

DIE ROL VAN STIKSTOF IN DIE PLANT*

N GROBBELAAR, Universiteit van Pretoria

Stikstof is 'n noodsaaklike makro-voedingselement vir alle soorte lewende organismes. Dit is noodsaaklik, en noodsaaklik in relatiewe groot hoeveelhede omdat talle soorte stikstofhoudende organiese verbindings unieke sleutelfunksies in die dinamiese sisteem, wat ons lewe noem, vervul. Hier dink 'n mens eerstens aan stowwe soos proteïene en nukleïensure en verwante stowwe soos aminosure, puriene, primidiene, nukleosiede en nukleotiede, maar ook aan die chlorofille en sekere fosfolipiede.

Proteïene is ten nouste geassosieer met protoplasma en lewe — deels omdat protoplasma grootliks uit proteïene bestaan en deels omdat alle ensieme proteïenagtige verbindings is. Omdat die lewende toestand grootliks gesien kan word as 'n menigte aaneengestremde spesifieke chemiese reaksies wat op 'n gesinchroniseerde wyse verloop en feitlik geeneen van hierdie reaksies in die afwesigheid van 'n geskikte katalis teen 'n noemenswaardige tempo by gewone temperatuur sal plaasvind nie, is die belangrikheid van ensieme (hoogs spesifieke kataliste) vir lewe vanselfsprekend. Omdat die ensiemkomplement van 'n sel die sel se soort metabolisme bepaal en die sel se metabolisme sy identiteit bepaal, volg dit dat die verskille tussen selle, weefsels en organismes teruggevoer kan word tot verskille in die ensiemkomplemente wat hulle bevat.

Die proteïenkomplement wat 'n sel bevat word egter bepaal deur die samestelling van die sel se nukleïensuurkomplement en die wisselwerking wat fisies-chemiese invloede daarop het. Die DNA-tipe nukleïensure is die draers van 'n sel se genetiese kodes. Die genetiese kodes is in hoofsaak voorskrifte vir die vorming van spesifieke proteïene (en dus ook spesifieke ensieme). Fisies-chemiese omgewingsfaktore bepaal ten dele watter voorskrifte beskikbaar gestel sal word vir proteïensintese. Die werklike proteïensintese word deur die samewerking van bestaande ensieme en RNA-tipe nukleïensure bewerkstellig.

Talle kleiner stikstofhoudende organiese verbindings is in baie gevalle noodsaaklike bykomstige komponente tot die proteïene vir effektiewe ensiemwerking. Hierdie stowwe wat algemeen as ko-ensieme bekend staan vervul dikwels 'n belangrike regulerende funksie in selmetabolisme. Voorbeelde van sulke ko-ensieme is: Biotien, Tiamienpirofosfaat, Piridoksalfosfaat, Foliensuur, Ko-ensiem A, NAD, NADP, FMN, FAD, AMP, ADP en ATP — laasgenoemde 8 ko-ensieme is almal nukleotiede of eenvoudige derivate van nukleotiede.

So ook blyk dit dat die seldelingshormone (sitokiniene) van plante almal eenvoudige derivate van nukleosoiede of nukleotiede is.

* Referaat gelewer tydens MVSA-simposium oor Stikstof in die Landbou, 31 Julie 1974, Pretoria.

Dit kom dus daarop neer dat die beherende of regulerende funksies van 'n plant se metabolisme amper uitsluitlik deur stikstofhoudende organiese stowwe in die plant waargeneem word.

Een van die eerste feite wat in 'n inleidende biologieskursus beklemtoon word, is dat feitlik alle lewe op die aarde direk of indirek afhanklik is van die fotosintetiserende vermoë van sekere **plantsoorte** waartydens ligenergie omvorm word tot die potensiële chemiese energie van organiese verbindings. Alhoewel verskeie pigmente 'n rol speel in die aanvanklike absorpsie van die ligenergie, vervul die chlorofille — en veral chlorofil a — hier die sleutelrol. Aangesien die chlorofille stikstofhoudende verbindings is, word 'n stikstofgebrek by plante gewoonlik gou deur 'n gedeeltelike gebrek aan hierdie pigmente (gebrek aan 'n donker-groen kleur) in veral die blare herken.

Is die unieke kenmerke van bogenoemde stowwe te danke aan hul stikstofatome?

Die fisies-chemiese kenmerke van 'n verbinding kan nooit aan slegs een van sy atoomsoorte toegeskryf word nie — dit is 'n funksie van die molekule as geheel waarin elke atoom 'n rol speel. So lewer stikstofatome ook 'n bydrae tot die kenmerke van 'n molekule wat dit bevat. Wat die bydrae is en hoe dit verklaar kan word is ongelukkig nie iets waarvoor ek dit wil waag om hier 'n opinie te lug nie — dit val binne die gebied van die fisiese chemie. Daar kan egter daarop gewys word dat die biologies-belangrike stikstofhoudende organiese verbindings se stikstof altyd in die vorm van amiene (primêre, sekondêre of tersiêre amiene) voorkom wat basiese eienskappe aan die verbinding verleen. Hierdie feit speel ongetwyfeld in verskeie opsigte 'n baie belangrike fundamentele rol. So dink ek aan die rol wat die aminogroep van aminosure in die vorming van peptiedbindings speel tydens proteïenbiosintese; die waterstofbrugbindings wat gedeeltelik verantwoordelik is vir die instandhouding van die funksioneel baie belangrike tersiêre struktuur van ongedenatureerde proteïene en nukleïensure; die gevoeligheid van proteïene (en dus ensieme) jeens pH; die bufferaksie van hierdie stikstofhoudende verbindings (hul amfoteriese eienskappe).

