

BEMESTING

Bemesting is een van die grootste koste-items vir graanprodusente. Dit is egter ook die moeilikste inset om te hanteer omdat 'n besluit oor die hoeveelheid en tipe kunsmis wat gebruik moet word, deur baie faktore beïnvloed word. Dit is algemene gebruik om die hoeveelheid kunsmis wat toegedien word te koppel aan die verwagte opbrengs of opbrengsmikpunt. Daar is egter baie ander faktore wat die reaksie van 'n gewas op bemesting beïnvloed. Dit sluit faktore soos die volgende in: kleipersentasie, tipe klei, organiese materiaal, vlakke van plantvoedingstowwe in die grond voor bemesting, reënval en -verspreiding, gronddiepte en suurversadiging.

GRONDMONSTERNEMINGS-METODES

Die hoofdoelstelling met 'n bemestings-/bekalkingsprogram is om enige vorm van grondchemiese beperking op die mees ekonomies doeltreffende wyse op te hef, dit wil sê om wins bo insetkoste in die verband te maksimaliseer. Dit is slegs moontlik indien die omvang van alle grondchemiese beperkinge effektief deur grondmonsternemingslaboratoriumontledings vasgestel kan word.

Grondontledings vorm die basis van bemestingsaanbevelings. Plantvoedingstowwe is gewoonlik nie eweredig in die grond versprei nie omdat kunsmis

gebandplaas word en normale bewerkings dié kunsmis nie goed met die grond meng nie. Dit is dus noodsaaklik om te verseker dat grondmonsters korrek geneem word. Die Bemestingshandleiding van die Misstofvereniging van Suid-Afrika (MVSA, 2007) bevat uitstekende riglyne vir die neem van grondmonsters en behoort deur elke produsent geraadpleeg te word. Hier word slegs enkele van die belangrikste punte beklemtoon:

- 1 Waar meer as een grondtipe op 'n land voorkom, moet 'n monster vir elke grondtipe ontleed word.
- 2 Een verteenwoordigende monster vir elke 50 ha behoort voldoende te wees.
- 3 Elke monster moet uit minstens 20 submonsters bestaan wat eweredig oor die grondeenheid geneem is.
- 4 Submonsters moet goed gemeng word voordat 'n verteenwoordigende monster daaruit geneem word.
- 5 Bogrondmonsters moet geneem word van 0 - 150 mm diep en ondergrondmonsters van 150 - 600 mm diep.
- 6 Dit is nie nodig om meer as vyf submonsters per grondeenheid te neem in die geval van ondergrondmonsters nie.
- 7 Waar presisieboerdery toegepas word, word monsters geneem volgens 'n voorafverkose ruitpatroon, byvoorbeeld een monster per 5 ha, maar gewoonlik word een

monster per een of twee hektaar geneem.

Monsterneming van bestuursones word ook toegepas en behels 'n proses waarvolgens vooraf, oor 'n periode van tot drie jaar, punte geïdentifiseer word waar monsters geneem word. Daar word gewoonlik gebruik gemaak van satelietbeelde, opbrengskaarte en fisiese inspeksie om punte te identifiseer.

- 8 Die betroubaarheid van grondontledings hang grootliks af van hoe verteenwoordigend die grondmonsters van die betrokke lande is.

METODE 1

Hierdie metode word aanbeveel onder omstandighede waar residuele voedingstowwe en grondsuurheid relatief homogeen versprei is, soos byvoorbeeld by onbewerkte gronde of waar residuele bande deur bewerkings opgehef is. Bopas grondmonsters (0 - 150 mm) word eweredig teen 20 - 40 submonsters per eenheid (<50 ha), verkieslik met 'n grondboor met deursnee van 75 mm of meer, geneem. Vir ondergrondmonsters is vyf submonsters van 150 - 600 mm diep voldoende. Indien stikstofontledings gedoen word, moet aparte maar enkele monsters van 0 tot 600 mm diep ontleed word.

METODE 2

Hierdie metode word aanbeveel onder omstandighede waar residuele voe-

dingstowwe en grondsuurheid nie homogeen versprei is nie, soos byvoorbeeld na oes en voor die eerste bewerking van die komende seisoen.

Aangesien alle bemestingstowwe vir mielieproduksie in die RSA met planttyd gebandplaas word en gewoonlik deur 'n N-kantbemesting opgevolg word en ook omdat bestellings vir bemestingstowwe en kalk lank voor die eerste bewerking geplaas moet word, is hierdie metode in die meeste mielieproducerende gebiede van toepassing.

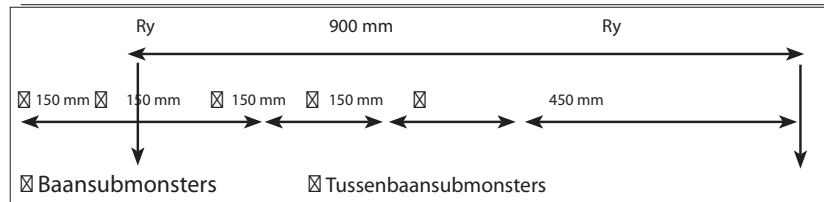
Verteenwoordigende monsters van 'n 300 mm wye baan oor die mielierye word afsonderlik van tussenbaan grondmonsters geneem en ontleed, soos hieronder skematies voorgestel vir 'n rywydte van 900 mm.

Baansubmonsters (■)

Drie monsters word oor die baan geneem op so 'n wyse dat die kunsmisband gemonster word. Die drie monsters verteenwoordig 'n baan van ±300 mm.

Tussenbaansubmonsters (●)

Een monster word presies in die middel van twee rye geneem (450 mm vanaf die ry vir 'n rywydte van 900 mm). 'n Tweede monster word presies tussen die baanmonster (■) en die tussenbaanmonster (●) geneem (300 mm van die plantry af vir 'n 900 mm rywydte).



Alle grondmonsters word met 'n Thompson, Edelman of grondbore met soortgelyke afmetings geneem. Die diepte-inkremente is 0 - 150 mm en 150 - 600 mm. Die prosedure in die figuur word vyf keer per 50 ha eenheid herhaal. Die vyf monsters van die 0 - 150 mm diepte word goed gemeng en een monster daaruit geneem wat ontleed word. Dieselfde prosedure geld vir die 150 - 300 mm en 300 - 600 mm dieptes.

Monsters moet lugdroog gemaak word of gevries word wanneer N-ontledings verlang word indien dit nie binne 24 uur by die laboratorium besorg kan word nie. Monsters moet in alle gevalle nie in die son gelaat word nie. Die grondmonstersvirontleding behoort 'n massa van 500 tot 1000 g te hê.

