

不妊虫放飼法によるゾウムシ類の根絶(4) 不妊虫の生殖生理

岐阜大学農学部昆虫学研究室 ^{さくら}桜 ^い井 ^{ひろ}宏 ^{のり}紀

はじめに

ゾウムシ類の不妊化のためのガンマ線の適切な照射時期と照射線量を決定するうえで、生殖機能に及ぼす照射の影響を明確にすることは重要である。不妊虫放飼法は大量増殖した不妊虫を雌雄ともに放すので、照射雌についても不妊化の機構を明らかにする必要がある。一方、照射虫の寿命が正常虫と比べて著しく低下するため(岩本・荒巻, 1990), 照射虫の寿命低下の原因を探ることも重要である。そこで、アリモドキゾウムシとイモゾウムシの配偶子形成と、消化生理に及ぼす照射の影響を中心に、不妊虫の生殖生理について述べる。

I 精子形成過程の細胞学的特徴

両ゾウムシの精巢は中腸の後端部に位置し、睾丸小胞が集合した左右一対のこぶし状の形状で、後部は貯精囊(seminal vesicle)に連なる(図-1)。精子形成ステージの細胞学的特徴を表-1に示す。アリモドキゾウムシの精子形成はイモゾウムシに比べて早く進行し、前者では成虫4日齢で、後者では8日齢で自由精子が形成され、貯精囊内へ精子(spermatozoon)が移行する。電子顕微鏡観察の結果、両ゾウムシの完成精子は電子密度の高い核を持つ頭部と尾部の鞭毛からなり、鞭毛は1本の軸糸とミトコンドリア鞘からなる(図-2)。軸糸は中心部にある2本の中心小管の周囲を、2本1組のダブルレット微細小管9対が取り囲み、さらにその外側をアクセサリ-微細小管9本が取り囲んだ9+9+2の小管構成で(桜井ら, 1998, 2000 a), ウリミバエの精子と同じ構造である(桜井ら, 1989)。

II 精子形成への照射の影響

アリモドキゾウムシの蛹5日齢(羽化1日前)個体とイモゾウムシの成虫2日齢個体へのガンマ線照射により、精巢では精原細胞(spermatogonium; SG), 精母細胞(spermatocyte; SC)や、精細胞(spermatid;

ST)の核は崩壊し、貯精囊(SV)内の精子(SZ)は激減した(口絵写真1)。電子顕微鏡観察により精細胞内では2または4の偶数個の軸糸や核の存在、ミトコンドリア鞘の変形、細胞質の空胞化などの異常が示された(図-3)(桜井ら, 1998, 2000 a)。照射により精原細胞から精母細胞、精細胞への分化の過程が阻害され、精細

