

door de zandafgravingen en de uitgestrektheid daarvan zal de waarde voor de toekomst van dit botanisch object bepalen.

Kampen
Lab. der N.O.P. Werken
15 Oct. 1949

Litteratuur:

- FEEKES, W., De Flora van Schokland en Urk. Meded. Zuiderzeecomm. no. 43
Ned. Kruidk. Arch. Deel 52, 1942
SWART, L. L., Over de Flora van Urk en Schokland (1927 en '28)
Meded. Zuiderzeecommissie no. 1, Ned. Kruidk. Arch. Jrg. 1929 (1930)

VERBORGEN SCHOONHEID A. D. J. MEEUSE.

De aartsvader der biologie, ARISTOTELES, vermeldt in zijn „*Historia Animalium*”, dat slakken kleine, scherpe tanden bezitten.

Na de op wetenschappelijk gebied zo steriele middeleeuwen leefde de natuurstudie weer op en het verbaast ons dus niet, dat een zekere doctor MARTIN LISTER in zijn *Excercitatio anatomica* (1694-1695) bij het onderzoek van de anatomie van weekdieren eveneens deze „tandjes” beschrijft. Zonderling genoeg reppen noch SWAMMERDAM, noch LEEUWENHOEK van tanden bij slakken, hoewel zij toch zoveel ontdekkingen op hun naam hebben staan.

De vaak verguisde Franse natuuronderzoeker ADANSON, nu bijna vergeten naast zijn vermoedelijk veel minder geniale tijdgenoot LINNAEUS, omdat zijn nomenclatuur minder logisch en handig was opgebouwd dan de Linneaanse wijze van benaming van planten en dieren, was in andere opzichten zijn tijd ver vooruit. Naast ADANSONs beroemde botanische studies bestaan ook zoölogische geschriften van zijn hand en de door hem beschreven dieren, waarvan hij onder meer ook diverse anatomische bijzonderheden meedeelt, zijn op grond daarvan voor ons met veel meer gemak te herkennen dan met behulp van de te kernachtige Linneaanse definities van de soorten. In zijn „*Histoire naturelle du Sénégal*”, verschenen in 1757, beschrijft ADANSON, dat op de bodem van de mondholt van slakken kleine tandjes voorkomen, welke in zeer regelmatig geplaatste en overeenkomstige rijen zijn gerangschikt. Bovendien merkte hij op, dat het aantal rijen bij verschillende soorten van slakken niet gelijk is en bij één soort constant, hetgeen vermoedelijk het eerste geval is van toepassing van statistische gegevens in de biologie.

De door ARISTOTELES en door LISTER waargenomen scherpe puntjes zijn uitsteeksels van een orgaan, dat wij thans de *mandibula* of kaak van de slak noemen. De door ADANSON ontdekte tandjes maken echter deel uit van een ander, thans *radula* genoemd orgaan en worden nu nog als *radulatanden* aangeduid. Populair uitgedrukt komt feitelijk aan ADANSON de eer toe van de ontdekking van het feit, dat een slak tanden heeft.

De enigszins zonderlinge associatie van een weekdier („een week dier”) met tanden moeten we echter vooral niet te letterlijk opvatten. Zeker, de *radula* speelt

evenals het zoogdiergebit een rol bij de voedselopname, maar de benaming „radula-tanden” is gebaseerd op analogie. De radula is niet gepaard zoals de boven- en ondertanden in de kaken van de gewervelde dieren, doch bestaat uit één min of meer vlakke plaat. Echt bijten kan een slak dan ook niet met zijn radula, wél kan hij dit orgaan als een rasp gebruiken en met deze rasp wordt het voedsel fijn gemaakt, alvorens het in het darmkanaal wordt opgenomen. De bouw van de radula, welke namelijk bestaat uit een vlakke plaat met daarop regelmatig geplaatste rijen van naar achteren gerichte tandjes, maakt dit orgaan daartoe bij uitstek geschikt. De tandjes moeten daarvoor dus de nodige stevigheid bezitten en deze wordt hun in dit geval verleend door chitine, de merkwaardige stof, waaruit ook de harde delen van insecten, spinnen, duizendpoten en schaaldieren geheel of grotendeels zijn opgebouwd. De analogie met echte tanden is nog frappanter, doordat de radula-tandjes bovendien met een zeer harde email- of glazuurlaag zijn overtrokken. Sommige roofslakken, zoals de Purperslak (*Nucella lapillus*), tepelhorens (*Natica*) en hun verwanten, zien zelfs kans om met hun radula een mooi rond gat te boren in de schalen van tweekleppige weekdieren teneinde de weke levende inhoud te bemachtigen. Op het strand vinden wij dergelijke aangeboorde schelpkleppen geregeld. Het is interessant op te merken, dat de natuur het probleem van het fijnmalen van het voedsel bij twee zulke verschillende groepen van dieren als slakken en gewervelde dieren op zo overeenkomstige wijze heeft opgelost. Intussen mag ik niet verhehlen, dat sommigen de radula beschouwen als analoog met de tong: beide zijn immers ongepaarde organen, die op de bodem van de mondholte zijn gelegen. Vandaar dat men wel de Hollandse benaming „rasptong” voor „radula” vindt opgegeven.

