

## بررسی تاثیر دوره‌های نوری بر رشد مراحل لاروی، دگردیسی و بقاء میگوی بزرگ آب شیرین *Macrobrachium rosenbergii*

علی مقیمی، فرشته قاسم زاده، علیرضا لطفی

گروه زیست شناسی دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد

(دریافت: ۸۲/۹/۴؛ پذیرش: ۸۲/۱۲/۱۳)

### چکیده

اهمیت میگو در تغذیه انسانی در نیم قرن اخیر بسیار مورد توجه بوده و لذا تحقیقات در خصوص روش‌های بهینه کشت و پرورش آن و بررسی نقش عوامل محیطی بر سرعت رشد و تکوین آن‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است. میگوی بزرگ آب شیرین (*Macrobrachium rosenbergii*) یکی از گونه‌های مهم اقتصادی سخت پوستان است که در بسیاری کشورهای جهان مورد کشت و تغذیه انسان بوده و توجه به ساز و کارهای موثر در رشد و تکامل این گونه، تحقیقات زیادی را به خود معطوف نموده است. در این میان تاثیر دوره‌های نوری بر مراحل لاروی و درک مکانیسم‌های مرتبط با آن جایگاه خاصی داشته و در تحقیق حاضر نیز مورد توجه محققین بوده است. به ویژه ارتباط بین نور و سیستم اندوکرینی در حشرات بر اهمیت این گونه تحقیقات افزوده است. برای بررسی تاثیر دوره‌های نوری بر مراحل لاروی و دگردیسی میگوی بزرگ آب شیرین، لاروهای انتخاب شده که در مرحله یک زندگی لاروی قرار داشتند به سه گروه تقسیم و در معرض دوره‌های نوری متفاوت (تاریکی مداوم، دوازده ساعت نور - دوازده ساعت تاریکی و روشنایی مداوم) قرار گرفتند. نمونه برداری و بررسی لاروها در مراحل و زمان‌های متفاوت نشان داد که مراحل لاروی و دگردیسی در گروهی که سیر تکوینی خود را در نور مداوم گذرانده بودند، نسبت به دو گروه دیگر، بطور معنی داری سریعتر بود و معدل زمان دگردیسی در این گروه به میزان ۴ روز سریعتر اتفاق افتاد. همچنین درصد بازماندگی لاروها در گروه روشنایی مداوم بطور معنی داری از دو گروه دیگر بیشتر بود ( $p < 0.05$ ).

واژه‌های کلیدی: *Macrobrachium rosenbergii*، دوره نوری، مراحل لاروی.

## مقدمه

نقش دوره‌های نوری در تنظیم بسیاری از فعالیت‌های فیزیولوژیک جانوران به اثبات رسیده است. رشد جسمی گروه‌های مختلفی از جانوران تحت تاثیر نور قرار دارد. برای مثال در مهره داران، پرنده‌گانی که در معرض دوره‌های متناوب نور و تاریکی قرار گرفتند (۲ ساعت نور و ۲ ساعت تاریکی) سریعتر از آنهایی که در معرض نور روزانه (۱۲ ساعت نور، ۱۲ ساعت تاریکی) قرار داشتند، رشد نمودند (Wilder *et al.* 1995). هامسترهای سوری که در معرض دوره‌های کوتاه نوری قرار گرفته بودند (۸ ساعت نور، ۱۶ ساعت تاریکی) بیشتر و سریعتر رشد کرده و تغذیه بهتری داشتند (Withyachumnarkul *et al.* 1990).

تاثیر دوره‌های مختلف نوری بر رشد سفره ماهیان بررسی شده و نشان داده شد که نور ۱۲ ساعته باعث تشدید سرعت رشد و افزایش وزن می‌شود (Lahaye *et al.* 1976). در تحقیق دیگری که بر روی نوعی ماهی پهن (*Hippoglossus hippoglossus* L.) برای بررسی تاثیر دوره‌های نوری بر زمان بلوغ و رشد بدن صورت گرفت، مشخص شد که روشنایی مداوم علاوه بر افزایش میزان رشد، زمان بلوغ را تا سه ماه تسریع نموده است (Norberg *et al.* 2001).

