



Effecten van silicium bemesting, bodemvruchtbaarheid en waterstress op grasopbrengst

Afstudeeronderzoek verslag

Arnold Beltman

Effecten van silicium bemesting, bodemvruchtbaarheid en waterstress op grasopbrengst

Afstudeeronderzoek verslag

Auteur:

Arnold Beltman
Gooseveldweg 8A
8024PG Zwolle
T: 0621682099
E: arnoldbeltman@hotmail.com

Instelling:

CAH Vilentum, Dronten

Opleiding:

Agrarisch ondernemerschap, dier en veehouderij

Klas:

4DVO

Contactpersoon Eurofins Agro:

K. Brolsma
E: karst.brolsma@blgg.agroxpertus.nl
T: 0615956516

Begeleidend docent:

H. Valk
E: h.valk@cahvilentum.nl

Datum:

vrijdag 3 juni 2016

Voorwoord

Het onderzoek wat voor u ligt is een afstudeeronderzoek voor de opleiding agrarisch ondernemerschap, dier- en veehouderij aan de CAH Vilentum in Dronten. Het is een onderzoek wat uitgevoerd is samen met Eurofins Agro. Het onderzoek heeft mij geleerd wat onderzoek inhoudt en wat er allemaal bij komt kijken. Ik heb nu ook ervaren dat er uit onderzoek niet altijd uitkomt wat je gehoopt of gedacht had. Maar hierdoor heb ik geleerd: 'Geen resultaat is ook resultaat'.

Voor het bedenken, uitvoeren en analyseren van het onderzoek heb ik samengewerkt met Karst Brolsma. Ik wil hem hiervoor bedanken. Voor het uitvoeren van de proef is er samen gewerkt met Van Iperen meststoffen, zij hebben de meststoffen geleverd voor de silicium bemesting. Hiervoor mijn dank. Verder wil ik het andere personeel van Eurofins Agro bedanken voor het meedenken en realiseren van het onderzoek. Vanuit School ben ik begeleid door Henk Valk, hiervoor wil ik hem bedanken.

Arnold Beltman

Zwolle 20-4-2016

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	4
Summary	6
1 Inleiding	8
1.1 Aanleiding en relevantie.....	8
1.2 Probleemstelling.....	9
1.3 Doelstelling.....	11
1.4 Hypothese	11
2 Materiaal en methode.....	12
2.1.1 Locatie	12
2.1.2 Proefplanten.....	12
2.1.3 De bodem	12
2.2 Methode.....	13
2.2.1 Behandelingen.....	13
2.2.2 Waarnemingen.....	15
2.2.3 Analyse	15
3 Resultaten.....	16
3.1 Verloop van de proef.....	16
3.2 Ds-opbrengsten en voederwaarde resultaten bij de Si-trappen	16
3.3 Ds.-opbrengsten en voederwaarde resultaten voor de waterstress behandelingen	18
4 Discussie	19
4.1 Silicium in relatie met kwantitatieve en kwalitatieve gewas opbrengst.....	19
4.2 Silicium in relatie met droogtestress.....	20
5 Conclusie	22
6 Aanbevelingen.....	23
6.1 Aanbevelingen op basis van de uitvoering.....	23
6.2 Aanbevelingen op basis van het resultaat.	23
7 Bibliografie.....	24
8 Bijlagen	26
Bijlage 1 Bodemanalyse basis grond	26
Bijlage 2 Specificaties stockoplossingen.....	27
Bijlage 3 Hoeveelheid stockoplossing per pot.....	27
Bijlage 4 Bodemanalyse grond met 25% schraalzand.	28
bijlage 5 Specificaties geoogst gewas.....	29

Samenvatting

In de veehouderij- en akkerbouwsector zijn er regels voor de bemesting van het land. Deze regels zijn weergegeven in gebruiksnormen stikstof en fosfaat. Deze gebruiksnormen moeten er voor zorgen dat het milieu niet onnodig belast wordt met meststoffen en het grondwater niet vervuild wordt. Deze gebruiksnormen staan vermeld in de het 5^e actie programma nitraat. De bemestingsnormen voor de landbouw zijn de afgelopen jaren aangescherpt. Deze zorgen ervoor dat er minder stikstof en fosfaat uit dierlijke mest gebruikt mag worden op cultuurland. Door de mindere bemesting met rundveedrijfmest is er ook een mindere toediening van organische stof en andere elementen die van belang zijn voor de groei van gewas. Een trend die de afgelopen jaren waargenomen is, is een dalende bodemvruchtbaarheid. De opvallendste trend die zichtbaar is geworden is een dalend organische stof gehalte in de bodems. Deze dalende bodemvruchtbaarheid zorgt voor een derving van de gewas opbrengsten.

Het klimaat heeft de afgelopen jaren ook veranderingen doorgemaakt. De periodes van regenval zijn korter en intenser. Hierdoor ontstaan er meer zeer droge en meer zeer natte periodes. Door deze veranderingen heeft het gewas vaker te lijden aan droogte of aan een overschot van water, waardoor er gewas opbrengst derving ontstaat.

Sporenelementen in de bodem hebben een belangrijke rol bij de groei van grassen. Van een aantal spoorelementen is bekend wat de functie is binnen het groeiproces. Eurofins Agro heeft op de bodemanalyse die zij maken een aantal spoorelementen staan. Door onderzoek te doen naar de werking van het onderzochte spoorelement kan er gericht bemest worden met een spoorelement wanneer deze positief effect heeft op een situatie met betrekking tot droogte of verminderde bodemvruchtbaarheid en wanneer deze een positief effect heeft op de grasopbrengst.

Eén van deze elementen die Eurofins Agro analyseert is silicium. Echter is er nog, zover er bekend is, nooit onderzoek gedaan naar het effect van siliciumbemesting op de grasgroei. In dit onderzoek wordt er gekeken naar de invloed van silicium bemesting op kwantitatieve- en kwalitatieve grasopbrengsten. Dit is gedaan in combinatie met een waterstress factor en verschillende trappen van bodemvruchtbaarheid. De voornaamste verandering in de trappen van bodemvruchtbaarheid is een daling van organische stof gehalte.

Het onderzoek is uitgevoerd in de vorm van een pottenproef. De invloed van ander factoren is voor zover mogelijk geprobeerd uit te sluiten. De voedingstoffen die beschikbaar zijn voor de plant zoals stikstof, fosfaat, kali en zwavel zijn in elke pot in gelijke hoeveelheid bemest. Er is gebruik gemaakt van één en dezelfde zandgrond voor alle potten. De potten hebben verschillende trappen van silicium bemesting gekregen. Er is gebruik gemaakt van 5 trappen, 0 kg, 15 kg, 30 kg, 45 kg en 60 kg silicium per hectare. Voor het aanbrengen van de bodemvruchtbaarheidstrap is gebruik gemaakt van schraal zand uit de bouwmarkt. Dit is een percentage van 25 % toegevoegd aan de potten bestemd voor het gedeelte van het onderzoek wat de relatie onderzoekt van bodemvruchtbaarheid en silicium bemesting. Hierdoor is de bodemvruchtbaarheidstrap 25/75 ontstaan, 25 % schraal zand 75% zandbodem. Bij het onderzoek worden de potten standaard op 60 % van het watervasthoudend vermogen gehouden. Voor het onderzoek naar de relatie van silicium bemesting en waterstress worden de betreffende potten de laatste 3 weken van hun groeiperiode op 30 % van het watervasthoudend vermogen gehouden.

De hoofdvraag van het onderzoek luidt: 'Wat is het effect van silicium bemesting op grasland op zandgrond met een verminderde bodemvruchtbaarheid, met betrekking tot de kwantitatieve- en kwalitatieve grasopbrengst en heeft het invloed op de droogtetolerantie van gras? Het antwoord op de hoofdvraag is dat er geen significante relatie bestaat tussen de kwantitatieve- en kwalitatieve grasopbrengst met of zonder waterstress.

Uit het onderzoek blijkt dat er geen relatie is tussen de silicium bemesting en de kwantitatieve- en kwalitatieve grasopbrengst. Dit kan komen doordat de silicium niet is opgenomen of dat silicium niet zijn uitwerking heeft kunnen doen bij gewassen in een pottenproef. In de literatuur wordt beweerd dat silicium zorgt voor sterkere wortels en het beter opnemen van voedingsstoffen. Uit het onderdeel van het onderzoek met silicium bemesting en verminderde bodemvruchtbaarheid zijn geen resultaten gekomen doordat de grassen niet voldoende gegroeid of ontkiemt zijn. Silicium bemesting in combinatie met waterstress geeft geen significante relatie weer.

Voor vervolg onderzoek is aan te bevelen de potten volledig tot de rand te vullen. Dit geeft een betrouwbaarder beeld weer bij oogsten. Tevens is het aan te raden gebruik te maken van water buisjes in de pot voor een betere verdeling van het vocht bij het toedienen van water. Voor de proef met de waterstress is het aan te bevelen een hoger percentage aan te houden dan 30 % voor het watervasthoudend vermogen van de bodem. Voor meer onderbouwing van de resultaten is het aan te bevelen het gewas en de grond te onderzoeken op de toestand van silicium.

Summary

There are rules for fertilization of the country for livestock and arable sectors. These rules are described in nitrogen and phosphate application standards. These application standards must take care for the environment so that there is unnecessary charge of fertilization for groundwater. These application standards are mentioned in the 5th action of the nitrogen program. In recent years the fertilization standards for agriculture are sharpened. These fertilization standards take care for less nitrogen and less phosphate from animal manure to be used on agricultural land. Less fertilization of cattle manure means less administration of organic matter and other elements that are important for the growth of crop. The latest year's there's a trend mentioned, a lower soil fertility. The most striking trend that's become visible is a decreasing organic matter content in the soils. These lowering soil fertility takes care for a loss of crop revenues.

Recent years there's also climate change. Rain periods are more intense and shorter. There arise more drought and more wet periods. By these changes the crop has to suffer more often of drought or an excess of water. That's why there's less crop revenue.

