

Misschien toch zwavel nodig?

ZWAVEL IS BELANGRIJK

Zwavel is één van de zes belangrijkste nutriënten voor de groei van gewassen. Het is een essentieel onderdeel van aminozuren, co-enzymen en vitamines. Het eiwitgehalte en de kwaliteit van de oogst zijn afhankelijk van voldoende aanbod van zwavel. Aangezien de luchtkwaliteit in geïndustrialiseerde landen door milieumaatregelen sterk is verbeterd, is de depositie (aanvoer) van zwavel uit de lucht sterk teruggelopen. Tegelijkertijd zijn de verwachtingen qua opbrengst en kwaliteit hoger geworden. De combinatie van deze factoren verklaart de toenemende aandacht en noodzaak voor zwavelbemesting in de afgelopen tien jaar.

Deze aflevering van pure Nutrient info behandelt de vragen rondom zwavelbemesting in de huidige landbouw.



Zwavel – een onmisbaar nutriënt

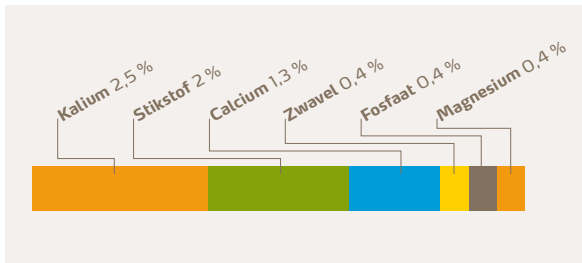
Zwavel is net als stikstof een essentiële bouwsteen in het leven. In biologische processen zijn de elementen vaak aan elkaar gekoppeld en vormen een onafscheidelijk team. In de landbouw speelde zwavel echter lange tijd slechts een bijrol, omdat (ongemerkt) de aanvoer via de lucht voldoende was en alle aandacht uitging naar stikstofbemesting. Tegenwoordig krijgt zwavel de aandacht die het verdient: als essentiële voedingsstof onmisbaar voor een optimale stikstofefficiëntie.

WAAROM ZWAVEL?

Zwavel is een fundamenteel bestanddeel van het leven op aarde. Het is aanwezig in verschillende vormen:

- in de bodem als elementair zwavel (S), sulfiet (SO_3^{2-}), sulfaat (SO_4^{2-}) en sulfide S^{2-} (pyriet - FeS);
- in de atmosfeer als zwavelwaterstof (H_2S) en zwaveldioxide (SO_2);
- in de oceanen als sulfaat (SO_4^{2-}).

Elementair zwavel kan niet direct door planten opgenomen worden en moet eerst worden geoxideerd. Zwavel is aanwezig in alle gewassen en speelt een belangrijke rol in de stofwisseling van planten. Zwavel is een van de zes belangrijkste voedingsstoffen.



Figuur 1: Zwavel behoort tot de zes belangrijkste voedingsstoffen voor planten (indicatieve cijfers uitgedrukt in N, P, K, S, Mg, Ca).

ZWAVEL STAAT VOOR KWALITEIT

De meeste verbindingen die zwavel bevatten, bevatten ook stikstof, dit onderstreept het nauwe verband tussen de twee elementen. Zwavel is een bestanddeel van een enzym dat nodig is voor de opname van stikstof en een zwavelgebrek kan een ernstige belemmering zijn voor het stikstofmetabolisme. Samen met stikstof maakt zwavel de vorming van aminozuren mogelijk die nodig zijn voor de synthese van eiwitten. Het element wordt gevonden in vetzuren en vitaminen en heeft grote invloed op de kwaliteit en smaak van gewassen. Zwavel is ook van essentieel belang voor de fotosynthese, de energiestofwisseling en de productie van koolhydraten.

