

Effect van bekalking met Vitens kalkkorrel op grasland

Resultaten 2017-2020

Evert Prins, Joost Sleiderink, Nick van Eekeren



© 2021 Louis Bolk Instituut

Effect van bekalking met Vitens kalkkorrel op grasland

Resultaten 2017-2020

Evert Prins, Joost W.M. Sleiderink, Nick van Eekeren

Publicatienummer 2021-008 LbD

22 pagina's

Deze publicatie is beschikbaar via

www.louisbolk.nl/publicaties

www.louisbolk.nl

info@louisbolk.nl

T 0343 523 860

Kosterijland 3-5

3981 AJ Bunnik

 @LouisBolk

Louis Bolk Instituut: Onderzoek en advies ter bevordering van
duurzame landbouw, voeding en gezondheid

Inhoud

Samenvatting	4
1 Introductie	6
2 Materiaal en methode	8
3 Resultaten	10
3.1 Bodem	10
3.2 Opbrengst	14
4 Discussie	15
4.1 pH	15
4.2 Mineralisatie en productie	16
5 Conclusies en aanbevelingen	18
Referenties	19
Bijlagen	20
Bijlage 1: Resultaten demopercelen	20
Bijlage 2: Volledige uitslag <i>Soil Health Assessment</i>	22

Samenvatting

Inleiding

Met als doel circulair en duurzaam ondernemen, wil Vitens zo veel mogelijk reststoffen hergebruiken. Daarom hebben zij een nieuw kalkproduct ontwikkeld dat gewonnen wordt bij het ontkalkingsproces van drinkwater. Het fijnere deel van deze korrels kunnen als bodemverbeteraar in de landbouw ingezet worden ter behoud van een optimale pH van de bodem.

De pH van de bodem is een belangrijke factor van bodemkwaliteit en bepaalt onder andere:

1. De beschikbaarheid elementen, waaronder fosfaat.
2. De activiteit van het bodemleven en daarmee de mineralisatie van nutriënten.
3. Calcium uit de kalkkorrels kunnen een directe rol spelen in het verbeteren van de bodemstructuur.

Doel

Het doel van dit onderzoek was om gedurende vier jaar (2017-2020) op licht verzuurd grasland het effect van bekalking met de Vitens kalkkorrel te vergelijken met Dologran en een onbekalkte controle wat betreft verhoging en snelheid van verhoging van de pH, de stikstofmineralisatie en algehele kwaliteit van de bodem, en gewasopbrengst. Hierbij werden Dologran en de Vitens kalkkorrel beide getest bij een toepassing in 1 keer een grote dosis (1G: één hele gift in het eerste jaar van de proef) of in 4 keer een kleine dosis (4G: elk jaar ¼ van de totale gift). Daarnaast werden er op drie andere locaties op zandgrond demopercelen aangelegd op graslandpercelen waar een enkele strook met de Vitens korrel bekalkt werd naast een onbehandelde controlestrook.

Resultaten en discussie

pH

De pH van de Dologran 1G behandeling nam het snelst toe en toonde in het najaar van 2017 en het voorjaar van 2018 als enige een significante verhoging ten opzichte van de controlebehandeling en werd een piek verhoging van 0,4 ten opzichte van de controle gemeten. Tussen de meting met de piek in het voorjaar van 2018 en de eindmeting in het najaar van 2020 nam de pH in de Dologran 1G behandeling licht af, terwijl de pH van de overige behandelingen sterk toenam ten opzichte van de controle. Bij de eindmeting in het najaar van 2020 was de pH in alle vier kalkbehandelingen evenveel, namelijk ~0,3, verhoogd ten opzichte van de controle. Door de piek in pH deze gedurende het experiment gemiddeld het hoogst in de Dologran 1G behandeling. Na deze piek nam de pH echter weer licht af, terwijl de effectiviteit op de pH van de overige behandelingen nog door bleef stijgen in

de 2^e helft van de proefperiode. De vermeende, maar niet gemeten, hardheid van de Vitens korrels ten opzichte van de zachtere, meer poreuze Dologran korrels zou het verschil tussen de twee kalk producten kunnen verklaren.

In geen van de behandelingen werd na 4 jaar echter de potentiële pH verhoging van ~0,7 behaald die verwacht werd met de gift van 1560kg kalkproduct/ha, mogelijk doordat de zomerdroogtes de werking van de kalk verlaagd hebben of de organische en kunstmestbemesting van de percelen, en de relatief lage opbrengst de pH ook heeft beïnvloed. De demopercelen hadden, gecorrigeerd voor de verandering van de pH in de controlestrook, een gemiddelde pH verhoging van 0,4 onder invloed van de Vitens kalkkorrels.

Stikstofmineralisatie, bodemkwaliteit en opbrengst

Hoewel de pH door de kalkbehandelingen verhoogd werd, werkte dit effect niet door op de stikstofmineralisatie. Ook kwamen er uit de resultaten van de *Soil Health Assessment (SHI)* van *Cornell University* geen significante behandelingseffecten naar voren op zowel parameters die gerelateerd zijn aan het bodemleven en bodemstructuur als voor de beschikbaarheden van verschillende nutriënten, waaronder fosfaat. Mogelijk werden hierdoor ook geen verschillen in stikstof- en droge stofopbrengst tussen de behandelingen onderling en de controle gemeten. Ook in de demopercelen bleef een verschil in stikstofmineralisatie tussen Vitens kalkkorrel behandeling en controle uit.

Conclusies

Het circulaire korrelkalk product van Vitens blijkt uit deze resultaten geschikt voor onderhoudsbekalking voor grasland op zandgrond. De Dologran 1G behandeling werkte erg snel maar nam in effectiviteit licht af in de 2^e helft van de proefperiode en is daarom geschikter voor een snelle reparatiebekalking. De Vitens kalkkorrel bleek met één gift een langzame werking te hebben die echter toenam over een periode van 4 jaar en mogelijk nog langer zou kunnen blijven toenemen. Hiermee had de Vitens 1G behandeling een vergelijkbaar langdurig en toenemend onderhoudseffect op de pH als de jaarlijkse applicatie van ¼ gift Dologran. Dit betekent dat een boer slechts 1 keer per 4 jaar hoeft te bekalken met de Vitens kalkkorrels om het zelfde effect te bewerkstelligen als jaarlijkse bekalking met een gedeelde gift Dologran. Echter hadden de Vitens kalkbehandelingen, evenals de Dologran behandelingen, geen invloed op de bodemkwaliteit, activiteit van het bodemleven, de mineralisatie en de grasopbrengst.

1 Introductie

Vitens heeft zich tot doel gesteld om duurzaam, circulair te ondernemen. Dit houdt in dat zoveel mogelijk reststoffen hergebruikt worden. Bij het ontkalken van het drinkwater wordt er een kalkkorrel gewonnen. Grovere kalkkorrels worden reeds verwerkt in kippenvoer. De fijnere korrels kunnen gebruikt worden als bodemverbeteraar in de landbouw om de streefwaarden van de pH van de bodem te onderhouden.