Trace elements in the soil has an important role for the growth of grasses. From some trace elements it's known they have an important function within the growth process. On the soil analyzes from Eurofins agro are some trace elements. By means of research on the trace elements the fertilization can be aimed. Trace elements can have a positive effect on the situation with drought or lowering soil fertility.

One of the analyzed elements from Eurofins Agro is silica. By means of this research there will be examined the effect of silicon fertilizer on quantitative and qualitative grass yields. This is done in combination with a drought stress factor and declining soil fertility factor.

The research is performed in the form of a jar trial. The influence of other factors, is as far as possible, trying to exclude. This exclude availability of nutrients for the plant is done by means of equality of nitrogen, phosphate, potash and sulfur fertilization. The used sandy soil is for all pots the same. The pots has separate stages of silica fertilization. There are 5 stages, 0 kg, 15 kg, 30 kg, 45 and 60 kg. silica per hectare. Before the soil fertilization stage is used, sand was made of coarse sand from the hardware store. By this adding a percentage of 25% of the pots for the portion of the research that examined the relationship between soil fertility and silicon fertilization soil fertility kick 25/75 arise, 25% lean sand 75% sandy bottom. During testing, the jars are kept on standard 60% of the water-holding capacity. To investigate the relationship with silica fertilization and drought stress on the jars the last three weeks of their growth period held 30% of the water retention capacity.

The study shows that there is no relationship between the silica fertilizer and the quantitative and qualitative grass yield. This may be because the silicon is not recorded or the percentage of moisture in the plant is too low for an elaboration of the silicon. From part of the investigation with silica fertilization and decreasing soil fertility have not produced any results because the grasses are not enough grown or sprouted. Silica fertilization in combination with water stress does not give a significant relationship again.

The main research question is: 'What is the influence of Si fertilization in grassland on sandy soil with decreasing soil fertility, with regard to the quantitative and qualitative yield and the impact on the drought tolerance of grass'? The answer to the main question is that there is no significant relationship between the quantitative and qualitative grass yield with or without water stress. The

part of the question related to a decline in soil fertility cannot be answered by the failure of this part of the investigation.

For further research is recommended that the pots completely fill to the brim. This indicates to harvest a more reliable picture. It is also to make it advisable to use tubes of water in the pot for a better distribution of the moisture in the administration of water. For the experiment with the water stress, it is recommended to maintain a higher percentage of over 30% for the water-holding capacity of the soil. For further support of the results it is recommended to the crop and to examine the soil on existing silicon.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en relevantie

De melkveehouderij- en akkerbouwsector in Nederland hebben te maken met wettelijke bemestingsnormen, deze normen zorgen ervoor dat het milieu niet belast wordt door overbemesting met fosfaat (P) en stikstof (N). Voor agrarische ondernemers zijn de bemestingsnormen een vast gegeven waaraan men zich moet houden. Uit onderzoeken is gebleken dat het organische stof gehalte in de bodem de laatste jaren is gedaald (Haas de, Rotterdam- Los van, & Bussink, 2014). Deze lage bodemvruchtbaarheid is deels te wijten aan de steeds strenger wordende, aan de praktijk opgelegde, bemestingsnormen vastgelegd in de EU nitraat richtlijn (Europese Commissie, 2010). De strengere bemestingsnormen houden in dat er een steeds kleinere hoeveelheid fosfaat en stikstof gebruikt mag worden bij de bemesting van het land, dit betekent dat er minder drijfmest mag worden aangewend. Om te voldoen aan deze EU richtlijn moeten de lidstaten met een eigen actieprogramma komen om aan te tonen dat zij aan de eisen voldoen of gaan voldoen. Zo kent Nederland momenteel het vijfde actieprogramma nitraat waarin het mestbeleid is omschreven (Ministerie van Economische zaken, 2014-2017). Door de lagere toegestane drijfmestgiften, is er naast minder P en N ook een verminderde toediening van organische stof, stikstof, fosfaat, kali, natrium, magnesium, zwavel, ect. , die de bodem nodig heeft om gewassen te laten groeien. Immers drijfmest bestaat uit veel elementen zoals organische stof, stikstof, fosfaat, kali, zwavel, magnesium, natrium, ect (Cuijpers & Water, 2014). Zoals gezegd worden er met de lagere drijfmestgiften, naast N en P, ook minder spoorelementen en organische stof toegevoegd aan de bodem in vergelijking met 10 jaar geleden. Hierdoor kan van een bepaald element een tekort ontstaan wat de optimale productie van de gewassen belemmert. Door de lagere bemesting van organische stof, spoorelementen en andere essentiële voedingsstoffen uit drijfmest daalt de beschikbaarheid van voedingsstoffen in de bodem voor het bodemleven. Het bodemleven zorgt voor de omzetting van organisch materiaal waaruit voedingsstoffen vrijkomen voor de planten (Wageningen UR Livestock Research , 2015). Door een tekort aan voedingsstoffen voor het bodemleven kunnen elementen minder beschikbaar worden voor het gewas. Opbrengst verliezen of gebrek verschijnselen kunnen optreden wanneer de aanvoer van spoorelementen via drijfmest niet voldoende wordt gecompenseerd door andere meststoffen. Of wanneer de opname van een bepaald element wordt beperkt door een disbalans van mineralen in de bodem. (Anounymous, 2015)

Een van de spoorelementen die geanalyseerd wordt bij Eurofins Agro, waar geen duidelijke werking en belang van bekend is in gras, is silicium. Naar dit element zou meer onderzoek gedaan moeten worden. Uit de literatuur blijkt dat silicium een positieve invloed kan hebben op de bovengenoemde situaties met betrekking tot de veranderende situaties op basis van bodemvruchtbaarheid. Tevens wordt er in de literatuur gesproken dat silicium positieve invloed heeft op de vochtthuishouding van gewassen (Ma, Miyake, Takahashi, Snyder, & Korndorfer, 2001). Hierdoor zou silicium een rol kunnen spelen bij het opvangen van de veranderingen van het weer in Nederland.

Het weer is niet te sturen, maar het is wel mogelijk hier op in te spelen. In Nederland komen de laatste jaren steeds meer extremen in het weer voor. Deze extremen lijden tot hele natte maar ook hele droge periodes. De neerslag is toegenomen door voornamelijk het ontstaan van neerslagpieken in korte periodes. De periodes nemen af waarbij de neerslag gedurende een langere periode valt (Tank & Lenderink, 2009). Dit heeft gevolgen voor de landbouw. Door de extreme neerslag gedurende een neerslagpiek is het land moeilijk begaanbaar, terwijl in de droogte periodes het gewas een vocht tekort heeft, wat leidt tot mindere opbrengsten en mindere kwaliteit gewas. Omdat

silicium volgens de literatuur invloed heeft op de vochtuishouding van een plant zal dit mede onderzocht worden. Hierbij zal er onderzocht worden of silicium bemestingen kunnen bij dragen aan het overbruggen van een droogte periode voor gewas.

In het eerste hoofdstuk van het verslag zal er meer achtergrond informatie gegeven worden over silicium en de werking ervan. Tevens wordt het doel en de hypothese van het onderzoek weergegeven. In hoofdstuk 2 zal de materiaal en methode besproken worden. De verschillende behandelingen die in deze proef gedaan zijn zullen afzonderlijk besproken worden. In hoofdstuk 3 worden de resultaten besproken die in hoofdstuk 4 bediscussieerd worden. In hoofdstuk 5 wordt de conclusie beschreven en in hoofdstuk 6 de aanbevelingen voor vervolg onderzoek weergegeven.

1.2 Probleemstelling

Silicium ('kiesel') maakt bijna 28% uit van de totale aardkorst en is naast zuurstof het meest voorkomende atoom op de aarde. Silicium (Si) komt niet als vrij atoom in de natuur voor. Wel in de vorm van bijvoorbeeld zand, kiesel, gesteente, kwarts, graniet en klei. Er zijn zeer veel verbindingen bekend als silicaten (SiO_2 met afgeleiden), siliciden (verbindingen met koolstof), silanolen (verbindingen van silicium met waterstof), siliconen (polymeren van silicium met zuurstof) (Tjan, 2011). Silicium komt in de bodemoplossing voor als monosiliciumzuur, polysiliciumzuur en als organosiliciumcomponenten. Alleen monosiliciumzuur is opneembaar voor planten. Gronden die vooral bestaan uit kwarts (zandgronden) of organische stof (veengronden) beschikken over weinig opneembaar silicium. Kleigronden beschikken in het algemeen over meer opneembaar silicium. De silicium concentratie in de bodemoplossing kan uiteenlopen van 3,5 tot 40 milligram silicium per liter bodemoplossing. De silicium beschikbaarheid wordt beïnvloed door temperatuur en vochtgehalte in de bodem, naarmate deze hoger zijn neemt de beschikbaarheid toe. Een pH onder de 6.0 geeft een hogere silicium beschikbaarheid onder Nederlandse condities (Bussink, 2010).