DIE OPHEFFING VAN GRONDSUURHEID

Mielieproduksie word slegs deur grondsuurheid beperk, indien toksiese vlakke van sekere elemente, soos aluminium (Al) en mangaan (Mn) in die grond teenwoordig is. Hoë waterstof (H)-konsentrasies, dit wil sê lae pH is nie opsigself noodwendig beperkend nie. Al-toksiseit gaan met grondsuurheid gepaard terwyl Mn-toksiseit selde daarmee geassosieer word. Beide vorms van toksiseit kan gelyktydig voorkom.

Die gevaar van Al-toksiseit by mielies

bestaan slegs indien die pH (KCl) <4.5 of die pH (H₂O) <5.5 is, maar dan is dit nog nie te sê dat dit wel sal voorkom nie. Al-toksiseit word gekenmerk deur kort, dik wortels sonder enige wortelhare. Die toksiseit van Al word bepaal deur die verhouding van Al plus H tot die som van kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), en Al plus H. Hierdie verhouding, uitgedruk as 'n persentasie, staan bekend as suurversadiging. Die omvang van oesverliese word toeneemend groter soos wat suurversadiging hoër as 20% styg omdat die opname van voedingstowwe en water dan en slegs dan beperk word. By 80% suurversadiging word geen opbrengs verwag nie. Onder omstandighede waar beide Al- en Mn-toksiseite voorgekom en die suurversadiging tot onder 20% verlaag word, word die Mn-toksiseit ook voldoende geneutraliseer.

Wanneer bekalk word, word kalkbehoefte bepaal ten einde 'n suurversadiging van 0 - 15% te bereik, sodat daar 'n mate van 'n buffer teen herversuringen Al-toksiseit ingebou is. 'n Groot buffer teen herversuring (bv. 'n suurversadiging van 0%) kan geregverdig word indien: a) die tempo van herversuring hoog is; b) grondsuurheidsvariasie op 'n land hoog is; c) meer gevoelige gewasse soos koring en droëbone in 'n wisselboustelsel ingesluit is, en d) daar eers weer na drie of meer jare bekalk gaan word. Die koste daaraan verbonde om suurversadigingswaardes laer as 15% te bereik moet egter deeglik in ag geneem word.

Kalktoedienings, wat meer is as wat nodig is, soos om die suurversadiging na 0% te verlaag kan gewoonlik nie geregverdig word nie.

pH-gebaseerde kalkbehoefte bepalingmetodes, soos die pH (KCl)-tekstuur- en SMP-buffermetode, kan slegs potensieële risikos verbonde aan grondsuurheid uitskakel. Volgens dié metodes bereken, kan die hoeveelheid kalk benodig om die pH van 'n suur grond tot byvoorbeeld pH (KCl)-waarde van 5 te lig, nie ekonomies geregverdig word nie. Gevolglik word die bepaling van kalkbehoefte op pH-gebaseerde metodes nie aanbeveel nie.

Dit is egter belangrik om vas te stel tot op watter diepte in die grondprofiel versuring voorkom en tot waar dit opgehef moet word alvorens kalk- en gipspeile bereken word.

KALKKWALITEIT

Kalkkwaliteitsparameters sluit die volgende in: (a) kalsiumkarbonaat ekwiva-



Versuring en die gepaardgaande aluminiumtoksiteit begin dikwels in kolle. Plante groei swakker en het 'n ligte groen kleur.

lent (KKE) in soutsuur (HCl); (b) die KKE in hars (Rh-metode) waar swakker suur gebruik word; (c) deeltjiegrootteverspreiding (graad van fynheid), en d) pH (KCl). Hierdie onderskeie waardes kan egter nie direk en eensydig in verband gebring word met die neutralisering van grondsuurheid onder veldtoestande nie, maar wel met behulp van wiskundige modelle. Kalke met die hoogste KKE (HCl), KKE (Rh), met die grootste persentasie fyn deeltjies en hoogste pH behoort egter grondsuurheid die beste onder veldtoestande te neutraliseer.

Wet No. 36 van 1947 bepaal dat 100% van die partikels van standaard kalk <1700 μm moet wees en 50% <250 μm . In die geval van mikrofyn kalk, moet 95% van die partikels <250 μm wees en 80% <106 μm . Vir beide tipes kalk moet die kalsiumkarbonaat ekwivalent (KKE(HCl)) 'n minimum van 70% wees.

TIPE KALK

Indien die magnesiumstatus (Mg) van die grond laag is (<40 mg kg^{-1}), of relatief laag in vergelyking met die kalsium (Ca) status is, word 'n dolomitiese kalk bo 'n kalsitiese kalk aanbeveel, tensy die Mg-voedingsbehoefte deur misstofmengsel of Mg-verbinding aangevul kan word.

KALKBEHOEFTE

Aangesien die kwaliteit van verskillende kalkbronne kan varieer, word bekalkingsaanbevelings deur LNR-IGG op die verlangde suurversadigingverandering in die grond, drie kalkkwaliteitsmaatstawwe [5 deeltjiegroottes, KKE (HCl), pH (KCl)] en die gesommeerde

kationuitruilkapasiteit (KUK) van die grond, gebaseer.

Aanbevelings op grond van verskillende bronne se kalkkwaliteit vir 'n reeks grondkationuitruilkapasiteite word in Tabel 1 getoon. Die kalkprys, vervoerkoste, inwerkkoostevoginhoud

van die kalk behoort egter bykomend in ag geneem te word. Aanbevelings in Tabel 1 geld slegs vir die 0 – 150 mm grondlaag en indien bekalking effektief tot dieper grondlae uitgevoer wil word, moet proporsionele aanpassings gemaak word.

Tabel 1 Kalkaanbevelings (ton ha⁻¹) volgens verlangde suurversadigingsverandering (Δ SV), gesommeerde kationuitruilkapasiteit (KUK) van die grond en kwaliteit van sekere kalkbronne soos in 2002