De radula ligt niet alleen verscholen in een uitzakking van de mondholte (de zogenaamde odontophoor) van de slak, maar bovendien is haar schoonheid voor ons nog dieper verborgen, omdat wij er eerst dán recht van kunnen genieten, wanneer wij de beschikking hebben over een goed microscoop. Dit is ook de reden, waarom na ADANSON een eeuw lang niets nieuws meer over de radula werd vermeld. Eerst na de verbetering van het microscoop door ABBE (omstreeks 1860) volgden de ontdekkingen elkaar op. Wel had LOVÉN in 1847 al een verhandeling geschreven over de classificatie van de weekdieren op grond van de structuur van de radula, op welk principe thans nog de groepsindeling van de Mollusken is gebaseerd, maar dit werk handelde speciaal over mariene vormen met de grootste en betrekkelijk eenvoudig gebouwde radula. De structuur van dit orgaan bij de Pulmonaten of Longslakken, waartoe de meeste landslakken behoren, bleef vooreerst een gesloten boek en men leerde de fijnere bouw eerst na omstreeks 1880 doorgronden.

Een belangrijke stap voorwaarts werd gedaan door RÜCKER in 1883, wiens werk werd aangevuld en uitgebreid door RÖSSLER (1885). Zij toonden aan, dat alle tanden van één lengterij van de radula (welke identiek van vorm en grootte zijn) door één bepaalde celgroep worden afgescheiden. De consequentie hiervan is, dat het aantal lengterijen constant is en dus ook het aantal tanden in de dwarsrichting van de radula. De afzetting van nieuwe tanden geschiedt simultaan, vandaar dat alle gelijktijdig gevormde tanden in één dwarsrij netjes naast elkaar staan. Door al die

keurige lengte- en dwarsrijtjes ontstaat een zeer regelmatig geometrisch patroon. Doordat iedere soort een bepaald aantal radulavormende celgroepen bezit, is bij die soort het aantal radulatanden in een dwarsrij constant. Bovendien vormt elke celgroep een rij van tandjes met precies dezelfde vorm en afmetingen. De tandjes van verschillende rijen kunnen echter in vorm en grootte belangrijke verschillen vertonen. Opvallend is verder de symmetrie in de plaatsing der tandjes (zie fig. 1). Nagenoeg altijd kunnen we in het midden één lengterij

aanwijzen, welke ongepaard is en die we de *centrale tandrij* noemen. Deze centrale tanden heten ook wel de *rhachistanden*. Links en rechts daarvan vinden we een rij, welke twee nauwkeurig elkaars spiegelbeeld zijn; rij nummer twee links en rij nummer twee rechts van de centrale rij zijn ook in spiegelbeeld identiek, enz. Deze gepaarde rijen vallen meestal nog uiteen in twee groepen, die uit tandjes van verschillende vorm bestaan. De rijen, die op de rhachistanden-rij aansluiten, heten de *laterale* en de buitenste rijen de *marginale* tanden. De overgang tussen laterale en marginale tanden is bij Longslakken meestal geleidelijk.

Het totale aantal rijen loopt, zoals gezegd, sterk uiteen en varieert van 1, 3, 5 of 7 tot enkele honderden. Dit geeft ons een middel aan de hand om de radula in een „radulaformule” uit te drukken. Als we schrijven : $C + 12 L + 23 M$, betekent dit, dat er naast de centrale reeks nog 12 laterale en 23 marginale reeksen aan iedere kant liggen (we behoeven vanwege de symmetrie immers maar de éne kant te tellen). Een andere schrijfwijze is : $23 + 12 + 1 + 12 + 23$, of : $23 + 12 + 1 + 35$, of met haakjes : $23 + 12 + 1 (+ 35)$. Het nummer bij een radulatand duidt de rij van de radulaformule aan; op deze wijze kan men dus karakteristieke tanden gemakkelijk aanwijzen en beschrijven of omgekeerd uit een anders beschrijving herkennen. Met de radulaformule alleen komen we er echter niet altijd, we moeten ook op de tandjes zelf letten. Deze zijn namelijk bij verschillende soorten anders van vorm en van dimensies. Men vindt een grote verscheidenheid, waarvan de enkele voorbeelden in fig. 2 een indruk geven.