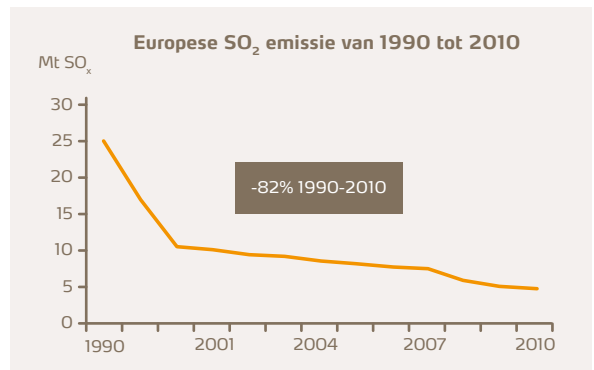
De meeste kruisbloemige gewassen (bijv. koolzaad) gebruiken aanzienlijke hoeveelheden zwavel. Knoflook en uien hebben zwavel nodig om de typische organische zwavelverbindingen (allines) te maken. Deze minder bekende bestanddelen hebben een sterke invloed op geur en smaak en verbeteren ook de weerstand van de plant. Daarnaast is zwavel nog nodig bij de fixatie van luchtstikstof door vlinderbloemigen.

ZWAVELTEKORT - VAAK NIET OPGEMERKT

Tot de jaren negentig werd weinig aandacht besteed aan de beschikbaarheid van zwavel, aangezien er via emissies uit industrie en transport continu ruim voldoende zwavel werd aangevoerd. Door milieumaatregelen in het algemeen en zwavelarme brandstoffen in het bijzonder is deze emissie veel kleiner geworden. Tegelijkertijd wordt door de hogere opbrengsten en eisen aan productkwaliteit, de zwavelbehoefte groter. Twintig jaar geleden was er zelden sprake van een zwaveltekort, maar tegenwoordig komt dit veel vaker voor.

De volgende omstandigheden zorgen voor een grotere kans op zwavelgebrek:

- lichte grondsoort (m.n. zand) en laag organischestofgehalte (> laag zwavelgehalte);
- veel neerslag in de winter (> uitspoeling sulfaat) (m.n. zandgrond);
- lage temperatuur (> lage mineralisatiesnelheid);
- lage aanvoer van mest, compost e.d. (> verlaging algemene S-toestand);
- afstand tot grote industriegebieden (> lage deposities; inmiddels vrijwel overal in EU).



Figuur 2: Zwavelemisseries -en daardoor zwaveldepositie- zijn aanzienlijk gedaald door milieuwetgeving [1].

SYMPTOMEN PAS LAAT ZICHTBAAR

Een zwaveltekort is veelal moeilijk te onderscheiden van een stikstoftekort, waaraan het gerelateerd kan zijn. De symptomen zijn onder meer het vergelen van jong blad als gevolg van een lagere chlorofylproductie. In het algemeen blijft de groei achter. Bij graangewassen is het aantal uitlopers lager. Bij koolzaad worden de bloemen wit en is het blad misvormd. In de meeste gevallen worden de symptomen te laat duidelijk om nog effectief te kunnen worden verholpen. Een verborgen tekort komt veel vaker voor dan een acuut tekort.



Figuur 3: Graan: karakteristiek beeld van ernstig zwavelgebrek (foto: voor en achter).



Figuur 4: Koolzaad: ernstig zwavelgebrek leidt tot verminderde groei en bloei.



Figuur 5: Grasland: ernstig zwavelgebrek lijkt op stikstoftekort en kost opbrengst (foto: achterin).

Zwavel in de bodem

De zwavelcyclus in de bodem vertoont een aantal overeenkomsten met die van stikstof. Zwavel komt voor in onderling verbonden pools. Slechts een gedeelte is direct beschikbaar voor de opname door het gewas. De rest moet eerst bepaalde omzettingsprocessen doorlopen.

Wat geldt specifiek voor zwavel?

