

גידול הסרטן *Cherax quadricarinatus* במערכת גידול אינטנסיבית בתאים נפרדים: האם זה אפשרי?

חלק א'
הבדלי הגדילה בין זכרים לנקבות

רבקה מנור¹, רן שגב², אלי אפללו¹, דוד אזולאי¹, אמיר שגיא¹

1. המחלקה למדעי החיים והמכון למחקר יישומי, אוניברסיטת בן גוריון בנגב ת.ד. 653, באר שבע 84105.
2. המכון לחקלאות מים, מחקר ופיתוח ערבה, תחנת יאיר, ד.נ. ערבה 86825.

הקטנים וככלל גדלו מהר יותר מנקבות
בתנאים של תאים נפרדים.

תקציר

במהלך חיפוש אחר דרכים לגידול אינטנסיבי של סרטני מים מתוקים, פותחה מערכת גידול ניסויית בתאים נפרדים. במערכת זאת נבדקה השפעת הזוויג והשפעת גודל התא על הגדילה של הסרטן *Cherax quadricarinatus* (מסדרת מעשירי הרגליים). מערכת הגידול כללה תאים בשלושה גדלים שונים: גדול בקוטר 25 ס"מ, בינוני בקוטר 20 ס"מ וקטן בקוטר 16 ס"מ. כאשר הסרטנים אוכלסו במשקל ממוצע של כ-10 גרם, קצב הגדילה של הזכרים היה גבוה יותר באופן מובהק מקצב הגדילה של הנקבות. מלבד יתרונם המובהק בקצב הגדילה, הגיבו הזכרים לגודל התא. קצב הגדילה של הזכרים בתאים הגדולים היה 0.31 ± 0.14 גרם ליום לעומת קצב הגדילה של הנקבות בתאים הגדולים, שהיה 0.18 ± 0.09 גרם ליום. לגודל התא היתה השפעה מובהקת על משקל הזכרים: סרטנים זכרים גדלו טוב יותר בתאים הגדולים והבינוניים לעומת גדילתם בתאים

מבוא

1. לאחר שנפתרו עיקר הבעיות בשלבי הרבייה והאימון של סרטני המים המתוקים מסוג *Cherax quadricarinatus* במערכות אינטנסיביות מסוחררות (Parnes and Sagi, 2002), השלב המתבקש הבא היה בחינת מערכי פיטום שונים. במהלך השנים האחרונות ניסו חוקרים ממכון וולקני, מתחנת הניסיונות "דור", ממו"פ ערבה ומאוניברסיטת בן גוריון ליישם פיטום סרטנים בבריכות עפר (Sagi et al., 1997a), בפוליקולטורה (Karplus et al., 2001; Karplus et al., 1995) ובמערכות אינטנסיביות (Manor et al., 2002).

מספר מיני סרטנים מבטאים תבניות גדילה תלויות זוויג, כאשר הזכרים גדלים בקצב מהיר יותר מהנקבות או להפך ובכללם הסרטן *C. quadricarinatus*. בגידולים בבריכות עפר משקלי הזכרים היו גבוהים יותר ממשקלי הנקבות בסוף

11 ס"מ, הגיע צינור האכלה אישי שהיה עשוי מ PVC וקוטרו היה 2.1 ס"מ. נבחנו שלושה קוטרי תאים: 25 ס"מ (התאים הגדולים), 20 ס"מ (התאים הבינוניים) ו-16 ס"מ (התאים הקטנים) שנתנו את שטחי הקרקעית 314.2, 490.9 ו-201.1 סמ"ר לתא, בהתאמה. יחידות הגידול השונות מוקמו באופן אקראי

בבריכה. טמפרטורת המים נשמרה $27 \pm 3^\circ\text{C}$. איכות המים הובטחה על ידי סחרור של כל נפח המים דרך ביופילטר שנפחו 0.3 מ"ק כל שעה. הביופילטר הכיל גרגרי פוליפרופילן בקוטר 3-מ"מ. תחלופת המים היתה 10% ליום. ניקוי התאים נעשה על ידי

