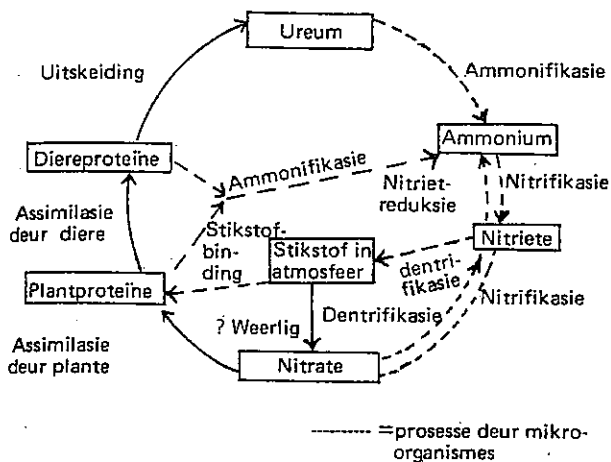


# STIKSTOFOMSETTINGS EN -REAKSIES IN DIE GROND, MET SPESIALE VERWYSING NA DIE BELANG VAN STIKSTOF VIR GRONDMIKROORGANISMES SOWEL AS DIE TOKSIESE EFFEKTE DAARVAN\*

H LOUW, Universiteit van Stellenbosch

## Die stikstofkringloop

### Skematiese voorstelling van die stikstofkringloop



### Stikstofverbindings as voedingstof vir grondmikroörganismes

Dit is bekend dat  $\text{NH}_4$ -soute die mees assimileerbare vorm van stikstof is vir mikroörganismes soos bakterieë, swamme en straalbakterieë. Die gebruik van organiese stikstofverbindings soos aminosure vir die aankweek van mikroörganismes op of in laboratorium-media, is eintlik oorbodig want die aminosure ondergaan gewoonlik eers ammonifikasie met die vrystelling van  $\text{NH}_3$ . Die meeste mikroörganismes kan  $\text{NH}_4^+$  of nitrate gebruik, maar meestal word die laer geoksideerde vorm dws  $\text{NH}_4^+$  verkies. Dit is bekend dat die afbreek van organiese materiaal vinniger verloop as die stikstof in die vorm van  $\text{NH}_4^+$  toegedien word. Enkele grondmikroörganismes vereis hulle stikstof in 'n meer komplekse vorm soos aminosure (bv. dié in die nabyheid van plantwortels).

### Die effek van stikstofbemesting op die voorkoms van mikroörganismes in die grond

Dit is bekend dat die toediening van kunsmis die mikrobegroep in die grond beïnvloed; veral as dit 'n invloed het op die grond — pH bv die aanhoudende gebruik van  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  versuur die grond en bevoordeel die swamme omdat hulle 'n suurder bodem verkies — dit is veral die penseelskimmels wat bevoordeel word (Rothamstedpersele). Die buffervermoë van die grond is natuurlik hier van groot belang en beïnvloed hierdie effekte. Die toediening van plaasmis affekteer die mikrobepopulasie in die grond op twee maniere:

- Dit bring nuwe soorte in die grond.
- Dit stimuleer die inheemse grondbewonende soorte omdat dit beskikbare voedingstowwe daarstel.

Sommige swamsorte is gevind om baie nou geassosieerd voor te kom met die stukkie mis in die grond — wanneer die misstukkie afgebreek is, verdwyn dié swamme weer vanuit die grond. Ander swamsorte bly egter in staat te wees om hulself te vestig in die grond selfs nadat die misstukkie afgebreek is. Dit is ook al opgemerk dat sekere swamsorte onderdruk word in die grond deur mistoediening — moontlik is dit 'n geval van kompetisie en/of antagonisme of antibiose.

Dit is bekend dat grondorganismes kompeteer vir die beskikbare stikstof in die grond bv. die groei van sekere wortelvrotswamme soos *Fusarium (F. oxysporum)* is afhanklik van die stikstofpeil in die grond; hulle kan effektief onderdruk word deur grondbakterieë wat met hulle kompeteer vir die beskikbare stikstof. Dit is ook bekend dat die swam wat vrotpootjie van koring veroorsaak (nl *Ophiobolus graminis*) lank in die grond kan oorlewe as daar voldoende opneembare stikstof teenwoordig is — as rotasiepraktyke gebruik word waardeur die toeganklike stikstofinhoud in die grond verlaag word, dan neem die intensiteit van die siekte af. Daar is al gepoog om hierdie kennis te gebruik om ernstige wortelsiektes van plante te bekamp.