فوتوپریودیسم و تغییرات فیزیولوژیک آشکار آن در بی مهره‌گان و بخصوص حشرات از دهه‌های گذشته مطرح بوده و تاثیر شدت و طول زمان نوردهی بر رفتار حشرات نیز مورد تحقیق قرار گرفته است (Beck, 1968). در سخت پوستان نیز مشاهده شده که در روزهای کوتاه، بیشتر پوست اندازی می‌کنند (Aiken, 1969).

*Macrobrachium rosenbergii* نیز مانند سایر سخت پوستان تحت تاثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد و تغذیه و رشد و نمو آن تغییر قابل توجهی را نشان می‌دهد. بطوریکه تحقیقات Cuijuan و همکارانش نشان دهنده‌ی ارتباط خطی مستقیم بین دما و نور با وزن بدن در این گونه است. از طرفی، واکنش لاروهای *Macrobrachium rosenbergii* نسبت به نور، با مرحله بعد لاروی (Post larve) این جانور متفاوت است، بطوری که لاروها نور دوست بوده و به طرف منبع نور جذب می‌شوند. در حالیکه در مراحل بعد لاروی واکنش مخالف نشان داده و از نور می‌گریزند (Cuijuan *et al.* 2003).

در این تحقیق تاثیر دوره‌های متفاوت نور بر نمو لاروها، زمان دگر دیسی و درصد بقاء میگوی بزرگ آب شیرین مورد بررسی قرار گرفته است.

## مواد و روشها

**لاروها:** لاروهای مورد استفاده در این مطالعه از مخازن لاروی مرکز تکثیر میگوی آب شیرین واقع در عنبر آباد جیرفت تهیه شدند. بدین ترتیب که لاروها از مخازن تخم ریزی موجود در این مرکز برداشت و پس از شمارش، به ظروف آزمایشی تعبیه شده در اتاق مجزایی در همان محل، منتقل شدند.

**تهیه آب لب شور:** آب لب شور با غلظت ۱۲ قسمت در هزار در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت که از طریق رقیق نمودن آب دریا تهیه شد. آب دریا از مخازن مرکز تکثیر میگوی شهید کلاهی شهرستان میناب توسط تانکر به مرکز تکثیر عنبر آباد منتقل شده پس از شوری سنجی به نسبت لازم با آب شیرین (آب شهر) مخلوط شده آنگاه در مخازن مخصوصی از جنس پلی اتیلن کلرزی و سپس هوادهی گردید. این آب پس از کلر سنجی و حصول اطمینان از کلرزدایی شدن، در مخازن لاروی مورد استفاده قرار گرفت.

**ظروف کشت لارو:** برای کشت لارو از آکواریوم های پلی اتیلن با ابعاد  $25 \times 30 \times 40$  سانتیمتر استفاده شد که با توجه به رنگ بدنه (مشکی)، نسبت به نور غیر قابل نفوذ بودند. هر ظرف تا ارتفاع ۲۰ سانتی متر آبگیری شد و بدین ترتیب هر آکواریوم محتوی ۲۰ لیتر آب بود. **تراکم:** تراکم لارو در ظروف کشت ۱۰ عدد در لیتر در نظر گرفته شد و برای این منظور ۲۰۰ عدد لارو به هر آکواریوم منتقل گردید.

**منبع نور و شدت آن:** منبع نور عبارت بود از لامپ ۴۰ وات، که در سطح آب نور مناسب را تامین می کرد.

**دما:** در طول آزمایش دمای آب در آکواریوم ها در حد  $29 \pm 1$  °C ثابت نگهداشته شد زیرا درجه حرارت مذکور برای حداکثر بازدهی دمای مطلوب محسوب شده است (Hunter *et al.* 1985).  
**تغذیه لاروها:** تغذیه لاروها با ناپلی آرتمیا (*Artemia nauplii*)، سیستم کپسول زدایی شدهی آرتمیا و مخلوط دست ساز مطابق برنامه غذایی تعیین شده انجام می گرفت (Barros *et al.*, 2003 and Ekaterina *et al.*, 2002).