Planten worden onderverdeeld in silicium-accumulatoren (planten die voedingsstoffen opslaan) met gehalten $>1\%$ Si (grassen, suikerriet en met name rijst met $>10\%$ Si) en niet-accumulatoren met gehalten $<1\%$ Si, (meeste dicotylen, waaronder aardappel). Er is geen informatie over de Si-gehalten van Nederlandse landbouwgewassen, maar in Brazilië zijn in de aardappelras Bintje gehalten in het blad tussen de 0,4 en 0,5% gemeten. Vervolgt het meeste onderzoek naar het effect van Si is uitgevoerd met de Si-accumulatoren. De depositie van Si in de plant is afhankelijk van de leeftijd, het type en de locatie van de weefsels, en van opname via de wortel en opname via het blad. De opname door de wortel is afhankelijk van gehalten aan silicium, nutriënten en water in de bodem, pH en bodemtype. In de plant wordt silicium afgezet in de celwand, in de cel inhoud en in intercellulaire ruimtes van wortel, stengel of blad. Hoe ouder de plant of het weefsel, hoe hoger het Si-gehalte. Over het algemeen zit er in de wortel het minste, in de stengel wat meer, en in het blad het meeste silicium. (Bussink & van Schöll, 2010)

Amerikaanse onderzoekers noemen het geen essentieel element voor een plant maar wel bevorderlijk (benifical) (Marschner, 1995). De effecten van silicium in planten hebben betrekking op de structuur van de planten, fysiologie en het heeft effect op de bescherming tegen ziektes. De structuur van de plant wordt verbeterd door meer turgor en hierdoor beschermd dit tegen compressie in de celwanden van de planten. Door meer druk in de celwanden kan een plant beter en dieper wortelen, een sterkere stengel en sterker blad ontwikkelen (Fang & Ma, 2006). Door het betere blad wordt de lichtinterceptie verbeterd en verminderd het plat waaien door de wind (vooral bij granen). Silicium is van belang bij de vorming van lignine. Silicium wordt afgezet in gelineariseerde celwanden. Ook voor aardappelen worden verhoogde concentraties lignine in de bladeren en, minder legering (in Nederland weinig relevant), betere bladstand en verhoogde chlorofyllconcentraties gevonden bij silicium-bemesting (Bussink & van Schöll, 2010). Door de

verstevigde celwanden verdampt er minder water en daardoor zorgt de verstevigde celwand voor het beter vasthouden van vocht in de plantencel (Eurolab, 2015). Hierdoor is de plant minder water nodig en is de plant beter bestand tegen droogte omdat de cellen het water beter vasthouden en daardoor minder vocht verbruiken. Silicium zorgt voor een betere verkoeling van de bladeren wat leidt tot een hogere en efficiëntere fotosynthese, wat kan resulteren in een hogere opbrengst met hogere voederwaarden. Doordat de plant door het aanwezige water gekoeld wordt, kost het de plant minder energie om de warmte huishouding te reguleren. De energie kan gebruikt worden voor de groei van de plant (Bussink & van Schöll, 2010).

Silicium verhoogt de hoeveelheid mobiel fosfaat in de bodem. (JF & Takahashi, (2002)) Dit komt vooral voor bij lage P- gehalten in de bodem. Hierbij hoeft er niet vanuit gegaan te worden dat de opname van P ook hoger is. Wel zorgt silicium voor een beter transport van fosfaat door de plant heen. Dit heeft als oorzaak dat door de aanwezigheid van silicium de plant minder mangaan (Mn) en ijzer (Fe) opneemt. Opbrengst effecten bij silicium bemesting zijn gevonden in situaties waarbij er lage P-gehalten in de grond aanwezig zijn. De hoger opbrengst wordt gewijd aan een betere translocatie van P.

Voor gewasopbrengst verhogingen door specifiek aanwezigheid van silicium zijn er bij aardappelen geen resultaten gevonden. De positieve effecten bij silicium bemestingen zijn toe te schrijven aan de spoorelementen voorziening als gevolg van de aanwezigheid van spoorelementen in de gebruikte silicium meststoffen. (Rex, 2000)

Uit de beschikbare informatie blijkt dat silicium een rol speelt bij de ziekteresistentie, hoewel nog onduidelijk is hoe Si ingrijpt op het afweersysteem. (Ishiguro, 2001) Op plekken waar schimmels de plant proberen binnen te dringen, wordt extra silicium afgezet rond de infectiehaard. Zodoende ontstaat een fysische barrière. Daarnaast heeft silicium waarschijnlijk een signaalfunctie om afweerreacties aan te sporen. Bij deze afweerreacties speelt de aanmaak van fenolen en fytoalexinen een rol. Niet duidelijk is hoe hoog de Si-opname moet zijn voor een substantiële vermindering van de ziektegevoeligheid (Bussink & van Schöll, 2010).

De watergebruiksefficiëntie neemt toe naarmate het silicium-gehalte in de plant stijgt. Per kilo geproduceerde droge stof is minder water nodig door een lagere transpiratiesnelheid. Een betere watergebruiksefficiëntie is aangetoond bij rijst en granen (Ma, Miyake, Takahashi, Snyder, & Korndorfer, 2001). Voor aardappelen is in een laboratorium opstelling met kweekbuizen een lagere ademhalingssnelheid bij toevoeging van silicium aan de voeding vastgesteld (Ma & Yamaji, 2006). In een veldproef werd bij aardappelras Bintje gevonden dat de silicium-concentratie in de bladeren verhoogd werd door silicium-bemesting en door droogtestress. Tevens was het gehalte aan proline verhoogd bij Si-bemesting en vochttekort. Proline is een aminozuur dat bij vochttekort kan worden aangemaakt in de bladeren maar ook snel weer kan worden afgebroken, waardoor proline het osmotisch potentiaal kan beïnvloeden en de cellen tegen denaturatieprocessen kan beschermen. Het wordt geassocieerd met de weerstand van planten tegen droogtestress.

Er is weinig bekend over het effect van organische stof op de beschikbaarheid van Si. De gegevens die er zijn hebben vooral betrekking op natte rijstteelt. Daaruit blijkt een hoger gehalte organische stof of toevoer van organische stof (bijvoorbeeld in de vorm van compost) in het algemeen, gunstig te werken op de beschikbaarheid van silicium (JF & Takahashi, (2002)).

Wat nog niet bekend is over silicium is de invloed van silicium op Engels raaigras. De onderzoeken die gedaan zijn bij silicium zijn gedaan op granen en rijst en aardappelen. Het is niet bekend wat silicium voor invloed heeft op de droogtetolerantie en de kwantitatieve- en kwalitatieve opbrengst van grassen. In dit onderzoek wordt onderzocht of silicium bemesting invloed heeft op de kwaliteit van het gras hierbij wordt er gekeken naar VEM, RE, NDF, ADF en ADL. Ook wordt er onderzocht of de hoeveelheid gewas wat geoogst kan worden, door toedoen van Si-bemestingen verhoogt wordt.

Deze vraagstukken komen meer aan de orde door de afnemende bodemvruchtbaarheid in Nederland wat resulteert in lagere gewasopbrengsten (Haas de, Rotterdam- Los van, & Bussink, 2014). Het is ook niet bekend hoe het mogelijk is door middel van silicium te kunnen sturen op een hogere kwalitatieve- en kwantitatieve grasopbrengst.

1.3 Doelstelling

Dit onderzoek wordt uitgevoerd in samenwerking met Eurofins Agro. In overleg met Eurofins Agro is de vraag naar voren gekomen wat de invloed kan zijn van bemesting van grasland met spoorelementen. Heeft het element überhaupt invloed op de grasgroei en wat doet het met de opbrengst van gras, uitgedrukt in kwantiteit en kwaliteit. Bij dit onderzoek wordt er specifiek gekeken naar de invloed van silicium bemestingen op grasland. In Nederland is voor zover bekend nog geen onderzoek gedaan naar invloed van silicium bemesting.

Het doel van het onderzoek is het aantoonbaar maken of siliciumbemesting invloed heeft op de grasopbrengst en kwaliteit ten tijde van droogte en verminderde bodemvruchtbaarheid. Wanneer uit het onderzoek blijkt dat silicium wel invloed heeft op de droogtetolerantie van gras, en resulteert in verhoging van kwantiteit en kwaliteit van de grasopbrengst en ook in combinatie met een verminderde bodemvruchtbaarheid dat de afgelopen jaren als trend geconstateerd is (Haas de, Rotterdam- Los van, & Bussink, 2014), geeft het de aanzet voor Eurofins Agro om verder onderzoek te doen naar silicium bemesting op grasland en hoe het te implementeren is voor agrarische ondernemers. De doelgroep van het onderzoek zijn de onderzoekers die onderzoek doen voor bemestingsadviezen.

Hoofdvraag.

Wat is het effect van silicium bemesting op grasland op zandgrond met een verminderde bodemvruchtbaarheid en droogtestress met betrekking tot de hoeveelheid en de kwaliteit van het geoogste gewas?

Deelvragen:

- Wat is het effect van silicium bemesting op de kwantitatieve- en kwalitatieve grasopbrengst?
- Wat is het effect van verminderde bodemvruchtbaarheid en silicium bemesting op de kwantitatieve- en kwalitatieve grasopbrengst?
- Wat is het effect van silicium bemesting en waterstress op de kwantitatieve- en kwalitatieve grasopbrengst?

1.4 Hypothese

Aan de hand van de literatuur wordt er verwacht dat de silicium zorgt voor een hogere en kwalitatief betere gras opbrengst dan zonder de silicium bemesting. Tevens wordt er verwacht dat silicium ten tijde van droogte zorgt voor een langere groei van het gewas door de in te literatuur beweerde efficiëntere vochthuishouding. Een verminderde bodemvruchtbaarheid bij de teelt van gras zorgt volgens de literatuur voor een mindere kwalitatieve- en kwantitatieve gewasopbrengst. Ook zorgt een lagere organische stof gehalte welke onderdeel is van de bodemvruchtbaarheid voor de beschikbaarheid van silicium.

2 Materiaal en methode

In dit hoofdstuk wordt het materiaal en de methode besproken die gebruikt is voor de pottenproef.

2.1.1 Locatie

De locatie waar de proef plaats vond is in de kas van de het laboratorium van Eurofins Agro. Het adres van het laboratorium is: Binnenhaven 5, NL-6709 PD Wageningen, The Netherlands.

De kas werd kunstmatig 16 uur per dag verlicht en op een temperatuur gehouden van 20-25 graden Celsius gedurende de gehele proef periode.

2.1.2 Proefplanten

De proef heeft geduurd van december 2015 tot maart 2016. Het onderzoek betrof een pottenproef. Er is gekozen voor een pottenproef omdat in de periode van de proef de omstandigheden in het veld niet goed waren voor grasgroei. Er zijn in totaal 58 potten ingezet voor de proef. Het gras wat gebruikt is voor de proef was Engels raaigras. Het ras Engels raaigras wat gebruikt is een diploïd ras, Abosan 1. Het gras heeft 5 weken vanaf het zaaien gestaan. Daarna is het geoogst. Er is geen rekening gehouden met de hoeveelheid gewas wat geoogst kon worden, er is alleen gekeken of de hoeveelheid geoogst gras voldoende was om de daarmee de chemische analyse uit te kunnen voeren. Dit omdat er vergeleken werd met een 0 meting (potten zonder behandelingen). Er is 0.1 gram zaad gebruikt per pot. Dit komt overeen met ongeveer 100 zaden per pot. Na het zaaien van het gras, zijn de zaden afgedekt met 200 gram schraal zand en zijn de potten afgedekt met folie voor een betere ontkieming. Een week na het zaaien is het folie verwijderd.