VRIJWEL UITSLUITEND SULFAAT

Plantenwortels kunnen zwavel alleen in de vorm van sulfaat-ionen (SO_4^{2-}) opnemen. Het blad kan zwavel ook uit de lucht opnemen in de vorm van zwaveldioxide (SO_2), maar deze bijdrage is tegenwoordig gering. Al het elementaire en organische zwavel in de bodem moet eerst worden omgezet in sulfaat voordat het beschikbaar is voor het gewas.

ZWAVELBRONNEN

Al het zwavel in de bodem, of het nu als elementair zwavel of mest wordt aangevoerd, moet worden omgezet in sulfaat voordat het door planten kan worden opgenomen. Als zwavel direct in de vorm van sulfaat wordt toegediend, is een goede beschikbaarheid gegarandeerd.

Minerale meststoffen

Minerale meststoffen bevatten zwavel meestal in de vorm van sulfaat. In tegenstelling tot organische zwavelverbindingen uit mest, is sulfaat uit minerale meststoffen direct beschikbaar en wordt gemakkelijk door planten opgenomen. Sulfaat is zeer mobiel in de bodem zodat het de plantenwortels snel bereikt. Zwavel kan het beste tijdens de eerste helft van het groeiseizoen worden gestrooid, in combinatie met andere nutriënten, met name stikstof. Bij een acuut gebrek later in het groeiseizoen kan bladvoeding uitkomst bieden. Elementair zwavel moet eerst door bacteriën in de bodem worden geoxideerd tot sulfaat en dit heeft tijd nodig. Elementair zwavel heeft bovendien een sterk verzurend effect.

Uit de lucht

Zwavel is in de atmosfeer voornamelijk aanwezig als zwaveldioxide (SO_2) ten gevolge van natuurlijke gebeurtenissen (vulkaanuitbarstingen) of menselijke activiteiten (verbranding van fossiele brandstoffen). Zwaveldioxide in de lucht kan in principe via de bladeren door planten worden opgenomen. Het grootste deel van zwavel uit de atmosfeer komt echter in de vorm van zure regen in de bodem terecht. De deposities zijn aanzienlijk gedaald en zijn tegenwoordig ca. 10-30 kg SO_3 /ha.