## گروههای آزمایشی

ظروف آزمایشی با مشخصاتی که ذکر شد به ترتیب در شرایط نوری زیر قرار گرفتند:

**گروه ۱-** در تاریکی دائم (L0:D24) قرار گرفتند. برای جلوگیری از نفوذ نور علاوه بر اینکه دیواره آکواریوم نسبت به نور نفوذناپذیر بود. سرپوش سیاه رنگی در تمام شبانه روز روی آکواریوم قرار داده شد.

**گروه ۲-** ۱۲ ساعت در معرض نور و ۱۲ ساعت (۸ شب تا ۸ صبح) در تاریکی قرار گرفت (L12:D12).

**گروه ۳-** روشنایی دائم (L24:D0) که نور یکنواخت را بطور شبانه روزی دریافت می کرد.

### ثبت فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی

دما، درجه شوری و pH هر آکواریوم روزانه اندازه گیری و در جدول مربوط ثبت می شد برای اندازه گیری pH از کیت Aquamerک ساخت آلمان استفاده شد. درجه شوری توسط رفاکتومتر یا شوری سنج چشمی اندازه گیری شد.

### نمونه برداری و بررسی مراحل لاروی

نمونه برداری از هر ظرف کشت لارو، دوبار در هفته انجام شده و شکل ظاهری لاروها توسط لوپ دو چشمی ZEISS با درشنمایی  $\times 50$  بررسی می شد. برای این منظور از هر ظرف پنج نمونه برداشته شده و مرحله لاروی هر یک با توجه به تقسیم بندی (Uno and Soo (1969) تعیین و در جدول مربوط ثبت می گردید. از میان ویژگی هایی که برای تشخیص مرحله بعد لاروی بکار می رود، در این تحقیق از مشخصات ذیل استفاده شد:

۱. در لاروها شکم خمیده است، بطوریکه پاهای شنا و پاهای حرکتی روی یک سطح قرار نمی گیرد، درحالی که در نمونه های بعد لاروی، شکم مستقیم است بطوریکه پاهای شنا و پاهای حرکتی روی یک سطح قرار دارند.
۲. لاروها عمدتاً با حرکات اگزوپودیت های پاهای حرکتی (پریودها) شنا می کنند در جریان دگردیسی این اگزوپودیت ها تغییر شکل داده و طی پوست اندازی پس از دگردیسی (Postmetamorphic)، به شکل یک برآمدگی کوچک در می آید.
۳. در لاروهای مرحله یازده، اندوپودیت دومین پای حرکتی از سه قطعه تشکیل شده است، بطوریکه دومین و سومین قطعه آن نسبت به اولین قطعه زاویه ای را می سازد، در حالی که در مرحله بعد لاروی، این بخش از سه قطعه تشکیل شده که در امتداد یکدیگر قرار دارند.

۴. دندان میانی کاراپاس که از مرحله چهارم لاروی مشهود است، طی دگردیسی از میان می‌رود و در مرحله بعد لاروی دیده نمی‌شود.
۵. در لارو مرحله ۱۱ لبه فوقانی روستروم مسلح به تعداد زیادی دندان کوچک است ولی لبه تحتانی فاقد دندان است، در حالیکه روستروم مرحله بعد لاروی دارای ۱۱ دندان پستی بلند و پنج دندان شکمی است.
۶. لاروها زندگی پلانکتونی داشته، سطح شکمی آنها رو به بالا قرار می‌گیرد. در حالیکه طی دگردیسی، حیوانات مرحله بعد لاروی به زندگی کف‌زی روی می‌آورند و رفتار و طرز شنا کردن آنها مشابه میگوهای جوان می‌شود.

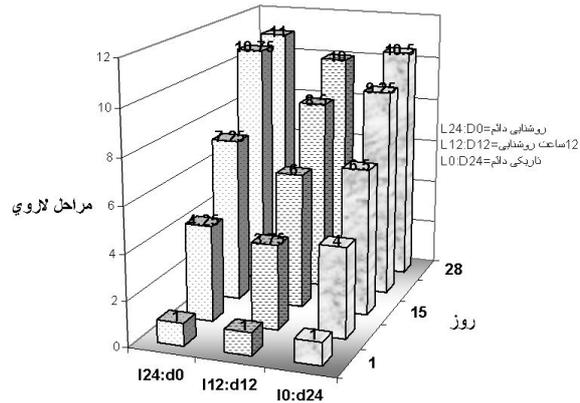
**دگردیسی:** برای بررسی تاثیر دوره نوری بر دگردیسی لاروهای میگوی آب شیرین، در این تحقیق از ملاکهای زیر استفاده شده است:

