

Notitie betreffende het belang van borium in maïs

Dr. ir. G. H. Ros en ir. D. J. den Boer, Nutriënt Management Instituut NMI

oktober 2011

1.0 Inleiding

Borium is een essentieel sporelement voor maïsteelt. Het is daarmee een element dat noodzakelijk is voor een goede gewasgroei en gewaskwaliteit. Een goede boriumvoorziening zorgt voor celstevigheid, optimale fosforopname, en een goede vruchtzetting. Omdat borium relatief eenvoudig uit de bodem verdwijnt (uitspoeling), vindt in de praktijk vaak een boriumbemesting plaats. Borium kan worden aangevoerd via dierlijke mest, mengmeststoffen met B en borium spuitmeststoffen. Door afnemende dierlijke mestgiften en mogelijk het verdwijnen van (fosfaat) rijenbemesting in snijmaïs zal de aanvoer van borium afnemen. Het is op dit moment onduidelijk of deze afnemende B gift zal leiden tot een boriumtekort in maïsteelt. De Commissie Bemesting van Grasland en Voedergewassen (CBGV) heeft het NMI gevraagd om in een korte notitie in te gaan op deze problematiek, met speciale aandacht voor de huidige boriumsituatie in maïspcelen in Nederland.

Deze notitie geeft een overzicht van het nut en belang van boriumbemesting in maïsteelt, inventariseert de ontwikkeling van de boriumtoestand op maïsland en de mogelijkheden om borium te bemesten bij maïsteelt. Ook wordt het huidige boriumadvies geëvalueerd.

2.0 Borium in maïsteelt: functie en gewasbehoefte

Een belangrijke functie van borium is het creëren van celstevigheid; het stimuleert de celdeling, celgroei, de bloei en de vruchtzetting. Borium beïnvloedt het suikertransport door de plant en heeft daardoor direct invloed op de groei en nutriëntenopname van het gewas. Het boriumgehalte in het gewas hangt af van de aanbod van borium, het groeistadium van het gewas en het gedeelte van de plant (blad, kolf, wortel). De hoogste boriumgehalten worden gemeten in het blad. Voor de meeste gewassen is een boriumconcentratie tussen 20 en 100 mg kg⁻¹ voldoende voor een optimale groei (Gupta et al., 1985). Een maïsplant bevat voldoende borium als het boriumgehalte varieert tussen 5 en 25 mg kg⁻¹ (Burema & Bussink, 2003). Bij een gehalte lager dan 5 mg kg⁻¹ wordt een gebrek verondersteld en boriumgehalten hoger dan 30 mg kg⁻¹ kunnen toxisch zijn (Reuter & Robinson, 1986). Een gebrek aan borium komt vooral tot uiting in een slechte kolfontwikkeling en korrelzetting (Smilde & Van Luit, 1985). Een boriumtekort verslechtert bovendien de efficiëntie van fosfaat. Bij lage fosfaatgiften is dus extra aandacht nodig voor de hoeveelheid B in de bodem (Burema & Bussink, 2003). Het gemiddelde boriumgehalte in snijmaïs ligt in Nederland rond de 10 mg kg⁻¹ droge stof (CBGV, 2002). Dit betekent dat bij een opbrengst van 16.5 ton ha⁻¹ er ca 165 g borium ha⁻¹ wordt opgenomen door het gewas. Bij een opbrengst van 20 ton is er een gewasopname van 200 g B ha⁻¹.



2.1 Beschikbaarheid van borium in de bodem

Het boriumgehalte in de bodem kan variëren van 1 tot 270 mg kg⁻¹ grond (Lindsay, 1991). Een groot gedeelte hiervan is (afhankelijk van bodemtype en ontstaansgeschiedenis) aanwezig in minerale vorm (niet beschikbaar) of geadsorbeerd aan ijzer- en aluminium(hydr)oxiden, organische stof, kleimineralen en calcië (Wattel-Koekoek & Bussink, 2003). Gegevens over de B-concentratie in de bodemoplossing zijn schaars, maar uit de literatuur blijkt dat deze kan variëren tussen 1 en 100 µmol l⁻¹ (100 µmol l⁻¹ ~ 1 mg l⁻¹ ~ 0,2 mg kg⁻¹ grond; Barber, 1984; Lindsay, 1991). Voor Nederlandse gronden zijn hierover geen gegevens bekend. Borium in de bodemoplossing komt voornamelijk voor in de vorm van B(OH)₃ en in deze vorm wordt het ook door de plantenwortels opgenomen. Wanneer de borium-concentratie in oplossing daalt, bijvoorbeeld door opname door het gewas, gaat een deel van het gebonden B terug in oplossing en stelt zich een nieuw evenwicht in tussen geadsorbeerd B en B in oplossing. Bij normale bodem pH (pH 4-7) en B-concentraties in de bodemoplossing is de hoeveelheid geadsorbeerd borium klein (Wattel-Koekoek & Bussink, 2003).