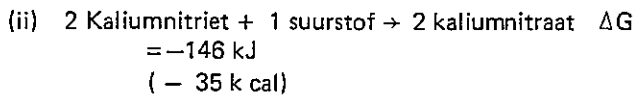
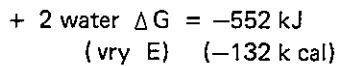
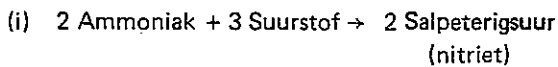
### Anorganiese stikstofverbindings as bron van energie vir grondmikroörganismes

Dit is bekend dat alle vorms van lewe draai om die verkryging en benutting van energie. Ons as mense moet voedsel inneem wat in ons spysverteringskanaal verwerk word met die vrystelling van energie vir ons normale lewensfunksies. Mikroörganismes benodig ook energie om te lewe en te woeker — die meeste van hulle verkry hulle energie deur komplekse organiese koolstofbevattende materiale af te breek (of oksideer) om sodoende die energie, vasgevang in hierdie verbindings, uit te haal en te benut (hieroor egter later). Anorganiese stikstofverbindings soos  $\text{NH}_4$ -soute en nitriete bevat min energie — tog is daar 'n baie gespesialiseerde groepie grondbakterieë wat hierdie verbindings kan oksideer en tevrede is met die bietjie energie wat hulle daaruit bekom.

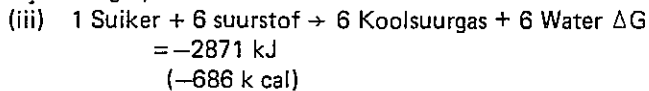
Vraag: U mag vra maar wat is die belang hiervan vir die landbou? Die gevolg van hierdie soeke na energie is die uiters belangrike proses bekend as nitrifikasie (kyk stikstof-

\*Referaat gelewer tydens MVSA-simposium oor Stikstof in die Landbou, 25 Augustus 1974, Goodwood.

kringloop). Hierdie oksidasieproses vind plaas in twee stadia.



Vergelyk:

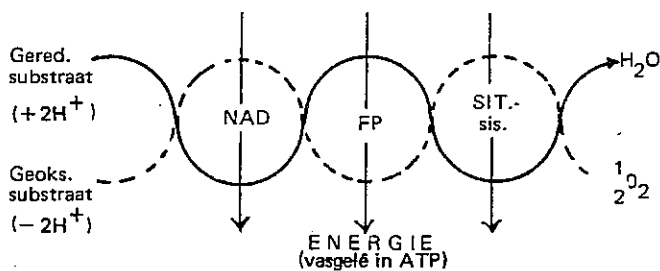


LW Die nitrifiserende bakterieë is dus maar met min tevrede

### 'n Stikstofverbinding nodig vir die anaerobiese groei van grondbakterieë

Grondmikroörganismes groei meestal in die teenwoordigheid van suurstof dws onder aerobiese toestande. Soms moet hulle egter in die afwesigheid van suurstof groei (dws anaerobies), bv in versuipde of moerasgronde. Hoe maak hulle nou om sonder suurstof klaar te kom? Hulle het mos ook energie nodig om te lewe en om energie te bekom moet hulle die een of ander verbinding oksideer — hoe doen hulle dit in die afwesigheid van suurstof?

Onder aerobiese toestande



Onder anaerobiese toestande verplaas nitraat die suurstof as finale  $H + e$  akseptor om die oksidasie van die substraat moontlik te maak en word self gereduseer na stikstof.

Vraag: U mag weer vra maar wat het dit te make met die landbou? Die gevolg van hierdie aktiwiteit is die belangrike proses bekend as denitrifikasie wat veral voorkom in versuipde gronde, waarin baie organiese materiaal en voldoende nitraat aanwesig is; dit is 'n skadelike proses (Kyk stikstofkringloop).

### Die belang van stikstof tydens die afbreek van komplekse organiese materiale

Soos reeds herhaaldelik beklemtoon het grondmikroörganismes energie nodig om te lewe — onder anaerobiese toestande gebruik hulle nitraat in die plek van suurstof om die oksidasies, wat energie vrystel, te bewerkstellig; enkeles kan hulle energiebehoefes bevredig deur anorga-

niese stikstof soos  $\text{NH}_4^+$  of nitriet te oksideer (soos reeds aangedui). Die oorgrote meerderheid verkry egter hulle energie deur komplekse organiese materiaal in die aanwesigheid van suurstof af te breek. U sien dus dat die landboukundigbelangrike omsettings in die grond wat deur grondmikrobe te weeg gebring word, plaasvind omdat hulle hul energiebehoefes moet bevredig en nie omdat ons dit wil hê nie; ons trek slegs die voordeel ag v hulle aktiwiteite om energie te bekom. Ons kan egter die mikrobeaktiwiteite manipuleer en tot ons voordeel inspan.

