Planten voeden zich anders dan gedacht

Deel 1. Bestaande opvattingen over bemesting aan herziening toe

In Wageningen leert elke student die het vak bemestingsleer volgt, dat planten hun nutriënten rechtstreeks uit het bodemvocht opnemen: stikstof bijvoorbeeld in de vorm van ammonium- of nitraationen (Rinsema, 1981; Mengel, 1978). Dat planten stikstof (ook) rechtstreeks uit de lucht halen, of in organische vorm uit de bodem op kunnen nemen, leren studenten (ten onrechte) niet.

Ook kalium, fosfor, magnesium en calcium worden in het Wageningse model in de vorm van opgeloste zoutionen opgenomen. Elk zout heeft een helft met een positieve lading en een helft met een negatieve lading. Alle twee zijn het zoutionen. Samen vormen ze een zout. Elke boer is verteld dat de planten bemest moeten worden met de zouten die via de gewassen en de dierlijke producten van het land zijn verdwenen. De vruchtbaarheid moet op peil gehouden worden. Bij de woorden superfosfaat, kalkammonsalpeter, magnesamon, patentkali en ammoniumsulfaat weet elke agrariër precies waarover het gaat. Noodzakelijke plantenvoedingsstoffen. En de wet van het minimum leert dat al één of enkele elementen die ontbreken, de normale plantengroei kunnen belemmeren. De wet van het maximum leert dat als je te veel van één element geeft, de zaak ook verstoord raakt.

Daar ging in de 19e eeuw een revolutie in het denken aan vooraf. Rond 1800 dachten de landbouwwetenschappers zoals Thaer nog dat planten zich voeden met humus (Köhne, geen jaartal). Von Liebig, Boussingault, Lawes e.a. hebben daar een radicale verandering in teweeg gebracht. Zij toonden aan dat mineralen veel belangrijker zijn en de humustheorie wel zo’n beetje achterhaald was. Althans, dat dachten ze. Deze nieuwe inzichten waren mogelijk door de ontwikkeling van de scheikunde als wetenschap. De biologie stond nog in de kinderschoenen vergeleken met de scheikunde. Biologische processen zijn ook veel moeilijker te begrijpen dan scheikundige, omdat ze veel complexer zijn. Alleen Sprengel en de Saussure wisten dat ook de humus onmisbaar was (Visser, 2019).

Tweehonderd jaar later leren we nog steeds dat planten zich rechtstreeks voeden met zoutionen uit het bodemvocht. Oké, bladbemesting kan ook: zoutionen opgenomen via het blad. En luchtstikstof – twee stikstofatomen, met een sterke driedubbele binding - kan door de rhizobiabacteriën in de wortelknolletjes van de vlinderbloemigen voor de planten beschikbaar gemaakt worden door het te splitsen en om te zetten in ammoniumionen.

Men denkt in Wageningen dat deze strijd nu wel beslecht is.

Weliswaar nadat er op alle onderdelen veel heftige strijd en conflict is geweest. De Saussure en Von Liebig dachten aanvankelijk dat planten hun stikstof deels uit de lucht haalden in de vorm van ammoniak. De jonge Boussingault dacht dat planten de luchtstikstof – N2 - direct uit de lucht konden halen. Later kwam hij hierop terug en wees hij de bodem aan als bron voor stikstof. Lawes en Gilbert maakten in het Engelse vaktijdschift *Journal of the Royal Agricultural society of England* gehakt van het ammoniakverhaal van von Liebig, en Liebig sloeg natuurlijk terug met zijn feiten. Maar hij delfde al snel het onderspit in dit debat.

Toen gebeurde er iets bijzonders. George Ville, een jonge Franse onderzoeker, ging verder waar Boussingault gestopt was. Met luchtstikstof. Door een sterk verbeterde proefopstelling te bouwen kon hij bewijzen dat planten de stikstof uit de lucht - N2 - direct op konden nemen en om konden zetten (Ville 1868). Het hele toenmalige landbouwkundige wereldje was in rep en roer. Dit kon niet waar zijn. De oudere generatie had na veel gedoe net besloten dat planten hun stikstof niet uit de lucht, maar uit de bodem haalden waar het terechtkwam via mest, plantenresten, guano, chilisalpeter, regen, of stikstofkunstmest en daar begon het gedonder weer.

Toen nam de Franse regering een wijs besluit. Zij stelde een commissie in van gerenommeerde chemici uit die tijd, onder leiding van Chevreul (Chevreul, 1855). Ville mocht zijn proeven onder hun toezicht herhalen. Hij kreeg van hen een tien met een griffel: planten bleken inderdaad hun stikstof (ook) rechtstreeks uit de lucht te kunnen halen. Maar dat mocht niet baten. Er stonden te veel reputaties op het spel. De resultaten van Ville werden genegeerd. Stikstof bleef vanaf toen uitsluitend uit de bodem komen.

Opname van stikstof uit de lucht door planten is dus mogelijk en niet alleen door vlinderbloemigen. Er volgden nog een hele reeks onderzoekers die het gelijk van Ville bevestigden: Stocklasa; Mameli; Pollacci; Lipman en Taylor; Ruben, Hassid en Kamen; Schanderl e.a. En in 1910 toonde Jamieson aan dat de planten stikstof uit de lucht halen met speciale haartjes op de bladeren (Jamieson, 1910). Die kennis wordt nu al meer dan honderd jaar genegeerd, nadat in 1909 door Haber en Bosch een methode was ontwikkeld om langs chemische weg ammonium te maken uit luchtstikstof. Wat de planten altijd gratis deden werd nu een winstgevend verdienmodel voor de industrie. En tussen de 60 en 90 % van de gebruikte kunstmeststikstof gaat binnen een jaar verloren: slechts 40% van alle stikstofkunstmest wordt door de gewassen opgenomen (Lawes & Gilbert, 1856 pag 484/485; Yuan & Peng, 2017). Dat is al een verlies van 60 procent. Van de 40 % die door de gewassen wordt opgenomen gaat nog eens minstens driekwart verloren als de producten geconsumeerd zijn door dieren of mensen.

Voor fosfaat lag het conflict iets anders. Door natuurfosfaat of steenfosfaat met zuren te behandelen verkreeg men mono- of tripelsuperfosfaat, al naargelang het zuur wat men gebruikte. Liebig had hierop het patent en dit verkocht hij aan Lawes, de man die met de inkomsten uit de verkoop ervan in Engeland de beroemde langjarige proeven op Rothamsted financierde. De Engelse versie is dat Lawes het procedé om superfosfaat te maken zelf heeft ontwikkeld.

Maar ook dit was geen gewonnen race. Jamieson en zijn collega’s van het proefstation in Aberdeen constateerden dat superfosfaat de stoppelknollen (en andere gewassen) die er mee werden bemest verzwakte (de beruchte *turnip disease*[[1]](#footnote-1)). Daarop startten zij vergelijkende proeven met natuurfosfaat en concludeerden dat er met natuurfosfaat - een inert mineraal - geen verzwakte knollen ontstonden, mits ook de akkers voldoende waren gedraineerd. Hun conclusie was - na bijna 30 jaar onderzoek - dat je beter direct met het chemisch onbewerkt natuurfosfaat kon bemesten dan met superfosfaat. Dit conflict ging de boeken in als de fosfaatoorlog (*Battle of the phosphates*). Maar alhoewel wetenschappelijk gesproken Jamieson en de zijnen het gelijk aan hun kant hadden, won uiteindelijk de fosfaat-kunstmestindustrie het debat in de praktijk. Met de verkoop van superfosfaat werd veel meer geld verdiend dan met natuurfosfaat, althans door de industrie. De boeren konden weer betalen. En 70 - 90% van alle superfosfaat wordt niet benut, doordat het uitspoelt of omdat het gebonden wordt aan ijzer- calcium- of aluminiumdeeltjes in de bodem.

De problemen met de derde letter van NPK - de K van kalium - kwamen pas veel later boven water, beginnend met het onderzoek van (Theel in 1933). Theel constateerde aan de hand van hooianalyses dat de hoeveelheden kalium, chloor en zwavel in het hooi sinds 1880 (Wolff, 1880) bijna verdubbeld waren. In 1934 constateerde Van Baren dat kalium de gewassen verzwakt doordat bijvoorbeeld granen minder silicium opnemen (van Baren, 1934). Wolff, een leerling van von Liebig, had al in 1870 geconstateerd dat in heel veel gewassen veel kalium zat, maar dat de gewassen van Normandië daar op een merkwaardige wijze van afweken. Deze gewassen bevatten veel meer natrium, calcium en magnesium. Wolff vermoedde toen dat dat kwam omdat Normandië door de zee was omringd. Hij kwam dicht in de buurt (Wolff, 1870).

Pas na heel lang speuren naar de oorspronkelijke literatuur kreeg ik boven water dat de meeste gewassen in Normandië anders bemest waren dan in de rest van West-Europa en Noord-Amerika uit die tijd (Girandin, 1859). De boeren en tuinders in Normandië bemestten hun gewassen weliswaar met de toen gebruikelijke middelen: stalmest; compost en guano. Maar daarnaast gaven ze de gewassen zeewier, brak water en haringafval. Ze gaven, naast de gewone meststoffen, dus ook organisch afval en mineralen en sporenelementen uit de zee. En ‘het beste resultaat kregen de tuinders als ze ook nog aarde bijmengden.’ (Girardin, 1859)

Kalium en later ook ammonium zouden in het kopziekteonderzoek een grote rol gaan spelen, omdat men al vrij snel constateerde dat beide stoffen de opname van natrium, calcium, magnesium en sporenelementen belemmerden. Kalium kwam nog sterker onder vuur te liggen door het onderzoek van (Khan en Mulvaney in 2013). Deze auteurs toonden aan dat het bemesten van met name kaliumchloride weinig meerwaarde in de vorm van extra opbrengsten oplevert en vaak ronduit schadelijk is voor de gewassen. Patentkali is veel minder schadelijk. Maar planten kunnen zich ook voeden met echte kaliummineralen zoals veldspaat, biotiet, sylviet, carnalliet en poluhaliet. Zij berekenden dat de boeren in Illinois jaarlijks voor 40 miljoen dollar aan kaliummeststoffen kopen, terwijl de bodem in Illinois voor 8000 jaar voldoende kalium bevat, mits de gewasresten worden teruggebracht op de akkers. Wederom betalen de boeren. Naar de schadelijkheid van kalium voor de natuur is weinig onderzoek gedaan. Veel kalium belandt uiteindelijk op de zeebodem.

Uit mijn berekeningen blijkt dat de boeren wereldwijd jaarlijks voor meer dan 110 miljard dollar bijdragen aan het vervuilen van de natuur en het milieu door meststoffen te kopen die slechts ten dele worden benut door de planten, maar die wel in het milieu blijven. 110 miljard dollar is een voorzichtige schatting. Veel prijzen op de wereldmarkt zijn namelijk alleen bekend vanuit de mijnen voor kalium en fosfaat. Daar komen de meerprijzen van de tussenhandel nog bovenop.

Er waren in de 19e eeuw nog twee uitzonderingen op de bemesting met zouten: de methoden van Hensel en Herapath. Hensel was van mening dat de ammoniak uit dierlijke mest schadelijk was voor de gewassen (Hensel, 1884). Recent onderzoek van de Britto (2002) en van Nasraoui-Hajaji (2014) bevestigen dat: ammonium is voor veel gewassen en specifiek voor de fotosynthese schadelijk. Om die reden en geholpen door het toeval is Hensel rond 1880 met gesteentemelen gaan bemesten. Bij de boeren aan wie hij het gesteentemeel verkocht, had hij veel succes. Maar hij maakte ook vijanden – bij de kunstmestindustrie. Die sleepten hem voor de rechter. Maar door de rechter bij wie de boeren hun verhaal deden, werd Hensel in het gelijk gesteld. Desondanks werd Hensel economisch kapotgemaakt door de kunstmestindustrie. Gelukkig heeft hij zijn ervaringen op papier gezet en kreeg hij navolgers in Groot-Brittannië en de Verenigde Staten.

Herapath beschreef in *The Journal* in 1850 zijn ervaringen met het bemesten met rivierslib (Herapath, 1850). Het verse slib gaf, net als het gesteentemeel van Hensel, heel andere mineralenratio’s dan de bemesting met dierlijke mest, compost of kunstmest. Kalium zakte, net als in Normandië en bij Hensel, naar een normaal niveau. Natrium, calcium en magnesium gingen omhoog, behalve calcium in de tarwe. Voor silicium is het beeld wisselend. Bij gras vindt iets soortgelijks plaats als je met zout bijbemest. Dat hebben Chiy en Phillips aangetoond met hun bemestingsonderzoek in de negentiger jaren van de vorige eeuw (Chiy, 1993). Door op grasland met natriumzout bij te mesten herstelde ook hier in het gras de mineralenbalans: kalium ging naar beneden, en natrium, calcium en magnesium gingen omhoog. Dat is wat de analyses ons leren.

Veel belangrijker nog is dat de koeien dit met zout bemeste gras met een hoger droge stof gehalte graag eten en beter verteren. Natrium in het gras verlaagt ook het celgetal in de melk. En de stikstof in dit gras is beter omgezet in echt eiwit. Het gras bevat dus minder nitraat, minder ammonium, en vermoedelijk ook minder andere stikstofverbindingen die geen eiwit zijn. En meer echt eiwit. Voor de gezondheid van de dieren is dit belangrijk.

