

358-0184-98

קוד מחקר:

נושא: בקרת ההתמיינות לזוויגים וגודל ההשרדה בגופי

חוקר ראשי: ד"ר גדעון חולתא מוסד: מינהל המחקר החקלאי

חוקרים שותפים: 2

תקופת מחקר: 1996-1998

מאמרים:

תקציר

דג הגופי *Poecilia reticulata* ממשפחת משריצי החיים Poeciliidae הנו דג הנוי הטרופי העיקרי המגודל בארץ. מטרת העבודה הינו (א) לבחון את תנאי הסביבה האופטימליים לרבייתו במספר מישורים: השפעת הטמפרטורה, השפעת תוספת L-carnitine במזון, והשפעת חשיפה לדג טורף על פוטנציאל ייצור הדגיגים של הנקבות; (ב) לבחון דרכים להשפיע על בקרת ההתמיינות לזוויגים באמצעות טיפול הורמונאלי. נמצא כי עיקר השפעת הטמפרטורה הייתה על משך ההריון, ולא על מספר הדגיגים בהשרצה אשר לא נבדל בין הטיפולים, למעט בטמפרטורה הגבוהה של 32 מ"צ. בטמפרטורה הגבוהה נצפתה תמותה אימהות גבוהה, נזק התפתחותי לשחלות, וכן ירידה במספר הצאצאים בהשרצה. משך ההריון בטמפרטורות נמוכות (20-23 מ"צ) ארוך באופן מובהק מאשר בטמפרטורות הגבוהות יותר. בשקלול שני המשתנים משך ההריון ומספר צאצאים ממוצע בהשרצה ע"י חישוב תפוקת צאצאים ממוצעת ליום הריון מתקבל כי טמפרטורת האופטימום לייצור דגיגים היא 26-27 מ"צ. תוצאות דומות התקבלו בשני זנים מסחריים בארץ זנב קלשון וקוברת אדום. תוספת L-carnitine במזון גרמה בנקבות שהוחזקו בתנאי עקת קור (23 מ"צ) לעליה בשיעור הנקבות שהקדימו להשריץ (39 ימים ראשונים לאחר הרחקת הזכרים) לעומת נקבות הביקורת (ללא קרניטין ב- 23 מ"צ, או ב- 26 מ"צ). לא נמצאה השפעה לקרניטין על מספר הצאצאים הממוצע להשרצה. ההשפעה הנ"ל לא נצפתה בעקת טמפרטורה גבוהה (32 מ"צ).

חשיפת נקבות לדג טורף בתקופת ההריון, בטרם העברתן לתאי השרצה נפרדים, העלתה באופן מובהק את מספר הצאצאים הממוצע בהשרצה ראשונה. השפעה זו נעלמה בהשרצה השנייה. לא נמצא הבדל בין מאפייני החשיפה: ויזואלית בלבד, כימית בלבד, כימית וויזואלית ביחד, או כימית, ויזואלית וטקטילית ביחד. כל ארבעה הטיפולים העלו באופן מובהק את מספר הצאצאים הממוצע בהשרצה בהשוואה לנקבות ביקורת שלא נחשפו לטורף.

ניתן לקבל זכרים ונקבות היפוכי זוויג. בהיפוך לזכרים מתקבלים 100%, אך אלה שהם בעלי גנוטיפ נקבי (XX) אינם מציגים מופעי צבע אופייניים לזכרים. זכר XX דומה במופע הצבע לנקבה (XX), ונבדל רק בסימני המין המשניים. לכן, לטיפול כזה ערך מועט מבחינה מסחרית. כאשר זווגו נקבות מטיפול להיפוך זוויג נקבי עם זכרים למבחני צאצאים, ניתן היה לזהות נקבות הפוכות זוויג (XY) על פי עודף זכרים בין הצאצאים בהשוואה לנקבות XX בהן יחס הזוויגים קרוב ל- 1:1. חשיפת נקבות הרות להורמון משפיעה באופן שלילי על בריאותן וכושר הרבייה שלהן, ולא מומלץ ללכת בדרך זו ביישום מסחרי של השריית היפוך זוויג.

המדען הראשי - משרד החקלאות ופיתוח הכפר

דו"ח סופי

לתכנית מחקר מספר 98-0184-358

בקרת ההתמיינות לזוויגים וגודל ההשרצה בגופי (*Poecilia reticulata*)

Control of sexual differentiation and of batch size in the guppy (*Poecilia reticulata*)

מוגש ע"י

Gideon Hulata, Sheenan Harpaz,

גרעון חולתא, שנאן הרפז,

Ilan Karplus, Ron Dzikowski and Amit Shani אילן קרפלוס, רון דזיקובסקי ועמית שני

Department of Aquaculture

המחלקה למדגה ולחקלאות מים

Agricultural Research Organization

מינהל המחקר החקלאי

P.O. Box 6, Bet Dagan 50250, Israel

ת.ד. 6, בית דגן 50250

E-mail: VLAQUA@AGRI.GOV.IL פקס: (+972) 3 9605667

טלפון: (+972) 3 9683388

מרץ 1999

מבוא

בתכנית זו היו מלכתחילה שני פרקים, ואולם עקב צמצום התקציב לחצי (הפסקת השתתפות הסוכנות היהודית במימון) התרכזו המאמץ המחקרי בנושא בקרת גודל ההשרצה, בעוד בנושא ההתמיינות לזוויגים נעשתה העבודה בהיקף מצומצם בלבד.

מטרות העבודה:

פרק א': בקרת גודל ההשרצה בגופי

1. מציאת טמפרטורת האופטימום לרביית דגי גופי.
2. בחינת השפעת תוספת L-carnitine במזון על רביית דגי גופי בטמפרטורות שונות.
3. בחינת השפעת חשיפה לטורף על רביית דגי הגופי וניסיון לאפיין את מהות הגירוי הפועל בעקבות חשיפה זו.

פרק ב': בקרת ההתמיינות לזוויגים בגופי

מציאת התנאים לקבלת היפוך זוויג בגופי, כשלב ראשון בדרך לייצור אוכלוסיות חד זוויגיות.

חומרים ושיטות:

פרק א': בקרת גודל ההשרצה בגופי

חומרים ושיטות ניסויי טמפרטורה:

נערכו שלושה ניסויים, במבנה ניסוי דומה פחות או יותר המתואר להלן. ההבדלים בין הניסויים יודגשו לפי העניין. לצורך שני הניסויים הראשונים נילקחו דגי גופי (*P. reticulata*) בני שבוע ימים מזן זנב קילשון וגודלו במעבדה; בניסוי השלישי השתמשנו בזן קוברה אדום לבחינת ההבדלים בין הזנים. לאחר חודש, בעת הופעת ניצני דימורפיזם מיני, בוצעה הפרדה בין זכרים לנקבות עוד לפני בגרות מינית מלאה, ליצירת אוכלוסיית נקבות בתולדות אשר שימשו לניסוי בעת הגעתן לבגרות מינית בגיל שלושה חודשים.

מערכת הניסוי:

מערכת הניסוי הראשון והשלישי כללה 60 אקווריונים במידות 20 x 20 x 30 ס"מ ובנפח של 12 ליטר כל אחד, אשר הועמדו על גבי כונניות - 12 אקווריונים על כל כוננית, כאשר בכל כוננית שלוש קומות עם ארבעה אקווריונים בכל אחת. לכל אקווריום פילטר פנימי ניפרד וגוף חימום ניפרד. כל טיפול, דהיינו 12 אקווריונים, מבוקר ע"י טרמוסטט ניפרד. רגש הטמפרטורה נמצא באחד האקווריונים האמצעיים בשורה האמצעית. מתחת לכל כוננית טיפול הוצב אקווריום במידות 20 x 25 x 40 ס"מ ובנפח של 20 ליטר אשר שימש לקליטת צאצאים. אלה גודלו עד לבגרות מינית על מנת לבחון את השפעת הטמפרטורה על ההתמיינות לזוויגים. גם לאקווריום זה פילטר, גוף חימום וטרמוסטט משל עצמו. חדר הניסוי קורר ע"י מזגן ל - 20°C וכל טיפול חומם לטמפרטורה שונה כדלהלן: 20°C, 23°C, 26°C, 29°C, 32°C. מערכת הניסוי בניסוי השני הייתה זהה לזו שתוארה לעיל, למעט העובדה שבניסוי זה נעשה שימוש ב - 72 אקווריונים אשר ניצבו על גבי 6 כונניות; טיפולי הוטרטורה שנבדקו היו: 20°C, 23°C, 25°C, 27°C, 29°C, 32°C.

איכלוס הניסוי:

מתוך מאגר הנקבות הבתולות נישקלו 100 נקבות ו - 40 הנקבות בעלות המשקלים הקיצוניים - נמוכים וגבוהים הורחקו. 60 הנקבות הנותרות חולקו לארבע קבוצות משקל ומכל קבוצה הן נבחרו ואוכלסו באופן אקראי (ע"י הגרלה) כך שבכל שורה בכל טיפול היה ייצוג לכל קבוצת משקל, וכתוצאה מכך ממוצעי משקלי הנקבות בכל אחת מהשורות בכל טיפול היו כמעט זהים בתחילת הניסוי - 0.27 ± 0.01 גרם ($P > 0.9$).

בניסוי השני נישקלו מתוך מאגר הנקבות הבתולות 100 נקבות ו- 28 בעלות המשקלים הקיצוניים - נמוכים וגבוהים - הורחקו. 72 הנקבות הנותרות אוכלסו באותה שיטה אשר נוסחה בהצלחה בניסוי הטמפרטורה הראשון. ממוצעי משקלי הנקבות בכל אחת מהשורות בכל טיפול היו כמעט זהים בתחילת הניסויים (0.31 ± 0.01 ג' בניסוי הראשון והשני ו- 0.33 ± 0.01 ג' בניסוי השלישי).