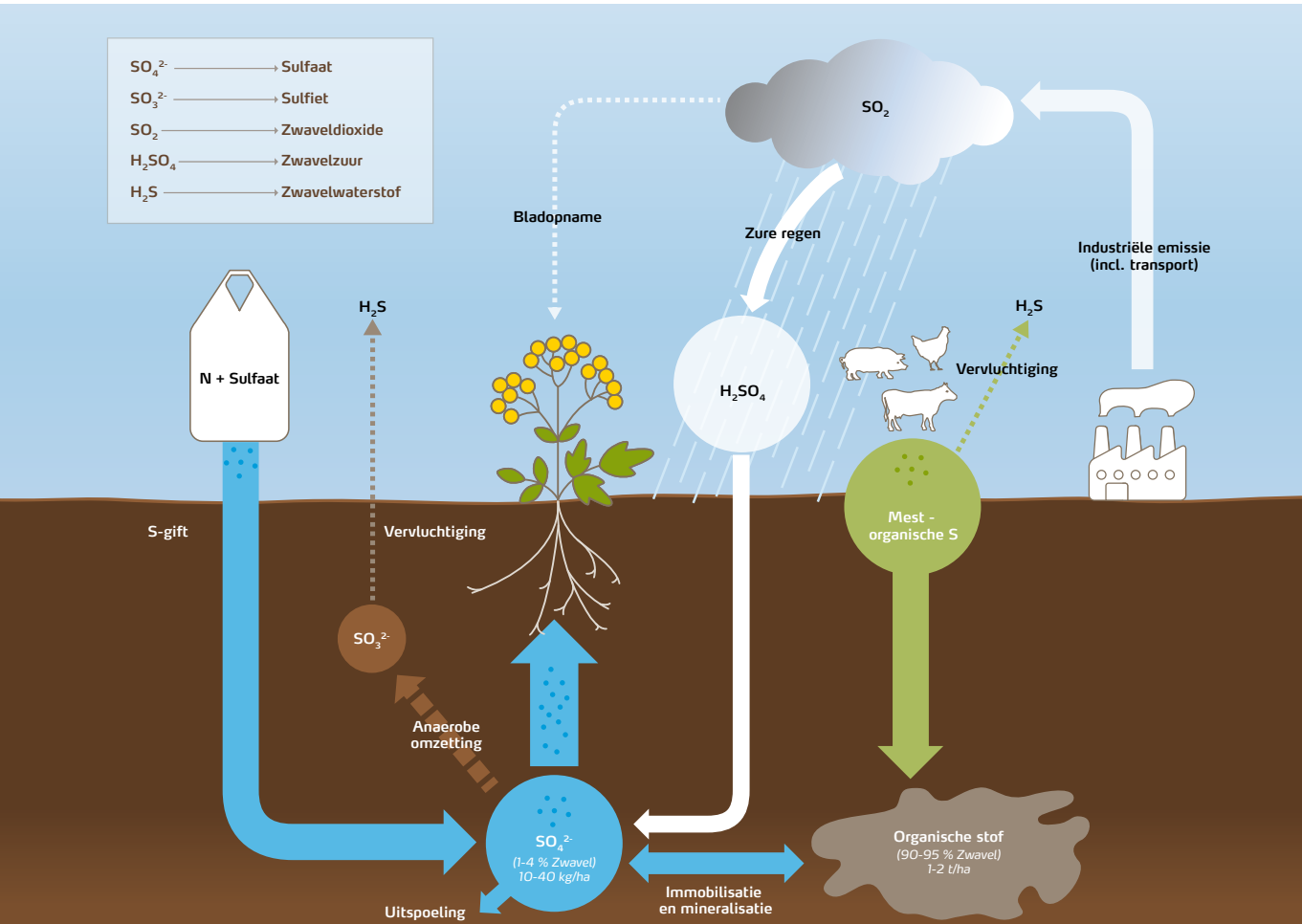
Mest

In mest is zwavel vooral aanwezig in de vorm van organische verbindingen en moet eerst worden gemineraliseerd voordat het opgenomen kan worden. De beschikbaarheid uit drijfmest kan op korte termijn zelfs negatief zijn door immobilisatie. Op lange termijn verhoogt het het zwavelleverend vermogen (SLV) van de grond.

Uitspoeling en opstijging

In de bodem is het gedrag van zwavel vergelijkbaar met dat van stikstof. Sulfaat-ionen lossen net als nitraationen op en kunnen met name in najaar en winter uitspoelen. De bemesting dient logischerwijze parallel te lopen aan de behoefte van het gewas. Meestal betekent dit voorjaarsbemesting. Voorraadbemesting in de herfst is niet gebruikelijk en zou bovendien tot uitspoeling leiden.

Op kleigrond kan sulfaat lokaal worden aangevoerd via capillaire opstijging van grondwater. Ook met beregening wordt sulfaat aangevoerd.



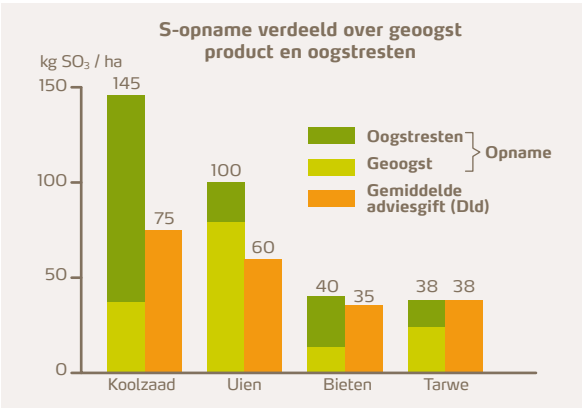
Hoeveel zwavel is genoeg?

