

HEXAONAZOLE (ICIA0523) - NUOVO FUNGICIDA SISTEMICO AD AMPIO SPETTRO D'AZIONE .

A.E. MAGGIONI, R. PALMIERI, R. MALIZIA, P. BIANCHI, A. POLITI.

ICI Solplant S.p.A. - Milano.

SOMMARIO

Hexaconazole, principio attivo della famiglia dei triazoli, è un nuovo fungicida sistemico ad azione protettiva, curativa ed eradicante efficace a basse dosi nei confronti di Ascomiceti e Basidiomiceti. Dotato di azione traslaminare, esso è rapidamente assorbito e traslocato per via xilematica all'interno delle piante cosicchè le piogge che cadono poco dopo il trattamento, non influiscono sull'attività fungicida del prodotto. Hexaconazole, da solo od in miscela con altri prodotti con differente meccanismo d'azione, è in grado di difendere le colture da pericolose infezioni di mal bianco, ticchiolatura, ruggine e cercosporiosi. Hexaconazole è dotato di bassa tossicità verso i mammiferi, gli uccelli, i pesci, le api ed i lombrichi ed è rapidamente degradato sia nel suolo sia nelle colture. Infatti sulle derrate al raccolto non sono stati rilevati residui di prodotto o suoi metaboliti.

SUMMARY

HEXAONAZOLE (ICIA0523) - A NEW BROAD SPECTRUM SYSTEMIC FUNGICIDE.

Hexaconazole is a new systemic triazole fungicide with protectant, curative and eradicant activity effective at low application rates against Ascomycetes and Basidiomycetes. As a systemic fungicide, with translaminar properties, it is readily absorbed by the leaves and then it is translocated acropetally in the xylem; rains fallen slightly after spray do not influence the fungicide activity. When used, alone or in tank-mix with other compounds with different mode of action, hexaconazole provides a good control of powdery mildew, scab, rust and leaf spot. Hexaconazole has low toxicity on mammals, birds, fish, bees and other wildlife species and degrades in soils and crops. In fact no residues of both compound and metabolites were found in commodities at harvest.

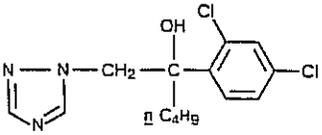
INTRODUZIONE

Le strategie di difesa contro le malattie provocate da agenti patogeni fungini si sono, in questi ultimi anni, notevolmente evolute grazie alla scoperta di principi attivi con specifico meccanismo d'azione che, dotati di attività sistemica, risultano efficaci anche in fase curativa. Hexaconazole, della famiglia dei triazoli, è una nuova molecola che, oltre a risultare efficace a dosi ridotte, dimostra di possedere un ampio spettro d'azione e caratteristiche ecotossicologiche quanto più adeguate ai moderni programmi d'intervento contro Ascomiceti e Basidiomiceti.

Di seguito sono riportate le proprietà del prodotto e le risultanze sperimentali sulle colture che si sono rivelate di particolare interesse nell'ambito italiano.

Tabella 1: Proprietà fisico-chimiche di hexaconazole.

---

|                       |   |
|-----------------------|---|
| Numero di codice      | : ICIA0523  |
| Nome comune           | : hexaconazole  |
| Nome chimico (IUPAC)  | : (RS)-2-(2,4-dichlorophenyl)-1-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)hexan-2-ol.                                |
| Nome commerciale      | : Anvil   |
| Formula bruta         | : C <sub>14</sub> H <sub>17</sub> Cl <sub>2</sub> N <sub>3</sub> O                                |
| Formula di struttura  | :<br>            |
| Formulato             | : sospensione concentrata   |
| Stato fisico e colore | : solido cristallino bianco   |
| Peso molecolare       | : 314   |
| Punto di fusione      | : 111° C  |
| Tensione di vapore    | : <sup>-8</sup> 2x10 <sup>-8</sup> kPa a 20° C  |
| Solubilità (a 20° C)  | : acqua 0,017 g/l<br>metaholo 246,0 g/l<br>acetone 164,0 g/l<br>toluene 59,0 g/l<br>esano 0,8 g/l |

---

#### PROPRIETA' ECOTOSSICOLOGICHE

Hexaconazole dimostra effetti ecotossicologici di adeguata sicurezza verso l'uomo, gli animali e l'ambiente.

Di seguito sono riportati i dati maggiormente significativi.

Tossicità sui mammiferi.