מהלך הניסוי:

עם איכלוס הניסוי היו הטמפרטורות בכל הטפולים זהות - 26°C (בדומה לטמפרטורת הגידול) ובהן הוחזקו הנקבות למשך יומיים איקלום. לאחר יומיים אוכלסו לניסוי זכרים בני אותו גיל, באופן זהה לזה בו אוכלסו הנקבות, זכר אחד לכל נקבה. לאחר יומיים הוצאו הזכרים והנקבות הוכנסו לתאי השרצה קנויים מפלסטיק והטמפרטורה ניקבעה לכל טיפול על פי התכנון. משטר הטמפרטורה בטיפולים השונים מוצג בטבלה 1.

בכל יום נבדקה המערכת ועם זיהוי השרצה ניספרו הצאצאים והועברו לאקווריום הצאצאים. הונת הדגים הייתה בעודף וחולקה לשתי ארוחות ביום. המזון שניתן היה מזון פתיתי (פלקס) ברמת חלבון של 40% מתוצרת חברת Star בטיוואן. משך ההארה היה 16 שעות אור ו- 8 שעות חושך.

איכות המים נבדקה פעמיים בשבוע - הפרמטרים הנבדקים היו: חמצן מומס במים - נמדד ע"י מד חמצן אלקטרוני מתוצרת Hana instruments מדגם Hi 9145; אמוניה - נמדד ע"י ערכה מספר 1.11118 מתוצרת Merck המודדת את ריכוז הקטיון NH_4^+ בטווח שבין 1 - 0.05 מ"ג לליטר; ניטריט - נמדד ע"י ערכה מספר 1.11117 מתוצרת Merck המודדת את ריכוז האניון NO_2^- בטווח שבין 10 - 0.5 מ"ג לליטר.

איסוף נתוני הטמפרטורות בניסוי הראשון נעשה ע"י טרמומטרים מינימום - מקסימום ברישום ידני פעם ביום. נתונים אלו הוקלדו למחשב אישי ועובדו בעזרת גליון אלקטרוני Excel.

ניקיון נעשה בסיפון ע"פ הצורך - תוך הקפדה, ככל שניתן, על יצירת עקה אחידה בכל האקווריונים. תוספת מים נעשתה מתוך שני מיכלי פלסטיק בנפח 600 ליטר (מיכלי דולב) שהכילו מים שעמדו לפחות 24 שעות עם איזור.

משך הניסוי הראשון היה 65 יום.

מהלך הניסוי השני היה זהה לזה שכראשון, אולם לצורך ניסוי זה ניתפרו כלובי רשת (גודל עין 0.3×0.5 ס"מ) בגודל אחד ובנפח של 1.5 ליטר. לאחר תקופת האקלום הטמפרטורה ניקבעה לכל טיפול על פי התכנון והנתונים בפועל מוצגים בטבלה 1.1. משך ההארה בניסוי השני היה 14 שעות אור ו- 10 שעות חושך.

איסוף נתוני הטמפרטורות נעשה ע"י אוגרי נתונים ממוחשבים של חברת Hobo אשר קראו ורשמו את הטמפרטורה בכל טיפול כל שתיים משך כל הניסוי. נתונים אלו הועברו למחשב אישי ועובדו בעזרת גליון אלקטרוני Excel.

טבלה 1: נתוני טמפרטורות (ב- $^{\circ}\text{C}$) בניסויים ($\pm \text{SE}$).

טיפול	אקלום	ניסוי ראשון	ניסוי שני	ניסוי שלישי
20°C	26.0 ± 0.5	19.6 ± 1.2	20.5 ± 0.8	19.8 ± 0.7
23°C	26.6 ± 0.4	22.8 ± 0.5	22.8 ± 0.6	22.6 ± 0.6
25°C	26.5 ± 0.2		25.7 ± 0.7	
26°C	26.1 ± 0.5	26.7 ± 0.9		25.9 ± 0.8
27°C	26.3 ± 0.4		27.9 ± 0.8	29.0 ± 0.8
29°C	26.1 ± 0.4	29.2 ± 1.1	31.2 ± 1.3	
32°C	26.3 ± 0.4	32.2 ± 1.2	32.4 ± 0.8	32.5 ± 1.5

בניסוי הראשון התעוררה בעיה של איכות מים. התברר כי תאי ההשרצה מפלסטיק הקנויים אינם מתאימים לאחזקת הנקבות למשך זמן ארוך כתקופת הניסוי, זאת משום שלמרות שתאים אלו מחוררים בתחתיתם אין תחלופת מים נאותה בין האקווריום לתא ההשרצה. עם הזמן נוצר פער גדול באיכות המים בין האקווריום לתא ההשרצה שבו רמת האמוניה הגיעה ל- 0.05 מ"ג לליטר ורמת הניטריט ל- 6 מ"ג לליטר . גם רמת החמצן המומס במים הייתה נמוכה בתאי ההשרצה והיא לא עלתה על 50% רוויה. זאת לעומת איכות מים טובה בתוך האקווריום בו היה תא ההשרצה, שם רמת האמוניה המקסימלית הייתה 0 ורמת הניטריט המקסימלית לא עלתה על 0.01. גם רמת החמצן המומס במי האקווריום לא ירדה מ- 92% רוויה. עקב השיפור-שהוכנס בניסוי השני רמות האמוניה והניטריט המקסימליות שנימדדו באקווריום ובסל ההשרצה לא עלו על 0 מ"ג לליטר . רמת החמצן המומס במים לא ירדה מ- 95% רוויה. רמת האמוניה שנימדדה בניסוי השלישי הייתה 0, רמת הניטריט שנימדדה הייתה בטווח שבין $0.1 - 0 \text{ מ"ג לליטר}$ ובממוצע הייתה רמת ניטריט 0.01 מ"ג לליטר . כמות החמצן המומס במים הייתה קרובה לרוויה ובכל המדידות היא הייתה גבוהה מ- 90% רוויה.

בדיקת שחלות:

על מנת לבחון את השפעת הטמפרטורה על השחלות נערך במקביל לניסוי השלישי ניסוי הבא: נלקחו 15 נקבות בעלות משקל זהה וחולקו ל- 3 קבוצות. כל קבוצה הוכנסה לאקווריום נפרד שמידותיו $20 \times 25 \times 40 \text{ ס"מ}$ ונפח המים בו 20 ליטר. אקווריום זה בעל פילטר פנימי, טרמוסטט וגוף חימום משל עצמו. הנקבות הוכנסו לסלי רשת שתוארו בניסוי טמפרטורה מספר 2, למשך יומיים לצורך אקלוס. לאחר שני ימי האקלוס הוכנסו זכרים בגודל אחיד - זכר אחד לכל נקבה למשך יומיים לצורך הזדווגות. בפרק הזמן הזה הייתה הטמפרטורה בכל האקווריונים 26°C . לאחר יומיים הוצאו הזכרים ובכל אקווריום נקבעה טמפרטורה שונה כדלהלן: 20°C , 26°C , 32°C . הנקבות הוחזקו בטמפרטורות הללו למשך 18 יום ולאחר מכן הן הוצאו, הומתו והשחלות הוצאו מהן וצולמו. הזנה ובדיקות איכות מים - כפי שתואר בניסוי הראשון. רמות הניטריט והאמוניה שנימדדו היו 0 מ"ג לליטר .

היסטולוגיה:

לאחר צילום השחלות הן קובעו בתמיסת פורמלין נייטרלי B.N.F. לאחר דהיטרטציה באלכוהולים בריכוזים עולים הוכנו בלוקים לחיתוך בגליקול מטאקרילט. החיתוך בוצע במיקרוטום Sorvall JB4 בסכין זכוכית. החתכים ניצבעו ב- Hematoxylin Eosin.

חומרים ושיטות ניסוי קרניטין

לצורך הניסוי הראשון נלקחו דגיגי גופי (*P. reticulata*) בני שבוע ימים מזן קוברה אדום וגודלו כמעבדה. לאחר חודש ימים בעת הופעת ניצני דימורפיזם זוויתי בוצעה הפרדה בין זכרים לנקבות עוד לפני התבגרות מינית מלאה, ליצירת אוכלוסיית נקבות בתולות אשר שימשו לניסוי בעת הגעתן לבגרות מינית בגיל שלושה חודשים. מטרת הניסוי השני הייתה לברוק האם בטמפרטורה של 23°C , שהינה נמוכה מטמפרטורת האופטימום לרביית הגופי, יש השפעה לתוספת של L-carnitine במזון על פוטנציאל הרבייה - כמות הצאצאים ומשך ההריון. לצורך הניסוי נלקחו דגיגי גופי (*P. reticulata*) בני שבוע ימים מזן קוברה אדום וגודלו כמעבדה כפי שתואר בניסוי קרניטין הראשון, עד הגעת הנקבות לבגרות מינית בגיל ארבעה חודשים.