הזרמת מים דרך צינורות ההאכלה וסיפון של קרקעית הבריכה פעמיים בשבוע. המדדים הבאים נמדדו פעמיים בשבוע: ניטריט (פחות מ-1ppm) ניטראט (פחות מ-50ppm), pH (8.0 ± 0.5) וחמצן (6.5 ± 1 מ"ג לליטר). מזון שכלל כופתיות תערובת דגים (בכל יום) וגרעיני חיטה (פעמיים בשבוע) ניתן לכל תא פעמיים ביום דרך צינור ההאכלה האישי. כופתיות תערובת הדגים (מכון תערובת צמח 4714) היו בקוטר 4 מ"מ, 45% חלבון ו-12% שומן. כמות המזון לסרטן ליום חושבה על פי 4% ממשקל הפרט הגדול ביותר בניסוי. הסרטנים נשקלו (± 0.1 גרם) כפעם בחודש והתוצאות מוצגות כממוצע $\pm$ סטיית התקן. פקטור הצפיפות k חושב על פי המשוואה $k=A/C^2$, כאשר C הוא אורך הקרפס בס"מ ו A הוא שטח הקרקעית בסמ"ר. קצב הגדילה הספציפי (SGR) חושב על פי המשוואה $\text{SGR} = \{[\ln(W_t) - \ln(W_i)] \times 100\} / t$

תקופת הניסוי (Curtis and Jones, 1995). הבדל זה הודגש עוד יותר בעונת גידול שניה של אוכלוסייה, שגודלה לאחר החורף (Sagi et al., 1997a). ממצא זה תומך בצורך בפיתוח אסטרטגיה של גידול כל זכרי במערכות גידול אינטנסיביות (Sagi et al., 1997a; Curtis and Jones, 1995). לאחרונה נעשה ניסיון לגדל את

הסרטן *C. quadricarinatus* במערכת גידול אינטנסיבית, הכוללת תאים נפרדים, שגורמים לירידה בקניבליזם ובאינטראקציות חברתיות אחרות בין הסרטנים (Jussila, 1997). בסדרת המחקרים המתוארת בדקנו לראשונה את גידול

הסרטן *C. quadricarinatus* במערכת גידול אינטנסיבית ניסיונית, המכילה תאים נפרדים. נבחנו הבדלי הגדילה בין זכרים לנקבות במערכת זו ונעשה ניסיון לקבוע את גודל התא האופטימלי לגדילה.

2. שיטות וחומרים

2.1 תיאור מערכת הגידול

מערכת הגידול בניסוי זה כללה 126 תאים בודדים, שהוצבו בבריכה ששטח הקרקעית שלה היה 2.5 מ"ר ועומק המים בה היה 1 מטר. המערכת כללה 18 יחידות, כאשר כל יחידה הכילה 7 תאים עגולים נפרדים באותו הגודל שהיו מוצבים אחד מעל השני (איור A1). כל יחידה היתה מורמת 20 ס"מ מקרקעית הבריכה. הקירות והתחתית של כל תא היו עשויים מפוליפרופילן מחורר, כדי להבטיח זרימה חופשית של מים (איור B1). אל כל תא, שגובהו היה

כאשר W_t הוא המשקל בזמן t בגרמים, W_i הוא המשקל ההתחלתי בגרמים ו- t הוא הזמן בימים. קצב הגדילה חושב על פי המשוואה $\text{growth rate} = (W_t - W_i) / t$. השרידה של הסרטנים נבדקה בתאים השונים.

2.2 גדילה של זכרים ונקבות בתאים נפרדים לגדילה של זכרים ו-63 נקבות

שישים ושלוש נקבות ו-63 זכרים
במשקל גוף ממוצע של 10.7 ± 1.1 גרם נאספו ממערכת אימון במשקל בן במושב צופר שבערבה (Parnes and Sagi, 2001). כל סרטן אוכלס בתא נפרד במערכת הגידול למשך 98 ימים, ממרץ עד יולי. זכרים ונקבות אוכלסו לסירוגין בכל אחת מ-18 היחידות ופרט לכך פיזור הסרטנים היה אקראי.