Δ SV (%)	KUK (cmolc kg ⁻¹)	Hiqua (Witbank)	Marico (Zeerust)	Bühmanskdrif* (Zeerust)	Meyerton (Vereeniging)	Sappi* (Germiston)	Immerpan (Pietersburg)	Calmasil (Middelburg)	Vaalbrug (Orkney)	Britten (Christiana)	Mooiplaas (Pretoria)
10	1	0.3	0.6	0.5	0.4	0.2	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4
	2	0.6	1.2	1.1	0.8	0.5	0.7	0.7	0.7	1.1	0.9
	3	0.8	1.8	1.7	1.3	0.7	1.1	1.1	1.1	1.7	1.3
	4	1.1	2.5	2.3	1.7	0.9	1.5	1.5	1.5	2.3	1.8
20	1	0.6	1.3	1.2	0.9	0.5	0.8	0.8	0.8	1.2	1.0
	2	1.3	2.8	2.6	2.0	1.0	1.7	1.7	1.7	2.6	2.0
	3	2.0	4.4	4.0	3.1	1.6	2.6	2.7	2.7	4.1	3.2
	4	2.7	6.1	5.5	4.2	2.2	3.6	3.6	3.7	5.6	4.3
30	1	1.0	2.2	2.0	1.5	0.8	1.3	1.3	1.4	2.1	1.6
	2	2.2	4.8	4.3	3.3	1.7	2.8	2.9	2.9	4.4	3.4
	3	3.4	7.5	6.8	5.2	2.7	4.4	4.5	4.5	6.9	5.3
	4	4.6	10.3	9.3	7.1	3.7	6.0	6.1	6.2	9.5	7.3
40	1	1.5	3.2	2.9	2.2	1.2	1.9	1.9	1.9	3.0	2.3
	2	3.1	6.9	6.3	4.8	2.5	4.1	4.1	4.2	6.4	4.9
	3	4.9	10.8	9.8	7.5	3.9	6.4	6.5	6.5	10.0	7.7
	4	6.7	14.9	13.5	10.3	5.3	8.8	8.9	8.9	13.8	10.6
50	1	1.9	4.3	3.9	3.0	1.6	2.5	2.6	2.6	4.0	3.1
	2	4.1	9.2	8.3	6.4	3.3	5.4	5.5	5.5	8.5	6.6
	3	6.5	14.4	13.1	10.0	5.2	8.5	8.6	8.7	13.4	10.3
	4	8.9	19.9	18.0	13.7	7.1	11.7	11.9	11.9	18.4	14.2

* Kalsitiese kalke, alle ander kalke is dolomitiese kalke

TOEDIENINGSPRAKTYK

Afgesien van kalkkwaliteit is kalkreaksie in die grond baie sterk afhanklik van deeglike vermenging van die kalk met die grond. Deeglike vermenging word verseker deur die kalkeers in te sny en dan in te ploeg. Kalktoediening behoort ten minste tweemaande voor planttyd te geskied ten einde te verseker dat die kalk teen planttyd volledig ge-reageer het.

ONDERGRONDSUURHEID

Segmentele bekalking met diep bekalkers, spesiaal aangepaste dieprippers of diep ploegbewerkings is effektief, maar nie altyd ekonomies haalbaar nie. Oppervlakte-toediening van gips in die orde van 4 ton ha⁻¹ is 'n ekonomies effektiewe alternatief vir die ameliorering van ondergrondsuurheid waar aluminiumoksied of ysteroksied teenwoordig is. Dolomitiese kalk behoort saam met dié gips toegedien te word aangesien gips Mg uit die bogrond na die ondergrond verplaas en 'n tekort aan Mg in die bogrond tot gevolg kan hê. Gips sal een of selfs twee seisoene neem voordat dit die ondergrond bereik en daarom is meganiese inkorporering van kalk soms 'n vinniger oplossing.

STROOKBEKALKING

Strookbekalking word aanbeveel onder omstandighede waar strookversurings deur Grondmonsternemingsmetode 2 geïdentifiseer is, of vir gronde wat algemeen versuur is en waar beheerde spoorverkeerpraktyke toegepas kan word. Strookversurings ontstaan gewoonlik by

beheerde spoorverkeerpraktyke waar stikstof gebandplaas en as kantbemesting toegedien word. Strooktoedienings van kalk behoort ten minste tweemaande voor planttyd ±30 cm oor die ry uitgestrooi en in die grond ingewerk te word.

BRACKGRONDE

Brackgronde is alkaliese gronde wat gewoonlik hoë natrium (Na), kalsium (Ca) en magnesium (Mg) konsentrasies bevat. Indien die geleidingsvermoë van die grond hoër as 500 mS m⁻¹ is, of die Na-konsentrasies meer as 15% van die katione is, kan probleme met mielieproduksie ontstaan.

'n Voorvereiste vir die herwinning van brakgronde is goeie dreinerings. Gronde wat slegs 'n hoë geleidingsvermoë het en nie hoë natriumkonsentrasies bevat nie, kan herwin word deur oorbeproeïing waardeur die oormaat soute uitgeloog word, mits die besproeiingswater van 'n goeie kwaliteit is.

Gipstoedienings teen 2.9 ton ha⁻¹ of swaweltoediening teen 0.54 ton ha⁻¹ vir elke 230 mg Na kg⁻¹ sal Na na die ondergrond verplaas waar dit deur oorbeproeïing dreineer moet word. Gipstoedienings word egter nie aanbeveel indien die kalsiumkonsentrasies reeds baie hoog is nie, in welke geval swawel gebruik kan word.

VOEDINGSBEHOEFTE

Verskillende benadering tot bemesting van gewasse word toegepas. Twee

benaderings wat veral aandag geniet is die genoegsaamheidsbenadering waar voedingstofvlakke in grond oor 'n relatief kort periode opgebou word tot 'n vlak wat enige verwagte opbrengs kan ondersteun en die opbrengsmikpuntbenadering waar slegs voldoende bemes word om 'n spesifieke ekonomiese opbrengsmikpunt te haal. Die kationbalansbenadering wat ook soms gebruik word, word nie deur LNR-IGG ondersteun nie.

Die opbrengsmikpuntbenadering word tans die meeste gebruik omdat aanvaar word dat die hoeveelheid wat bemes moet word, deur die opbrengsmikpunt bepaal word. Dit impliseer dus dat die voedingstowwe wat deur 'n oes verwyder word, vervang word en dat indien daar opbou van voedingstowwe plaasvind, dit geleidelik oor jare sal geskied. Voordele van dié benadering is dat ekonomiese optimum peile relatief maklik behaal kan word. 'n Nadeel van die benadering is dat wat N betref, die plantbeskikbare N in die grond voor bemesting nie in aanmerking geneem word nie.

Die genoegsaamheidsbenadering berus op die verwantskap tussen voedings-elementkonsentrasies of -hoeveelhede in die grond en relatiewe graanopbrengs. Hiervolgens word die vlakke van voedingstowwe in die grond sodanig bestuur dat 'n bepaalde persentasie van die opbrengspotensiaal van 'n bepaalde seisoen bereik sal word. Indien die voedings-elementresidue homogeen in die grond versprei is, is Grondmonster-nemingsmetode 1 van toepassing.

Indien dit nie die geval is nie is Grondmonster-nemingsmetode 2 van toepassing. Volgens hierdie metode word grondvolumes waarvan die verwagte konsentrasies aansienlik sal verskil, afsonderlik ontleed, verwerk na hoeveelhede eerder as konsentrasies, byme-kaargetel en uitgedruk in terme van kg voedingselement ha^{-1} in die grond tot 'n bepaalde diepte.

'n Voordeel van hierdie benadering is dat plantvoedingstowwe nooit opbrengsbeperkend behoort te wees nie, selfs in baie gunstige seisoene wanneer opbrengste besonder hoog is. 'n Verdere voordeel is dat die beskikbare N in die grond in berekening gebring word omdat grondstikstofontledings gewoonlik vereis word vir dié benadering. 'n Nadeel is dat aanbevole hoeveelhede bemesting soms nie ekonomies regverdigbaar is nie.