Onafhankelijk van Chiy en Philipps kwam Swerzcek in de VS tot dezelfde conclusie (Swerzcek, 2018). Koeien, schapen en paarden die gras eten dat met natriumzout is bemest of die in de kritieke seizoenen (het koude voorjaar, of bij hevige regenval na een periode van droogte) extra zout krijgen, lopen minder kans op gezondheidsproblemen (klauwproblemen; mastitis; lebmaagverdraaiing; geboorteproblemen) en minder kans op kopziekte. Voor Swerczek is kopziekte het eindstadium van een reeks gezondheidsproblemen. Hij spreekt van het kalium – nitraatsyndroom. De dieren verzwakken vaak zonder zichtbare kopziekte, en hebben moeite om daarvan te herstellen. Als gevolg van de hoge gehalten aan kalium, nitraat en ammonium in het voer worden de dieren permanent verzwakt. Door het onderzoek van Schmack weten we dat een hoog ureumgetal in de melk gepaard gaat met diezelfde ziekteverschijnselen. Oorzaak bij Schmack: te eiwitrijk voeren. Op basis van 30 jaar ervaring als dierenarts stelt Schmack dat het ureumgetal in de melk niet hoger dan tien mag zijn (Schmack, 2020).

Wat opvalt bij het werk van Swerczek en van Schmack is dat de één naar nitraat en ammonium in het gras wijst en de ander naar te veel eiwit in het voer.

Dit gaan we later nog onderzoeken: is eiwit het probleem of gaat het om de stikstofverbindingen zoals nitraat en ammonium die niet zijn omgezet in eiwit?

Conclusies van dit eerste deel (van drie) zijn:

1. Over alle drie de hoofdmeststoffen is de afgelopen tweehonderd jaar veel ruzie gemaakt: over stikstof, fosfaat en kalium – NPK. De ruzies zijn nog steeds niet beslecht. In de landbouwwetenschap gaat men er nog steeds van uit dat planten hun nutriënten uitsluitend als zoutionen opnemen. Ook de onderzoekers in de biologische landbouw hebben dit idee omarmd. Wel zijn er steeds meer onderzoekers die de opname door de planten van organisch gebonden nutriënten serieus bestuderen. Maar in Wageningen is daar nog weinig van te merken.
2. Het gebruik van meststoffen in zoutvorm geeft vaak veel problemen. Echte kaliummineralen (veldspaat, biotiet, sylviet, carnalliet en poluhaliet) en fosformineralen (fosforiet, apatiet en struviet) kunnen ook direct door de planten benut worden via het bodemleven, evenals stikstof uit de lucht. Hierbij gaat het om echte mineralen en resp. de inerte luchtstikstof. Het zijn geen zouten. Daardoor worden veel gewasproblemen vermeden en wordt de uitspoeling of verdamping van deze nutriënten sterk verminderd. Voor de opname van elementen uit echte mineralen is het bodemleven onmisbaar. En die hebben voor hun werk weer sporenelementen nodig.
3. De onbalans van de gegeven meststoffen in combinatie met anorganische stikstof-, zwavel- en fosforzouten brengt schadelijke gevolgen voor planten en dieren met zich mee. Zo schadelijk dat bestrijdingsmiddelen onvermijdelijk zijn.

In deel twee en drie zal ik nagaan hoe planten zich kunnen voeden met organische stikstof, fosfor en zwavel en met organisch gebonden kationen (kalium, natrium calcium etc.). Daarnaast ga ik na hoe de problemen met zouten vermeden kunnen worden door de bodem en de planten met organische verbindingen te bemesten, aarde bij te mengen, stikstofarm te voeren en door de balans en de kwaliteit in de bemesting te herstellen door bijvoorbeeld zeemineralen of gesteentemeel te geven.

Literatuur:

- Baren van F. (1934). Het voorkomen en de betekenis van kalihoudende mineralen in Nederlandse gronden. Uitgeverij Veenman en zonen, Wageningen.

- Britto and Kronzucker, 2002. NH4 + toxicity in higher plants: a critical review. J. *Plant Physiol.* 159:   
- Chevreul, Dumas, Regnault, Payen, Decaisne, and Peligot. (1855). Recherches expérimentales sur la végétation par M.Georges Ville. Absorption de l’azote de l’air par les plantes. Imprimerie de L. Martinet 1855.  
- Chiy, Pc.and Phillips C. (1993). Sodium fertilizer application to pasture. 1. Direct and residual effects on pasture production and composition. Grass and Forage Science. 48(2): 189-202.  
- Girardin, J. et al (1859). Analyse des saumures de hareng et de leur emploi en agriculture. MÉMOIRES DE LA SOCIETE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE L'AGRICULTURE ET DES ARTS DE LILLE. ANNÉE 1859. II.° SÉRIE. — 6e VOLUME.  
- Herapath Th. (1850). The Improvement of Land by Warping, chemically considered. Journal of the Royal Agricultural Society of Egland, XI. London: John Murray, Albemarle Street.  
- Jamieson, Th. (1910). History of the progress of agricultural science in Great Britain. Printed and published by Messrs C. & R. Anderson. “North British agriculturist”, Edinburgh. Jamieson beschrijft hierin o.a. hoe hij ontdekte welk orgaan de stikstoffixatie verzorgt bij alle hogere planten. En hij beschrijft de fosfaatoorlog.  
- De verschillende jaargangen van de ‘Journal of the Royal Agricultural society of England’. Ik heb gebruik gemaakt van de jaargangen van 1839 – 1870. Het tijdschrift is gratis te verkrijgen via www.archive.org.  
- Khan, S.A., Mulvaney, R.L. and Ellsworth, T.R. (2013). The potassium paradox: Implications for soil fertility, crop production and human health. Renewable Agriculture and Food Systems. 29(1): 3-27. DOI: 10.1017/S1742170513000318.  
- Köhne, M.: ‘Albrecht Thaer. Begründer einer wissenschaftlich begründete Agrarproduktion’. Göttingen. Geeft een bondig overzicht van het werk en leven van Thaer.  
- Lawes, J., and Gilbert, J. (1856. Vol XVI). On some Points connected with Agricultural Chemistry. The Journal of the Royal Agricultural society of England. Hierin staat het conflict met Liebig beschreven over ammoniak uit de lucht als stikstofbron voor planten.  
- Mengel, K., and Kirkby, E. A.(1978). Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute, CH-3048 Worblaufen-Bern, Switzerland.

- Nasraoui-Hajaji, H. Gouia. 2014. Photosynthesis sensitivity to NH4+-N change with nitrogen fertilizer type. *Plant Soil Environ. Vol. 60, 2014, No. 6: 274–279*

- Rinsema, W. (1981). Bemesting en meststoffen. Educaboek: Stam/Robijn Culemborg III.  
- Schanderl, H. (1947). Botanische Bakteriologie und Stickstoffhaushalt der Pflanzen auf neuer Grundlage. Stuttgart Verlag Eugen Ulmer. Schanderl beschrijft hierin o.a. bijna alle tot dan bekende onderzoek naar stikstoffixatie door niet leguminosen.  
- Schmack, K. (2020). De beschadigde koe door de ureumgekte. Uitgeverij Bij de Oorsprong, Dalfsen.  
- Swerczek T.W. (2018). Nitrate Toxicity, Sodium Deficiency and the Grass Tetany Syndrome [Electronic resource]. URL: www.growersmineral.com/grass tetany (date of access 2018/12/05).  
- Theel, E. (1933). Über den Mineralstoffgehalt deutscher Futtermittel. Ergebnisse an Wiesenheu. Publisher: Landwirtschaftliche Hochschule Berlin, 1933.  
- Ville, G. (1868). Recherches expérimentales sur La végétation. PARIS, Librairie agricole de la maison rustique. Rue Jacob 26. Verkrijgbaar via www.archive.org .

- Visser, J (2019). Opening History: Gaining Perspectives. Intechopen. *DOI: http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.86185*  
- Yuan, S. and Peng, S. (2017). Exploring the Trends in Nitrogen Input and Nitrogen Use Efficiency for Agricultural Sustainability. Sustainability. 9: 1905. doi:10.3390/su9101905.

- Wolff, (1871;1880). Aschen-Analysen von landwirthschaftlichen*. Produkten, Fabrik-Abfällen und wildwachsenden Pflanzen,* 1–2. Verlag von Wiegand und Hempel Berlin

Planten voeden zich anders dan gedacht

Deel 2. Hoe verkrijgen de planten hun stikstof?

In mijn eerste bijdrage gaf ik al aan dat er de afgelopen tweehonderd jaar stevige ruzies zijn geweest over het bemesten van de gewassen. De dominante visie is nog steeds dat planten hun nutriënten uitsluitend opnemen in de vorm van zoutionen. Dat blijkt niet te kloppen. Planten kunnen ook complexe organische verbindingen rechtstreeks, of indirect met behulp van hun symbionten opnemen. En die verbindingen zijn over het algemeen veel minder verstorend dan zoutionen.

Naast de aanname dat planten hun elementen in zoutvorm opnemen kent de dominante bemestingstheorie nog zes andere geloofsartikelen die als vanzelfsprekend worden beschouwd maar niet of onvoldoende zijn onderzocht:

* De overschatting van het belang van kalium;
* En tegelijk de onderschatting van het belang van natrium, silicium (Ma, 2004), magnesium, calcium en sporenelementen. Vooral ook kwantitatief;
* Veronachtzaming van de rol van de symbionten in en op de planten – schimmels; bacteriën en virussen – voor de voeding en de kwaliteit van de gewassen;
* Nauwelijks aandacht voor de effecten van de bemesting met anorganische zoutionen op de gezondheid en de natuurlijke weerstand van de gewassen. En de doorwerking daarvan op de gezondheid van de landbouwhuisdieren en de mensen;
* Ziekten en plagen worden bijgevolg voor lief genomen, en moeten dus chemisch of biologisch bestreden worden. Voor ziektepreventie door anders te bemesten is weinig aandacht;
* Om honger in de wereld te voorkomen blijft het gehanteerde instrumentarium in het dominante paradigma beperkt tot kunstmest, gemineraliseerde dierlijke mest, pesticiden en genetische modificatie;

De huidige biologische landbouw verschilt slechts op twee onderdelen van de conventionele landbouw: geen gebruik van kunstmest[[2]](#footnote-2) en heel beperkt gebruik van pesticiden (Buijs en Samwel Mantingh, 2019). Het inbouwen van resistente genen daarentegen is bij een problematisch gewas als de aardappel al staande praktijk (Lammerts van Bueren, 2015).

Gelukkig zijn er ook altijd mensen geweest in het wetenschappelijk onderzoek, die vanuit andere benaderingen onderzoek deden, maar die hebben de dominante visie tot nu toe niet weten te corrigeren (Visser, 2010; 2019). Hun werk is sterk in de vergetelheid geraakt. In mijn benadering vormen hun resultaten het fundament voor een andere kijk op planten en plantenvoeding.

Echter, bij de theorie dat het voor planten veiliger is om zich te voeden met organische verbindingen geldt een belangrijke kanttekening: er zijn onder de organische verbindingen die vrijkomen bij de afbraak van plantaardig materiaal en van dierlijke excrementen ook sterke groeiremmers. Zoals aldehyden, guanidine, coumarine en dihydroxystearinezuur. Schreiner, Kononova en McCalla hebben hier veel onderzoek naar gedaan (Schreiner, 1913; McCalla, 1964, en Kononova, 1961).

In deze bijdrage ga ik uitgebreider in op de vraag hoe planten zich voeden. Stikstof staat hierbij centraal. Enerzijds omdat het een belangrijk voedingselement is en anderzijds omdat anorganische stikstof die niet wordt benut of onvoldoende wordt omgezet in echte eiwitten tot tal van grote problemen heeft geleid en nog leidt (Anjana, 2018; Britto en Kronzucker, 2002). Datzelfde geldt voor fosfor (Jamieson, 1910; Razzaque, 2015). En ik vermoed dat anorganisch zwavel soortgelijke problemen geeft als anorganische stikstof en fosfor. Bij koeien kan te veel zwavel tot hersenaantastingen leiden. En bij mensen tot beroertes (Kobayashi, 1957), tot verstoringen in de homocysteïnestofwisseling, en tot de vorming van zwavelstenen. Waterstofsulfide kan de werking van de mitochondria verstoren en zo tot kanker leiden (Warburg, 1956). De effecten van anorganische zwavelzouten op planten heb ik nog niet voldoende bestudeerd[[3]](#footnote-3).

**Hoe komen de planten normaalgesproken aan hun stikstof als er geen nitraat- of ammoniumzouten gestrooid worden?**

In de betreffende vakliteratuur vond ik de volgende manieren:

1. Planten kunnen op drie manieren rechtstreeks organische stikstofverbindingen opnemen uit de bodem. De eerste manier is dat de planten een enzym uitscheiden om de eiwitten en kernzuren in de bodem, die afkomstig zijn van dierlijke mest of van plantenresten, af te breken tot peptiden en aminozuren die dan in hun geheel worden opgenomen (Näsholm et al. 2000 en 2009; Krasil’nikov, 1958). Daarmee bouwen planten dan hun eigen eiwitten weer op. De tweede manier is dat de planten de eiwitten in hun geheel opnemen en dan inwendig verteren tot aminozuren en vandaaruit hun eigen eiwitten weer opbouwen (Paungfoo Lonhienne et al., 2008). En planten kunnen rechtstreeks aminozuren uit de bodem opnemen (Schreiner, 1912).
2. Een grote groep planten krijgt aminozuren van hun symbionten in de bodem, of op hun stengels en bladeren. In de bodem gaat het om de volgende bacteriën, in de wortelknolletjes: de rhizobia van de vlinderbloemigen; de caulobacter van de paardeboon (horse gram) (Edulamudi 2011); en de pseudomonas en burkholderia van de robinia pseudoacacia (Shiraishi et al., 2010). De bacteriën binden luchtstikstof voor de planten waarmee ze zijn verbonden. Ook in en op de stengels en bladeren kunnen zich grote aantallen rhizobia bevinden (Schanderl, 1940).