גם בתאים מבודדים גדלים זכרי צ'רקס מהר מהנקבות

2.3 ניתוח סטטיסטי
הנתונים מבוטאים כממוצע $\pm$ סטיית התקן (SD). ניתוח סטטיסטי נעשה על ידי שימוש ב-ANOVA (analysis of variance) ואחריה בוצע מבחן Scheffe להשוואות מרובות. לפני הניתוח הסטטיסטי, ערכי המשקלים וקצבי הגדילה עברו טרנספורמציה ללוגריתם הטבעי ($\ln$) או לשורש הריבועי, כשהיה צורך בכך. ערכי p נמוכים מ-0.05 נחשבו למובהקים סטטיסטית.

3. תוצאות

המשקל הממוצע של הזכרים בניסוי זה היה גבוה יותר באופן מובהק ממשקלן הממוצע של הנקבות מהיום ה-36 של הניסוי. יתרון זה נשמר עד לסוף הניסוי ($p < 0.001$, איור 2). ביום ה-36 של הניסוי, המשקל הממוצע של הזכרים היה 20.5 ± 5.0 גרם, בעוד שמשקלן

הממוצע של הנקבות היה 17.4 ± 3.5 גרם. בסוף הניסוי המשקלים הממוצעים היו 36.6 ± 11.6 עבור הזכרים ו- 26.4 ± 6.9 גרם עבור הנקבות. בזמן זה פיזור המשקלים של הזכרים היה רחב יותר ונע בין 16.2 ל-73.1 גרם בעוד משקל הנקבות נע בין 13.7 ל-48.6 גרם.

לגודל התא היתה השפעה מובהקת על משקלי הזכרים והנקבות (איורים A3, B3). יחד עם זאת, מנקודת מבט חקלאית - כלכלית ההבדלים בין משקלי הנקבות בגדלי התאים השונים הם זניחים. ניתוח סטטיסטי הראה השפעה מובהקת של גודל התא כבר אחרי 36 ימים, כאשר המשקל הממוצע היה גבוה יותר בתאים הגדולים והבינוניים לעומת המשקל הממוצע בתאים הקטנים ($p < 0.01$). עיכוב הגדילה בתאים הקטנים משתקף בערך $k < 22$. במהלך הניסוי לא היה הבדל מובהק בין משקלי הזכרים בתאים הגדולים והבינוניים. בסוף הניסוי המשקל הממוצע של הזכרים בתאים הגדולים היה גבוה באופן מובהק ממשקלם בתאים הקטנים ($12.740.6$ ו- $7.129.7$ גרם בהתאמה).

קצב הגדילה של הסרטנים הזכרים היה באופן מובהק גבוה יותר מקצב הגדילה של הנקבות, ללא התייחסות לגודל התא (איור 4). קצב הגדילה המינימלי היה 0.06 גרם ליום עבור הזכרים ו- 0.04 גרם ליום עבור הנקבות וקצב הגדילה המקסימלי היה 0.64 ו- 0.39 גרם ליום עבור הזכרים והנקבות בהתאמה. ערך ה- SGR עבור הזכרים היה 1.20 ± 0.33 והיה גבוה באופן מובהק

מערך ה- SGR עבור הנקבות (0.87 ± 0.31). קצב הגדילה הושפע באופן מובהק מגודל התא (איור 4). קצב הגדילה של הזכרים בתאים הגדולים והבינוניים היה גבוה באופן מובהק ($p < 0.05$) מקצב הגדילה של הזכרים בתאים הקטנים (0.19 ± 0.07 , 0.29 ± 0.11 , 0.31 ± 0.14) גרם ליום, בהתאמה). קצב הגדילה של הנקבות היה 0.15 ± 0.06 , 0.18 ± 0.09 , 0.14 ± 0.06 , גרם ליום, עבור התאים הגדולים, הבינוניים והקטנים, בהתאמה.

לגודל התא השפעה על קצב הגדילה של זכרים ונקבות צ'רס.

במהלך הניסוי מתו זכר אחד ושתי נקבות, נתון המייצג שרידה דומה וגבוהה של 98.4% (עבור

הזכרים) ו-96.8% (עבור הנקבות).

דיון

בניסוי שתואר במאמר זה נמצא שבמערכת הגידול האינטנסיבית הניסיונית, שכללה תאים נפרדים, זכרים של הסרטן *C. quadricarinatus* גדלו בקצב מהיר יותר מהנקבות וגדילתם הושפעה מגודל התא. בתאים הגדולים פוטנציאל הגדילה של הזכרים היה כמעט כפול מפוטנציאל הגדילה של הנקבות (0.16 לעומת 0.31 גרם ליום, איור 4).