De natuur heeft, uitgaande van deze gegevens, namelijk het aantal rijen en de vorm van de tandjes, talloze

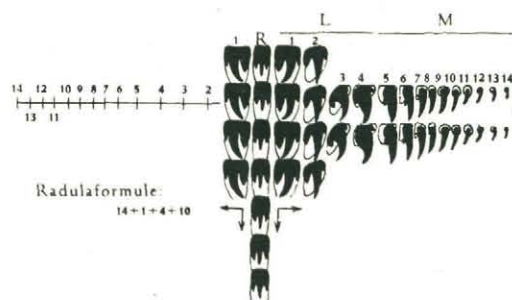


Fig. 1. Schema van de bouw van een radula. Slechts enkele tanden zijn getekend, waaronder 2 complete dwarsrijen van de rechterhelft. Men denke zich dit links symmetrisch en bovendien elke tandrij naar boven en naar beneden voortgezet. Vergelijk ook de fig. 4 t.m. 7.

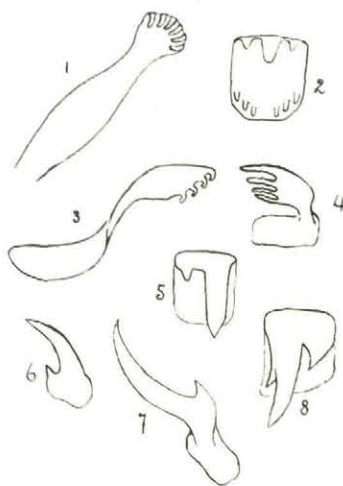


Fig. 2. Enkele vormen van radulatanen (geschematiseerd). 1: marginale; 2: centrale en 3: laterale tand van een kieuwslak; 4: marginale van Lymnaea (poel-slak); 5: laterale van Cochlicopa (landslakje); 8: laterale en 6 en 7: marginalia van longslakken.

patronen ontworpen. Ieder, die bij zijn wiskundige studies iets aan combinatie en permutatieleer heeft gedaan, ziet onmiddellijk in, dat het aantal theoretisch mogelijke gevallen om op grond van dit

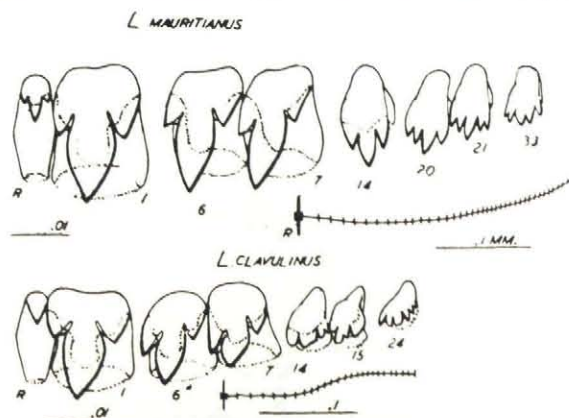


Fig. 3. Voorbeeld van onderscheiding van soorten: *Lamellaxis clavulinus* (onder) is een in warme kassen in Nederland en Groot-Brittannië zeer verspreid tropisch slakje, dat wat de schelp betreft, zeer veel gelijkt op de, eveneens in kassen aangetroffen soort *L. mauritianus* (boven). De radula is echter zeer verschillend; radulaformules resp. $39 + 1 + 39$ en $25 + 1 + 25$, rhachistand resp. driespitsig en éénspitsig, marginalia resp. met scherpe en met stompe spitsjes. (Naar H. B. Baker).