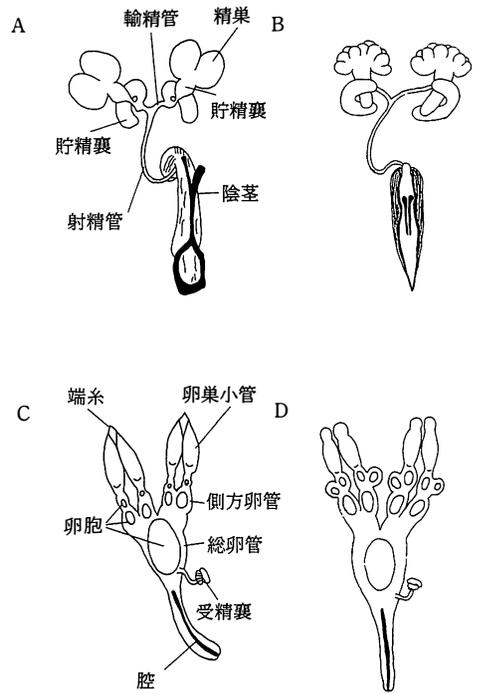


図-1 アリモドキゾウムシの精巢(A)と卵巢(C), イモゾウムシの精巢(B)と卵巢(D)の模式図

表-1 アリモドキゾウムシとイモゾウムシにおける精子形成ステージの比較

精子形成ステージ	アリモドキゾウムシ	イモゾウムシ
精原細胞から精母細胞が分化	蛹5日	成虫1日
精母細胞から精細胞が分化	成虫1日	2日
精細胞の発達	2日	4日
精子束の形成	3日	6日
精子束の発達, 自由精子の形成	4日	8日
貯精囊内に精子が蓄積	6~8日	10日
貯精囊内に精子が充満	10日	12~14日

Eradication of Weevils by Sterile-Insect-Release Method (4) Physiology of Reproduction in Sterilized Insects. By Hironori SAKURAI (キーワード: 精子形成, 卵形成, 胚子発生, 消化機能)

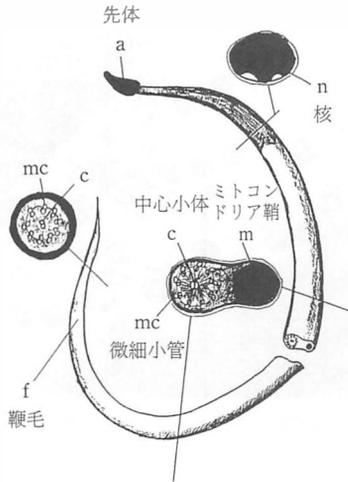


図-2 イモゾウムシの精子の構造

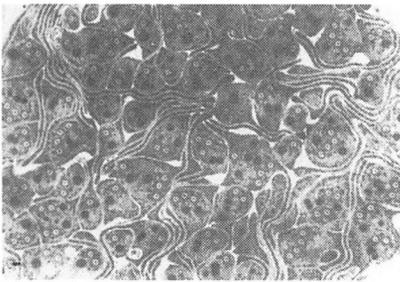


図-3 70 Gy 照射したイモゾウムシの精細胞(単位: 1 μm)

胞内に偶数個の軸糸が残存した。この異常な精細胞はその後退化するため、偶数個の鞭毛を有する異常精子は出現しなかった。なお、照射虫の貯精囊内には正常な形状の精子も存在したが、これらは受精後の胚発生を阻害する不妊精子である。

III 卵形成過程の細胞学的特徴

両ゾウムシの左右一対の卵巣は、端栄養室型の4本の卵巣小管からなる。卵巣小管は端系、生殖巣 (germarium)、卵黄巣 (vitellarium) および卵巣小管柄の四つの部分に区別され、生殖巣では1個の卵母細胞 (oocyte) を濾胞上皮細胞 (follicular epithelial cell) が取り囲んだ構造の卵胞 (follicle) が卵原細胞から分化する (図-4) (桜井, 1992)。両ゾウムシの卵形成ステージの細胞学的特徴を表-2 に示す。卵形成初期の卵巣小管の先端より未熟な卵胞が分化し发育した後、発達した卵母細胞核を有する卵胞が卵巣小管柄中に送り出される。卵黄形成期のイモゾウムシの卵母細胞では濾胞細胞からの卵黄タンパク前駆体であるピテロジェニンの取り込みと、卵黄球の蓄積を示す組織像が示された (桜井

