

マルタニシの中腸腺の構造

山元憲一^{1†}・半田岳志¹・近藤昌和¹

Structure of digestive diverticula of a mud snail, *Cipangopaldina chinensis* (Gastropoda : Mesogastropoda)

Ken-ichi Yamamoto^{1†}, Takeshi Handa¹ and Masakazu Kondo¹

Abstract : The structure of the digestive diverticula of a mud snail, *Cipangopaldina chinensis*, was examined with corrosion casts and histological sections. The cast was made using the prepolymerization methyl methacrylate (MercoxCL-2R) containing 10% Mercox MA. The digestive diverticula started as one duct out of the orifice of the stomach. The duct divided into two ducts; one extended to near the apex and another near the aperture. The tubule of digestive diverticula beginning from the two ducts repeated branching and showed the monopodial branching type. The results of this experiment probably indicate that the duct of the mud snail was supposed yet dose not differentiate into the main duct with the secondary ducts.

Key words : Mesogastropoda, mud snail ; corrosion cast ; digestive diverticula

中腸腺の先端に位置する中腸腺細管を, Nakazima¹⁾ は3つの型に分け, 腹足綱では大きな萎んだ袋状を呈するDichotomous branching type (叉状分岐型) と枝分かれを繰り返すMonopodial branching type (単軸分岐型) の2つ, 二枚貝綱では 二次導管の先端に中腸腺細管の小室が1〜数個連結したSimple branching type (単分岐型) を示すと報告している。山元ら^{2) 3)} は, 腹足綱の原始腹足目のクロアワビ *Haliotis discus discus* は単軸分岐型, 同じ原始腹足目のサザエ *Turbo (Batillus) cornutus* は叉状分岐型, 中腹足目のツメタガイ *Glossaulax didyma* および新腹足目のアカニシ *Rapana venosa* は二枚貝綱と同様の単分岐型を示すことを観察している。これらの単分岐型の中腸腺では, 胃から出た導管は, 主導管が枝分かれして二次導管へと繋がった後, 中腸腺細管に連絡している。

そのような中腸腺の構造は, 二枚貝綱では組織像の観察から模式的に図示されている^{1) 4) 7)}。山元^{2) 3) 4) 8) 9)} は, 組織学的検討に合わせる, 半重合メチルメタクリレートを使って作成した鋳型から中腸腺を立体的に把握することによって, 腹足綱では原始腹足目のクロアワビおよびサザエ, 中腹足目のツメタガイ, 新腹足目のアカニシ, 二枚貝綱では

マガキ *Crassostrea gigas*, アコヤガイ *Pinctada fucata martensii* で明らかにしている。それらの結果から, 山元ら⁴⁾ は, 中腸腺の導管は中腹足目になって主導管と二次導管に発達し, 単分岐型の中腸腺を示すようになったと推測している。

そこで, 腹足綱の原始腹足目から中腹足目へと中腸腺の構造が発達してきた過程を明らかにする目的で, ツメタガイよりも原始腹足目に近いとされている中腹足目のマルタニシ, *Cipangopaldina chinensis*¹⁰⁾ を用いて, 鋳型および切片標本を作成し, 中腸腺の位置, 立体構造および組織像を調べ, 腹足綱, 原始腹足目のクロアワビおよびサザエ, 中腹足目のツメタガイ, 新腹足目のアカニシ, 二枚貝綱のマガキおよびアコヤガイと比較検討し, 中腸腺の導管および中腸腺細管の発達を調べた。

材料および方法

実験には, 殻高 31.4 ± 3.3 mm (平均値±標準偏差, 以下同様に表す) のもの89個体および殻高4〜13mmのもの30個体を用いた。マルタニシは, 水産大学校の小野臨湖実験

2006年12月12日受付, Received December 12, 2006.

1 水産大学校生物生産学科 (Department of Applied Aquabiology, National Fisheries University, 2-7-1 Nagata-honmachi, Shimonoski, Yamaguchi 759-6595, Japan).

† 別刷り請求先 (corresponding author)

実習場の養魚池で採取し、水槽（500l）で蓄養して1週間以上絶食させ、約0.4M/lの塩化マグネシウム水溶液¹¹⁾に1～3時間浸漬して体を伸展させた後、実験に供した。

鋳型 鋳型の作成は、Handa and Yamamoto¹²⁾に準じて、主剤（MERCOS CL-2 R、応研商事株式会社）3 ml当りに硬化剤（MERCOS MA、応研商事株式会社）約0.1gを混入したもの（以降、樹脂と表す）を用いて、次のようにして行った。まず、マルタニシの殻口付近の殻を鰓が見えるまで除去し、先端近くを膨らませたポリエチレン細管（外径約1 mm、長さ20 cm、Hibiki No. 3）に水を満たし、これを口から約5 mm挿入し、プラスチックシリンジ（5 ml、Top）を使って約1.5 ml/minの速さで総量約3 mlの樹脂を注入した。注入後、細管の端を炎であぶって封入し、水に浸漬して樹脂を硬化させた。硬化後、20%水酸化ナトリウム水溶液に一昼夜浸漬して肉質部を溶かし、殻を除去して水洗した。

断面像 観察は、殻をできるだけ除去してDavidson液（エタノール：ホルマリン：氷酢酸：蒸留水=66：44：23：67）¹³⁾で固定し、殻を完全に除去した後、安全剃刀で胃の部分を中心にして軟体部を切開して行った。

組織像 観察は、小形のマルタニシを用いて前記と同様に殻を除去した後、山元ら¹⁴⁾と同様にしてDavidson液¹³⁾で固定した後、1個体丸ごと常法に従ってパラフィン切片（6 μm）を作成し、アザン染色して行った。