Ook zijn op een aantal planten cyanobacteriën op de bovengrondse plantendelen gevonden die stikstof assimileren voor ‘hun’ planten, zoals bij de Gunneraceae (Santi et al., 2013), en de Nostoc cyanobacteriën in de bladholtes van de Azollavarens in de natte rijstteelt.

De Frankia bacterie assimileert stikstof voor de actino-rhizia plantenfamilies – dat zijn vooral bomen en struiken (Santi et al., 2013).

In de wortels van grassen, suikerriet en rijst zijn de stikstofassimilerende bacteriën azoarcus en azospirillum gevonden. Zij leveren een aanzienlijke bijdrage aan de stikstofvoorziening van deze gewassen. Karimi kreeg onder droogtestress bij tarwe een 18 % hogere opbrengst met de bacterie Azospirillum Zea Sp. 2. van wilde tarwerassen (Karimi et al., 2018). Er is wel een debat gaande of er echt sprake is van stikstofassimilatie door de genoemde bacteriën (Doty, 2017) of dat er sprake is van positieve effecten doordat deze bacteriën groeistimulerende stoffen produceren (Clemente et al., 2016; Ribeiro et al, 2018; Karimi et al., 2018 ).

Alle hier onder punt twee genoemde bacteriën noemen we endosymbionten. Dat wil zeggen: symbionten die ín de planten leven met wie ze een samenwerking zijn aangegaan.

Een recent overzicht kunt u vinden bij Puri (Puri et al., 2017). In dit overzicht vindt u ook een uitgebreide lijst van endofytische bacteriën – dus bacteriën die zich in de planten bevinden, en die o.a. atmosferische stikstof fixeren voor de planten. Symbionten dus.

1. Een derde belangrijke groep wordt gevormd door de vrijlevende stikstofbindende bacteriën in de bodem. Tot deze groep behoren azotobacter; actinomycetes, clostridium, azospirillum, klebsiella, burkholderia, en cyanobacteria. Ze bevinden zich dus buiten de plantenwortels. Er worden nog steeds nieuwe vrijlevende stikstofbinders ontdekt.
2. Dan is er een grote groep van symbionten die stikstof vrijmaken uit de organische stof of uit de bodemdeeltjes en die deze stikstof ter beschikking stellen aan de gewassen. Het gaat hier om microben die stikstof vrijmaken: mycorrhizaschimmels; gisten; bacteriën ed.. Maar er zijn ook vrijlevende stikstofbinders gevonden die ‘opgegeten’ worden door de planten. White c.s. hebben aangetoond dat bepaalde bacteriën inclusief hun stikstof (en andere nutriënten), door de plantenwortels worden geabsorbeerd en leeggemaakt. De aldus geleegde bacteriën, zoals M. luteus en B. amyloliquefaciens verlaten de planten weer via de topjes van de wortels, waarna ze zich opnieuw vullen en het proces zich herhaalt (White et al., 2018).

In de biologische landbouw is vaak sprake is van ‘te trage mineralisatie’. Hierdoor groeien de gewassen niet optimaal en blijven de opbrengsten gemiddeld zo’n 15 - 25 % lager dan in de conventionele landbouw (Opdebeeck et al, 2004; Seufert et al., 2012). Op de meeste biologische bedrijven is echter meer dan genoeg stikstof voorhanden in de bodem omdat er royaal met dierlijke mest of plantaardige compost wordt bemest. Maar om deze stikstof te benutten ontbreken vaak de micro-organismen die bij de betreffende planten horen. Zij kunnen helpen om de mineralisatie te omzeilen, doordat ze rechtstreeks organische stikstof en andere organisch gebonden nutriënten leveren. Van de mycorrhizaschimmels is een dergelijke symbiose al langer bekend. Zij leveren niet alleen organische stikstof en -fosfor, maar ook andere nutriënten. En ook de draden van de mycorrhizaschimmels reiken tot in de plantenwortels. In veel biologische bodems ontbreken de genoemde symbionten.

Britto en Kronzucker hebben vastgesteld dat ammoniumzouten de mycorrhizaschimmels uitschakelen (Britto en Kronzucker, 2002). Drijfmest met veel ammonium, en ammoniumkunstmest zijn dus geen goede meststof voor het bodemleven.

Sommige mycorrhizaschimmels herbergen in speciale holtes ook stikstofbindende bacteriën. Paul heeft dit aangetoond voor de dennensoort Pinus Contorta (Paul et al., 2007).

Ook gisten kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan de stikstofvoorziening van planten. Sherrygist met name kan heel veel stikstof assimileren, en heeft een sterke groeistimulerende werking – veel meer dan kaliumnitraat (Schanderl, 1947).

1. En er is de directe assimilatie van luchtstikstof door alle planten – vlinderbloemigen én niet vlinderbloemigen. In het eerste artikel heb ik al een aantal auteurs genoemd die dit hebben aangetoond. Die lijst met auteurs groeit nog steeds.

Maar planten kunnen dat alleen als aan een aantal voorwaarden is voldaan. Hierbij zijn de volgende feiten relevant:

* Planten moeten bijna allemaal over een voldoende startstikstof beschikken alvorens de assimilatie van stikstof door de speciale haartjes op hun bladen kan beginnen;
* Hoe forser de planten hoe beter de assimilatie van luchtstikstof;
* Het vermogen van de vlinderbloemigen om luchtstikstof te assimileren is gemiddeld genomen groter dan dat van de niet leguminosen. Maar daarop zijn een aantal belangrijke uitzonderingen. Boekweit, composieten (Helianthus scaberrimus en de aardpeer) en bepaalde bramensoorten (de zandbraam en rankende bramen) nemen zelfs even veel of meer luchtstikstof op dan de meeste vlinderbloemigen. Ook de aardappel kan 30 tot 50 % van zijn stikstof uit de lucht halen (Schanderl, 1943).
* Vlinderbloemigen kunnen uitstekend luchtstikstof assimileren zonder de aanwezigheid van wortelknolletjes (Liebscher, 1893; Stoklasa, 1895; Schanderl, 1947; Frank, 1888);
* In bodems waarin te veel ammonium en/of nitraat zit, vindt geen of weinig luchtstikstofassimilatie plaats – bovengronds noch ondergronds. Het is niet duidelijk of het hier om een vergiftigingsprobleem gaat of dat er sprake is van vervanging. Immers, als er snel opneembare stikstof voorradig is, waarom zou de plant dan nog moeite doen om zijn symbionten te stimuleren om stikstof te assimileren. Maar vergiftiging kunnen we nog niet uitsluiten. Ammonium remt immers ook de fotosynthese.
* Voor stikstofassimilatie zijn ijzer, molybdeen en kobalt onontbeerlijk. Om die reden kunnen moderne hybride tarwerassen waarschijnlijk geen of minder luchtstikstof assimileren, omdat zij geen kobalt meer op kunnen nemen (Sait, 2018). De grote vraag is natuurlijk of dit ook geldt voor andere hybride gewassen. Een complicatie hierbij is dat kalium- en ammoniumzouten de opname van natrium, magnesium, silicium en sporenelementen afremmen (Chiy en Phillips, 1993; Britto en Kronzucker, 2003). Niet handig. Uit een onderzoek van Iswaran en Sundara Rao (1964) blijkt de aanwezigheid van kleine hoeveelheden kobalt de stikstoffixatie te verhogen.
* Verdichte bodems bemoeilijken de stikstofassimilatie door bacteriën in de bodem. In dergelijke bodems loopt het koolzuurgehalte op, en vermindert de toevoer van zuurstof en van luchtstikstof.
* Bodemorganismen in een gezonde bodem leveren de planten tal van groeistimulerende stoffen. Het belang van deze stoffen voor de stikstofassimilatie door de planten krijgt steeds meer aandacht. (Clemente et al., 2016; Ribeiro et al, 2018; Karimi et al., 2018; Puri et al, 2017). En Krasil’nikov toonde al aan dat tarwe in de grond eronder het aantal rhizobiabacteriën (uit erwten) doet toenemen (Krasil’nikov 1958). Voor deze bodemsymbionten geldt dat ammonium en nitraat hun werking belemmeren (Lawes and Gilbert, 1858; Poschenrieder and Lesch, 1942; Reid et al., 2021)*.* Echter, hele kleine hoeveelheden nitraat werken weer stimulerend (Jiang et al., 2020).

Volgens Jones is vijf kilo anorganische stikstof per hectare het maximum wat je nodig hebt om stikstofassimilatie te stimuleren (Jones, 2015).

* Door mensen gekweekte bio-activatoren (zoals pseudomonas bacteriën en Bacterium sp. No 160) kunnen de plantengroei enorm stimuleren, net zoals de rhizobiumbacteriën, al dan niet vrijlevend. Combinaties van bio-activatoren en rhizobia geven vaak een nog hoger positief effect op de plantengroei (Krasil’nikov, 1958).
* Soms moeten verse bacteriestammen op planten geënt worden om de stikstofbinding te doen slagen (Schanderl, 1940);
* Bij vlinderbloemigen én bij niet vlinderbloemigen worden rhizobiabacteriën in alle delen van de planten aangetroffen. Veel planten geven deze bacteriën mee aan de volgende generatie via hun zaden. Met name de grote zaden bevatten vaak veel rhizobia. Voor deze planten is een startstikstof minder belangrijk;
* Planten moeten geselecteerd worden op hun vermogen om nog stikstof uit de lucht te kunnen halen. Planten die ontkiemd en opgegroeid zijn op zeer stikstofarme gronden zijn in de volgende generatie vaak veel beter in staat om luchtstikstof te binden. De planten die niet meer in staat zijn om luchtstikstof te binden, vallen op deze manier automatisch af (Schanderl, 1947).

Maar wat levert de stikstofassimilatie door leguminosen en niet leguminosen nu feitelijk op? Nog anders gezegd: zet het wel zoden aan de dijk? Of is het hooguit een voor de wetenschap interessant randfenomeen?

De proeven van Schanderl uit 1943 geven hiervoor belangrijke aanwijzingen. In dit onderzoek had hij in totaal 78 planten uit 26 plantenfamilies onderzocht. Ik heb een selectie gemaakt van alle voeder- en voedselgewassen uit tabel 1 en 2 van het betreffende onderzoek. In totaal gaat het dan om veertien gewassen. Van deze veertien gewassen waren er drie vlinderbloemig. Gemiddeld hadden alle 14 gewassen samen 55,5% van hun stikstof uit de lucht gehaald. De vlinderbloemigen 78,9 %, en de niet vlinderbloemigen 51,8 %. Als we van de niet vlinderbloemigen de drie uitschieters naar beneden weglaten, komt hun gemiddelde uit op 58,7 %. In deze proef komt de rest van de stikstof uit de bodem en het regenwater.

Conclusies:

De voeding van planten met behulp van organische N verbindingen is eerder de regel dan de uitzondering, maar door het gebruik van ammonium- en nitraatzouten is deze regel uit beeld geraakt. Planten kunnen zich, met hun symbionten, op minimaal vijf manieren met organische stikstof voeden. Voor de meeste planten is wel een (organische) startstikstof noodzakelijk. De uitdaging is dus om planten van een voldoende organische startstikstof te voorzien, zonder dat daarbij te veel ammonium of nitraat vrijkomt. In mijn derde bijdrage ga ik hier uitgebreider op in.

Literatuur:

* Anjana, A. 2018 .Nitrogenous Fertilizers – Boon or Bane? *SDRP Journal of Plant Science.* 2(2).
* Buijs en Samwel Mantingh, 2019. Een onderzoek naar mogelijke relaties tussen de afname van weidevogels en de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen op veehouderijbedrijven in Gelderland.
* Britto and Kronzucker, 2002. NH4 + toxicity in higher plants: a critical review. J. *Plant Physiol.* 159:
* Chiy and Phillips, 1993 Sodium fertilizer application to pasture. 1. Direct and residual effects on pasture production and composition. *Grass and Forage Science.* 48(2).
* Clemente et al., 2016. Azospirillum brasilense and nitrogen fertilization affecting wheat productivity. *African journal of agricultural research*. 11(24): 2179-2184.
* Doty, S. 2017. Endophytic N-Fixation: Controversy and a Path Forward. In: Doty S. (eds) Func-tional Importance of the Plant Microbiome. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-65897-1\_2
* Edulamudi et al., 2011 Novel root nodule bacteria belonging to the genus Caulobacter. *Letters in Applied Microbiology.* 53: 587-591.
* Frank, A.B. 1888 Untersuchungen über die Ernährung der Pflanze mit Stickstoff und über den Kreislauf desselben in der Landwirthschaft . Berlin. Verlag von Paul Parey.
* Hensel, J. 1884. Bread from stones. A new and rational system of land fertilization and physical regeneration. A.J. Tafel Philadelphia.
* Iswaran, V. et al. 1964. Role of Cobalt in Nitrogen Fixation by Azotobacter chroococcum. [Nature](https://www.nature.com/) volume 203, page 549 (1964).
* Jamieson, 1910 – *Jamieson, Th.* (1910). History of the progress of agricultural science in Great Britain. Printed and published by Messrs C. & R. Anderson. “North British agriculturist”, Edinburgh.
* Jiang et al., 2020. Evaluation of beneficial and inhibitory effects of nitrate on nodulation and nitrogen fixation in common bean (*Phaseolus vulgaris*). *Legume Science*. 2020.2:e45.
* Jones, 2015 – *Jones, C.* (2015). Nitrogen: the double-edged sword. https://[www.amazingcarbon.com](http://www.amazingcarbon.com)
* Karimi et al., 2018. Endophytic Azospirillum for enhancement of growth and yield of wheat. *Environmental Sustainability*. 1:149-158.
* Kobayashi, 1957. On geographical relationship between the chemical nature of river water and death-rate from apoplexy. *Berichte d Ohara Inst f landwirtsch Biologie.* 11:12-21.
* Kononova, M. M. 1961. Soil organic matter, its nature, its role in soil formation and in

soil fertility, p. 165. Pergamon Press, New York.