מערכת הניסוי:

מערכת הניסוי הראשון כללה 72 אקווריונים במידות $20 \times 20 \times 30 \text{ ס"מ}$ ובנפח של 12 ליטר כל אחד, אשר הוצבו על גבי כונניות, 12 אקווריונים על כל כוננית, כאשר בכל כוננית שלוש קומות עם ארבעה אקווריונים בכל קומה. לכל אקווריום פילטר פנימי ניפרד וגוף חימום ניפרד. כל טיפול, דהיינו 12 אקווריונים מבוקר ע"י טרמוסטט ניפרד. רגש הטמפרטורה נימצא

באחד האקווריונים האמצעיים בשורה האמצעית. לאחר תקופת אקלום ראשונית בת שלושה שבועות קורר חדר הניסוי ע"י מזגן ל 20°C וכל טיפול חומם לטמפרטורה שונה כדלהלן: 26°C , 23°C , 32°C . מערכת הניסוי השני היתה: זהה לזו שתוארה בניסוי הראשון, למעט העובדה שבניסוי זה נעשה שימוש ב - 84 אקווריונים, אשר נימצאו על גבי 7 כונניות. לכוננית המכילה את "ביקורת האופטימום" יש בכל אקווריום גוף חימום וטרמוסטט אחד אשר שומר על טמפרטורת אופטימום של 26°C - 27°C באקווריוני הטיפול. בניסוי 3 טיפולים:

1. "ביקורת אופטימום" - 26°C ללא תוספת L-carnitine במזון, ב - 12 חזרות.
2. "ביקורת 23" - 23°C ללא תוספת L-carnitine במזון, ב - 36 חזרות.
3. "טיפול 23" - 23°C בתוספת L-carnitine במזון בריכוז של 1000 מיליגרם לק"ג, ב - 36 חזרות.

איכלוס הניסוי:

ניסוי ראשון: מתוך מאגר הנקבות הבתולות נישקלו 100 נקבות ו - 28 הנקבות בעלות המשקלים הקיצוניים - נמוכים וגבוהים הורחקו, 72 הנקבות הנותרות חולקו לארבע קבוצות משקל ומכל קבוצה הן נבחרו ואוכלסו באופן אקראי (ע"י הגרלה) כך שבכל שורה בכל טיפול היה ייצוג לכל קבוצת משקל, וכתוצאה מכך ממוצעי משקלי הנקבות בכל אחת מהשורות בכל טיפול היו כמעט זהים ($P > 0.9$) בתחילת הניסוי (0.33 ± 0.01 ג').

ניסוי שני: מתוך מאגר הנקבות הבתולות נישקלו 100 נקבות כאשר 16 בעלות המשקלים הקיצוניים - נמוכים וגבוהים הורחקו, 84 הנקבות הנותרות חולקו ל - 12 קבוצות משקל ומכל קבוצה הן נבחרו ואוכלסו באופן אקראי (ע"י הגרלה) לטיפולים השונים, נקבה אחת לכל אקווריום. ע"פ מספר החזרות בטיפול ביחס של 1:3:3 מכל קבוצת משקל, כפי שתואר בניסוי הקודם, וכתוצאה מכך ממוצעי משקלי הנקבות בכל טיפול היו כמעט זהים ($P > 0.9$) בתחילת הניסוי (0.34 ± 0.01 ג').

הזנה:

הזנת הדגים הייתה בעודף וחולקה לשתי ארוחות ביום. המזון שניתן היה מזון פתיתי (פלקס) מתוצרת Tetra גרמניה והרכבו היה: 33.2% חלבון, 4% שומן, 7.2% מינרלים, 12.8% NDF - כל זאת על בסיס חומר יבש. בכל טמפרטורה טיפול אחד הוון בפלקס בתוספת L-carnitine בריכוז של 1000 מ"ג לק"ג, וטיפול שני באותה הטמפרטורה שימש כביקורת ולכן הוון באותו הפלקס אך ללא תוספת L-carnitine (מזון זה הכיל כמות L-carnitine של 23 מ"ג לק"ג הנימצאת באופן רגיל במזון).

מהלך הניסוי:

עם איכלוס הניסוי הראשון הייתה הטמפרטורה בכל הטיפולים זהה וניקבעה על 26°C (בדומה לטמפרטורת הגידול) בהן הוחזקו הנקבות למשך שלושה שבועות איקלום (טבלה 2), במהלכם ניתן מזון לטיפולים השונים כפי שיפורט בהמשך. לאחר שלושה שבועות אוכלסו לניסוי זכרים בוגרים, באופן זהה לזה בו אוכלסו הנקבות, שני זכרים לכל נקבה. לאחר יומיים הוצאו הזכרים והנקבות הוכנסו לכלובי רשת (גודל עין 0.3×0.5 ס"מ) בגודל אחיד ובנפח של 1.5 ליטר. הטמפרטורה ניקבעה לכל טיפול על - פי התכנון. בכל יום נבדקה המערכת ועם זיהוי השרצה ניספרו הצאצאים והוצאו מתוך האקווריום. בדיקות איכות המים, ניקיון ותוספת מים נעשו כפי שתואר בניסוי טמפרטורה הראשון. משך ההארה היה 14 שעות אור ו - 10 שעות חושך. איסוף נתוני הטמפרטורות נעשה כפי שתואר בניסוי טמפרטורה השני. הניסוי נמשך כשלושה חודשים - הופסק 70 יום לאחר אכלוס הזכרים.

עם איכלוס הניסוי השני היו הטמפרטורות בכל הטיפולים זהות וניקבעו על 27°C (בדומה לטמפרטורת הגידול) אשר נישמרה בעזרת מזגן אשר קבע את טמפרטורת חדר הניסוי. בחודש הראשון לניסוי הייתה טמפרטורה אופטימלית של 26°C - 27°C בכל אקווריוני הניסוי (טבלה 2). לאחר חודש ימים אוכלסו לניסוי זכרים בני אותו גיל, באופן זהה לזה בו אוכלסו

הנקבות, זכר אחד לכל נקבה. לאחר יומיים הוצאו הזכרים והנקבות הוכנסו לכלובי רשת כפי שתואר בניסוי הראשון. לאחר הוצאת הזכרים קובעה הטמפרטורה לכל טיפול על-פי הכתוב לעיל, ע"י הורדת טמפרטורת חדר הניסוי בעזרת מזגן ל -23°C , וחימום אקווריוני טיפול-ביקורת אופטימום ל -26°C - 27°C כפי שמתואר בניסוי הראשון. הניסוי נמשך כשלושה חודשים, והופסקו לידם לאחר-אכלוס הזכרים.

איסוף נתוני הטמפרטורות נעשה ע"י איסוף נתונים יומי ע"י טרמומטרים "מינימום - מקסימום". שאר התהליכים היו זהים למתואר בניסוי קרניטין הראשון.

טבלה 2 : נתוני טמפרטורות (ב- $^{\circ}\text{C}$) בניסוי קרניטין ($\pm\text{SE}$).

טיפול	אקלום	ניסוי ראשון	אקלום	ניסוי שני
23°C	26.5 ± 0.7	22.6 ± 0.6	26.7 ± 0.6	22.6 ± 0.6
23°C + קרניטין	26.5 ± 0.7	22.5 ± 0.7	26.6 ± 0.6	22.5 ± 0.6
26°C	26.4 ± 0.5	25.9 ± 0.8	26.5 ± 0.6	26.7 ± 1.0
26°C + קרניטין	26.5 ± 1.1	25.6 ± 1.0		
32°C	26.7 ± 0.9	32.5 ± 1.5		
32°C + קרניטין	26.7 ± 0.5	31.5 ± 1.6		

איכות מים:

רמת האמוניה שנימדדה בניסויים אלה הייתה 0, רמת הניטריט שנימדדה נעה בטווח שבין 0.1 - 0 מ"ג לליטר ובמוצק הייתה רמת הניטריט 0.01 מ"ג לליטר. כמות החמצן המומס במים הייתה קרובה לרוויה ובכל המדידות הרמה שנימדדה הייתה למעלה מ- 90% רוויה.

חומרים ושיטות ניסויי טורף

מטרת הניסוי:

לבחון השפעת נוכחות טורף על פוטנציאל הרבייה של דגי הגופי בתנאים מעבדתיים: נערכו שני ניסויים: לצורך הניסוי נלקחו נקבות גופי בתולות, 24 בראשון ו- 48 בשני, מזן קוברה אדום, שגודלו במעבדה (כמתואר לעיל). לגודל אחיד בגיל שלושה חודשים.

מערכת הניסוי:

1. מערכת החשיפה לטורף - המערכת כללה שני מיכלי פלסטיק בנפח 600 ליטר (מיכלי דולב) אשר לכל אחד פילטר חיצוני משל עצמו. מיכל אחד עמד ריק והשני הכיל להקת אמנונים אפריקאים מסוג *Aulonocara nyassae* להקת הטורפים כללה 25 דגים: 16 נקבות במשקל ממוצע של 16.4 ± 1.3 גרם, ו- 9 זכרים במשקל ממוצע של 36 ± 2 גרם.
2. אקווריוני ההשרצה - המערכת כללה אקווריונים, 24 בראשון ו- 48 בשני, במידות $20 \times 20 \times 30$ ס"מ ובנפח של 12 ליטר כל אחד. לכל אחד מהם פילטר פנימי משל עצמו. האקווריונים הוצבו על כונניות אשר על כל אחת מהן 12 אקווריונים המסודרים בשלוש שורות של 4 אקווריונים בכל שורה. כל טיפול מאוכלס בכוננית נפרדת.

מהלך הניסוי:

מתוך מאגר נלקחו נקבות בתולות, 24 בראשון ו- 48 בשני, בגודל אחיד אשר אוכלסו לאקווריוני הניסוי ע"פ השיטה שנוסתה בהצלחה בניסויים קודמים. האיכלוס נעשה לתוך תאי רשת בנפח 1.5 ליטר (כמתואר לעיל וראה תמונות 1 ו- 2)

אשר היו תלויים בתוך מיכלי הפלסטיק: 12 נקבות במיכל הטיפול ו- 12 נקבות במיכל הביקורת. הנקבות שהו במיכלים למשך שבוע איקלום, ואחריו הוכנסו זכרים בוגרים בני 6-9 חודשים במשקל ממוצע של 0.02 ± 0.2 גרם, לצורך הזדווגות. לאחר 18 יום הועברו הנקבות לאקווריוני ההשרצה, בתוך תאי הרשת - נקבה לכל אקווריום, בעוד הזכרים הופרדו מהן.

