

Het gebruik van ijzerchelaten in samengestelde meststoffen met spoorelementen

Ing. B. van Luit en R. Boxma - Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Haren (Gr.)

Bij het samenvoegen van spoor- en hoofdelementen in samengestelde meststoffen kan de beschikbaarheid van één of meer van de spoorelementen sterk afnemen door onderlinge chemische reacties (bijvoorbeeld neerslaan door fosfaat). De kennis hierover is nog zeer beperkt. Van een in de handel verkrijgbare NPK-meststof, waaraan Cu, Zn, Mn, Fe, B en Mo zijn toegevoegd, werd in laboratorium- en potproeven de Fe-werking getoetst. Dit, nadat was gebleken dat de hoeveelheden in water oplosbaar en chelaat-gebonden Fe (Boxma, 1979) van deze meststof niet aan de gestelde normen voldeden. Alle spoorelementen, behalve Fe (Fe-DTPA), zijn in deze meststof in anorganische vorm aanwezig.

Laboratoriumonderzoek

De samengestelde meststof bevat volgens opgave 14 % N als $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ en KNO_3 ; 16 % P_2O_5 als $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$; 18 % K_2O als KNO_3 ; 0,12 % Cu als $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; 0,03 % B als H_3BO_3 ; 0,20 % Mo als $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$; 0,16 % Mn als $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$; 0,04 % Zn als $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ en 0,09 % Fe als Fe-DTPA. Op basis van deze samenstelling werden drie nieuwe meststoffen gemaakt, waarbij het Fe als Fe-DTPA vervangen werd door respectievelijk Fe-EDTA, Fe-HEEDTA of Fe-EDDHA.

Analyses werden uitgevoerd door schudden van 1 gram meststof gedurende een uur met 100 ml gedeïoniseerd water (in water oplosbaar Fe) en via gelchromatografie (chelaatgebonden Fe).

In apart onderzoek werd de stabiliteit van de ijzerverbindingen Fe-DTPA, Fe-EDTA en Fe-EDDHA nagegaan onder invloed van de competitie van andere in de meststof aanwezige metalen als Cu, Mn en Zn. Opklimmende hoeveelheden Cu^{2+} , Zn^{2+} en Mn^{2+} -ionen werden aan bovengenoem-

de chelaten toegediend in oplossingen die 0,9 mg Fe per gram samengestelde meststof bevatten. Dit komt overeen met het gegarandeerde gehalte (0,09 % Fe) in de meststof.

Potproevenonderzoek

In drie potproeven werd vervolgens de werking van het Fe, aanwezig als Fe-DTPA in de samengestelde meststof, bij *Chamaecyparis Lawsoniana* 'Alumii' op turfstrooisel of potgrond nagegaan.

Proef 1

Twee zaailingen per pot werden in juni 1979 geplant en ca. 1 jaar later geoogst. De gebruikte 4,6-liter plastic potten bevatten 500 gram droog turfstrooisel. De behandelingen waren 0; 1,24; 2,48; 4,97 en 7,45 mg Fe per pot als Fe-DTPA en werden in drievoud uitgevoerd. Deze hoeveelheden werden of als enkelvoudige meststof Fe-DTPA toegediend of via de samengestelde meststof. Bij de objecten met enkelvoudige meststof werd voor de overige elementen gecompenseerd tot de hoogste gift van de samengestelde meststof.

Als referentie werd Fe-EDDHA, in hoeveelheden van 2,48 en 7,45 mg Fe per pot, toegediend. Alle objecten ontvingen 30 of 42 g CaCO_3 per pot. Elke twee weken werd een overbemesting gegeven van 0,51 gram NH_4

NO_3 ; 0,17 gram K_2HPO_4 en 0,17 gram K_2SO_4 per pot.

Proef 2

Op basis van de samenstelling van de meststof in proef 1 werden vier produkten gemaakt, waaraan het Fe werd toegevoegd in de vorm van Fe-DTPA, Fe-EDDHA, Fe-EDTA of Fe-HEEDTA. De meststoffen werden geanalyseerd op totaal in water oplosbaar Fe en chelaat-gebonden Fe (zie tabel 1). Van elke meststof werd 6,75 mg Fe per pot toegediend, uitgaande van 0,09 % Fe in de meststoffen. Per pot werd 30 of 42 gram CaCO_3 toegediend. Elke twee weken werd een overbemesting gegeven van 0,51 gram NH_4NO_3 ; 0,17 gram K_2HPO_4 en 0,17 gram K_2SO_4 per pot. De overige condities waren gelijk aan die in proef 1 (herhalingen, aantal planten, tijd van planten en oogsten, en gewicht van droog turfstrooisel per pot).