De pH van de bodem is een belangrijke factor van bodemkwaliteit en bepaalt onder andere:

4. De beschikbaarheid van de verschillende elementen. Bodemmineralen zoals ijzer- en aluminiumoxides worden positiever geladen naarmate de pH daalt, door een stijging van de concentratie H^+ ionen. Fosfaat, een van de belangrijkste plant-nutriënten, is echter negatief geladen. Vanwege de tegenovergestelde lading gaat fosfaat een chemische verbinding aan met de ijzer- en aluminium oxides in de bodem onder zure omstandigheden. Bij nog zuurdere omstandigheden kan fosfaat ook aan opgeloste ijzer en aluminium ionen gebonden worden. Aan de andere kant van het spectrum, in een basische bodem (hoge pH), kan fosfaat zich binden aan opgeloste calciumionen. Fosfaat dat gebonden is aan deze elementen kan niet meer door plantenwortels opgenomen worden en is daarom niet meer beschikbaar voor plantengroei. Gewassen kunnen hierdoor een fosfaat-deficiëntie opbouwen, wat kan resulteren in een verminderde gezondheid en opbrengst van het gewas. Wat betreft pH bestaat er dus een optimale waarde waar fosfaat het meest beschikbaar is.
5. De activiteit van het bodemleven. Ook het bodemleven functioneert het beste bij optimale pH. Wanneer de pH te laag of te hoog is, kan hierdoor de mineralisatie van nutriënten door het bodemleven geremd worden, waardoor er minder nutriënten beschikbaar komen voor gewasgroei. Ook kan het zijn dat de (voeder)kwaliteit van het gewas hierdoor afneemt. Ook regenwormen kunnen niet goed tegen een lage pH, waardoor de kringloop van nutriënten en de positieve invloed van regenwormen op de bodemstructuur, beworteling en waterinfiltratie geremd kunnen worden door verzuring (Deru et al., 2018).
6. Daarnaast kan de calcium uit de kalkkorrels een directe rol spelen in het verbeteren van de bodemstructuur. Calciumionen kunnen door hun positieve lading bruggen vormen tussen negatief geladen klei deeltjes en negatief geladen organische stof, wat resulteert in een verbeterde aggregatie en een verbeterde bodemstructuur.

Een lage pH in een verzuurde bodem wordt veroorzaakt door een hoge concentratie H^+ ionen. Door kalk op het land aan te brengen, wordt de pH van de bodem verhoogd. Kalk (calciumcarbonaat) bestaat uit de chemische verbinding $CaCO_3$. In de bodem lost dit op in het bodemvocht waarbij Ca^{2+} en CO_3^{2-} ionen ontstaan. Vanwege de tegenovergestelde lading, gaan CO_3^{2-} ionen binding aan met twee H^+ ionen waarbij H_2CO_3 ontstaat. Omdat

dit erg instabiel is volgt er een reactie waarbij H_2O en CO_2 ontstaan. Water heeft een neutrale pH en CO_2 gaat de lucht in. De H^+ ionen worden dus effectief geneutraliseerd door het toevoegen van kalk aan een bodem, waardoor de pH van een verzuurde bodem verhoogd wordt.

Er zijn verschillende kalkmeststoffen om de pH te verhogen. De kalkkorrels van Vitens zijn in vergelijking met een regulier toegepast korrelkalkproduct als Dologran, hard (Product informatie Vitens Kalkkorrel, Agrifirm, 2018), waardoor het oplossen van de korrel belemmerd zou kunnen worden. Aan de andere kant zijn de korrels kleiner dan de Dologran kalkkorrel, waardoor het externe oppervlak van de Vitens kalkkorrel groter is en dus sneller zou kunnen oplossen. Verder bevat Dologran het magnesium-bevattende mineraal dolomiet dat moeilijker oplosbaar is dan calciumcarbonaat waaruit de Vitens kalkkorrel compleet uit bestaat. Het is dus onzeker hoe snel het kalkproduct van Vitens werkt. Middels een proef is de kalkkorrel van Vitens vergeleken met een vaak toegepast korrelkalkproduct Dologran en met een onbehandelde controle.

Doel

Het doel van dit onderzoek was om gedurende vier jaar (2017-2020) het effect van bekalking met de Vitens kalkkorrel te vergelijken met een conventioneel product ten opzichte van een onbehandelde controle.

Onderzoeksvragen

1. Is de Vitens kalkkorrel in staat om de pH gedurende vier jaar te verhogen ten opzichte van de controle in licht verzuurd grasland?
2. Hoe effectief is de Vitens kalkkorrel en in hoeverre is de werking vertraagd ten opzichte van een conventioneel kalkproduct?
3. Werkt de eventuele pH-verhoging van de Vitens kalkkorrel door in een hogere stikstofmineralisatie en in een hogere droge stof- en stikstofopbrengst van grasland en hoe verhoudt zich dit tot het conventionele product?

Hypotheses:

1. De verwachting is dat de Vitens kalkkorrel de pH verhoogd ten opzichte van de controle behandeling zonder bekalking.
2. Op basis van tussentijdse resultaten (Product informatie Vitens kalkkorrel, Agrifirm, 2018) wordt verwacht dat de Vitens kalkkorrel ten opzichte van het conventionele kalkproduct, Dologran, minder effect zullen hebben op de pH in de eerste jaren van de proef, maar hierdoor ook langer zullen doorwerken.
3. De verwachting is daarom ook dat het langer duurt om een effect op de mineralisatie en de opbrengst terug te zien in de behandeling met de Vitens kalkkorrel.

2 Materiaal en methode

Selectie perceel

In het officiële bemestingsadvies voor grasland op zandgrond (www.bemestingsadvies.nl) is de streefwaarde voor pH 4,8-5,3/5,5 (afhankelijk van wel of niet klaver). Voor het proefperceel is gezocht naar een graslandperceel op zandgrond met een pH lager dan 4,8. Voor deze zoektocht is gebruik gemaakt van een grote database met pH-gegevens. Het aantal graslandpercelen met een pH onder de 4,8 was dun gezaaid. Uiteindelijk hebben we een perceel gevonden bij Mts. Lageschaar in de Achterhoek. Binnen het perceel was nog een duidelijk variatie en voor een pH 4,5 kwamen we uit op een hogere kop in het perceel. Ten tijde van de aanleg van de proef in 2017 was dit geen probleem maar gezien de droge jaren van 2018, 2019 en 2020 heeft dit wel consequenties gehad voor de opbrengst.

Ontwerp

In de proef is met twee variabelen gewerkt.

1. De eerste variabele was de kalksoort. Gekozen is om de werking van de Vitenskorrel te vergelijken met die van Dologran. Dolokal is een product dat vaak in de praktijk als kalkmeststof op grasland wordt toegepast. Dologran is de gekorrelde vorm van Dolokal en heeft een dezelfde neutraliserende waarde als de Vitenskorrel, namelijk 54.
2. De tweede variabele in deze proef was de frequentie en hoeveelheid van toedienen. In de ene behandeling werd de totale hoeveelheid kalk in het eerste jaar toegediend (en daarna niet meer) en in andere behandeling werd elk jaar een vierde van de totale hoeveelheid kalk toegediend.

Samen met de controle, waarin niet werd bekalkt, waren er zodoende vijf behandelingen. Elke behandeling is in de proef vijf keer herhaald. Alle proefplotjes hadden een oppervlakte van 32 m² (4x8m), waardoor het totale proefveld 800 m² (20x40m) groot was.