- PL1: روزی که اولین مرحله بعد لاروی در ظرف آزمایشی مشاهده می‌شد.
  - PL50%: روزی که ۵۰٪ لاروهای هر ظرف به مرحله بعد لاروی وارد می‌شدند.
  - PL90%: روزی که ۹۰٪ لاروهای هر ظرف به مرحله بعد لاروی تبدیل می‌شدند.
  - PL90%-PL1: روزی که به عنوان زمان دگردیسی در نظر گرفته شده و عبارت است از تفاوت زمانی اولین Post larva دیده شده، با زمانی که ۹۰٪ لاروها به مرحله بعد لاروی تبدیل می‌شدند.
- برای تحلیل آماری نتایج از نرم‌افزار SPSS 9.0 و روش ANOVA استفاده شده است.

## نتایج

### مقایسه گروههای آزمایشی با یکدیگر در طول دوره

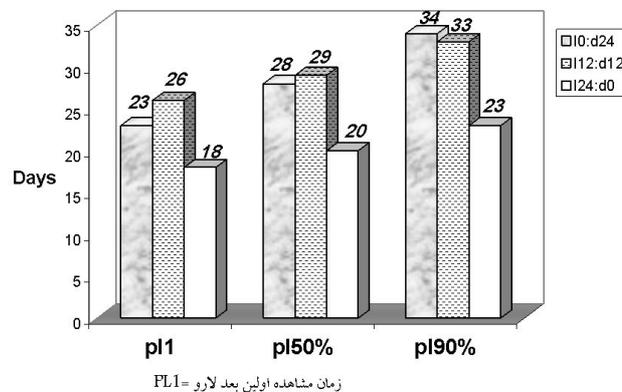
مقایسه گروه L24:D0 با گروه L12:D12 نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری میان دو گروه از روز پانزدهم شروع و تا پایان آزمایش وجود دارد ( $P < 0.05$ ) (شکل ۱). گروههای L0:D24, L24:D0 از روز پانزدهم تفاوت معنی‌داری پیدا می‌کنند و این تفاوت تا پایان دوره معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ) (شکل ۱). تفاوت میان گروههای L0:D24, L12:D12 نه تنها در روز پانزدهم معنی‌دار نبود بلکه در پایان دوره نیز تفاوت معنی‌داری نشان نداد، تنها در روز ۲۲ تفاوت میان این دو گروه معنی‌دار بوده است (شکل ۱).



شکل ۱- مقایسه‌ی مراحل لاروی در سه دوره نوری مختلف

### نتایج مربوط به دگرذیسی

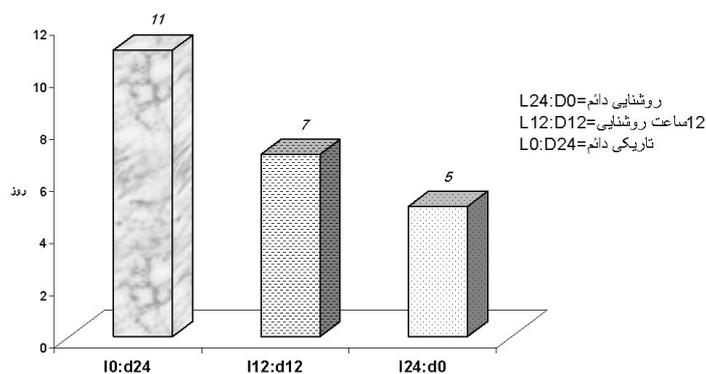
داده‌های مربوط به دگرذیسی در شکل ۲ آمده است:



