

NIEUWERE INDELING VAN DE ORGANISMEN IN VIJF KONINKRIJKEN

W.P.N. Vlasveld *

Enige jaren geleden stootte ik bij het raadplegen van enkele handboeken op begrippen die ik nog niet kende: prokaryoten, eukaryoten, Monera, protisten....

Na enig spuurwerk in de literatuur bleek dat een nieuwe indeling van de organismen - in 1959 door Whittaker voorgesteld - was ingevoerd.

In deze indeling worden organismen in vijf koninkrijken ondergebracht in plaats van in twee: het plantenrijk en het dierenrijk.

Ofschoon deze nieuwe indeling ook zijn bezwaren heeft - de natuur is nu eenmaal te gecompliceerd om zich door mensen in bepaalde hokjes te laten indelen - is hij juist en duidelijker. De kunstmatige scheiding tussen planten en dieren is komen te vervallen en aan de geforceerde indeling van schimmels en bacteriën is een einde gemaakt.

Hoewel het voor het determineren van fossielen weinig uitmaakt welk systeem in het handboek wordt gehanteerd, lijkt het me toch gewenst dat collega-amateurpalaeontologen op de hoogte zijn van deze indeling, die steeds meer ingang vindt. In de recentere literatuur en handboeken worden de nieuwe begrippen regelmatig gebruikt. De nieuwe indeling is m.i. ook de reden, waarom bijvoorbeeld in het handboek van CLARKSON (1) de protozoën niet meer zijn opgenomen.

HISTORIE

Sedert ARISTOTELES (384-322 v Chr) werden de organismen tot midden 20e eeuw in twee groepen verdeeld: de planten en de dieren.

LINNAEUS (1707-1778) voerde de zogenaamde binominale nomenclatuur in. Hierbij kregen alle organismen twee latijnse namen: een geslachtsnaam (genus) beginnende met een hoofdletter en een soortnaam (species) voorzien van een kleine letter.

De classificatie van Linnaeus berustte op uiterlijke kenmerken van de levende organismen. Later werden ook de fossielen in zijn systeem opgenomen. Ook hij onderscheidde planten en dieren. De verschillen tussen deze twee groepen waren over het algemeen duidelijk. Planten wortelen meestal in de bodem en verplaatsen zich niet. Ze zijn in staat om uit anorganische stoffen organische stoffen te maken, welke ze voor hun opbouw en stofwisseling nodig hebben. Ze zijn, wat men noemt, autotroof.

Planten halen kooldioxyde uit de lucht en zetten deze om in suikers. Dit doen ze met behulp van bladgroen. De hiervoor benodigde energie

halen ze uit het zonlicht. Dit proces wordt fotosynthese genoemd. Met hun wortels worden de benodigde anorganische stoffen uit de bodem gehaald.

Dieren daarentegen zijn beweeglijk en kunnen hun benodigde organische stoffen niet zelf maken. Ze leven daarom van planten, hetzij direct of indirect, doordat ze andere dieren opeten. Ze zijn heterotroof. In verband met deze levenswijze beschikken ze over bewegings- en verteeringsorganen, resp. om voedsel te kunnen bemachtigen en om het te verteren.

Duidelijke verschillen dus, die het maken van onderscheid tussen planten en dieren in de meeste gevallen niet moeilijk maakte. Aangezien paddestoelen zich niet bewegen en wortels schijnen te hebben, werden ze tot de planten gerekend, evenals de bacteriën ('yoghurtplantje!').

EENCCELLIGEN

Meer moeite had men met het onderbrengen van éencelligen. Bij bepaalde groepen namelijk vertonen vertegenwoordigers zowel plantaardige als dierlijke kenmerken. Zo komen bijvoorbeeld bij verscheidene dinoflagellaten (*Pyrrophyta*) - een éencellige algengroep - zogenaamde trycho-cysten voor, een type netelcellen, dat sterk lijkt op de netelcellen (*nematocysten*) van holte-dieren (*Coelenterata*). Zij dienen dan ook, even-

* W.P.N. Vlasveld
Margrietlaan 1
6721 EK Bennekom

als bij de neteldieren, om een prooi te verlammen met behulp van een gifbevattend zweepdraadje, dat uit die cellen wordt afgeschoten.