Tabel 1. Overzicht van de behandelingen

Behandeling	Naam behandeling	Kalksoort	Bekalking
0	Controle	Geen	Niets
I	Dologran 1G	Dologran	Alles jaar 1
II	Vitens 1G	Vitens korrel	Alles jaar 1
III	Dologran 4G	Dologran	Jaarlijks ¼
IV	Vitens 4G	Vitens korrel	Jaarlijks ¼

Bij de behandeling I en II werd in het voorjaar van 2017 een eenmalige kalkgift van 1560 kg/ha gegeven. Deze hoeveelheid kon de pH potentieel met 0,67 verhogen. Bij behandeling III en IV werd jaarlijks in de winter een gift van 390 kg/ha gegeven. De proef is uitgevoerd van 2017-2020.

Metingen

Bodem

Er zijn bodemonsters (0-10 cm) genomen in het voorjaar van 2017 voordat de behandelingen werden aangelegd, voor- en najaar van 2018, en in het najaar van 2020. Na monstername zijn de monsters bij Eurofins in Wageningen geanalyseerd op pH-KCl (klassieke bepaling) en potentieel mineraliseerbare stikstof (via NIRS). De laatste is een analyse van de stikstof die mineraliseert onder anaerobe omstandigheden. De ervaring is dat deze parameter snel reageert op veranderingen na mineralisatie.

In het najaar 2020 zijn de monsters ook opgestuurd naar Cornell University in de Verenigde Staten voor analyse op het pakket van de *Soil Health Assessment*. De methodiek die hiervoor gebruikt werd is terug te vinden in het handboek "Comprehensive Assessment of Soil Health – The Cornell Framework" (<https://soilhealth.cals.cornell.edu/training-manual/>).

Productie en voederwaarde

Voor elke snede zijn grasmonsters genomen. Hiervoor is op elk plot een representatief stuk gemaaid met een oppervlakte van ongeveer 5m². Dit maaisel is gewogen, zodat een versopbrengst per hectare berekend kon worden. Daarnaast werd een plukmonster opgestuurd naar Eurofins voor droge stof en N-totaal bepaling zodat de droge stof- en stikstofopbrengst kon worden berekend.

Demo percelen

Naast de proef bij Mts. Lageschaar, zijn er drie demopercelen aangelegd. Op deze drie percelen is een strook aangelegd waar een enkele gift Vitens kalkkorrels is toegepast met dezelfde dosis van 1560kg/ha en een controle strook waar geen kalk is opgebracht. De resultaten zijn beschreven in Bijlage 1.

3 Resultaten

3.1 Bodem

pH

De gemiddelde pH op de verschillende proefplotjes voorafgaande aan de aanleg van de proef was 4,5 en varieerde van 4,3 tot 4,7. In Figuur 1 is het verloop van de pH op verschillende manieren weergegeven:

- 1a en 1b: Verloop zoals gemeten in de proefplotjes.
- 1c en 1d: Zoals aangegeven varieerde de pH in de proefplotjes bij aanleg tussen de 4,3 en 4,7. Daarom is ook het verloop van de verandering van de pH (dpH) ten opzichte van de nulmeting van de proefplotjes in het voorjaar 2017 weergegeven.
- 1e en 1f: De pH wordt over de jaren beïnvloed door de depositie, bemesting en productie. Deze verandering is gemeten in de controle. Door te de dpH te corrigeren voor de pH in de controle plotjes is het effectieve effect van de bekalking weergegeven.

In december 2018 werd een merkwaardige daling in de metingen waargenomen. De resultaten zijn daarom inclusief en exclusief de meting van december 2018 weergegeven.

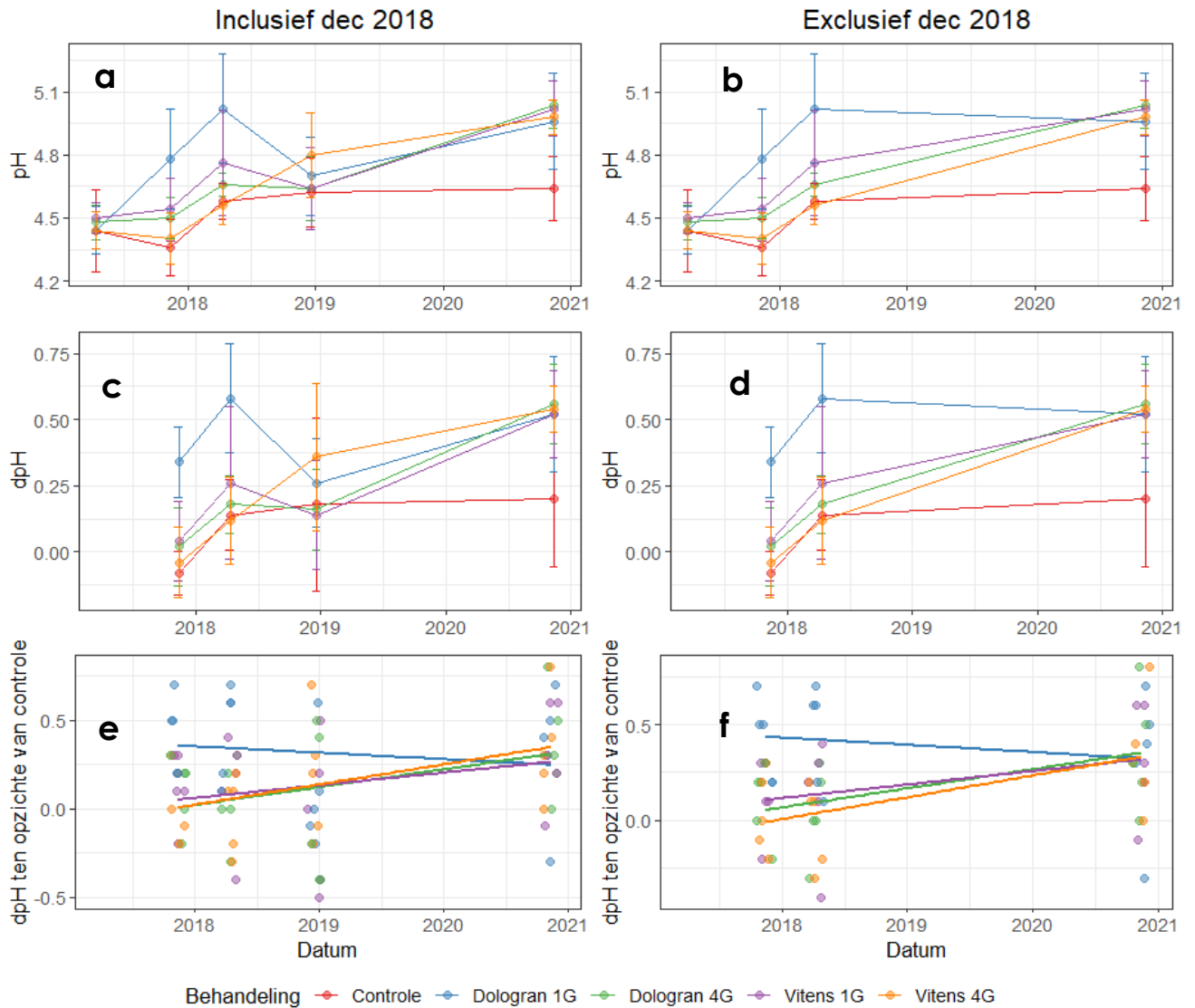
In het najaar van 2017 nam de Dologran 1G behandeling als enige significant toe ten opzichte van de controle behandeling die zelf licht daalde ten opzichte van de nulmeting (Figuur 1a en 1b; Tabel 2). Tot aan het voorjaar van 2018 steeg de pH in de Dologran 1G behandeling verder, tot bijna 0,6 hoger dan de nulmeting en verschilde wederom als enige behandeling significant van de controlemeting. In het najaar van 2018 werd geen behandelingseffect waargenomen (Tabel 2). In het najaar van 2020, vier groeiseizoenen na het begin van de studie is de pH van alle behandelingen ongeveer 0,5 verhoogd ten opzichte van de nulmeting en ongeveer 0,3 verhoogd ten opzichte van de controle. In de controle proefveldjes is de pH gedurende het experiment ook gestegen.