'n Databasis van grondontledings van elke produksie-eenheid of land wat oor tyd gehou word, sal duidelik toon of onder- of oorbemes word. Alle gronde het die vermoë om voortdurend plantvoedingstowwe te lewer. Grondontledings kan beskou word as die netto resultaat van die grond se lewering, plus dit wat deur bemesting voorsien is, minus dit wat deur die gewas verwyder is. Die ideaal sal wees as alle plantvoedingstowwe stadig maar seker oor tyd toeneem tot 'n punt waar daar geen twyfel bestaan dat voldoende van 'n gegewe element in die grond teenwoordig is nie. Sodra hierdie punt bereik is, kan bemesting van die spesi-

fieke element verminder word om die vlak daarvan in die grond konstant te hou, dit wil sê onderhoudsbemesting.

Die beginsel geld vir die meeste elemente, maar is veral van toepassing op P omdat die meeste Suid-Afrikaanse gronde van nature arm daaraan is. P word ook deur baie gronde vasgelê en het dus dikwels 'n negatiewe leweringsvermoë vir P. Dit word aanbeveel dat gronde wat nog nie by die optimum fosforvlak is nie, oor tyd opgebou word. Die produsent behoort op die tydraamwerk te besluit wat sy finansiële posisie ook in aanmerking neem, aangesien dit 'n duur proses is.

MAKROVOEDINGSELEMENTE

STIKSTOF (N)

Opbrengsmikpuntbenadering

Die mees algemene benadering wat

tans met stikstofbemesting gevolg word, is om die hoeveelheid N wat bemes moet word, van die verwagte opbrengs of opbrengsmikpunt af te lei. Hiervolgens word 15 kg ha⁻¹ N toegedien vir elke 1 t ha⁻¹ opbrengs wat verwag word. Hierdie metode oorskat die hoeveelheid N benodig vir opbrengste onder 3 t ha⁻¹, terwyl die hoeveelheid N benodig moontlik onderskat word vir opbrengste bo 4 t ha⁻¹. Dit is ook bekend dat die tekstuur van grond die stikstofleweringsvermoë daarvan bepaal. Hiervolgens lewer gronde met 'n hoë kleipersentasie meer N as sanderige gronde. Stikstofbemestingsriglyne wat aangepas is om hiervoor voorsiening te maak, word in Tabel 2 aangetoon (Bloem, 2004). Die riglyne in Tabel 2 is bedoel vir situasies waar grondstikstofontledings nie beskikbaar is nie en neem dus die N-leweringsvermoë van gronde in ag.

Tabel 2 Stikstoftoedieningspeil (kg N ha⁻¹) vir opbrengsmikpunte en klei-inhoud

Klei-inhoud (%)	Opbrengsmikpunt (ton ha ⁻¹)									
	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	
5	23	41	58	75	92	109	126	143	160	
10	17	35	52	69	86	103	120	137	154	
15	10	28	45	62	79	96	113	133	147	
20	4	22	39	56	73	90	107	124	141	
25	0	16	33	50	67	84	101	118	135	
30	0	9	26	43	60	77	94	111	128	
40	0	0	14	31	48	65	82	99	116	
50	0	0	0	18	35	52	69	86	103	

Genoegsaamheidsbenadering

In gevalle waar daar grondontledingsresultate vir anorganiese N beskikbaar is, kan die volgende benadering gevolg word. Hiervolgens behoort die anorganiese N-inhoud in die boonste 600 mm grond by $100 \pm 20 \text{ kg ha}^{-1}$ vir 100% opbrengs oor alle lokaliteite bestuur te word. Onder vergelykbare omstandighede was die optimum N in die grond bv. 80 kg ha^{-1} by 11% klei, maar 120 kg ha^{-1} by 3% klei. Meer verwantskappe word egter op nasionale vlak benodig alvorens grondeienskappe met optimum N-grondontledings binne vasgestelde produksiepraktyke, in verband gebring kan word. Opbrengsonderdrukking weens te hoë N-grondontleding het tot dusver voorgekom wanneer hierdie ontledings 170 kg N ha^{-1} oorskry het. Onder besproeiing behoort die anorganiese N-inhoud naby 170 kg N ha^{-1} , maar nie hoër as dit, tot en met blomtyd, bestuur te word nie.

Algemene verwagte grondreaksies op

N-toedienings word in Tabel 3 aangebied. Ooreenkomstig die N-leweringsvermoë van gronde word baie meer N op sanderige gronde as op kleierige gronde benodig om die N-inhoud in die grond met een eenheid te verhoog (Tabel 3). Hoewel hierdie riglyne reeds bruikbaar is, sal die afbakening van gronde volgens klei-inhoud (Tabel 3) deur 'n glyskaal van N-behoeftefaktore volgens klei-inhoud, indien moontlik, vervang moet word, soos wat data van meer lokaliteite beskikbaar word. Hierdie riglyne (Tabel 3) is egter slegs geldig indien die meeste plantmateriaal verwyder word. Die inwerking van groot hoeveelhede plantmateriaal of organiese misstowwe sal die N-behoeftefaktore in 'n baie groot mate beïnvloed. Verder sal die toediening van kalk die omsetting van organiese N na anorganiese N versnel. Weens die potensiële bydrae van anorganiese N uit die organiese poel is dit meer akkuraat om anorganiese N gedurende die seisoen te meet aangesien die meeste N teen daardie tyd reeds omgesit is.

Tabel 3 Riglyne wat die verband tussen N-toedienings en veranderinge in anorganiese N-grondontledings volgens tekstuurklasse, by verwydering van die meeste plantmateriaal aantoon

Klei (%)	NBF* (kg N per ha toediening/kg N per ha ontleding; 0-600 mm)
<15	2.0
15-20	1.5
>20	1.0

* N behoefte faktor, dit wil sê die hoeveelheid N wat per hektaar toegedien moet word om die nitraat-N plus ammonium-N ontledings in die boonste 600 mm grond met 1 kg per hektaar te verhoog



Plante met 'n stikstofgebrek langs plante wat voldoende stikstof ontvang het.

Delta-opbrengsbenadering

'n Alternatiewe manier om die stikstofbestedingsbehoefte te bepaal, staan bekend as die delta-opbrengs metode. Delta-opbrengs, is die opbrengs van mielies by die ekonomiese optimum minus die opbrengs van 'n aanliggende kontrole perseel mielies wat geen stikstof ontvang het nie. Die delta-opbrengs toon 'n baie goeie verwantskap met die optimale stikstofbestedingsvereiste afgesien van die lokaliteit, grondsoort en of dit droëland of produksie onder besproeiing is. Die gevolg is dat een formule of tabel oor die hele mielieproduksiegebied van toepassing is sonder dat die grondtekstuur of ander faktore in ag geneem hoef te word. Trouens, dit wil voorkom of dié formule universeel is en nie net tot Suid-Afrika beperk is nie, aangesien dit baie goed ooreenstem met dit wat in die VSA gevind is.