* Krasil’nikov, 1958 Soil microorganisms and higher plants. Academy of Sciences of the USSR Publishing.
* Lammerts van Bueren, 2015. Mondelinge mededeling.
* Lawes and Gilbert, 1858 XXV. Report of Experiments with different Manures on Permanent Meadow Land. Part one. *Journal of the Royal agricultural society of England.*
* Liebscher, G. 1893. Beitrag zur Stickstofffrage. Journal für Landwirtschaft I und II band 41.
* McCalla et al., 1964. Phytotoxic substances from soil microorganisms and crop residues. *Bacteriological Reviews*. 28(2): 181-207.
* Näsholm et al, 2000. Uptake of organic nitrogen in the field by four agriculturally important plant species. *Ecology.* 81(4): 1155–1161.
* Näsholm et al. 2009. Uptake of organic nitrogen by plants. New Phytologist March 2009.
* Opdebeeck et al., 2004. Use of Natural Chilean Nitrate in Organic Far ming. Het rapport is uitgegeven door Chamoson, Switzerland : [Natural Nitrogen, Nitrogenous Rock].
* Paul et al., 2007.[Nitrogen Fixation Associated with Suillus tomentosus Tuberculate Ectomycorrhizae on Pinus contorta var. latifolia"](http://aob.oxfordjournals.org/content/99/6/1101.full)*. Annals of Botany.* 99 (6): 1101-1109.
* Paungfoo-Lonhienne et al., 2008. Plants can use protein as a nitrogen source without assistance from other organisms. *PNAS*. 105(11). 4524–4529 \_ PNAS \_ March 18, 2008 \_ vol. 105 \_ no. 11
* Poschenrieder et al.1942. Untersuchungen über den Einfluss langjähriger einseitigen Düngungsmassnahmen auf die Ausbildung und Nährstoffaufnahme der Würzelknollchen von Sojabohne. Bodenkunde und Pflanzenernährung 32. Band. Heft I/2.
* Puri, A. et al 2017. Nitrogen-Fixation by Endophytic Bacteria in Agricultural Crops: Recent Advances, Nitrogen in Agriculture. Available from: <https://www.intechopen.com/chapters/58024>
* Rands, D. et al. 1938. Influence of certain harmful soil constituents on severity of pythium root rot of sugarcane. Journal of Agricultural Research, Vol. 56, No. 1
* Razzaque, M. et al., 2015.Phosphate toxicity: a stealth biochemical stress factor? *Medical Molecular Morphology*. 49(1):1-4. doi: 10.1007/s00795-015-0122-3.
* Reid et al., 2021 –Inorganic Chemical Fertilizer Application to Wheat Reduces the Abundance of Putative Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. *Front. Microbiol*. 11.
* Ribeiro et al., 2018 Seed and leaf inoculation with Azospirillum brasilense and increasing nitrogen in wheat production. Rev. Bras. Cienc. Agrar., Recife. 13(3). e5550.
* Sait, G. 2018 The Bastardisation of our Food – The Daily Bread Story. https://blog.nutri-tech.com.au/the-bastardisation-of-our-food/.
* Santi et al., 2013. Biological nitrogen fixation in non-legume plants. *Ann. Bot.* 111; 743-767.
* Schanderl, H. 1940: Beweise für de Fahigkeit zur Assimilation des molekularen Stickstoffs durch die Bakteriensymbionten einiger niet-leguminosen”.
* Schanderl, H. 1943. Untersuchungen über den Stickstoffhaushalt von Nichtleguminosen und Leguminosen.
* Schanderl, H. 1947. Botanische Bakteriologie und Stickstoffhaushalt der Pflanzen auf neuer Grundlage. Stuttgart Verlag Eugen Ulmer.
* Schreiner, O. 1912 Nitrogenous soil constituents and their bearing on soil fertility. *US Dept. of agriculture.*
* Schreiner, O. 1913. The organic constituents of soils. US Department of agriculture.

Bureau of soils. Circular No. 74. Deze bijdrage bevat een uitgebreide lijst met schadelijke en niet schadelijke organische verbindingen in bodems.

* Seufert et al., 2012. Comparing the yields of organic and conventional Agriculture. *Nature*. 485: 229–232. DOI: 10.1038/nature11069.
* Shiraishi et al., 2010. Nodulation in black locust by the Gammaproteo-bacteria Pseudomonas sp. and the Betaproteobacteria Burkholderia sp. [*Systematic and Applied Microbiology*](https://www.sciencedirect.com/science/journal/07232020)*.* [33(5](https://www.sciencedirect.com/science/journal/07232020/33/5)): 269-274.
* SKAL inputlijst 2021. <https://www.skal.nl.>
* Stoklasa, J. 1895. Studien ueber die Assimilation elementaren Stickstoffs durch die Pflanzen. Landw. Jahrb. (1895), 24, 827-863. STUTZER.
* Visser, J. 2010. Down to earth: a historical-sociological analysis of the rise and fall of 'industrial' agriculture and of the prospects for the re-rooting of agriculture from the factory to the local farmer and ecology. PhD thesis Wageningen University.
* Warburg, O. 1956. On the Origin of Cancer Cells. *Science*. 123(3191): 309-314.
* White et al., 2018 Rhizophagy Cycle: An Oxidative Process in Plants for Nutrient Extraction from Symbiotic Microbes. *Microorganisms.* 6(95).
* Wolff, (1871;1880). Aschen-Analysen von landwirthschaftlichen*. Produkten, Fabrik-Abfällen und wildwachsenden Pflanzen,* 1–2. Verlag von Wiegand und Hempel Berlin

Planten voeden zich anders dan gedacht

Deel 3. Welke maatregelen kunnen we nemen om goed te bemesten zonder al te grote verliezen?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden ga ik eerst wat dieper in op het grotere plaatje: de natuurlijke kringloop en de agrarische kringloop.

De landbouw heeft te maken met deze twee kringlopen. Voor het gemak noem ik ze de grote en de kleine kringloop.

De kleine kringloop krijgt sinds enige jaren steeds meer aandacht. Dat is terecht, omdat de enorme verliezen uit de kleine kringloop vaak tot directe schade leiden zowel in de directe omgeving alsook verder weg. En ook economisch zijn deze verliezen een zeer grote schadepost. Per jaar betalen de boeren wereldwijd meer dan 110 miljard dollar voor meststoffen die ze niet gebruiken, maar die wel in het milieu belanden[[4]](#footnote-4). Zij financieren dus de milieubelasting zonder dat hen daarnaar is gevraagd. De kleine kringloop heeft vooral betrekking op de landbouw. Ammonium, nitraat en fosfaat krijgen de meeste aandacht. Zwavel is minder in beeld. En over verliezen aan kalium, calcium[[5]](#footnote-5) en chloor[[6]](#footnote-6) hoor je niemand. Door de bemesting, of nauwkeuriger gezegd, door de bemesting met zouten gaan veel van deze nutriënten binnen een jaar verloren, 60 – 90 % volgens verschillende berekeningen (Jones, 2015; Nigten 2021b). Dat is inclusief de verliezen bij de waterzuiveringsinstallaties. Er wordt door deze verliezen veel schade aangericht aan planten en dieren. Dat wordt zichtbaar in de vorm van biodiversiteitsverlies, of van bijv. bomen en bossen die ziek worden. Het water eutrofieert, het bodemleven verschraalt, wordt eenzijdiger en plantonvriendelijk (Reid et al., 2021), en de lucht wordt smeriger. Daar komen de pesticiden die onmisbaar zijn bij de bemesting met zouten, nog bovenop. Alsook het verbruik van fossiele energie. Dertig procent van het energieverbruik in de landbouw gaat volgens Bisseling naar de productie van kunstmest (Boo, 2012)[[7]](#footnote-7). In Nederland wordt een kwart van het aardgas in de kunstmestproductie gestoken (cijfers van 2015). Daardoor komt 10 % van de Nederlandse CO2 emissies op rekening van de kunstmestproductie. Lachgas en methaan komen daar nog bij. Lachgas komt niet alleen van kunstmest maar ook zeer veel van dierlijke mest (Jones et al, 2007).

De schade beperkt zich als het om planten gaat niet tot de wilde natuur. Ook de gewassen in de landbouw worden beschadigd door stikstof-, fosfaat-, en kaliumzouten. Een zevenjarige proef van Lawes en Gilbert heeft aangetoond, dat in een kort tijdsbestek 40 % van alle plantensoorten in weiland verdwijnt door ammonium en nitraatkunstmest en door stalmest. Het meest door ammonium (50 %), en door nitraat (38 %), maar ook een aanzienlijk deel door stalmest (33 %). En de overblijvende soorten worden bij ammoniumbemesting door 5 - 8 plantensoorten gedomineerd: deze 5 - 8 soorten vormen 65 – 78% van de overblijvende soorten (Lawes and Gilbert, 1863 / 1858). De vlinderbloemigen verdwijnen vrijwel geheel als er met deze stikstofmeststoffen wordt bemest (Lawes and Gilbert, 1863 / 1858; Poschenrieder en Lesch, 1942; Pfeiffer, 1936; Reich, 1987). Voor een aantal gewassen is ammonium toxisch, en verder wordt door ammonium de fotosynthese verlaagd. Ammonium en fosfaat schakelen de mycorrhizaschimmels en andere plantenwortelsymbionten uit (Britto and Kronzucker, 2002; Czarnecki et al., 2013). Ondanks allerlei technische hoogstandjes - waar de boeren weer voor moeten betalen - verdwijnt nog steeds een zeer groot deel van de stikstof-, fosfaat-, kalium-, zwavel-, chloor-, en calciummeststoffen etc. uit de kleine kringloop. Dat moet dus anders.

De grote kringloop in de natuur is de kringloop die bestaat uit onder andere de verwering van de gesteenten in de bergen en heuvels, de verplaatsing van deze mineralen naar het lager gelegen land en het geleidelijk verdwijnen van de daaruit vrijkomende zouten naar de oceanen. De mineralen – en hier gaat het om echte mineralen – komen uit de volgende bronnen: het gebergte (verwering); de vulkanen (uitbarstingen); schurende gletsjers (verkleining); woestijnzand (verwaaiing); en uit de diepere aardlagen. Diepwortelende planten en verticaal gravende aardwormen, zoals lumbricus terrestris, brengen deze ondergrondse mineralen in de vorm van nutriënten en aardedeeltjes omhoog. Volgens berekeningen van Darwin is de bijdrage van aardwormen aan verwering ongelofelijk groot (Darwin, 1881. Chap. VII).

Ook de oceanen zelf dragen bij aan vers materiaal. Dit gebeurt in en om ‘de zwarte schoorstenen’, die hun ‘lava’ uitspuwen, daar waar de tektonische platen die de zeebodem vormen, uit elkaar gaan. Daardoor kan er materiaal uit de aardmantel, die normaalgesproken door de oceaanbodem bedekt wordt, omhoog komen. Het gaat dan vooral om ijzer, zwavel, magnesium en sporenelementen. De meeste biodiversiteit vinden we rond deze zwarte schoorstenen en rond aardmantelvulkanen die veel magnesium uitstoten, zoals in Ethiopië (de Erta Ale), en in Kameroen (de Mount Cameroon). Ook de eerste homo sapiens-mensen en hun directe voorgangers treffen we hier aan: in Ethiopië; in Tsjaad[[8]](#footnote-8) en bij de Drakensbergen in Zuid Afrika (zie bijlage 1.). Voor hersenactiviteit is veel magnesium en fosfor nodig.

In de oceanen en zeeën gebeurt iets heel bijzonders, wat we eigenlijk nog helemaal niet snappen: er ontstaat een strak evenwicht van de zouten in het zeewater (Quinton, 1904 ; Murray, 2003). Natriumchloride en magnesiumchloride zijn kwantitatief de belangrijkste zouten, gevolgd door zwavel; calcium; kalium; broom; koolstof; strontium; borium; silicium (Ma, 2004[[9]](#footnote-9)) aluminium en fluor, etc. (Stanford university, 2021). De zeeën zijn rijk aan sporenelementen. In het zeewater bevindt zich verder ook stikstof (nitraat; nitriet; ammonium en organisch gebonden stikstof).

De grote kringloop is belangrijk omdat hier de verversing van de nutriënten vandaan komt: rivierslib; lavaneerslag; gletsjermelk; wormenmineralen uit de ondergrond; plantennutriënten vanuit de diepere grondlagen, verwaaid woestijnzand en mineralen uit de zee.

Ongeveer na elke 10.000 tot 12.000 jaar[[10]](#footnote-10), de tussen-ijstijd, is de vruchtbare cyclus zo’n beetje op zijn einde. De aanvoer van verse nutriënten voldoet niet meer, de gewassen en de planten in de wilde natuur groeien steeds minder. En na een periode met temperatuurstijgingen, hevige overstromingen, droogtes, weersextremen, vulkaanuitbarstingen en bosbranden, breekt een nieuwe ijstijd[[11]](#footnote-11) aan (Hamaker, 1982). Die duurt ongeveer 90.000 jaar. Het einde van de tussenijstijd hebben we door de uitstoot van broeikasgassen en door de op zoutbemesting gebaseerde landbouw enorm versneld.