De zwavelbehoefte is niet voor alle gewassen hetzelfde. Voor sommige gewassen is de aanvoer uit de bodem voldoende, terwijl voor andere gewassen grote verliezen in kwaliteit en opbrengst te verwachten zijn als geen zwavelbemesting plaatsvindt. Zwavelbemesting is, in tegenstelling tot stikstofbemesting, vaak giswerk.

Hoeveel is genoeg?

ZWAVELBEHOEFTE

Sommige gewassen hebben meer zwavel nodig dan andere. In onderstaande tabel worden voorbeelden gegeven van de behoefte per gewas, evenals van de hoeveelheid zwavel die van het veld wordt afgevoerd en de hoeveelheid die met de oogstresten achterblijft. Hoe groter de zwavelbehoefte, des te groter is het risico dat er gebrek optreedt. Koolzaad neemt een grote hoeveelheid zwavel op, maar het meeste daarvan blijft achter in gewasresten.



Figuur 6: Zwavelopname door het gewas (geoogst en oogstresten) in vergelijking tot gemiddelde S-advies in Duitsland [2][3].

DYNAMIEK VAN DE OPNAME

De totale opname is slechts één aspect van de zwavelbehoefte. Minstens zo belangrijk is de dynamiek van de opname. Gedurende alle fasen van de gewasontwikkeling is zwavel nodig. Gewassen met een korte en/of snelle groeiperiode hebben in korte tijd grote hoeveelheden zwavel nodig en het aanbod vanuit de bodem is zeker in het voorjaar vaak niet voldoende. Gewassen met een later en langer groeiseizoen hebben meer tijd om zwavel uit de bodem op te nemen en zijn daarom minder afhankelijk van extra aanvoer. Koolzaad is bijzonder veeleisend vanwege de korte vegetatieperiode en de hoge opname. Zwaveltekort kan verliezen tot wel 1 of 2 t/ha veroorzaken.

BODEMANALYSE

Net als in het geval van stikstof, kan voor zwavel door middel van bodembemonstering het direct beschikbare sulfaat in de bodem worden bepaald. De resultaten zijn echter aan snelle veranderingen onderhevig ten gevolge van gewasopname, capillaire opstijging, mineralisatie en uitspoeling. Sulfaat kan worden meegenomen in de analyse van direct beschikbare N, K e.a.

Net als voor stikstof, kan met het totaal S-gehalte van de grond de S-mineralisatie oftewel S-leverend vermogen (SLV) geschat worden. Dit loopt uiteen van ca. 10 tot 100 kg SO₃/ha.

GEWASANALYSE

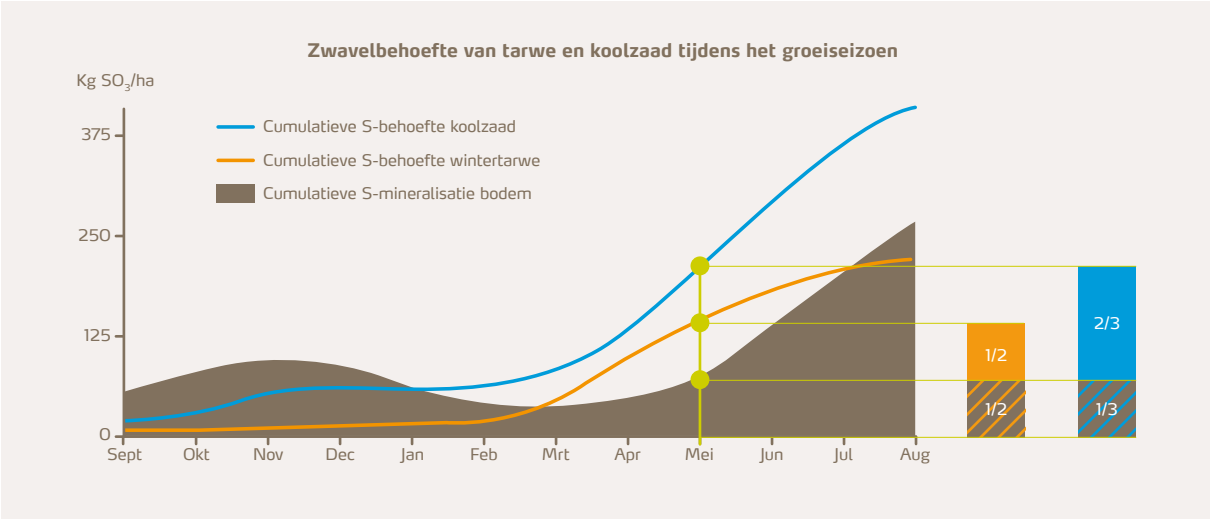
Het zwavelgehalte is een indicator voor een zwaveltekort. De zwavelconcentratie is voor de meeste gewassen groter dan 0,3% van de drogestof en 0,45% voor koolzaad. Door middel van gewasanalyse kan bovendien de N/S-verhouding bepaald worden. Voor de meeste gewassen is dit de beste indicator.