Stikstofgebreksimptome op ouer blare.

Delta-opbrengsmetodiek

Die delta-opbrengsmetodiek is eenvoudig en vereis slegs kontrole stroke of -persele. Op sowat 1.6% van die oppervlakte van 'n mielieland, moet geen stikstofkuns mis toegedien word

Tabel 4 Die stikstofbestedingsbehoefte van mielies volgens die delta-opbrengsmetode

Delta-opbrengs	N-behoefte	Delta-opbrengs	N-behoefte
(kg ha ⁻¹)			
250	28	4250	153
500	42	4500	158
750	54	4750	163
1000	64	5000	169
1250	73	5250	174
1500	82	5500	179
1750	90	5750	183
2000	97	6000	188
2250	104	6250	193
2500	111	6500	197
2750	118	6750	202
3000	124	7000	206
3250	130	7250	211
3500	136	7500	215
3750	142	7750	219
4000	147	8000	224

nie, maar wel die aanbevole P, K en ander voedingstowwe. Dié kontrole gedeelte (of zero N gedeelte) kan enkele vollengte mielerye wees of 'n aantal aanliggende rye vir 'n beperkte lengte, byvoorbeeld vier rye van 20 m. Kontrolepersele moet oor 'n land versprei wees en van jaar tot jaar van posisie gewissel word. Die res van die land word, soos gewoonlik, met stikstof bemes om die ekonomiese optimum opbrengs te bereik. Teen oestyd word die opbrengs van die kontrolepersele bepaal en ook dié van die bemeste gedeelte. Die verskil in opbrengs tus-

sen dié gedeelte en die kontrole is die delta-opbrengs. Met presisieboerdery is die prosedure byna outomaties en word aanbeveel dat elke vier ha 'n kontroleperseel bevat.

Die stikstofbestedingsbehoefte van die mielies kan dan vanuit Tabel 4 bepaal word. Die delta-opbrengs moet oor seisoene per grondsoort (of land as die grond redelik homogeen is) en vir 'n spesifieke gewasstelsel bepaal word en die gemiddelde oor tyd bereken word. Sodoende kan die stikstofbestedingsbehoefte oor tyd verfyn word.

Voordele

Afgesien daarvan dat die delta-opbrengsprosedure belofte inhou dat dit akkurater as die tradisionele metodes kan wees, hou dit ook ander voordele in naamlik:

- Die opbrengs van die kontrole is 'n meting van die hoeveelheid gewas-beskikbare stikstof in die grond in terme van die graanopbrengs.
- Dit raak dus oorbodig om grond-monsters te neem vir N-inhoudsbepaling en die moontlike foute wat daarmee gepaardgaan, word dus uitgeskakel.

Die produsent is nou self in beheer van die bepaling van sy mielies se stikstofbestedingsvereiste. Die opbrengs wat prysgegee word deur die kontrole persele sal na raming minder as 0.5% van die opbrengs beloop indien 1.6% van die oppervlakte daarvoor gebruik word. Die voordeel van doeltreffender bemesting gaan waarskynlik dié opbrengs wat met die kontrole persele verbeur word, in waarde oortref, aangesien beide oorbemesting en onderbemesting tot die minimum beperk word.

Plantontledings

Blare onder en teenoor die boonste mieliekop tydens blomtyd behoort tussen 2.4 en 2.9% N te bevat. N-tekorte veroorsaak dat jong plantjies bleek lig-groen of geelgroen vertoon. Teen later stadiums sal die ouer blare eerste vergeel met 'n kenmerkende omgekeerde

V-vorm. Pitte aan die punte van mieliekoppe ontbreek in 'n skielike oorgang tussen goed gevulde pitte en geen pitte. Die pitlose punt van die stronk is gewoonlik skerp.

TOEDIENINGSPRAKTYKE

Plasing

Die volgende toedieningspeile in die band, 50 mm weg van die ry en 50 mm dieper as die saad behoort nie oorskry te word nie.

0.9 m wye rye: nie meer as 40 kg N ha⁻¹

1.5 m wye rye: nie meer as 30 kg N ha⁻¹

2.1 m wye rye: nie meer as 20 kg N ha⁻¹

Saam met kalium is die totale hoeveelhede vir die onderskeie rywydtes 70, 50 en 30 kg ha⁻¹. Groter hoeveelhede kan egter wel met veiligheid teen planttyd gebandplaas word, mits dit 70 tot 100 mm weg van die saad en ten minste 50 mm onder die saad geplaas word. Bobemestingtoedienings van alle N-draers word gewoonlik as 'n kantbemesting, 100 tot 150 mm vanaf die rye toegedien, wat in die grond ingewerk moet word om potensiële verliese te verminder of te voorkom.

Tye van toediening

N moet altyd in 'n plantmengsel ingesluit word, maar klimaatsfaktore en residuele N-inhoud in die grond bepaal wanneer die meeste N toegedien behoort

MIELIE-INLIGTINGSGIDS | MAIZE INFORMATION GUIDE | 2014

te word. Die meeste N behoort vroeg gegee te word indien die seisoenale reënval minder as 700 mm is en die N-leweringvermoë van die grond laag is (soos in sandgronde), teenoor laat toediening (nie later as agt weke na plant nie) indien seisoenale reënval meer is

as 700 mm en die N-lewering van die grond hoog is (soos in kleigronde).

Gelyke verdelings tussen vroeë en laat toedienings behoort gemaak te word indien die seisoenale reënval hoër is as 700 mm en die N-lewering van die grond laag is. Drie tot vyf toedien-

Tabel 5 Optimum ekstraheerbare P volgens Ambic 1 en Bray 1 in die boonste 150 mm grond by verskillende klei+slik inhoude ten einde 90% opbrengs te bereik

Klei+Slik %	Ambic 1 mg kg ⁻¹	Bray 1 mg kg ⁻¹	Klei+Slik %	Ambic 1 mg kg ⁻¹	Bray 1 mg kg ⁻¹
13	25.3	33.5	37	9.9	17.9
14	23.6	31.8	38	9.7	17.6
15	22.1	30.3	39	9.5	17.4
16	20.8	29.0	40	9.3	17.2
17	19.7	27.8	41	9.1	17.0
18	18.7	26.8	42	8.9	16.9
19	17.8	25.9	43	8.7	16.7
20	17.0	25.1	44	8.6	16.5
21	16.2	24.3	45	8.4	16.4
22	15.6	23.6	46	8.3	16.2
23	15.0	23.0	47	8.1	16.1
24	14.4	22.4	48	8.0	15.9
25	13.9	21.9	49	7.8	15.8
26	13.4	21.4	50	7.7	15.7
27	13.0	21.0	51	7.6	15.5
28	12.6	20.6	52	7.5	15.4
29	12.2	20.2	53	7.4	15.3
30	11.8	19.8	54	7.3	15.2
31	11.5	19.5	55	7.2	15.1
32	11.2	19.2	56	7.1	15.0
33	10.9	18.9	57	7.0	14.9
34	10.6	18.6	58	6.9	14.8
35	10.4	18.3	59	6.8	14.7
36	10.1	18.1	60	6.7	14.6

ings wat gelyk verdeel word, word op sanderige gronde, onder besproeiing aanbeveel, maar hierdie toedienings behoort verkieslik teen twee weke voor blomtyd afgehandel te wees.