2.1.3 De bodem

Het bodemmateriaal wat gebruikt werd voor deze pottenproef is zandgrond afkomstig uit Zwolle rond het bedrijventerrein Hessenpoort van een perceel van maatschap Arnoldink. De bodemanalyse van de grond is weergegeven in bijlage 1. In een pot zat 2.7 kg bodemmateriaal. Alle potten zijn met dezelfde hoeveelheid basis bemesting bemest. Deze basisbemesting is gebeurd aan de hand van de bodemanalyse. Er is gerekend met de beschikbare elementen in de bodem. De potten zijn bemest met Stikstof (N), Fosfaat (P), Kali (K) en Zwavel (S). Dit is gedaan door te werken met stockoplossingen van kunstmest. De specificaties van de stockoplossingen zijn weergegeven in bijlage 2. Het bemesten van de bodem is gedaan voordat het gras gezaaid is. De bodem is bemest voor een grassnede van 3500 kg droge stof per hectare.

De bodemanalyses zijn gebaseerd op een hoeveelheid beschikbare elementen per kilo grond. Om een juiste bemesting uit te voeren voor de verschillende bodemvruchtbaarheidstrappen is het van belang te weten hoeveel kilogram grond er in een hectare zit om de bemestingen gelijk te houden ten opzichte van elkaar. De hoeveelheid organische stof in een grond zorgt voor verschillende dichtheden. Voor het bepalen van de hoeveelheid bodemmateriaal er in een hectare grasland zit, is er gebruik gemaakt van het organische stof gehalte om aan de hand daarvan de dichtheid te bepalen. Hiervoor is gebruik gemaakt van de tabel 1.5 op bladzijde 1-4 van het Handboek Melkveehouderij 2013. De potten kregen om de dag een hoeveelheid water toegediend. Daarbij is rekening gehouden met het watervasthoudend vermogen van de grond. Eurofins hanteert voor pottenproeven een standaard om de potten op 60 % van het watervasthoudend vermogen gehouden moeten worden. Om de dag zijn de potten gewogen en terug gebracht op het watervasthoudend vermogen van 60 %.

2.2 Methode

2.2.1 Behandelingen

2.2.1.1 Silicium bemesting

Een van de behandelingen die zijn gedaan in de pottenproef is het aanbrengen van silicium bemestingstrappen. Het bemesten met silicium gebeurde met kalimethasilicaat geneutraliseerd met salpeterzuur. Door het aandeel kali en stikstof in deze stockoplossing is de standaard bemesting aangepast aan de hand van de hoeveelheid silicium dat er bemest werd. Dit is als volgt gedaan. De verschillende silicium trappen werden bereikt door meer of minder van de silicium stockoplossing toe te voegen. In deze stockoplossing zit ook kali. Deze kali bemesting moet in mindering gebracht worden van de standaard kali bemesting, om de potten allemaal een gelijke kali bemesting te geven met toch verschillende trappen van silicium bemesting. Deze Si bemestingstrappen waren 0 kg (0Si), 15kg (15Si), 30kg (30Si), 45kg (45Si) en 60 kg (60Si) silicium per hectare getest in respectievelijk 26, 4, 8 en 16 potten per bemestingstrap. In totaal zijn dus 58 potten gebruikt met 0 Si als controlebehandeling.

De potten waren bemest voor een grassnede van 3500 kg droge stof per hectare. Er is overigens niet geoogst op 3500 kg per hectare. Zoals eerder genoemd werd er gebruik gemaakt van een 0 meting waarmee de andere opbrengsten van de potten mee vergeleken worden. Een gewas van 3500 kg droge stof per hectare heeft een bepaalde behoefte. Uitgaande van die behoefte en wat de grond levert, is de meststof gift berekend (Tabel 1).

Tabel 1. Behoefte aan meststoffen in mg/kg grond bij een grasopbrengst van 3500 kg ds.

	N	P	K	S	0Si	15Si	30Si	45Si	60Si
	<i>In mg/kg grond</i>								
Behoefte:	115	23	200	11	0	10	20	30	40
vanuit de bodem:	77	1	83	8	0	6,24	6,24	6,24	6,24
te bemesten:	38	22	117	3	0	4	14	24	34

Door gebruik te maken van verschillende stockoplossingen met verschillende concentraties (zie bijlage 2), werd elke pot apart bemest met een bepaalde hoeveelheid stockoplossing. Elke trap van silicium bemesting kreeg een aparte hoeveelheid stockoplossing toegediend om voor elke pot een gelijke N, P, K en S bemesting te realiseren. Deze aparte toediening van de meststoffen en het gelijkmaken van de N, P, K en S giften tussen de Si bemestingstrappen, zorgde voor een zo min mogelijke invloed van deze meststoffen, anders dan Si, op de proefresultaten. De verschillende hoeveelheden stockoplossingen per silicium trap zijn weergegeven in bijlage 3. Hier worden de milliliters stockoplossingen weergegeven voor een gelijke bemesting van de potten met N, P, K en S. De hoeveelheid siliciumbemesting verschilde per trap.

2.2.1.2 Bodemvruchtbaarheid

Om te onderzoeken welke invloed een dalende bodemvruchtbaarheid had op de gewasopbrengsten, zijn er in deze pottenproef 2 trappen van bodemvruchtbaarheid aangelegd. Binnen dit onderzoek werd de verminderde bodemvruchtbaarheid gecreëerd door een daling te realiseren van het organische stof gehalte, stikstof leverend vermogen en het beschikbaar kali. Dit is gedaan door het toevoegen van schraalzand aan de potten. Zo zijn er 27 van de 58 potten, die genoemd zijn in hoofdstuk 2.1.2, gevuld met het bodemmateriaal (2.1.3), gebruikt voor het aanleggen van de bodemvruchtbaarheidstrappen. Dit hield in dat er 25 % schraal zand is toegevoegd aan de potten wat neerkwam op 2025 gram bodemmateriaal en 675 gram schraalzand per pot. Als controle

behandeling is voor een aantal potten het bodemmateriaal volledig vervangen door schraalzand (100% schraalzand).

De 27 voor dit doel gebruikte potten zijn verdeeld over de volgende Si-bemestings- en bodemvruchtbaarheidstrappen:

- 4 potten zijn gevuld met alleen schraal zand zonder Si-bemesting (0Si100%)
- 11 potten zijn gebruikt voor behandeling geen Si-bemesting met bodemmateriaal bestaande uit 25% schraalzand (0Si25%)
- 4 potten zijn gebruikt voor de behandeling: 45 kg Si en 25% schraalzand (45Si25%)
- 8 potten zijn gebruikt voor de behandeling: 60 kg Si en 25% schraalzand (60Si25%)

Zoals eerder opgemerkt zijn de overige 31 potten alleen gevuld met bodemmateriaal omschreven in paragraaf 2.1.3, dus met 0% schraalzand. Om het onderscheid te maken tussen wel of geen bodemvruchtbaarheidstrap, krijgen de Si-behandelingen zoals aangegeven in 2.2.1.1, 0% als code mee. De verdeling van de overige 31 potten was als volgt: 11, 4, 4 en 8 potten werden respectievelijk verdeeld over 0Si0%, 15Si0%, 45Si0% en 60Si0%.

De bodemanalyse van de 25% schraalzand bodemvruchtbaarheidstrap is weergegeven in bijlage 4. Aan de hand van deze bodemanalyse is de N-, P-, K- en S-bemesting voor deze potten ook aangepast. Hierbij is eveneens gekeken naar wat er in de bodem beschikbaar is. Voor de beschikbaarheid van de elementen kan er niet uit gegaan worden van 75% van de beschikbaarheid van de bodemmateriaal analyse. Dit omdat het schrale zand toch voedingstoffen bevat welke invloed kunnen hebben op de gewasgroei gezien de bodemanalyse. Door hier rekeningen mee te houden worden de gewasopbrengsten niet beïnvloed door N-, P-, K- en S-bemestingsverschillen. De variabelen binnen de bodemvruchtbaarheidstrap zijn de verschillen in organische stof en beschikbaarheid van micro-elementen. De waardering van de hoeveelheid beschikbaar silicium in een pot, zonder extra bemesting met silicium is voor het bodemmateriaal 'goed', er is dus voldoende silicium aanwezig en beschikbaar. Voor de 25% bodemvruchtbaarheidstrap is het silicium gehalte hoger, hetgeen komt doordat schraalzand voornamelijk uit silicium bestaat en krijgt een waardering tussen de 'goed' en 'vrij hoog in'. Dit betekent dat er in de 25% behandeling ruim voldoende silicium beschikbaar en aanwezig is in de grond. Hierdoor zou het gewas zelfs bij de 0 Si-bemesting geen gebrek moeten hebben gehad aan silicium voor optimale grasgroei.

2.2.1.3 Waterstress

Een van de andere behandelingen in deze pottenproef is het creëren van waterstress. Om te bepalen wanneer het juiste moment is om de potten bloot te stellen aan waterstress is er elke week vanaf de 2^e groeiweek gekeken naar het wortelstelsel van de planten. Er is gekeken naar het wortelstelsel omdat de planten wel de mogelijkheid moesten hebben om silicium op te nemen wat in de pot aanwezig was. Wanneer de planten het niet op konden nemen is het effect van silicium bemesting niet te meten. Het controleren van het wortel stelsel is gedaan door 1 pot met 0 kg silicium bemesting en 1 pot met 60 kg silicium bemesting, beide 0% schraalzand, om te keren en te kijken of het wortelstelsel goed ontwikkeld is. Op het moment dat het wortelstelsel de hele pot bezet had, is er waterstress gecreëerd. In het geval dat het nog niet zo ver was, waren er nog 4 potten over, om op een later tijdstip te kijken hoe het wortel stelsel gegroeid is.