תוצאות אלה מציעות שבגידול חד זוויגי כל זכרי התפוקה יכולה להיות גדולה ב-25% ביחס לתפוקה של האוכלוסייה המעורבת. גידול של אוכלוסיות חד זוויגיות הוא אכן שיטה נפוצה בגידולים חקלאיים שונים ושיטה זאת אף יושמה בהצלחה בגידולי דגים (Tayman, 1978; Mires, 1997; and Shelton, 1997). גם בסרטנים (*Macrobrachium rosenbergii*) נמצא כי התפוקות גדלו על ידי גידול אוכלוסיות כל זכריות

נראה כי המנגנון הפיזיולוגי, שמקנה את יתרון הגדילה בזכרים, מתווך על ידי הבלוטה האנדורוגנית, שאחראית להתמיינות הזוויגית הזכרית ולבקרה של הפלסטיות הזוויגית בסרטנים (Sagi et al., 1997b; Sagi, 1988; Payen, 1990; Charniaux-Cotton and Payen, 1988).

בסרטן *M. rosenbergii* למשל הוכח כי לבלוטה האנדורוגנית יש תפקיד ביתרון הגדילה של הזכרים (Sagi et al., 1997b). בסרטן *C. quadricarinatus* הבלוטה האנדורוגנית זוהתה (Khalaila et al., 1999), אך דרוש מחקר נוסף כדי להבין את אופייה ואת תפקידיה, מתוך מטרה לפתח טכנולוגיה לייצור אוכלוסיות חד זוויגיות זכריות ובכך להגביר את קצבי הגדילה.

תודות

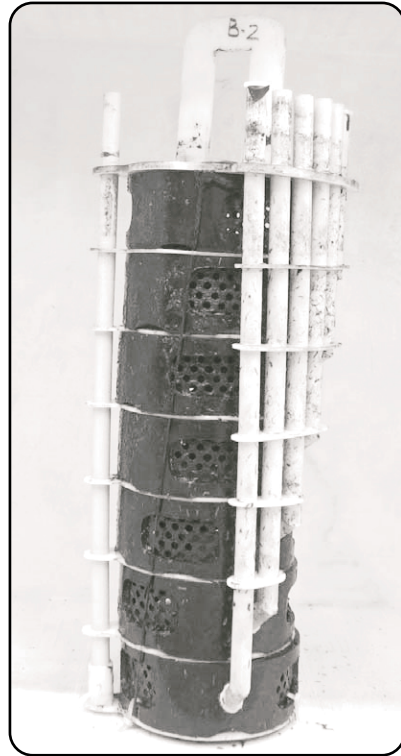
מחקר זה נתמך על ידי קרן המדען הראשי, משרד החקלאות (857-0403-00), קרן הארי שטרן וקרן יק"א. אנו רוצים להודות לעיריית אלוני על הניתוחים הסטטיסטיים, לקובי אברהם, שמואל פרנס, שאול שובל וטל גור על עזרתם הטכנית, לדוקטור ג'אפו ג'וסילה על הערותיו, שתרמו לדיון המדעי, וליוסי בן ממושב צופר על אספקה סדירה של סרטנים לניסויים.

איורים

איור מס' 1- יחידה, המכילה 7 קומות של תאים נפרדים, לגידול אינטנסיבי של הסרטן *Cherax quadricarinatus* (A). מבט מקרוב על תא נפרד, שבתוכו סרטן אחד (B).