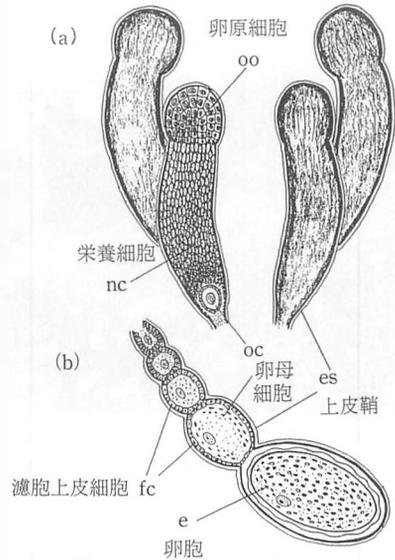


図-4 イモゾウムシの卵巣の構造。(a)生殖巣, (b)卵管

表-2 アリモドキゾウムシとイモゾウムシにおける卵形成ステージの比較

卵形成ステージ	アリモドキゾウムシ	イモゾウムシ
卵原細胞から卵細胞が分化	蛹5日	成虫1日
卵細胞は発達して卵胞に分化	成虫1日	2日
卵胞は肥大し、栄養索が発達	2~3日	4~6日
第1卵胞が卵巣小管より遊離	4日	8日
卵母細胞内に卵黄が蓄積、成熟卵の形成	6~8日	10~12日

ら, 2000 b)。卵黄形成後期には濾胞細胞より卵殻が卵胞の周囲に分泌され、アリモドキゾウムシでは羽化6日後、イモゾウムシでは10日後に成熟卵が形成された。

IV 卵形成への照射の影響

照射により雌個体の卵巣では卵母細胞の核濃縮や核崩壊がみられ (口絵写真2)、両ゾウムシとも50 Gy 照射により卵形成が抑制された (桜井ら, 1994, 2000 b)。70 Gy 照射によりイモゾウムシの濾胞上皮細胞 (FC) は扁平化し核崩壊を起こし、卵母細胞 (OC) への栄養供給は阻害され (図-5)、成熟卵が形成されず不妊化した (表-3)。このように生殖細胞のガンマ線に対する感受性は、雌の方が雄に比べてかなり高く、ウリミバエにおけると同様な傾向を示した (桜井ら, 1989, 1995, 1996; 小谷ら, 1991)。

V 照射雄の精子の受精能力

アリモドキゾウムシの照射雄と交尾した非照射雌の産

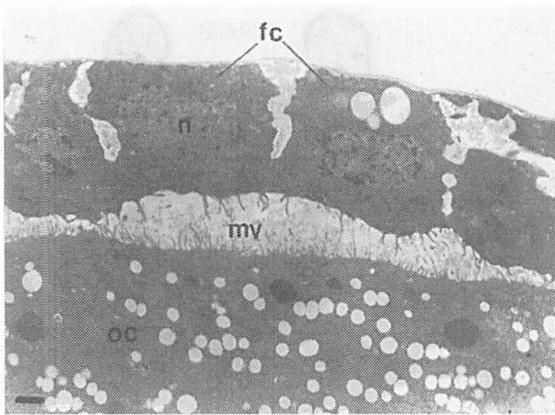


図-5 70 Gy 照射したイモゾウムシの卵細胞。fc: 濾胞上皮細胞, mv: 微絨毛, n: , oc: 卵母細胞 (単位: 1 μm)

表-3 イモゾウムシ雌の卵形成, 中腸上皮細胞, 体成分含量に及ぼす照射の影響

照射線量 (Gy)	成熟卵数 (1 卵巣当り)	円筒細胞数 (横断面当り)	グリコーゲン含量 ($\mu\text{g}/\text{mg}$)
0	5.4 \pm 0.5 a	49.7 \pm 2.7 a	54.4 \pm 5.1 a
50	0.4 \pm 0.2 b	37.0 \pm 1.9 b	19.7 \pm 2.3 b
70	0 b	28.3 \pm 2.3 c	16.4 \pm 1.1 b
90	0 b	19.1 \pm 1.3 d	10.4 \pm 2.0 b

測定値は, 平均 \pm 標準偏差。同じアルファベット文字は処理区間に有意差が認められなかったことを示す (Scheffe's 法, $p < 0.05$)。

下卵では, 卵表層に分裂核が集積した後, 胚盤の崩壊, 卵質の空泡化を起こし, 胚子発生が阻害されて胚は壊死した (口絵写真 3) (桜井ら, 1994)。このように照射雄の精子は受精には関与するものの, 正常な胚子形成を阻害し, 胚子の優性致死変異を引き起こし, ウリミバエにおける知見と一致していた (小谷ら, 1991)。