In 8 potten is waterstress gecreëerd te weten 4 van behandeling 0 Si 0% en 4 van 60 Si 0%. De potten met waterstress worden als volgt weergegeven 0 Si 0% W en 60 Si 0% W voor respectievelijk de 0 en

60 kg Si-bemestingstrappen. Deze potten hebben vanaf het begin dezelfde behandelingen gehad als de andere potten van dezelfde behandelingen. Drie weken voor het oogsten zijn de potten voor de waterstress proef op 30% watervasthoudend vermogen gebracht en gehouden.

2.2.2 Waarnemingen

Het gras is na een groeiperiode van 5 weken geoogst. De potten zijn geoogst op het moment dat er na het drogen nog voldoende gewasproduct overbleef voor het uitvoeren van de analyse. Dit was leidend voor het bepalen van het oogst moment. Door het gebruik van de controle potten de zgn. 0-meting (geen Si bemesting, geen waterstress en geen bodemvruchtbaarheidstrap) is de referentie van 3500 kg per ha niet gebruikt voor het bepalen van het oogst moment. Doordat de resultaten niet vergeleken zijn op basis van de 3500 kg DS per hectare maar vergeleken aan de hand van de 0-meting is de referentie van 3500 kg DS per ha alleen gebruikt voor de bepaling van de bemestingsbehoefte van het gewas.

Het oogsten is gebeurd doormiddel van het individueel afknippen van de grassprietten per pot. Na het oogsten is het gras van de individuele pot gewogen, om vervolgens schoongespoeld te worden met koud water. Nadat het gras geoogst is, zijn de wortels en de grond gescheiden van elkaar. De wortel massa is schoongespoeld en daarna eveneens gewogen. De grond is niet schoongespoeld maar gelijk gewogen. Na het schoonspoelen van het gras en de wortels en het wegen van het zand zijn deze de droogkast ingegaan en is het 3 dagen gedroogd op 70 graden Celsius. Na het drogen zijn de fracties opnieuw gewogen voor het bepalen van het droge stof gehalte. De wortels en grond zijn in bewaarzakken gedaan voor eventueel vervolgonderzoek. Het gras is gemalen en klaar gemaakt voor de NIRS analyse.

2.2.3 Analyse

Het gras werd voor wat betreft de chemische samenstelling onderzocht op DS-, VEM-, RE- en NDF-, ADF- en ADL-gehalte gebruikmakend van de NIRS techniek (voor meer info over de analysemethode zie: <http://www.wageningenur.nl/nl/show/NIR-spectroscopy.html>). De VEM waarde werd berekend volgens de standaard methode. Deze NIRS analysemethode is een internationaal gebruikte techniek die ook Eurofins Agro gebruikt voor het onderzoeken van gewassen en bodemanalyses.

De data werd statistische getoetst met een multifactoriële ANOVA ($P < 0,05$) gebruikmakend van het programma SPSS. De respons variabelen waren: DS/VEM/ RE /NDF/ ADL en ADF. De gegevens van de waterstress proef zijn op dezelfde manier statistisch geanalyseerd.

3 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten weergegeven van het onderzoek.

3.1 Verloop van de proef

Bij de eerste inzet van de proef zijn er weinig zaden ontkiemd in alle potten. Hierdoor is ervoor gekozen om de toplaag van de potten af te schrapen. Het vermoeden is dat het schrale zand, afkomstig uit een bouwmarkt en als voegzand werd aangeboden, een chemische behandeling heeft gehad en dat daardoor de zaden niet zijn ontkiemd. Doordat er weinig zaden ontkiemd zijn is er besloten de gehele proef opnieuw uit te voeren zoals omschreven in materiaal en methode. Het vermoeden is dat het 'voeg' zand behandeld is tegen groei van planten. Dit om te zorgen dat er geen onkruid in de voegen groeit. Het gebruikte voegzand zorgde ervoor dat de toplaag hard werd en er geen water meer doorheen kon bij het watergeven van de planten. Ook zorgde het zand ervoor dat het gras niet door de laag heen kwam waardoor het in heel vroeg stadium afstierf. Het schrale 'voeg' zand wat gebruikt is voor het afdekken van de potten is daarom verwijderd uit de potten. Door opnieuw te zaaien en het af te dekken met ander schraalzand is het gras na een week volledig in bijna alle potten ontkiemd. Het folie is er dan ook na een week afgehaald omdat het de groei belemmerde van het gras. In de potten van de bodemvruchtbaarheid behandeling (0 Si 25%, 45 Si 25 % en 60 Si 25 %) is het schrale zand vermengd, wat vermoedelijk een chemische behandeling heeft gehad zoals hierboven genoemd is, waardoor er geen gras in groeide. Het onderdeel van de proef met de behandeling voor bodemvruchtbaarheid heeft daarom geen resultaten opgeleverd door het niet ontkiemen en groeien van het gras.

De mogelijkheid die er was om in de weken na de 2^e groeiweek ook het wortelstelsel te controleren in verband met het aanbrengen van het watertekort, is echter niet nodig geweest, omdat na de 2^e week de pot reeds volledig doorgroeit was met wortels. De overige potten welke waren voor de controle van het wortelstelsel zijn verder gebruikt in de proef.

3.2 Ds-opbrengen en voederwaarde resultaten bij de Si-trappen

In Tabel 2 zijn de minimalen en de maximale waarden weergegeven van de gemeten responsvariabelen zoals omschreven in 2.2.3. Dit zijn de waarden van de potten zonder waterstress en zonder bodemvruchtbaarheidstrap, dus alleen bij die behandelingen waar alleen de hoeveelheid Si-bemesting verschilde.

Tabel 2. Opbrengst en voederwaarde kenmerken weergegeven als minimum en maximum gemeten bij de verschillende Si-trappen.

Opbrengst waarden										
variabelen	0 Si 0 %		15 Si 0 %		30 Si 0 %		45 Si 0 %		60 Si 0 %	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
VEM per kg. ds.	992	1033	983	992	904	1018	978	1004	966	995
RE g per kg. ds.	233	278	227	272	135	255	218	264	199	286
NDF g per kg. ds.	548	560	557	571	526	565	551	563	446	565
ADF g per kg. ds.	276	299	290	304	294	305	285	306	230	307
ADL g per kg. ds.	15	19	15	20	11	28	15	22	17	21
Ds. opbrengst per Pot	16.1	18.5	17.8	19.6	17.7	18.9	17.7	18.8	17.3	18.5

In Tabel 3 zijn de proefresultaten weergegeven. Hierbij is aangegeven of deze wel of niet significant zijn ($\alpha < 0.05$). Uit de resultaten blijkt geen significant ($\alpha < 0.05$) verschil tussen het gras wat bemest is met silicium en het gewas dat niet bemest is met silicium op basis van de kwantitatieve- en kwalitatieve opbrengst. Het gaat hierbij om de 0 kg Si 0 %, 15 kg Si 0%, 30 kg Si 0%, 45 Kg Si 0 % en de 60 kg Si 0 % potten.

Tabel 3 Gemiddelde ds.-opbrengst en voederwaarde voor de Si-behandelingen

	controle	Bemestingen					
opbrengsten	0 Si	15 Si	30 Si	45 Si	60 Si	significant	p- waarde
gem. VEM per kg. ds.	1008,33	987,25	969,25	1004	992	n.s.	0.22
gem. RE g per kg. ds.	261,33	250,75	220	242	248	n.s.	0.61
gem. NDF g per kg. ds.	555,17	562,75	551,5	555,75	528,25	n.s.	0.43
gem. ADF g per kg. ds.	285,17	298	300,25	296,25	278,25	n.s.	0.26
gem. ADL g per kg. ds.	16,67	17,5	17,25	16,25	19	n.s.	0.87
gem. Ds. opbrengst per Pot	17,33	18,57	18,08	18,25	17,85	n.s.	0.49

De resultaten zijn per bemesting onderling ook met elkaar vergeleken. Door de grote spreidingen zijn er onderling ook geen significante verschillen. De P waarde van VEM en ADF hebben een waarde lager dan 0.30, bij meer waarnemingen per behandeling zou er mogelijk een significant verschil uitkomen.

3.3 Ds.-opbrengsten en voederwaarde resultaten voor de waterstress behandelingen

In Tabel 3 zijn de minimale en de maximale waarden weergegeven van de meetresultaten van de potten met de behandeling voor waterstress. Hier gaat het om de potten 0 Si 0% W en 60 Si 0% W.

Tabel 3 Opbrengst en voederwaarde kenmerken weergegeven als minimum en maximum gemeten bij de verschillende waterstress behandelingen.

Opbrengst waarden				
variabelen	0 Si 0%W		60 Si 0%W	
	min	max	min	max
VEM per kg. ds.	1030	1076	980	1013
RE g per kg. ds.	219	242	241	268
NDF g per kg. ds.	428	528	530	554
ADF g per kg. ds.	197	255	257	312
ADL g per kg. ds.	15	21	13	19
Ds. opbrengst per Pot	14.8	17.8	16.3	16.9

In Tabel 4 zijn de resultaten weergegeven van het onderzoek met betrekking tot de Silicium bemesting in relatie met de waterstress factor van het onderzoek. Hier gaat het om de potten 0 Si 0% W en 60 Si 0% W.

Tabel 4 Gemiddelde ds.-opbrengst en voederwaarde voor de waterstress behandelingen.

Opbrengst waarden			significant	p waarde
variabelen	0 kg si	60 kg si		
gem. VEM per kg. ds.	1050	994	n.s.	0.26
gem. RE g per kg. ds.	231.26	252.67	n.s.	0.06
gem. NDF g per kg. ds.	493.5	544.67	n.s.	0.08
gem. ADF g per kg. ds.	233	283.33	n.s.	0.07
gem. ADL g per kg. ds.	17.5	16.67	n.s.	0.30
gem. Ds. opbrengst per Pot	16.03	16.6	n.s.	

Uit het onderzoek blijkt geen significante ($\alpha < 0.05$) relatie met de bemesting van silicium en de kwantitatieve- en kwalitatieve gewas opbrengsten in combinatie met een waterstress factor in het onderzoek. Er is wel een trend te zien tussen de verschillende waterstress behandelingen voor ruw eiwit, NDF en ADF. Bij meer waarnemingen per behandeling zal dit zeker tot significante verschillen hebben geleid.