Tabella 2: Tossicità acuta verso i mammiferi.

| SPECIE | SESSO | DL50<br>mg/kg |         |
|--------|-------|---------------|---------|
|        |       | orale         | cutanea |
| RATTO  | M     | 2.189         | > 2.000 |
|        | F     | 6.071         |         |

Tossicità sub-cronica e cronica.

I risultati della sperimentazione sugli animali di laboratorio ed i saggi in vivo ed in vitro non evidenziano effetti che dimostrino l'hexaconazole come sostanza oncogena, teratogena o mutagena.

Irritazione e sensibilizzazione.

Dalle prove effettuate su coniglio l'hexaconazole è risultato non irritante per via cutanea e lievemente irritante per via oculare.

Tossicità verso la fauna selvatica.

Tabella 3: Tossicità acuta verso uccelli ed animali acquatici.

| SPECIE           | DL50 orale<br>mg/kg | CL50 96 h<br>mg/l | EC50 48 h<br>mg/l |
|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| GERMANO<br>REALE | > 4.000             | ----              | ----              |
| TROTA<br>IRIDATA | ----                | > 6,70            | ----              |
| CARPA            | ----                | 5,94              | ----              |
| PESCE LUNA       | ----                | 5,10              | ----              |
| DAFNIA           | ----                | ----              | 2,9               |

Tossicità verso altri organismi.

Api: DL50 orale e per contatto = > 100 µg/ape

Lombrichi: applicazioni al suolo di hexaconazole equivalenti a 0,1 ed 1,0 kg/ha non hanno dimostrato effetti negativi a distanza di 1, 6, 12 mesi dal trattamento.

Comportamento nell'ambiente.

Hexaconazole, in prove di laboratorio su campioni di differenti tipi di suolo, è stato rapidamente degradato e si è dimostrato poco mobile. Sulle derrate provenienti dalle colture trattate non sono stati rilevati, al momento del raccolto, residui di prodotto o di suoi metaboliti superiori a 0,01 mg/kg, valore questo corrispondente al limite di sensibilità del metodo.

PROPRIETA' BIOLOGICHE

Hexaconazole è un nuovo fungicida sistemico ad ampio spettro d'azione particolarmente efficace, a basse dosi, verso Basidiomiceti ed Ascomiceti. Esso possiede azione traslaminare e, una volta assorbito attraverso le foglie, diffonde per via xilematica verso le varie parti della pianta da proteggere. La penetrazione è molto rapida, cosicchè le piogge che cadono poco dopo il trattamento non influiscono sull'efficacia del prodotto. Come altri principi attivi della famiglia dei triazoli, hexaconazole agisce inibendo la biosintesi dell'ergosterolo con conseguente alterazione della struttura e della funzionalità delle membrane cellulari, accumulo di acidi grassi ed anomalo sviluppo delle ife fungine. In virtù delle caratteristiche sopra riportate, hexaconazole è in grado di esercitare un' azione biologica preventiva, curativa ed eradicante.

Tabella 4: Spettro di attività di hexaconazole ( da SHEPARD et al., 1986)\*

| Specie                                  | in vitro 10 mg/l | in vivo > 100 mg/l |
|---|------------------|--------------------|
| <u>Alternaria solani</u>                | 4                | 4                  |
| <u>Ascochyta pisi</u>                   | 4                | -                  |
| <u>Cercospora arachidicola</u>          | -                | 4                  |
| <u>Colletotrichum coffeanum</u>         | 4                | -                  |
| <u>Diaporthe phaseoli</u>               | 4                | -                  |
| <u>Erysiphe graminis</u>                | -                | 4                  |
| <u>Fusarium culmorum</u>                | 3                | 2                  |
| <u>Helminthosporium oryzae</u>          | 4                | -                  |
| <u>Nectria galligena</u>                | 2                | -                  |
| <u>Penicillium digitatum</u>            | 4                | -                  |
| <u>Phoma exigua</u>                     | 4                | -                  |
| <u>Podosphaera leucotricha</u>          | -                | 4                  |
| <u>Pseudocercospora herpotrichoides</u> | -                | 4                  |
| <u>Puccinia recondita</u>               | -                | 4                  |
| <u>Pyricularia oryzae</u>               | 4                | 2,5                |
| <u>Rhizoctonia solani</u>               | -                | 2                  |
| <u>Rhynchosporium secalis</u>           | -                | 4                  |
| <u>Sclerotinia sclerotiorum</u>         | 4                | -                  |
| <u>Sclerotium rolfsii</u>               | 4                | -                  |
| <u>Septoria nodorum</u>                 | -                | 4                  |
| <u>Sphaeroteca fuliginea</u>            | -                | 4                  |
| <u>Uncinula necator</u>                 | -                | 4                  |
| <u>Venturia inaequalis</u>              | -                | 4                  |
| <u>Verticillium albo-atrum</u>          | 3,5              | -                  |

\* scala da 0 a 4 dove: 0 = inibizione della crescita del fungo sino al 60% ;  
4 = inibizione del 100%.