Belangrijke factoren die de beschikbaarheid van borium beïnvloeden zijn vochtgehalte, organische-stof-gehalte, kleigehalte en pH (Wattel-Koekoek & Bussink, 2003). **Droogte** leidt tot een afnemende beschikbaarheid, door een afname in het transport naar de wortel van het gewas. Het effect van lage vochtgehalten wordt versterkt door het feit dat boriumgebrek de wortelgroei beperkt (Fageria et al., 2002). **Organische stof** kan borium bufferen en daarmee nalevering geven. Wanneer weinig organische stof aanwezig is, wordt borium niet of nauwelijks geadsorbeerd, wat resulteert in een hoge uitspoeling en een lage beschikbaarheid voor de plant. Het percentage **klei** beïnvloedt op twee manieren de hoeveelheid beschikbaar borium. Kleimineralen kunnen borium adsorberen en hierdoor een bufferrol vervullen. Minstens zo belangrijk is dat de bodemtextuur van invloed is op de vochthuishouding: kleigronden kunnen beter vocht vasthouden dan zandgronden. Een hoge **pH** en een hoge concentratie Ca en Mg in de bodem kan leiden tot beperking van de hoeveelheid borium in de plant door een verhoogde adsorptie van borium aan bodemdeeltjes.

Boriumgebrek komt voornamelijk voor op zand en dalgronden (Tabel 1). Speciaal in jaren waarin perioden met overvloedige regenval gevolgd wordt door droogte kan boriumgebrek ernstige vormen aannemen (Bakker, 1981).

Samengevat, de volgende gronden zijn gevoelig voor boriumgebrek:

- i) gronden die last hebben van droogte,
- ii) gronden met een pH lager dan 4 of hoger dan 6, en
- iii) gronden met een laag gehalte aan organische stof en klei.



2.2 Boriumgehalten en B-concentraties in Nederlandse maïspcelen

De hoeveelheid borium dat beschikbaar kan komen voor plantopname wordt in Nederland geschat met behulp van een extractiemethode met heet water (Van Dijk, 2003): de waardering voor de boriumtoestand wordt daarom uitgedrukt in mg wateroplosbaar B kg⁻¹ grond. Recent (2004) heeft Blgg de PAE methode ontwikkelt waarbij de hoeveelheid borium wordt gemeten met behulp van een CaCl₂ extractie. Het geëxtraheerde borium bevat voor beide methodes al het borium dat in de bodemoplossing aanwezig was en een gedeelte van het geadsorbeerde B.

Uit een recente analyse van de boriumgehalten (gemeten gedurende de periode januari 2009 tot december 2010) in continu maïs percelen in Nederland blijkt dat circa 8% van de kleigronden en 60% van de zandgronden een boriumgehalte heeft lager dan 0.29 mg kg⁻¹ (Tabel 1). De gemiddelde boriumconcentratie over alle percelen ligt rond de 0.32 mg kg⁻¹. De waardering van het boriumgehalte in kleigronden is over de afgelopen 10 jaar vrijwel niet veranderd: 85 tot 94% valt in de klasse 'goed' (Bijlage 1, tabel 1 en tabel 2). De waardering van het boriumgehalte in zandgronden daarentegen laat een geleidelijke afname zien in de afgelopen 10 jaar. Het percentage percelen dat in de klasse 'zeer laag' tot 'laag' aanwezig is, is toegenomen van 44% in 2000 (Bijlage 1, tabel 1) tot 60% in 2009-2010 (Tabel 1). Dit heeft als consequentie dat de nalevering van borium uit de bodem daalt, en dat op dit moment de meeste zandgronden volgens het advies een aanvullende boriumbemesting nodig hebben.

Tabel 1. Frequentieverdeling van boriumgehalten in Nederlandse maïspcelen, gedifferentieerd naar grondsoort en borium waardering conform bemestingsadvies, gebaseerd op metingen in het jaar 2009-2010.

Waardering	B-gehalte (mg kg ⁻¹)	Hoeveelheid percelen (%)			
		Dekzand (n = 4886)	Kleigrond (n = 261)	Dalgrond (n = 108)	Overig (n = 54)
Zeer laag	< 0,20	25	1	9	2
Laag	0.20 – 0,29	35	7	24	8
Vrij goed	0.30 – 0,35	18	6	19	6
Goed	> 0,35	23	85	47	85



2.3 Borium bemestingsadvies

Afhankelijk van het boriumgehalte in de bodem, wordt een jaarlijkse gift van 0 tot 0,75 kg B ha⁻¹ per jaar geadviseerd (Tabel 2.). Het bemestingsadvies voor borium is onafhankelijk van de grondsoort, en voornamelijk gebaseerd op onderzoek dat in de jaren 50-70 is uitgevoerd in suikerbieten (Van Luit & Smilde, 1969).

Tabel 2. Waardering boriumtoestand en bemestingsadvies voor maïs.