شکل ۲- مقایسه‌ی زمان شروع دگرذیسی در سه دوره نوری مختلف

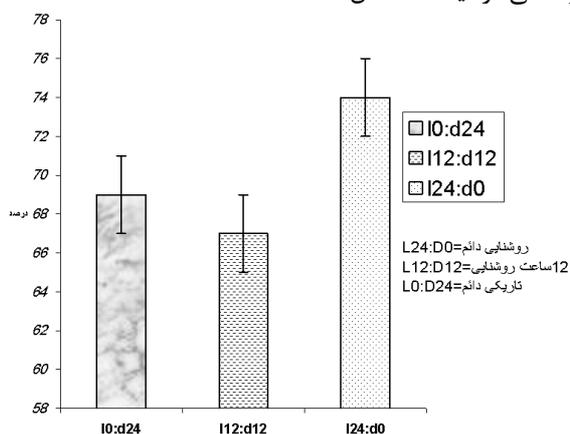
اولین مرحله بعد لاروی (PL1): تحلیل آماری نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌داری میان اعداد مربوط به PL1 در گروه‌های آزمایشی است تفاوت میان گروه L24:D0 با دو گروه دیگر معنی‌دار است ولی دو گروه L0:D24 و L12:D12 اختلاف معنی‌داری را با هم نشان نمی‌دهند ( $P < 0.05$ ).

زمان دگرذیسی (PL1-PL90%): زمان دگرذیسی در دو گروه L0:D24 و L24:D0 تفاوت معنی‌داری نشان می‌دهند ولی گروه L12:D12 با دو گروه دیگر تفاوت معنی‌داری نشان نمی‌دهد. شکل ۳ زمان دگرذیسی مذکور را در گروه‌های سه گانه، در مقایسه با یکدیگر نشان می‌دهد (شکل ۳).



شکل ۳- مقایسه‌ی زمان دگردیسی در سه دوره نوری مختلف

درصد بقاء (بازماندگی): درصد بازماندگی لاروها در هر گروه آزمایشی محاسبه و نتایج حاصله در شکل ۴ نشان داده شده است. بازماندگی گروه L24:D0 با دو گروه دیگر معنی‌دار است ولی تفاوت گروه‌های L12:D12 و L0:D24 بایکدیگر معنی‌دار نیست (شکل ۴).



شکل ۴- درصد بازماندگی در سه دوره نوری مختلف

## بحث

نتایج این تحقیق نشان داد که نور مداوم L24:D0 نمو لاروهای *M. rosenbergii* را تحریک و زمان دگردیسی را کوتاه می‌کند. همانند سایر حیواناتی که دوره‌های نوری بر میزان رشد و نمو آنها تاثیر می‌گذارد، و لیکن مکانیسم‌های این پدیده بخوبی شناخته نشده است.

سیستم غدد درون ریز سخت پوستان کاملاً با آنچه در مهره داران دیده می‌شود متفاوت است و هنوز کلیه مکانیسم‌های درگیر در آن بخوبی شناسایی نشده است. رشد و نمو سخت پوستان تحت تاثیر پوست اندازی است که خود تحت تاثیر افزایش دوره‌های اکدی‌استروئیدها (Ecdysteroids) است. اکدی‌استروئیدها به شکل الفا-اکدیزون توسط اندام- $\gamma$  تولید می‌شود. این ترکیب سپس در اندام‌های هدف به انواع فعال اکدی‌استروئیدها تبدیل می‌شود (Tesukimura and Borst, 1992). یکی از فراوان‌ترین این ترکیب‌ها - اکدیزون است و ۲۰- هیدروکسی اکدیزون نیز نوع شناخته شده آن در ده پایان است (Ei Haj *et al.*, 1997). تولید آلفا - اکدیزون توسط اندام  $\gamma$  بوسیله یک هورمون پیتیدی بنام هورمون مهار کننده پوست اندازی (MIH) که توسط لب بینایی (Optic lobe) ترشح می‌شود، مهار می‌گردد. همچنین افزایش تولید آن - استیل ترانس فرآز (N-acetyltransferase) و ملاتونین در نتیجه تابش مداوم نور از لب بینایی گزارش شده است (Withyachumnarkul *et al.*, 1992 & 1999). در داخل ساختارهای متعلق به لوب بینایی و بخصوص در Medulla Terminalis چندین گروه از سلولهای عصبی - ترشحی که تحت عنوان اندام X شناخته می‌شوند، قرار دارند و چندین هورمون پیتیدی از جمله MIH را ترشح می‌کنند. این هورمون‌ها در طول آکسون حمل شده و در انتهای آنها که در محلی به نام غده سینوسی متمرکز شده‌اند، رها می‌شوند (Tesukimura and Boost, 1992). غده سینوسی توسط همولنف احاطه شده و بدین ترتیب یک اندام Neurohemal محسوب می‌شود که به عنوان محلی برای ذخیره و ترشح هورمون‌های پیتیدی تولید شده توسط سلولهای عصبی - ترشحی عملی می‌کند.