Maar als we begrijpen hoe de nieuwe ijstijd ontstaat, kunnen we ook maatregelen nemen om het tij te keren. In één woord: door remineralisatie. En in een paar woorden: door remineralisatie en het beter sluiten van de kleine kringlopen.

In deze bijdrage gaat het om beide processen, die we in één proces kunnen combineren. Dat vergt de volgende uitleg. We kunnen de bodemvruchtbaarheid herstellen door de kleine kringloop beter te sluiten en de grote kringloop een handje te helpen:

* Eiwitarm voeren[[12]](#footnote-12), of beter nog NPN en NPS arm voeren;
* Wormencompost maken en wormencompostthee spuiten of:
* Aarde bijmengen bij mest en plantenafval (koude compostering). Dan komen de wormen vanzelf;
* Basaltmeel of andere gesteentemelen inzetten;
* Zeemineralen toevoegen;
* Stikstofassimilatie[[13]](#footnote-13) door alle planten en het bodemleven herstellen via het herstel van de bovengrondse en ondergrondse biodiversiteit en middels bedekte bodems;
* Kruiden geven of kruiden zaaien (grasland), en mengsels van groenbemesters als tussenteelt zaaien in de akkerbouw. De bodem bedekt houden. Grondbewerking minimaliseren en met speciale machines doorzaaien;

De belangrijkste uitvindingen om duurzame bemestingssystemen te ontwikkelen zijn door boeren en boerinnen, en onafhankelijke pioniers gedaan: het gericht benutten van wormen (Sheffield 1830 – 1890, beschreven in: Barrett, 1947); het opbaggeren of laten uitvloeien van slib uit rivieren, meren en sloten (beschreven door o.a. Herapath, 1850; en King, 2011); overstromingen met zeewater benutten (Kemper eiland; kwelders en schorren); het toemaken van veengrond met mest, compost en slootbagger (Nederlandse boeren in de nattere gebieden), het mengen van mest met heideplaggen (Nederlandse boeren in de drogere gebieden); het mengen van mest met aarde (Strumpf, 1853; Bowditch, 1856 - II; Girard and Müntz, 1891; Way, 1850 etc); het verrijken van mest met visafval, brak water, zeewier (en aarde) (Girardin, 1859); het gebruik van schelpen; het inzetten van gesteentemeel (Hensel, 1884); microbiële compostering (Witte, 2014); de toepassing van wormencompostthee (Kennes, 2020. Mondelinge mededeling); zeezout (soms ontdaan van natriumchloride) inzetten in de land en tuinbouw (Bowditch, 1858[[14]](#footnote-14); Girardin and Marchand, 1859; Murray 2003; Zeigler, 2012; Vriezinga, heden: mondelinge mededeling); biodiversiteitsherstel in de landbouw (Jones, 2013).

Enkele uitzonderingen daargelaten deed de academische landbouwwetenschap hier niets mee, verblind als zij was door kunstmest (Visser, 2010; 2019). Dat laatste begint nu snel te veranderen (Leonardos, 1998; Swoboda, 2016; Sinha, 2009; Chaudhuri, 2016; Pathma and Sakthivel, 2012; Jones, 2013; Zeigler, 2012; Goreau et al., 2015; Acres USA, en vele anderen). Parallel hieraan worden er ‘van binnenuit’ ook steeds meer vraagtekens gezet bij het inzetten van makkelijk oplosbare zouten als meststoffen (Britto, Kronzucker, 2002; Anjana et al, 2018; Umar et al., 2013). Nog anders gezegd: een paradigmatisch omslag hangt in de lucht. En net als in andere wetenschapsgebieden, zoals de geneeskunde, wordt deze zo lang mogelijk tegengehouden door het negeren van tegenstrijdigheden en anomaliën door de wetenschappers van het dominante paradigma, en door de gevestigde belangen (Kuhn, 1962).

In de oorspronkelijke biologische landbouw was het bijmengen van aarde bij mest en plantaardig afval bijna tot kunst verheven. Howard, de grondlegger van de biologische landbouw, deed zijn onderzoek in India en Pakistan. In India stalde hij de trekossen van het proefstation op aarde die hij regelmatig liet verversen. Deze aarde raakte doordrenkt met urine. De verrijkte aarde liet hij bijmengen in de composthopen. Of hij sloeg het op tot het moment dat hij het nodig had. Zo ging er geen stikstof verloren (Howard, 1943; 1945). Thompson had al aangetoond dat aarde uitstekend in staat was om de nutriënten in de urine te binden (Thompson, 1850). Pfeiffer, de medegrondlegger van de biologisch dynamische landbouw, liet zien dat de grondregel van Steiner (Steiner, 1924), in composthopen geweldig werkte. Hij mengde aarde, plantaardige resten en dierlijke mest in composthopen. Spontaan kwamen er grote aantallen wormen in deze hopen. En de meststof die zo ontstond, leidde tot hoge opbrengsten, en gezonde gewassen (Pfeiffer, 1936). Rusch, de grondlegger van de organisch biologische landbouw in Oostenrijk en Zuid Duitsland, adviseerde om gesteentemeel te gebruiken in de stallen (Biolit, 2021).

Maar hier is iets bijzonders gebeurd. In de biologische en de biologisch dynamische landbouw is het bijmengen met aarde **gaandeweg achterwege gebleven**. Begrijpelijk, omdat het veel extra werk gaf, maar tegelijkertijd zeer nadelig omdat het de biologische landbouw op achterstand zette. En met als gevolg: grote verliezen van stikstof, zwavel, fosfor en koolstof uit de stalmest en de composthopen. Plus: het bevorderen van de verkeerde bacteriën en schimmels die niet passen bij de rhizosfeer (zie voor onderbouwing (Nigten, 2021b). Dat verklaart ook dat stalmest, en warme compost veel slechtere resultaten geven dan wormencompost.

**Tabel 1.** Nutriënten in warme compost van koeienmest en in wormencompost van koeienmest (Sinha et al., 2009).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Nutrient | Warm compost (from cow dung) | Vermicompost (from cowdung) |
| Nitrogen | 0.4 – 1.0 % | 2.5 – 3.0 % |
| Phosphor | 0.4 – 0.8 % | 1.8 – 2.9 % |
| Potassium | 0.8 – 1.2 % | 1.4 – 2.0 % |

**Table 2.** Nutriënten in wormencompost, aërobe compost en anaërobe compost (Sinha et al., 2009).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Nutrient | Vermicompost | Aerobic compost | Anaerobic compost |
| 1) Nitrogen(N)  2) Phosphorous (P)  3) Potassium (K)  4) Iron (Fe)  5) Magnesium (Mg)  6) Manganese (Mn)  7) Calcium (Ca) | 9.500  0.137  0.176  19.730  4.900  0.016  0.276 | 6.000  0.039  0.152  15.450  1.680  0.005  0.173 | 5.700  0.050  0.177  17.240  2.908  0.006  0.119 |
| (Sinha et al., 2009). | | | |

**Table 3.** Landbouwkundige effecten van wormencompost, koeienmestcompost (warm) en kunstmest\* op de opbrengst van tarwe.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Treatment | Input/Hectare | Yield/Hectare |
| 1) Control  2) Worm compost (vermicompost) (VC)  3) Cow dung Compost (CDC)  4) Fertilizer (CF) | (No Input)  2.5 t VC/ha  10 t CDC/ha  NPK(120:60:40) kg/ha | 1.52 t/ha  4.01 t/ha  3.32 t/ha  3.42 t/ha |

|  |
| --- |
| \*Keys: N = Urea; P = Single Super Phosphate; K = Murete of Potash (kg/ha) (Sinha et al., 2009). |

“With cattle dung compost applied at 10 t/ha (4 times of vermicompost), the yield was just over 3,3 t/ha which is about 18% less than that with vermicompost **and that too after using 400% more conventional [cattle dung] compost”.**

De opbrengsten in de moderne biologische landbouw blijven daardoor nu achter bij die van de conventionele landbouw. En de kwaliteitsverschillen tussen conventionele en biologische producten zijn gering geworden. Door klassieke BD-mest te maken (dus wel aarde bij te mengen) kreeg ik op proefbedrijf Droevendaal binnen acht weken een 20% hogere grasopbrengst vergeleken met de moderne BD-mest (zonder aarde). En de schapen, mijn partners in deze proef, hadden een uitgesproken voorkeur voor het gras dat met de klassieke BD-mest was bemest boven gras met andere bemestingen, waaronder moderne BD-mest zonder aarde.

Tijdens warm composteren verdwijnt er ook fosfor uit de composthopen in de vorm van fosfine (Bowditch, 1856 - II). Van de vluchtige stoffen gaat fosfine als eerste verloren. Maar we weten niet om hoeveel het gaat. Het wordt niet gemeten. De wetenschap weet zelfs niet van het bestaan ervan als het om stalmest en compost gaat. Ook cyanide uit drijfmest wordt niet gemeten.

De kritiek van het Wageningse kunstmest establishment (van der Molen, 1978; Rabbinghe; Fresco[[15]](#footnote-15) ea.) betreft in feite niet de oorspronkelijke biologische en biologisch dynamische bemesting, maar de **moderne, aardeloze varianten**, die inderdaad lagere opbrengsten genereren. Maar van dat onderscheid waren zij zich niet bewust. Ook het toemaken[[16]](#footnote-16) door de Nederlandse boeren in de nattere regio’s heeft in Wageningen niet de aandacht gekregen die het verdiende. Het toemaken kreeg zelfs de schuld in de schoenen geschoven van de dramatische toename van kopziekte op melkveebedrijven in de jaren vijftig tot zeventig van de vorige eeuw (Van Egmond, 1971). Deze kopziekte hoort toch echt op de rekening van de kalium- en anorganische stikstofbemesting. Op dit moment zijn er nog minimaal twee bedrijven in Nederland die hun mest verrijken met aarde. Het nitraatverlies is daardoor op een van deze bedrijven verlaagd tot 1/3 vergeleken met de omringende bedrijven in het noordelijke kleigebied (RIVMmetingen aan de drainagepijpen). En het ammoniumgehalte in het drainwater daalde tot 1/12e . Eén van hun koeien werd 18 jaar oud.

Als de Wageningse bemestingsprofessors de oudere vakliteratuur onbevooroordeeld hadden bestudeerd, dan waren zij vanzelf op het spoor gekomen van de noodzaak om aarde en/of gesteentemeel bij te mengen en om het land te verrijken met zeemineralen. Maar zij hebben zich ingegraven tegen de biologische landbouw, en eigenlijk tegen alles wat niet ‘past’ in het kunstmest en drijfmestplaatje. En ze zijn nooit meer uit het gat tevoorschijn gekomen. Naast het persoonlijke leed dat ze hiermee berokkend hebben, heeft het tot een onvruchtbare patstelling geleid en een vertraging die nu al minstens 75 jaar duurt. Vlak na de tweede wereldoorlog werd er nog wel enigszins positief naar de biologisch dynamische landbouw gekeken. Met name het maken van goede compost werd gewaardeerd. Maar het Vitalisme van de antroposofie werd streng verworpen. (Schuffelen, 1947). Dat vitalisme gaan we terugbrengen, met wetenschappelijke argumenten (Rusch, 1968, White 2018).

Toch was er in Nederland búiten Wageningen wel serieuze interesse in de betekenis van stalmest voor de bodemvruchtbaarheid. Twee namen mogen in dit verband genoemd worden: Sjollema van de rijksuniversiteit van Utrecht, en Cleveringa, rijkslandbouwconsulent in Zuthpen. Cleveringa besefte het belang van het toevoegen van aarde aan de mest, en de noodzaak om de kruimelstructuur van de grond te behouden door middel van stalmest. Hij behandelde de mogelijkheden om de kwaliteit van stalmest te verhogen en te behouden uitgebreid in zijn publicatie van 1941. Voor het toemaken verwijst hij naar het onderzoek van Lienesch, rijkslandbouwconsulent in Noord Holland. Verslagen van Lienesch[[17]](#footnote-17) heb ik tot nu toe niet kunnen vinden. Dat is al veelzeggend.

Over Sjollema schrijft Cleveringa: “*Bovendien ontvingen wij waardevolle kantteekeningen bij eenige onderdelen van prof. Dr. B. Sjollema te Utrecht, die de eerste (1895 – 1907) en tot op heden tevens de laatste onderzoeker in ons land is geweest die zich met het vraagstuk en het gebruik van stalmest heeft beziggehouden*” (Cleveringa, 1941).

Dat is nadien wel veranderd, vooral omdat mest in de vorm van drijfmest steeds meer als een probleemstof werd beschouwd. Mest als probleem dus, niet als beschermer van de bodem. Ofwel: hoe komen we er van af?

In 1839 beschreef Dixon met zijn prijswinnend essay over het bijmengen van veengrond (peat or bog-earth), slootbagger of aarde bij mest zijn bevindingen als volgt:

*“The full effects of this practice I first experienced in the dry season of 1826: I had some clovers which* ***had been manured the previous winter****; my land was soon covered with crop, and that so vigorous a one****, that the hot weather did not overpower it****. My cows, that summer, were tied up during the day-time, and in the night they were turned out into the pastures ; most of the stock in my district were much distressed from over-heat as well as from being short of food for some weeks ; milk yielded little butter, scarcely any for a time was offered in our large market-town : —no doubt that year will be remembered by many gentlemen on the Agricultural Society's committee. I, however, was under no difficulties on account of the season:* ***my clovers produced plenty of food*** *for my cattle, and in return they yielded as much milk and butter as I ever recollect from the same number” (Dixon, 1839).*

Dixon had zijn mest vermengd met veen[[18]](#footnote-18), moerasgrond en/of slootbagger of aarde. Ook gebruikte hij ‘mould’ (teelaarde / groentenafval / onkruiden). Bij de boeren die alleen met stalmest hadden gewerkt, verdroogde de boel in 1826 dus wel.