De dpH vertoonde over de gehele proefperiode een significant behandelingseffect (Figuur 1c en 1d; Tabel 2), maar ook een significante effect van meetdatum ($P < 0,001$) en een significant interactie tussen behandeling en meetdatum ($P < 0,01$). Deze interactie betekent dat het effect van de behandelingen verschilt per meetdatum.

Door een snelle toename in pH in de meting van november 2017 en april 2018 voor de Dologran 1G behandeling, is het gemiddelde pH verhogend effect van de Dologran 1G behandeling over de gehele proefperiode hoger dan de overige behandelingen, onafhankelijk van of de meting van december 2018 meegenomen werd in de analyse of niet (Tabel 2).

In Figuur 1e en f is de verandering van de pH ten opzichte van de nulmeting (dpH) gecorrigeerd voor de toename die waargenomen werd in de controlemeting. In andere woorden

wordt in deze figuur de effectiviteit van de kalkbehandeling om de pH te verhogen weergegeven. Vervolgens is er per behandeling een lineaire regressie bepaald. Deze lijnen maken duidelijk dat de effectiviteit van de Dologran 1G behandeling om de pH te verhogen ten opzichte van de controle hoog begint, maar afneemt gedurende het experiment, terwijl de effectiviteit van de overige behandelingen juist toeneemt met de tijd. Een toetsing van de richtingscoëfficiënten van de regressielijnen laat zien dat deze tussen Vitens 1G, Vitens 4G en Dologran 4G behandelingen overeenkomen, maar significant verschillen van de Dologran 1G behandeling (Tabel 3).



Figuur 1. a) Het verloop van de pH inclusief meting december 2018. b) Het verloop van de pH exclusief meting december. c) De verandering in pH (dpH) ten opzichte van de nulmeting inclusief de meting van december 2018. d) De verandering in pH (dpH) ten opzichte van de nulmeting exclusief de meting van december 2018. e) De dpH inclusief meting december 2018, gecorrigeerde voor de controle. Door de punten is per behandeling een lineaire regressielijn getekend. De metingen zijn altijd op hetzelfde moment genomen, maar voor de zichtbaarheid van alle punten in de grafiek zijn deze lichtelijk schommelend om de meetdata weergegeven. f) zelfde als e) maar dan exclusief de meting van december 2018.

Tabel 2. Gemiddelde dpH ten opzichte van nulmeting en ANOVA resultaten. Significante verschillen tussen de behandelingen worden aangegeven met verschillende letters, overeenkomende letters verschillen niet significant.

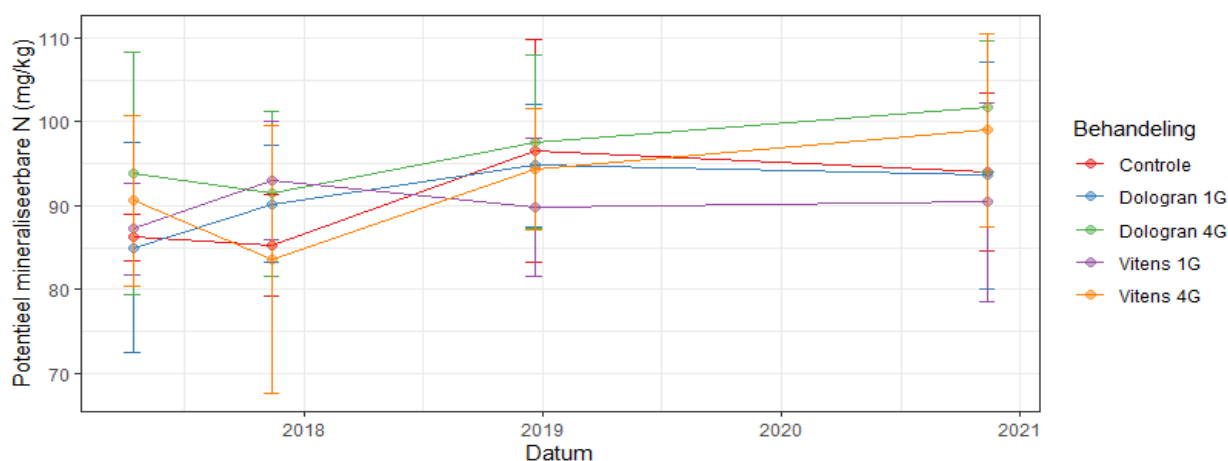
Behandeling	Datum				Gem. hele proef	Gem. hele proef excl. dec 2018
	nov-17	apr-18	dec-18	nov-20		
Dologran 1G	0,34 a	0,58 a	0,26	0,52 a	0,43 a	0,48 a
Vitens 1G	0,04 b	0,26 b	0,14	0,52 a	0,24 b	0,27 b
Dologran 4G	0,02 b	0,18 b	0,16	0,56 a	0,23 b	0,25 b
Vitens 4G	-0,04 b	0,12 b	0,36	0,54 a	0,25 b	0,21 b
Controle	-0,08 b	0,14 b	0,18	0,20 b	0,11 c	0,09 c
P-waarde	0,001	0,003	0,39	0,005	<0,001	<0,001
LSD 5%	0,17	0,23		0,20	0,12	0,12

Tabel 3. Gemiddelde richtingscoëfficiënten voor de gecorrigeerde dpH per behandeling.

Behandeling	Inclusief dec 2018		Exclusief dec 2018	
	Richtingscoëfficiënt	R ²	Richtingscoëfficiënt	R ²
Dologran 1G	-9,7e-05 b	0,02	-1,0e-04 b	0,04
Vitens 1G	2,0e-04 a	0,07	1,9e-04 a	0,13
Dologran 4G	2,8e-04 a	0,14	2,7e-04 a	0,25
Vitens 4G	3,1e-04 a	0,21	3,1e-04 a	0,32
P-waarde	<0,001		0,010	
LSD 5%	2,5e-04		1,5e-04	

Potentieel Mineraliseerbare Stikstof

Hoewel de verschillende bekalkingsbehandelingen in meer of mindere mate voor verhoging van de pH zorgen, is er geen behandelingseffect op de potentieel mineraliseerbare N ($P = 0,57$; zie figuur 2). Er is wel een trend over de tijd dat de potentieel mineraliseerbare N verandert ($P = 0,058$).



Figuur 2. Verloop van de potentieel mineraliseerbare N van de verschillende behandelingen gedurende het experiment.

Soil Health Assessment

De resultaten van de Soil Health Assessment van Cornell University zijn weergegeven in Tabel 4 (de volledige analyse is terug te vinden in de bijlagen, Tabel B2 en B3). Er werden geen significante verschillen gemeten tussen de behandelingen voor de verschillende parameters in Tabel 4. De pH-H₂O van de behandelingen met bekalking was weliswaar hoger dan de pH van de controle behandeling, maar niet significant verschillend. Het effect op het bodemleven, in deze analyse uitgedrukt in de actieve koolstof pool (die als voedselbron voor het microbiële bodemleven dient), het bodemproteïne (waarvan de bodemmicrobiologie een grote bron is) en de bodemrespiratie, waren ook niet significant verschillend. Dit sluit aan bij onze eerdere genoemde bevindingen over de potentieel mineraliseerbare stikstof.