הפרמטרים שנימדדו היו משך ההריון וכמות הצאצאים בהשרצה. משך הניסוי היה כחודשיים מיום המפגש עם הזכר. הדגים הוחזקו בטמפרטורה אחידה של 26°C ובמשטר הארה של 14 שעות אור ו- 10 שעות חושך. ההאכלה נעשתה בעודף וחולקה לשתי ארוחות ביום. המזון שניתן היה מזון פתיתי (פלקס) ברמת חלבון של 40% מתוצרת חברת Star בטיוואן. להקת האמנונים הואכלה בכורך בדגי גופי חיים ולאחר מכן בכופתיות מזון אמנונים (35% חלבון).

הטמפרטורה נימדדה ונרשמה יום ע"י טרמומטרים "מינימום - מקסימום" בעלי רמת דיוק של $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$. איכות המים ניבדקה פעמיים בשבוע - הפרמטרים הניבדקים היו: אמוניה, ניטריט ואחוז החמצן המומס במים. האקווריונים נבדקו מדי יום לצורך איבחון השרצות, והדגיגים שהורצו הוצאו ונספרו.

הטמפרטורה הממוצעת שנימדדה במיכלי ואקווריוני הטיפול הייתה $26.1^{\circ}\text{C} \pm 1.2$, ובמיכלי ואקווריוני הביקורת הטמפרטורה הממוצעת שנימדדה במשך הניסוי הייתה $25.9^{\circ}\text{C} \pm 1.1$. משקלי הנקבות בעת אכלוס הניסוי הראשון היו 0.45 ± 0.02 גרם בנקבות הביקורת, ו- 0.44 ± 0.02 גרם בנקבות אשר נחשפו לטורף. בניסוי השני היה משקל הנקבות 0.3 ± 0.01 גרם בשני הטיפולים. ממוצעי משקלי הנקבות אשר אוכלסו היו זהים לחלוטין $P=1$.

איכות מים:

במדידות שנערכו במשך הניסויים רמת האמוניה שנימדדה בשני הטיפולים הייתה בטווח שבין $0.1 - 0$ מ"ג לליטר ובממוצע רמת האמוניה שנימדדה הייתה 0.01 . רמת הניטריט שנימדדה הייתה בטווח שבין $0.5 - 0$ מ"ג לליטר בטיפול הטורף (0.065 בממוצע), ו- 0 בביקורת. רמת החמצן המומס במים לא ירדה מ- 92% רוויה.

חומרים ושיטות ניסוי טורף שלישי

מטרת הניסוי:

לאחר שבניסויים קודמים הוכח כי בנוכחות טורף משתנה אסטרטגיית הרבייה של נקבות הגופי והן משריצות יותר צאצאים בכל השרצה, מטרת ניסוי זה הייתה לעמוד על מהות הגירוי אשר כתגובה אליו משריצות נקבות הגופי הנתונות ללחץ טריפה יותר צאצאים. לצורך הניסוי נלקחו 100 נקבות גופי בתולדות מזן קוברה אדום בגיל 4 חודשים שגודלו במעברתנו כפי שתואר לעיל.

מערכת הניסוי:

אקווריוני ההשרצה - המערכת כללה 100 אקווריונים במידות $20 \times 20 \times 30$ ס"מ ובנפח של 12 ליטר אשר לכל אחד פילטר פנימי. האקווריונים עמדו על גבי כונניות: 12 אקווריונים על כל כוננית המסודרים ב- 3 שורות של 4 אקווריונים בכל שורה.

מערכת החשיפה לטורף - המערכת כללה 5 מיכלי פלסטיק בנפח של 500 ליטר (מיכלי דולב) אשר לכל אחד מהם פילטר חיצוני. בארבעה מהם היו להקות אמנונים אפריקאים ממין *Aulonocara nyassae* שמוצאם מאגם מלאווי והובאו לצורך הניסוי. ממשק מסחרי. בארבעת הדולבים הללו קיבלו נקבות הגופי את הטיפולים כפי שיפורט להלן והדולב החמישי הריק, שימש כביקורת. נקבות הגופי שהשתתפו בניסוי הוכנסו לתאי רשת שתוארו בניסויים קודמים. בכדי לבחון איזה גירוי משפיע על תגובת נקבות הגופי הוחלט לנסות לכודר 3 גירויים אפשריים: כימי, ויזואלי ומגע של הטורף בדופן הסלים בהם נימצאות נקבות הגופי. שילוב של 3 הגירויים האפשריים ניבחן בחמישה טיפולי ניסוי:

1. גירוי כימי בלבד - אל תוך מיכל הדולב הוכנסה קופסת פרספקס אטומה מרובעת, אורך צלעה 65 ס"מ געומקה 25 ס"מ. קופסת זו ניתלתה במרכז מיכל הדולב כאשר 5 ס"מ העליונים שלה בולטים אל מחוץ למים. במרכז כל דופן של קופסת הפרספקס 4 חורים בקוטר 5 מ"מ במרחק 10 ס"מ האחד מהשני. בצמוד לדפנות הפנימיות של קופסת הפרספקס הונחו 20 סלי רשת אשר בכל אחד מהם נקבת גופי. מתוך מיכל הדולב עוברים מים לתוך קופסת הפרספקס באמצעות "מעלית אוויר" אשר מזרימה מים בהספק של 2.5 ליטר בדקה. המים חוזרים לדולב בכח הגרוויטציה מבעד לחורים בקופסת הפרספקס, כך שקופסת הפרספקס ומיכל הדולב מהווים מערכת מים אחת.

2. גירוי וויזואלי בלבד - בטיפול זה לתוך מיכל דולב שני הוכנסה קופסת פרספקס במדות שוות לזה שבטיפול הכימי, אלא שבטיפול זה הקופסה הינה שקופה ללא חורים, ובעלת פילטר פנימי משל עצמה ומהווה מערכת מים נפרדת ממיכל הדולב. בתוך קופסת הפרספקס הונחו 20 סלי הרשת כמו בטיפול הקודם.

3. גירוי כימי וויזואלי, ללא אפשרות מגע - בטיפול זה ניבחנו שילוב של גירוי כימי וויזואלי ללא הגירוי הטקטילי האפשרי כתוצאה ממגע ישיר של הטורפים בסלי הרשת. לתוך מיכל דולב שלישי הוכנסה קופסת פרספקס מנוקבת כבטיפול הכימי. המים חוזרים לדולב בכח הגרוויטציה מבעד לחורים בקופסת הפרספקס, כך שקופסת הפרספקס ומיכל הדולב מהווים מערכת מים אחת.

4. גירוי כימי וויזואלי עם אפשרות למגע - בטיפול זה ניבחנו שילוב של גירוי כימי וויזואלי ובנוסף גירוי טקטילי אפשרי כתוצאה ממגע ישיר של הטורפים בסלי הרשת. בתוך מיכל דולב ניתלו 20 סלי רשת על מסגרת מרובעת אשר אורך צלעה 65 ס"מ, כך ש- 5 הסנטימטרים העליונים של סלי הרשת נימצאים מעל לפני המים.

5. ביקורת - בתוך דולב ללא להקת טורפים ניתלו 20 סלי רשת על מסגרת מרובעת אשר אורך צלעה 65 ס"מ, כך ש- 5 הסנטימטרים העליונים של סלי הרשת נימצאים מעל לפני המים.

מהלך הניסוי:

מתוך מאגר של נקבות בתולות נלקחו 100 בעלות גודל אחיד. האיכלוס נעשה לתוך תאי רשת בנפח של 1.5 ליטר אשר היו תלויים בתוך הדולבים: 20 נקבות בכל אחד מחמשת דולבי הניסוי. הנקבות שהו בדולבים למשך שבוע ולאחר שבוע איקלום הוכנסו זכרים בוגרים בני כ- 6 חודשים ובמשקל ממוצע של 0.21 ± 0.03 לצורך הזדווגות. לאחר 18 יום הועברו הנקבות לאקווריוני ההשרצה - נקבה לכל אקווריום, בעוד הזכרים הופרדו מהן. הטמפרטורה הממוצעת שנימדה במיכלי ואקווריוני הטיפול והבקורת הייתה $27.1 \pm 1.0^{\circ}\text{C}$. משקלי הנקבות בעת אכלוס הניסוי היו 0.49 ± 0.02 גרם, ללא הבדל בין הטיפולים. שאר פרטי הניסוי דומים לאלה שבשני הניסויים הקודמים.

איכות מים:

משך כל הניסוי רמת האמוניה המקסימלית שנימדה הייתה 0 מ"ג לליטר. רמת הניטריט המקסימלית שנימדה הייתה 0.05 רמת החמצן המומס במים לא ירדה מ- 90% רוויה.

ניתוח סטטיסטי:

המודל הנבחן בניסוי הטמפרטורה נותח בניתוח שונות חד כווני (One way ANOVA). מובהקות ההבדלים בין הטיפולים השונים נבחנו במבחן Tukey Kramer. השפעת הטמפרטורה על התמיינות הצאצאים לזוויגים נבחנו במבחן chi-square. המודל הנבחן בניסוי הקרניטין הראשון נותח בניתוח שונות דו כווני (Two way ANOVA) ובשני בניתוח חד-כיווני. מובהקות ההבדלים בין הטיפולים השונים נבחנו במבחן Tukey Kramer. מובהקות ההבדלים בין תקופות ההריון השונות ניבחנו במבחן chi-square. בניסויי החשיפה לטורף המודל נותח בניתוח שונות חד-כווני. בניסויי החשיפה לטורף השלישי מובהקות ההבדלים בין הטיפולים השונים נבחנו במבחן Student's t test. בכל המבחנים ברמת מובהקות של ($P < 0.05$).