VI 成虫の消化機能と貯蔵栄養への照射の影響

照射虫の寿命低下の原因が, 消化をつかさどる中腸で示される。照射虫の中腸上皮では円筒細胞の数は非照射虫に比べて著しく減少し (表-3), 核内のクロマチンは凝縮し, また新生細胞の核は崩壊・退化した (桜井ら, 1998, 2000 b)。このように照射虫の中腸では新生細胞の細胞死 (アポシス) が起こり, 退化した中腸の上皮細胞が更新されず, 寿命の低下につながると考えられる。一方, 照射虫の中腸内腔には桿状の共生細菌 (symbiont; S) が群生し, 中腸上皮外縁部の微絨毛を侵食する組織像が示された (図-6)。このように照射に

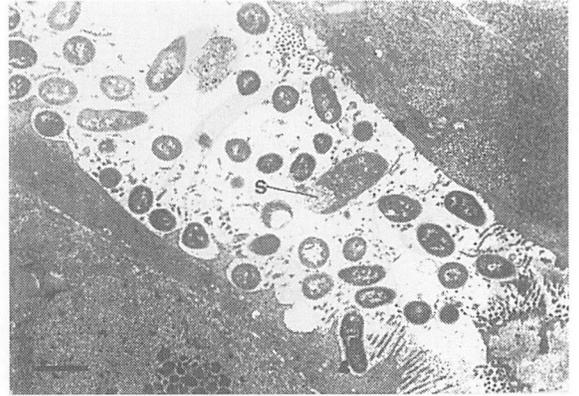


図-6 70 Gy 照射したイモゾウムシの中腸上皮。S: 共生細菌 (単位: 1 μm)

より中腸の生理機能がかく乱され, 中腸上皮に分布する菌細胞から共生細菌が放出され, 微絨毛を損傷させ消化阻害の一因となると思われる (桜井ら, 2000 b)。また, 照射虫の虫体のグリコーゲンの含量も激減しており (表-3), 照射により消化機能が抑制され栄養欠乏を起こし, 寿命低下と卵形成阻害をもたらすことが示唆され, ウリミバエと同様な照射の影響が示された (小谷ら, 1991; 桜井ら, 1995, 1996)。

おわりに

不妊虫の生存力への照射の影響を少なくするために, 発育ステージのできるだけ遅い時期に有効線量を照射し体細胞への影響を低くする必要がある。照射最適条件として, アリモドキゾウムシでは成虫 2 日齢, イモゾウムシでは成虫 4 日齢の, 自由精子がまだ形成されていない時期に, 50 Gy の低照射を行い完全不妊化させる。一方, 前者の成虫 4 日齢, 後者の成虫 8 日齢の, 自由精子が貯精嚢内に貯えられ始めた時期に, 70~90 Gy の強照射を行い不完全不妊化させて照射虫の生存率を高める。ゾウムシ類の根絶を図るうえで, 完全不妊虫と不完全不妊虫について放飼効果を比較検討していくことは重要である。

引用文献

- 1) 岩元順二・荒巻弥弘 (1990): 植物防疫 44: 124~126.
- 2) 小谷康弘ら (1991): 岐阜大学農研報 56: 51~57.
- 3) 桜井宏紀ら (1989): 同上 54: 55~69.
- 4) ——— (1992): 昆虫生理・生化学, 朝倉書店, 東京, p. 90~122.
- 5) ———ら (1994): 岐阜大学農研報 59: 11~20.
- 6) ———ら (1995): 同上 60: 35~42.
- 7) ———ら (1996): 同上 61: 31~38.
- 8) ———ら (1998): 同上 63: 31~36.
- 9) ———ら (2000 a): 同上 65: (印刷中).
- 10) ———ら (2000 b): 同上 65: (印刷中).