Proef 3

In een laboratoriumproef bleek dat verdubbeling van de hoeveelheid Fe-DTPA (0,18 % in plaats van 0,09 % Fe) in de samengestelde meststof een aanzienlijke verhoging gaf van het chelaat-gebonden Fe (zie tabel 3). Beide produkten (0,09 en 0,18 % Fe) werden in een potproef getoetst op hun Fe-werking. Van deze meststoffen werden 0; 1,4; 2,8; 5,6; 8,4 en

Tabel 1 Totaal in water oplosbaar en chelaat-gebonden ijzer in een samengestelde meststof die 0,09% Fe bevat in de vorm van verschillende chelaten

Samengestelde meststof	Totaal in water oplosbaar Fe in %	Chelaat-gebonden Fe in %	Chelaat-gebonden Fe in % van toegevoegd
Met Fe-DTPA	0,008	0,007	7,8
Met Fe-EDTA	0,074	0,070	77,8
Met Fe-EDDHA	0,070	0,067	74,4
Met Fe-HEEDTA	0,033	0,029	32,2

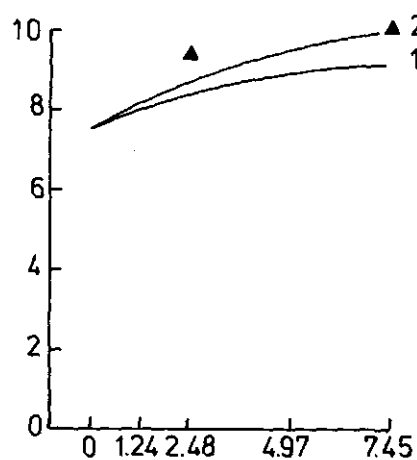
11,2 gram per pot toegediend. De pH-H₂O van de potgrond werd op ca. 6 gebracht. De 4,6-liter plastic potten bevatten 1 052 gram droge potgrond, die bestond uit 60 vol. % tuinturf en 40 vol. % turfstrooisel. Per m³ werd 50 liter scherpzand toegevoegd. In de potten werden twee zaailingen geplant in mei, die in november 1981 werden geoogst (*Chamaecyparis lawsoniana* 'Alumii'). Alle planten kregen een voldoende hoeveelheid N, P, K, Mg, Cu, B, Mo, Zn en Mn toegediend in hoeveelheden die overeenkwamen met de hoogste dosering van de samengestelde meststof. Elke twee weken werd een overbemesting toegediend van 0,76 gram Ca(NO₃)₂·4H₂O; 0,26 gram NH₄NO₃; 0,17 gram K₂HPO₄ en 0,17 gram K₂SO₄.

Resultaten

Laboratoriumonderzoek

Uit tabel 1 blijkt dat Fe-DTPA, toegevoegd aan een samengestelde meststof met Cu, Mn en Zn in sulfaatvorm, voor een belangrijk deel zijn stabiliteit verliest als de meststof wordt opgelost in water. Van het toegevoegde en gegarandeerde gehalte van 0,09 % oplosbaar Fe werd slechts 7,8 % teruggevonden. Dit is het gevolg van uitwisseling met andere metaal-ionen in de samengestelde meststof, waardoor het ijzer neerslaat. Bij toe-

pH-H₂O 6,3/4,7
mate van Fe-gebrek
23-5-'80



pH-H₂O 6,5/5,4

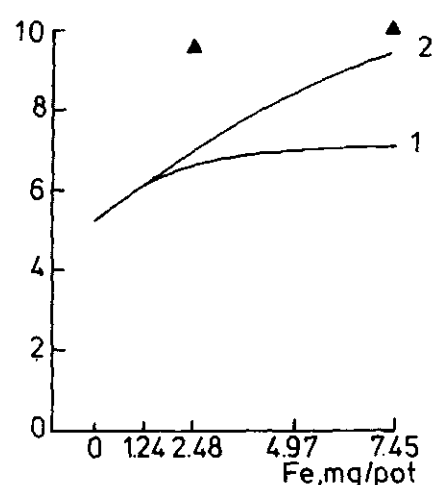


Fig. 1

Effect van Fe-chelaten op de mate van Fe-gebrek van *Chamaecyparis* op turfstrooisel bij verschillende pH (10 is geen Fe-gebrek, 1 is zéér ernstig Fe-gebrek).

1 = Fe-DTPA (samengestelde meststof)

2 = Fe-DTPA (enkelvoudige meststof)

▲ = Fe-EDDHA (enkelvoudige meststof)

pH-H₂O 6,3/4,7 betekent 6,3 bij aanvang en 4,7 na de oogst

voeging van Fe in de vorm van Fe-EDTA, Fe-EDDHA en Fe-HEEDTA liggen deze gehalten op respectievelijk 77,8, 74,4 en 32,2 %. Uit deze cijfers blijkt dat vooral Fe-EDTA en Fe-EDDHA veel stabiel zijn bij aanwezigheid van andere kationen onder deze omstandigheden.