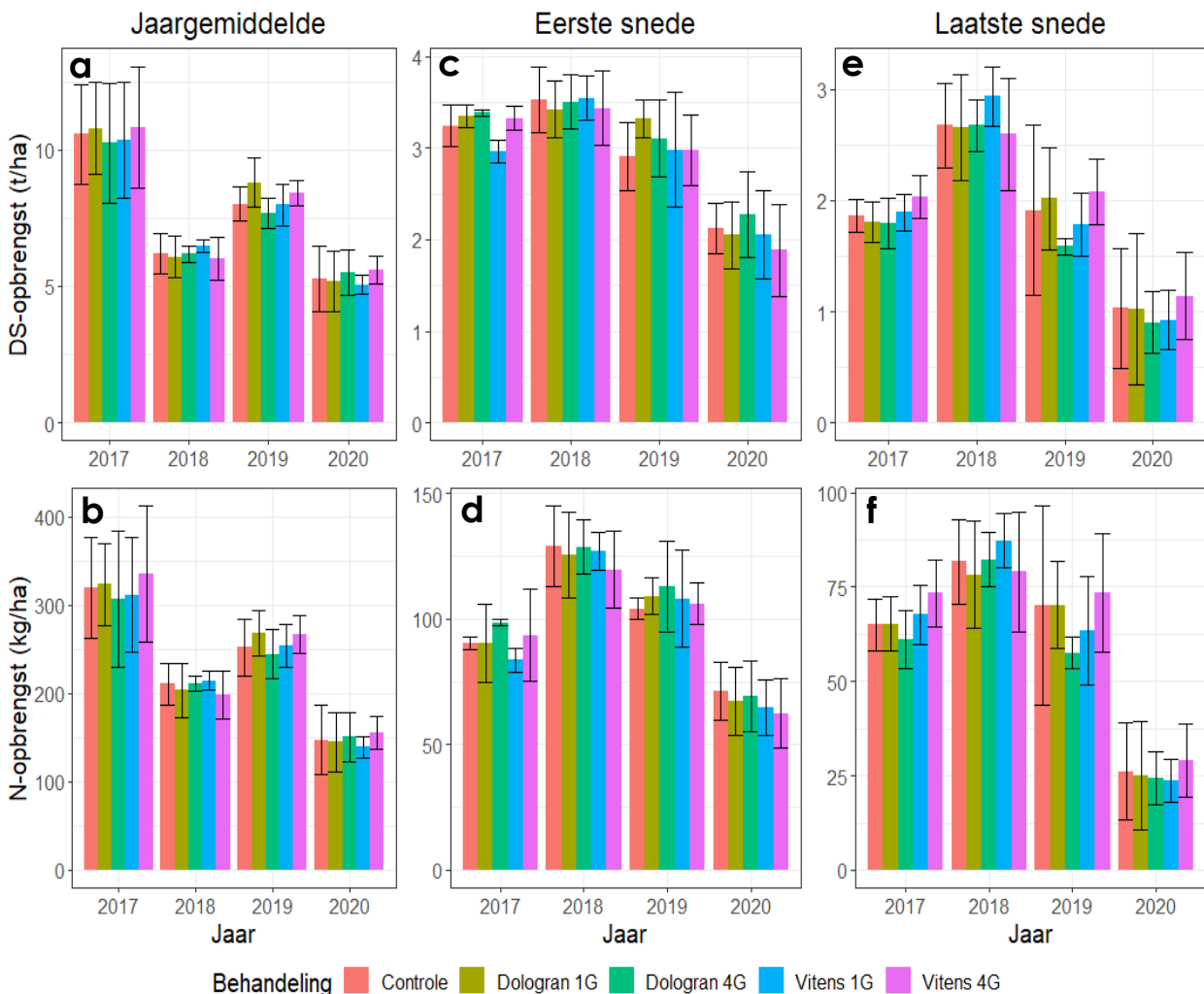
Ook resulteerden de behandelingen met bekalking niet in een verhoogde beschikbaarheid van P en K en ook de totale C en N gehalten waren statistisch gelijk aan de controle. De aggregaat stabiliteit was hoger voor de Dologran 1G behandeling dan voor de controle, maar lager dan de controle voor de overige behandelingen, hoewel verschillen niet significant waren. Ook niet significant waren de verschillen in het magnesiumgehalte, al vertoonde de Dologran behandeling een aanzienlijk hoger magnesiumgehalte dan van de overige behandelingen, dit komt omdat Dologran magnesium bevat. Het bodem calciumgehalte was verhoogd, hoewel ook niet significant, in de kalkbehandelingen en het meest voor de Dologran 1G behandeling en in mindere mate voor de overige kalkbehandelingen.

Tabel 4. Resultaten Soil Health Assessment van Cornell University

Parameter	Controle	Dologran 1G	Vitens 1G	Dologran 4G	Vitens 4G	P-waarde
pH-H ₂ O	5.4	5.6	5.7	5.6	5.6	0.39
Organische stof (%)	5.9	5.8	6.1	5.6	5.8	0.35
C totaal (%)	4.0	4.5	4.3	4.0	3.8	0.62
N totaal (%)	0.26	0.29	0.28	0.27	0.26	0.69
Bodem proteïne (mg g ⁻¹)	16	17	17	17	16	0.78
Respiratie (mg CO ₂ g ⁻¹)	0.87	0.90	0.84	0.82	0.92	0.98
Actieve koolstof (mg kg ⁻¹)	871	890	905	900	859	0.41
P (mg kg ⁻¹)	5.2	5.4	4.9	4.8	5.4	0.39
K (mg kg ⁻¹)	39	57	38	40	41	0.45
Mg (mg kg ⁻¹)	56	86	64	63	59	0.11
Ca (mg kg ⁻¹)	290	447	370	347	342	0.34
Aggregaatstabiliteit (%)	51	54	49	49	50	0.17
Gemiddelde totale score	73	79	79	77	77	0.14

3.2 Opbrengst

In het eerste jaar (2017) van de proef verliep het groeiseizoen normaal en zijn er 5 snedes geoogst. Gedurende de droge zomers van 2018, 2019 en 2020 zijn er respectievelijk maar 2, 3 en 3 snedes geoogst. Dit is terug te zien in de gemiddelde ds- en N jaaropbrengsten in figuur 3a en b. De opbrengstgegevens van de eerste snede kunnen juist inzicht geven in het effect van de behandelingen op de ds- en N opbrengsten wanneer de mineralisatie nog op gang moet komen. De opbrengstgegevens van de laatste snede kunnen juist inzicht bieden in het effect van de behandelingen op de productiviteit wanneer de mineralisatie voor een belangrijk deel de productie bepaald. De statistische analyse over de data die worden weergegeven in onderstaande figuren laten echter geen significante behandelingseffecten zien. Wel zijn de jaareffecten in alle zes gevallen significant ($P < 0,001$).



Figuur 3. Droge stof- en stikstofopbrengst van a-b) jaargemiddelde, c-d) eerste snede en e-f) laatste snede.