Ook bij de *Euglenophyta* - een andere ééncellige algengroep - vertonen bepaalde soorten een combinatie van plantaardige en dierlijke eigenschappen. Zoals enerzijds het bezitten van bladgroen (chlorofyl), wat op een planten karakter wijst, anderzijds hebben de cellen geen celwand en zijn de organismen zeer beweeglijk, dus dierlijke kenmerken.

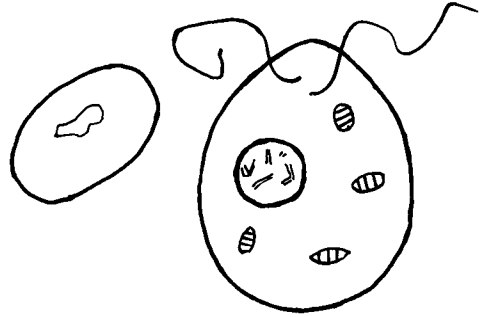
De soorten die wél chlorofyl bezitten en dus autotroof zijn, kunnen in het donker - waar immers géén fotosynthese kan plaats vinden - toch in leven blijven, doordat ze dan heterotroof worden. Er moeten dan echter wel organische voedselbronnen aanwezig zijn.

VOORSTELLEN NIEUWE SYSTEMEN

Het spreekt vanzelf dat in de loop der tijden verscheidende biologen onvrede hadden met het twee rijken-systeem. Gezien de genoemde moeilijkheden met de ééncelligen stelde HÄCKEL (1839-1919) een derde koninkrijk voor. Hierin werden de meeste primitieve en omstreden organismen, die noch bij de planten, noch bij de dieren konden worden ondergebracht, opgenomen. Dit rijk werd *Protista* genoemd, afgeleid van het griekse woord protist, dat ééncellig betekent. Wel onderscheidde hij hierbij een aparte groep, de *Monera* waartoe hij de bacteriën en de blauwgroene algen (*Cyanophyta*) rekende. Dit in verband met het feit dat bij deze ééncelligen in hun cellen géén kernen voorkomen. Deze organismen worden tegenwoordig prokaryoten genoemd, waarop straks nader zal worden ingegaan.

Een volgende stap was het vier rijken-systeem, dat door COPELAND (1901-1968) in 1950 werd geïntroduceerd. Hierbij worden de *Monera* tot een apart koninkrijk verheven, hetgeen gezien hun geheel andere celstructuur, begrijpelijk is. Tevens breidde hij het rijk *Protista* (Eencelligen) breder uit, door ook aan ééncelligen verwante primitieve méercellige organismen - zonder een al te vergevorderde weefseldifferentiatie - op te nemen. De naam van het rijk moest daarom wel worden veranderd. Het werd *Protoctista* genoemd, een begrip dat alle lagere plantaardige en dierlijke organismen omvat.

Aangezien schimmels geen bladgroen bezitten en bovendien geen wortels hebben, voldoen ze niet aan de criteria, die aan planten worden gesteld. Bovendien bevatten hun celwanden geen cellulose (plantencellen wél) en is hun levenswijze heterotroof. Immers er is geen fotosynthese



Links: blauwgroene alg; zonder celkern, dus prokaryoot.

Rechts: groene alg; met celkern, dus eukaryoot.

mogelijk. Schimmels leven van hetgeen ze absorberen uit organisch materiaal, hetzij dat dit dood is (dan zijn ze saprofytisch), hetzij dat dit levend is (dan parasitisch).

Het lag dan ook voor de hand dat voor deze groep organismen een apart koninkrijk werd geschapen. Dit rijk kreeg de naam *fungi*, wat schimmels betekent.

VIJF KONINKRIJKEN

Zo komen we bij het vijf rijken-systeem, dat door WHITTAKER (8) in 1959 werd geïntroduceerd. Het rijk *Protista* werd weer hersteld en beperkt tot louter ééncelligen.

Deze nieuwe indeling van de organismen heeft de volgende jaren veel bijval gekregen en wordt thans in toenemende mate in handboeken gehanteerd.