פרק ב': בקרת ההתמיינות לזוויגים בגופי

הניסויים בשלב הראשון נמשכים 9-12 חודשים. בשלב הראשון נבחרו לניסויים בהיפוך זוויג שני אנדרוגנים שדווחו בספרות כייעילים - אנדרוסטנדרין (4-androsten-3,17-dione) ואתיסטרין (17α -ethynyltestosterone). בשלב השני נבחנו גם השפעת טיפול אסטרונגי - אתינל אסטרדיול (17α -ethynylestradiol) ו- דיאתילסטילבסטרול (Diethylstilbestrol). חשיפת הדגיגים להורמון נעשתה דרך המזון, ושיטת הוספת ההורמון המקובלת היא המסת הכמות הדרושה (לריכוז סופי הרצוי) בכוחל, ערכוב התמיסה עם מנת המזון ונידוף הכוחל.

ניסוי 1א' - בחינת השפעת טיפול אנדרונגי הניתן במזון על התמיינות לזוויגים

להקה של כ- 500 נקבות הרות מזן שבגידול מסחרי הוכנסה לכלוב השרצה במיכל מאוורר בנפח של 500 ליטר. לאחר יממה הוצא כלוב ההשרצה ובו הנקבות, ונאספו השרצים. 50 שרצים בני יום הוכנסו לכל אחד מ- 6 אקווריונים בנפח של 20 ליטר, מצוידים בפילטר ביולוגי פינתי מאולח בחיידקי ניטריפיקציה המופעל באמצעות אבן אויר ומשמש גם לאיזורור. האקווריונים חולקו לשני טיפולים - הזנה במזון מתוסף בהורמון אנדרוסטנדרין (במינון של 550 חל"מ) למשך שלושה וחצי שבועות, ובקורת ללא הורמון. כל טיפול מבוצע בשלוש חזרות. טמפרטורת המים קבועה (26 ± 1 מ"צ) ומשטר התאורה (מלאכותית באמצעות נורות פלורוסנט) במשך 12 שעות ביממה. הדגים הוזנו 3 פעמים ביום, במזון מסוג "פלקס". תמותות שנצפו בעין (ללא ספירת הדגים) במהלך הטיפול היו 4-3 לאקוריום בקבוצות הטיפול ו- 2-5 בקבוצות הבקורת. רפש ושאריות מזון נשאבו פעמים בשבוע, והוחלפה מחצית מהמים באקוריונים, לשמירת איכות מים ברמה של פחות מ- 0.5 ppm אמוניה ו- 1 ppm ניטריט.

ניסוי 1ב' - בחינת השפעת טיפול אנדרונגי הניתן במזון בשלושה מינונים על התמיינות לזוויגים.

מהלך הניסוי דומה לקודם. 40 שרצים בני יום אוכלסו לכל אחד מ- 12 אקווריונים (3 חזרות לטיפול). בניסוי זה טופלו הדגים באתיסטרין במינונים 500, 250 ו- 750 ppm ודגי הבקורת הוזנו ב"פלקס" ללא הורמון.

ניסוי 2 - בחינת השפעת טיפול אנדרונגי הניתן לנקבות הרות על התמיינות לזוויגים.

מטרת הניסוי לבחון יעילות מתן טיפול רציף ללהקת הרבייה על ההתמיינות לזוויגים, וכן לברר תופעות לוואי אפשריות לטיפול כזה על ייצור דגיגים. 12 נקבות הרות נלקחו מלהקת הרבייה ושוכנו בכלובי השרצה באקווריונים נפרדים בנפח של 20 ליטר כ"א. שמונה נקבות מטופלות בהורמון 19-norethynyltestosterone במינון של 400 ppm המוגש באמצעות מזון "פלקס". ארבע הנקבות הנוספות מהוות קבוצת ביקורת. ההשרצות של כל נקבה נאספו ונספרו. השרצים מההשרצה הראשונה לא נשמרו מאחר ולא נחשפו לטיפול הורמונאלי. לאחר ההשרצה הראשונה קבלו הנקבות בקבוצת הטיפול ההורמונאלי מזון שהכיל הורמון אנדרונגי החל מהיום ה- 20 מההשרצה הקודמת למשך כ- 10 ימים (עד להשרצה הבאה). השרצים מההטלות השניה והשלישית (בקבוצת הטיפול ובקבוצת הבקורת) נאספו ונשמרו עד לאבחון התמיינות לזוויגים במועד מאוחר יותר.

ניסוי 3 - היפוך זוויג נקבי לדגיגים

נאספו 9 קבוצות בנות 30 שרצים של גופים בני יום והוכנסו ל- 9 אקווריונים של 30 ליטר כ"א. נערכו שלושה טיפולים, ב- 3 חזרות: טיפול 1: הזנה ב"פלקס" טחון בתוספת 17α -ethynylestradiol במינון של 300 ppm; טיפול 2: הזנה ב"פלקס" טחון בתוספת Diethylstilbestrol במינון של 400 ppm; וטיפול ביקורת: הזנה ב"פלקס" טחון. הטיפולים ניתנו למשך 3 שבועות, ולאחריהם הועברו הדגיגים להזנה זהה ב"פלקס" וארטימיה. שלושה חודשים מתחילת הטיפול נבדקו יחסי הזוויגים בכל טיפול.

תוצאות:

פרק א': בקרת גודל ההשרצה בגופי

ניסויי השפעת הטמפרטורה:

התוצאות שהתקבלו בניסוי הראשון מצביעות בבירור כי השפעת הטמפרטורה הינה מובהקת ($P < 0.0001$, $R^2 = 0.51$). כאשר בוחנים את משך ההריון - התקבל כי משך ההריון הקצר ביותר מושג בטמפרטורות 26°C - 29°C והינור 26.6°C - 26.5°C ימים בממוצע בהתאמה (בכל ההריונות). לעומת זאת נימצא כי לטמפרטורה אין השפעה מובהקת על מספר הצאצאים הממוצע בהשרצה, אם כי בטמפרטורה הגבוהה של 32°C מספר הצאצאים הממוצע בהשרצה היה הנמוך ביותר. כאשר נבחן הפרמטר המבטא את פוטנציאל ייצור הדגיגים המשקלל למעשה את שני הפרמטרים לעיל באופן בו מחולק מספר הצאצאים הממוצע בהשרצה בימי ההריון, נמצא כי לטמפרטורה השפעה מובהקת ($P < 0.01$, $R^2 = 0.3$) וכי הערך הגבוה ביותר (0.37) צאצא ליום) מתקבל בטמפרטורה של 26°C . חשוב לציין כי בטמפרטורות 26°C - 29°C משך ההריון השני היה קצר באופן מובהק ($P < 0.03$) מאשר בהריון הראשון.

בניסוי הראשון הייתה בעיית איכות מים בתאי ההשרצה בשל חוסר מעבר אפקטיבי של מים מתא ההשרצה לאקווריום ולמעשה ניתוק תא ההשרצה מהפילטר הביולוגי הנמצא בתוך האקווריום, מצב שגרם לרמות גבוהות של אמוניה וניטריט ורמות נמוכות של חמצן מומס במים. אי לכך הוחלט לחזור על ניסוי זה בנקבות מאותו קו אלא שבניסוי השני נוסף טיפול טמפרטורה נוסף בטווח הקרוב לאופטימום ובמקום טיפול טמפרטורה של 26°C נבחנו שתי טמפרטורות ביניים של 25°C - 27°C . התוצאות הצביעו אף הן בבירור כי הטמפרטורה משפיעה באופן מובהק ($P < 0.0001$, $R^2 = 0.84$) על משך ההריון אשר הינו קצר יותר בטמפרטורות הגבוהות שניבחנו 27°C , 29°C - 32°C ונימשך 26.6 ימים בממוצע בטמפרטורות 27°C - 29°C ו- 25.7 ימים בממוצע ב- 32°C . מספר הצאצאים הממוצע לא הושפע באופן מובהק מהטמפרטורה אם כי נראה שבטמפרטורה הגבוהה של 32°C מספר הצאצאים הממוצע לנקבה הוא הנמוך ביותר. כאשר נבחן הפרמטר המבטא את פוטנציאל ייצור הדגיגים של הנקבות הערך הגבוה ביותר (0.5 צאצא ליום) באופן מובהק ($P < 0.007$, $R^2 = 0.54$) התקבל בטמפרטורה של 27°C . בניסוי זה שיעור ההתעברות של הנקבות היה נמוך, דבר המתבטא במספר החזרות הקטן, כנראה בגלל גילם הצעיר מדי של הזכרים. אחוז תמותה גבוה של אמהות היה בטמפרטורה של 32°C שהגיע ל- 41.6% . בשני הניסויים הראשונים התקבלה תוצאה מעניינת בטמפרטורה של 32°C בה כל הצאצאים ששרדו והגיע לבגרות מינית היו זכרים אשר היו בעלי דפורמציות במבנה עמוד השדרה. לא נמצאה עוד השפעה מובהקת כלשהי של הטמפרטורה על ההתמיינות לזוויגים. בשני הניסויים למעט בטיפול אחד (23°C בראשון ו- 27°C בשני) רוב הצאצאים היו נקבות (כ- 60%) כפי שדווח ע"י המגדלים עצמם.

בניסוי השלישי שנעשה בקו גופי הקרוי "קוברה אדום" התוצאות היו דומות לאלו שהתקבלו בניסויים בקו "זנב קלשון" בכל המובנים.

בחנית השחלות אשר הוצאו מנקבות ששהו בטמפרטורות של 20°C , 26°C - 32°C אינה מפתיעה לאור התוצאות הכמותיות שהתקבלו לגבי משכי ההריון ומספר הצאצאים הממוצע בהשרצה. נמצא הבדל ברור בין טיפולי הטמפרטורה השונים עוד לפני הכנת החתך ההסטולוגי. בטיפול הטמפרטורה האופטימלית של 26°C נראה בבירור כי השחלה מכילה מספר רב של עוברים בשלבי התפתחות מתקדמים. לעומת זאת בטיפול הטמפרטורה הקרה של 20°C ניתן להבחין כי השחלה מכילה מספר רב של עוברים אם כי לא ניתן להבחין בשלב זה בעיניים או באיזושהי התפתחות עוברית אחרת בשחלה. בטיפול הטמפרטורה של 32°C השחלה נראית קטנה ומנוונת ללא אפשרות להבחין בעוברים. ניתן לראות כי בשונה מהשחלות בטיפולי הטמפרטורה האחרים היא עטופה ריקמה נקרוטית וצבעה לבן. בחתכים ההיסטולוגיים נראה כי ההתפתחות העוברית בטמפרטורה של 26°C נמצאת בשלב מתקדם, העוברים מפותחים וניתן להבחין במערכת שרירים סגמנטלית מפותחת כמו גם במערכת עצבים, עיניים ואף שלפוחית שחיה. בטמפרטורה של 20°C ההתפתחות העוברית נראית בשלב התפתחותי מוקדם ואילו השחלה שהוצאה מנקבה ששהתה בטמפרטורה של 32°C נראתה מנוונת לחלוטין

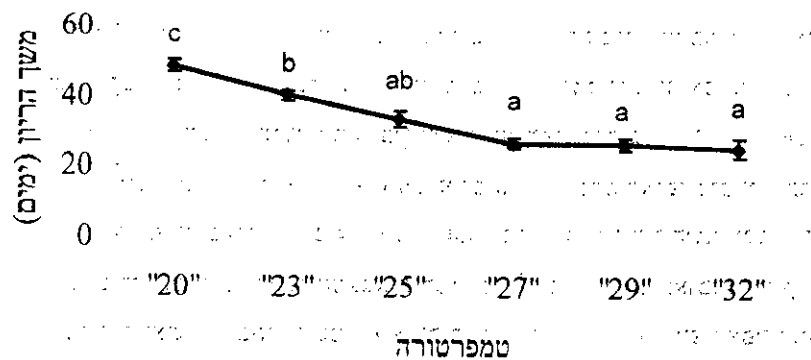
ובחנת היסטולוגי נראה כי הציטופלסמה בתאי ביצית צעירים מכילה וקואלות רכות עובדה המצביעה על כך שהטמפרטורה הגבוהה גרמה לנזק קשה לביציות הצעירות.

גרף 1: השפעת הטמפרטורה על משך ההריון, מספר הצאצאים הממוצע בהשרצה ופוטנציאל ייצור דגיגים בניסוי הטמפרטורה השני ($\pm SE$).

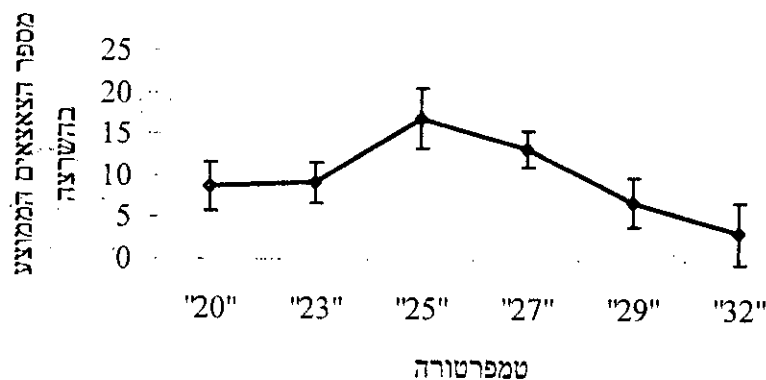
פוטנציאל ייצור הדגיגים



משך ההריון ממוצע



מספר צאצאים ממוצע



ניסויי הוספת קרניטין:

בניסוי הראשון שנערך כניסוי דו גורמי רגיל, הגורם הראשון הנבחן היה גורם הטמפרטורה והגורם השני הינו תוספת קרניטין לעומת ביקורת בה לא ניתנה תוספת. התקבלו תוצאות ברורות ומובהקות לגבי אפקט הטמפרטורה אולם לגבי אפקט הקרניטין הסתמנה מגמה, אך לא התקבלו תוצאות מובהקות. הפרמטרים שניבדקו כניסוי זה היו: משך ההריון, מספר הצאצאים הממוצע בהשרצה ופרמטר המבטא את פוטנציאל ייצור הדגיגים של הנקבה והוא מספר הצאצאים מחולק בימי ההריון. לגבי משך ההריונות האפקט היחיד שהיה מובהק היה זה של הטמפרטורה, לגבי כלל ההריונות ($P < 0.001$) ולגבי משך ההריון הראשון ($P < 0.05$). בטיפול הטמפרטורה של 23°C משך ההריון היה הארוך ביותר באופן מובהק ועמד על ממוצע של 42.1 יום בהריון הראשון ו- 39.6 כאשר מחשבים את כלל ההשרצות. טיפולי הטמפרטורה של 26°C ו- 32°C לא היו שונים באופן מובהק ומשך ההריון הממוצע בהם היה 30.8 ו- 29 ימים בהתאמה בהריון הראשון, ו- 29.2 ו- 27.1 ימים בהתאמה כאשר מחשבים זאת לכלל ההריונות. משך ההריון היה דומה בהריון הראשון והשני, למעט בטיפול הטמפרטורה של 23°C בו משך הניסוי (ימים) איפשר קבלת השרצה שניה רק בנקבות מקדימות שמספרן לא היה גדול (דבר שהקטין את מספר החזרות מ- 17 ל- 10).

משך ההריון הממוצע בטיפול הטמפרטורה של 23°C היה קצר יותר בנקבות אשר קיבלו תוספת קרניטין לעומת נקבות הביקורת ונמשך 37.8 ימים לעומת 42.7 ימים בממוצע. תוצאות אלו לא היו מובהקות אך הצביעו על מגמה וייתכן כי מיעוט החזרות בניסוי זה הוא הגורם לכך שמגמה זו אינה מובהקת. אפקט הקרניטין לא היה מובהק, הן לגבי משך כלל ההריונות והן לגבי משך ההריון הראשון או השני בנפרד. כמו כן לא נימצאה השפעת גומלין מובהקת בין שני הגורמים הניבדלים, לא לגבי משך כלל ההריונות, ולא אם בודקים אותה בניפרד לגבי משך ההריון הראשון או השני.

ההשפעה של הטמפרטורה על מספר הצאצאים הממוצע בהשרצה הייתה מובהקת בהריון הראשון ($P < 0.003$) ובהריון השני ($P < 0.001$), כאשר מחברים את תוצאות כלל ההריונות מקבלים כי לטמפרטורה אפקט מובהק על מספר הצאצאים הממוצע בהשרצה ($P < 0.001$). ההבדל שנימצא הינו בין טיפולי הטמפרטורה של 23°C ו- 26°C לבין טיפול הטמפרטורה הגבוהה של 32°C . טיפולי הטמפרטורה של 23°C ו- 26°C אינם שונים ביניהם באופן מובהק, ובהם ממוצע הצאצאים להשרצה היה 19.3 ו- 18.8 בהתאמה בהריון ראשון, ו- 19.7 ו- 19.4 בהתאמה בהריון השני, ועבור כלל ההריונות 19 ו- 19.4 בהתאמה. בטיפול הטמפרטורה של 32°C מספר הצאצאים הממוצע להשרצה נמוך באופן מובהק, ועומד על מספר צאצאים ממוצע להשרצה של 6 בהריון ראשון, 5 בהריון שני ו- 5.4 עבור כלל ההריונות. לא נימצא אפקט מובהק לתוספת הקרניטין וכמו כן לא נימצאה השפעת גומלין מובהקת בין תוספת הקרניטין לטמפרטורה עבור כלל ההריונות, ולא עבור כל הריון בניפרד.

תוצאות דומות התקבלו גם לגבי הפרמטר המבטא את פוטנציאל ייצור הדגיגים לנקבה - מספר הצאצאים מחולק בימי ההריון. כאשר מחשבים פרמטר זה עבור שני ההריונות הראשונים ביחד התקבל כי עבור אפקט הטמפרטורה היו הבדלים מובהקים בין שלושת טיפולי הטמפרטורות ($P < 0.01$). הערך הגבוה ביותר התקבל עבור טיפול הטמפרטורה של 26°C ועמד על 0.63 . אחריו עמד הטיפול של 23°C בו הערך שהתקבל היה 0.48 ובטמפרטורה של 32°C התקבל הערך הנמוך ביותר 0.2 . כאשר מחשבים פרמטר זה עבור כלל ההריונות (מספר חזרות גבוה יותר), התוצאות אינן משתנות בהרבה אלא שהן מובהקות הרבה יותר. ($P < 0.001$). הערך הגבוה ביותר התקבל עבור טיפול הטמפרטורה של 26°C ועמד על 0.66 . אחריו עמד הטיפול של 23°C בו הערך שהתקבל היה 0.5 ובטמפרטורה של 32°C התקבל הערך הנמוך ביותר 0.21 . פרמטר זה אף הוא לא מצביע על אפקט מובהק לטיפול הקרניטין לעומת טיפול הביקורת. כמו כן לא נימצאה השפעת גומלין מובהקת בין טיפול הטמפרטורה לטיפול הקרניטין.

שיעורי תמותת האמהות היו דומים בטיפולי הטמפרטורה של 23°C ו- 26°C . בטיפולים אלה שיעורי התמותה היו נמוכים מאד ועמדו על 8.3% ב- 23°C בטיפול הקרניטין ובביקורת, וב- 26°C על 8.3% בטיפול הקרניטין ו- 0% תמותה בקבוצת

הביקורת. לעומת זאת בטיפול הטמפרטורה של 32°C שיעורי תמותה האמהות היו גבוהות. בטמפרטורה זו לא היה הבדל בין קבוצת הטיפול שקיבלה תוספת קרניטין לבין קבוצת הביקורת, ובשתייהן שיעור התמותה היה 41.6% .

מטרת הניסוי השני הייתה לבחון את המגמה שהסתמנה בעקבות טמפרטורה נמוכה של 23°C בה נצפה כי נקבות שקיבלו תוספת קרניטין למזונן הקדימו להשריץ. מגמה זו לא נימצאה מובהקת בניסוי הראשון אך נראה היה כי מספר חזרות רב יותר יאושש את המגמה שהסתמנה. תוצאות ניסוי זה מצביעות על כך כי בטמפרטורה של 23°C , הנמוכה מטמפרטורת האופטימום של 26°C , כאשר מחלקים את משך ההריון לשלוש תקופות מתקבלת תוצאה המצביעה על הבדל מובהק ($P<0.03$) בין מספר הנקבות שהקדימו להשריץ שהינו גבוה בנקבות שקיבלו תוספת קרניטין לעומת נקבות הביקורת. יחד עם זאת כאשר מנתחים את כל תקופת הניסוי כחטיבת זמן אחת נראה כי אין אפקט מובהק לתוספת הקרניטין הן על משך ההריון הממוצע והן על מספר הצאצאים הממוצע בהשרצה.

הגורם היחיד שנימצא מובהק בניסוי זה הוא גורם הטמפרטורה ($P<0.001$). בטיפול הטמפרטורה של 23°C משך ההריון הממוצע היה 44.1 יום עם תוספת קרניטין במזון, ו- 48.3 יום ללא התוספת במזון. תוצאות אלו אינן שונות באופן מובהק אחת מהשנייה. לעומתן משך ההריון הממוצע בטיפול 26°C ללא תוספת קרניטין היה קצר באופן מובהק ועמד על ממוצע של 30.5 יום. כן נמצא כי שיעור ההתעברות של כלל האמהות שהשתתפו בניסוי היה גבוה מ- 75% . לא נמצא הבדל מובהק בין הטיפולים השונים על מספר הצאצאים הממוצע בהשרצה; לא הייתה השפעה לטמפרטורה או לתוספת הקרניטין. תוצאות אלה מראות כי לתוספת הקרניטין אין השפעה על פוטנציאל ייצור הדגיגים של האמהות (מספר צאצאים/ימי הריון) אם כי בין הנקבות שהשריצו עד 39 יום (מקדימות) מממן הטיפול מספר ההשרצות בנקבות אשר קיבלו תוספת קרניטין היה גבוה באופן מובהק ($P<0.03$) מאשר בנקבות הביקורת (12 לעומת 5 בהתאמה). הבדל זה נעלם בהמשך. כאשר מחשבים את פוטנציאל ייצור הדגיגים לנקבה (ממוצע צאצאים/ימי הריון) בנקבות המקדימות נימצא כי אין הבדל מובהק בין נקבות הטיפול לנקבות הביקורת ואפילו הערך המתקבל עבור נקבות הביקורת (0.54) גבוה מזה המתקבל עבור נקבות הטיפול (0.49). אולם, אם נשקלל ערך זה עם אחוז הנקבות המשריצות בלהקה נקבל ערך המבטא את פוטנציאל ייצור הדגיגים בלהקה והוא יהיה גבוה באופן מובהק בנקבות שקיבלו תוספת קרניטין (0.21) לעומת נקבות הביקורת (0.09).

ניסוי השפעת חשיפה לטורף:

הניסוי הראשון היה חד גורמי במבנהו ובו נבחנה השפעת לחץ הטריפה על משך ההריון הממוצע, מספר הצאצאים הממוצע בהשרצה, ופוטנציאל ייצור הדגיגים של האמהות (ממוצע צאצאים/ימי הריון). זאת מול טיפול הביקורת בו האמהות לא היו חשופות לטורף. התוצאות שהתקבלו מלמדות שאין אפקט מובהק ללחץ הטריפה על משך ההריון הממוצע, אשר היה דומה בשני הטיפולים: 36.3 ± 3.6 יום בדגי הביקורת לעומת 39.8 ± 2.1 יום בדגי הטיפול. לעומת זאת כאשר כוונים את השפעת הטיפול על מספר הצאצאים הממוצע בהשרצה נמצא כי בדגי הטיפול מספר הצאצאים הממוצע בהשרצה גדול באופן מובהק מזה של דגי הביקורת ($P<0.001$, $R^2=0.67$). ממוצע מספר הצאצאים בהשרצה בדגים שהיו נתונים ללחץ טריפה היה 20.2 ± 1.8 צאצאים להשרצה לעומת 3.7 ± 3.1 צאצאים להשרצה בדגי הביקורת. הבדל גדול זה גרם לכך שנמצאה השפעה מובהקת של הטיפול על פוטנציאל ייצור הדגיגים (ממוצע צאצאים/ימי הריון) לנקבה הביקורת ($P<0.001$, $R^2=0.67$). למרות שמשך ההריון לא היה שונה באופן מובהק. הערך שהתקבל בדגי הטיפול היה 0.51 ± 0.05 לעומת 0.09 ± 0.09 בדגי הביקורת. בניסוי זה היה שיעור ההתעברות של נקבות הביקורת נמוך באופן חריג לדגים שהוחזקו בטמפרטורת אופטימום - 25% בלבד, דבר שגרם למספר חזרות נמוך. לכן הוחלט לחזור על ניסוי זה באותה מתכונת פעם נוספת ביותר חזרות.

התוצאות אשר התקבלו בניסוי השני אכן חזרו ואוששו את תוצאות הניסוי הקודם. מספר הצאצאים הממוצע בהשרצה בהריון הראשון היה 10.4 ± 1.2 בדגים שהיו נתונים ללחץ טריפה; ממוצע גבוה באופן מובהק ($P<0.02$, $R^2=0.33$) מזה שהתקבל בדגי הביקורת - 6.3 ± 1.0 צאצאים בממוצע בהשרצה. בניסוי זה התקבל הבדל מובהק גם לגבי משך ההריון הראשון. בדגים שהיו חשופים לטורף משך ההריון הראשון היה קצר באופן מובהק ($P<0.05$, $R^2=0.35$) מזה של דגי הביקורת.

וגימשה 1.1 ± 34.6 ימים בממוצע לעומת 1 ± 38.7 ימים בממוצע בביקורת. פוטנציאל ייצור הדגיגים כדגים שעברו לחץ טריפה היה 0.29 ± 0.02 דגיגים ליום הריון - ערך גבוה באופן מובהק ($P < 0.009$, $R^2 = 0.55$) מזה של דגי הביקורת שהיה $0.02 = 0.15$. השפעת הטיפול נעלמה בהריון השני, והתקבלה מגמה הפוכה, אם כי לא מובהקת. לא נימצא הבדל מובהק בין הדגים שנחשפו לטורף לבין דגי הביקורת לגבי מספר הצאצאים הממוצע בהשרצה, עם יתרון קל לדגי הביקורת בהם ממוצע הצאצאים בהשרצה היה 1 ± 8.2 לעומת ממוצע של 1 ± 6 צאצאים בהשרצה בדגי הטיפול. גם לגבי משך ההריון התהפכה המגמה (אם כי לא באופן מובהק) ומשך ההריון בדגי הביקורת היה 22.5 ± 0.9 ימים לעומת 23.4 ± 0.9 ימים בדגי הטיפול. משך ההריון השני היה קצר באופן מובהק מההריון הראשון הן בדגים שהיו חשופים ללחץ טריפה ($P < 0.001$, $R^2 = 0.86$) והן בדגי הביקורת ($P < 0.001$, $R^2 = 0.89$). בהריון השני לא נימצא הבדל מובהק בפרמטר המבטא את פוטנציאל ייצור הדגיגים בין הערך שהתקבל עבור דגי הטיפול לבין הערך שהתקבל עבור דגי הביקורת - 0.37 ± 0.04 התקבל עבור דגי הביקורת לעומת ערך של 0.25 ± 0.04 שהתקבל בדגי הטיפול. בסה"כ הניסוי (כלל ההריונות) לא התקבל אפקט מובהק בין הערך שהתקבל עבור הדגים שעברו לחץ טריפה לבין דגי הביקורת.

מטרת הניסוי השלישי הייתה לבדוק את מהות הגירוי הגורם לנקבות הגופי להשריץ יותר צאצאים בהשרצה הראשונה לאחר החשיפה לטורף. לגבי מספר הצאצאים הממוצע בהשרצה נמצא הבדל מובהק ($P < 0.04$) בין הדגים שעברו חשיפה כלשהי ללחץ טריפה לעומת דגי הביקורת שלא נחשפו כלל לטורפים. לא נמצא הבדל מובהק במספר הצאצאים הממוצע בהשרצה בין הטיפולים השונים שנעשו בלחץ טריפה. בדגי הביקורת, שלא היו חשופים כלל לטורפים, מספר הצאצאים הממוצע בהשרצה היה 1.5 ± 6.4 . לעומת זאת, מספר הצאצאים הממוצע בדגים שהיו חשופים ללחץ טריפה כלשהו היה לפחות 11 צאצאים בהשרצה, ללא הבדל מובהק בין ארבעת טיפולי החשיפה לטורף. משך ההריון הממוצע הראשון לא היה שונה באופן מובהק בין טיפולי החשיפה לטורף השונים לבין עצמם וכינם לבין דגי הביקורת שלא היו חשופים לטורף, אולם כאשר נבדק פוטנציאל ייצור הדגיגים לנקבה נימצא שוב הבדל מובהק ($P < 0.01$) בין הדגים שנחשפו לטורף כלשהו לבין דגי הביקורת, אם כי לא נימצא הבדל מובהק בין טיפולי החשיפה לטורף השונים לבין עצמם.