یک مکانیسم احتمالی برای توجیه اثر نور بر این مراحل، ممکن است مربوط به کاهش تولید MIH توسط سلولهای عصبی ترشحی اندام X باشد و در نتیجه تولید آلفا - اکدیزون از اندام Y افزایش یابد. این امر منجر به افزایش فرکانس پوست اندازی و رشد و نمو لاروها می‌شود. فرضیه دیگری که با توجه به گزارشات اخیر در مورد تولید کننده ی ماده مهار کننده اندام دهانی (MOIH) بخش پایه چشمی مطرح می‌شود، بدین ترتیب است که نور از طریق اندام X و تولید MOIH موجب مهار تولید هورمون جوانی MH و در نتیجه، کوتاه شدن دوره‌های لاروی و زمان دگرذیسی در این گونه از سخت پوستان می‌گردد (Liu and Laufer, 1996, Wainwright *et al.*, 1996). در تحقیق دیگری نشان داده شده است که در *Macrobrachium rosenbergii* و سایر گونه‌های ده پایان، تولیدمثل تحت تاثیر هورمون مهار کننده ویتلوژنز (Vitellogenesis Inhibiting Hormone) و نیز احتمالاً هورمون تحریک کننده ویتلوژنز (Vitellogenesis Stimulating Hormone) قرار می‌گیرد (Wilder *et al.*, 1994)

و با توجه به حضور هورمون مهار کننده ویتلوژنز در جسم پایه چشمی و هورمون محرک ویتلوژنز در مغز و گانگلیون سینه ای ده پایان، احتمال تاثیر دوره‌های متفاوت نوری با واسطه هورمون‌های مذکور بر مراحل تولید مثلی و لاروی میگوی بزرگ آب شیرین امکان پذیر می‌باشد. نتایج تحقیق حاضر موید تاثیر قطعی میزان نور روزانه بر سیستم اندوکرینی سخت پوست *Macrobrachium rosenbergii* می‌باشد. ولی از آنجا که هنوز سئوالات زیادی در مورد ماهیت هورمون MOIH و رابطه آن با هورمون جوانی وجود دارد، انجام آزمایشات بیشتر برای درک چگونگی تاثیر نور بر مراحل لاروی سخت‌پوستان ضروری است.

## References

- Aiken, D.E. (1969) *Photoperiod, endocrinology and the crustacean molt cycle*. Science, **164**, 149-155.
- Barros, H.P., Valenti W.C. (2003) *Ingestion rates of Artemia nauplii for different larval stages of Macrobrachium rosenbergii*, Aquaculture, **217(1-4)**, 223-233.
- Beck, S.D. (1968) *Insect photoperiodism*, Academic Press, N.Y.
- Chinsethagij, K., Withyachumnarnkul, B., Leardkamolkarn, V., Trakulrungsri, W., Sobhon, P., and Poolsanguan, B. (1990) *The sinus gland of the giant freshwater prawn, Macrobrachium rosenbergii de Man*, as revealed by scanning electron microscopy, J. Electron Microsc. Soc. Thailand, **4(2)**, 43-50.
- Cuijuan, N., Daxong, L., Seiji, G., and Shigeru, N. (2003) *Effects of temperature on food consumption, growth and oxygen consumption of freshwater prawn Macrobrachium rosenbergii (de Man 1879) postlarvae*, Aquaculture Research **34(6)**, 501.
- El Haj, A.J., Tamone, S. L., peak, M., and Chang, E.S. (1997) *An ecdysteroid-responsive gene in a lobster-a potential crustacean member of the steroid hormone receptor superfamily*, Gene, **201**, 127-135.
- Ekaterina E., Kovalenko, Louis R.D., Abramo, Cortney L., Ohs, Randal Buddington K. (2002) *A successful microbound diet for the larval culture of fresh water prawn Macrobrachium rosenbergii*, Aquaculture, **210**, 385-395.
- Hunter, J.V., and Brown, E.E. (1985) *Crustacean and mollusk Aquaculture in the united states*, van Nortrand Reinhold, NewYork.
- Lahaye, J., Deniel, C. (1976) *Action de la photopériode sur la croissance de jeunes turbots et de jeunes soles après leur métamorphose*, [Influence of the photoperiod on the growth of young turbots and soles after their metamorphosis], *Proceedings of the 10th European Symposium on Marine Biology, Ostend, Belgium, Sept. 17-23, 1975*: 1. Research in mariculture at laboratory- and pilot scale. pp. 255-256.
- Linda H., Mantel, Dorothy Bliss, E. (1983) *The Biology of Crustacea: Internal Anatomy and Physiological Regulation*, Academic Press.
- Liu, L., Laufer, H. (1996) *Isotiation and characterization of sinus gland neuropeptides with both mandibular organ inhibiting and hyperglycemic effects*

