introiti monetari derivanti dalle vendite, queste ultime favorite anche dagli effetti di miglioramento della forma dei frutti e delle piante stesse (es. piante ornamentali). Negli ultimi anni le applicazioni, che un tempo erano sperimentali, sono diventate pratiche comuni e sono aumentati i consumi a livello mondiale, pur rimanendo ancora la classe meno commercializzata nell'ambito dei prodotti fitosanitari.

Dalla letteratura è evidente che il destino e la persistenza ambientale dei fitoregolatori sono problematiche non ancora adeguatamente investigate infatti, tra i numerosi prodotti che trovano applicabilità in tutti settori dell'agricoltura solo per pochi di essi è noto l'impatto sulle matrici ambientali. La scarsità di dati relativa ai reali quantitativi che vengono somministrati alle diverse colture è una delle difficoltà che si incontra per stimare i carichi che l'ambiente riceve a seguito dei trattamenti, soprattutto quando si parla di colture vivaistiche. Parliamo comunque di sostanze con tempo di dimezzamento breve e non bioaccumulabili, ma ciò non deve indurre a pensare ad una mancata pericolosità, in quanto la maggior parte sono comunque sostanze di sintesi senza analoghi in natura e potenzialmente trasformabili in prodotti intermedi.

La situazione italiana è di 252 prodotti autorizzati dal Ministero della Salute, tra i quali auxine e gibberelline hanno le percentuali più alte; nel Lazio e a Roma nel triennio 1999-2001 le vendite sono state più o meno costanti con leggero decremento nell'ultimo anno. I dati raccolti nei "Vivai Torsanlorenzo" sono in accordo con gli elementi emersi dalla ricerca bibliografica, in quanto IBA e brachizzanti risultano essere i prodotti maggiormente utilizzati sulle piante ornamentali, dove esiste un'alta specializzazione del loro impiego e ogni specie ha il suo prodotto consigliato che dà effetti migliori rispetto agli altri.

Il quadro emerso dal presente lavoro individua una situazione in evoluzione che necessita di ulteriori approfondimenti, soprattutto in quei settori come l'agricoltura in cui determinate pratiche sembrano aver preso piede in maniera massiccia. E' auspicabile dunque che in un immediato futuro vengano incrementati i tests di tossicità sugli organismi che potrebbero essere target per questi composti e per i loro derivati, individuando i reali consumi e stimando in modo approfondito i carichi immessi nell'ambiente.



QUESTIONARIO:

Indagine sugli impieghi dei fitoregolatori nel floro-vivaismo

APAT

Servizio Interdipartimentale per le Emergenze Ambientali

DICEMBRE 2003

A. INFORMAZIONI GENERALI

Denominazione dell'azienda

.....

Denominazione della società o ente che gestisce il vivaio

.....

Tipo di azienda (pubblica amministrazione, individuale, società, cooperativa o altro)

.....

Georeferenziazione/localizzazione attività

.....

Indirizzo azienda

.....

Telefono

.....

Sito web e-mail

.....

Data compilazione

.....

Compilatori

.....

B. CLASSIFICAZIONE DELL'IMPRESA

SUPERFICIE: < 2 ha ? 2-10 ha ? > 10 ha ?
di cui % in serra % in pieno campo

CATEGORIE ISTAT (settori produttivi con la % di superficie coltivata)

| % superficie coltivata | Principali specie coltivate | 01.12 COLTIVAZIONE DI ORTAGGI, SPECIALITA' ORTICOLE, FIORI E PRODOTTI DI VIVAI | |
|------------------------------|-----------------------------|---|---|
| | | 01.12.1 | Coltivazione di ortaggi in piena aria (1) |
| | | 01.12.2 | Coltivazione di ortaggi in serra |
| | | 01.12.3 | Coltivazioni floricole e di piante ornamentali in piena aria (2) |
| | | 01.12.4 | Coltivazioni floricole e di piante ornamentali in serra (fiore reciso / vaso) |
| | | 01.12.5 | Orto-culture specializzate vivaistiche e sementiere in piena aria (3) |
| | | 01.12.6 | Orto-culture specializzate vivaistiche e sementiere in serra |
| | | 01.12.7 | Coltivazioni miste di ortaggi, specialità orticole, fiori e prodotti di vivai in piena aria |
| | | 01.12.8 | Coltivazioni miste di ortaggi, specialità orticole, fiori e prodotti di vivai in serra |