4 Discussie

4.1 Silicium in relatie met kwantitatieve en kwalitatieve gewas opbrengst

Doordat de potten niet volledig tot aan de rand gevuld waren, is op het oog de hoogte van oogsten bepaald. Hierdoor kan een afwijking ontstaan in de droge stof opbrengst per pot. Bij het zaaien is gebruik gemaakt van een bepaald gewicht aan zaden. Hierdoor kan het aantal zaden afwijkend zijn door verschillende gewichten van individuele zaden. De potten zijn wel allemaal met hetzelfde zaad gezaaid maar de zaden onderling verschillen van grote en van gewicht, waardoor er een verschil in hoeveelheid gezaaide zaden kan zijn ontstaan in de potten. In de proef is gekozen voor een bemesting van 0 kg Si, 15 kg Si, 30 kg Si, 45 kg Si en 60 kg Si per hectare. In gras komt 0,3 tot 1,2% silicium voor (Eurolab, 2015). Voor een snede van 3500 kg droge stof betekent dit een gemiddelde onttrekking van $0.75\% \times 3500 = 24.5$ kg Silicium. Op de bodem analyse staat dat er voldoende silicium beschikbaar is voor het gras. De extra toediening van de silicium zou er voor moeten zorgen dat het gras ruimschoots meer Si opneemt. Volgens de literatuur is het mogelijk voor gewassen om ruimschoots silicium op te nemen (Eurolab, 2015). In de proef is niet aangetoond of het extra bemeste silicium ook opgenomen is. Bij elke bemestingstrap is 26.25 kg silicium per hectare onttrokken aan de bodem, gezien de gewasopbrengst en het, volgens de literatuur weergegeven, percentage van silicium in een plant. In de gewas analyses is niet gemeten de hoeveelheid silicium er in het gewas per pot aanwezig was. Hierdoor is de benutting van de silicium bemestingen niet te herleiden. Aan de hand van vervolgonderzoek is het mogelijk te bepalen of de toegediende hoeveelheid silicium voldoende is geweest. In de literatuur wordt niet weergegeven hoeveel gewasopbrengst er bij een Silicium bemesting verwacht kan worden. Hierdoor is het niet mogelijk te herleiden of het silicium opgenomen is door de planten. Wanneer het silicium volledig is opgenomen door het gras en niet meer aanwezig is in de bodem, is het mogelijk om een hogere gift te gebruiken bij vervolg onderzoek.

Dit is een mogelijkheid om wel effect te creëren op de kwantitatieve- en kwalitatieve gewas opbrengst. Wanneer het silicium van de bemesting niet is opgenomen zal er onderzocht moeten worden waarom dit niet is gebeurd. De meststof die gebruikt is, is silicium gebonden aan kaliloog. Hierdoor is het goed beschikbaar voor de planten. In de tuinbouw wordt dit product veel gebruikt in de rozen-, tomaten- en komkommerteelt (anonymous, 2014). De onderlinge spreidingen van de behandelingen zijn sterk verschillend. Bij het gebruik van meer potten per behandeling is het mogelijk om een beter beeld te krijgen van de werkzaamheid van Silicium.

Uit het onderzoek komt naar voren dat er geen verschil in kwantitatieve- en kwalitatieve grasopbrengst is bij de verschillende silicium bemestingen. Een reden dat er geen verschil te zien is tussen de kwantitatieve- en kwalitatieve opbrengst kan zijn dat het silicium niet opgenomen is door de plant, waardoor het zijn uitwerkingen niet heeft gedaan. In de onderzoeken naar silicium bemestingen bij gerst of graan wordt vooral gesproken over de werking van silicium op de omstandigheden rondom het groeiproces. De bemesting met silicium zorgt volgens de literatuur voor een mobieler P in de bodem waardoor de plant P beter op kan nemen, hieraan kan opbrengst verhoging door silicium bemesting op gronden met een lage fosfaattoestand te wijten zijn. (Gladkova, 1982). Ook zorgt de aanwezigheid van silicium ervoor dat door de extra productie van lignine en de compressie in de plant de wortels dieper kunnen komen waardoor deze de mogelijkheid krijgen voor het opnemen van extra voedingsstoffen (Fang & Ma, 2006). In deze pottenproef hebben de wortels maar een beperkte voorraad voeding en kunnen ze niet dieper wortelen door de pot heen. Hierdoor kan de uitwerking van extra voedingsstoffen geen invloed hebben gehad op de opbrengsten van het gras. De bevorderlijke werking van Silicium op ziektes in het gewas heeft waarschijnlijk hierdoor geen rol kunnen spelen in verhoging van de gewasopbrengst.

Het gras heeft geen enkele last van ziektes gehad waardoor silicium niet bevorderlijk heeft kunnen werken.

De hoeveelheid silicium die bemest moet worden voor een positieve uitwerkingen op de opbrengsten is in de onderzoeken naar rijst en aardappelen ook niet naar voren gekomen. Hierdoor blijft onduidelijkheid hoeveel een gewas nu daadwerkelijk nodig heeft om baat te hebben bij een extra silicium bemesting.

Bij het onderzoek in de aardappelen wordt de extra opbrengst niet rechtstreeks toe geschreven aan de silicium door dat er bemest is met silicaten of silicaat houdende meststoffen is het ook mogelijk dat de hogere opbrengst te wijten is aan de mee bemeste sporenelementen met deze meststoffen. In de pottenproef is gebruik gemaakt van een zuivere meststof welke geen andere sporenelementen bevat dan kali en stikstof. Deze extra elementen zijn met een andere kunstmest bij bemest in de nadere potten zodat deze geen invloed konden hebben op de proefresultaten.

4.2 Silicium in relatie met droogtestress

Het water niveau van 30 % watervasthoudend vermogen, in de potten die bedoeld waren voor de waterstress, heeft geleid tot sterke droogte in de potten. Het waterniveau heeft geleid tot sterfte van planten in een van de potten.

De resultaten van het onderzoek geven weer dat er geen significante relatie is tussen de waterstress en de silicium bemesting. Wel waren er 3 resultaten die een trend laten zien.

De eerste waarde is het ruw eiwit gehalte per kg ds. Er was te zien dat het ruw eiwit gehalte bij de bemesting van 60 kg silicium hoger was dan geen bemesting met silicium. Het verschil kan verklaard worden door benutting van stikstof bij de synthese van eiwitten. Door Silicium bemestingen wordt het stikstof in de bodem beter opgenomen en getransporteerd door de plant. Aangezien stikstof een bouwsteen is van eiwit, kan dit resulteren in het hogere gehalte aan ruweiwit in de planten bemest met silicium (Ishiguro, 2001).

Neutral Detergent Fiber (NDF) geeft de totale fractie aan celwanden weer. De tegenhanger van NDF is cel inhoud. Uit dit onderzoek kwam naar voren dat er bij waterstress, de plant met een 60 kg. silicium bemesting meer celwanden bevat dan zonder silicium bemesting. Dit is ook te verklaren door de vochthuishouding van de planten. Door de silicium is de plant efficiënter met water en groeit de plant langer door (Bussink & van Schöll, 2010). Uit de resultaten van dit onderzoek komt naar voren dat er gemiddeld een hogere opbrengst aan droge stof is. Dit is niet significant aangetoond maar bij meerdere herhalingen van de proef is het mogelijk dit wel significant aantoonbaar te maken. Door het langer doorgroeien zijn er meer celwanden in de plant aanwezig. Acid detergent fibre (ADF) is een onderdeel van NDF en bevat de cellulose en de lignine van de celwanden. Het lignine gehalte geeft de verhouting weer van de plant. Het ADF gehalte is bij 60 kg silicium bemesting hoger. De plant groeit nog langer door onder invloed van de silicium bemesting maar verdroogt uiteindelijk toch, waardoor de NDF en ADF gehalten hoger zijn bij 60 kg Si0% dan bij 0kg Si 0%. (Eurofins Agro, 2014). Uit de onderzoeken naar de werking van silicium is naar voren gekomen dat silicium van belang is bij de lignine productie in de planten. Dit is weer te zien in de trend die geconstateerd is in de resultaten van ADF.

In het onderzoek naar de aardappelen wordt er gesproken over een lagere ademhaling van de plant (Bussink & van Schöll, 2010). Hierdoor is deze efficiënter en zuiniger met zijn vocht. Door de hardere

celwanden door de hogere turgor in de plant door de aanwezigheid van voldoende silicium kan de plant makkelijker dieper wortelen zoals geconstateerd is in het onderzoek bij gerst (Ahmad, Zaheer, & Ismail, 1992). De wortels van een plant kunnen makkelijker tussen de bodemdeeltjes doorkomen omdat ze harder zijn. Door het dieper wortelen kan de plant ook andere vocht bronnen bereiken. In de pottenproef was dit onmogelijk voor de planten omdat ze opgesloten waren in een pot. Aan de hand van de resultaten kan er gesteld worden dat, wanneer er een korte periode van droogte optreedt bij gras dat Silicium bemesting kan zorgen voor een verminderde dip in de groei door de efficiëntere omgang met water in de plant. Voor een verhoging van de gewas opbrengst zal in de praktijk alleen naar voren komen bij fosfaatarme gronden en bij een gift van Silicium doorgaans in het groeiseizoen door het effect van silicium op de beworteling.

5 Conclusie

Uit het onderzoek blijkt dat er geen relatie is silicium bemesting en de kwantitatieve- en kwalitatieve grasopbrengst. Hierdoor is het antwoord op de deelvraag als volgt: 'Wat is het effect van silicium bemesting op de kwantitatieve- en kwalitatieve grasopbrengst?' Silicium bemesting heeft geen invloed op de grasopbrengst bij de omstandigheden van deze proef.