結 果

中腸腺は、大きく発達した育児嚢から螺塔の面に展開していた（Fig. 1）。鋳型標本からは、中腸腺は胃から螺塔へ向けて大きく発達していた（D1）が、殻口の方へも展開している様子（D2）が観察された（Fig. 2）。しかし、胃の一部は殻に接するようにして位置しており、中腸腺は胃を取り巻くようにして展開しているのではなく、従って鋳型では胃の一部が露出した形を示していた（Fig. 2）。中腸腺の導管は胃の食道寄りに位置する1箇所の開口部から1本（DD）が出ていた（Fig. 3）。

組織像では、導管（DD）は、先端に行くに従って次第に細くなり、その末端部位と考えられるところでは中腸腺細管とほぼ同じ直径となっていた（Figs. 4-7）。しかし、導管は、中腸腺の断面のどの部位をみても1本しか確認さ

れなかった（Figs. 4-7）。

中腸腺細管（TB）は、導管から出た後、直ちに枝分かれを繰り返していた（Figs. 4-7）。しかし、組織切片の向きによって、単独で丸い像を示す中腸腺細管が密集している部位とかなり長く、しかも枝分かれしているものが密集している部位とが認められた（Figs. 6, 7）。中腸腺細管の細胞は、全体がアザン染色で青く染まる消化細胞で構成され、細胞全体が赤く染まる暗細胞は確認することが出来なかった（Fig. 7）。一方、導管は胃から出たすぐの太いところから中腸腺細管とほぼ同じ直径のところまで、アザン染色で赤く染まる、繊毛支持細胞で周囲が覆われていた（Figs. 4-7）。

考 察

中腸腺は腹足綱や二枚貝綱ではいずれも胃を囲むようにして存在するとされている¹⁻¹⁵⁾。しかし、鋳型、組織像および胃を中心とした断面像をみると、原始腹足目のクロアワビやサザエ、中腹足目のツメタガイ、新腹足目のアカニシでは中腸腺は胃を完全に取り囲んでおらず、胃の外側は中腸腺が展開していない¹⁻²⁾。マルタニシでも同様に、胃の外側は中腸腺に覆われていなかった。鋳型をみると、それらの腹足目では、中腸腺は胃を中心として螺塔の方向と殻口へと2方向に展開している。マルタニシでも同様であるが、前記の他の腹足目と比較して殻口へ展開している中腸腺の部位が小さい。これは、鰓腔が変化するとされる育児嚢¹⁶⁾が鰓腔から胃の付近までを大きく占めているために中腸腺が発達できなかったものと考えられる。

腹足綱の中腸腺は1本または複数の管で胃と繋がっているとされている¹⁰⁾。Purchon¹⁷⁻¹⁸⁾は、二枚貝綱について中腸腺の導管が胃壁に開口している部位を、それぞれの導管が1本ずつ直接胃壁に開口しているところ（Orifices）と数本の導管が1箇所の胃壁の湾入したところに開口している（Embayment）2つの型に分けている。腹足綱の原始腹足目では、クロアワビの導管は胃の3箇所のOrificeからそれぞれ1本ずつ、サザエのものは1箇所のEmbaymentから数本が出ている^{17, 18)}。腹足綱の中腹足目では、タマキビ科の*Littorina littorea*の導管は食道近くの1箇所のOrificeから1本、シラタマガイ科の*Trivia monacha*のものは食道近くと中程の合計2箇所のOrificeから1本ずつ出ているところが図示されている¹⁰⁾。ツメタガイの導管は1箇所のOrificeから1本出ている¹⁾。同じ中腹足目に属するマルタニシでもツメタガイと同様に、導管は1箇所のOrificeから1本出

ていた。

導管が胃から中腸腺細管へ進むに従って枝分かれを繰り返して細くなる構造は、二枚貝綱、原鰓類の Nuculidae、等糸鰓類および真弁鰓類について図示されている⁴⁾。マガキ、アコヤガイ、クロアワビ、サザエ、ツメタガイやアカニシでは、そのような中腸腺の枝分かれの様子が鋳型標本で示されている^{5, 6, 7)}。マルタニシでも、鋳型標本からみると、同様に枝分かれている様子が確認された。

組織像からみると、マガキやアコヤガイなどの二枚貝綱の貝類では、中腸腺は導管が枝分かれを繰り返してそれらの末端に中腸腺細管の小さな室が連なったもので^{8, 9)}、腹足綱の中腹足目に属するツメタガイや腹足綱の新腹足目に属するアカニシでも中腸腺は導管が枝分かれたものである^{4, 10)}。しかし、鋳型標本で示された枝分かれの部位は腹足綱の原始腹足目に属するクロアワビやサザエでは、中腸腺細管が枝分かれたものである^{2, 11)}。マルタニシでも、同じ腹足綱の中腹足目に属するツメタガイと異なって、クロアワビやサザエと同様に、中腸腺は中腸腺細管が枝分かれたものであった。

胃から延びる導管は、サザエでは太い管の壁から中腸腺細管が出ている¹⁾。マルタニシの導管では、これと異なって、胃から出て先端の中腸腺細管の断面とほぼ同じ太さになるまでのところどころの壁から中腸腺細管が出ている⁴⁾。また、中腸腺の各部位の断面を見ると、導管は1本しか確認されなかった。そこで、マルタニシの導管は、サザエと基本構造は同じだが、同じ中腹足目のツメタガイや新腹足目のアカニシとは異なって、胃から出て直ちに二叉した後先端まで枝分かれせず、螺旋側と殻口側へそれぞれ1本ずつが延び、先端に向けて次第に細くなる構造をしていると考えられる。従って、マルタニシの導管は、同じ中腹足目のツメタガイや新腹足目のアカニシとは異なって、主導管と二次導管に分化していないと考えられる。