NOTE:

(1) Pomodori, meloni, cocomeri, cipolle, cavoli, insalate, cetrioli, carote, carciofi, fagiolini, crescione, granturco dolce, zucchine, melanzane, peperoni, finocchi, porri, capperi, peperoncino, finocchiella, prezzemolo, basilico, cerfoglio, dragoncello, maggiorana, funghi, e tartufo di bosco.

(2) Coltivazione di fiori, fronde, fogliame, piante in vaso a scopo riproduttivo od ornamentale inclusi tappeti erbosi pronti per il trapianto.

(3) Produzione di semi e piantine per fiori e ortaggi, piantine ornamentali, di piante da frutta, di vite e di olivo.

C. CONSUMI DI FITOREGOLATORI

| Specie coltivata | Fitoregolatore utilizzato | | | | | | | |
|------------------|--------------------------------------|----------------------|-------------|------------------------------|---|---------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | Nome commerciale e Ditta produttrice | Principio attivo (4) | Impiego (5) | Modalità di somministrazione | Periodo di somministrazione nell'arco dell'anno | N° trattamenti anno (min – max) | Kg o Litri per trattamento | Kg o Litri anno (min – max) |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

NOTE:

(4) utilizzare la seguente codifica :

A Auxine, **B** Gibberelline, **C** Citochinine, **D** Ac. Abscissico e inibitori, **E** Etilene, **F** Poliammide, **G** Brassinosteroidi, **H** Oligosaccaride, **I** Jasmonati, **L** altro

(5) utilizzare la seguente codifica:

A nanizzanti e cimanti, **B** spollonanti, **C** diradanti, **D** alleganti, **E** radicanti, **F** cascolanti, **G** estetizzanti, **H** stimolatore crescita, **I** induzione fiore, **L** altro

D. Note del compilatore

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- **I dati ottenuti da tale questionario verranno utilizzati solo a fini statistici**

BIBLIOGRAFIA

- Addicott F., Lyon J., Ohkuma K., Thiessen W. E., Carns H. R., smith O., Cornforth J. W., Milborrow B., Ryback G. & P. F. Wareing, 1968. Abscisic acid: A new name for abscisin II. Science 159: 1493.
- ANPA, 1998. L'impatto ambientale dei prodotti fitosanitari, Documenti 4.
- Koepli J. B., Thimann K. V. & F. W. Kent, 1938. Phytohormones: structure and physiological activity. I. J. Biol. Chem., 122, 763-780.
- Letham D. S., 1963. Zeatin a factor inducing cell division isolated from zeamays. Life Sci. 2569-573.
- Schiaparelli A., Schreiber G. & G. Bourlot, 1995. Fitoregolatori in agricoltura, Edagricole.
- Taiz & Geiger, 1996. Fisiologia vegetale, Piccin, Padova.
- | | |
|--|------------|
| www.agrisholine.it | 13/10/2003 |
| www.arpal.org | 05/09/2003 |
| www.asprofrut.com | 13/10/2003 |
| www.cifo.it | 20/10/2003 |
| www.epa.it | 17/10/2003 |
| www.fao.org | 29/10/2003 |
| www.fitogest.com | 17/11/2003 |
| www.istat.it | 14/11/2003 |
| www.ministerosalute.it | 05/12/2003 |
| www.minerva.unito.it | 19/11/2003 |
| www.pacifici-net.it | 14/10/2003 |
| www.sssup.it | 04/08/2003 |
| www.toxnet.it | 17/10/2003 |