Uit dit onderzoek is naar voren gekomen dat er geen invloed is van silicium bemesting met enkel silicium bemesting. In de andere onderzoeken is gebruik gemaakt van andere meststoffen welke nog meer spoorelementen bevatten die invloed kunnen hebben op de gewasopbrengsten. Ook heeft in deze proef de silicium niet volledig zijn werking kunnen laten zien zoals deze in de literatuur beschreven is. De bevordering silicium op het dieper en verder kunnen wortelen heeft in deze proef niet zijn uitwerking kunnen hebben doordat de proef in een pot is uitgevoerd. De meeropbrengst van silicium wat in de proef van de aardappelen is gemeten door de werking van silicium tegen ziektes heeft in deze proef ook geen invloed kunnen hebben omdat het gras geen ziektes heeft gehad.

Door het onderzoek in gerst en dit onderzoek in gras is aan de hand van de literatuur te stellen dat silicium de omstandigheden van het groeien voor een plant verbeterd maar niet specifiek de groei van de plant versnelt of vergroot.

Het antwoord op de volgende deelvraag luidt als volgt: 'Wat is het effect van silicium bemesting en waterstress op de kwantitatieve- en kwalitatieve grasopbrengst?'

'Silicium heeft geen significant invloed bij waterstress op de kwantitatieve- en kwalitatieve grasopbrengst. Er is een trend tussen de ruw eiwit opbrengst per kg. droge stof en de silicium bemesting. Het NDF- en ADF gehalte per kg. droge stof laten eveneens een trend zien in relatie met de silicium bemesting.

De werking van silicium met betrekking tot droogtestress is aan de hand van de literatuur en deze proef te beperken tot het dieper laten wortelen en het efficiënter omgaan met vocht in de plant zelf door de verlaging van de ademhaling waardoor er minder water verdampt. Hierdoor kan de plant langer doorgroeien het langer volhouden met minder water. In omstandigheden zonder waterstress is er geen versnelde of extra groei door de efficiëntere omgang met vocht in de plant.

Het antwoord op de hoofdvraag van dit onderzoek luidt als volgt: 'Wat is het effect van silicium bemesting op grasland op zandgrond met een verminderde bodemvruchtbaarheid en droogtestress met betrekking tot de hoeveelheid en de kwaliteit van het geoogste gewas?' Het antwoord is: Er is geen significant Invloed van silicium bemesting op de kwantitatieve en kwalitatieve grasopbrengsten. Er is ook geen invloed van silicium op de kwantitatieve en kwalitatieve grasopbrengsten ten tijde van waterstress: wel werd er een trend geconstateerd van Si op eiwit-, NDF en ADF-gehalte. Op het onderdeel van de vraag over de invloed van silicium bij afnemende bodemvruchtbaarheid is geen antwoordt op te geven door het mislukken van de proef.

De hypothese kan op basis van deze proef verworpen worden. Het is niet statistisch in deze proef bewezen dat silicium daadwerkelijk zorgt voor een meeropbrengst bij grassen. Ook niet in de periodes van waterstress.

6 Aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden aanbevelingen gedaan met betrekking op de resultaten van het onderzoek en de uitvoering van het onderzoek.

6.1 Aanbevelingen op basis van de uitvoering.

Voor de uitvoering van het onderzoek is van belang dat er gewerkt wordt met schraalzand dat het gewas niet aantast voor het onderdeel met de afnemende bodemvruchtbaarheid. Dit kan eenvoudig schraal zandbak zand zijn.

Voor het watergeven van de planten kan gebruik gemaakt worden van kokertjes die voor het zaaien geplaatst worden in de pot. Deze buisjes moeten ongeveer 5 cm. onder het maaiveld zitten. In deze buisjes kan het water gegeven worden zodat het gelijkmatig verdeeld wordt over de pot. Door het gebruik van de buisjes voor het watergeven is het ook mogelijk om de pot volledig te vullen met grond, wat een voordeel geeft bij het oogsten. Het voordeel wat hierdoor ontstaat, is de mogelijkheid van het op een gelijke hoogte afknippen van het gewas.

Het waterniveau van 30% van het watervasthoudend vermogen is voor het onderzoek een lage waarde, het heeft geleid tot sterfte van de planten in 1 van de potten. Voor vervolg onderzoek zou er beter gekozen kunnen worden voor een hoger waterniveau dan 30 % van het watervasthoudend vermogen.

6.2 Aanbevelingen op basis van het resultaat.

Op basis van het resultaat is het aan te bevelen om de grond en het gewas te laten onderzoeken op silicium beschikbaarheid. Dit is aan te bevelen omdat silicium in de plant zijn uitwerking pas kan hebben wanneer deze opgenomen is in de plant. Hierbij kan ook gekeken worden naar de beschikbaarheid van fosfaat. In de literatuur werd gesproken over een betere beschikbaarheid doordat silicium werkte als transportstof. Hierdoor kan er uitsluitel gegeven worden of de planten het silicium hebben opgenomen en het hierdoor zijn werking heeft kunnen doen of dat het nog in de grond aanwezig is en geen invloed heeft gehad op de plantengroei.

Het onderzoek is nu in een pot uitgevoerd. Om de werking te kunnen onderzoeken, van in de literatuur genoemde punten, over silicium over het dieper wortelen en het beter bestand zijn tegen ziektes is het aan te bevelen deze proef uit te voeren in het open veld waardoor het gras wel blootstaat aan ziektes en de wortels van de planten de mogelijkheid hebben om dieper te wortelen. Hierbij kan er gebruikt worden gemaakt van de zelfde silicium meststof als in deze proef. Hierdoor is het mogelijk de werking van de mee bemeste spoorelementen met de gebruikte silicaten silicium meststof, die genoemd werden in de onderzoeken in de literatuur, uit te sluiten.

7 Bibliografie

- Ahmad, R., Zaheer, S., & Ismail, S. (1992). Role of silicon in salt tolerance of wheat. *Plant Science* 85, 43-50.
- anonymous. (2014, 3 12). <http://www.iperen.com/nl-NL/Nieuws/Nieuws/Nieuws-Tuinbouw/2014,-kwartaal-1/Nieuwsbrief-Tomaat-silicium?searchtext=kali>. Opgehaald van www.iperen.nl: <http://www.iperen.com/nl-NL/Nieuws/Nieuws/Nieuws-Tuinbouw/2014,-kwartaal-1/Nieuwsbrief-Tomaat-silicium?searchtext=kali>
- Anonymous. (2015). www.vruchtbarebodem.nl. Opgehaald van chemische eigenschappen: <http://www.vruchtbarebodem.nl/bodem--bemesting/chemische-eigenschappen/>
- Bussink, D., & van Schöll, L. (2010). *Effecten van silicium op aardappel (NMI, 2010)*. NMI. Wageningen: Nutriënten management instituut nmi bv.
- Cuijpers, W., & Water, M. v. (2014). *Toepassing gefilterd digistaat in de biologische fruитеelt*. Driebergen: © 2015 Louis Bolk Instituut. Opgeroepen op 11 10, 2015, van <http://www.louisbolk.org/downloads/3069.pdf>
- Eurofins Agro. (2014, 10 10). www.blgg.agroxpertus.nl. Opgehaald van www.blgg.agroxpertus.nl: <http://blgg.agroxpertus.nl/wiki/celwanden>
- Eurolab, K. (Red.). (2015, 10 20). <http://www.eurolab.nl/text-silicium-g.htm>. Opgeroepen op 11 10, 2015, van <http://www.eurolab.nl>: <http://www.eurolab.nl/text-silicium-g.htm>
- Europese Commissie. (2010). *De Europese nitraatrichtlijn*. Den Haag: Europese Unie. Opgehaald van <http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/nitrates/nl.pdf>
- Fang, J., & Ma, X. (2006). Effect of silicon on the growth of test-tube potato plantlets and the cell wall. *Acta Agronomica Sinica*, 152-154.
- Gladkova, K. (1982). The role of silicon in plant nutrition. *Agrochemistry* 2, 133.
- Haas de, M., Rotterdam- Los van, A., & Bussink, D. (2014). *Ontwikkeling bodemvruchtbaarheid en ruwvoer kwaliteit van grasland*. Wageningen: NMI B.V.
- Ishiguro, K. (2001). Review of research in Japan on the roles of silicon in conferring resistance against rice. *Silicon in Agriculture. Studies in Plant*, 277-291.
- JF, M., & Takahashi. ((2002)). *Soil, fertilizer, and plant silicon research in Japan*. Elsevier Amsterdam,. Amsterdam: Elsevier.
- Ma, J., & Yamaji. (2006). Silicon uptake and accumulation in higher plants. *TRENDS in plant sciences*, 392-397.
- Ma, J., Miyake, Y., Takahashi, E., Snyder, G., & Korndorfer, G. (2001). Silicon a beneficial element for crop plants, Silicon in Agriculture. *Studies in Plant Sciences* 8, 17-39.
- Marschner, H. (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants* (2 ed., Vol. Hoofdstuk 10.3). London: Academic press inc.

Ministerie van Economische zaken. (2014-2017). *5e Nederlandse AP betreffende de Nutraatrichtlijn*. Den Haag: Ministerie van Economische zaken.

Rex, M. (2000). Auswirkungen langjähriger Anwendung von silikatischen Düngekalken auf Parameter der. *VDLUFA Kongressband 2000*, 211-210.

Tank, A. K., & Lenderink, G. (2009). *Climate change in the Netherlands;Supplements to the KNMI'06 scenarios*. De Bilt: Printing-office Koninklijke Broese en Peereboom B.V., Breda, The Netherlands.