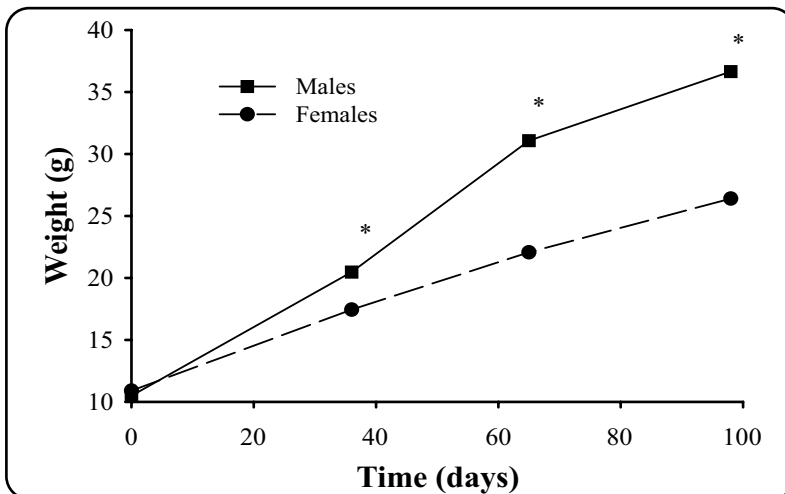


B

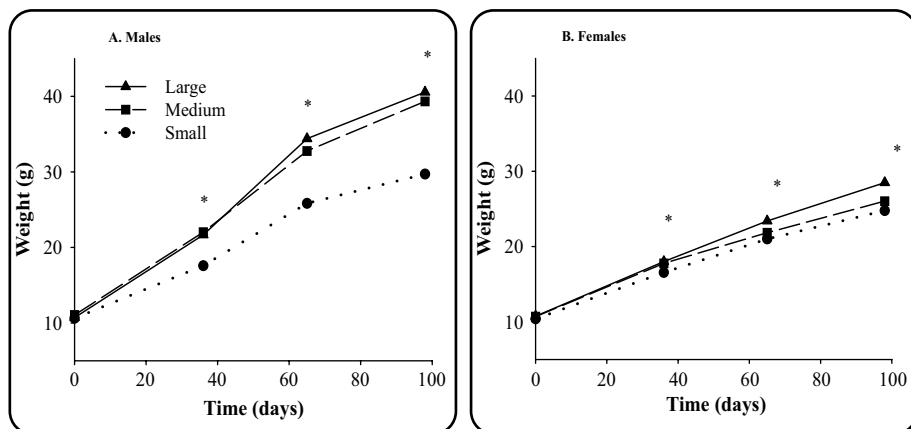


A

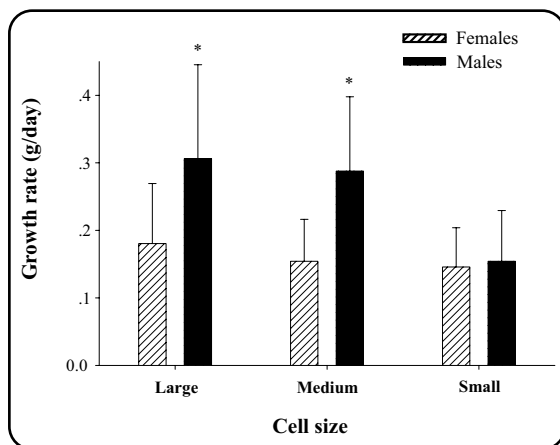
איור מס' 2- גדילה של זכרים ונקבות של *Cherax quadricarinatus* בתאים נפרדים לאורך תקופה של 98 ימים (ממרץ עד יולי). כוכבית מציינת הבדל מובהק (two-way ANOVA, $p < 0.001$).



איור מס' 3- גדילה של זכרים (A) ונקבות (B) של *Cherax quadricarinatus* בתאים נפרדים בגדלים שונים לאורך תקופה של 98 ימים (ממרץ עד יולי). כוכבית מציינת הבדל מובהק בין התאים הקטנים לתאים הבינוניים והגדולים (two-way ANOVA, $p < 0.001$).



איור מס' 4- קצב גדילה של זכרים ונקבות של *Cherax quadricarinatus* בתאים נפרדים בגדלים שונים לאורך תקופה של 98 ימים (ממרץ עד יולי). כוכבית מציינת הבדל מובהק בין הזכרים לנקבות (two-way ANOVA, $p < 0.001$).



רשימת ספרות

- Charniaux-Cotton, H., and Payen, G., 1988. Crustacean reproduction. In: Laufer, H., Downer, R.G.H. (Eds.), Endocrinology of selected invertebrate types. Alan R. Liss, New York, pp. 279-303.
- Cohen, D., Sagi, A., Ra'anan, Z., Zohar, G., 1988. The production of *Macrobrachium rosenbergii* in monosex populations. III Yield characteristics under intensive monoculture conditions in earthen ponds. Israeli J. Aquacult. Bamidgeh 40, 57-63.