Nakazima¹⁾は中腸腺細管を3つの型に分け、腹足綱では大きな萎んだ袋状を呈する叉状分岐型と枝分かれを繰り返す単軸分岐型の2つ、二枚貝綱では二次導管の先端に中腸腺細管の小室1〜数個が連結した単分岐型の型に分けている。山元ら^{2, 12)}は、組織像から中腸腺細管を、腹足綱の原始腹足目のクロアワビは単軸分岐型、同じ原始腹足目のサザエは叉状分岐型、中腹足目のツメタガイおよび新腹足目のアカニシは二枚貝綱と同様の単分岐型に相当するとしている。マルタニシの中腸腺は、中腸腺細管が枝分かれを繰り返していることから、サザエと同様に叉状分岐型に

相当すると考えられる。これらのことから、主導管と二次導管を備えた導管に発達するのは、原始腹足目のサザエに近いとされるマルタニシと新腹足目のアカニシに近いとされるツメタガイの間に位置する中腹足目の仲間であると考えられる。このような導管の発達については、今後更に検討したいと考えている。

二枚貝綱では、中腸腺細管を構成する細胞は暗細胞と消化細胞から成っており¹³⁾、暗細胞は真弁鰓類ではcryptに局在し、二枚貝綱、*Nucula sulcata* (原鰓類)、ムラサキガイ、*Mytilus edulis* (等糸鰓類) やアコヤガイ (擬弁鰓類) ではcrypt構造を示さずに中腸腺細管壁に散在している¹⁴⁾。原始腹足綱のクロアワビやサザエでも、中腸腺細管は暗細胞と消化細胞から成っており、前者と同様に暗細胞はCrypt様構造のところに局在している¹⁵⁾。中腹足目のツメタガイでは、中腸腺細管は消化細胞で内面が覆われている¹⁾。中腹足目のマルタニシでも、中腸腺細管は内面全体がアザン染色で青く染まる消化細胞で覆われていた。これらのことから、マルタニシは、原始腹足綱や真弁鰓類と異なって、ツメタガイと同様に擬弁鰓類に近い中腸腺細管をもつ仲間であると推測される。

等糸鰓類や真弁鰓類では、胃および中腸腺で消化したものは導管の刷子縁のところや中腸腺細管で吸収し、中腸腺細管まで運ばれた微細な粒子は中腸腺細管の消化細胞で細胞捕食しているとされている¹⁾。Mathers²⁰⁾はヨーロッパガキ、*Ostrea edulis* にC¹⁴でラベルした *Isochrysis galbana* を捕食させて、導管の刷子縁のところと中腸腺細管での取り込みを確認している。しかし、マガキでは、二次導管にも中腸腺細管の消化細胞と同様にアザン染色で青く染まる細胞が存在している¹⁾。マルタニシでは、導管は先端まで繊毛支持細胞で周囲を囲まれており、アザン染色で青く染まる消化細胞が確認されず、消化細胞は中腸腺細管にのみ確認された。これらのことから、マルタニシは、食物の消化を中腸腺細管で行っていると考えられる。

要 約

マルタニシの中腸腺の構造を鋳型および組織像から調べた。導管は、胃の食道近くの1箇所から1本出て、二つに分かれた後、螺旋側と殻口側へ1本ずつ延びていた。中腸腺細管は導管から出た後分岐を繰り返し、叉状分岐型の中腸腺構造を示した。結果から、中腹足目のマルタニシの中腸腺は、原始腹足目のサザエと基本構造が同じで、導管はまだ主導管と二次導管に分化していないと推測した。