Een soortgelijke ervaring had Karel Kennes, loonwerker in het Brabantse Alphen, met wormencompostthee. De heer Kennes sproeide in 2020 wormencompostthee over 12 hectare weiland, snijmais en voederbieten. De concentratie was 1% (10 kg wormencompost in 1000 ltr water[[19]](#footnote-19)) en hij gebruikte ruim 80 ltr per hectare. Daarna herstelde de groei van de maïs, die als gevolg van de extreme droogte van dat seizoen bijna tot stilstand was gekomen, zich weer. De weilanden werden weer groen. Hetzelfde effect werd gezien in de velden met voederbieten. De groei van de maïs en de voederbieten ging door tot heel laat in het jaar. In december zijn de voederbieten geoogst. De bieten hadden toen nog geen schimmels of gebreksverschijnselen.

Van wormencompost is bekend dat het, mits gemaakt met goed materiaal, de juiste bacteriën en schimmels bevat voor de wortelomgeving van de planten (Nigten, 2021b).

In Normandië mengden de boeren en tuinders niet alleen aarde bij maar ook zeemineralen (brak water; haringafval; en zeewier). Ook dit gaf zeer goede resultaten, plus gewassen die voor de macro-elementen in balans waren: verhoudingsgewijs veel minder kalium, en meer natrium, calcium en magnesium voor de meeste gewassen (Nigten, 2019). Ik vermoed dat natrium bij planten alleen tot zijn recht komt als er ook de nodige sporenelementen voorhanden zijn, zoals in zeewater en zeewier.

In de melkveehouderij zijn een aantal bedrijven waar het vee met gezondheidsproblemen kampte, overgegaan op het gebruik van Seacrop. Dit product bestaat uit geconcentreerd zeewater, waar het zout NaCl grotendeels uit is gehaald. Het blijkt een effectief middel om deze gezondheidsproblemen aan te pakken. Een interview met dhr Vriezinga van de Koolstofkring uit Drachten en met zijn klanten over hun ervaringen met Seacrop zou zeer op zijn plaats zijn. Mijn interpretatie is dat Seacrop helpt om de stikstof, zwavel en fosfor die niet zijn omgezet in eiwitten en andere fysiologisch passende verbindingen, alsnog om te zetten tot de juiste verbindingen. Voor de details verwijs ik naar (Nigten, 2021 - a, b, en c.).

Niet alleen zeemineralen helpen om de groei en de gezondheid van de gewassen te verbeteren, maar ook gesteentemelen. Volgens een onderzoek van Swoboda (Swoboda, 2016) worden de beste resultaten behaald met basaltisch lava. Maar voor alle gesteentemelen geldt dat een actief bodemleven noodzakelijk is om de nutriënten uit gesteentemeel vrij te krijgen. En dus ook planten die dat bodemleven voeden. Met name bomen blijken veel sneller te groeien als ze ‘bemest’ worden met gesteentemeel (Goreau et al, 2015). In de tropen is er veel ervaring met het bijbemesten met gesteentemeel. Hier wordt het ook ingezet als alternatief voor kunstmest (Tchouankoue et al., 2016). Voor gebieden waar weinig kalium in de grond zit, zijn kaliumhoudende gesteentemelen interessant als alternatief voor kalimeststoffen (Swoboda, 2016: hoofdstuk 6). Met name het gebruik van kaliumchloride moet vermeden worden (Khan, 2013).

Bij ons lijkt basaltisch lavameel een goede keuze: het bindt ammoniak en andere uit de mest vrijkomende stoffen. En het kan voor het vastleggen van CO2 wel eens heel belangrijk worden (Goreau et al, 2015; Beerling et al, 2020). Vooral in combinatie met de mycorrhizaschimmels. Veldproeven met basalt zijn wel noodzakelijk, omdat het een heel andere kleisoort oplevert dan de hier aanwezige soorten klei. En ik vermoed op grond van mijn eigen proeven dat basalt de stikstof heel sterk bindt. Dan is een goed bodemleven een absolute voorwaarde om het ook weer eruit te krijgen en aan de planten beschikbaar te maken.

Op Nederlandse bedrijven die basaltmeel gebruiken, wordt dit vaak op het einde van de stalperiode in de mestput gekieperd. Dat is niet zo slim. Veel beter is het om dagelijks of om de paar dagen basaltmeel in de stallen in de boxen en op de looppaden uit te strooien. Dan leg je alle stoffen die vrijkomen zodra de dieren piesen en poepen onmiddellijk vast. Heel veel stikstof, zwavel en fosfor is al vervluchtigd als je wacht tot het einde van de stalperiode.

Samenvattend:

Door eiwitarm te voeren en het vee zeemineralen te geven (Seacrop; Sea 90), eventueel aangevuld met kleideeltjes en koolstof, ontstaat een mest die rijpt en niet rot. Door de mest van deze dieren te mengen met aarde of gesteentemeel blijven de nutriënten behouden. Als deze mest wordt opgeslagen gaan de wormen spontaan aan de slag om het materiaal verder om te zetten. Bij gras dat hiermee bemest wordt, herstelt de balans en worden de gehalten aan niet aan eiwitten gebonden stikstof en zwavel verlaagd. Zeezout in de vorm van bladbemesting kan dit nog extra ondersteunen. Doordat de anorganische stikstof, zwavel en fosfor gebonden zijn, kunnen de mycorrhizaschimmels en andere wortelsymbionten herintreden en zorgen voor een optimale kruimelstructuur met een goede gasuitwisseling. Deze schimmels en bacteriën zorgen, samen met het basaltmeel, voor meer koolstof in de bodem (Orwin, 2011). En zij leveren de benodigde nutriënten aan de planten – op het goede moment en in de juiste vorm.

Waarschijnlijk is dit al voldoende om de stikstofassimilatie door alle plantensoorten weer op gang te brengen. De afwezigheid van ammonium en nitraat, de balans tussen de macro-elementen, en de aanwezigheid van de wortelsymbionten en de sporenelementen zijn hiervoor de noodzakelijke voorwaarden. De huidige, sterk op anorganische stikstof veredelde raaigrassen zullen hier vermoedelijk niet meer toe in staat zijn. De nieuwe bemesting zal ook de bovengrondse biodiversiteit versterken. Een saladebuffet (in grasland) of mengsels van groenbemesters (voor de akkerbouw en de vollegrondsgroententeelt) kunnen dit proces versnellen.

Er zijn in Nederland nog tien andere methoden ontwikkeld om de kwaliteit van drijfmest en grasland te verbeteren. Deze heb ik opgesomd in een artikel dat in december verschijnt (Nigten, 2021 c).

Een vergelijkend onderzoek naar deze verschillende methoden lijkt zeer op zijn plaats omdat ze het verbeteren van de kwaliteit van de drijfmest als vertrekpunt hebben. Wageningen UR kan daar beter van uitgesloten worden, gezien de slechte ervaringen van de laatste jaren met dit instituut op dit terrein (mondelinge mededelingen van betrokkenen).

Een van de consequenties van de hier uit de vakliteratuur verzamelde kennis is dat boeren met grondgebonden bedrijven rond natuurgebieden niet meer uitgekocht hoeven te worden. Zij kunnen de emissies met de hier opgesomde maatregelen op een redelijk korte termijn voorkomen, mits zij ook eiwitarm gaan voeren. Voor de opslag van extra koolstof zouden de boeren extra betaald moeten worden. Dat geldt ook voor het herstel van de biodiversiteit en voor het verhogen van het waterbergend vermogen van de grond.

Een andere consequentie van dit verhaal is dat de import van krachtvoer van elders snel moet stoppen en ook kan stoppen. Door eiwitarm te voeren wordt veel van deze soja, tarwe en mais overbodig. Maar doordat de stikstof en de andere nutriënten veel beter worden vastgehouden wordt het stikstofoverschot eerder groter dan kleiner zolang bedrijven die niet grondgebonden zijn hier mogen blijven produceren. Het vastleggen van de stikstof met behulp van aarde en het eiwitarm voeren betekent ook dat de kunstmest snel kan worden uitgefaseerd. Dat scheelt veel aardgas[[20]](#footnote-20), en geeft ook een drastische vermindering van broeikasgassen, ammoniakvervluchtiging en nitraatuitspoeling.

Een goed uitgangspunt voor de politiek zou kunnen zijn om te eisen dat alle landbouw grondgebonden wordt. En dat moet je ruim durven nemen. In de gebieden waar broodtarwe geteeld wordt voor de Nederlandse consument (in Noord Frankrijk en Zuid Duitsland) kan een deel van de mest van varkens- en kippenbedrijven ingezet worden. Met name in Noord Frankrijk is de bodem door het gebruik van kunstmest vrijwel beroofd van zijn koolstof. Met hoogwaardige mest zoals hier voorgesteld, kan ook daar de kunstmest uitgefaseerd worden en vervangen worden door hoogwaardige dierlijke mest en luchtstikstof. De tarwe kan zo van een betere kwaliteit worden. Wel moet via de mest ook extra selenium gegeven worden. Dat is nu te laag waardoor we te weinig selenium binnenkrijgen. Selenium is naast magnesium, zink en jodium, en de vitamines A, C, D, en K2 nodig om de sterfte aan kanker omlaag te krijgen (Ramesha 1990; Abraham, 2005; Masterjohn, 2008). Wel moet tegelijkertijd het dierenwelzijn fors verbeterd worden.

Een volgende stap kan dan zijn om een deel van de varkens- en kippenhouderij naar deze graanproductiegebieden te helpen verplaatsen. Dat scheelt een hoop gesleep. Maar doe alles gefaseerd. Dat geeft de minste ellende. En durf daarbij hoge eisen te stellen, om te voorkomen dat je de problemen alleen maar verplaatst. Kippen en varkens kunnen reststromen uit de voedingsindustrie helpen verwerken. Dat zou ook het uitgangspunt moeten zijn. En met als consequentie: minder vlees en meer plantaardige vleesvervangers. Ongeveer half om half (de Boer, 2020).

Het gesleep met mest- en grondstoffen kunnen we niet helemaal vermijden. De afvalstromen van de voedingsindustrie ontstaan vooral in dichtbevolkte gebieden. Daar zou je dus ook de kippen- en varkensbedrijven die deze stromen verwerken, moeten situeren. Voor Noord Brabant en Gelderland zou dit een enorme ontlasting betekenen. En de mest van deze op reststromen gebaseerde vleesindustrie moet dan weer naar akkerbouwbedrijven in de omgeving, nadat het eerst tot hoogwaardige bodemvoeding is opgewerkt. Zo zou het er uit kunnen gaan zien.

Anton Nigten

Onderzoeker bemesting, voeding en gezondheid.

Geraadpleegde literatuur:

Abraham, 2005 – *Abraham, G.E.* (2005). Iodine: The Universal Nutrient. *Townsend letter for Doctors & Patients* – December 2005 [Electronic resource]. [Townsend Letter for Doctors and Patients](https://go.gale.com/ps/aboutJournal.do?contentModuleId=AONE&resultClickType=AboutThisPublication&actionString=DO_DISPLAY_ABOUT_PAGE&searchType=&docId=GALE%7C0ISW&userGroupName=anon%7Ea5bacd22&inPS=true&rcDocId=GALE%7CA139602813&prodId=AONE&pubDate=120051201)(Issue 269) URL: http://[www.townsendletter.com](http://www.townsendletter.com).

Anjana, Umar, 2018 – *Anjana, A.*, *Umar, S.* (2018). Nitrogenous Fertilizers – Boon or Bane? SDRP. *Journal of Plant Science.* 2(2).

Barrett, 1947 – *Barrett, Th. (1947).* Harnessing the eartworm. Boston, Bruce Humphries Inc. Publishers. Gratis verkrijgbaar via de Soilandhealthlibrary.

Beerling et al, 2020. Beerling, D.J., Kantzas, E.P., Lomas, M.R., Wade, P., Eufrasio, R.M., Renforth, P., Sarkar, B., Andrews, M. G., James, R.H., Pearce, C.R., Mercure, J-F., Pollitt, H., Holden, P.B., Edwards, N.R., Khanna, M., Koh, L., Quegan, S., Pidgeon, N.F., Janssens, I.A., Hansen, J. and Banwart, S.A. (2020). Potential for large-scale CO2 removal via enhanced rock weathering with croplands. Nature | Vol 583 | 9 July 2020.

BIOLIT, 2021 – Biolit (2021)  *Diabas Urgesteinsmehl. Https://*[***www.biolit-natur.com***](http://www.biolit-natur.com) **.**

Boo, 2012 – *Boo, M. de (2012).* De kracht van stikstofbinders. Wageningen World. Wageningen University.

<https://www.de-boo.nl › artikelen.>

Boer, 2020 – *Boer, I. de (2020)* 'Re-rooting the Dutch Food System; from more to better. Wageningen University & Research. Department WIAS. Food System Vision Prize 2050.

[https://www.wur.nl › show-longread.](file:///D:\Mijn%20Bestanden\Documents\anton%206%20februari%202013%20dd%201%20november%202019\valery%20kalinichenko\2021%20stikstof\%0dhttps:\www.wur.nl%20›%20show-longread.)

Bowditch, 1856 - II – Bowditch, W.R.(1856 - II). Chapter XVI page 323. On the chemical changes in the fermentation of dung. Journal of the Royal agricultural society of England.

Bowditch, 1858 – *Bowditch, W.R* (1858). On the manuring of grassland. *Journal of the Royal agricultural society of England.*

Britto, Kronzucker, 2002 – *Britto, D., Kronzucker H.* (2002). NH4 + toxicity in higher plants: a critical review. J. *Plant Physiol.* 159: 567-584.