Bij dit systeem kunnen drie organisatie-niveaus worden onderscheiden:

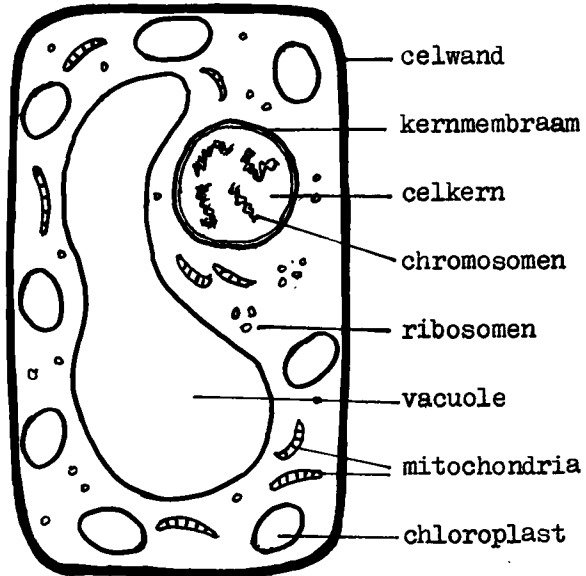
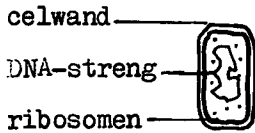
1. de prokaryotische ééncelligen
- Rijk I *Monera*
2. de eukaryotische ééncelligen
- Rijk II *Protista*
3. de eukaryotische méercelligen
- Rijk III *Plantae* - hogere planten
- Rijk IV *Fungi* - hogere schimmels
- Rijk V *Animalia* - hogere dieren

Het onderscheid tussen de drie hogere rijken is mede gekarakteriseerd op de voeding: planten zijn autotroof, ze voeden zich met behulp van de fotosynthese; schimmels zijn heterotroof en absorberen hun voedsel, terwijl dieren ook heterotroof zijn, prooi eten en verteren, wat wel 'ingestie' wordt genoemd.

Het spreekt vanzelf dat in dit artikel de ontwikkeling van de genoemde systemen vrij een-

PROKARYOOT

EUKARYOOT



Links: schematische bouw van een prokaryotische cel (bacterie);
Rechts: schematische bouw van een eukaryotische cel (hogere plant).

voudig is weergegeven. De oorspronkelijke indeling - planten en dieren - berustte op uiterlijke kenmerken, maar dankzij de grote vorderingen op wetenschappelijk terrein (o.a. biochemie) is het tegenwoordig mogelijk bij de classificatie veel meer het accent te leggen op verwantschap en mogelijke afstammingslijnen. Zo'n verwantschap kan tegenwoordig o.a. worden vastgesteld aan de lineaire rangschikking van de aminozuren van eiwitten. Hoe meer de volgorde van de aminozuren in overeenkomstige eiwitten met elkaar overeenkomen, des te verwanter de desbetreffende organismen zijn. Bovendien maakt de electronmicroscopie studie in detail van kleine organismen en celstructuren mogelijk.

VARIATIES OP HET SYSTEEM

Wetenschap zou geen wetenschap zijn indien er niet steeds nieuwe opvattingen omtrent be-

paalde zaken naar voren zouden worden gebracht evenals bepaalde variaties respectievelijk aanvullingen op bestaande theorieën. Zo breidden Whittaker's medewerksters MARGULIS en SCHWARTZ (5) het Protistenrijk toch weer uit met een aantal méercellige groepen. Als reden hiervoor wordt aangevoerd dat het de laatste tijd meer en meer duidelijk wordt, dat het niet juist is een sterke scheiding aan te brengen tussen ééncelligen en verwante meercellige organismen. Veel méercelligen evolueerden uit ééncelligen en vertonen daarmee meer verwantschap dan met enig ander meercellig organisme. Zoals reeds gezegd wordt, dankzij het onderzoek aan eiwitten, steeds meer duidelijk omtrent verwantschap en afstamming.

Zij brengen zodoende alle algen, dus ook de hogere algen, rode algen, groene algen en bruinwieren bij het Protistenrijk onder, zodat ook voor dit rijk weer de naam *Protoctista* wordt ingevoerd. Ook enkele lagere schimmels worden

hierin opgenomen. In hun boek *Five Kingdoms* (5) worden in totaal 89 fyla (enkelvoud: *fyllum*) onderscheiden, namelijk 16 *Monera*, 9 *Plantae*, 5 *Fungi* en 32 *Animalia*.