FOSFOR (P)

P-aanbevelings berus op ontledings van ekstraheerbare P, sowel as klei plus slik inhoud in die boonste 150 mm grond. Ekstraksiemetodes wat algemeen vir mielieproduksie gebruik word is Bray 1 en Ambic 1. Hiervolgens word die optimum ekstraheerbare P in die grond in Tabel 5 aangetoon. Volgens die huidige prysverhoudings en risiko's ter sprake word die bereiking van 90% opbrengs en nie hoër as dit nie, aanbeveel. Indien die klei plus slik inhoud minder as 13% is word tans aanbeveel dat die optimum waardes by 13% klei plus slik gebruik word. Net so behoort die optimum P-waardes by 60% klei plus slik gebruik te word vir klei plus slik waardes hoër as 60%. Waar konsentrasies laer as die optimum is, kan met inagneming van die finansiële implikasies vir die produsent, 'n opbou program gevolg word waarvolgens die P-status oor 'n aantal jare opgebou word. Die hoeveelheid fosfor wat per hektaar toegedien moet word om die grondkonsentrasie met 1 mg P kg^{-1} (Bray 1) te verhoog is 5, 7 en 9 kg P ha^{-1} vir tekstuurklasse van <10%, 10-20% en 21-35% klei onderskeidelik. P-toedienings wat benodig word vir instandhouding van die grond P-status word bereken teen 4 kg P ton^{-1} graan geproduseer.



'n Gebrek aan fosfor beperk groei en die tekortsimptome is rooierige pers blaarpunte en -rande.

Plantontledings

'n Ontleding van blare onder en teenoor die boonste kop tydens blomtyd behoort tussen 0.22 en 0.30% P te wees. Tekortsimptome word gewoonlik deur jong plante vertoon, veral onder koel, nat toestande. Blare is donkergroen met rooierige-pers punte en rande.

Toedieningspraktyk

Die algemene praktyk is dat P-bemesting gewoonlik 50 mm weg van die saad en 50 mm dieper as die saad gebandplaas word. Indien die hoeveelheid om praktiese redes nie eenmalig gebandplaas kan word nie kan 'n tweede toediening kort na plant op dieselfde wyse, maar verder weg van die plantrysaammetmoontlike bykomende N of K gebandplaas word. Breedwerpige toedienings van P is veral by kleierige gronde baie meer onderworpe aan vaslegging as bandgeplaaste toedienings.

KALIUM (K)

Reaksie op K-bemesting kan in die grootste mielieproduserende gebiede, dit wil sê op suur gronde met relatiewe lae Ca-inhoude, slegs verwag word indien die uitruilbare K-ontleding in die boonste 600 mm grond, minder as 300 kg ha⁻¹, dit wil sê 29 mg kg⁻¹ by 3% klei of 38 mg kg⁻¹ by 56% klei, is. Indien hierdie ontleding wel laag genoeg is, behoort 1.5 kg K ha⁻¹ toegedien te word vir elke 1 kg ha⁻¹ waarmee die grondontleding oor die diepte verhoog moet word. Die optimum boggrond (0-150 mm) K-ontleding vir kaolinitiese kleigronde (53% klei) in KwaZulu-Natal is 125 mg kg⁻¹ onder omstandighede waar die ondergrond tot by 'n diepte van 600 mm, 20 mg kg⁻¹ voor planttyd was. Toedienings van 3 kg K ha⁻¹ behoort die boggrondontledings in die gronde met 1 mg kg⁻¹ te verhoog. K-gebreksimptome is al by boggrond K-ontledings van so hoog as 200 mg kg⁻¹, onder alkaliese toestande, waar die boggrond Ca-ontledings meer as 3000 mg kg⁻¹ was, waargeneem. Navorsing in die verband ontbreek, maar K word tans wel onder sulke toestande volgens verwagte graanverwydering aanbeveel, dit wil sê 4 kg K ton⁻¹, gebandplaas.

Plantontledings

'n Ontleding van blare onder en teenoor die boonste kop tydens blomtyd behoort tussen 1.5 en 1.9% K te wees. K-tekorte word aanvanklik waargeneem as geel of nekrotiese blaarrande beginnende by die onderste blare, gevolg deur verspreiding

na die boonste blare. Volwasse plante val makliker om indien K-voorsiening onvoldoende is omdat die stamme onder sulke toestande makliker deur siektes besmet word. Die pitte op die punt van die kop is kleiner en verkrimp.

Toedieningspraktyk

K word gewoonlik deur middel van mistofmengsels gebandplaas.

Die volgende toedieningspeile in 'n band, 50 mm weg van die saad en 50 mm dieper as die saad met plant behoort nie oorskry te word nie.

0.9 m wye rye: nie meer as 40 kg K ha⁻¹

1.5 m wye rye: nie meer as 30 kg K ha⁻¹

2.1 m wye rye: nie meer as 20 kg K ha⁻¹

Saam met N is die totale hoeveelhede vir die onderskeie rywydtes 70, 50 en 30 kg ha⁻¹.

Groter hoeveelhede kan egter wel met veiligheid teen planttyd gebandplaas word, mits dit 70 tot 100 mm weg van die saad en ten minste 50 mm onder die saad geplaas word.

MAGNESIUM (Mg)

Die boggrondontledings van Mg behoort ten minste 40 mg kg⁻¹ te wees. Mg-tekorteword gewoonlik met grondsuurheid geassosieer en ook deur dolomitiese kalk reggestel. Indien grondsuurheid nie 'n probleem is nie, behoort Mg deur kunsmismengsels wat Mg bevat, aangevul te word, of deur produkte soos magne-

siumsulfaatofmagnesium-oksied. Mg-tekorte word baie maklik op sandgronde deur hoë toedienings of hoë vlakke van kalium in die grond geïnduseer.