Chaudhuri et al., 2016 – *Chaudhuri, P.S., Paul, T.K., Dey, A., Datta, M. and Dey, S.K. (2016).* Effects of rubber leaf litter vermicompost on earthworm population and yield of pineapple (Ananas comosus) in West Tripura, India. [International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture](http://link.springer.com/journal/40093). 5(2): 93-103.

Cleveringa, 1941 - Cleveringa, O.J. (1941). De betekenis van organischen mest voor het behoud van de vruchtbaarheid der Cultuurgronden, Zutphen.

Cleveringa, 1950 - Cleveringa, O.J. (1950). Nota inzake de gezondheidstoestand van de Nederlandse bodem, van de daarop verbouwde gewassen, van de veestapel en van het volk. Zuthpen 1950. WUR library.

Czarnecki et al, 2013 - Czarnecki,O., Yang, J., Weston, D.J., Tuskan, G.A. and Chen, J-G. (2013). A Dual Role of Strigolactones in Phosphate Acquisition and Utilization in Plants. Int. J. Mol. Sci. 2013, 14, 7681-7701; doi:10.3390/ijms14047681.

Darwin, 1881 - Darwin, C. 1881. The Formation of Vegetable Mould Through the Action of Worms, with Observations on their Habits. London: John Murray, Albemarle street.

Dixon, 1839 – *Dixon, J.* (1839). An essay of making compost heaps from liquids and other substances. Written on the evidence of many years’ experience. *The Journal of the Royal Agricultural society of England.* 135-140.

Egmond, van, 1971 – Egmond Th van. 1971 Het baggeren in relatie tot het toemaken. The use of mud for manuring practices. Boor en Spade 17,82-90.

Girard and Müntz, 1891 – Girard, A.Ch. and Müntz, A. (1891). Les engrais. tome 1. Alimentation des plantes. Engrais des villes. Engrais végétaux. Deuxieme édition. L’institut national agronomique. Librairie de Firmin didot et Cie.

Girardin and Marchand, 1859 – Girardin, J. and Marchand, E. (1859). Analyse des saumures de hareng et de leur emploi en agriculture. MÉMOIRES DE LA SOCIETE IMPÉRIALE DES SCIENCES DE L'AGRICULTURE ET DES ARTS DE LILLE. ANNÉE 1859. II.° SÉRIE. — 6e VOLUME. Page 235. Imprimerie L. Danel Lille.

Goreau et al, 2015 – Goreau, Th.J., Goreau, M., Lufkin, F., Arango, C.A. Despaigne-Matchett, G., Despaigne-Ceballos, G., Solis, R., and Campe, J. (2015). Basalt powder restores soil fertility and greatly accelerates tree growth on impoverished tropical soils in Panama. Chapter 16 in: Geotherapy Innovative Methods of Soil Fertility Restoration, Carbon Sequestration, and Reversing CO2 Increase. Edited by Thomas Goreau. CRC press 2015.

Hamaker, 1982 – *Hamaker, J. (1982).* The Survival of Civilization. Hamaker-Weaver Publishers Michigan California.

Hensel, J. 1884. Bread from stones. A new and rational system of land fertilization and physical regeneration. A.J. Tafel Philadelphia.

Herapath, 1850 – *Herapath Th.* (1850). The Improvement of Land by Warping, chemically considered. *Journal of the Royal Agricultural Society of Egland.* Volume the Eleventh. London: John Murray, Albemarle Street, P. 93.

Howard, 1943 – Howard, A. (1943). An Agricultural Testament. Oxford University Press.

Howard, 1945 – Howard, A. (1945). Farming and Gardening for Health or Disease. Faber and Faber limited. https://soilandhealth.org.

Jones et al., 2007 – *Jones, S.K. et al. (2007)* Influence of organic and mineral N fertiliser on N2O fluxes

from a temperate grassland. Agriculture, Ecosystems and Environment 121 (2007) 74–83.

Jones, 2013 – Jones, C. (2013). From light to life: restoring farmland soils. WANTFA NEW FRONTIERS IN AGRICULTURE | SEPTEMBER 2013. <https://www.amazingcarbon.com.>

Khan et al, 2013 – *Khan, S.A., Mulvaney, R.L. and Ellsworth, T.R. (2013).* The potassium paradox: Implications for soil fertility, crop production and human health. *Renewable Agriculture and Food Systems,* 29(1): 3-27. DOI: 10.1017/S1742170513000318

King, 2011 - *King F.H. (2011).* Vierduizend jaar kringlooplandbouw - verslag van een reis in 1909 door China, Korea en Japan. Vertaald door dhr S. Leeflang. Uitgeverij Eburon. De oorspronkelijke engelstalige uitgave dateert van 1911: Farmers of forty centuries.

Klein et al, 2006 – *Klein, C. de et al. (2006).* Chapter 11: N2O Emissions from Managed Soils, and CO2 Emissions from Lime and Urea Application. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use.

Kuhn, 1962 [*Kuhn, T.S.*](https://nl.wikipedia.org/wiki/Thomas_Kuhn) *(1962)*: *The Structure of Scientific Revolutions.* University of Chicago Press. De Nederlandse vertaling is indertijd uitgegeven door Boom in Meppel.

Lawes and Gilbert, 1863 – *Lawes, J.B. and Gilbert, J.H. (1863 vol XXIV).* Effects of different Manures on the Mixed Herbage of Grassland. Journal of the Royal Agricultural Society of England.

Lawes and Gilbert, 1858 – *Lawes, J.B. and Gilbert, J.H.* (1858). XXV. Report of Experiments with different Manures on Permanent Meadow Land. Part one. *Journal of the Royal agricultural society of England.*

Leonardos et al., 1998 – Leonardos, O.H., Theodoro, S.H. and Assad, M.L. (1998). Remineralization for sustainable agriculture: A tropical perspective from a Brazilian viewpoint. Nutrient Cycling in Agroecosystems 56: 3–9, 2000.

Ma, 2004 – Ma, J.F. (2004). Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses, Soil Science and Plant Nutrition, 50:1, 11-18, DOI: 10.1080/00380768.2004.10408447;  [*bit.ly/1QrFDmk*](http://bit.ly/1QrFDmk).

Masterjohn, 2008 – *Masterjohn, C.* (2008). On the Trail of the Elusive X-Factor: A Sixty-Two-Year-Old Mystery Finally Solved. [Electronic resource]. URL: https://westonaprice.org/ health-topics/abcs-of-nutrition/

Molen, van der, et al. 1978 – *Van der Molen, H. van der, et al. (1978)*. Omstreden landbouw. Uitgeverij het Spectrum. Utrecht / Antwerpen.

Murray, 2003. Murray, M. (2003). Sea Energy Agriculture. Nature's Ideal Trace Element Blend for Farm, Livestock, Humans. Ed. Acres USA.

Nigten, 2019 – *Nigten, A.O.* (2019). How Healthy are Our Vegetables? Contours of a New Fertilizing Paradigm. Minerals and non Protein Nitrogen in Vegetables, Grown Organically and Respectively Conventionally. A Quality Assessment (Review). *Biogeosystem Technique*. 6(1): 3-22. DOI: 10.13187/bgt.2019.1.3.

Nigten, 2021a – *Nigten, A.O. (2021a).* Is Inorganic Nitrogen the Normal Plant Fertilizer? Or Do Plants Grow Better on Organic Nitrogen? Biogeosystem Technique. 2021. 8(1).

Nigten, 2021b – Nigten, A. (2021b). Is There a Nitrogen Deficiency in Organic Farming, and are the Yields in Organic Agriculture Lagging Due To Nitrogen Deficiency? And Can Conventional Agriculture Learn from the Mistakes of Organic Agriculture? (Review). Biogeosystem Technique. 2021. 8(1).

Nigten, 2021c – Nigten, A. 2021c. Part 3 There is a nitrogen deficiency in organic farming and the yields in organic agriculture stay behind due to nitrogen deficiency, while at the same time more than enough nitrogen is given. How to solve this problem? Verschijnt binnenkort in Biogeosystem Technique.

Orwin et al, 2011 - [*Orwin, K.H.*](https://pubag.nal.usda.gov/?q=%22Orwin%2C+Kate+H.%22&search_field=author), *[Kirschbaum, M.U.F.](https://pubag.nal.usda.gov/?q=%22Kirschbaum%2C+Miko+U.F.%22&search_field=author)*, [*St John, M.G.*](https://pubag.nal.usda.gov/?q=%22St+John%2C+Mark+G.%22&search_field=author) and *[Dickie, I.A.](https://pubag.nal.usda.gov/?q=%22Dickie%2C+Ian+A.%22&search_field=author)* (2011). Organic nutrient uptake by mycorrhizal fungi enhances ecosystem carbon storage: a model-based assessment. [Ecology letters 2011 v.14 no.5](https://pubag.nal.usda.gov/?f%5Bjournal_name%5D%5B%5D=Ecology+letters&f%5Bpublication_year_rev%5D%5B%5D=7989-2011&f%5Bsource%5D%5B%5D=2011+v.14+no.5) pp. 493-502.

Pathma and Sakthivel, 2012 – *Pathma, J., Sakthivel, N*. (2012). Microbial diversity of vermicompost bacteria that exhibit useful agricultural traits and waste management potential. *SpringerPlus.* 1: 26. [Electronic resource]. URL: http://www.springerplus.com/content/1/1/26

Pfeiffer, 1936 – Pfeiffer, E. (1936). De vruchtbaarheid der Aarde. Haar behoud en haar vernieuwing. Het biologisch dynamische principe in de natuur. Publisher: Kluwer Deventer.

Poschenrieder and Lesch, 1942 – *Poschenrieder, H. and Lesch, W.* (1942). Untersuchungen über den Einfluss langjähriger einseitigen Düngungsmassnahmen auf die Ausbildung und Nährstoffaufnahme der Würzelknollchen von Sojabohne. *Bodenkunde und Pflanzenernährung.* 32. Band. Heft I/2.

Quinton, 1904 *Quinton, R. (1904).*  L'Eau de Mer, milieu organique[[21]](#footnote-21). Constance Du Milieu Marin Originel, Comme Milieu Vital Des Cellules, À Travers La Série Animale. Masson et Cie. Éditeurs.

Ramesha et al., 1990 – [*Ramesha*](http://www.worldcat.org/search?q=au%3AA+Ramesha&qt=hot_author)*, A.,* [*Rao*](http://www.worldcat.org/search?q=au%3AN+Rao&qt=hot_author)*, N., [Rao](http://www.worldcat.org/search?q=au%3AAR+Rao&qt=hot_author" \o "Zoek meer van deze auteur), A.R., [Jannu](http://www.worldcat.org/search?q=au%3ALN+Jannu&qt=hot_author" \o "Zoek meer van deze auteur), L.N. and*[*Hussain*](http://www.worldcat.org/search?q=au%3ASP+Hussain&qt=hot_author)*, S.P.*(1990). Chemoprevention of 7,12-dimethylbenz[a]anthracene-induced mammary carcinogenesis in rat by the combined actions of selenium, magnesium, ascorbic acid and retinyl acetate. Japanese journal of cancer research : Gann, 1990 Dec; 81(12): 1239-46.

Reich, 1987 – *Reich, S., Almon, H., and Böger, P.* (1987) Comparing Short-Term Effects of Ammonia and Methylamine on Nitrogenase Activity in *Anabaena variabilis* (ATCC 29413).Z. Naturforsch. 42c, 902-906 (1987); received April 13. 1987.

Reid et al., 2021 – *Reid, E., Kavamura, V., Abadie, M., Torres Ballasteros, A., Pawlett, M, Clark, I., Harris, J. and Mauchline, T.* (2021). Inorganic Chemical Fertilizer Application to Wheat Reduces the Abundance of Putative Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. *Front. Microbiol*. 11.

Rusch, 1968 – *Rusch, H.P.* (1968). Bodenfruchtbarkeit. Organischer Landbau Verlag. Nederlandse vertaling door P. Vanhoof, 2014: Bodemvruchtbaarheid. [Electronic resource]. URL: https://www. dekoolstofkring.nl.

Schmack, 2020 – *Schmack, K-H. (2020).* De beschadigde koe door de ureumgekte. Uitgeverij Bij de Oorsprong, Dalfsen. [Electronic resource]. URL: https://www.bijdeoorsprong.nl.

Schuffelen, 1947 – Schuffelen, A.C. (1947). De grondslagen van het bemestingsadvies. Openbare les gehouden bij de aanvaarding van het ambt van lector aan de Landbouwhogeschool op 5 februari 1947 (pag. 5). H. Veenman en zonen wageningen.

Sinha et al., 2009 – *Sinha, R.K., Herat, S., Valani, D., Chauhan, K.* (2009). Special Issue on Vermiculture and sustainable agriculture. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 5(S): 01-55.

Sjollema, 1930 *– Sjollema, B. (1930).* On the Nature and Therapy of Grass Staggers. The Veterinary Record.(1930), Vol 10, pp. 425-430.

Stanford, 2021. Mineral make up of seawater. https://web.stanford.edu *› Urchin :* mineral makeup of seawater.

Steiner, 1924 – Steiner R. (1924). De landbouwcursus: eerste voordracht. Vrij Geestesleven.

[https://stichtingwarmonderhof.nl *› files › Landbo...*](file:///D:\Mijn%20Bestanden\Documents\anton%206%20februari%202013%20dd%201%20november%202019\valery%20kalinichenko\2021%20stikstof\%0dhttps:\stichtingwarmonderhof.nl%20›%20files%20›%20Landbo...)

Strumpf, 1853 – Strumpf F.L. (1853). Die Fortschritte der angewandten Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie. Erster Band. Berlin, Verlag von Th. Enslin.