Tjan, L. T. (2011`, 11 12). *Silicium - Het vergeten mineraal*. Opgehaald van www.scienceforlife.eu: <http://www.scienceforlife.eu/tekst%20silicium.htm>

Wageningen UR Livestock Research . (2015, December 3). *Bemestingsadvies Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen*. Opgehaald van Bemestingsadvies : <http://www.bemestingsadvies.nl/>

8 Bijlagen

Bijlage 1 Bodemanalyse basis grond



Bemestingswijzer
Akker-/tuinbouw
Start PP

Eurofins Agro
Postbus 170
NL - 6700 AD Wageningen

Uw klantnummer: 8542260

T monsternummer: Klantenservice: 0888761010
T klantenservice: +31 (0)88 876 1010
E klantenservice@eurofins-agro.com
I www.eurofins-agro.com

Eurofins Agro
K. Brolsma
Postbus 170
6700 AD WAGENINGEN

Onderzoek: Onderzoek-/ordernr: 814709/003678066 Datum monsternummer: 16-10-2015 Datum verslag: 23-10-2015 Subsidieverlener: Eurofins Agro, Kortingsregeling 490 Postbus 170, 6700 AD WAGENINGEN

Aanvang Pot proef

Resultaat hoofdelement	Eenheid	Resultaat	Gem.*	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
N-totale bodemvoorraad	mg N/kg	2780							
C/N-ratio		11	10	13 - 17					
N-leverend vermogen	kg N/ha	137	138	93 - 147					
S-totale bodemvoorraad	mg S/kg	410							
C/S-ratio		77		50 - 75					
S-leverend vermogen	kg S/ha	15	22	20 - 30					
P plant beschikbaar	mg P/kg	0,8	1,9	1,1 - 2,1					
P-bodemvoorraad (P-AI)	mg P ₂ O ₅ /100 g	33	40	24 - 37					
Pw	mg P ₂ O ₅ /l	22							
K plant beschikbaar	mg K/kg	83		70 - 110					
K-bodemvoorraad	mmol+/kg	1,8		1,8 - 2,9					
Ca plant beschikbaar	kg Ca/ha	45		201 - 468					
Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	1705		2185 - 3280					
Mg plant beschikbaar	mg Mg/kg	175	234	50 - 85					
Na plant beschikbaar	mg Na/kg	11	33	35 - 50					
sporenelement									
Si plant beschikbaar	µg Si/kg	6240		6000 - 32000					
Fe plant beschikbaar	µg Fe/kg	< 2020		2500 - 4500					
Zn plant beschikbaar	µg Zn/kg	2500		500 - 750					
Mn plant beschikbaar	µg Mn/kg	7200		5800 - 8000					
Cu plant beschikbaar	µg Cu/kg	32		40 - 65					
Co plant beschikbaar	µg Co/kg	8,4		25 - 50					
B plant beschikbaar	µg B/kg	167		77 - 122					
Mo plant beschikbaar	µg Mo/kg	< 4		100 - 5000					
Se plant beschikbaar	µg Se/kg	5,2		3,5 - 4,5					
fysisch									
Zuurgraad (pH)		5,0	6,2	6,0 - 6,6					
C-organisch	%	3,2							
Organische stof	%	6,3	5,5						
C-anorganisch	%	0,04							
Koolzure kalk	%	< 0,2	0,3	2,0 - 3,0					
Klei	%	2	34						
Silt	%	8							
Zand	%	84							
Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	55	272	> 103					
CEC-bezetting	%	81	84	> 95					
biologisch									
Bodemleven	mg N/kg	96		60 - 80					

* Dit zijn regiogemiddelden. Meer informatie staat bij onderdeel Gemiddelde.

Bijlage 2 Specificaties stockoplossingen.

Stockoplossing	meststof	Aantal grammen	Opgelost in ...ml gedestilleerd water	Concentratie
N	kas 27%N	20	1000	5.4mg/ml N
P	TSP 45% P2O5	10	1000	4.5mg/ml P2O5
K	kali 60% K2O	30	1500	12mg/ml K
S	Kas S 15% S & 24% N	5	500	1.5mg/ml S & 2.4 mg/ml N
Si	Kalimethasilicaat (Si (KOH)2)	10.45 ml	240*	3.35 mg/ml Si.
Si	Salpeterzuur (HNO3)	14.53 ml	235*	
*Deze meststoffen zijn na het verdunnen samen gevoegd tot silicium meststof.				

Bijlage 3 Hoeveelheid stockoplossing per pot

Bodemvruchtbaarheid % schraalzand	0	0	0	0	0	25	25	25	100
Stockoplossing. ml./pot	0	15	30	45	60	0	45	60	0
	Kg silicium per hectare					Kg silicium per hectare			
water ml	13.5	15.03	19.03	23	27	12	6.7	20.69	0
SI	0	3	11.1	19.1	27.2	0	9.6	17.7	0
N	21.4	19.05	12.71	6.4	0	18.14	10.56	4.2	44.9
P	13.1	13.07	13.07	13.1	13.1	11.6	11.6	11.6	11.2
K	26.4	24.2	18.5	12.8	7.1	30.5	23.7	18.0	37.3
s	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	6.8	6.8	6.8	16.4
Aantal potten	11	4	4	4	8	11	4	8	4

Bijlage 4 Bodemanalyse grond met 25% schraalzand.

Eurofins Agro
K. Brolsma
Postbus 170
6700 AD WAGENINGEN

Onderzoek		Onderzoek-/ordernr: 816321/003687471	Datum monstername: 03-11-2015	Datum verslag: 16-11-2015	Subsidieverlener: Eurofins Agro, Kortingsregeling 490 Postbus 170, 6700 AD WAGENINGEN				
Resultaat hoofdelement	Eenheid	Resultaat	Gem.*	Streeftraject	laag	vrij laag	goed	vrij hoog	hoog
sporenelement	N-totale bodemvoorraad	mg N/kg	1820						
	C/N-ratio		12	13	13 - 17				
	N-leverend vermogen	kg N/ha	139	164	93 - 147				
	S-totale bodemvoorraad	mg S/kg	350						
	C/S-ratio		65		50 - 75				
	S-leverend vermogen	kg S/ha	12	12	20 - 30				
	P plant beschikbaar	mg P/kg	0,8		2,2 - 3,2				
	P-bodemvoorraad (P-Al)	mg P ₂ O ₅ /100 g	21	48	27 - 39				
	Pw	mg P ₂ O ₅ /l	17						
	K plant beschikbaar	mg K/kg	43		75 - 108				
fysisch	K-bodemvoorraad	mmol+/kg	2,3		1,9 - 2,9				
	Ca plant beschikbaar	kg Ca/ha	21		96 - 224				
	Ca-bodemvoorraad	kg Ca/ha	1065		795 - 1195				
	Mg plant beschikbaar	mg Mg/kg	102	173	89 - 134				
	K/Mg-ratio		4,3	8,7					
	Na plant beschikbaar	mg Na/kg	381	21	51 - 86				
	Si plant beschikbaar	µg Si/kg	18050		6000 - 32000				
	Fe plant beschikbaar	µg Fe/kg	< 2020		2500 - 4500				
	Zn plant beschikbaar	µg Zn/kg	530		500 - 750				
	Mn plant beschikbaar	µg Mn/kg	2060		3200 - 5000				
biologisch	Cu plant beschikbaar	µg Cu/kg	33		40 - 65				
	Co plant beschikbaar	µg Co/kg	2,7		25 - 50				
	B plant beschikbaar	µg B/kg	107		129 - 175				
	Mo plant beschikbaar	µg Mo/kg	< 4		100 - 5000				
	Se plant beschikbaar	µg Se/kg	3,6						
	Se-getal		15		150 - 250				
	Zuurgraad (pH)		5,6	5,1	4,8 - 5,5				
	Organische stof	%	3,9	6,6					
	C-anorganisch	%	0,03						
	Koolzure kalk	%	< 0,2		2,0 - 3,0				
biologisch	Klei	%	1						
	Silt	%	6						
	Zand	%	88						
	Klei-humus (CEC)	mmol+/kg	58	121	> 48				
	CEC-bezetting	%	92	70	> 95				
	Bodemleven	mg N/kg	75		125 - 175				

* Dit zijn regiogemiddelden. Meer informatie staat bij onderdeel Gemiddelde.

bijlage 5 Specificaties geoogst gewas

pot no	kg si. / ha.	Voor drogen		Na het drogen			vocht verhoudingen			
		gewicht gewas (gr)	gewicht grond (gr)	gr DS gewas	wortels (gr)	grond (gr)	water in gras (gr)	% vocht in gewas	water in grond (gr)	% vocht in grond
2	0	30,9	1984	16,1	17,6	1478	14,8	47,9	506	25,5
3	0	26,2	1769	16,3	16,4	1470	9,9	37,8	299	16,9
4	0	49	1510	18,5	16,4	1220	30,5	62,2	290	19,2
6	0	38,5	1591	17,1	17,1	1332	21,4	55,6	259	16,3
7	0	39,8	1423	17,5	18,6	1124	22,3	56,0	299	21,0
11	0	50,3	1513	18,5	17,3	1155	31,8	63,2	358	23,7
55	15	42,8	1545	18,3	16,4	1227	24,5	57,2	318	20,6
56	15	49,7	1810	18,6	17,7	1375	31,1	62,6	435	24,0
57	15	47,5	1431	17,8	16,2	1380	29,7	62,5	51	3,6
58	15	46,5	1715	19,6	16,9	1161	26,9	57,8	554	32,3
51	30	48,5	1416	17,7	16,6	1038	30,8	63,5	378	26,7
52	30	40,2	1708	18,9	16,8	1170	21,3	53,0	538	31,5
53	30	40,4	1866	17,9	15,6	1401	22,5	55,7	465	24,9
54	30	45,5	1502	17,8	15,1	1155	27,7	60,9	347	23,1
12	45	42,2	1300	17,7	15,8	1141	24,5	58,1	159	12,2
13	45	51,1	1525	18,8	19,7	1454	32,3	63,2	71	4,7
14	45	43,3	1781	18,2	18,3	1140	25,1	58,0	641	36,0
15	45	41,3	1441	18,3	16,9	1293	23	55,7	148	10,3
16	60	44	1496	18,5	18,1	982	25,5	58,0	514	34,4
18	60	48,7	1634	17,4	17	1223	31,3	64,3	411	25,2
21	60	41,3	1709	17,3	16,5	1359	24	58,1	350	20,5
22	60	42,7	1538	18,2	17,6	1306	24,5	57,4	232	15,1
1	0	18	1952	15,4	16	1620	2,6	14,4	332	17,0
5	0	23,2	1862	14,8	16,1	1622	8,4	36,2	240	12,9
8	0	27,5	1855	17,8	16	1580	9,7	35,3	275	14,8
17	60	33,7	1857	16,9	16,1	1610	16,8	49,9	247	13,3
19	60	25	1969	16,6	15,3	1730	8,4	33,6	239	12,1
20	60	23,6	1867	16,3	15,8	1308	7,3	30,9	559	29,9