Tabella 5: Attività traslaminare di hexaconazole verso Cercospora arachidicola su arachide in serra (da SHEPARD et al., 1986).

| Hexaconazole<br>ppm * | % di contenimento+ |              |
|-----------------------|--------------------|--------------|
|                       | lesioni            | sporulazione |
| 50                    | 87                 | 99           |
| 13                    | 72                 | 76           |
| 3                     | 43                 | 57           |
| 0                     | 0 (60)             | 0 [x]        |

\*: applicazione sulla pagina superiore delle foglie (250 l/ha) 7 giorni dopo l'inoculazione;  
 +: foglie inoculate sulla pagina inferiore;  
 ( ): % di area fogliare infetta sul non trattato;  
 [x]: 350 x 10 conidi per pianta.

Tabella 6 : Effetto di una pioggia (artificiale) sull'attività curativa e, in seguito, protettiva di hexaconazole contro Venturia inaequalis su foglie di melo (da BROWN et al., 1988).

| Tesi         | Dose mg/l | % di contenimento<br>Pioggia e reinoculazione |
|--------------|-----------|---|
| Hexaconazole | 15        | 100   |
| Non trattato | --        | 0 (80)  |

Trattamenti: 1° g.= inoculazione; 3° g. = trattamento e pioggia (30 minuti dopo); 4°g.= reinoculazione.  
 ( ) % di infezione su foglie non trattate.

Tabella 7: Attività protettiva e curativa di hexaconazole in serra: % di contenimento (da SHEPARD et al., 1986).

| Trattamento                       |        |  |        |                                      |        |                                     |        |
|-----------------------------------|--------|--|--------|--------------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|
| protettivo                        |        |  |        | curativo                             |        |                                     |        |
| <u>Uncinula</u><br><u>necator</u> |        | <u>Cercospora</u><br><u>arachidicola</u> |        | <u>Venturia</u><br><u>inaequalis</u> |        | <u>Hemileia</u><br><u>vastatrix</u> |        |
| Dose p.a.<br>mg/l                 | *<br>% | Dose p.a.<br>mg/l                        | *<br>% | Dose p.a.<br>mg/l                    | +<br>% | Dose p.a.<br>mg/l                   | #<br>% |
| 1,0                               | 99     | 10,0                                     | 99     | 15,0                                 | 91     | 30,0                                | 92     |
| 0,3                               | 77     | 2,5                                      | 97     | 5,0                                  | 96     | 10,0                                | 91     |
|                                   |        | 1,0                                      | 82     | 1,0                                  | 71     | 3,0                                 | 91     |
| 0,0                               | 0      | 0,0                                      | 0      | 0,0                                  | 0      | 0,0                                 | 0      |
| (90)                              |        | (100)                                    |        | (84)                                 |        | (89)                                |        |

\* trattamento 1 giorno prima dell'inoculazione;  
 + trattamento 4 giorni dopo l'inoculazione;  
 # trattamento 14 giorni dopo l'inoculazione.  
 ( ): % di infezione sul non trattato.

Tabella 8: Attività eradicante di hexaconazole verso Hemileia vastatrix su caffè.  
(da SHEPARD et al., 1988)

| Hexaconazole ppm di p.a.* | % di area fogliare con lesioni evidenti § | % di sporulazione @ |
|---------------------------|---|---------------------|
| 0,6                       | 77  | 5                   |
| 2,5                       | 87  | 1                   |
| 10,0                      | 100                                       | 1                   |
| ===                       | 100                                       | 100 #               |

\* Trattamento dopo 14 giorni dall'inoculazione;  
§ in rapporto al non trattato fatto a 100;  
# 100 % =  $2,2 \times 10^6$  conidi/paio di foglie;  
@ 41 giorni dopo l'inoculazione.