B gehalte, mg B kg ⁻¹	waardering	Adviesgift, kg B ha ⁻¹		
		vloeibaar meststof bouwland & voedergewassen	vaste meststof bouwland	vaste meststof voedergewassen
< 0,2	zeer laag	0,4*	1,5	0,75
0,2 – 0,29	laag	0,3	1,0	0,5
0,3 – 0,35	vrij goed	0,2	0,5	0,25
> 0,35	goed	0,1	0	0

*(bij voorkeur in twee keer toedienen)

Er zijn een aantal kleine verschillen tussen de adviezen gegeven in de Adviesbasis voor Grasland en Voedergewassen (CBGV, 2002) en de Adviesbasis Akkerbouw en Vollegrondsgroentegewassen (Van Dijk & Van Geel, 2010). Het boriumadvies gegeven in Handboek Snijmaïs (Van Schoten et al., 2010) volgt het Advies voor Grasland en Voedergewassen. Een overzicht van de belangrijkste overeenkomsten en verschillen tussen de adviezen is weergegeven in tabel 3.

Tabel 3. Overeenkomsten en verschillen in boriumadviesering tussen bestaande adviezen

Aspect	Adviesbasis Akkerbouw	Adviesbasis grasland
Adviesgift (kg B ha ⁻¹)	0 – 1,5 (hoog) 0 – 0,4 (laag)	0 – 0,75 (hoog) 0 – 0,4 (laag)
Lage gift bij:	Vloeibare meststoffen en B - mengmeststoffen	Vloeibare meststoffen
Hoge gift bij:	Moeilijk verdeelbare vaste meststoffen	Vaste meststoffen
Regelmaat	Jaarlijks	Jaarlijks
Differentiatie vloeibaar	N.v.t. (mogelijk impliciet door een maximum op vloeibare B gift)	Verschil blad en bodem meststof
Dierlijke mest	In mindering brengen op advies	In mindering brengen op advies
Aandachtspunt	Nauwe bandbreedte Bladbespuiting bij gebrek (bij overige gewassen)	Nauwe bandbreedte Bladbespuiting aanbeveling: 0,2 kg B ha ⁻¹

De volgende aspecten worden als opmerking aan het advies toegevoegd:

- Het advies geldt alleen voor bieten, maïs, luzerne, koolrapen, knolselderij, bloemkool, broccoli en peen (andere gewassen niet met borium bemesten). Voor andere gewassen kan bij



optredend boriumgebrek een bladbespuiting worden uitgevoerd met een gift van $0,2 \text{ kg ha}^{-1}$ (Van Dijk & Van Geel, 2010).

- De geadviseerde boriumgiftten zijn voldoende voor een periode van één jaar. Een voorraadbemesting voor meer dan twee jaren is niet mogelijk, omdat borium gemakkelijk uitspoelt (CBGV, 2002; Van Dijk & Van Geel, 2010).
- Bij te hoge boriumgiftten kan schade optreden. Dit gevaar is het kleinst bij een jaarlijkse boriumbemesting (CBGV, 2002; Van Dijk & Van Geel, 2010).
- De kans op boriumgebrek is het grootst bij droogte en een te hoge pH (CBGV, 2002; Van Dijk & Van Geel, 2010).
- Mest bevat circa 4 gram borium per ton. Het met de mest gegeven borium kan in mindering worden gebracht op de geadviseerde gift (CBGV, 2002; Van Dijk & Van Geel, 2010). Met dierlijke mest wordt vaak voldoende borium aangevoerd om voor de boriumonttrekking te compenseren. De boriumonttrekking van maïs bedraagt jaarlijks ca 150 g ha^{-1} (CBGV, 2002; Van Dijk & Van Geel, 2010).
- Aandachtspunt bij gebruik van vaste boriummeststoffen is een homogene verdeling over het perceel (Van Dijk & Van Geel, 2010).

De belangrijkste verschillen zijn:

- vaste B - houdende mengmeststoffen vallen bij het advies Akkerbouw onder het lage advies, terwijl dat niet het geval is bij Adviesbasis Grasland en het daarvan afgeleide Handboek maïs.
- Het advies voor een vaste meststof is bij Adviesbasis Akkerbouw 2x hoger in vergelijking met Adviesbasis Grasland.

Gebaseerd op de bovenstaande analyse wordt een nieuw boriumadvies voorgesteld dat gebruikt zal worden in zowel de Adviesbasis voor Grasland en Voedergewassen als de Adviesbasis voor Akkerbouw en Vollegroondsgroentegewassen (zie paragraaf 4).

2.4. Toediening(s mogelijkheden) van borium in maïs

Omdat borium in geringe mate door de bodem wordt nageleverd, en in lage concentraties in de bodemoplossing aanwezig is, moet het met bemesting worden aangevoerd. Borium kan worden aangevoerd via dierlijke mest, mengmeststoffen met B en via borium-spuitmeststoffen.