文 献

- 1) Nakazima M : On the structure and function of the mid-gut gland of Mollusca with a general consideration of the feeding habits and systematic relation. *Jpn J Zool*, **11**, 469-566 (1956)
- 2) 山元憲一, 半田岳志, 近藤昌和 : クロアワビの中腸腺の構造. *水大校研報*, **53**, 105-116 (2005)
- 3) 山元憲一, 半田岳志, 近藤昌和 : サザエの中腸腺の構造. *水大校研報*, **55**, 70-80 (2007)
- 4) 山元憲一, 半田岳志, 近藤昌和 : ツメタガイの中腸腺の構造. *水大校研報*, **55**, 90-98 (2007)
- 5) 山元憲一, 半田岳志, 近藤昌和 : アカニシの中腸腺の構造. *水大校研報*, **55**, 100-113 (2007)
- 6) Owen G : Observations on the stomach and digestive diverticula of the lamellibranchia. II. The Nuculidae. *Quart J micr Sci*, **97**, 541-567 (1955)
- 7) Owen G : Observations on the stomach and digestive diverticula of the lamellibranchia. I. The Anisomyaria and Eulamellibranchia. *Quart J micr Sci*, **97**, 517-537 (1955)
- 8) 山元憲一, 半田岳志, 近藤昌和 : マガキの中腸腺の鋳型作成の試み. *水大校研報*, **51**, 95-100 (2003)
- 9) 山元憲一, 半田岳志, 近藤昌和 : アコヤガイの中腸腺の構造. *水大校研報*, **52**, 31-43 (2004)
- 10) 奥谷喬司 : 生物大図鑑, 8 貝類, 第 3 版 (奥谷喬司編・監修). 世界文化社, 東京, pp. 68-70 (1991)
- 11) Namba K, Kobayashi M, Aida S, Uematsu K, Yoshida M, Kondo K and Miyata Y : Persistent relaxation of the adductor muscle of oyster *Crassostrea gigas* induced by magnesium ion. *Fish Sci*, **61**, 241-244 (1995)
- 12) Handa T and Yamamoto K : Corrosion casting of the digestive diverticula of the pearl oyster, *Pinctada fucata martensii* (Mollusca : Bivalvia). *J Shell Res*, **22**, 777-779 (2003)
- 13) Bell T A and Lightner D V : A handbook of normal Penacid shrimps histology. World aquaculture society, USA, pp. 2 (1988)
- 14) 山元憲一, 近藤昌和, 半田岳志, 林安章 : アコヤガイの鰓換水に及ぼすホルマリシの影響. *水産増殖*, **49**, 461-467 (2001)
- 15) Yonge C M : Structure and physiology of the organs of feeding and digestion in *Ostrea edulis*. *J Mar Biol Ass U K*, **14**, 295-386 (1926)
- 16) 岩田文男 : 前鰓類. 動物系統分類学 5 (下) 軟体動物 (II) (内田亨・山田真弓監修). 中山書店, 東京, pp. 7-168 (1999)
- 17) Purchon R D : The stomach in the filibranchia and pseudolamellibranchia. *Proc Zool Soc, London*, **129**, 27-60 (1957)
- 18) Purchon R D : The stomach in the Eulamellibranchia; Stomach type IV. *Proc Zool Soc, London*, **131**, 487-525 (1958)
- 19) Purchon R D : The stomach in the Eulamellibranchia; Stomach type IV and V. *Proc Zool Soc, London*, **135**, 431-489 (1960)
- 20) Graham A : The molluscan stomach. *Trans Roy Soc Edinburg*, **61**, 737-778 (1949)
- 21) Mathers N F : The tracing of a natural algal food labelled with a carbon 14 isotope through the digestive tract of *Ostrea edulis* L. *Proc malac Soc Lond*, **40**, 115-124 (1972)

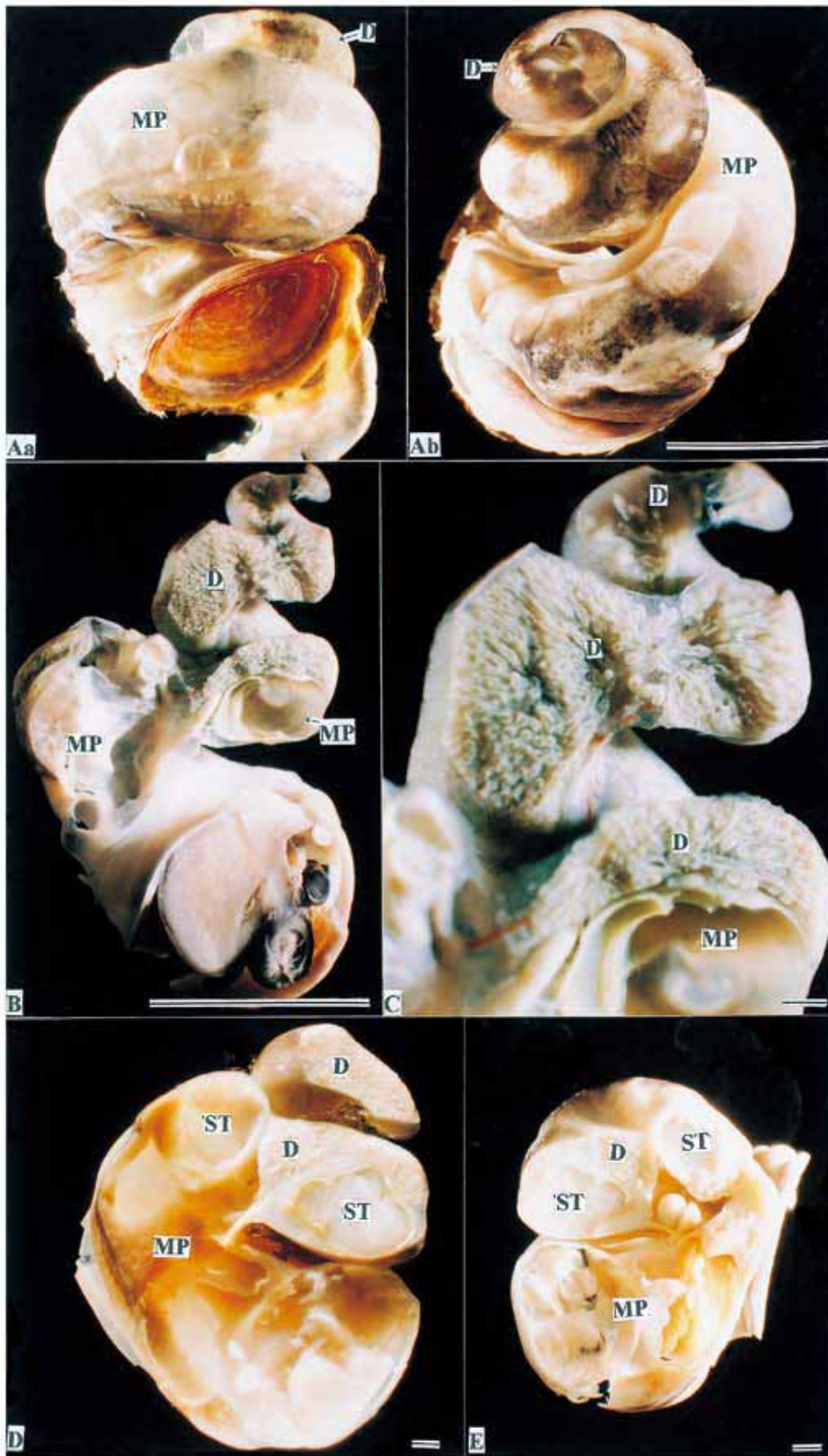


Fig. 1 . Exterior view (A), vertical section of the body (B and C) and horizontal section of the body (D and E) of a mud snail *Cipangopaldina chinensis*. D : digestive diverticula, MP: marsupium, ST : stomach. Bars in A and B=10mm, Bars in C-E= 1 mm.