'n Ontleding van blare onder en teenoor die boonste kop tydens blomtyd behoort tussen 0.15 en 0.25% Mg te wees. Die eerste tekens van magnesiumtekorte is geel tot wit tussennerfse strepe wat eerste by die ouer blare voorkom. Strepe word opgevolg deur dooie ronde kolle in die strepe, met 'n kenmerkende krale voorkoms.



Tipiese tussennerf vergeling weens 'n magnesiumgebrek op die ouer blare.

KALSIUM (Ca)

Ca-gebreksimptome is sover bekend nog nie onder veldtoestande waargeneem nie. Proewe wat gedoen is op gronde met Ca-ontledings by 100 mg kg⁻¹ het geen reaksie op kalsium getoon nie. Lae Ca-vlakke word gewoonlik met grondsuurheid geassosieer en ook deur kalktoedienings reggestel.

'n Ontleding van blare onder en teenoor die boonste kop tydens blomtyd behoort tussen 0.2 en 0.25% Ca te wees. Ca-tekorte verhinder die verskyning en

ontvouing van nuwe blare waarvan die punte feitlik kleurloos is en met 'n taai jellieagtige stof bedek is, wat tot gevolg het dat hulle aan mekaar vas kleef.

SWAWEL (S)

S-tekorte kom veral voor na die langdurige gebruik van misstowwe wat nie S bevat nie, soos byvoorbeeld hederoplossings en hoë konsentrasie fosforverbindinge. Reaksie op S kan beslis verwag word indien die anorganiese S-konsentrasies minder as 3 mg kg⁻¹ is, terwyl dit redelik seker is dat S-reaksies nie by ontledings hoër as 10 mg kg⁻¹ sal voorkom nie. Reaksie op S bemesting op grond met 'n S inhoud tussen 3 en 10 mg S kg⁻¹, is afhanklik van die atmosferiese bydrae tot die grond se S reserwe en die ondergrondse S-inhoud.

'n Ontleding van blare onder en teenoor die boonste kop tydens blomtyd behoort nie minder as 0.2% S te wees nie. S-gebreksimptome by jong plante word gekenmerk aan 'n algehele ligte vergeling van blare sonder 'n vaste patroon. By ouer plante sal die basisse van die nuwe blare eerste vergeel. Die herinstelling van die gebruik van misstofmengsels of verbindinge wat S bevat is gewoonlik voldoende om tekorte aan te vul.

MIKROVOEDINGSELEMENTE

SINK (Zn)

Zn is die mikrovoedingselement wat die meeste toegedien word deurdat dit in

baiemisstofmengselsingesluit word. Te-korte kan ver wag word indien die gron-dontledings minder as 1.5 mg kg^{-1} is, of indien blaarontledings van blare onder en teenoor die boonste kop tydens blomtyd minder as 20 mg kg^{-1} is.

Zn-gebreksimptome word gekenmerk deur ligte tussennerfse strepe wat by mekaar aansluit om bande te vorm wat vanaf die basisse tot die punt van die blare kan strek. Die rande, mid-riwwe en blaarpunte bly egter groen. 'n Lengtesnitdeurdiestammetoondonker verpersing van die onderste nodes. Onder koel, bewolkte weer, kom hierdie simptome skielik voor, maar verdwyn weer net so vinnig wanneer die son uitkom. Hoë P-konsentrasies inhibeer Zn-opname terwyl hoë N-konsen-trasies Zn-opname bevorder. Alkaliese toestande [$\text{pH} (\text{H}_2\text{O}) > 7.5$] kan ook Zn tekorte induseer.

Misstofmengsels wat Zn bevat, het heeltemal genoeg Zn in om tekorte in die grond aan te vul. Indien die grond tot aanvaarbare Zn-vlakke opgebou is, is die herhaalde gebruik van mengsels wat Zn bevat, onnodig.

MOLIBDEEN (Mo)

Mo-tekorte kom selde nog voor aangesien saad met Mo behandel word en saadproduseerders die in-houd van Mo in die saad verhoog deur blaarbespuitings met Mo.

Gebreksimptomeword gekenmerk deur ligte groen plante waarvan die blaar-

punte en -rande terugsterf. Mo-tekorte word vererger deur grondsuurheid en word geassosieer met uitloop van graan op die kop. Mo-konsentrasies in die blare onder en teenoor die boonste kop tydens blomtyd, behoort ten minste 0.2 mg kg^{-1} te wees.

BOOR (B)

B is in 'n groot mate onderworpe aan logging onder hoë reënval toestande, maar kan net so maklik tot toksiese vlakke, onder lae reënval omstandighede opbou. Verder kan oorbekalking ook B-tekorte, weens verminderderde toeganklikheid induseer. Optimum warm water B-ontledings in die bogrond is tussen 1 en 2 mg kg^{-1} , maar vanaf 5 mg kg^{-1} kan B-toksisiteit ver wag word.

B-tekorte word veral gekenmerk deur misvormde koppe en onegalige verspreiding van pitte as gevolg van swak bestuiwings. B-tekorte word ver wag indien blaarontleding van blare onder en teenoor die boonste kop tydens blomtyd tot minder as 5 mg kg^{-1} gedaal het. B-tekorte kan reggestel word deur toedienings van $0.5 - 2 \text{ kg B ha}^{-1}$, verkieslik voor planttyd.

B-toksisiteit word gekenmerk deur ver-geling van blaarpunte, gevolg deur progressiewe nekrose, wat by die blaarpunte en rande begin en dan tussen die nerwe tot by die midrib versprei. Blare kan uiteindelik 'n gebrande voorkoms vertoon en kan afsterf voordat dit volledig ontwikkel is.

MANGAAN (Mn)

Die meeste gronde bevat voldoende Mn, maar weens ontoeganklikheidsprobleme word gebreksimptome veral by alkaliese gronde wat baie organiese materiaal bevat, waargeneem. Onder sulke omstandighede word breedwerpige grondtoedienings nie aanbeveel nie, maar wel bandplasing teen nagenoeg 6 kg Mn ha⁻¹. Blaartoedienings van 1 tot 5 kg Mn ha⁻¹ is gewoonlik ook voldoende om tekorte op te hef.

Mn-tekortsimptome gaan soos in die geval van Mg-tekorte in vroeë stadiums gepaard met tussennerfse vergeling wat ook liggroen van kleur mag wees, maar met die verskil dat dit eerste by die jonger blare voorkom. Mn-tekorte word verwag indien blaarontleding van blare onder en teenoor die boonste kop tydens blomtyd tot minder as 15 mg kg⁻¹ gedaal het.

Mn-toksisiteit kom voor onder suur toestande op Mn-ryke gronde en word gekenmerk deur silwer-vaal tot bruin kolle op veral ouer blare. Onder omstandighede waar beide Al- en Mn-toksisiteit voorgekom het, is beide toksisiteit geneutraliseer deur bekalking tot suurversadigingsvlakke van <20%.