#### RISULTATI DI EFFICACIA IN CAMPO

L'attività fungicida di hexaconazole è stata verificata e confermata sia in Europa sia in Australia, Asia, Nord e Sud America.

I risultati ottenuti testimoniano l'elevata efficacia a basse dosi di principio attivo e l'ampio spettro d'azione che comprende in primo luogo gli agenti del mal bianco, ticchiolatura, ruggini e cercosporiosi su colture erbacee, arboree ed ornamentali.

Di seguito sono riportati i dati riassuntivi di efficacia del prodotto su colture e malattie di particolare interesse nell'ambito italiano (da SHEPARD et al., 1986).

#### VITE

Tabella 9: Contenimento di Uncinula necator.

| TESI         | Dose g/hl p.a. | % di contenimento* |               |                |               |           |                |
|--------------|----------------|--------------------|---------------|----------------|---------------|-----------|----------------|
|              |                | foglie             |               |                | grappolo      |           |                |
|              |                | USA 7DAT3+         | Francia 8DAT7 | Francia 14DAT4 | Spagna 13DAT3 | USA 7DAT3 | Francia 14DAT8 |
| Hexaconazole | 0,60           | 99                 | --            | --             | 100           | 98        | --             |
| Hexaconazole | 1,00           | --                 | 98            | --             | --            | --        | 100            |
| Hexaconazole | 1,25           | 99                 | 99            | 100            | 100           | 100       | 100            |
| Hexaconazole | 1,50           | --                 | 100           | 99             | --            | --        | 100            |
| Non trattato |                | (30)               | (40)          | (43)           | (50)          | (100)     | (42)           |

\* in base all'area infetta di foglie o grappoli;  
+ 7DAT3 = 7 giorni dopo il 3° trattamento; cadenza di 14 giorni;  
( ) % di area infetta fogliare o del grappolo.

Tabella 10: Contenimento di Guignardia bidwellii (Francia).

| % di contenimento    |                  |                      |                  |                    |
|----------------------|------------------|----------------------|------------------|--------------------|
| Prova sperimentale   | A                |                      | B                |                    |
| Tesi-Dose g/hl p.a.# | foglie*<br>6DAT6 | grappolo+<br>15DAT13 | foglie<br>14DAT1 | grappolo<br>28DAT8 |
| Hexaconazole 1,5     | 90               | 99                   | 94               | 72                 |
| Hexaconazole 2,0     | 97               | 100                  | 87               | 85                 |
| Non trattato         | (82)             | (74)                 | (14)             | (60)               |

# Trattamenti: A = 8-15 gg. in base a sistemi di avvertimento;  
B = 12-16 gg. a calendario.

\* numero di foglie attaccate;

+ area infetta.

( ) % numero di foglie o superficie del grappolo infetti.

Nelle prove sperimentali effettuate, hexaconazole non ha favorito lo sviluppo di acari nè ha influito sulla fermentazione dei mosti o sulle caratteristiche organolettiche del vino.

MELO

Tabella 11: Contenimento di Podosphaera leucotricha e Venturia inaequalis.

| % di contenimento                              |                      |                            |                            |                          |                           |
|--|----------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|
| TESI<br>DOSE<br>mg/l p.a.                      | Inghilterra<br>7DAT9 | Francia                    |                            | Italia                   | Olanda                    |
|  |                      | foglie<br>(n°)<br>7DAT4    | frutti<br>(area)<br>19DAT8 | frutti<br>(n°)<br>11DAT6 | frutti<br>(n°)<br>28DAT10 |
| Hexaconazole 7,5                               | ---                  | 84                         | 92                         | ---                      | ---                       |
| Hexaconazole 10,0                              | 71                   | 92                         | 92                         | ---                      | 100                       |
| Hexaconazole 15,0                              | ---                  | 92                         | 85                         | ---                      | 100                       |
| Hexaconazole 20,0                              | 90                   | 99                         | 88                         | 97                       | 100                       |
| Hexaconazole 10,0<br>+<br>Ditiocarbamato 800,0 | ---                  | ---                        | ---                        | 93                       | ---                       |
| Hexaconazole 15,0<br>+<br>Ditiocarbamato 800,0 | ---                  | ---                        | ---                        | ---                      | 99                        |
| Non trattato<br>Cultivar                       | (89)                 | (85)                       | (6,7)                      | (65)                     | (62)                      |
|  |                      | -----Golden delicious----- |                            |                          | Mantet                    |

PESCO

Tabella 12: Contenimento di Monilinia fructicola (USA).

| TESI #       | DOSE<br>ppm p.a. | % di contenimento* |                  |
|--------------|------------------|--------------------|------------------|
|              |                  | Frutto<br>(n°)     | Frutto<br>(area) |
| Hexaconazole | 10               | 45                 | 84               |
| Hexaconazole | 30               | 81                 | 97               |
| Hexaconazole | 50               | 87                 | 98               |
| Non trattato | --               | (31)               | (32)             |

\* in base sia al numero di frutti colpiti sia all'area interessata dall'infezione.