- from the spider crab Libinia emarginata*. Arch, Insect Biochem. Physiol. **32**, 375-385.
- Norberg B., Weltzien F., Karlsen Q., Christian Holm J. (2001) *Effects of photoperiod on sexual maturation and somatic growth in male Atlantic halibut (Hippoglossus hippoglossus L.)*, Comparative Biochemistry and Physiology, Part B, **129(2-3)**, 357-365.
- Tesukimura, B., & Borst, D.W. (1992) *Regulation of methyl farnesoate in the hemolymph and mandibular organ of the lobster Homarus americanus*. General. Comparative. Endocrinology, **86**, 297-303.
- Uno, Y., and Soo, K.C. (1969) *Larval development of Macrobrachium rosenbergii (De Man) reared in the Laboratory*. Journal of the Tokyo University of Fisheries, **55(2)**, 179-190.
- Wainwright, G., Webster, S., Wilkinson, M.C., and Chung, J.S. (1996) *Structure and significance of mandibular organ inhibiting hormone in the crab. Cancer pagurus*. Journal of Biological Chemistry. **271**, 12749-12754.
- Wilder, M.N., Okumura, T., Suzuki, Y., Fusetani, N., Aida, K. (1994) *Vitellogenin production induced by eyestalk ablation in juvenile giant freshwater prawn, Macrobrachium rosenbergii and trial methyl farnesoate administration*. Zool. Sci. **11**, 45-53.
- Wilder, M.N., Okada, S., Fusetani, N., and Aida, K. (1995) *Hemolymph profiles of Juvenoid substances in the giant freshwater Prawn, Macrobrachium rosenbergii; in relation to reproduction and molting*. Fish. Science. **61**, 175-6.
- Withyachumnarnkul, B., Ajpru, S., Rachawong, S., Pongsa-Asawapaiboon, A., Sumridthong, A. (1999) *Sexual dimorphism in N-acetyltransferase and melatonin levels in the giant freshwater prawn Macrobrachium rosenbergii de Man*. J. Pineal Res. **26(3)**, 174-177.
- Withyachumnarnkul, B., Buppaniroj, K., Pongsa-Asawapaiboon, A., (1992) *N-acetyltransferase and melatonin levels in the optic lobe of giant freshwater prawns, Macrobrachium rosenbergii. de Man*. Comp. Biochem. Physiol. **102A(4)**, 703-707.
- Withyachumnarnkul, B., Pongtippatee, P., Ajpru, S. (1995) *N-Acetyltransferase, hydroxyindole-O-methyltransferase and melatonin in the optic lobes of the giant tiger shrimp Penaeus monodon*. J. Pin. Res. **18(4)**, 217-221.
- Withyachumnarnkul, B., Pongsa-Aswapaiboon, A., Ajpru, S., Siamwalla, P., Trakulrungsi, W., and Samritthong, C. (1992) *Continuous light increase N-acetyltransferase activity in the optic lobe of the giant freshwater prawn Macrobrachium rosenbergii de Man*, Life Science. **51(19)**, 1479-84.
- Withyachumnarnkul, B., Poolsanguan, B., Poolsanguan, W. (1990) *Continuous darkness stimulates body growth of the juvenile giant freshwater prawn, Macrobrachium rosenbergii de Man*, Chronobiology International **7(2)**, 92-97.