Stikstof is van groot belang by die afbreek van komplekse organiese materiaal in die grond — dit is die belangrikste bestanddeel benodig vir die groei van mikroörganismes (rustende sel-eksperimente). Organiese materiale met 'n wye C:N-verhouding, soos bv koringstoppels, word stadig afgebreek deur mikroörganismes en die spoed van die afbrekingsprosesse kan slegs verhaas word deur die byvoeging van toeganklike stikstof. Dit is bekend dat vir elke 30 eenhede koolstof wat grondmikroörganismes afbreek benodig hulle 1 eenheid N. (Vandaar soms die bekende N-immobilisasie of die negatiewe periode in gevalle waar N-arm materiaal afgebreek word).

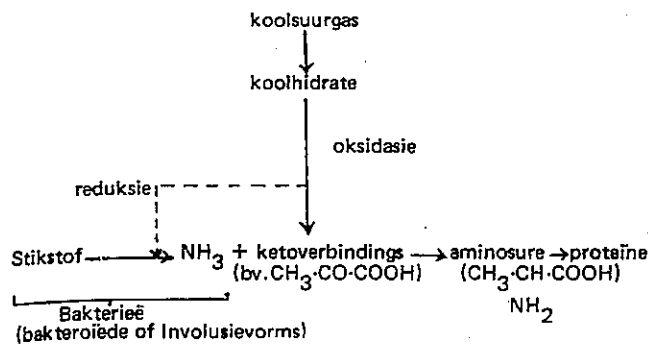
As stikstofryke organiese materiale dws materiaal met 'n nou C:N-verhouding, soos peulplantreste of bloedmeel, tot die grond gevoeg word, word dit vinnig afgebreek deur die mikroörganismes. Dit is duidelik dat die spoed van ammonifikasie (kyk stikstofkringloop) dws die proses waardeur organiese materiaal in die grond afgebreek word sodat die voedingselemente daarin weer vry gestel word (di mineralisasie), baie sterk beïnvloed word deur die aanwesigheid van stikstof, hetsy in die materiale self of in die omgewing — daar moet voldoende stikstof aanwesig wees (C:N van 12:1 tot 10:1, dan  $\text{NH}_3$  gevorm) (10:1 is ook C:N van sitoplasma in mikrobesselle en humus). Ammonifikasie vind vinnig plaas naby plantwortels, veral in die nabyheid van peulplantwortels (worteluitskeidings ... aminosure en suikers) (Voordele van saamverbouing).

### N-binding in die grond

Dit is bekend dat sekere mikrobegroepe soos die wortelknoppiesbakterieë op peulplantwortels, sekere vrylewende grondbakterieë (*Azobacter* spp, *Clostridium* spp) en lede van die blougroenwiere die vermoë besit om die stikstof in die grondlug (atmosfeer) te reduseer na  $\text{NH}_3$  en dit in te bind tydens selmetabolisme om aminosure vorm en dan verder proteïene op te bou — vandaar die voordelige proses nl stikstofbinding (Kyk stikstofkringloop).

In die geval van die wortelknoppiesbakterieë:

## Fotosintese deur plante in die aanwesigheid van sonlig



Die belangrikheid van hierdie proses is aan u almal goed bekend — dit is bereken dat peulgewasse en hul knoppiesbakterië teoreties tot 100 lb ( $\pm$  46 kg) N/akker/jaar kan bind. In die geval van die vrylewende stikstofbindende bakterië is dit gevind dat vir elke 50 g koolhidraat wat hulle verbruik, bind hulle 1 g N. Dit is ook bereken dat 20 000 lb ( $\pm$  9 090 kg) koolhidraat/akker/jaar tot die grond gevoeg sou moes word sodat hierdie bakterië  $\pm$  40 lb ( $\pm$  18 kg) N/akker/jaar kan bind. Dit is egter onmoontlik en onprakties ... die waarde van hierdie tipe stikstofbinding word dus betwyfel. Die blougroenwiere maak egter 'n belangrike bydrae tot die stikstofekonomie in veral spoelgronde en rysgronde.