4 Discussie

4.1 pH

Dologran vs. Vitens

De Vitens kalkkorrels kunnen de pH over een periode van vier jaar significant verhogen ten opzichte van een controle zonder bekalking, waardoor we onze eerste hypothese aan kunnen nemen. De Vitens kalkkorrel heeft zoals verwacht een tragere werking dan Dologran kalk wanneer deze in één gift wordt gegeven. Op basis van een verschil in chemische compositie en verschil in diameter van de korrel, zou het omgekeerde verwacht worden. Dolomiet, het mineraal dat als grondstof voor Dologran dient en magnesium bevat, is minder goed oplosbaar en heeft een minder verhogend effect op de pH dan kalkstoffen die bestaan uit calciumcarbonaat en geen magnesium bevatten (Letterman, 1995; de Vargas et al., 2019; Drapanauskaite et al., 2020). De Vitens kalkkorrel bevat nagenoeg geen magnesium en bestaat voornamelijk uit calciumcarbonaat (Product informatie Vitens Kalkkorrel, Agrifirm, 2018). Kalkkorrels met een kleine diameter werken ook sneller dan kalkkorrels met een grote diameter (Rodd et al., 2004; Alvarez et al., 2009; Drapanauskaite et al., 2020). De Dologran korrels hebben voor 95% een diameter van tussen de 2 en 5mm, terwijl de Vitens kalkkorrels maximaal 1,8mm in doorsnee zijn. In de product beschrijving van Agrifirm over de Vitens kalkkorrel wordt de langzame werking verklaard door de hardheid van deze kalkkorrels ten opzichte van andere conventionele producten. Drapanauskaite et al., 2020 lieten een zeer licht verschil in werkzaamheid zien van harde korrels ten opzichte van minder harde korrels.

Over de vierjarige periode van deze proef verhoogde de Dologran 1G de pH gemiddeld het hoogst. Dit kwam voornamelijk door een vroege piek in de dpH in 2018, het 2^e jaar van de proef. Na vier groeiseizoenen is de pH van de Vitens kalkkorrel en van de Dologran kalk evenveel verhoogd ten opzichte van de nulmetingen. Het vermogen van een enkele gift Dologran om de pH te verhogen neemt echter af over een periode van vier jaar, de kalk heeft een snelle werking maar verliest daarna de werking in de laag 0-10cm. Daarentegen neemt het pH verhogend vermogen van de Vitens kalkkorrel nog toe tot het 4^e jaar, juist omdat deze korrels langzamer werken en er voor een langere tijd kalk vanuit de korrels oplost en daarmee de pH in de bodem verhoogd. Dit zou kunnen betekenen dat als de proef doorgezet zou worden, de gemiddelde dpH waarde in de laag 0-10cm van de Dologran 1G behandeling verder zou kunnen afnemen ten opzichte van de waarde in Tabel 3, terwijl die van de Vitens 1G behandeling en beide 4G behandelingen nog zou kunnen toenemen. Het is niet gemeten of de Dologran in bodemlagen dieper dan 10 cm nog een effect heeft gehad.

De pH-H₂O die bepaald is door Cornell University laat geen significante verschillen tussen de kalkbehandelingen en de controle zien aan het einde van het experiment. De pH-H₂O was

dus blijkbaar minder gevoelig voor de kalkbehandelingen ten opzichte van de pH-KCl methode die gebruikt werd door Eurofins. Daarnaast was er zoals gepland geen nulmeting verricht bij de start van de proef in 2017 voor de Soil Health Assessment waardoor geen dpH bepaald en getoetst kon worden.

De verhoging in pH ten opzichte van de controle na 4 jaar was voor de Vitens kalkkorrels 0,3. Deze verhoging werd ook in 2 van de drie demopercelen behaald (zie Bijlage 1). Eén van de demopercelen liet een verhoging van 0,6 zien. Dit zou kunnen komen door een lager organische stof gehalte waardoor de bodem makkelijker in pH toeneemt onder invloed van kalk.

Op basis van de neutraliserende waarde zouden zowel de Dologran als de Vitens kalkkorrels de pH potentieel kunnen verhogen met 0,7. Echter werd dit potentieel niet behaald. Dit laat zien dat er andere factoren geweest zijn die de pH en het effect van de kalk beïnvloed hebben en dat de neutraliserende waarde niet altijd alles zegt over de effectiviteit van een agrarisch kalkproduct.

1G vs. 4G

Een enkele gift van de Vitens kalkkorrel heeft over een periode van vier jaar hetzelfde effect als een jaarlijkse gedeelde kalkgift. Voor Dologran geldt dit niet, de eenmalige gift heeft een snelle en grote invloed op de pH, maar neemt in effectiviteit af, terwijl de Dologran 4G behandeling logischerwijs door de verdeelde doses ook langzaam op gang komt. De Dologran 4G behandeling laat dezelfde toename in effectiviteit zien als beide Vitens behandelingen.

Toename pH in controle

Er vond een toename in dpH in de controle plaats. Deze toename kan verklaard worden doordat de productiviteit in 2018-2020 niet optimaal was, maar er wel evenveel organische mest aangevoerd is geweest. Grasproductie afvoeren zorgt voor een verzuring van de bodem (Upjohn, 2005). Organische mest kan er vervolgens voor zorgen dat de pH verhoogd wordt (Haynes en Williams, 1999; Van Eekeren et al., 2009). Hierdoor heeft slechts een relatief kleine afvoer van organisch materiaal ten opzichte van de aanvoer in mest plaatsgevonden, wat er voor zorgde dat de pH ook toenam in de controle behandeling waar geen kalk toegediend was.

4.2 Mineralisatie en productie

Hoewel de bekalking effect had op de pH, resulteerde dit niet in effecten op de potentieel mineraliseerbare N of op de droge stof- en stikstofopbrengst. Dit was zowel het geval voor de Vitens kalkkorrel, als voor de Dologran. Ook kwamen er geen significante behandelings-effecten uit de *Soil Health Assessment*, voor meerdere bodem-chemische- en biologische

variabelen. Hieruit kan geconcludeerd worden dat het uitblijven van een effect op bodemkwaliteit en opbrengst in de Vitens kalkkorrel behandelingen niet lag aan een vertraagde werking van het product ten opzichte van Dologran. Ook in de drie demo's zagen we geen eenduidig effect op de mineraliseerbare N (zie Bijlage 1). We moeten daarom onze derde hypothese verwerpen.

Naar verwachting zou de poel potentieel mineraliseerbare N, relatief aan de controle afnemen door bekalken. Het bodenleven zou door een stijging in pH namelijk meer stikstof mineraliseren, waardoor er minder potentieel mineraliseerbare stikstof overblijft. De potentieel mineraliseerbare N in de behandelingen met bekalken bleef echter onveranderd ten opzichte van de controle gedurende deze proef. Wel liet de potentieel mineraliseerbare N een trend zien die erop duidt dat het gemiddelde toeneemt door de tijd heen. Dit zou wederom veroorzaakt kunnen worden door de tegenstrijdige effecten van mest en kalk. Met de aanvoer van mest kan de poel potentieel mineraliseerbare N verhoogd worden (Whalen et al., 2001; van Eekeren et al., 2009) en dit effect zal hoger zijn wanneer er weinig N afgevoerd wordt in plant biomassa zoals het geval was gedurende 2018-2020.

Er werd geen effect van de behandelingen met kalkkorrels gevonden op de droge stof en/of stikstofopbrengst. Haynes en Naidu (1998) beschrijven wel een korte termijn effect (≈ 1 jaar) van bekalken op pH, microbiële activiteit, organische stof afbraak en N-mineralisatie. In onderzoek van Deru et al. (2021) vertaalde zich deze hogere mineralisatie in het eerste jaar na bekalken in een verhoging van de grasopbrengst met enkel 21 kg N per ha. Higgins et al. (2012), die kalk in korrelvorm en poedervorm vergeleken, vonden bij een lichte verhoging van de pH ook geen invloed op de droge stofopbrengst of stikstofgehalte van het gras.

5 Conclusies en aanbevelingen

De Vitens kalkkorrel werkt, ondanks gelijke neutraliserende waarde, langzamer dan Dologran. Vitens geeft zelf ook al aan dat hun kalkkorrel een langzame werking heeft en niet geschikt is om de pH in korte tijd bij te stellen, maar wel voor onderhoudsbekalking op grasland. Dit onderzoek ondersteunt deze claim.

De verhoging in pH van alle behandelingen met kalkkorrels in dit onderzoek was gelijk na vier jaar, en de gemiddelde verhoging tijdens vier jaar het hoogst voor de Dologran 1G behandeling. De Dologran 1G behandeling zou daarom ook te gebruiken kunnen zijn voor onderhoudsbekalking over een periode van 4 jaar met een bijkomend voordeel dat de pH gedurende die 4 jaar gemiddeld hoger is. Het voordeel van de Vitens 1G behandeling over de Dologran 1G behandeling is afhankelijk van de mogelijkheid dat de effectiviteit van de Dologran 1G behandelingen verder blijft afnemen na vier jaar, terwijl de effectiviteit van de Vitens 1G behandeling blijft toenemen na vier jaar. Dat zou in een langdurigere proef aangetoond kunnen worden.

Als blijkt dat de Dologran 4G en beide Vitens behandelingen nog voor een langere tijd de pH kunnen verhogen, zou de Vitens kalkkorrel een voordeel kunnen bieden over Dologran, omdat de Vitens kalkkorrel maar één keer aangebracht hoeft te worden, terwijl de Dologran om hetzelfde effect op pH te bewerkstelligen elke jaar in een kleinere hoeveelheid aangebracht moet worden. Dit geeft een besparing op bewerkingskosten.

De redenen waarom de Dologran sneller werkt dan de kalkkorrels van Vitens blijven onduidelijk, hoewel de hardheid van de Vitens kalkkorrel hier waarschijnlijk een rol in speelt. Daarnaast bereiken geen van de behandelingen na vier jaar de potentiële verhoging ten opzichte van de controle die je zou verwachten op basis van de neutraliserende waarde. Droogte, de gereduceerde oogst en de aanvoer van organische mest zouden hier een rol in hebben kunnen spelen.

Ondanks de pH verhoging met de Vitens en Dologran kalkkorrels op dit grasland met een suboptimale pH op zandgrond, kan op basis van de in deze studie gemeten parameters aan bodem en gewas niet geconcludeerd worden dat het effect op de pH doorwerkt in een verhoogde mineralisatie en gewasproductie in kwantiteit en kwaliteit.

Referenties

- Agrifirm, Productinformatie Vitens kalkkorrels, 25-07-2018
- Álvarez, E., Viadé, A., Fernández-Marcos, M.L.: Effect of liming with different sized limestone on the forms of aluminium in a Galician soil (NW Spain). *Geoderma* 152(1–2), 1–8 (2009). <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.04.011>
- Comprehensive Assessment of Soil Health – The Cornell Framework (<https://soil-health.cals.cornell.edu/training-manual/>)
- de Vargas, J.P.R., dos Santos, D.R., Bastos, M.C., Schaefer, G., Parisi, P.B.: Application forms and types of soil acidity corrective: changes in depth chemical attributes in long term period experiment. *Soil Tillage Res.* 185, 47–60 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.08.014>
- Deru, J.G.C., J. Bloem, R. de Goede, H. Keidel, H. Kloen, M. Rutgers, J. van den Akker, L. Brussaard, N. van Eekeren. (2018). Soil ecology and ecosystem services of dairy and semi-natural grasslands on peat. *Applied Soil Ecology*. 125:26-34.
- Deru, J.G.C, N.J. Hoekstra, M. van Agtmaal, J. Bloem, R. de Goede, L. Brussaard, N. van Eekeren (2021). Effects of Ca:Mg ratio and pH on soil chemical, physical and microbiological properties and grass N yield in drained peat soil. Submitted.
- Drapanauskaitė, D., Buneviciene, K., Repsiene, R., Mazeika, R., Navea, J., & Baltrusaitis, J. (2020). Physicochemical characterization of pelletized lime kiln dust as potential liming material for acidic soils. *Waste and Biomass Valorization*, 1-14.
- Haynes, R.J. & Naidu, R. 1998. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51, 123–137.
- Haynes, R. J., & Williams, P. H. (1999). Influence of stock camping behaviour on the soil microbiological and biochemical properties of grazed pastoral soils. *Biology and Fertility of Soils*, 28(3), 253-258.
- Higgins, S., Morrison, S., & Watson, C. J. (2012). Effect of annual applications of pelletized dolomitic lime on soil chemical properties and grass productivity. *Soil use and Management*, 28(1), 62-69.
- Letterman, R. D. (1995). *Calcium carbonate dissolution rate in limestone contactors*. US Environmental Protection Agency, Risk Reduction Engineering Laboratory.
- Rodd, A.V., MacLeod, J.A., Warman, R.R., McRae, K.B.: Surface application of cement kiln dust and lime to forages: effect on soil pH. *Can. J. Soil Sci.* 84(3), 317–322 (2004). <https://doi.org/10.4141/S03-087> 69.
- Upjohn, B., Fenton, G., Conyers, M., 2005. Soil acidity and liming. Agfact AC.19, 3rd edition. New South Wales Department of Primary Industries, 24 pp.
- Van Eekeren, N. van, H. de Boer, J. Bloem, T. Schouten, M. Rutgers, R.G.M. de Goede, L. Brussaard. (2009). Soil biological quality of grassland fertilized with adjusted cattle manure slurries in comparison with organic and inorganic fertilizers. *Biol Fertil Soils*. 45:595-608.
- Whalen, J. K., Chang, C., & Olson, B. M. (2001). Nitrogen and phosphorus mineralization potentials of soils receiving repeated annual cattle manure applications. *Biology and Fertility of Soils*, 34(5), 334-341.

Bijlagen

Bijlage 1: Resultaten demopercelen

Naast de beschreven proef, zijn er ook drie demopercelen aangelegd in Overijssel. Bij deze demo's is ook gekeken naar het effect van de kalkkorrel van Vitens op de pH-KCl en de potentieel mineraliseerbare N. Op elk perceel is er een strook aangelegd waarin de kalkkorrels zijn aangebracht met een dosis van 1560kg/ha en een strook waarin geen kalkkorrels zijn aangebracht. Op de percelen zijn vaste monitoringplots van 5 x 5 m aangelegd in de behandeling met en zonder kalkkorrel waarin de bodemmetingen in 2017 en 2020 hebben plaatsgevonden om de variatie binnen het perceel uit te sluiten.