Uit tabel 2 blijkt dat het stabiliteitsverlies van Fe-DTPA voor een

belangrijk deel het gevolg is van de aanwezigheid van Cu, in de vorm van CuSO₄·5H₂O aan de meststof toegevoegd. Toediening van opklimmende hoeveelheden Cu aan Fe-DTPA geeft een aanzienlijke verlaging van het in water oplosbare Fe. Bij een hoeveelheid Cu, die overeenkomt met die in de meststof, is dit zelfs 77 %. Bij Fe-EDTA en Fe-EDDHA is dit respectievelijk 14 en 21 %. De competitie met Mn en Zn is van minder betekenis. Bij een gecombineerde toediening van deze metalen blijken door uitwisseling verliezen aan oplosbaar Fe op te treden van 11, 10 en 5 % voor respectievelijk Fe-DTPA, Fe-EDTA en Fe-EDDHA (niet afgebeeld).

Door verdubbeling van de hoeveelheid Fe-DTPA in de meststof wordt ongeveer eenzelfde gehalte aan totaal in water oplosbaar en chelaatgebonden Fe gevonden als met de enkele hoeveelheid Fe-EDTA en Fe-EDDHA (vergelijk de tabellen 1 en 3).

Tabel 2 Effect van toediening van Cu²⁺-ionen op het in water oplosbare gehalte aan ijzer na toevoeging van verschillende Fe-chelaten

Hoeveelheid toegevoegde Cu ²⁺ -ionen als CuSO ₄ ·5H ₂ O in mg	In water oplosbaar Fe in % van toegevoegd Fe-DTPA	In water oplosbaar Fe in % van toegevoegd Fe-EDTA	In water oplosbaar Fe in % van toegevoegd Fe-EDDHA
0	100	100	100
0,24	84,4	95,6	86,7
0,48	68,7	93,2	84,6
0,72	52,7	89,0	82,9
0,96	42,8	87,5	82,0
1,20	23,4	85,7	78,6

Tabel 3 Totaal in water oplosbaar en chelaat-gebonden ijzer in samengestelde meststoffen waaraan verschillende hoeveelheden Fe-DTPA zijn toegevoegd

Samengestelde meststof	Totaal in water oplosbaar Fe in %	Chelaat-gebonden Fe in %	Chelaat-gebonden Fe in % van toegevoegd
Met 0,09% Fe als Fe-DTPA	0,008	0,007	7,8
Met 0,18% Fe als Fe-DTPA	0,068	0,062	34,4

Potproevenonderzoek

Proef 1: *Chamaecyparis lawsoniana* 'Alumii'

Het effect van de verschillende meststoffen op het optreden van Fe-gebrek is weergegeven in figuur 1. Bij

vergelijkbare hoeveelheden is de Fe-werking van Fe-DTPA als enkelvoudige meststof duidelijk beter dan na incorporatie in de samengestelde meststof. Bij de enkelvoudige meststof werd de basisbemesting aan Cu, Mn en Zn, evenals bij de samengestelde meststof, in sulfaatvorm toegediend. Het beste resultaat werd echter verkregen met Fe-EDDHA.

Proef 2: *Chamaecyparis lawsoniana* 'Alumii'

Op basis van de samenstelling van de meststof in proef 1 werden vier produkten getoetst, waaraan het Fe werd toegevoegd als Fe-DTPA, Fe-EDDHA, Fe-EDTA of Fe-HEEDTA. Voor de analyses van deze meststoffen wordt verwezen naar tabel 1. Uit tabel 4 blijkt dat er geen Fe-gebrek werd geconstateerd als het Fe in de vorm van Fe-EDDHA aan de samengestelde meststof was toegevoegd. Bij beide pH-niveaus werd Fe-gebrek geconstateerd als het Fe werd geïncorporeerd als Fe-DTPA en Fe-HEEDTA. Omdat Fe-EDTA bij hogere pH (> 6) zijn stabiliteit verliest, werd ook bij toevoeging van dit chelaat aan de meststof bij hoge pH Fe-gebrek waargenomen.

Proef 3: *Chamaecyparis lawsoniana* 'Alumii'

Verdubbeling van de hoeveelheid Fe-DTPA (dat wil zeggen 0,18 % Fe) in de samengestelde meststof gaf een aanzienlijke stijging van het gehalte aan in water oplosbaar en chelaatgebonden Fe (zie tabel 3). In figuur 2 wordt het effect van de samengestelde meststof met 0,09 % Fe op het optreden van Fe-gebrek vergeleken met dat van de samengestelde meststof met 0,18 % Fe in de vorm van Fe-DTPA. Hieruit blijkt dat door een dergelijke verdubbeling van het ijzergehalte de meststof vijf maal zo effectief werkt.