# calendario dei trattamenti: 2/4; 11/4; 19/4; 6/7; 18/7; 25/7.

SELETTIVITA' VERSO LA CULTURA

Hexaconazole è stato saggiato su varie colture in diverse condizioni ambientali e climatiche ed ha evidenziato un adeguato margine di sicurezza.

DOSI E MODALITA' D'IMPIEGO

L'attività biologica di hexaconazole, per il particolare meccanismo d'azione, si manifesta in funzione protettiva curativa ed eradicante. Tuttavia, in relazione alle più moderne e razionali strategie di lotta alle malattie fungine, l'impiego di hexaconazole è consigliato principalmente a scopo protettivo e, qualora le esperienze tecniche locali ne giustificino l'uso, in miscela con prodotti a differente meccanismo d'azione. Conseguentemente va adottato un intervallo, tra un trattamento e l'altro, di 7-14 giorni e ciò in funzione sia del grado del rischio d'infezione sia delle fasi fenologiche della coltura che risultano più sensibili. In Europa, Italia inclusa, è stato dimostrato che, mediamente, risultano efficaci le quantità di principio attivo sotto indicate:

Tabella 13: Dosi consigliate per i diversi binomi coltura/patogeno.

| COLTURA      | DOSE g p.a./hl | AGENTE PATOGENO   |
|--------------|----------------|---|
| MELO         | 2 - 3          | Oidio: <u>Podospaera leucotricha</u><br>Ticchiolatura: <u>Venturia inaequalis</u><br>Ruggine: <u>Gymnosporangium tremelloides</u> |
| PERO         | 2 - 3          | Ticchiolatura: <u>Venturia pirina</u><br>Ruggine: <u>Gymnosporangium sabiniae</u>   |
| DRUPACEE     | 2 - 2,5        | Oidio: <u>Oidium spp.</u>   |
|              | 7,5 - 10       | Monilia: <u>Monilinia fructigena</u> e <u>M. laxa</u>   |
| VITE         | vino 1,75 - 2  | Oidio: <u>Uncinula necator</u><br>Marciume nero: <u>Guignardia bidwelii</u>   |
|              | tavola 2 - 2,5 |   |
| PIOPPO       | 2,5 - 3,5      | Marssonina: <u>Marssonina brunnea</u>   |
| OLIVO        | 5,0 - 7,5      | Occhio di pavone: <u>Cycloconium oleaginum</u>  |
| CUCURBITACEE |                | <u>Sphaeroteca fuliginea</u>  |
| POMODORO     | 2,0 - 4,0      | Oidio: <u>Leivellula taurica</u>  |
| PEPERONE     |                | <u>Leivellula taurica</u>   |

Impiegare volumi d'acqua medio/alti (300-1.500 l/ha) in relazione alla massa e densità della vegetazione da proteggere e per assicurare la completa ed uniforme bagnatura della stessa.

#### COMPATIBILITA'

Hexaconazole è risultato miscibile con diversi principi attivi, fra cui:

- Captano;
- Dithianon;
- Metiram;
- Mancozeb;
- Maneb;
- Bupirimate;
- Zolfo.

BIBLIOGRAFIA

BROWN M.C., SHEPARD M.C., FRANK J.A., (1988). Hexaconazole: useful properties in the control of apple, coffee and peanut diseases. British Crop Protection Conference, 1, 229-234.

SHEPARD M.C., NOON R.A., WORTHINGTON P.A., McLELLAN W.D., LEVER B.G., (1986). Hexaconazole: a novel triazole fungicide. British Crop Protection Conference, 1, 19-26.

SHEPARD M.C., BROWN M.C., GUEDES L.V.M., DE PAIVA S.B., (1988). The value of protectant, curative and antispore activity for the control of coffee rust. Proceedings 1988 BCPC-Pests and Disease and the Fifth International Congress of Plant Pathology, 1, 27-32.