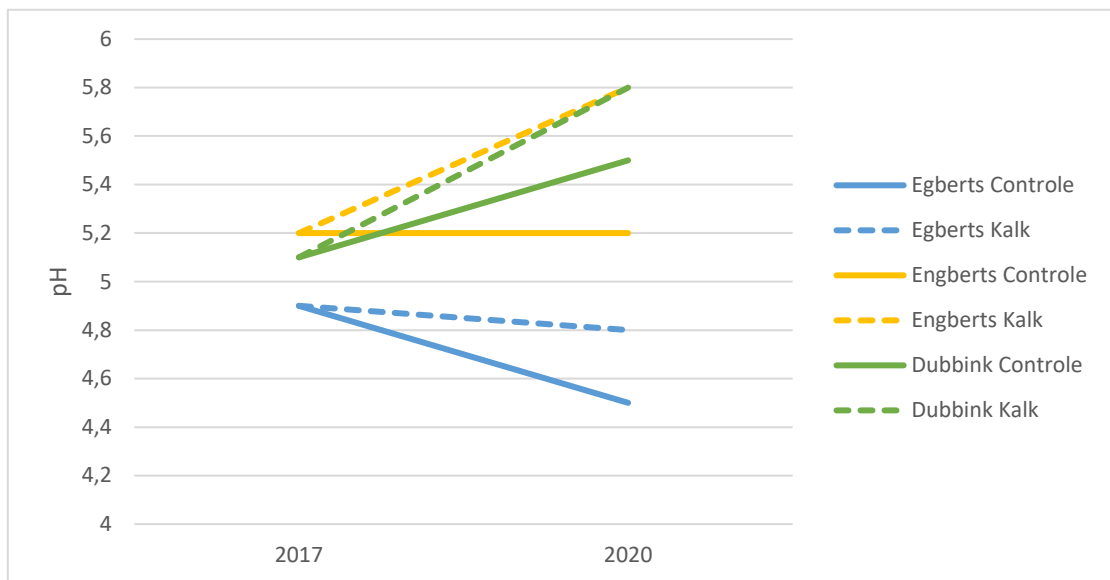
In Figuur B1 zijn de resultaten voor de pH-KCl in 2017 en 2020 weergegeven. De resultaten van de potentieel mineraliseerbare N zijn samengevat in Tabel B1. In de demo van Egberts is de pH in de controle strook tussen 2017 en 2020 gedaald met 0,4. De kalkkorrel van Vitens heeft deze daling af kunnen remmen maar niet kunnen stoppen en laat daarom toch een daling van 0,1 zien ten opzichte van de nulmeting. In het perceel van Engberts is de pH in de controle strook gelijk gebleven aan de pH van de nulmeting, terwijl de in de strook met de kalkkorrel van Vitens de pH steeg met 0,6 van 5,2 naar 5,8. Op het perceel van Dubbink steeg de pH in de behandeling met de kalkkorrel van Vitens met 0,3 meer dan in de controle strook waar de pH ook steeg gedurende de demo. De gemiddelde stijging van pH van de drie demo's ten opzichte van de controle behandeling was na 4 jaar, 0,4.

Het waren demo's zonder herhalingen van de behandelingen op hetzelfde perceel. De verschillende percelen kunnen wel als herhalingen worden gezien. De pH blijft in de controle behandeling in de demo's gemiddeld gelijk aan de nulmeting en neemt gemiddeld 0,4 toe in de behandelingen met Vitens kalkkorrels. Wanneer de resultaten van de Vitens 1G behandelingen van de proef in 2020 meegenomen worden is de gemiddelde toename in pH in de Vitens behandeling 0,43 en van de controle 0,05. Een gepaarde T-toets laat zien dat dit verschil significant is ($P = 0,01$).

Hoewel de pH in alle behandelingen met de kalkkorrel van Vitens hoger was dan de controle behandeling (gemiddeld 0,3 hoger), zien we niet eenduidig terug dat dit ook resulteert in een lagere mineraliseerbare N ten opzichte van de controle (Tabel B1; gepaarde t-toets, $P = 0,66$). Opvallend is dat bij Egberts en Dubbink de potentieel mineraliseerbare N stijgt, terwijl deze bij Engberts daalt. Engberts had echter de hoogste toename in pH, het kan dus mogelijk zijn dat een hogere stijging in pH ten opzichte van de controle nodig is om de verwachte daling in mineraliseerbare N te zien.

Tabel B1. Invloed van bekalking met Vitens kalkkorrels op de potentieel mineraliseerbare N ten opzichte van de controle. Verandering ten opzichte van controle is weergegeven.

	Verandering van potentieel mineraliseerbare N
Egberts	25
Engberts	-17
Dubbink	11



Figuur B1. Verandering van pH in drie demo's met Vitens Kalkkorrels.

Bijlage 2: Volledige uitslag Soil Health Assessment

De uitslag van de Soil Health Assessment wordt weergegeven in tabel B1 en B1.

Tabel B2 Volledige uitslag Soil Health Assessment van Cornell University. Deze tabel bevat de absolute waarden van de geanalyseerde variabelen.

Behandeling	Controle	Dologran 1G	Vitens 1G	Dologran 4G	Vitens 4G	P- waarde
Aggregaatstabiliteit (%)	51	54	49	49	50	0.17
Organische stof (%)	5.9	5.8	6.1	5.6	5.8	0.35
C totaal (%)	4.0	4.5	4.3	4.0	3.8	0.62
N totaal (%)	0.26	0.29	0.28	0.27	0.26	0.69
Bodemproteïne (mg g ⁻¹)	16	17	17	17	16	0.78
Respiratie (mg CO ₂ g ⁻¹)	0.87	0.90	0.84	0.82	0.92	0.98
Actieve koolstof (mg g ⁻¹)	871	890	905	900	859	0.41
pH-H ₂ O	5.4	5.6	5.7	5.6	5.6	0.39
P (mg g ⁻¹)	5.2	5.4	4.9	4.8	5.4	0.39
K (mg g ⁻¹)	39	57	38	40	41	0.45
Mg (mg g ⁻¹)	56	86	64	63	59	0.11
Fe (mg g ⁻¹)	34	28	28	26	28	0.24
Mn (mg g ⁻¹)	3.2	3.7	3.8	2.3	4.3	0.88
Zn (mg g ⁻¹)	1.4	1.4	1.3	1.4	1.3	0.62
Al (mg g ⁻¹)	34	32	28	32	30	0.27
Ca (mg g ⁻¹)	290	447	370	347	342	0.34
Cu (mg g ⁻¹)	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.45
S (mg g ⁻¹)	5.7	7.0	5.8	5.8	5.7	0.49

Tabel B3 Uitslag Soil Health Assessment van Cornell University. Deze tabel bevat de rapportcijfer (0-100) die gegeven zijn aan de waarden uit tabel B2, voor de variabelen waarop dit van toepassing is. De bepaling van dit rapportcijfer verschilt per variabele en is terug te vinden in de handleiding van de Soil Health Assessment. Het gemiddelde cijfer is het ongewogen gemiddelde van de individuele beoordelingen.

Variabele	Controle	Dologran 1G	Vitens 1G	Dologran 4G	Vitens 4G	P- waarde
Aggregaatstabiliteit	87	89	84	84	84	0.22
Organische stof	100	100	100	100	100	0.77
Bodemproteïne	99	99	99	100	99	0.73
Respiratie	69	80	78	73	81	0.44
Actieve koolstof	98	99	99	99	98	0.26
pH-H ₂ O	6	27	43	28	32	0.35
P	100	100	100	100	100	
K	56	67	55	58	60	0.74
Sporenelementen	65	74	74	74	65	0.73
Gemiddelde totaal score	73	79	79	76	77	0.14