schema een radula op te bouwen in letterlijke zin eindeloos genoemd kan worden. Voor de systematici onder de zoölogen is de structuur van de radula dan ook een onderscheidingskenmerk, zoals de natuur er anders slechts weinig biedt, een waar godsgeschenk (zie fig. 3). Geheel afgezien van de wetenschappelijke betekenis van de rasptong voor de classificatie van soorten, kunnen we ons verlustigen aan de aesthetische waarde van dit orgaan. Het verrast mij altijd weer opnieuw, dat een dergelijk fraai bouwsel het product is van een slak, een dier dat gemeenlijk voor vies, slijmerig of „eng” wordt uitgekreten. De haast mathematisch exacte regelmaat in de plaatsing der minuscule tandjes, zowel in rijen boven elkaar als naast

elkaar, hun curieuze vormen, hun symmetrie, dit alles is volkomen uniek. Ik maak me zelfs sterk dat als HAECKEL, in plaats van planktondieren te bestuderen een werk had moeten schrijven over de radula, hij toch dezelfde titel, namelijk „Kunstformen der Natur”, voor zijn boek gekozen zou hebben.

Deze bijzonder mooie mozaïeken, die werkelijk nergens hun weerga vinden, waren er de oorzaak van, dat in de vorige eeuw gemonteerde radula's als microscopisch praeparaat in de handel werden gebracht. Tegenwoordig schijnen deze echter uit de mode te zijn; waarom weet ik niet, want ook voor iemand, die zich voor microscopie interesseert om de microscopie zelve, is een radula-paeparaat een bron van urenlang intens genot, om van microphotographie maar niet te spreken. Ik mag hierbij misschien heel bescheiden naar de figuren 4 t/m 7 verwijzen. Wellicht staan er twee bezwaren in de weg, waardoor het bestuderen van radula's hier te lande niet wordt bedreven, behalve door een enkele zoöloog, en dan uitsluitend in verband met classificatieproblemen bij het determineren van slakken. In de eerste plaats de onbekendheid met de litteratuur op dit gebied en in de tweede plaats de moeilijkheid om de radula zodanig te praepareren, dat men er alles aan kan waarnemen. Het litteratuurlijstje achter dit artikel kan een beginnening op weg helpen. Op de praepareer- en kleurmethode hoop ik elders dieper in te gaan, doch ik wil belangstellenden mijn eenvoudige methode om snel een praeparaat te maken, niet onthouden. We nemen een slak — het is daarbij om het even of het dier vers is,

in alcohol is geconserveerd geweest of wel honderd jaar uitgedroogd in een verzameling heeft gelegen, zolang er maar een dierrest binnen de schelp aanwezig is — en verwijderen de kalkschaal van het slakkenhuisje voor zover nodig door kneuzen of breken of door oplossen in verdund zoutzuur of azijn. De dierrest, dus de slak zonder huisje of bij grotere exemplaren alleen de kop, brengen we in een bakje of buisje met een oplossing van congorood (deze kleurstof is in praktisch ieder chemisch of biologisch laboratorium in voorraad en dus gemakkelijk te verkrijgen) in 1 %'s natron- of kaliloog. Na 24 uur of langer zien we dat de dierrest vrijwel geheel is opgelost (gemacereerd) op wat vliesjes en korreltjes na. Als we haast hebben of te ongeduldig zijn, koken we het dierrestje in de loogoplossing voorzichtig boven een klein vlammetje totdat het opgelost is, de resultaten zijn dan soms echter minder fraai, terwijl het koken van loog altijd een gevaar oplevert van spatten en daardoor van schade aan kleding en meubilair. Met een loupe of zwak-vergroterend microscoop zoeken we de radula op, hetgeen het beste kan geschieden door de inhoud van het maceratievat uit te storten in een schaaltje met platte bodem. De radula herkennen we meestal onmiddellijk aan de rode kleur (van het congorood) en aan de structuur, die er bij zwakke vergroting als een fijn traliewerk uitziet. De radula wordt overgebracht in een druppel ijsazijn op een voorwerpglas en nu komt het moeilijkste werk. Met twee zeer fijn aangepunte lucifershoutjes of cactusstekels rollen we de radula uit en drukken haar vlak (bij loupevergroting); aanhangende vliesjes en velletjes worden verwijderd. We leggen een dekglas op de druppel ijsazijn en platten de radula nog verder uit door verticale druk op het dekglas. We kunnen de radula dan meteen bekijken (de kleur is dan blauw door het azijnzuur) of we kunnen water onder het dekglas doorspoelen en daarna de radula (nu weer rood) in water of in glycerine onder het microscoop bestuderen.



Fig. 4a.