Gewas	N/S-verhouding
Koolzaad, kool, uien	5:1
Tarwe, maïs, suikerbieten, aardappelen	10:1
Peulvruchten	5 – 8:1
Gras	8 – 12:1

Tabel 1: Typische N/S-verhoudingen zijn de beste indicator voor zwavelgebrek of -overmaat [4].

MODELBEREKENINGEN

De zwavelbehoefte kan mede ingeschat worden door middel van balansberekeningen. Er zijn in het buitenland diverse tabellen en software ontwikkeld om telers te helpen bij de evaluatie van diverse parameters zoals bodemstructuur, weersomstandigheden, teeltsystemen en bemestingshistorie.



Figuur 7: Tijdens de eerste helft van het groeiseizoen levert de bodem onvoldoende zwavel om in de behoefte van zwavelbehoeftige gewassen te voorzien. Bijv. in mei wordt de S-behoefte van tarwe slechts voor de helft gedekt en voor koolzaad maar een derde [5].



Zwavelbemesting – wat levert het op?

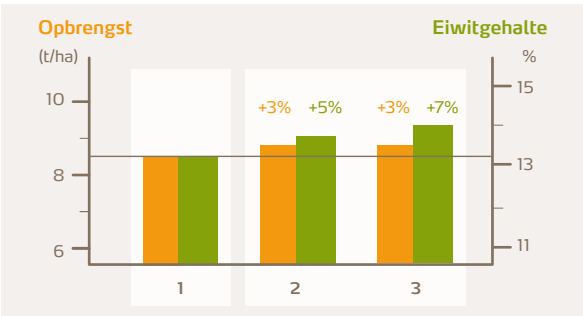
Landbouwkundige en economische evaluaties leiden niet altijd tot dezelfde conclusie. Zijn de extra kosten van zwavelbemesting een goede investering? Het antwoord is uiteraard afhankelijk van de eigenschappen van de gewassen en bodem. Bovendien moet ook rekening worden gehouden met de teeltstrategieën.

Een strategie gericht op een hoge opbrengst van hoge kwaliteit vraagt om een zorgvuldige bepaling en timing van de zwavelbemesting.

TARWE: OPBRENGST EN EIWITGEHALTE VERHOGEN.

Zwavel heeft een sleutelrol in bemestingstrategieën die op de beste kwaliteit zijn gericht. Figuur 8 toont de resultaten van veldproeven in Duitsland bij verschillende scenario's.

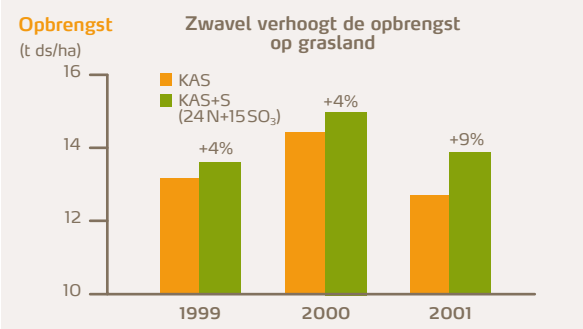
De opbrengst en het eiwitgehalte werden vergeleken voor twee strategieën: hoge en gemiddelde stikstofbemesting. De resultaten tonen de potentie aan van zwavel voor intensieve teeltstrategieën.