Discussie

Uit resultaten van het onderzoek blijkt dat Fe-DTPA in een samengestelde meststof zijn stabiliteit verliest bij aanwezigheid van kopersulfaat. Door uitwisseling van Fe³⁺ tegen Cu²⁺-ionen wordt Cu-DTPA gevormd. Door verdubbeling van de hoeveel-

heid Fe-DTPA in deze meststof (0,09 naar 0,18 % Fe) kon bij toediening aan turfstrooisel Fe-gebrek worden voorkomen. Een andere mogelijkheid is vervanging van Fe-DTPA door Fe-EDDHA. Dit chelaat is veel stabielier ten opzichte van Cu²⁺-ionen. Het zou echter tot gevolg hebben dat, evenals bij verdubbeling van de hoeveelheid Fe-DTPA, de prijs van de meststof aanzienlijk zou stijgen. De meest praktische oplossing lijkt daarom een vervanging door Fe-EDTA, dat, evenals Fe-EDDHA, vrij stabiel is ten opzichte van Cu²⁺-ionen Weliswaar is Fe-EDTA minder stabiel bij hogere pH van de grond (> 6), maar de meeste sierteeltgewassen worden gekweekt bij lagere pH-waarden.

In de in dit onderzoek getoetste samengestelde meststof is inmiddels Fe-DTPA vervangen door Fe-EDTA.

Samenvatting en conclusies

In laboratoriumonderzoek werd het chemisch gedrag van Fe-chelaten bestudeerd, na incorporatie in een samengestelde meststof. Het onderzoek werd afgerond met drie potproeven om de Fe-werking in de praktijk te verifiëren. De meststof bevat 0,09 % Fe als Fe-DTPA; 0,12 % Cu; 0,16 % Mn en 0,04 % Zn als sulfaten. In deze samenstelling was de Fe-werking van de meststof onvoldoende om Fe-gebrek volledig te voorkomen. Vervanging van Fe-DTPA door Fe-EDDHA bleek afdoende om Fe-gebrek bij *Chamaecyparis lawsoniana* 'Alumii' bij beide kalktoestanden (pH-H₂O 6,3/4,8 en 6,5/5,8) te voorkomen. Door de geringere stabiliteit van Fe-EDTA bij hoge pH (> 6) werden voor dit chelaat alleen bij pH-H₂O > 6 goede resultaten

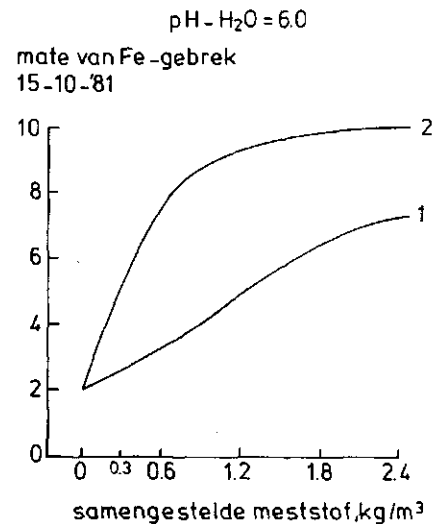


Fig. 2
Effect van Fe-DTPA in een samengestelde meststof op de mate van Fe-gebrek van *Chamaecyparis* op een potgrond (10 is geen Fe-gebrek, 1 is zéér ernstig Fe-gebrek).

1 = Samengestelde meststof met Fe-DTPA (0,09% Fe)
2 = Samengestelde meststof met Fe-DTPA (0,18% Fe)

bereikt. Uit laboratoriumonderzoek bleek dat, door de sterke competitie tussen Cu en Fe, Fe-DTPA snel zijn stabiliteit verliest. Fe wordt grotendeels vervangen door Cu, waardoor het neerslaat en niet meer beschikbaar is voor de plant. Fe-EDDHA en Fe-EDTA zijn wat dit betreft veel stabielier bij aanwezigheid van Cu²⁺-ionen.

Literatuur

Boxma, R. (1979). Analysis of iron chelates in commercial iron fertilizers by gel chromatography. Z. pflanzenern. Bodenkd. 142: 824-835.

Tabel 4 Effect van verschillende Fe-chelaten, toegevoegd aan een samengestelde meststof, op de mate van Fe-gebrek in *Chamaecyparis* op turfstrooisel (10 is geen gebrek, 1 is ernstig gebrek)

Samengestelde meststof	Cijfer voor Fe-gebrek (10 is groen, 1 is geel)	
	pH-H ₂ O 6,3/4,8*	6,5/5,8*
Met Fe-DTPA	9,0	7,7
Met Fe-EDTA	9,5	8,2
Met Fe-EDDHA	10,0	10,0
Met Fe-HEEDTA	8,5	7,2

* Bij start proef/na de oogst (1 jaar later)