Swerczek, 2018 – *Swerczek, T.W.* (2018). Nitrate Toxicity, Sodium Deficiency and the Grass Tetany Syndrome – long version [Electronic resource]. URL: http://www.growersmineral. com/grass tetany.

Swoboda, 2016 – Swoboda, P. (2016). Rock dust as agricultural soil amendment: a review. Master’s Thesis at the Institute of Systems Sciences, Innovation and Sustainability Research. University of Graz.

Tchouankoue et al, 2016 – *Tchouankoue, J.P. Tetchou Tchekambou, A.N., Abossolo Angue M., Ngansop, C. and Theodoro, S.H. (2016).* Rock Fertilizers As an Alternative to Conventional Fertilizers: the Use of Basalt From the Cameroon Volcanic Line for Maize. (Chapter in Goreau, 2015).

Thompson, 1850 – Thompson, H.S. (1850). On the Absorbent Power of Soils. Journal of the Royal Agricultural Society of England. Vol XI. III 68 – 75.

Umar et al., 2013 – *Umar, S., Anjum, N.A., Khan, N.A.* (2013). Nitrate in leafy vegetables. Toxicity and safety measures. I.K. International Publishing House Pvt. Ltd. New Delhi.

Vanhoof and Nigten, 2020 – *Vanhoof, P. and Nigten, A.* (2020). Drijfmest, Invloeden op emissies, en N-benutting op grasland. [Electronic resource]. URL: https://www.deVBBM.nl; https://www.NMV.nu. [in Dutch]

Virtanen and Laine, 1939 - *Virtanen, A.I. and Laine, T. (1939).* LIII. INVESTIGATIONS ON THE

ROOT NODULE BACTERIA OF LEGUMINOUS PLANTS XXII. THE EXCRETION PRODUCTS OF ROOT

NODULES. THE MECHANISM OF N-FIXATION. From the Biochemical Institute, Helsinki, Finland.

Visser, 2010 – *Visser, J.* (2010). Down to earth: a historical-sociological analysis of the rise and fall of 'industrial' agriculture and of the prospects for the re-rooting of agriculture from the factory to the local farmer and ecology. PhD thesis Wageningen University.

Way, (1850) – Way J.Th. (1850). On the power of soils to absorb manure. Journal of the Royal Agricultural Society of England. Vol XI. XXI 313 – 379.

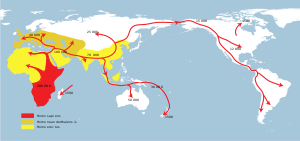
White et al., 2018 – *White, J., Kingsley, K., Verma, S. and Kowalski, K*. (2018). Rhizophagy Cycle: An Oxidative Process in Plants for Nutrient Extraction from Symbiotic Microbes. *Microorganisms.* 6(95).

Witte, 2014 - *Witte, W. (2014).* Die Mikrobielle Carbonisierung Teil 1 und teil 2. Witte Bio Consult.

[http://www.mc-bicon.de › die-fakten](file:///D:\Mijn%20Bestanden\Documents\anton%206%20februari%202013%20dd%201%20november%202019\valery%20kalinichenko\2021%20stikstof\%0dhttp:\www.mc-bicon.de%20›%20die-fakten)

Zeigler, 2012 - Zeigler, A. (2012) *Seawater Concentrate for Abundant Agriculture*,. Published by Ambrosia Technology LLC.

Bijlage 1.



Successive dispersals of   *Homo ergaster*/[*Homo erectus*](https://en.wikipedia.org/wiki/Homo_erectus)

(yellow),   [*Homo neanderthalensis*](https://en.wikipedia.org/wiki/Homo_neanderthalensis) (ochre) and   [*Homo sapiens*](https://en.wikipedia.org/wiki/Homo_sapiens) (red).

# Bron: Wikipedia english. Trefwoorden: Early expansions of hominins out of Africa.

Overige gebruikte literatuur (hier niet aangehaald):

* Liebig, J. (1841). “Organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie”. Braunsweich.
* Nigten, 2018 – *Nigten, A.* (2018). Re-inventing Agriculture! *Biogeosystem Technique.* 5(2): 213-228.
* Nigten, 2020 – *Nigten, A. (2020).* How Healthy are Our Vegetables? Contours of a New Fertilizing Paradigm. Minerals and Non Protein Nitrogen in Vegetables, Grown Organically and Respectively Conventionally. A Quality Assessment (Review). *Biogeosystem Technique.* 6(1): 3-24.
* Nigten, A. (2021) Is Inorganic Nitrogen the Normal Plant Fertilizer? Or Do Plants Grow Better on Organic Nitrogen? *Biogeosystem Technique.* 8(1).
* Nigten, A. 2021. Is There a Nitrogen Deficiency in Organic Farming, and are the Yields in Organic Agriculture Lagging Due To Nitrogen Deficiency? And Can Conventional Agriculture Learn from the Mistakes of Organic Agriculture? (Review). *Biogeosystem Technique.* 8(1).
* Nigten A. (2022). Some methods to improve the quality of animal dung and compost for better yields and quality. Verschijnt binnenkort in *Biogeosystem Technique.*
* Schroll, 2002 – *Schroll. A.* (2002). Importance of magnesium for the electrolyte homeostasis - an overview. *Deutsches Herzzentrum München, KIinik für Herz – und Gefaßchirugie, Lothstr*. 1(1): D-80335 München, Germany. https://[www.mgwater.com](http://www.mgwater.com).

1. De ziekte heet in het Engels *club root: a fungal disease of cabbages, turnips, and related plants, in which the root becomes swollen and distorted by a single large gall or groups of smaller galls*. De Nederlandse naam is knolvoet. In de periode 1870 – 1900 waren duizenden hectaren met knolrapen in Schotland ernstig aangetast door deze ziekte. [↑](#footnote-ref-1)
2. Het gebruik van de kunstmest patentkali is een van de uitzonderingen (SKAL inputlijst, 2021). [↑](#footnote-ref-2)
3. In een proef met waterstofsulfide toonden Rand en zijn collega’s aan dat waterstofsulfide tot een groeivermindering van 21 tot 26 % leidde bij suikerriet (Rands et al, 1938). Waterstofsulfide zit onder andere in rottende drijfmest. En het kan gevormd worden in verdichte bodems. [↑](#footnote-ref-3)
4. Voor de berekening verwijs ik naar (Nigten, 2021c). [↑](#footnote-ref-4)
5. Met name de calciumcarbonaten (en ureum) vormen een grote milieubelasting omdat er rechtstreeks CO2 uit vrijkomt (Klein et al, 2006). [↑](#footnote-ref-5)
6. Negentig procent van alle kalimeststoffen betreft kaliumchloride. [↑](#footnote-ref-6)
7. According to Bisseling, Professor of Developmental Biology, at Wageningen University “*No less than 30 percent of the energy costs in agriculture concerns the production of nitrogen fertilizer”* (Boo, 2012). [↑](#footnote-ref-7)
8. De vulkanische reeks die zich nu in Kameroen vlakbij de oceaan bevindt, begon lang geleden in Tsjaad (The West and Central African Rift). [↑](#footnote-ref-8)
9. Ma heeft onderzocht hoe silicium de natuurlijke weerstand van planten versterkt. [↑](#footnote-ref-9)
10. Volgens een artikel in EOS - “Nieuwe 'ijstijd' laat nog even op zich wachten” - (09 januari 2012) zou het normaliter nog zo’n 1500 jaar duren voor de volgende ijstijd aanbreekt. De hoge concentratie CO2 in de atmosfeer zou dan voor uitstel zorgen, maar volgens Hamaker versnellen de broeikasgassen door snellere verhitting en verdroging juist de komst van de ijstijd: Volgens de EOS-redactie duurt de tussenijstijd zo’n 12.500 jaar. Langer dus dan Hamaker berekende. [↑](#footnote-ref-10)
11. Volgens Hamakers analyse zouden ook de ijskappen op de polen sterk moeten toenemen in dikte. Dat gebeurt (nog) niet. Ondanks deze anomalie in zijn analyse blijft remineralisatie een must. Zie voor de resultaten o.a. Goreau die aantoont hoe bomen in Panama zich herstelden na bemesting met basaltmeel: ”Rock powders alone greatly increase plant growth and survival. They provide a wide range of essential minerals as slow release fertilizers. Rock weathering by roots provides a sink of atmospheric CO2. The effects could be greatly increased by addition of Biochar” (Goreau et al, 2015).

    (Beerling et al, 2020) doen vergelijkbare voorstellen met het doel veel CO2 vast te leggen in de bodem. [↑](#footnote-ref-11)
12. Eiwitarm voeren behandel ik hier verder niet omdat het evident is, dat te veel eiwit/NPN een enorme belasting is voor de diergezondheid, en het de uitstoot van ammoniak, cyanide, zwavel, koolstof en fosfor enorm doet toenemen. (Schmack, 2020; Swerczek, 2018; Vanhoof, 2020). Swerczek adviseert om de dieren vooral voldoende natrium te voeren om kopziekte te voorkomen. “**Grass tetany should be called nitrate toxicity/salt deficiency leading to hypomagnesia/hypocalcemia,**” (..) “I knew nitrate was involved so I measured nitrate in their blood and put some of the horses on salt, and some on no salt. I found that without salt, the nitrate spikes. When horses had an adequate amount of salt, blood nitrate went down to very low levels,” aldus Swerczek. Bij te weinig natrium haalt het lichaam magnesium en calcium uit haar reserves om het nitraat te binden. Een van de eersten die ontdekte dat het natriumgehalte in het bloed afweek bij kopziekte, was Sjollema (Sjollema, 1930). In 1932 vermoedde hij zelfs een oorzakelijk verband. Daar werd aanvankelijk weinig mee gedaan. En in de Nederlandse veehouderij is er tot nu toe bij mijn weten geen aandacht voor. [↑](#footnote-ref-12)
13. 60 tot 80 % van alle in de knolletjes vastgelegde stikstof gaat bij de jonge planten in de vorm van aminozuren naar de bodem (Virtanen and Laine, 1939). Dit kan dienen als voorraad voor latere groeistadia (Virtanen). Of als reserve voor het volgende seizoen. Schanderl was in 1947 tot de laatste conclusie gekomen. [↑](#footnote-ref-13)
14. Bowditch: ‘*Common salt is included in every manure here recommended, because experience has shown its beneficial action upon grass whenever it has been properly applied* (..)’. (Bowditch, 1858). [↑](#footnote-ref-14)
15. Rabbinghe was indertijd voorzitter van de wereldfederatie van kunstmestbedrijven, en Fresco commissaris bij de fosfaatmijnen in Marokko. Beiden hebben alles in het werk gesteld om het onderzoek voor de biologische landbouw aan de Wageningen universiteit te dwarsbomen (mondelinge mededelingen van diverse betrokkenen). [↑](#footnote-ref-15)
16. Onder toemaken wordt verstaan het mengen of afdekken van mest met slootbagger. Dit mengsel werd vervolgens uitgereden over het weiland. Het veenland werd toegemaakt. [↑](#footnote-ref-16)
17. Lienesch was rijkslandbouwconsulent in Schagen. Wellicht is zijn werk opgeslagen in een regionaal of provinciaal archief. Of in het Nationaal archief. Het werk van Cleveringa (o.a. 40 mtr documenten) ligt in het Gelders archief. Prachtig materiaal voor promotieonderzoeken omdat de lijn die Cleveringa in 1941 inzette, zeer waardevol was. Met name (Cleveringa, 1950) biedt belangrijke aanknopingspunten, omdat hij bodemkwaliteit en humane gezondheid via planten en dieren aan elkaar verbond. [↑](#footnote-ref-17)
18. De bovenste laag van veengrond - bonkaarde - was ongeschikt als brandstof. Bonkaarde werd o.a. gebruikt om turfstrooisel van te maken. “[Turfstrooisel] .. werd gebruikt als vervanger van stro. Turfstrooisel bezat namelijk een groot absorberend vermogen, zodat de urine van paarden kon worden gebonden. Men prees turfstrooisel dan ook aan als: *verreweg verkieslijker dan stroo*. Ook reukloze toiletten werden ontwikkeld op basis van turfstrooisel”. Wikipedia. trefwoord ‘Turfstrooisel’. Bonkaarde is waarschijnlijk het overblijfsel van veenmos, en niet van heidestruiken. De definitie van De Nederlandse Encyclopedie is als volgt: ‘Bonkveen (bonk, bonkaarde, bonkveen) = Vast, droog, zandig of siltig - kleiig veen, vormt de bovenlaag van veenvoorkomens en is ongeschikt voor turfbereiding’. Bron: Encyclo.nl. [↑](#footnote-ref-18)
19. Het maken van wormencompostthee is eenvoudig. De eenmalige kosten voor een klein vat en voor de beluchting bedragen ongeveer 60 euro. Op het internet vind je goede handleidingen. [↑](#footnote-ref-19)
20. Als Yara Sluiskil geen kunstmest meer hoeft te produceren scheelt dat op termijn ook zo’n 600 windmolens op de Noordzee. Yara heeft deze in de toekomst namelijk nodig om het benodigde waterstof voor kunstmest te produceren. [↑](#footnote-ref-20)
21. Over Quinton: “Quinton demonstrated the importance of a perfect balance between intra- and extra-cellular fluids, as well as the fact that the osmotic changes indispensable for life are carried out thanks to blood plasma and the maintenance of its characteristics. He also showed that isotonic seawater could be used instead of blood plasma. Thanks to this discovery, the name of this marine plasma was popularized as "Quinton's Plasma".

    [https://quintonmedical.com](https://quintonmedical.com › rene-q.) *[› rene-q.](https://quintonmedical.com › rene-q.)* [↑](#footnote-ref-21)