Deze fyla worden dan weer onderverdeeld in subfyla, klassen, orden, families, geslachten en soorten.

Over het algemeen wordt echter in de handboeken het oorspronkelijke systeem van Whittaker gehanteerd, zoals o.a. in *Botanical Science* (2).

PROKARYOTEN EN EUKARYOTEN

Zoals reeds vermeld, worden de blauwgroene algen en de bacteriën prokaryoten genoemd, omdat deze organismen géén kern in hun cellen hebben. Deze naam werd in 1939 door de Franse bioloog Chatton ingevoerd en is uit het grieks afgeleid (pro = voor; karyon = kern) - Aangezien blauwgroene algen ook in andere opzichten meer op bacteriën lijken dan op planten, worden ze tegenwoordig *Cyanobacteria* genoemd i.p.v. Cyanophyta.

Alle andere organismen hebben in hun cellen wél een kern, die de rest van de celinhoud (cytoplasma) is gescheiden door een membraan. Deze organismen worden eukaryoten genoemd (eu = echt). Er zijn echter nog andere belangrijke verschillen tussen prokaryotische en eukaryotische cellen. (Zie ook tekening.)

Over het algemeen genomen zijn de prokaryotische cellen veel eenvoudiger van structuur. Ze zijn ook kleiner, 1-10 μ (1 μ = 0,001 mm) t.o.v. 10-100 μ voor eukaryoten. Het DNA - de drager van erfelijke eigenschappen - ligt los temidden van het cytoplasma, als een aaneengesloten streng. Bij de eukaryoten daarentegen ligt het DNA in de celkern, in chromosomen en is bovendien gebonden aan eiwit.

De prokaryotische cel vermenigvuldigt zich vrijwel uitsluitend ongeslachtelijk, door middel van een eenvoudige celdeling. Er wordt een dwarswandje gevormd en het aanwezige DNA - en andere celinhoud - wordt gelijkelijk verdeeld over beide cellen. Bij eukaryotische cellen vindt vooraf aan de deling eerst een kerndeling plaats. Hierbij splitsen de chromosomen zich overlans in tweeën, wijken uiteen, waarna de nieuw te vormen cel van eenzelfde stel chromosomen wordt voorzien als de moedercel had. Ook kunnen de meeste eukaryoten zich geslachtelijk vermenigvuldigen. Na de gewone kerndeling vindt in de geslachtscellen de zogenaamde reductiedeling plaats, waarbij het aantal chromosomen wordt gehalveerd. Bij de bevruchting - het samengaan van twee geslachtscellen - ontstaat een cel met het oorspronkelijk aantal chromosomen.

Verder bevatten de cellen van eukaryoten naast de celkern nog enkele andere, kleinere organen, die organellen worden genoemd. Zoals o.a. de *mitochondria*, waarin de ademhaling plaats vindt, die voor de energievoorziening zorgt en de plastiden, zoals de *chloroplasten*. In deze chloroplasten is het bladgroen (chlorofyl) opgeborgen. Deze bladgroenkorrels zijn in staat om onder invloed van licht uit koolzuurgas en water, suiker en zuurstof te vormen. Dit proces noemt men fotosynthese. Bij de prokaryoten daarentegen is het chlorofyl aan het celmembraan gebonden.

Tenslotte is ook het aanhangsel (*flagellum*) van eukaryotische cellen veel ingewikkelder van structuur en van een andere samenstelling, dan dat van de prokaryotische cel. (Komt uitsluitend bij bacteriën voor.)

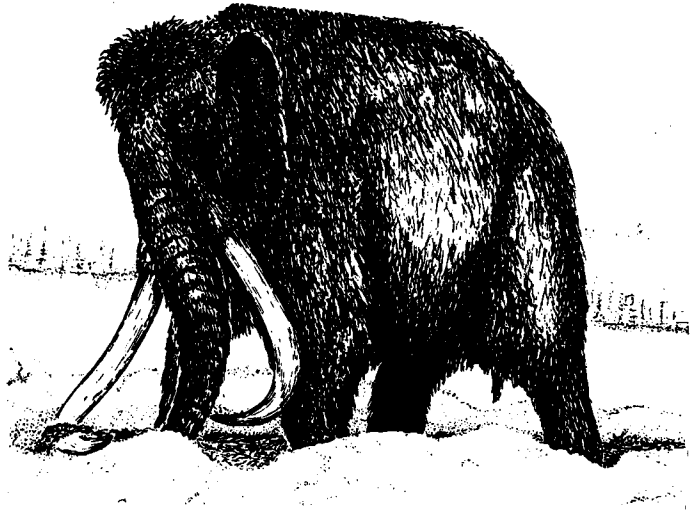
Het verschil in celstructuur tussen prokaryoten en eukaryoten is zo frappant, dat gezegd kan worden dat dit de grootste discontinuïteit in het evolutieproces is.

