

---

ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI  
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI  
**RENDICONTI**

---

ROBERTO BERTOLANI

**Osservazioni cariologiche su alcuni Macrobiotus  
(Tardigrada)**

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,  
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 52 (1972), n.2, p. 220-224.*

Accademia Nazionale dei Lincei

<[http://www.bdim.eu/item?id=RLINA\\_1972\\_8\\_52\\_2\\_220\\_0](http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1972_8_52_2_220_0)>

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

---

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma  
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)  
SIMAI & UMI*

<http://www.bdim.eu/>

**Zoologia.** — *Osservazioni cariologiche su alcuni Macrobiotus (Tardigrada)* (\*). Nota di ROBERTO BERTOLANI, presentata (\*\*), dal Socio A. STEFANELLI.

SUMMARY. — The chromosome morphology and number in somatic and germinal mitoses were studied in some species of *Macrobiotus*. Most of these species (*M. areolatus*, *M. coronifer*, *M. harmsworthi*, *M. hufelandii* and bisexual biotype of *M. richtersi*) have  $2n = 12$  chromosomes, but in two aquatic species with similar morphology (*M. dispar* and *M. pul-lari*)  $2n = 10$  chromosomes are found. The chromosome number in males and females of *M. areolatus* and *M. richtersi* is the same. In the ripening oocytes and in the first blastomeres the metaphasic chromosomes show a peculiar large size. No idiograms were made because the chromosomes are too small, similar and without detectable centromeres.

I dati riguardanti la cariologia dei Tardigradi ed in particolare quelli di *Macrobiotus* sono scarsi e in qualche caso poco attendibili. Basse, ad esempio, attribuisce a *Macrobiotus hufelandii* un cariotipo di circa 14 cromosomi (« in der Äquatorialplatte finden sich etwa 14 Chromosome », pag. 271) [1]; Henneke descrive 5 corpi cromatici nelle divisioni cellulari delle gonadi maschili e femminili di *Macrobiotus macronyx* [2]; la determinazione della specie è però ritenuta errata [3]. Von Wenck osserva 5 bivalenti nella prima divisione maturativa degli ovociti e 10 cromosomi nelle mitosi embrionali di *Macrobiotus lacustris* [4], ma anche in questo caso è errata la determinazione della specie [5]. Marcus elenca alcuni cariotipi ed in particolare 14 cromosomi per *Macrobiotus hufelandii* e 12 per *M. harmsworthi* [6].

In precedenti osservazioni ho riscontrato la presenza di due biotipi in *M. richtersi*: un biotipo bisessuato con 6 bivalenti nella 1<sup>a</sup> metafase maturativa e 12 cromosomi nelle metafasi somatiche e goniali, ed un biotipo partenogenetico con 18 univalenti nelle metafasi ovocitarie e 18 cromosomi nelle mitosi somatiche e goniali [7]. In un'altra Nota ho descritto il cariotipo di *M. hufelandii*: esso risulta costituito da 12 cromosomi nelle mitosi e 6 bivalenti nella 1<sup>a</sup> metafase maturativa delle femmine e dei maschi [8], diverso cioè dai 14 cromosomi di Basse [1] e Marcus [6].

In questa Nota riferisco alcuni dati sulla cariologia di *Macrobiotus*. La determinazione delle specie è stata eseguita utilizzando le monografie di Marcus [3] e Ramazzotti [9]. Rimando ad una Nota precedente [8] la dettagliata descrizione dei metodi utilizzati per l'allestimento dei preparati (montaggio in polivinil lattofenolo di uova e di animali per la diagnosi sistematica e colorazione *in toto* con orceina aceto-lattica, eventualmente seguita

(\*) Ricerca eseguita nell'Istituto di Anatomia Comparata dell'Università, Via Berengario, 14, 41100 Modena.

(\*\*) Nella seduta del 12 febbraio 1972.

da schiacciamento, per l'analisi cariologica). Le misure riportate sono state eseguite ai massimi ingrandimenti.

Ritengo sia opportuno premettere alla descrizione particolareggiata dei singoli cariotipi alcuni dati generali sulla morfologia dei cromosomi dei Tardigradi.

Va innanzitutto tenuto presente che la forma e le dimensioni dei cromosomi variano notevolmente. Infatti negli adulti i cromosomi mitotici in metafase sono in genere rotondeggianti o brevemente allungati, hanno dimensioni dell'ordine di  $1\ \mu$  e sono compresi in piastre di  $4-7,5\ \mu$  di diametro. I bivalenti nella 1<sup>a</sup> metafase meiotica maschile (spermatocita I) si presentano in piastre di piccole dimensioni ( $3\ \mu$  di diametro) a forma di stella e raggiungono al massimo  $1\ \mu$  di lunghezza. I bivalenti della 1<sup>a</sup> metafase meiotica femminile appaiono invece molto distanziati l'uno dall'altro (piastre di  $6,5-18\ \mu$  di diametro) e sono molto più voluminosi ( $2,8-5\ \mu$  di lunghezza) rispetto ai cromosomi mitotici. Anche le mitosi delle prime segmentazioni embrionali hanno un diametro maggiore ( $13-16\ \mu$ ) e presentano cromosomi bastoncellari sottili ( $0,8\ \mu$ ), ma molto allungati ( $3-4\ \mu$ ) rispetto a quelli dell'adulto; in stadi embrionali più avanzati piastre e cromosomi assumono la morfologia e le dimensioni che si rinvengono nell'adulto.

Per quel che riguarda le singole specie i risultati sono i seguenti:

#### *Macrobotus areolatus* Murray.

Popolazioni bisessuate: Appennino modenese; La Sila e Le Serre (Calabria): 135 esemplari di cui 38 ♂♂, 45 ♀♀ e 52 incerti. Sono state esaminate inoltre 11 femmine raccolte presso Finale Ligure (Savona).

Sono state studiate 12 metafasi di ovociti I, che presentano 6 bivalenti; di queste ne sono state misurate 8. Nei maschi sono state osservate numerose metafasi di spermatociti I, anche in questo caso con 6 bivalenti, delle quali ne sono state misurate 5. Nelle mitosi delle cellule dell'intestino medio di ♀♀ e ♂♂ e nelle cellule goniali di ♀♀ sono presenti 12 cromosomi rotondeggianti (Tav. I, 1). Il diametro delle piastre metafasiche degli ovociti I varia da  $6,5$  a  $12\ \mu$ ; i singoli bivalenti, misurati in fuso, variano da  $2,8$  a  $4\ \mu$ .

Nelle metafasi degli spermatociti I le piastre presentano un diametro molto minore ( $2,5-3\ \mu$ ) ed i 6 bivalenti hanno piccole dimensioni ( $0,8-1\ \mu$ ); nelle metafasi maturative maschili, diversamente da quelle femminili (Tav. I, 2), è difficile distinguere la duplicità del bivalente. Il diametro delle metafasi mitotiche è compreso tra  $4$  e  $5\ \mu$  ed i singoli cromosomi sono lunghi circa  $1\ \mu$ .

#### *Macrobotus coronifer* Richters.

Popolazione priva di maschi: Val Malenco (Sondrio): 49 esemplari. Sono state studiate 4 metafasi meiotiche di ovociti I, di cui ne sono state misurate 3, e 3 metafasi mitotiche. Il cariotipo è costituito da 6 bivalenti nella 1<sup>a</sup> metafase maturativa degli ovociti e da 12 cromosomi nelle cellule

dell'intestino medio e goniali (Tav. I, 3). Il diametro delle piastre meiotiche va da 10 a 16  $\mu$  e la lunghezza dei bivalenti da 3,5 a 5  $\mu$ . Nelle metafasi mitotiche la lunghezza dei cromosomi è di 1,3-1,5  $\mu$ .

*Macrobotus dispar* Murray.

Popolazione priva di maschi: Lago della Chioggiola (Pavullo, Appennino modenese): 23 animali.

Il cariotipo consiste di 5 bivalenti negli ovociti in metafase I (Tav. I, 4) e 10 cromosomi nelle mitosi goniali, intestinali (Tav. I, 6) ed embrionali (Tav. I, 5). Le metafasi ovocitarie studiate sono state 25, di cui ne sono state misurate 15. Il diametro di queste metafasi varia da 14,5 a 18  $\mu$ ; in media ogni bivalente, misurato in fuso, è lungo da 3,8 a 5  $\mu$ ; i bivalenti misurati in piastra presentano una larghezza da 2 a 2,7  $\mu$ . Nelle mitosi dello adulto le dimensioni delle metafasi e dei singoli cromosomi variano a seconda del tessuto esaminato; infatti nelle mitosi intestinali le metafasi raggiungono un diametro massimo di 6  $\mu$ , i cromosomi sono bastoncellari, lunghi 1,3-1,5  $\mu$  e larghi 0,5  $\mu$ ; nelle divisioni goniali invece i cromosomi sono rotondeggianti e misurano 1,3-1,5  $\mu$  di diametro. Nelle prime segmentazioni dell'uovo il diametro delle piastre metafasiche oscilla tra 13 e 16  $\mu$ ; in una di queste metafasi, particolarmente chiara ed in piano, i cromosomi sono bastoncellari e 4 di essi misurano 4  $\mu$ , 2 misurano 3,5  $\mu$  e gli altri 4 misurano 3  $\mu$ ; la larghezza di ciascun cromosoma si aggira su 0,8  $\mu$ . Nonostante le maggiori dimensioni dei cromosomi, nelle divisioni embrionali come nelle altre mitosi e nella meiosi, non si individua il centromero.

*Macrobotus pullari* Murray.

Popolazione priva di maschi: Lago Palù (Val Malenco, Sondrio): 30 animali.

Negli ovociti in metafase I sono presenti 5 bivalenti e 10 cromosomi nelle cellule dell'intestino medio e dell'ipoderma (Tav. I, 7).

Le metafasi meiotiche studiate sono 3, delle quali ne sono state misurate 2; il loro diametro è di circa 10  $\mu$ , la lunghezza dei singoli bivalenti è di 2,8-4  $\mu$ . I cromosomi delle cellule dell'intestino medio oscillano tra 1,3 e 1,5  $\mu$ ; un'unica mitosi ipodermica con un diametro di 4  $\mu$  presenta lunghezze cromosomiche comprese tra 0,8 e 1  $\mu$ .

*Macrobotus richtersi* Murray.

Popolazione bisessuata: S. Rossore (Pisa): 54 ♂♂, 33 ♀♀ e 35 incerti. Popolazioni partenogenetiche: Appennino modenese: 118 animali. La cario-logia di questa specie è già stata descritta in precedenza [7]. Va precisato che le metafasi della 1° divisione meiotica femminile del biotipo bisessuato (diploide) hanno un diametro che va da 10 a 16  $\mu$ ; i 6 bivalenti (Tav. I, 8) sono lunghi da 3,2 a 4,5  $\mu$  e larghi 2-2,5  $\mu$ . Le metafasi degli spermatoziti I

misurano 2,3–3  $\mu$  e i loro bivalenti 0,8–1  $\mu$ . Le metafasi mitotiche presentano nei maschi e nelle femmine 12 cromosomi, hanno un diametro di circa 5,5  $\mu$  e la lunghezza dei cromosomi varia da 1 a 1,3  $\mu$ . Le piastre degli ovociti nel biotipo partenogenetico (triploide) presentano un diametro che va da 12 a 18  $\mu$  (Tav. I, 9); la lunghezza dei 18 univalenti è in media compresa tra 2,5 e 3  $\mu$ , la larghezza da 1,5 a 2  $\mu$ . Le mitosi triploidi hanno un diametro di circa 6  $\mu$  ed i cromosomi sono lunghi 1  $\mu$ .

A conclusione di questi dati riporto nella Tabella le attuali conoscenze sul cariotipo di *Macrobiotus*.

TABELLA

SPECIE	2n	n	AUTORI
<i>Macrobiotus areolatus</i> . . . . .	12	6	
<i>Macrobiotus coronifer</i> . . . . .	12	6	
<i>Macrobiotus dispar</i> . . . . .	10	5	
<i>Macrobiotus harmsworthi</i> . . . . .	12	6	Marcus [6], Bertolani [8]
<i>Macrobiotus hufelandii</i> . . . . .	14		Basse [1], Marcus [6],
» » . . . . .	12	6	Bertolani [8]
<i>Macrobiotus pullari</i> . . . . .	10	5	
<i>Macrobiotus richtersi</i> . . . . .	12	6	Bertolani [7]
» » (biotipo triploide)	18	18	Bertolani [7]

Da questi dati risulta che la morfologia dei cromosomi in *Macrobiotus* non può essere di grande aiuto per la costruzione di cariogrammi e per la tassonomia, poiché i cromosomi sono piccoli e rotondeggianti o brevemente allungati e piuttosto simili tra loro; solo nelle metafasi dei primi stadi embrionali (vedi *M. dispar*) si osservano cromosomi molto lunghi (bastoncellari), ma le differenze di lunghezza tra di loro non sono rilevanti ed in essi non è visibile il centromero.

Il dato più sicuro e concreto resta pertanto il numero dei cromosomi: esso, escluso il caso del biotipo partenogenetico triploide di *M. richtersi*, è abbastanza uniforme (tra 10 e 12), tuttavia le sue variazioni possono essere collegate a differenze morfologiche ed ecologiche. Infatti i *Macrobiotus* con 10 cromosomi (*M. dispar* e *M. pullari*) vivono esclusivamente in acque dolci, hanno apparato boccale e uova molto simili e si distinguono tra di loro essenzialmente per la forma delle unghie (rispettivamente di tipo *macronyx*

ed *echinogenitus*); *M. areolatus*, *M. coronifer*, *M. harmsworthi*, *M. hufelandii* e *M. richtersi* possiedono 12 cromosomi, hanno un apparato boccale che varia da specie a specie, unghie di tipo *hufelandii* e vivono in substrati sottoposti ad essiccamento (muschi, licheni ecc.). Non ritengo che i dati siano sufficienti per trarre delle conclusioni generali e pertanto mi ripropongo di esaminare altre forme acquatiche e muscicole, per verificare se il numero dei cromosomi in *Macrobotus* sia un carattere utile per la divisione in gruppi all'interno del genere.

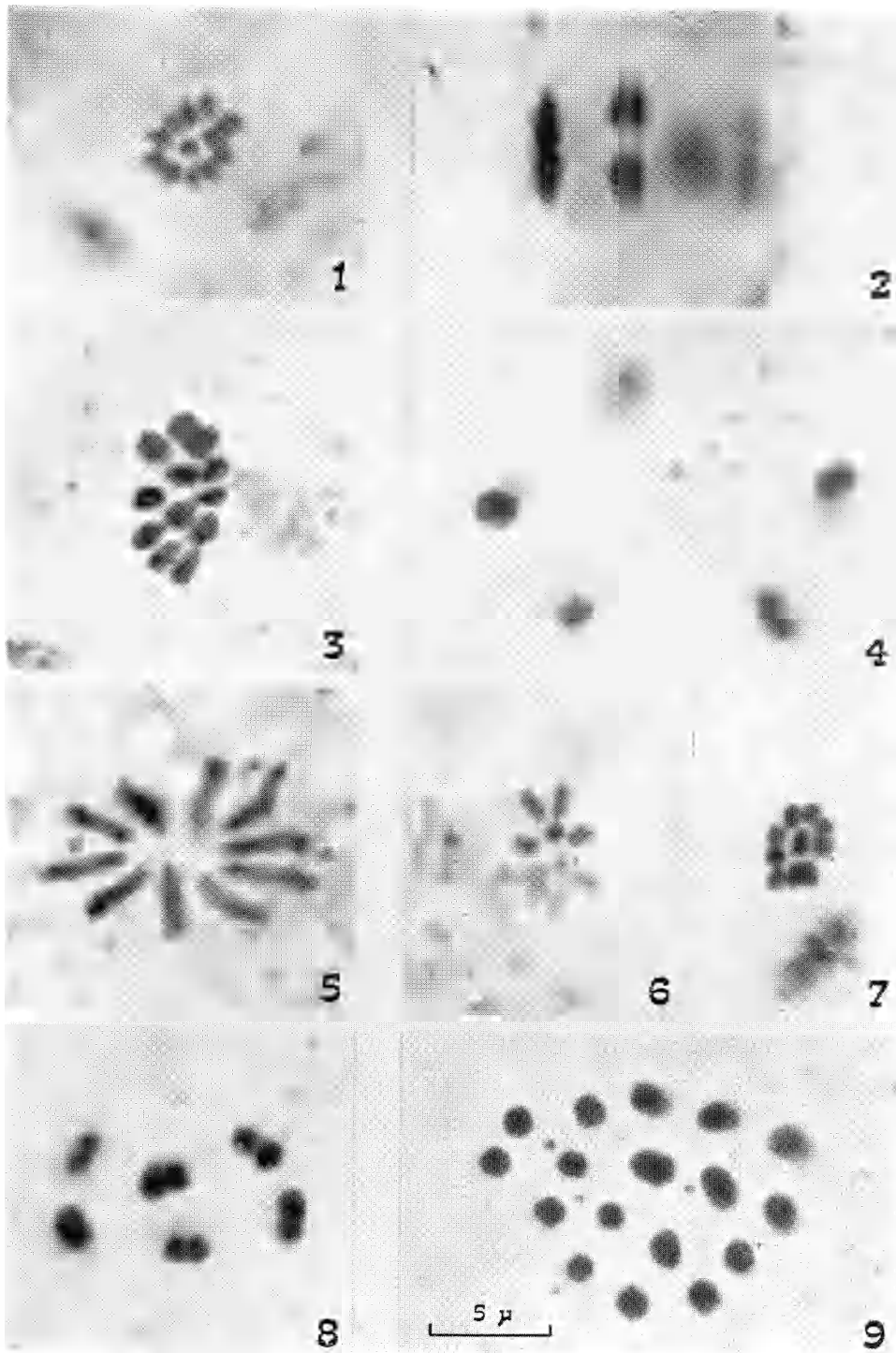
Un altro risultato, emerso dall'esame cariologico di *M. areolatus* e di *M. richtersi*, è che non vi è una differenza numerica tra i cromosomi del maschio e quelli della femmina.

Un ultimo rilievo, infine, riguarda le dimensioni dei cromosomi negli ovociti e nei primi blastomeri; esse infatti sono decisamente maggiori rispetto a quelle dei cromosomi mitotici e degli spermatozoi. In altri generi di Tardigradi von Wenck nota questo fenomeno durante le prime segmentazioni [4] e Ammermann anche nella 2ª divisione maturativa, indicando che gran parte dei grossi cromosomi è costituita da RNA [10]. Le presenti osservazioni dimostrano che le maggiori dimensioni dei cromosomi compaiono dalla 1ª divisione maturativa femminile in tutte le specie di *Macrobotus*, sia nei biotipi bisessuati che in quelli partenogenetici.

Concludendo: la maggior parte dei *Macrobotus* esaminati (*M. areolatus*, *M. coronifer*, *M. harmsworthi*, *M. hufelandii* e biotipo diploide di *M. richtersi*) ha 12 cromosomi in condizione diploide; *M. dispar* e *M. pullari* ne possiedono invece 10. Le variazioni numeriche riscontrate sono in rapporto a differenze ecologiche e morfologiche. Nelle popolazioni bisessuate di *M. areolatus* e *M. richtersi* il numero cromosomico dei maschi è uguale a quello delle femmine. In tutti i *Macrobotus* esaminati si riscontra che i cromosomi dell'ovocita e dei primi blastomeri sono più voluminosi.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] A. BASSE, « Zeitschr. wiss. Zool. », 80, 259-281 (1905).
- [2] J. HENNEKE, « Zeitschr. wiss. Zool. », 97, 721-752 (1911).
- [3] E. MARCUS, in: *Das Tierreich*, 66 (W. de Gruyter Verl., Berlin und Leipzig 1936).
- [4] W. VON WENCK, « Zool. Jahrb. », *Abt. Anat. Ont.*, 37, 465-514 (1914).
- [5] L. CUNÈOT, in: *Faune de France*, 24, 1-96 (Lechevalier ed., Paris 1932).
- [6] E. MARCUS, in: BRONNS, *Klassen und Ordnungen des Tierreichs*, V (Akademische Verlagsges., Leipzig 1929).
- [7] R. BERTOLANI, « Rend. Acc. Naz. Lincei », ser. VIII, 50, 487-489 (1971).
- [8] R. BERTOLANI, « Rend. Acc. Naz. Lincei », ser. VIII, 50, 772-775 (1971).
- [9] G. RAMAZZOTTI, « Mem. Ist. Ital. Idrobiol. », 14, 1-595 (1962).
- [10] D. AMMERMAN, « Chromosoma », 23, 203-213 (1967).



Metafase goniale (1) e ovocitaria (2) in *M. areolatus*. Metafase goniale in *M. coronifer* (3). Metafase ovocitaria (4), embrionale (5) e somatica (6) in *M. dispar*. Metafase somatica in *M. pullari* (7). Metafase ovocitaria nel biotipo diploide (8) e triploide (9) in *M. richtersi*.  
(Col. *in toto* conorceina; tutte le foto allo stesso ingrandimento)