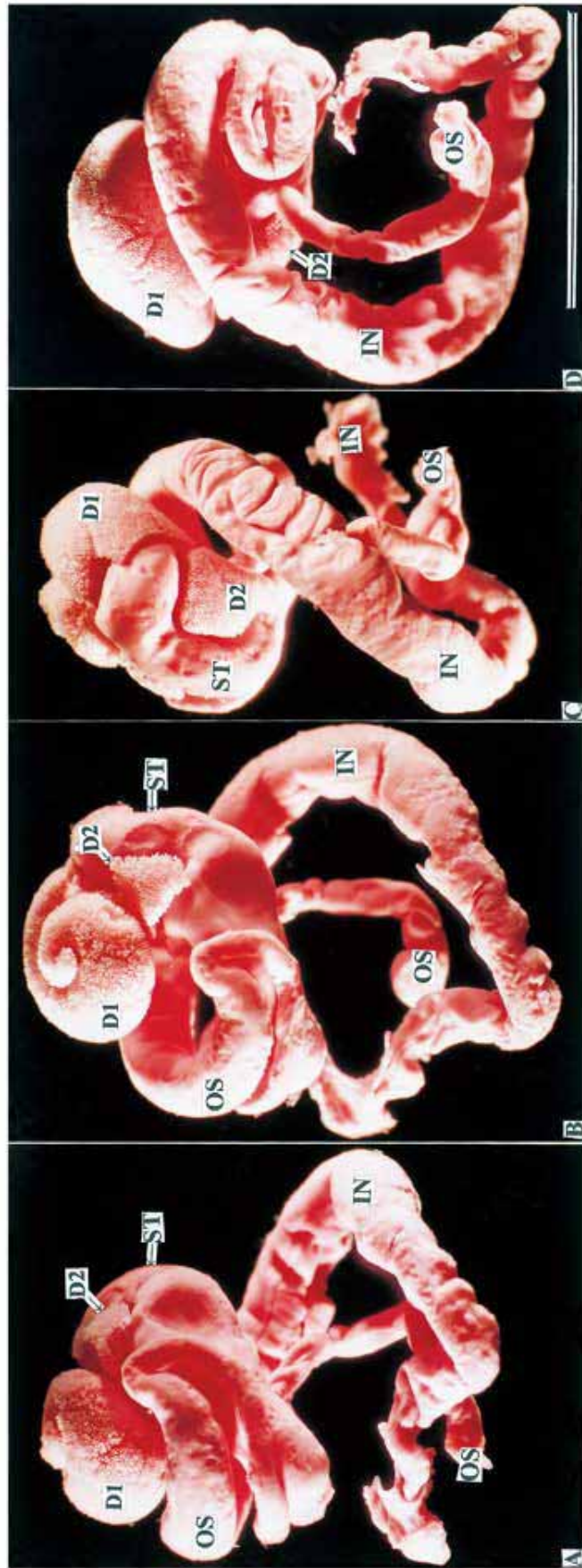


Fig. 2. Corrosion cast of the digestive organ of the mud snail. A-D are viewed from the different direction, D 1 and D 2: digestive diverticula, ST : stomach, IN: intestine, OS : oesophagus. Bar=10mm.

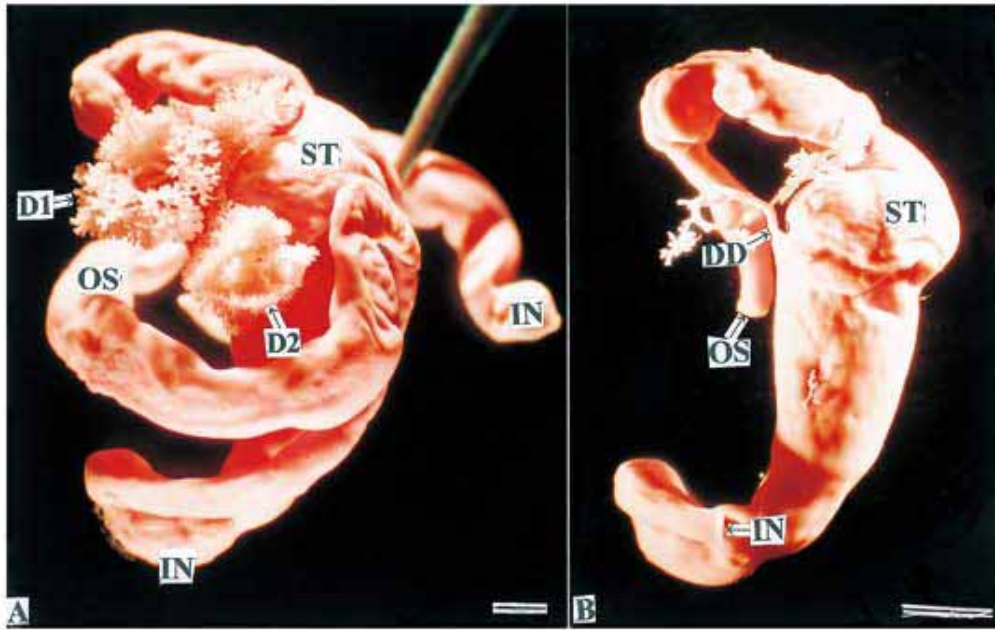


Fig. 3 . Corrosion cast of the digestive diverticula (A) and the duct (B) of the mud snail. D 1 and D 2 : digestive diverticula, DD : duct, ST : stomach, IN : intestine, OS : oesophagus. Bars = 1 mm.