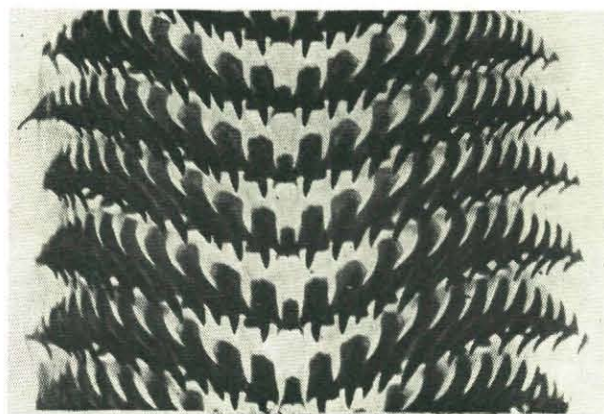


Fig. 4b.

Over de microphoto's ¹⁾ nog het volgende. Fig. 4a stelt voor een radula van *Oxychilus draparnaldi*, in haar geheel uitgepraepareerd (vergr. 40 x). Bovenaan, dit is in werkelijkheid de voorkant, zien we dat de tandjes sterk afgesleten zijn in het

gebruik. Onderaan vinden we de jongste tandjes, die nog niet geheel volgroeid zijn en daardoor nog weinig kleurstof hebben opgenomen: naarmate de oudste dwarsrijen vooraan afslijten, worden achteraan nieuwe gevormd om de versleten rijen weer aan te vullen. Fig. 4b is een deel van dezelfde radula, sterker vergroot (130 x). Merk op dat bij deze soort de centrale tandrij uit kleine tandjes bestaat, terwijl de boemerangvormige marginalia daarentegen sterk ontwikkeld zijn. Radula-formule: $11 + 2 + 1 (+ 13)$. Fig. 5 stelt een deel voor van de radula van *Carthu-*

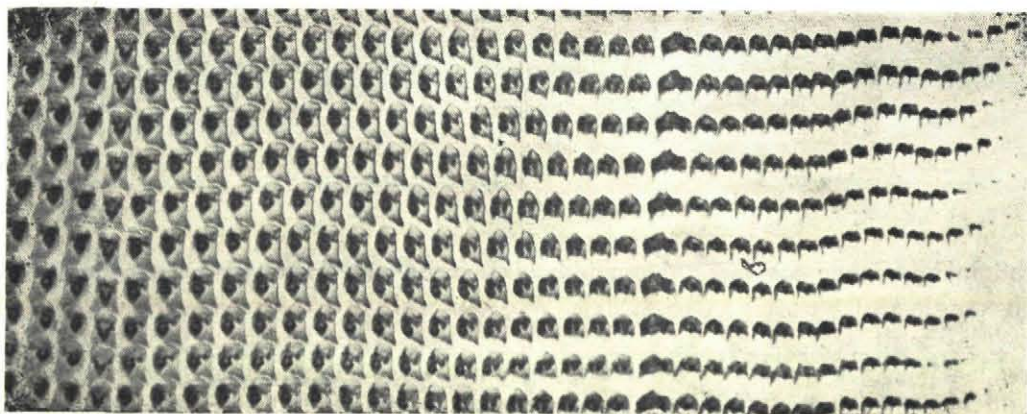


Fig. 5.

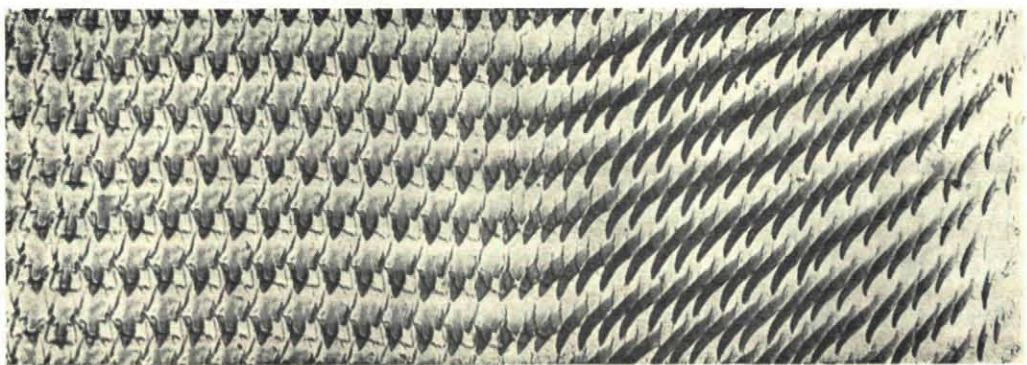


Fig. 6.