## Toksiese effekte van sommige stikstofverbindings op die mikrobiologiese prosesse in die grond

- (i) Ammoniak en nitriet tydens nitrifikasie: Nitriet akkumuleer selde in die grond — gewoonlik kom die stikstof in die vorm van  $\text{NO}_3\text{-N}$  in die grond voor. Die ophoping van nitriet kan 'n skadelike effek hê op gewasproduksie omdat dit giftig is vir plante sowel as vir mikroorganismes. Dit is bekend dat nitrietophoping in die grond die gevolg is van twee faktore (1) alkaliniteit en (2) hoë ammoniumkonsentrasie. In alkaliese gronde is die akkumulering van nitriet nou geassosieer met die voorkoms van ammonium; selfs ammonium gevorm vanaf proteïenafbreking of ureumafbreking kan so 'n inhiberende effek hê op nitrifikasie. As die pH of die  $\text{NH}_4^+$ -konsentrasie daal, dan word nitrate weer gevorm. U mag vra maar waarom is dit so — ammonium is tog die natuurlike substraat benodig vir nitrifikasie en die produksie van nitraat? Die ophoping van nitriete in die grond is die gevolg van die hoë sensitiwiteit van die *Nitrobacter* spp vir  $\text{NH}_4$ -soute onder alkaliese toestande byvoorbeeld by 'n pH van 9,5 sal so min as 1,4 dpm  $\text{NH}_4\text{-N}$  hierdie energie-lewerende reaksie soos deurgevoer deur *Nitrobacter agilis* onderdruk (reaksie (ii)), terwyl dit geen effek het op die reaksie waarin  $\text{NH}_4^+$  geoksideer word nie (reaksie (i)). Ammonium is dus 'n selektiewe inhibeermiddel onder alkaliese toestande van die 2de reaksie, omdat dit toksies is vir *Nitrobacter* spp — dit blyk nie die ammonium-ioon te wees nie, maar veral die vry

ammoniak, bv pH-waardes bokant 7,0, wat skadelik is (ensiem-inhibisie?)

- (ii) Die toksiese effek van stikstofverbindings op stikstofbinding: Mikroorganismes wat  $\text{N}_2$  kan assimileer besit die vermoë om ammonium, nitrate en soms ander gebonde vorms van stikstof te benut. In werklikheid word  $\text{NH}_4\text{-N}$  of  $\text{NO}_3\text{-N}$  verkies bo atmosferiese stikstof sodat stikstofbinding geïnhibeer word in die aanwesigheid van hierdie verbindings. Wat is die belang hiervan? Dis bekend dat peulplante geen wortelknoppies vorm as stikstof tot grond gevoeg word nie — dus geen stikstofbinding nie (slegs as N buite wortel voorsien word — ensieme betrokke by infeksieproses?). In die geval van die vrylewende bakterië is distikstofoksied ( $\text{N}_2\text{O}$ ) ook 'n sterk inhibeermiddel van stikstofbinding (effek van  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3$  of  $\text{N}_2\text{O}$  in hierdie geval moeilik om te verklaar.)

## Verliese van stikstof vanuit die grond

Hierdie aspek is van groot ekonomiese belang vir die landbou — stikstof kos duur. Daar is veral vier oorsake vir die verlies van stikstof vanuit grond (uitwassing van nitrate na dieper grondlae buite rekening gelaat):

- (i) Nie-biologiese verliese van ammoniak: In die meeste gronde met 'n pH onder 7,0 neem die verlies van ammoniak vanaf bemesting toe met styging in die pH en is veral groot bokant pH 8,0. Hoë temperature bevorder hierdie proses maar die verlies is gering in gronde met 'n hoë kation-uitruilvermoë. As mis of N-bevattende materiale verrot naby die grondoppervlakte, sal die pH styg tydens ammonifikasie en die ammoniak sal verlore gaan in die atmosfeer. As die pH-verskuiwing tydens ammonifikasie groot is, sal heelwat ammoniak verlore gaan selfs al is die onderliggende grondlae betreklik suur.
- (ii) Die chemiese afbreking van nitriet na stikstof-oksiede (NO) onder suurtoestande (pH laer as 5,5): Die nitriet is slegs afkomstig vanaf mikrobiologiese aktiwiteite (nitrifikasie en denitrifikasie); konsentrasie is gering en dus is die reaksie nie juis van groot belang nie.
- (iii) Vorming van stikstof vanaf aminosure of  $\text{NH}_4$ -soute agv die salpeterigsuurreaksie: Salpeterigsuur split die aminogroepe van aminosure af om stikstof, 'n alkoholgroep en water te vorm. Omdat daar egter nie hoë konsentrasies nitriet (salpeterigsuur) in die grond akkumuleer nie (behalwe soms in alkaliese gronde) is hierdie reaksie nie van groot belang in die grond nie.
- (iv) Die mikrobiologiese reduksie van nitrate na  $\text{N}_2$  of  $\text{N}_2\text{O}$  tydens denitrifikasie in versuipde gronde waarin groot hoeveelhede organiese materiaal voorkom, blyk die algemeenste manier te wees waardeur stikstof verlore gaan vanuit die grond: