

ENCYCLOPAEDIA CINEMATOGRAPHICA

Editor: G. WOLF

E 1910/1973

Trichodorus similis (Nematoda) Embryonalentwicklung

Mit 2 Abbildungen

GÖTTINGEN 1973

INSTITUT FÜR DEN WISSENSCHAFTLICHEN FILM

Film E 1910

Trichodorus similis (Nematoda) **Embryonalentwicklung**

U. Wyss, Hannover

Allgemeine Vorbemerkungen¹

Zu den fundamentalen Erkenntnissen über die streng determinierte Furchung bei Nematodeneiern führten um die Jahrhundertwende u. a. die Untersuchungen von BOVERI (1892), ZUR STRASSEN (1896), MARTINI (1903), MÜLLER (1903) und später auch die Untersuchungen von PAI (1928). Eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse erscheint hier angebracht, da in neueren Arbeiten über die Embryonalentwicklung von Nematoden die Bezeichnungen der einzelnen Blastomeren vorbehaltlos aus den damaligen Untersuchungen übernommen wurden. Auch in der anschließenden Beschreibung der Furchung von *Trichodorus similis* wird diesem Vorgang gefolgt. Die Kenntnisse über das festgelegte Schicksal der einzelnen Blastomeren stammen aus Untersuchungen an Nematodeneiern von *Parascaris equorum*, *Camallanus lacustris*, *Turbatrix aceti* und anderen Arten. Die wenigen damals bereits bekannten phytopathogenen Nematoden wurden für derartige Studien nicht herangezogen.

Die erste, stets äquatorial verlaufende Furchung teilt die befruchtete Eizelle (Po) in zwei meist gleich große Blastomeren. Die vordere, am animalen Pol, dem künftigen Vorderende des Keimes, liegende Blastomere wird als S1 bezeichnet. Sie ist die erste Ursomazelle. Aus ihren Tochterzellen AB, $\alpha\alpha$ $b\beta$, a I α II α I α II b I b II β I β II, etc. entstehen nach PAI [10] bei *Turbatrix aceti* etwa vier Fünftel der Körperdecke, das gesamte Nerven- und Exkretionssystem, die Sinnesorgane

¹ Angaben zum Film und kurzgefaßter Filminhalt (deutsch, englisch, französisch) s. S. 14 u. 15.

sowie die Vulva des Weibchens und die Spikula des Männchens. Die hintere, am vegetativen Pol liegende Blastomere wird als P1 bezeichnet. Sie ist die erste Propagations- oder Keimbahnzelle. Sie liefert alle übrigen Organe. P1 wird in die zweite als S2 oder häufig auch als EMST bezeichnete Ursomazelle und in die Propagationszelle P2 zerlegt. Aus der Blastomere EMST gehen durch nachfolgende Teilungen das Entoderm (E), das Mesoderm (M) und das Stomodaeum (ST) hervor. P2 teilt sich in P3 und die dritte Ursomazelle S3, die Ektoderm bildet, das später als Körperbedeckung die hintere Region des Nematoden umgibt. Die vierte, bei der Teilung von P3 entstehende Ursomazelle S4 liefert den ektodermalen Enddarm und vermutlich noch Mesoderm. Die Furchung von P4 führt zu S5 und P5. Aus S5 gehen nach PAI [10] die somatischen Teile der Geschlechtsorgane hervor. P5 ist die erste Urgeschlechtszelle.

Bereits 1888 beschrieb STRUBELL [14] die Embryonalentwicklung des Rübenzystematoden *Heterodera schachtii*, erwähnte aber, daß sich das Ei von *Heterodera* für entwicklungsgeschichtliche Studien wenig eigne. Jahrzehnte verstrichen seit STRUBELLS Veröffentlichung, bis neuere Beiträge zur Embryologie phytopathogener Nematoden erschienen. Zu erwähnen sind u. a. Untersuchungen an *Criconemoides xenoplax* (SHESHADRI [12]), *Ditylenchus destructor* (ANDERSON u. DARLING [1]), *Hoplolaimus indicus* (DASGUPTA et al. [7]), *Longidorus* und *Xiphinema* spp. (FLEGG [8]), *Meloidogyne naasi* (SIDDIQUI u. TAYLOR [13]), *Nacobbus serendipiticus* (CLARK [5]), *Pratylenchus scribneri* (ROMAN u. HIRSCHMANN [11]), *Radopholus similis* (VAN WEERDT [15]), *Rotylenchulus parvus* (DASGUPTA u. RASKI [6]), *Tylenchorhynchus claytoni* (WANG [16]). In den Eiern dieser Nematoden wird die Teilungsfolge der ersten Furchungsteilungen bis zum 4-Zellen-Stadium, teilweise bis zum 8-Zellen-Stadium, doch nicht weiter verfolgt, da Überlagerungen und Verschiebungen der Blastomeren eine genaue Bestimmung der Furchungssequenz nicht mehr ermöglichen. In der Regel teilt sich zuerst die Blastomere S1, gefolgt von P1, A, B, EMST und P2. Bei *Ditylenchus destructor* hingegen und anderen *Ditylenchus*-Arten, u. a. *D. myceliophagus* (BRUN u. CAYROL [4]) klüften sich die beiden Tochterzellen der ersten Ursomazelle vor der ersten Keimbahnzelle. Auch bei *Tylenchorhynchus claytoni* (WANG [16]) treten Abweichungen von der üblichen Teilungsfolge, da sich P1 erst nach der Furchung der Blastomere A teilt, auf.

Die ersten drei Furchungsteilungen verlaufen, außer bei den Eiern von *Ditylenchus destructor*, in äquatorialen Ebenen. Sie führen zu einem 4-Zellen-Stadium mit linearer Anordnung der Blastomeren. In schmalen Eiern wird diese Anordnung bis zur vierten Furchungsteilung beibehalten. In Eiern, die mehr Bewegungsfreiheit zulassen, verschieben sich die Blastomeren und gruppieren sich zu einem ebenen Rhombus,

einer für Nematoden charakteristischen und sehr konstanten Anordnung, die bis zur nächsten Teilung so bestehen bleibt. Die weiteren zum 8-Zellen-Stadium führenden Furchungsteilungen sind in der Regel meridional mit senkrecht oder schräg zur Längsachse des Eies gerichteten Spindeln.

Die Gastrulation erfolgt relativ früh, bei *D. destructor* (ANDERSON u. DARLING [1]) z. B. kurz nach dem 16-Zellen-Stadium. Der Vorgang der Gastrulation läßt sich in Eiern phytopathogener Nematoden schlecht verfolgen. In einigen Beschreibungen wird Entodermbildung durch Invagination vermutet. Ento- und Ektoderm sind nach der Gastrulation stets gut erkennbar. Die ektodermale Schicht, bestehend aus kleineren und granula-armen Zellen, umschließt die größeren und granula-reichen entodermalen Zellen. Nach zahlreichen weiteren Zellteilungen ist die hellere künftige Ösophagusregion deutlich von der dunkleren Darmregion abgegrenzt. Der Embryo wird schmaler mit zunehmendem Streckungswachstum des Hinterteiles, das sich schließlich gegen die Ventralseite umschlägt. Zur selben Zeit beginnen die ersten Eigenbewegungen des inzwischen wurmförmigen Keimes. Noch während der intensiven Streckungsphase setzen Organbildung und histologische Differenzierung ein.

Vor dem Schlüpfen sind in der inzwischen mehrfach gewundenen Larve außer dem Geschlechtsapparat sämtliche Organe voll ausdifferenziert und funktionsfähig. Nach fast allen bisher erschienenen Angaben über die Embryonalentwicklung phytopathogener Nematoden der Ordnung Tylenchida häutet sich die Larve im ersten Stadium noch im Ei. Es schlüpft die Larve im zweiten Stadium. Bei den als phytopathogen erwiesenen Gattungen der Ordnung Dorylaimida schlüpft hingegen bereits die Larve im ersten Entwicklungsstadium (FLEGG [8], BIRD et al. [3]). Meist wird beim Schlüpfen — eine Ausnahme bilden vermutlich die phytopathogenen Dorylaimida — die Eihülle mit Hilfe des Mundstachels durchbrochen.

Die Gattung *Trichodorus* COBB gehört zur Ordnung Dorylaimida. Ihr gilt seit einigen Jahren besonders starkes Interesse, seitdem die Fähigkeit verschiedener Arten zur Übertragung des Rattle- und Pea Early Browning Virus nachgewiesen wurde. Trotz der wirtschaftlichen Bedeutung der *Trichodorus*-Arten ist über ihre Biologie z. Z. noch wenig bekannt. Die einzigen Angaben über die Embryonalentwicklung einer *Trichodorus*-Art stammen von BIRD et al. [3]. Beschrieben werden die ersten drei Furchungsteilungen (im 4-Zellen-Stadium sind die gleich großen Blastomeren linear hintereinander angeordnet) sowie die zeitlichen Abstände bis zur Bildung der Blastula, der Gastrula, des Mundstachels und bis zum Schlüpfen der Larve (L1) von *T. christiei*, einer in den USA weit verbreiteten Art. Sie wurde auch in der BRD nachgewiesen, doch ihr eng begrenztes Auftreten in bisher sehr wenigen

Fundorten ist sicherlich auf eine Einschleppung zurückzuführen. Die in den Sandböden Niedersachsens häufig vorkommende Art *T. similis*, deren Embryonalentwicklung nachstehend beschrieben wird, wurde bereits im Film E 1763 des Inst. Wiss. Film, Göttingen, bei der Nahrungsaufnahme vorgestellt.

Über die Embryonalentwicklung von *Trichodorus similis* und zur Methodik

Methodik

Zur Gewinnung äußerlich keimfreier Eier wurden Weibchen von *T. similis* in steriler Agarkultur an Sämlingswurzeln von *Nicotiana tabacum* gehalten. Die frisch gelegten Eier wurden mit einer Mikropipette aus dem Agar entfernt, einzeln in kleine Wassertropfen auf einer 2—3mm dicken, 1%igen Aqua dest. Agarschicht in Plastikschaalen (90 mm \varnothing) übertragen und anschließend mit einem runden Deckglas (80 mm \varnothing) überdeckt. Die offene Fläche zwischen Deckglas und Innenrand der Plastikschaale wurde zur Vermeidung von Pilzinfektionen und einer Schrumpfung des Agars mit dünn aufgetragener Vaseline abgedichtet. In den so hergestellten Kammern konnte die Embryonalentwicklung in mehreren Eiern bis zum Schlüpfen der Larven bei starker Vergrößerung verfolgt werden. Für Zeitrafferaufnahmen, die sich über mehrere Tage erstrecken sollten, wurden zur Verhinderung von Schärfeschwankungen die von HEUNERT [9] entwickelten Kammerpräparate verwendet. Bei sämtlichen Aufnahmen wurde die Zimmertemperatur bei $25 \pm 1^\circ \text{C}$ gehalten.

Embryonalentwicklung von *Trichodorus similis*

Die frisch gelegten Eier von *T. similis* sind stets noch 1-zellig, in der Regel ellipsoid geformt, 70—82 μm lang und 37—42 μm breit ($n = 50$) und zeigen keine polare Differenzierung. Bei einer Temperatur um 25°C beginnt sich 12—15 Stunden nach der Eiablage das Protoplasma allmählich von der Eischale abzuheben. Die Richtungskörper werden erstmals sichtbar. Sie liegen häufig median auf der Ventralseite des Eies. Eine innere lipide Eimembran, früher bei Nematodeneiern als Vitellinmembran (vgl. BIRD [2]) bezeichnet, wird nach dem Abheben des Eiplasmas und auch später nicht erkennbar. Im Ei führen lebhaftere Bewegungen zu einer ständigen Formveränderung des Protoplasmas. Die Bewegungen kommen erst kurz vor der Verschmelzung der beiden Vorkerne zum Stillstand. Zu dieser Zeit nimmt das abgerundete Eiplasma nur noch gegen 70% des gesamten Eivolumens ein (Abb. 1/1). Die nun folgende Beschreibung der Furchung und Gastrulation stützt sich auf die Analyse des Filmmaterials aus der 7. Einstellung (s. S. 11).

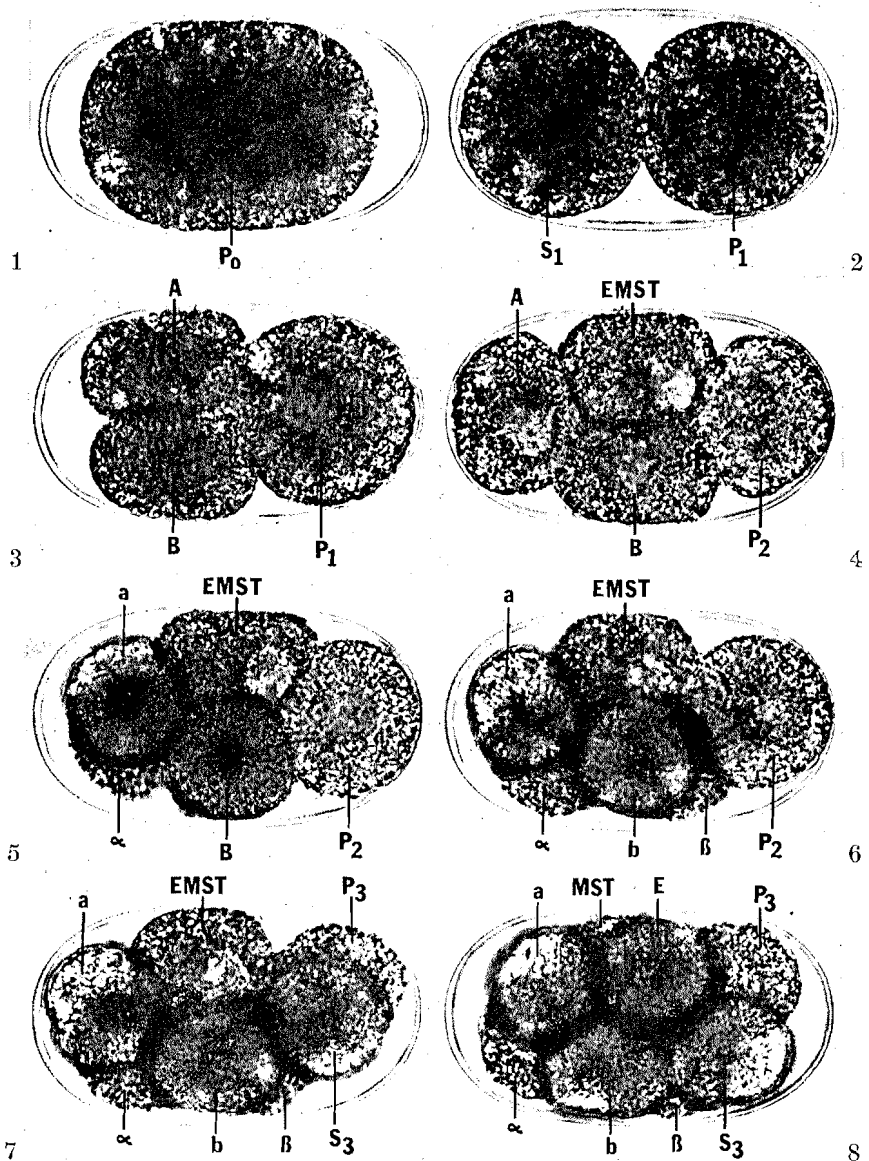


Abb. 1. Verlauf der zum 8-Zellen-Stadium führenden Furchungsteilungen (s. Text S. 6f.). Die Standbilder stammen aus der 7. Einstellung des Films. Im dort dargestellten Ei befinden sich links der animale Pol und oben die Ventralseite

Eine Stunde nach der Karyogamie durchschnürt die erste, äquatoriale Teilung die Zygote in die beiden gleich großen Blastomeren S1 und P1 (Abb. 1/2). Die sonst in diesem Stadium noch nicht bestimmbar Polarität des Eies wurde aus den späteren Aufnahmen abgeleitet. Danach befinden sich links der animale Pol und oben die Ventralseite des Eies. Durch starke Plasmabewegungen, die erst kurz vor der Mitose aufhören, verändern sich die Konturen der beiden Zellen fortlaufend. Derartige Bewegungen werden auch später in jeder neu gebildeten Zelle fortgesetzt.

Das 2-Zellen-Stadium bleibt fast 7 Stunden lang erhalten (Abb. 2). Dann zerlegt die zweite, am animalen Pol einschneidende und parallel zur Längsachse des Eies verlaufende Furche die Blastomere S1 in die Tochterzellen A und B (Abb. 1/3). Noch vor der Klüftung von P1 ver-

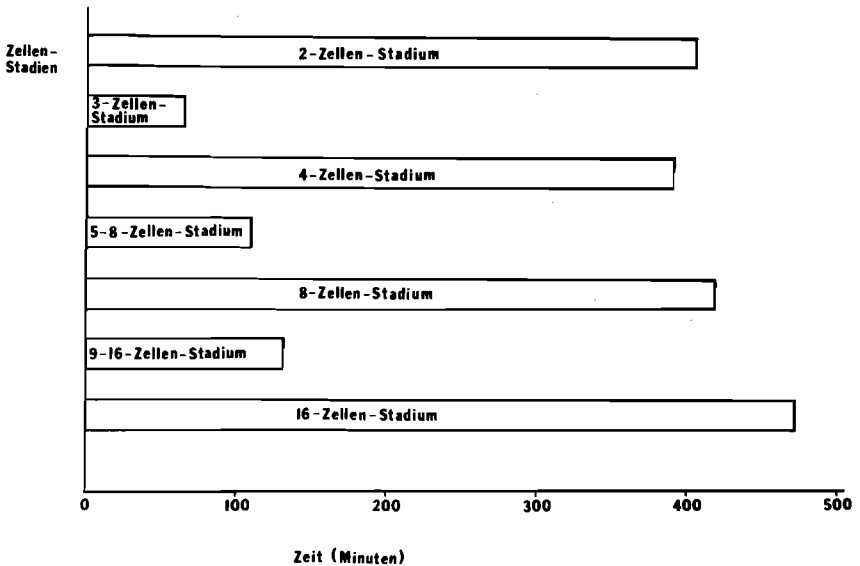


Abb. 2. Dauer der einzelnen Zellen-Stadien während der ersten Furchungsteilungen bei einer Temperatur um 25° C. Die Angaben beziehen sich auf das im Film (7. Einstellung) gezeigte Ei

lagern sich A zum Vorderende und B zur Dorsalseite des Eies. Das 3-Zellen-Stadium ist von relativ kurzer Dauer (Abb. 2). Die dritte, am vegetativen Pol einschnürende Furche zerlegt, mit schräg zur Längsachse gerichteter Spindel, P1 in die Blastomeren EMST und P2. EMST wird danach sofort zur Ventralseite und P2 zum Hinterende des Eies

verschoben. Somit liefert die Klüftung zum 4-Zellen-Stadium fast unmittelbar die rhombische Anordnung der Blastomeren (Abb. 1/4). Das 4-Zellen-Stadium ist von ähnlich langer Dauer wie das 2-Zellen-Stadium (Abb. 2). Aus dieser Abbildung geht deutlich hervor, daß auch später Ruhephasen mit schnellen Teilungsphasen im Rhythmus wechseln. Die vier zum 8-Zellen-Stadium führenden Zellteilungen verlaufen stets meridional. Zuerst teilt sich A, gefolgt von B, P2 und schließlich EMST (Abb. 1/5—8). Die Teilungssequenz ist nach dem 4-Zellen-Stadium jedoch nicht streng determiniert. Analysen an sechs weiteren und jeweils von verschiedenen Weibchen gewonnenen Eiern zeigten eine stark variable Teilungsfolge, nach der sich B vor A, P2 vor B und EMST vor P2 teilen können. Der Übergang vom 8- zum 16-Zellen-Stadium wird im Film dargestellten Ei durch die Teilung der Blastomere α eingeleitet; es folgt die Klüftung von P3, und zuletzt teilt sich MST. Vom 16-Zellen-Stadium an kann die Reihenfolge der Furchungsteilungen in den zusammengeballten und sich z. T. verdeckenden Blastomeren auch mit Hilfe der Einzelbildanalyse nicht mehr verfolgt werden.

Die Gastrulation erfolgt im Film in dem dort gezeigten Ei durch Invagination, kurz nach Vollendung des 32-Zellen-Stadiums. Die größeren und granula-reicheren entodermalen Zellen im Innern des Keimes sind im späten 32-Zellen-Stadium bereits erkennbar, treten aber erst im 64-Zellen-Stadium sehr deutlich in Erscheinung. Es folgen zahlreiche weitere Teilungen, bis etwa $4\frac{1}{2}$ Tage nach der Keimblätterbildung das Streckungswachstum des Embryos deutlich sichtbar einsetzt. Besonders schnell streckt sich nach dem ventralen Einknick das sich fortlaufend verschmälernde und mit einer Wachstumsrate von ca. $2\ \mu\text{m}/\text{h}$ kopfwärts wachsende Hinterende. Das von der dunkleren künftigen Darmregion abgegrenzte hyaline und zu Beginn der Streckung stark verbreitete Vorderende bleibt am animalen Pol des Eies, verschmälert sich aber ebenfalls zusehends und bewegt sich, nur unter Raffung sichtbar, schwach auf und ab. Die Differenzierung der Mundhöhle wird erkennbar, noch bevor das Schwanzende über die Kopfregion hinausgewachsen ist. Darauf setzen, sobald das Schwanzende an der Eischale anstößt und sich an ihr verbiegt, heftige Bewegungen der Larve ein. Sie dreht sich mehrmals um die Längsachse des Eies und gleitet dann in beliebiger Richtung an der Eischale entlang. Ca. 12 Stunden später wird die Differenzierung des Mundstachels sichtbar, dessen Entwicklung wegen der zu Beginn kontinuierlichen und erst allmählich nachlassenden Bewegung der sich noch immer stark streckenden Larve nicht genau verfolgt werden kann.

Etwa drei Tage nach der ersten Eigenbewegung der Larve sind Mundstachel und Ösophagus voll ausdifferenziert. Die Bewegungsintensität der ausgewachsenen, nun 4- bis 5fach im Ei gewundenen Larve hat sich inzwischen erheblich verringert. Auf längere Ruhephasen folgen

jeweils ruckartige oder nur noch sehr kurz andauernde Bewegungen der innerhalb der rigiden Eischale stark eingegengten Larve. Erst ca. 12 Stunden vor dem Schlüpfen wird die Eischale, wahrscheinlich durch die Abgabe von Speichelsekreten, allmählich dünner und flexibler. Die Speichelabsonderung ist nicht direkt sichtbar, doch deuten wenige durch längere Zeitabschnitte getrennte Kontraktionen im die Speicheldrüsen enthaltenden Basalbulbus des Ösophagus auf eine derartige Aktivität. Mit zunehmender Flexibilität der Eischale und der damit verbundenen wiedergewonnenen Bewegungsfreiheit steigert sich die Aktivität der Larve. Heftige, die Eihülle stark ausdehnende Bewegungsphasen werden aber noch immer durch längere Phasen völliger Inaktivität abgelöst, in denen nur vereinzelte Kontraktionen im Basalbulbus erfolgen. Diese Kontraktionen sind von kurzer Dauer (2—10 Sekunden) mit jeweils einer Kontraktion pro Sekunde. Schließlich reißt während einer Bewegungsphase die Eihülle an einer Stelle, auf die vom Kopf oder auch vom Schwanz gerade am meisten Druck ausgeübt wird. Nie werden Stachelstöße beim Durchbrechen der Eihülle ausgeführt. Es schlüpft immer die Larve im ersten Stadium; eine Häutung im Ei wurde nie beobachtet.

Filmbeschreibung¹

24 B/s

1. *Trichodorus similis* wird vorgestellt. Der Nematode saugt an einer Sämlingswurzel von *Brassica rapa* var. *silvestris*, hier an einer Rhizodermiszelle. Nach der Nahrungsaufnahme trennen sich die Lippen von der Einstichstelle, die Stachelstöße werden nicht mehr fortgesetzt. Anschließend bewegt sich der Nematode auf der Suche nach einer neuen Saugstelle an der Wurzel entlang.

Bildfeldbreite 0,39 mm

2. Ein gravidus Weibchen bewegt sich durch den Agar. Das ablegereife Ei ist im Uterus wenige μm vor der Vagina noch stark zusammengepreßt. Es dehnt sich nach der Ablage, die hier nicht gezeigt wird, noch beträchtlich aus und wird annähernd so breit wie die an der Vulva gemessene Körperbreite des Weibchens.

Bildfeldbreite 0,25 mm

3. Die vor der Ablage noch sehr flexible Eihülle wird eingedrückt, solange sich das Ei unter der Vagina befindet. Die Vulvamuskulatur kontrahiert sich mehrmals.

Bildfeldbreite 0,18 mm

¹ Die *Kursiv*-Überschriften entsprechen den Zwischentiteln im Film.

Eientwicklung

30 B/min bis 30 B/h

4. Ca. 12 Stunden nach der Eiablage hebt sich das Eiplasma allmählich von der Eischale ab. 6 B/min.

Bildfeldbreite 0,18 mm

5. Ein anderes Ei. Hier hat sich der Eiinhalt schon stärker von der Eischale abgehoben. Die beiden eng zusammenliegenden Richtungskörper werden erstmals sichtbar. 30 B/min.

Bildfeldbreite 0,18 mm

6. Wenige Stunden vor der Fusion der beiden Vorkerne setzen starke Bewegungen im Eiplasma ein. Es entstehen pseudopodienartige Ausstülpungen, die sich wieder abrunden. Die hier gewählte Aufnahme­frequenz von 12 B/min erweckt den Eindruck, daß sich das Protoplasma amöboid fortbewegen könnte, wäre es nicht in der Eischale eingeschlossen. Mit zunehmender Abrundung des sich stark zusammenziehenden Protoplasmas läßt die Intensität der Plasmabewegung allmählich nach. Zu dem Zeitpunkt, da das abgerundete Protoplasma nur noch ca. 70% des gesamten Eivolumens einnimmt, erfolgt ein Wechsel der Aufnahme­frequenz auf 1 B/min. Die plasmatische Bewegung kommt erst unmittelbar vor der Verschmelzung der beiden Vorkerne völlig zum Stillstand. Nach der Karyogamie dreht sich das Protoplasma um ca. 90° im Uhrzeigersinn. Kurz darauf zerlegt die erste, äquatorial verlaufende Furchungsteilung die Zygote in zwei gleich große Blastomeren. 12 B/min und 1 B/min.

Bildfeldbreite 0,18 mm

7. In einem Zeitraum von 7 Tagen werden an einem Ei Furchung, Gastrulation und Beginn der Organbildung gezeigt. Das zu Beginn der Aufnahme bereits abgerundete Eiplasma wird bei der zuerst auf 30 B/h eingestellten Rafferfrequenz sofort in zwei gleich große Blastomeren zerlegt, in denen die plasmatische Bewegung erst kurz vor der Mitose aufhört. Gleichartige Bewegungen entstehen auch später in jeder neu gebildeten Tochterzelle. Die Sequenz der ersten Furchungsteilungen und die polare Orientierung des Eies (links befindet sich der animale Pol) wurden bereits auf S. 8 beschrieben.

Auffallend ist im Verlauf der Furchung und auch später nach der Gastrulation das rhythmische Kleiner- und Größerwerden des Keimes. Die Blastomeren werden nach den Teilungsschritten zum 4-, 8-, 16-, 32-, 64- und 128-Zellen-Stadium jeweils zu einer kompakten Anordnung zusammengezogen und nehmen den kleinstmöglichen Raum ein, wie zuvor das noch nicht geteilte Eiplasma.

Unmittelbar nach Erreichen des 32-Zellen-Stadiums dreht sich der Embryo um ca. 90° um die Längsachse des Eies, und zwar entgegengesetzt zum Uhrzeigersinn. Darauf erfolgt die Gastrulation, anscheinend

durch Invagination auf der Ventralseite des Eies. Nach einer kurzen, durch das Einlegen eines neuen Films hervorgerufenen Unterbrechung, sind die dunkleren, granula-reicheren entodermalen Zellen im Innern der sich noch immer im 32-Zellen-Stadium befindenden Gastrula erkennbar. Bei den Teilungen zum 64-Zellen-Stadium klüften sich zuletzt die am vegetativen Pol liegenden Blastomeren. Noch vor Vollendung dieses Stadiums dreht sich der Keim erneut in gleicher Richtung wie zuvor um die Längsachse des Eies. Auch bei den nachfolgenden Teilungen wird deutlich, daß sich die ektodermalen Zellen am Vorderende des Embryos früher teilen als am Hinterende. Nach weiteren Teilungen — die Aufnahmefrequenz wurde inzwischen auf 15 B/h herabgesetzt — wird die Abgrenzung der aus granula-ärmeren Zellen bestehenden künftigen Ösophagusregion von der dunkleren Darmregion allmählich erkennbar. Das Hinterende beginnt sich zu strecken; es verschmälert sich und wächst kopfwärts, nachdem es sich auf der Ventralseite des Eies umgeschlagen hat. 30 B/h und 15 B/h.
Bildfeldbreite 0,175 mm

Phasen der Larvenentwicklung

12 B/s und 30 B/min

24 B/s

8. Die Aufnahmen der vorangegangenen Einstellung werden hier fortgesetzt. Das schnelle Streckungswachstum und die damit verbundene zunehmende Verschmälерung des bereits wurmförmigen Embryos kommen bei der eingestellten Frequenz von 15 B/h deutlich zum Ausdruck. Noch bevor das Schwanzende über die Kopfreion hinausgewachsen ist, beginnt am Vorderende die erste Eigenbewegung der Larve. Gleichzeitig wird die Differenzierung der Mundhöhle erkennbar. Kurz darauf setzen auch in der Schwanzregion Bewegungen ein, die sich verstärken, sobald das Schwanzende an der Eischale aufstößt. Je stärker der Schwanz weiterwächst, desto intensiver werden die Bewegungen, die schließlich die ganze Larve erfassen. 15 B/h.
Bildfeldbreite 0,175 mm

9. Dasselbe Ei, wenige Stunden später. Die 2fach und je nach Lage bereits 3fach gewundene Larve bewegt sich kontinuierlich. 12 B/s.
Bildfeldbreite 0,175 mm

10. Dasselbe Ei, 4 Tage später und ca. 1 Tag vor dem Schlüpfen. Die voll ausdifferenzierte, 4—5fach gewundene Larve ist im noch keine Volumenzunahme aufweisenden Ei stark eingengt. Nur noch ruckartig erfolgende Bewegungen äußern sich als Zuckungen bei der hier eingestellten Frequenz von 30 B/min.
Bildfeldbreite 0,175 mm

11. Ein anderes Ei. In Zeitabständen von 6, 14, 40 und 56 Stunden nach Beginn der ersten Eigenbewegung der Larve werden Phasen der Larvenentwicklung und Stachelbildung gezeigt. 24 B/s.

Bildfeldbreite 0,18 mm

12. Die Eihülle ist vor dem Schlüpfen sehr flexibel und dehnbar. Die Larve hat durch die erhebliche Volumenzunahme des Eies beträchtlich an Bewegungsfreiheit gewonnen. 24 B/s.

Bildfeldbreite 0,15 mm

Schlüpfen der Larve

24 B/s

13. Vor dem Schlüpfen wechseln Phasen der Aktivität mit Phasen völliger Ruhe. Schließlich wird die Eihülle mit dem Schwanz durchbrochen. Die Larve dringt nach weiteren Ruhepausen zufällig mit dem Kopf durch den geschaffenen Riß und schlüpft langsam aus der Eihülle. Die erhalten gebliebenen Richtungkörper werden durch die Schlangelbewegungen des Schwanzes hin- und herbewegt.

Bildfeldbreite 0,14 mm

Literatur

- [1] ANDERSON, R. V., and H. M. DARLING: Embryology and reproduction of *Ditylenchus destructor* Thorne, with emphasis on gonad development. Proc. Helm. Soc. Wash. **31** (1964), 240—256.
- [2] BIRD, A. F.: The structure of nematodes. Academic Press, New York and London (1971), 318 pp.
- [3] BIRD, G. W., R. M. GOODMAN and W. F. MAI: Observations on the embryogenesis of *Trichodorus christiei* (Nematodea: Diphtherophoroidea) Can. J. Zool. **46** (1968), 292—293.
- [4] BRUN, J., et J. C. CAYROL: Le développement embryonnaire du nematode mycophage *Ditylenchus myceliophagus* Goodey, 1958 (Nematoda-Tylenchida). Nematologica **16** (1970), 523—531.
- [5] CLARK, S. A.: The development and life history of the false root-knot nematode, *Nacobbus serendipiticus*. Nematologica **13** (1967), 91—101.
- [6] DASGUPTA, D. R., and D. J. RASKI: The biology of *Rotylenchulus parvus*. Nematologica **14** (1968), 429—440.
- [7] DASGUPTA, D. R., S. NAND and A. R. SESHADRI: Culturing, embryology and life history studies on the lance nematode, *Hoplolaimus indicus*. Nematologica **16** (1970), 235—248.
- [8] FLEGG, J. J. M.: Embryogenic studies of some *Xiphinema* and *Longidorus* species. Nematologica **14** (1968), 137—145.
- [9] HEUNERT, H.-H.: Präparationsmethoden für Vitalbeobachtungen an Mikroorganismen. Zeiss Informationen **81** (1973).

- [10] PAI, S.: Die Phasen des Lebenscyclus der *Anguillula aceti* Ehrbg. und ihre experimentell-morphologische Beeinflussung. Z. Wiss. Zool. **131** (1928), 293—344.
- [11] ROMAN, J., and H. HIRSCHMANN: Embryogenesis and postembryogenesis in species of *Pratylenchus* (Nematoda: Tylenchidae). Proc. Helm. Soc. Wash. **36** (1969), 164—174.
- [12] SESHADRI, A. R.: Investigations on the biology and life cycle of *Criconemoides xenoplax* Raski, 1952 (Nematoda: Criconematidae). Nematologica **10** (1964), 540—562.
- [13] SIDDIQUI, I. A., and D. P. TAYLOR: The biology of *Meloidogyne naasi*. Nematologica **16** (1970), 133—143.
- [14] STRUBELL, A.: Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung des Rübennematoden, *Heterodera schachtii* Schmidt. Bibliotheca Zoologica **1** (1888), 1—52.
- [15] VAN WEERDT, L. G.: Studies on the biology of *Radopholus similis* (Cobb, 1893) Thorne, 1949. Part III. Embryology and post-embryonic development. Nematologica **5** (1960), 43—52.
- [16] WANG, L. H.: Embryology and life cycle of *Tylenchorhynchus claytoni* Steiner, 1937 (Nematoda: Tylenchoidea). J. Nematol. **3** (1971), 101—107.

Angaben zum Film

Das Filmdokument wurde 1973 zur Auswertung in Forschung und Hochschulunterricht veröffentlicht. Stummfilm, 16 mm, schwarzweiß, 87 m, 8 min (Vorführgeschw. 24 B/s).

Die Aufnahmen entstanden im Jahre 1971. Veröffentlichung aus dem Institut für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz der Technischen Universität Hannover, Dr. U. WYSS, und dem Institut für den Wissenschaftlichen Film, Göttingen, Dr. H.-K. GALLE; Aufnahme und Schnitt: C. LUDWIG.

Inhalt des Films

Der Film zeigt die Vorgänge, die sich nach der Ablage im Ei von *Trichodorus similis* abspielen. Mit Hilfe der Zeitraffung werden dargestellt: Bewegung und Abrundung des Protoplasmas vor der Fusion der beiden Vorkerne, Ablauf der Furchungsteilungen, Gastrulation sowie die weitere Entwicklung und Streckung des Keimes bis zur ersten Eigenbewegung. Phasen der Larvenentwicklung und das Schlüpfen der Larve werden bei normaler Geschwindigkeit gezeigt.

Summary of the Film

The film shows the processes that take place in the egg of *Trichodorus similis* after its deposition. The following details are shown with the aid of time-lapse technique: Movement and rounding of the protoplasm before the fusion of the two pronuclei, cleavage pattern, gastrulation and the

further development and stretching of the embryo until it starts moving. Phases of the development of the larva and hatching are shown at normal speed.

Résumé du Film

Le film montre les phénomènes qui succèdent à la ponte, dans l'œuf du *Trichodorus similis*. On voit en accéléré: mouvement et arrondissement du protoplasme avant la fusion des deux noyaux initiaux, déroulement des divisions par segmentation, gastrulation et le développement qui s'ensuit avec étirement du germe jusqu'au premier mouvement autonome. Les phases du développement de la larve et son éclosion sont montrées à la vitesse normale.