- Curtis, M.C., Jones, C.M., 1995. Observations on monosex culture of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* von Martens (Decapoda: Parastacidae) in earthen ponds. *J. World Aquacult. Soc.* 26 (2), 154-159.
- Hulata, G., Karplus, I., Wohlfarth, G.W., Halevy A., Cohen, D., Sagi, A., Ra'anan, Z., 1988. The production of *Macrobrachium rosenbergii* in monosex populations. D. Yield characteristics in polyculture ponds. *Israeli J. Aquacult. Bamidgeh* 40, 9-16.
- Jussila, J., 1997. Physiological responses of Astacid and Parastacid crayfishes (Crustacea: Decapoda) to conditions of intensive culture. Doctoral dissertation, University of Kuopio, Perth, Western Australia.
- Karplus, I., Barki, A., Cohen, S., Hulata, G., 1995. Culture of the Australian redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in Israel. ². Polyculture with fish in earthen ponds. *Israeli J. Aquacult. - Bamidgeh* 47 (1), 6-16.
- Karplus, I., Harpaz, S., Hulata, G., Segev, R., Barki, A., 2001. Culture of the Australian redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in Israel. ²V. Crayfish incorporation into intensive *Tilapia* production units. *Israeli J. Aquacult. - Bamidgeh* 53 (1), 23-33.
- Khalaila, I., Weil, S., Sagi, A., 1999. Endocrine balance between male and female components of the reproductive system in intersex *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae). *J. Exp. Zool.* 283, 286-294.
- Malecha, S.R., Nevin, P.A., Ha, P., Barck L.E., Lamadrid-Rose, Y., Masuno, S., Hedgecock, D., 1992. Sex ratio and sex determination in progeny from crosses of surgically sex-reversed fresh water prawns, *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture* 105, 201-218.
- Manor, R., Segev, R., Leibovitz, M.P., Aflalo, E.D., Sagi, A., 2002. Intensification of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* culture D. Growout in a separate cell system. *Aquacult. Eng.* 26, 263-276.
- Mires, D., 1977. Theoretical and practical aspects of the production of all-male *Tilapia* hybrids. *Israeli J. Aquacult. - Bamidgeh* 29 (3), 94-101.
- Parnes, S., Sagi, A., 2002. Intensification of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* culture I. Hatching and nursery system. *Aquacult. Eng.* 26, 251-262.
- Payen, G. G., 1990. Roles of androgenic gland hormone in determining the sexual characters in crustacea. In: Gupta A. P. (Ed.), *Morphogenetic Hormones of Arthropods Roles in Histogenesis, Organogenesis and Morphogenesis*. Rutgers University Press, New Brunswick, New Jersey, pp. 431-452.
- Sagi, A., Ra'anan, Z., Cohen, D., Wax, Y., 1986. Production of *Macrobrachium rosenbergii* in monosex populations: yield characteristics under intensive monoculture conditions in cages. *Aquaculture* 51, 265-275.
- Sagi, A., 1988. The androgenic gland in crustacea - with emphasis on the cultured freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* - A review. *Israeli J. Aquacult. - Bamidgeh* 40, 9-16.

- Sagi, A., Cohen, D., 1990. Growth, maturation and progeny of sex-reversed *Macrobrachium rosenbergii* males. *World Aquacult.* 211, 87-90.
- Sagi, A., Milstein, A., Eran, Y., Joseph, D., Khalaila, I., Abdu, U., Harpaz, S., Karplus, I., 1997a. Culture of the Australian redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in Israel, second growout season of overwintered populations. *Israeli J. Aquacult. Bamidgeh* 49 (4), 222-229.
- Sagi, A., Snir, E., and Khalaila, I., 1997b. Sexual differentiation in decapod crustaceans: Role of the androgenic gland. *Invert. Reprod. Devel.* 31, 55-61.
- Tayman, M. M. and Shelton, W.L., 1978. Inducement of sex reversal in *Sarotherodon niloticus* (Linnaeus). *Aquaculture* 14, 349-354.