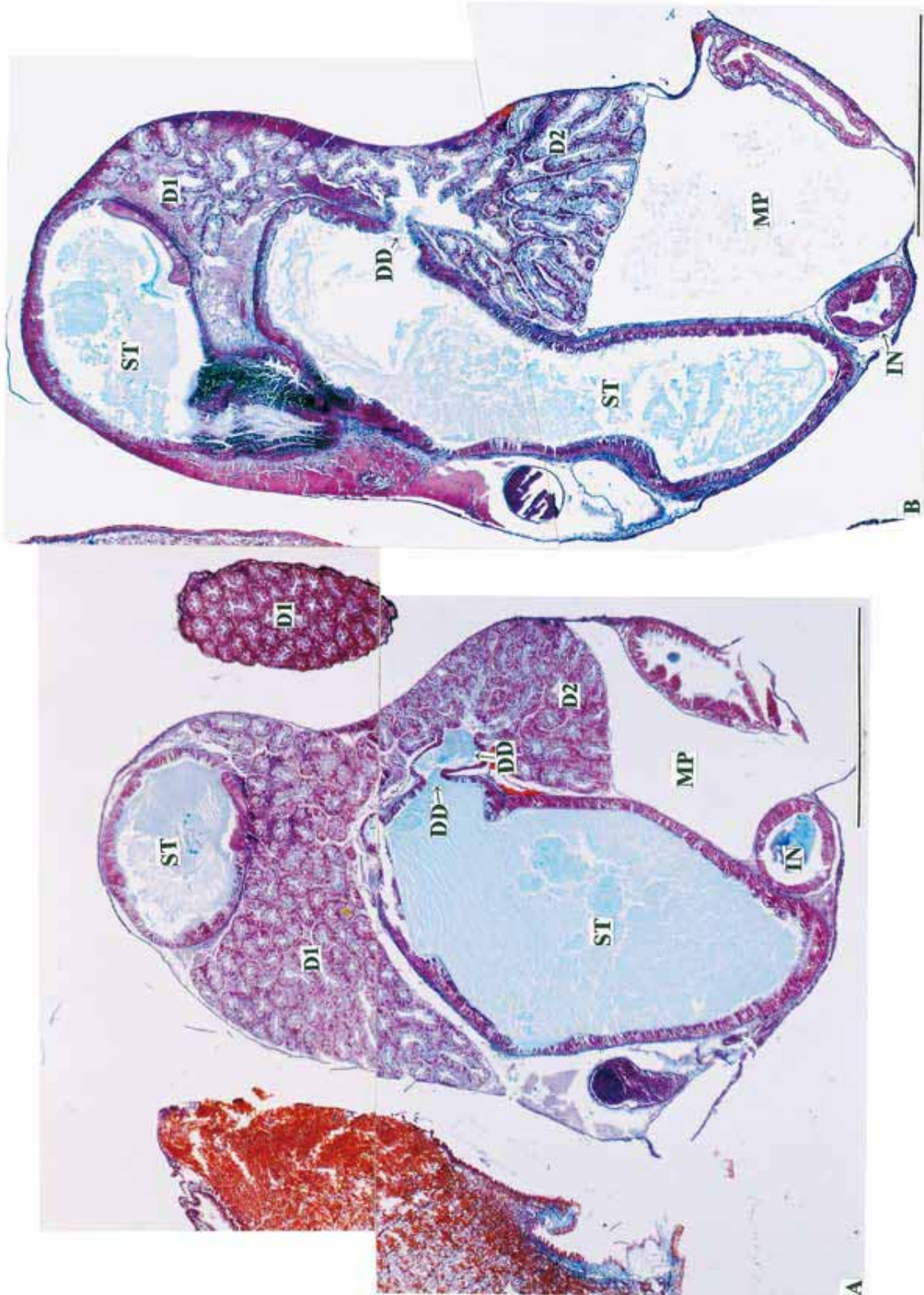


Fig. 4. Digestive diverticula of the mud snail. D 1 and D 2: digestive diverticula, DD: duet, MP: marsupium, ST: stomach, IN: intestine. Azan staining. Bars = 100 μ m.