De vraag komt naar voren, hoe nu uit een prokaryotische cel een eukaryotische cel is ontstaan. Immers de aanwezigheid van prokaryoten is in de geschiedenis van het leven op aarde veel eerder gedateerd, namelijk ongeveer 3,5 miljard jaar geleden. De eerste eukaryoten zijn op ongeveer 1,2 miljard jaar geleden verschenen. Hieromtrent zijn verschillende theorieën, waarvan de zogenaamde endosymbiose-theorie van LYNN MARGULIS (4) wel de meeste aanhangers heeft. Om hierop verder in te gaan zou in dit artikel te ver voeren.

NIEUWSTE ONTWIKKELINGEN

Wel dient nog even te worden gewezen op het nieuwe onderzoek van WOESE (7,9) bij methaanbacteriën. Bij zijn onderzoek aan één van de drie soorten RNA, om meer inzicht te krijgen omtrent verwantschap van bacteriën, ontdekte hij dat deze methaanbacteriën - met nog enkele andere soorten - sterk afweken van de rest. Hij noemt deze bacteriën *archaebacteriën*, omdat volgens hem deze groepen veel ouder zijn dan alle andere bacteriën, die hij de naam *eubacteriën* gaf.

Hij onderscheidt nu dus 3 groepen organismen, die principieel met elkaar verschillen: de *archaebacteriën*, de *eubacteriën* - beide prokaryoten - en de *eukaryoten*. Bovendien geeft hij een andere voorstelling van zaken met betrekking tot hun afstamming dan de tot nu gebruikelijke.



Madeliefje en mammoet; beide eukaryoot.

SLOTOPMERKING

De bedoeling van dit artikel is meer bekendheid te geven aan enkele begrippen, die men tegenwoordig algemeen in handboeken en in artikelen - zoals in Scientific American, Science, Nature en Natuur en Techniek - aantreft.

Het onderscheid tussen de twee geheel verschillende groepen organismen - de prokaryoten en

eukaryoten - wordt in de biologie als het belangrijkste fenomeen gezien.

We zullen dat moeten verwerken.

Immers met dit gegeven als basis kan worden gesteld dat het verschil tussen een blauwgroene alg en een rode alg groter is dan het verschil tussen een mammoet en een madeliefje!

De laatste drie genoemde organismen zijn namelijk eukaryoten, de eerste is een prokaryoot. Even wennen dus!

LITERATUUR

- (1) - CLARKSON, E.N.K., 1979: Invertebrate Palaeontology and Evolution. (1e druk) George Allen and Unwin, London.
- (2) - KEETON, W.T., 1980: Biological Science. (3e druk) W.W. Norton and Company, New York.
- (3) - LEHMANN, U. und G. HILLMER, 1980: Wirbellose Tiere der Vorzeit. (1e druk) Ferd. Enke Verlag, Stuttgart.
- (4) - MARGULIS, L., 1972: Symbiose en evolutie. Natuur en Techniek 40-8.
- (5) - MARGULIS, L. and K.V. SCHWARTZ, 1982: Five Kingdoms. W.H. Freeman and Company, San Francisco.
- (6) - PATTERSON, C., 1981: Evolutie. Uitgeverij Kosmos B.V., Amsterdam.
- (7) - VOGELS, G.D. en A.H.M. RIJPKEMA, 1987: Nieuw zicht op oude bacteriën. Natuur en Techniek 55-9.
- (8) - WHITTAKER, R.H., 1969: New concepts of kingdoms of organisms. Science 163.
- (9) - WOESE, C., 1981: Archaeobacteria. Scientific American 244-6.