Dunne rundermest bevat ongeveer 3,6 tot 3,8 gram borium per ton (Van Dijk & Zwanepol, 1993) en in varkensmest zit circa 3 tot 6 gram borium per ton (Smilde & Van Luit, 1985). Recente gegevens over boriumgehalten in dierlijke mest zijn helaas niet beschikbaar. Ook is niet bekend in welke vorm B voornamelijk aanwezig is in de mest. Uitgaande van een gemiddeld gehalte van 3.7 mg



kg^{-1} , kan 45 ton dunne rundermest ha^{-1} de gemiddelde borium onttrekking van snijmaïs compenseren ($\sim 165 \text{ g B ha}^{-1}$). Voor een productie van 20 ton ds ha^{-1} zou 55 ton dunne rundermest nodig zijn. Het is echter onduidelijk in welke mate het toegediende borium ook beschikbaar is voor het gewas. Een studie van Eghball et al. (2002) suggereert dat op basis van een chemische analyse minder dan 40% van het aanwezige borium beschikbaar is voor gewassen, maar details over de gebruikte analyse ontbreken. Omdat hoge dierlijke mestgiften (mestsoort niet bekend) kunnen leiden tot boriumtoxiciteit (Martens & Westermann, 1991; Nikoli & Matsi, 2011), mogen we aannemen dat het aanwezige borium (gedeeltelijk) beschikbaar is voor gewasopname. Dit kan ook verklaren waarom toediening van borium geen effect had op de gewasopbrengst en gewaskwaliteit van maïs wanneer de percelen waren bemest met 50 ton ($\approx 225 \text{ g B/ha}$) varkensdrijfmest (Smilde & Luit, 1985).

Omdat borium gemakkelijk uitspoelt, wordt een aanvullende boriumbemesting via kunstmeststoffen vaak uit voorzorg aanbevolen, in het bijzonder wanneer het gehalte in de bodem lager is dan $0,3 \text{ mg kg}^{-1}$ (Smilde & Luit, 1985). Minerale meststoffen die borium bevatten zijn aanwezig in vloeibare en vaste vorm (mengmeststoffen), waarbij de vloeibare meststoffen kunnen worden toegepast via bodem- en bladbespuiting. Er zijn verschillende mengmeststoffen beschikbaar die borium bevatten. Dit zijn o.a. maïsmest zwavel (0.2%B), maïsmest FF (0.2%B) en ASS+B (0.2%B). Naast deze vaste maïsmeststoffen zijn er ook vloeibare mengmeststoffen (5-10% B) beschikbaar (zie www.meststoffen.nmi-agro.nl). Vaste mengmeststoffen worden normaliter in de rij toegepast.

2.5 Bemestingsstrategieën en praktische adviezen

In de praktijk zijn er verschillende methoden gangbaar voor het toedienen van de dierlijke mest en de kunstmest.

- Dierlijke mest breedwerpig en kunstmest in de rij
- Dierlijke mest in de rij gelijktijdig met het zaaien van de maïs
- Dierlijke mest in de rij met GPS en later zaaien van de maïs en kunstmest in de rij

Dierlijke mest breedwerpig

Bij een gebruiksnorm van $60 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ kan nog 40 m^3 rundveemest worden toegediend. Met een gift van 40 wordt circa 150 g B ha^{-1} gegeven. Dit betekent dat de te geven B-gift verminderd kan worden met $0,15 \text{ kg B ha}^{-1}$. Bij een bodemclassificatie 'vrij goed' tot 'goed' is dan geen extra B gift nodig. Voor percelen met een boriumwaardering 'zeer laag' tot 'laag' is nog een aanvullende gift nodig van $0,15$ tot $0,25 \text{ kg B ha}^{-1}$. Dit extra borium kan eenvoudig worden toegediend via een boriumhoudende mengmeststof. Er zijn verschillende rijenmeststoffen zonder fosfaat in de handel met aanvullend B en met en zonder S. Een paar voorbeelden.



- Maïsmest zwavel 23N – 0P – 25SO₃ – 0,2B
- Maïsmest 24N – 0P – 0,2B
- ASS + B 26N – 0P – 0,2B

Als rijenmeststof zonder B kan ASS of KAS worden gebruikt.

Met een gift van 40 m³ rundveemest wordt $40 * 4.1 * 0.65 = 107$ kg werkzame N gegeven. Het bemestingsadvies voor stikstof ligt rond de 150 kg N ha⁻¹ (N advies = 180 – Nmin – N nalevering).

Er is dan een aanvulling nodig van ruim 40 kg N ha⁻¹. Met een veel toegepaste gift van 150 kg maïsmest in de rij wordt dan 45 kg werkzame N gegeven en 0,3 kg B ha⁻¹. Het totale aanbod van borium uit dierlijke mest en kunstmest bedraagt dan $0,3 + 0,15 = 0,45$ kg B ha⁻¹. Hiermee wordt ruim aan het boriumadvies voldaan. Wanneer geen extra boriumbemesting nodig is kan gebruik worden gemaakt van ASS of KAS.