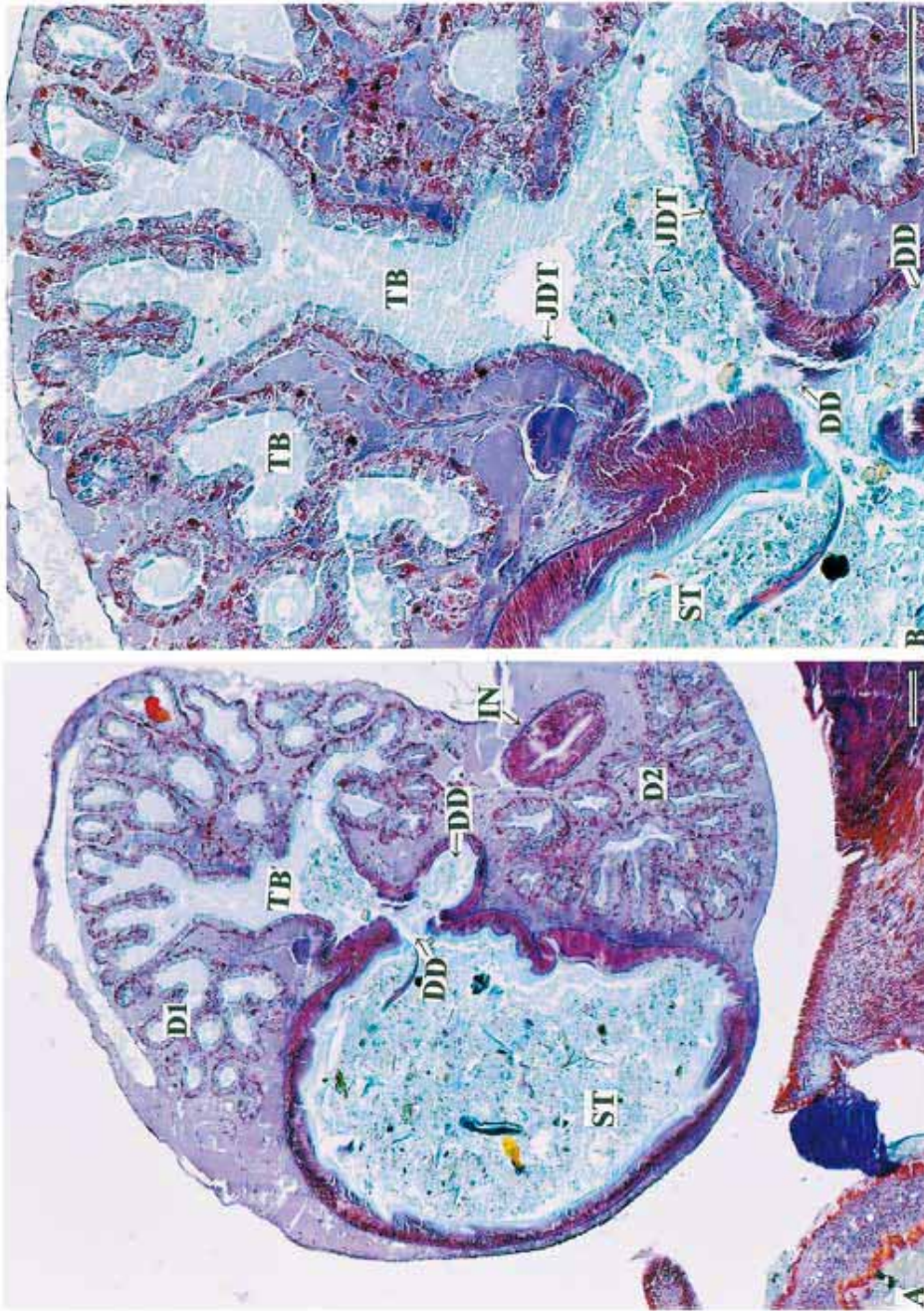


Fig. 5. Digestive diverticula of the mud snail. D 1 and D 2 : digestive diverticula, DD: duct, TB : tubule, ST : stomach, IN : intestine, JDT : junction of the duct with a tubule. Azan staining. Bars=10 μ m.