KOPER (Cu)

Grondrempelwaardes van 4 mg Cu kg⁻¹ vir HNO₃-ekstraksies en 0.2 mg Cu kg⁻¹ vir DTPA-ekstraksies, is vir graange-wasse gerapporteer. Die meeste gronde

bevat voldoende Cu, hoewel hoog-geloogde sandgronde arm is aan Cu. Die toeganklikheid van Cu vir plante is egter laag onder alkaliese toestande.

Gebreksimptome word gekenmerk deur bleek geel tot wit verkleuring van jonger blare wat ook tot nekrose van blaarpunte en rande kan lei. Cu-tekorte word verwag indien blaarontleding van blare onder en teenoor die boonste kop tydens blomtyd tot minder as 5 mg kg⁻¹ gedaal het.

Grondtoedienings van Cu word bo blaartoedienings aanbeveel. Die inkorporering van Cu in die wortelsone word by voorkeur aanbeveel aangesien bandplasing toksies kan wees. Die algemene grense waarbinne aanbevelings gemaak word strek van 1 tot 10 kg Cu ha⁻¹, maar dit kan so hoog as 22 kg Cu ha⁻¹ wees. Organiese bemesting bevat gewoonlik genoeg Cu om die noodsaaklikheid van addisionele Cu toedienings uit te skakel.

YSTER (Fe)

Die meeste suur gronde het heeltemal voldoende opgeloste yster wat vir gewasproduksie beskikbaar is. Hoog-geloogde sandgronde mag uitsonderings op hierdie reël wees. By pH (H₂O) waardes tussen 6.5 en 8.0 word yster ontoeganklik vir plante en hoe hoër die pH hoe groter die ontoeganklikheid.

Gebreksimptomeword gekenmerk deur prominente tussennerfse chlorose van die hele blaar wat eerste by die jongste

blare begin. Die hele plant kan hierdie voorkoms vertoon en die geel tussennerfse strepe kan onder erge toestande in wit strepe verander. Die plant is oor die algemeen verpot.

Ystertekorte wat weens ontoeganklikheidsprobleme ontstaan, word die beste deur blaarbespuitings van 'n 2% ystersulfaatoplossingbehandel. Verskeie bespuitings, twee weke uit mekaar, mag nodig wees. 'n Toename in die gebruik van versurende misstowwe soos ammoniumsulfaat word onder alkaliese toestande aanbeveel waardeur die toeganklikheid van Fe verbeter sal word.



Tussennerf vergeling weens 'n ystertekort op jonger blare.

BRONNE GERAADPLEEG

- Adriaanse, F.G., 1990. Effects of nitrate:ammonium ratios, times of application and prolificacy on nitrogen response of Zea Mays L. PhD dissertation. University of the Free State, Bloemfontein.
- Adriaanse, F.G. & Human, J. J., 1993. Effect of time of application and nitrate: ammonium ratio on

maize grain yield, grain N concentration and soil mineral N concentration in a semi-arid region. *Field Crops Research*, 34, 57-70.

- Adriaanse, F.G., 2000. Handleiding vir die diagnose van voedingstekorte en grondsuurheid by mielies. LNR-IGG, Potchefstroom.
- Adriaanse, F.G. & Schmidt C.J.J., 2003. N-aanbevelings volgens grondontledings vir mielies. LNR-IGG Boeredag, 27 Februarie 2003, Potchefstroom.
- Adriaanse, F. G., Venter, H.J. & Schmidt C.J.J., 2003. K-aanbevelings volgens grondontledings vir mielies. LNR-IGG Boeredag, 27 Februarie 2003, Potchefstroom.
- Anoniem, 1994. Bemestingsriglyne vir mielies onder droëlandtoestande in die RSA. LNR-IGG, Potchefstroom.
- Black, C.A., 1993. Soil Fertility Evaluation and Control. Lewis Publishers, London.
- Bloem, Dries, 2004. Databasis- en navorsingsresultateduistikstoflewering van gronde aan. *SA Graan*, Julie, 44.
- Farina, M.P.W., Channon, P., Thibaud, G.R. & Phipson, J.D., 1992. Soil and plant potassium optima for maize on a kaolinitic clay soil. *S. Afr. J. Plant Soil* 9(4), 193-200.
- Farina, M.P.W., Manson, A.D. & Johnston, M.A., 1993. Fertilizer Guidelines. In *Maize in Natal*. Kwa-zulu-Natal Department of Agriculture, Cedara.

- Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L. & Nelson, W.L., 1999. Soil Fertility and Fertilizers. Prentice-Hall International Limited, London, UK.
- Landman, S.J., 1995. Die verband tussen grondstikstof- en fosforstatus met mielieopbrengs waar kunsmis gebandplaas word. MSc. Agric. Verhandelning, Universiteit van die Vrystaat, Bloemfontein.
- Landman, S.J. & Adriaanse, F.G., 1995. Deurbraak met betrekking tot stikstofnavorsing vir mielies. Mielies/ Maize, Desember 1995, 41-42.
- LNR-IGG, 2002. Mielie-inligtingsgids. LNR-IGG, Potchefstroom.
- Mengel, K. & Kirkby, E.A., 1982. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute, Worblaufen-Bern /Switzerland.
- MVSA, 2003. Bemestingshandleiding. Die misstofvereniging van Suid-Afrika. Lynnwoodrif.
- Nel, A.A. & Bloem, A.A., 2006. The delta yield procedure for nitrogen fertilisation of maize in South Africa. SA. J. Plant Soil 23(3), 203-208.
- Schmidt, C.J.J., changes in the phosphorous status of soils and the influence on maize yield. PhD dissertation. University of the Free State, Bloemfontein.
- Schmidt, C.J.J. & Adriaanse F.G., 2003. P-bemesting vir mielies. LNR-IGG Boeredag, 27 Februarie 2003, Potchefstroom.
- Smalberger, S.A., 2001. Verwantskap tussen anorganiese grondstikstof en mielie-opbrengs met beheerde verkeer. MSc-Verhandelning, Universiteit van die Vrystaat, Bloemfontein.
- Venter, H.J., van Rooyen, P., Adriaanse, F.G. & du Preez, C.C., 2001. A model for lime recommendations under field conditions based on soil and lime properties. The fifth International Symposium on Plant-Soil Interactions at low pH. Alpine Heath, South Africa, 12-16 March 2001.
- Venter, H.J. & Adriaanse, F. G., 2003. Grondsuurheid en mielieverbouing. LNR-IGG Boeredag, 27 Februarie 2003, Potchefstroom.
- Venter, H.J. 2004. Lime quality and soil acidity criteria for dryland maize. A thesis submitted in accordance with the requirements for the Philosophiae Doctor degree in the Department of Soil, Crop and Climate Sciences, Faculty of Natural and Agricultural Sciences at the University of the Free State, Bloemfontein (<http://www.kalklig.com>. Accessed: 25 February 2011)