Dierlijke mest in de rij gelijktijdig met het zaaien van de maïs

Bij rijenbemesting met drijfmest kan zo'n 35-40 m³ ha⁻¹ worden toegediend. Met een gift van 35 m³ rundveemest ha⁻¹ wordt circa 130 g B ha⁻¹ toegediend. Deze gift kan in mindering worden gebracht op de geadviseerde B gift. Voor percelen met een boriumwaardering 'vrij goed' tot 'goed' is dan geen extra borium nodig. Percelen met een boriumwaardering 'laag' tot 'zeer laag' kunnen breedwerpig bemest worden met een boriumhoudende mengmeststof.

Met 35 m³ rundveemest ha⁻¹ wordt zo'n 117 kg werkzame N ha⁻¹ gegeven. Er is dan een aanvulling nodig met circa 35 kg N ha⁻¹. Dit kan door 150 kg maïsmest breed toe te dienen. Ook nu wordt voldoende borium gegeven om volgens het advies te bemesten. Het totale B aanbod komt uit op $0,13 + 0,3 = 0,43$ kg B ha⁻¹. Wanneer geen extra boriumbemesting nodig is kan weer gebruik worden gemaakt van ASS of KAS.

Dierlijke mest in de rij met GPS en later zaaien van de maïs en kunstmest in de rij

Wanneer 35 m³ rundveemest met GPS in de rij wordt toegediend kan later bij het zaaien van de maïs weer rijenbemesting met kunstmest plaatsvinden. De aanvullende bemesting met 35N in de rij kan door 100 of 150 kg maïsmest in de rij te geven. Hiermee wordt dan 30 of 45 kg werkzame N gegeven en 0,2 of 0,3 kg B ha⁻¹. De totale B-bemesting is dan $0,13 + 0,2$ of $0,3 = 0,33$ of $0,43$ kg B ha⁻¹.

Bladbespuiting

Indien geen boriumhoudende kunstmeststoffen zijn gegeven, dan kan ook een bladbespuiting worden gegeven op het moment dat er visuele symptomen van boriumtekort optreden. Als borium via bladbespuiting moet worden toegediend, dan wordt aanbevolen om in het 8 á 9 bladstadium te



spreiden met $0,2 \text{ kg B ha}^{-1}$. Deze mogelijkheid kan overigens ook preventief worden uitgevoerd. In de praktijk (veehouderij) wordt echter vrijwel geen bladbespuiting uitgevoerd.

Aansluitende opmerkingen

Boriumhoudende mengmeststoffen en vloeibare boriummeststoffen kunnen met een goede verdeling worden toegediend. Voor vaste boriumhoudende meststoffen is dat niet het geval, waardoor een hogere gift nodig is. Toediening van oplosbare B-meststoffen dichtbij de plant verhoogt het risico van toxiciteit, omdat de waarden voor voldoende en toxische B-gehalten in het gewas niet zover uit elkaar liggen (Burema & Bussink, 2003). Gebruik van vloeibare B-meststoffen of meststoffen die water oplosbaar B bevatten, moet bij voorkeur niet plaatsvinden onder natte omstandigheden om mogelijke verliezen te voorkomen.

2.6 Hoe accuraat is het huidige boriumadvies?

Het laagste boriumgehalte in dekzandgronden (in de periode 2009-2010) was $0,17 \text{ mg}$ wateroplosbaar B kg^{-1} grond, wat overeenkomt met een hoeveelheid beschikbaar borium van circa 740 g B ha^{-1} . De hoeveelheid borium die beschikbaar kan komen uit de bodem en uit dierlijke mest (§2.4) is daarmee voldoende om de boriumonttrekking van maïs ($165\text{-}200 \text{ g ha}^{-1}$) te compenseren. Het huidige B-advies bij $< 0,35 \text{ mg B per kg grond}$ (~ 400 tot $\sim 750 \text{ g B ha}^{-1}$, afhankelijk van de toedieningsmethode) heeft daarmee, als alle borium uit de mest en de geëxtraheerde B uit de bodem werkelijk beschikbaar zijn voor het gewas, een preventief karakter en compenseert voor B-verliezen door uitspoeling.

Het huidige boriumadvies is gebaseerd op veldproeven in suikerbieten (met een hogere B vraag) waarbij geen dierlijke mest is toegediend (Van Luit & Smilde, 1969). Dit roept de vraag op of het hiervan afgeleide borium bemestingsadvies direct toepasbaar is voor maïsteelt. Veldexperimenten (en potexperimenten) met maïs in de jaren 60 en 70 op borium arme zandgronden lieten bijvoorbeeld geen effect zien van borium op de drogestofopbrengst en voederwaarde van maïs (Smilde & Luit, 1985). Gegevens van recentere veldproeven in Nederland zijn helaas niet beschikbaar. Er zijn in het verleden enkele studies uitgevoerd in het buitenland die de door Smilde en Luit gemelde resultaten lijken te ondersteunen (Touchton & Boswell, 1975; Jin et al., 1988; Jahiruddin et al., 2001). In contrast hiermee staan echter meerdere experimenten waar boriumbemesting een significante toename liet zien in maïsofbrengst: 10% in Zimbabwe, 26% in India, 10% in Zwitserland, 9% in China, en 10% in de USA (geciteerd in Lordkaew et al., 2010; Nikoli & Matsi, 2011). Onduidelijk is in welke mate deze verschillende resultaten samenhangen met de gegeven boriumgift, het gewasstadium en het geanalyseerde gewasdeel, de bemestingsgeschiedenis, de weersomstandigheden, en bodemeigenschappen. Gezien deze tegenstrijdige resultaten is het op dit moment onduidelijk of en in welke mate een borium bemesting noodzakelijk is.



Het huidige borium-bemestingsadvies geldt voor alle grondsoorten. Omdat textuur en organische stof een grote invloed hebben op de beschikbaarheid van borium (§2.1 en 2.2) is het mogelijk om het huidige advies te verfijnen naar grondsoort. Ter vergelijking: het boriumadvies in Duitsland wordt gedifferentieerd naar pH en textuur (Lüth, 2010, Bijlage 2).

3. Conclusies

Boriumgebrek komt vooral voor op zandgronden met lage organische stof gehalten, maar het kan ook voorkomen op löss- en dalgronden. Het wordt versterkt bij lage (pH < 4) of juist hoge pH (pH > 6, o.a. vlak na bekalking) in combinatie met droogte. Het risico van een borium tekort in Nederlandse maïsteelt neemt toe door

- 1) een dalend gebruik van dierlijke mest en kunstmeststoffen,
- 2) een daling van het organische stof in landbouwgronden,
- 3) een dalend boriumgehalte in de bodem, met name in zandgronden (dus minder nalevering),
- 4) een toenemende ds productie, en
- 5) een toenemende neerslag-intensiteit.

Deze ontwikkelingen suggereren dat er een boriumtekort kan ontstaan, met name in zandgronden. Omdat borium in geringe mate door de bodem wordt nageleverd, en in lage concentraties in de bodemoplossing aanwezig is, moet het met bemesting worden aangevoerd. Borium kan worden aangevoerd via dierlijke mest, (meng)meststoffen met B en via borium-spuitmeststoffen. Het aanbod van borium uit dierlijke mest en de bodem is veelal voldoende om de onttrekking door het gewas te compenseren. Onvoldoende duidelijk is in hoeverre alle borium uit de mest en de geëxtraheerde B uit de bodem werkelijk beschikbaar zijn voor het gewas. Om deze reden en omdat borium gemakkelijk uitspoelt, wordt een aanvullende boriumbemesting via kunstmeststoffen aanbevolen, in het bijzonder wanneer het gehalte in de bodem lager is dan $0,3 \text{ mg kg}^{-1}$. Meer informatie over boriumgehalten in mest en de beschikbaarheid ervan voor maïs moet echter duidelijk maken of deze aanvullende B-bemesting ook noodzakelijk is.

4. Aanbevelingen en aandachtspunten:

Algemeen

- De B-toestand van de bodem is de laatste jaren achteruit gegaan, met name voor dekzandgronden.
- Hoewel de aanvoer van B via dierlijke mest en via de bodem voldoende zijn om de onttrekking te compenseren, is het niet zeker of al dit B ook opgenomen kan worden door het gewas. Daarom



verdient het vooralsnog aanbeveling een aanvullende bemesting met B overeenkomstig het advies uit te voeren.

- Vooral zandgronden hebben een lage buffercapaciteit voor borium. In combinatie met een beperkte vochtvoorziening is hier het risico van boriumgebrek het hoogst. Naast een adequate B-bemesting is het daarom belangrijk om de organische stof voorziening van de grond op peil te houden of te verhogen.
- Het is aan te bevelen om een grondanalyse voor borium pas in het voorjaar uit te voeren (voorafgaande aan de teelt) in verband met het uitspoelingsrisico.

Voorstel vernieuwd Boriumadvies

Geadviseerd wordt om de huidige adviezen in de Adviesbasis voor Grasland en Voedergewassen en de Adviesbasis voor Akkerbouw en Vollegrondsgroentegewassen te vervangen met het hieronder weergegeven advies. Dit advies geldt voor alle grondsoorten.

Tabel 1. Waardering boriumtoestand en bemestingsadvies

B gehalte, mg B kg ⁻¹	waardering	Adviesgift, kg B ha ⁻¹
< 0,2	zeer laag	0,4
0,2 – 0,29	laag	0,3
0,3 – 0,35	vrij goed	0,2
> 0,35	goed	0,0

Met de volgende opmerkingen:

- Het borium advies geldt alleen voor bieten, maïs, luzerne, koolrapen, knolselderij, bloemkool, broccoli en peen (andere gewassen niet met borium bemesten). Let wel, bij borium is sprake van een nauwe bandbreedte van het optimale B-gehalte in de grond. Bij te hoge boriumgiften kan schade optreden als gevolg van boriumtoxiciteit.
- Het borium advies geldt voor één jaar. Een voorraadbemesting voor een aantal jaren is niet mogelijk omdat borium gemakkelijk uitspoelt.
- Borium dat gegeven wordt met dierlijke mest (mest bevat circa 4 gram B per ton) kan in mindering worden gebracht op de in tabel 1 vermelde gift.
- Indien nodig kan een aanvullende boriumgift worden gegeven via:
 - Het strooien van een *vaste* specifieke boriumhoudende meststof (bijv., Borax). Bij gebruik van moeilijk verdeelbare meststoffen in vaste vorm moet de in tabel 1 vermelde gift worden verdubbeld. Het wordt afgeraden deze met andere meststoffen



te mengen, omdat er dan gemakkelijk ontmenging optreedt, met als gevolg een onregelmatige verdeling.

- Het gebruik van boriumhoudende mengmeststoffen in de rij (bijv., Maïsmest zwavel, Maïsmest, Maïs MAP of ASS+B). In combinatie met een dierlijke mestgift (35-40 m³) levert dit voldoende B om volgens de in tabel 1 vermelde gift te bemesten.
- Een bespuiting vóór opkomst van het gewas volgens de in tabel 1 vermelde gift.
- Een boriumbespuiting over het groeiende gewas. Aanbevolen wordt om in het 8 à 9 bladstadium te spuiten met 0,2 kg B per ha.



5. Literatuur

- Bakker Y (1981) Boriumbemesting in snijmaïs. In: De Buffer. Contactorgaan van het consulentenschap voor bodemaangelegenheden in de landbouw. Jaargang 27, 1981, 4, 285-287.
- Burema WP & Bussink DW (2003) Maïs, schiet de bemesting haar doel voorbij? Deel 1. Rapport 968.03. Nutriënt Management Instituut, Wageningen, 64 pp.
- Barber SA (1984) Soil nutrient bioavailability, a mechanistic approach. John Wiley and Sons, New York.
- CBGV; Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen (2002) Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen, Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad, 156 pp.
- Eghball B, Wienhold, BJ, Gilley JE & Eigenberg RA (2002) Mineralization of manure nutrients. Journal of Soil and Water Conservation 57, 470-473.
- Fageria NK, Baligar VC & Clark RB (2002) Micronutrients in crop production. Advances in Agronomy 77, 185-268.
- Gupta UC, Jame YW, Campbell CA, Leyshon AJ & Nicholaichuk W (1985) Boron toxicity and deficiency: a review. Canadian Journal of Soil Science, 65, 3, 381-409.
- Henkens, PLCM (1988) Basis van de richtlijnen voor de bemesting van maïs in continueteelt. AD FUNDUM. Bodem-, water- en bemestingszaken in akkerbouw en tuinbouw, 7, 17-32.
- Jahiruddin M Harada H Hatanaka T Sunaga Y (2001) Adding boron and zinc to soil for improvement of fodder value of soybean and corn. Communications in Soil Science & Plant Analysis, 32, 2943-2951.
- Jin J-Y Martens DC Zelazny LW (1988) Plant availability of applied and native boron in soils with diverse properties. Plant & Soil, 105, 127-132.
- Lindsay WL (1991) Inorganic equilibria affecting micronutrients in soils. In: Mortvedt JJ, Cox FR, Shuman LM & Welch RM (eds.) Micronutrients in agriculture. 2^e editie. SSSA book series 4. Soil Science Society of America, Madison, WI.
- Lordkaew S Dell B Jamjod S Rerkasem B (2010) Boron deficiency in maize. Plant & Soil, 342, 207-220.
- Lüth HM (2010) Bor in der Natur, inlandwirtschaftlich genutzten Böden und im Rapsanbau. Hochschule Neubrandenburg, 43 pp.
- Martens DC & Westermann DT (1991) Fertilizer Applications for correcting micronutriënt deficiencies. In: Micronutrients in Agriculture, Soil Science Society of America, 677 S. Segoe Rd., Madison, WI 53711, USA.
- Nikoli T & Matsi T (2011) Influence of liquid cattle manure on micronutrients content and uptake by corn and their availability in a calcareous soil. Agronomy Journal, 103, 113-118.