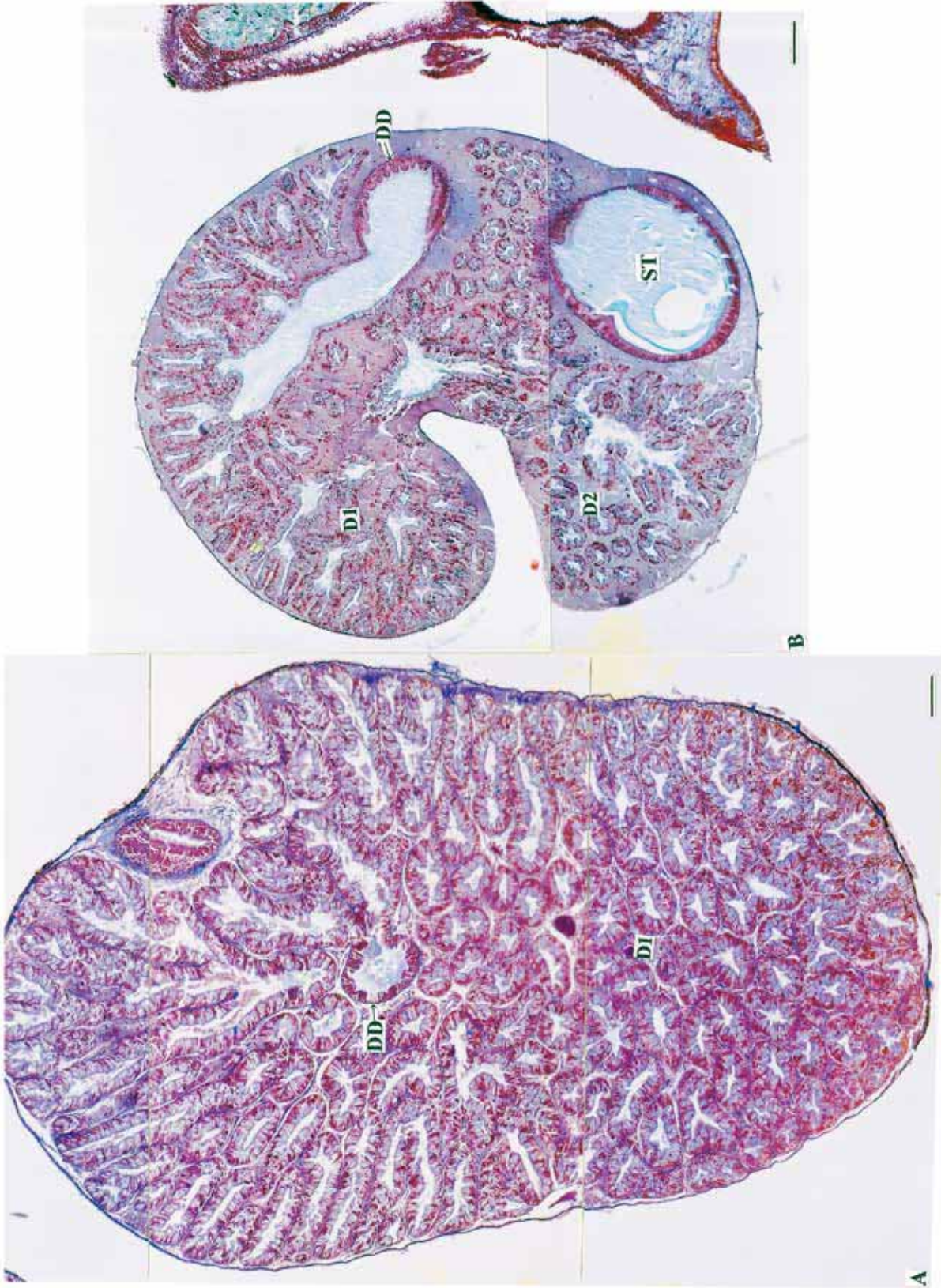


Fig. 6 . Duct of the digestive diverticula of the mud snail. D 1 and D 2 : digestive diverticula, DD : duct, ST : stomach. Azan staining. Bars = 10 μ m.

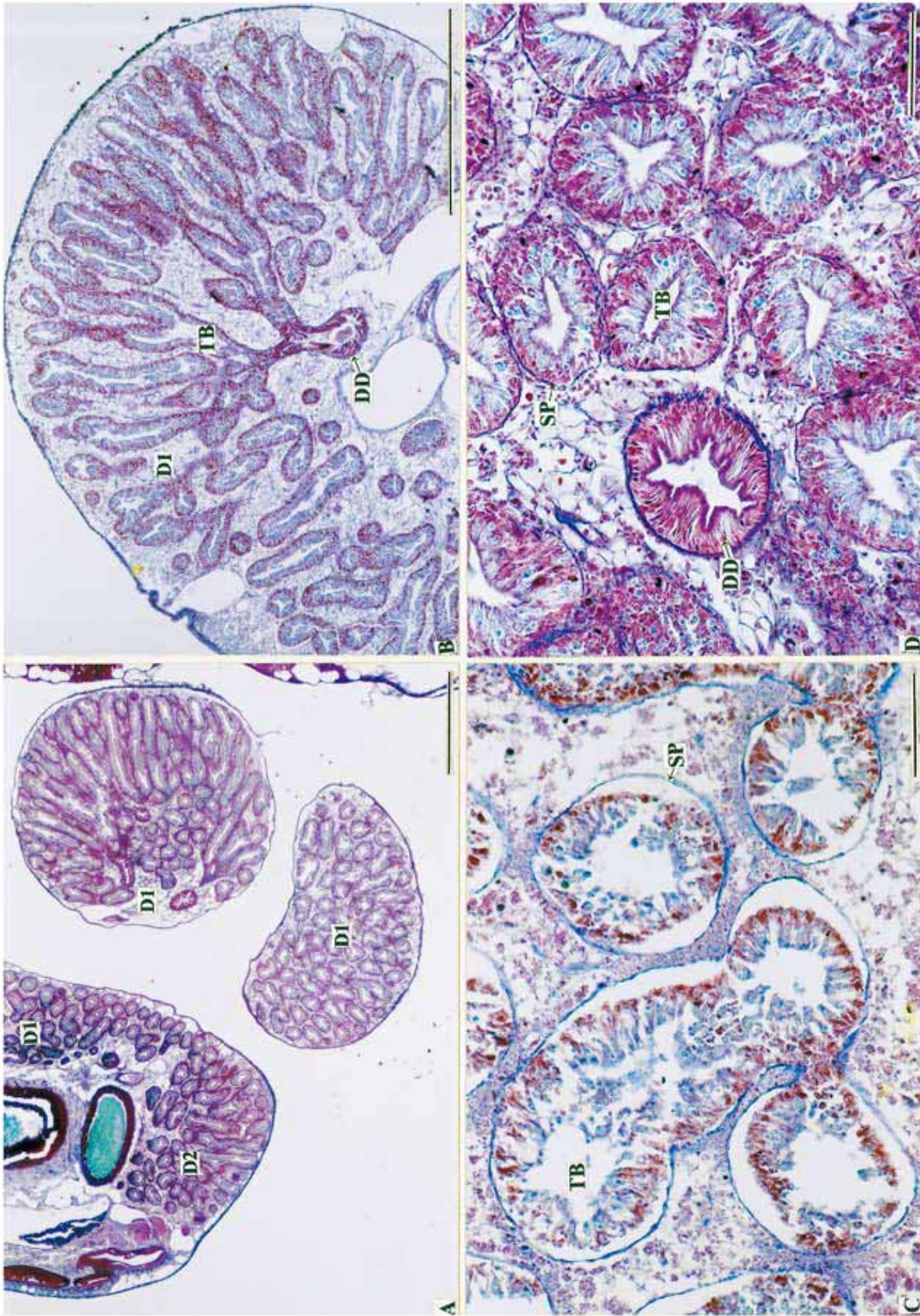


Fig. 7. Duct and tube of digestive diverticula of the mud snail. D 1 and D 2; digestive diverticula, DD : duct, TB : tube, SP : septum. Azan staining. Bar in A and B=100 μ m, bars in C and D=10 μ m.