Die stikstofkringloop in die natuur

Stikstof kom in die lewelose natuur hoofsaaklik in drie vorme voor: stikstofgas, ammoniumione en nitraatone. Alhoewel ongeveer 80 persent van die molekule in die atmosfeer (waterdamp uitgesluit) stikstofmolekule is, is hier-

die geweldige hoeveelheid stikstof vir meeste organismes onbruikbaar as 'n primêre bron van stikstof omdat stikstof gas besonder onreaktief is. 'n Relatief klein persentasie van die plantsoorte kan egter stikstofgas in organiese verbindings inbou dmv 'n proses wat biologiese stikstofbinding genoem word. Dit word geskat dat daar jaarliks sowat 9×10^{10} kg stikstof op dié wyse op die aarde gebind word. Tydens die bindingsproses word die stikstof aanvanklik gereduseer tot ammoniak wat dan met ketosure verbind word om aminosure en aminosuure te vorm wat dan tydens latere selmetabolisme verwerk kan word tot enige van die stikstofhoudende organiese stowwe wat in die plant voorkom.

Die enigste organismes wat in die vry-lewende toestand stikstof kan bind is sekere soorte bakterieë, aktinomisete en blou-groen alge. Die meeste stikstof word egter waarskynlik deur simbiotiese stelsels gebind — veral deur die peulplant/*Rhizobium* vennootskap. Dit is interessant om daarop te wys dat in laasgenoemde geval geeneen van die simbiote op sy eie stikstof kan bind nie. Die vermoë om stikstof te bind is die gevolg van 'n unieke vennootskap. Verskeie ander stikstofbindende simbiotiese stelsels is bekend. In al hierdie gevalle beskik een van die simbiote egter ook in die vry-lewende toestand oor die vermoë om stikstof te bind. So bv. kry ons stikstofbindende simbiotiese stelsels tussen alge en fungi; alge en lewermosse; alge en varings; alge en broodbome; alge en blomplante; aktinomisete en blomplante.

Afgesien van atmosferiese stikstof is die enigste ander primêre bron van biologiese stikstof skynbaar die groot hoeveelheid ammoniumione wat in die kristalstruktuur van sekere minerale van die aardkors voorkom. Hierdie ammoniumione bevat na skatting glo meer stikstof as wat daar in die aarde se atmosfeer voorkom. Hierdie ammoniumione is egter nie vir plantgebruik beskikbaar alvorens die rots 'n gevorderde graad van verwerking ondergaan het nie. In die natuur is die tempo waarteen dit dus vir biologiese gebruik beskikbaar word ontsettend laag.

Landplante kry meeste van hul stikstof as nitraat uit die grond. Hierdie nitraat is hoofsaaklik afkomstig van organiese stikstofhoudende verbindings wat as plant- en dierreste en dieruitskeidings in die grond beland. Die stikstof word deur mikrobiologiese werking as ammonium uit die or-

ganiese verbindings vrygestel en dan deur sekere bakterieë tot nitraat geoksideer.

Alhoewel plante beide nitraat- en ammoniumione met gemak kan opneem, het die ophoping van hierdie ione in die plant 'n toksiese uitwerking. Die nitraatione word gewoonlik onmiddellik na opname, hoofsaaklik in die wortels teen 'n hoë tempo gereduseer tot die vlak van ammonium wat dan soos opgeneemde ammoniumione as amino- en amiedgroepe in organiese verbindings ingebou word.

Dit is dus interessant om daarop te let dat stikstof tydens sy biologiese kringloop omgesit word van 'n hoogs-geoksideerde vorm (nitraat) tot 'n hoogs-gereduseerde vorm (ammonia) en omgekeerd en dat die stikstof tydens 'n gedeelte van die siklus deel uitmaak van organiese en dan weer anorganiese verbindings. Hierdie metamorfoses gaan gepaard met aansienlike energie-omsettings.

In teenstelling met diere wat groot hoeveelhede gebonde stikstof in hul uriene en faeces uitskei, gebruik plante oor die algemeen stikstof op 'n baie spaarsame wyse. Gebonde stikstof is baie mobiel (sekondêr maklik vervoerbaar) in 'n plant. As 'n plant na 'n tyd 'n stikstofgebrek ondervind het die jonger dele van die plant op een of ander wyse gewoonlik 'n groter trekkrag op die stikstof wat reeds in die plant is as die ouer dele. 'n Mens vind dan dat die ouer dele (bv. blare) tot 'n groot mate hul stikstofhoudende organiese stowwe aan die jonger dele verloor. Die gevolg is dat alhoewel so 'n plant relatief egalig ligter groen van kleur word, dit veral die ouer blare is wat hul groen kleur verloor.

Alle bioloë besef hoe afhanklik diere op 'n direkte of indirekte wyse van plante is as gevolg van die vermoë van laasgenoemde om te fotosintetiseer. Dit word egter nie so algemeen besef dat diere feitlik tot dieselfde mate van plante afhanklik is vir hul stikstofvoeding nie. Oor die algemeen kan diere nie die stikstofverbindinge (N_2 , ammoniumione of nitraatione) wat in die lewelose natuur voorkom as uitsluitlike bron van stikstof gebruik nie. Hulle moet al (of feitlik al) hul stikstof in die vorm van sekere organiese voedingstowwe kry en hiervoor is die plant onmisbaar want dit is feitlik net plante wat oor die vermoë beskik om anorganiese stikstofhoudende verbindings as enigste bron van metaboliese stikstof suksesvol te benut.