- Reuter DJ & Robinson JB (1986) Plant analysis, an interpretation manual. Inkata Press, Melbourne, Australië.
- Smilde KW & Van Luit B (1969) Boriumbemesting van suikerbieten gebaseerd op grondonderzoek. Instituut voor bodemvruchtbaarheid, rapport 9, Haren, 47 pp.
- Smilde KW & Van Luit B (1985) Toediening van borium aan snijmaïs en suikerbieten. Meststoffen 3, 22-24.
- Touchton JT Boswell FC (1975) Boron application for corn on selected Southeastern soils. Agronomy Journal 67, 197-200.
- Van Dijk W (2003) Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentengewassen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. Publicatienr. 307.
- Van Dijk W & Zwanepol S (1993) Teelt van maïs. Teelthandleiding nr 58. Proefstation AGV, Informatie en Kennis Centrum Veehouderij, Lelystad, 126 pp.
- Van Luit B & Smilde KW (1969) Boriumbemesting van suikerbieten gebaseerd op grondonderzoek. Instituut voor bodemvruchtbaarheid, rapport 9, 47 p.
- Van Schoten H Philipsen B Groten B (2010) Handboek snijmaïs. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, 187 pp.
- Wattel-Koekoek EJW & Bussink DW (2003) Beschikbaarheid van spoorelementen in de bodem. Nutriënt Management Instituut, rapport 925.03, 91 pp.



Bijlage 1

Tabel 1. Frequentieverdeling van boriumgehalten in Nederlandse maïspcelen, gedifferentieerd naar grondsoort en borium waardering conform bemestingsadvies, gebaseerd op metingen in het jaar 2000.

Waardering	B-gehalte (mg kg ⁻¹)	Hoeveelheid percelen (%)			
		Dekzand (n = 2006)	Kleigrond (n = 162)	Dalgrond (n = 17)	Overig (n = 23)
Zeer laag	< 0.20	10	1	6	0
Laag	0.20 – 0.29	33	2	29	0
Vrij goed	0.30 – 0.35	21	2	18	0
Goed	> 0.35	35	94	47	100

Tabel 2. Frequentieverdeling van boriumgehalten in Nederlandse maïspcelen, gedifferentieerd naar grondsoort en borium waardering conform bemestingsadvies, gebaseerd op metingen in het jaar 2005.

Waardering	B-gehalte (mg kg ⁻¹)	Hoeveelheid percelen (%)			
		Dekzand (n = 3693)	Kleigrond (n = 286)	Dalgrond (n = 84)	Overig (n = 125)
Zeer laag	< 0.20	22	1	19	2
Laag	0.20 – 0.29	32	3	21	2
Vrij goed	0.30 – 0.35	19	3	13	4
Goed	> 0.35	27	92	46	92



Bijlage 2.

Beoordeling boriumgehalte en bijbehorend boriumadvies in akkerbouwpercelen in Duitsland¹, gedifferentieerd naar grondsoort en pH. Boriumgehalten zijn gemeten via de CAT methode (CaCl₂ extractie met DTPA). Klasse A is conditie 'te laag tot laag', klasse C is conditie 'goed (streefwaarde)', en klasse E is conditie '(te) hoog'.

Tabelle 4

Gehaltsklassen zur Beurteilung des Borversorgungszustandes von Ackerböden nach der CAT-Methode (n. Kape/ Klingenberg, 2004)

Bodenart	pH-Bereich	Gehaltsklassen (GK)		
		A	C	E
Angaben in mg B/kg lufttrockener Boden				
Sand	<= 5,4	< 0,15	0,15 – 0,25	> 0,25
	> 5,4	< 0,20	0,20 – 0,35	> 0,35
schwach lehmi- ger Sand	<= 5,8	< 0,17	0,17 – 0,27	> 0,27
	> 5,8	< 0,25	0,25 – 0,40	> 0,40
stark lehmiger Sand	<= 6,0	< 0,20	0,20 – 0,35	> 0,35
	> 6,0	< 0,30	0,30 – 0,50	> 0,50
sandiger/ schluf- figer Lehm	<= 6,0	< 0,25	0,25 – 0,45	> 0,45
	> 6,0	< 0,40	0,40 – 0,70	> 0,70
Toniger Lehm bis Ton	<= 6,0	< 0,25	0,25 – 0,45	> 0,45
	> 6,0	< 0,40	0,40 – 0,70	> 0,70

¹ Er zijn meerdere versies van deze tabel (boriumwaardering) in de literatuur te vinden, met licht afwijkende waarden, mogelijk samenhangend met verschillen tussen deelstaten. De hier gepresenteerde tabel met de boriumwaardering is daarmee een illustratie.



Empfohlene Bordüngung in Abhängigkeit vom Borgehalt des Bodens:

Gehaltsstufe	empfohlene Bordüngemenge (g B/ha) für			
	leichte Böden		mittlere und schwere Böden	
	Mais, Raps Kohl	Rüben, Luzerne	Mais, Raps Kohl	Rüben, Luzerne
A	400 - 800	1000 - 1500	500 - 1000	1000 - 2500
C	500	500	500 - 1000	500 - 1000
E	0	0	0	0