Figuur 8: Vergelijking van opbrengst en eiwitgehalte voor verschillende bemestingstrategieën: 1) gemiddelde stikstofgift, geen zwavel; 2) hoge stikstofgift (+30 kg N), één keer zwavel bij eerste bemesting (+15 kg S); 3) hoge stikstofgift (+30 kg N), zwavel bij eerste (+15 kg S) en derde gift (+15 kg S). Door optimale bemesting kan het eiwitgehalte met 7% worden verhoogd (Duitsland) [6].

GRASLAND: RUWVOER = MELK

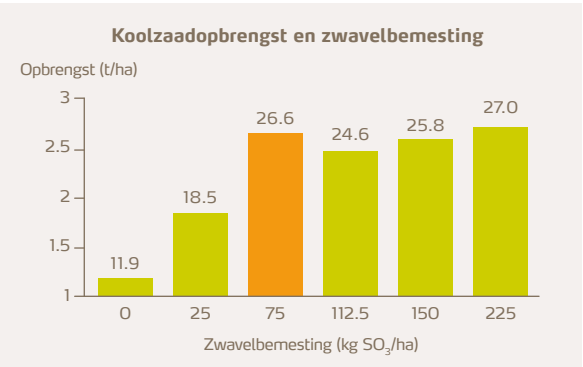
Opbrengst, voederwaarde en ruw-eiwitgehalte nemen toe met zwavelbemesting. Bij hogere adviezen garandeert een gedeelde gift voor 1e en 2e snede een optimaal aanbod.



Figuur 9: Graslandproeven t.b.v. opstellen S-advies. Opbrengst van alle (4-5) sneden. Zandgrond, gemiddelde van alle proeflocaties (2-4 per jaar). S-gift 45 kg SO₃/ha, meest gedeeld 1e + 2e gift [10].

KOOLZAAD: HOGE ZWAVELBEHOEFTE

Koolzaad is een gewas met hoge zwavelbehoefte: tot wel 180 kg SO₃/ha. Door zwavelgebrek (zie figuur 10) kan de opbrengstderving oplopen tot 1 à 2 t/ha. Dit is 30-60%!



Figuur 10: De optimale zwavelgift in winterkoolzaad is ca. 75 kg SO₃/ha (Duitsland) [8].

OPBRENGST EN RENDEMENT VERBETEREN

In een groot aantal veldproeven zijn de voordelen van aangepaste N/S-bemesting voor diverse gewassen aangetoond.

Gewas	product-prijs (€/t)	extra opbrengst (t/ha)		extra inkomen (€/ha)
		gemiddelde	max.	gemiddeld
Koolzaad	430	0,42	1,76	181
Tarwe	220	0,14	0,56	31
Suikerbieten**	373	0,31	0,56	116
Aardappelen	120	0,71	1,16	85
Grasland	130	0,77	1,16	100

*Bron: Eurex 2012 **Op basis van gecorrigeerde suikeropbrengst

Tabel 2: Voor de meeste gewassen geldt dat de opbrengst en het extra bruto-inkomen significant toenemen bij gebruik van N/S-meststof. Gemiddelde resultaat diverse veldproeven in Duitsland [9].

YaraBela® SULFAN® – perfecte synergie

YaraBela Sulfan is een hoogwaardige meststof die ammoniumnitraat en zwavel bevat voor een optimale synergie. Net als alle meststoffen uit de YaraBela-serie, is dit product van mechanische en chemische topkwaliteit voor een egaal strooibeeld en hoog rendement.