siana (evenals de vorige soort een longslak), 300 x vergroot. De centrale tandrij is de 4e rij van links. De marginalia zijn hier zwak ontwikkeld. De 19e tandrij is abnormaal (de tanden van deze rij zijn namelijk veel groter dan normaal het geval is); dergelijke teratologica komen bij sommige groepen niet zelden voor. Fig. 6 stelt een deel voor van de rechterhelft van de radula van een vrij jong exemplaar van *Limax maximus* (x 320). De centrale rij is de tweede volledige rij van links. Fig. 7a laat ons de radula zien van een tropische kieuwslak (*Thiara tuberculata*), die bij ons in de waterbassins van warme kassen is ingeburgerd (vergr. 70 x). Het aantal

rijen is klein : behalve de centrale vinden we links en rechts maar één rij lateralialia en één rij marginalia (formule : 1 + 1 + 1 + 1 + 1). Fig. 7b is een deel van dezelfde radula, sterker vergroot (150 x). Voor een beter inzicht in de structuur vergelijk men fig. 2, nr. 1, 2, 3. Deze enkele grepen uit duizenden tonen duidelijk aan welk een eindeloze variatie er bestaat.

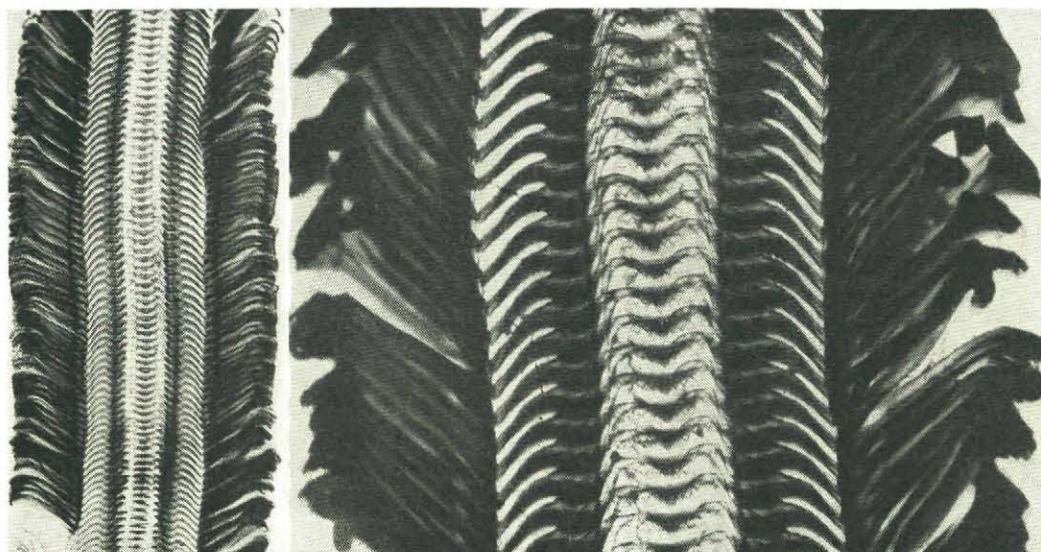


Fig. 7a.

Fig. 7b.

In Nederland wordt er praktisch niets aan het onderzoek van radulae gedaan, behalve door een enkeling en dan nog min of meer „ambtshalve”. In Engeland en in de Verenigde Staten is dat geheel anders en ik hoop aangetoond te hebben, dat er op dit gebied zoveel interessants te beleven valt, dat wij in zekere zin een achterstand hebben in te halen. Voor degenen die het eens proberen willen ligt in ieder geval een boeiend studieveld open, dat de tijd en de moeite van het praepareren ten volle waard is. Voor inlichtingen kunnen serieuze belangstellenden zich steeds tot mij wenden.

's Gravenhage, Mispelstraat 11.

- Litteratuur : BOWELL, E. W. The Microscopy of Radulae. A Review.
J. Roy. Microsc. Soc. 48: 161-177 (1928)
VERDCOURT, B. An Introduction to the Study of Radulae.
The Microscope (London) 6: 35-39 (1946)
VERDCOURT, B. The Staining of Radulae.
Stain Technol. 23: 145-149 (1948).

¹⁾ De microphoto's werden op mijn aanwijzingen vervaardigd door M. VAN ECK, fotograaf van het Vezelinstituut T.N.O. Het is mij een genoegen hier te vermelden dat de Directeur van het Vezelinstituut, Ir. J. R. H. VAN NOUHUYS, zo bereidwillig is geweest de apparatuur voor microphotografie voor wetenschappelijk werk in vrije uren beschikbaar te stellen.