YaraBela Sulfan – meerwaarde van Yara.

GESCHIKT VOOR ALLE GEWASSEN

YaraBela Sulfan bevat stikstof in de vorm van ammoniumnitraat en zwavel in de vorm van calciumsulfaat, dit zorgt voor een hoge N- en S-efficiëntie. In tegenstelling tot blends, heeft elke korrel van YaraBela Sulfan een evenwichtige, homogene N/S-verhouding. YaraBela Sulfan is een zuivere meststof die bij uitstek geschikt is voor precisie-landbouwtechnieken en gedeelde giften.

- samengestelde meststof voor gelijktijdig, efficiënt strooien van stikstof en zwavel;
- ammoniumnitraat voor een optimale stikstofefficiëntie: lage verliezen en hoge opbrengsten;
- calciumsulfaat voor een optimaal zwavelaanbod en minder verzuring;
- korrels met een hoog stortgewicht en optimale korrelgrootteverdeling voor een perfect strooibeeld;
- hoge oplosbaarheid en optimale opneembaarheid.

YaraBela Sulfan is een gegranuleerde meststof die ontworpen is voor strooien met hoge precisie. De productie vindt plaats in Europa en voldoet aan de strikte milieu- en kwaliteitseisen van Yara. YaraBela Sulfan is de logische keuze voor boeren die groot belang hechten aan opbrengst, kwaliteit en milieu.



Meer informatie over
nitraatmeststoffen
vindt u in
onze brochure
"Nitraatmeststoffen"
die u kunt downloaden
op www.yara.nl

Bezoek Yara's
YouTube-channel
voor meer multimedia:
[www.youtube.com/
yarainternationalasa](http://www.youtube.com/yarainternationalasa)



OVER YARA

Yara International ASA is een internationaal bedrijf, waarvan het hoofdkantoor is gevestigd in Oslo, Noorwegen. Als 's werelds grootste leverancier van minerale meststoffen draagt Yara al meer dan 100 jaar bij aan de productie van voedsel en duurzame energiebronnen voor de groeiende wereldbevolking.

Yara Benelux levert landbouwers kwaliteitsproducten, kennis en advies. Indien u meer informatie wenst, kunt u contact opnemen met onze lokale deskundigen.

Yara Benelux BV & Yara Tertre SA/NV
Postbus 81
3130 AB Vlaardingen
Nederland
Tel. +31 (0)10 44 52 000
www.yara.nl, www.yara.be & www.yara.com

LITERATUUR

- [1] Europees Milieuagentschap (2012): European Union emission inventory report 1990–2010 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP). Kopenhagen, Denemarken.
- [2] A.R. Till (2010): Sulphur and sustainable agriculture. IFA, Parijs, Frankrijk.
- [3] Unifa, Fiche N°3 (2007): Soufre, indispensable à la synthèse des protéines. La Défense, Parijs, Frankrijk.
- [4] DLG-Merkblatt 373 (2012): Schwefel-Düngung effizient gestalten. Frankfurt/Main, Duitsland.
- [5] Yara internal communication (2013). Sulfan 29+9, du soufre à chaque apport d'azote, Yara France, Nanterre, Frankrijk.
- [6] Yara internal communication (2012). YaraBela® SULFAN®. Schwefel ist Ährensache, Yara GmbH & Co KG, Dülmen, Duitsland.
- [7] Yara internal communication (2013). Grünlanddüngung unter Berücksichtigung der Schwefelversorgung, Yara GmbH & Co KG, Dülmen, Duitsland.
- [8] Yara International, Research Centre Hanninghof, Duitsland
- [9] J. Arens (2007): Schwefeldüngung, Ertragseffekte der Schwefeldüngung mit N/S-Dünger. Yara GmbH & Co. KG, Dülmen, Duitsland.
- [10] NMI, W. Bussink et al. (2002), veldproeven t.b.v. S-advies grasland, Wageningen, Nederland.