השפעת לחץ הטריפה, שהייתה מובהקת לגבי מספר הצאצאים הממוצע בהשרצה בהריון הראשון, התפוגגה ומספר הצאצאים הממוצע בהריון השני היה כמעט זהה בארבעת הטיפולים השונים ובביקורת (כ- 10 צאצאים בממוצע). לא נימצא הבדל מובהק במשך ההריון בין הטיפולים השונים לבין הביקורת גם בהריון השני, ומשך ההריון הממוצע נע בין 27.4 ל- 29.8 ימים. בכל הטיפולים היה משך ההריון השני קצר יותר מאשר משך ההריון הראשון. הערך המבטא את פוטנציאל ייצור הדגיגים לנקבה נע בהשרצה השנייה בין 0.34 ל- 0.4 , ולא היה שונה באופן מובהק בין הטיפולים השונים לבין הביקורת. אולם כאשר מחשבים ערך זה לכל תקופת הניסוי, דהיינו לכלל ההריונות, מתקבל כי הערך שהתקבל עבור דגי הביקורת - 0.24 היה נמוך באופן מובהק ($P < 0.04$) מהערך 0.42 שהתקבל בטיפול הכימי-ויוואלי, אך הוא אינו מובהק מהערכים שהתקבלו בשאר הטיפולים.

פרק ב': בקרת ההתמיינות לזוויגים כגופי

ניסוי 1א' - בחינת השפעת טיפול אנדרוגני הניתן במזון על התמיינות לזוויגים:

בקבוצת הטיפול הופיעו כבר ביום השלישי מתחילת הניסוי נקודות ואזורים כהים על גוף הדגים, שהפכו לצבעוניים-חור ימים אחדים. ביום 4-5 נצפתה התפתחות של גונופודיום, ולאחר שבוע היו כל הדגים בקבוצת הטיפול בעלי גונופודיום ארוך יחסית לאורך הגוף של הדגים. לאחר שבועה שבועות נראו כמחצית מהדגים בקבוצת הטיפול כזכרים בוגרים, בעלי צבעים מודגשים וסנפירים ארוכים; כרבע היו בעלי צבע חלקי בזנב ועל הגוף בדגם צבע הבר, והיתרה היו ללא צבע על גופם ומעט צבע בזנב כדוגמת נקבות, אך בעלי גונופודיום. בקבוצת הבקורת הופיע גונופודיום אצל פרטים בודדים כשבוע-השביעי, ובגיל שבועה שבועות טרם הופיע צבע. כמשך כל התקופה היה לדגי הבקורת מבנה גוף עגלגל, בעוד בקבוצות

הטיפול היו הדגים בעלי גוף צר ומאורך (האופיני לזכרים) החל מהימים הראשונים. הדגים הועברו להמשך הגידול באקווריונים בנפח של 40 ליטר ונבדקו בגיל חמישה חדשים. במועד זה שרדו 66%-84% מהדגים בקבוצות הטיפול ו-52%-72% בבקורת. כל הדגים בקבוצות הטיפול היו בעלי גונופודיום וכ-70 אחוז מהם היו בעלי מופע צבע טיפוסי לזכרים. בבקורת היו רק כ-20 אחוז בעלי מופע זכרי, גונופודיום וצבע, והיתרה בעלי מופע נקבי.

ניסוי 1ב' - בחינת השפעת טיפול אנדרוגני הניתן במזון בשלושה מינונים על התמיינות לזוויגים:

כ-8-9 ימים מתחילת הטיפול הופיע גונופודיום והופעת צבע החל מיום 12 לטיפול, בשלוש רמות ההורמון. ביום השמיני היתה תמותה רבה בשלושה אקווריונים (אחד בבקורת, אחד ברמת 250 ppm ואחד ברמת 500 ppm הורמון). מעבר לכך לא נצפו תמותות והטיפול הסתיים לאחר 3 שבועות. קבוצות הניסוי והבקורת הועברו להמשך גידול באקווריונים בנפח של 40 ליטר, ואיסוף תוצאות סופי נערך בתום חמישה חדשים מתחילת הטיפול.

טבלה 3: השפעת מינונים שונים של אנדרוסטנדין הניתן במזון לדגים.

טיפול	מס' דגים בגיל 5 חדשים	% שרידה	% בעלי גונופודיום	% לפי פנוטיפ זכרי
בקורת	35	87.5	11	11
250 ppm	33	82.5	100	33
500 ppm	28	70.0	100	52
750 ppm	30	75.0	100	44

המינון הנמוך נמצא מספיק להפיכה מלאה לזכרים מבחינת סימני המין המשניים, אך רק בשליש קטן מהם התקבל מופע הצבע ומבנה הגוף האופייני לזכרים.

ניסוי 2 - בחינת השפעת טיפול אנדרוגני הניתן לנקבות הרות על התמיינות לזוויגים:

בניסוי זה היו תקלות רבות ונתקבלו תוצאות חלקיות בלבד. בהשרצה הראשונה (לפני מתן הטיפול) התקבלו בממוצע 40 שרצים לנקבה. משך ההריון עד השרצה שניה היה בממוצע 34 ימים בקבוצת הטיפול (7 מ-8 נקבות) ו-37.5 ימים בקבוצת הבקורת (4/4 נקבות). מספר השרצים שהתקבלו היה בממוצע 35 בקבוצת הטיפול (6/8 נקבות) ו-55 בקבוצת הבקורת (3/4 נקבות). מרבית קבוצות הצאצאים לא שרדו, אולם מהשרדות לא ניכרת השפעה על יחס הזוויגים בקבוצת הטיפול לעומת הבקורת. רק 2 נקבות מקבוצת הטיפול ואחת מהבקורת שרדו להשרצה שלישית; עקב כך הופסק הניסוי.

ניסוי 3 - היפוך זוויג נקבי לדגים:

כמהלך הניסוי נפלו שתי חזרות (אחת בבקורת ואחת בטיפול 2). יחס הזוויגים בבקורת היה 46% נקבות, בהשרדות ממוצעת של 90%. בטיפול 1 התקבלו 90% נקבות, בהשרדות של 95%, ובניסוי 2 התקבלו 84% נקבות, בהשרדות של 91%. השפעת שני הטיפולים מובהקת, אך לא ההבדל ביניהם.

השפעת הטמפרטורה:

מטרות ניסויי הטמפרטורה היו לבדוק איך הטמפרטורה משפיעה על פוטנציאל ייצור הדגיגים לנקבה בדגי הגופי *Poecilia reticulata*, גורם המושפע ממשך ההריון וממספר הצאצאים בהשרצה, וכן לבדוק האם לטמפרטורה השפעה על ההתמיינות לזוויגים. כל ניסויי הטמפרטורה בחנו את השפעתה על נקבות הגופי ולא על הזכרים, לכן קיבוע הטמפרטורות לטיפולים השונים היה תמיד לאחר ההזדווגות והוצאת הזכרים מהאקווריום. הכוונה הייתה למצוא את טמפרטורת (או טווח טמפרטורות) האופטימום לרבייה מתוך ראיה מעשית ומתוך כוונה להמליץ בפני מגדלי הגופים על טמפרטורה שבה ייצור הדגיגים יהיה מקסימלי.

תוצאות עבודה זו הראו כי לטמפרטורה השפעה מובהקת על פוטנציאל ייצור הדגיגים של נקבות הגופי. השפעה זו נובעת מהשפעה חזקה של הטמפרטורה על משך ההריון. מספר הצאצאים הממוצע בהשרצה לא הושפע מהטמפרטורה למעט בטמפרטורה הגבוהה 32°C , בה מספר הצאצאים הממוצע בהשרצה היה נמוך באופן מובהק. משאר טיפולי הטמפרטורות שניבחנו. בטמפרטורה זו שיעור תמותת הנקבות היה גם הגבוה ביותר. בשני הזנים שניבחנו הטמפרטורות האופטימליות היו דומות, אם כי היו הבדלים במספר הצאצאים הממוצע בהשרצה ובמשך ההריון הממוצע. גודלם של הדגים שאוכלסו לניסויים 1-3 ושאר תנאי הניסוי היו זהים ולכן נראה כי השוני בין הזנים נובע מהבדלים גנטיים.

מהתוצאות שהתקבלו, ובהסתמך על מחקרים קודמים, ניתן להסיק כי הטמפרטורה משפיעה באופן ישיר על המטבוליזם של הדגים. כיצורים פויקילותרמיים, המטבוליזם של הדגים תלוי בטמפרטורת הסביבה. במהלך האבולוציה התפתחו דגים באזורים בעלי אקלים שונה על כדור הארץ וכך נימצא מינים החיים בים הצפוני ואחרים החיים באזורים טרופיים ואף כמעיינות חמים. גם לאלה החיים בטמפרטורות נמוכות וגם לאלה החיים בטמפרטורות גבוהות המטבוליזם תלוי בטווח טמפרטורות מסויים המתאים לטמפרטורת הסביבה באזורים בהם הם חיים. במהלך האבולוציה התאמו הדגים את הביזכמיות של הדגים החיים בבית גידול מסויים לטמפרטורת השוורת בו ולכן רוב ניסויי המעבדה בהם ניבדקו העדפותיהם הטבעיות של דגים הראו כי דגים העדיפו טמפרטורה הדומה לזו השוורת בבית הגידול הטיפעי שלהם או לזו אליה הם התאקלמו. אחד המינים היוצאים מן הכלל הינו הגופי אשר נסויי אקלום הראו שכל טמפרטורת האקלום עלתה הייתה ירידה בטמפרטורה אותה הם העדיפו (Kelsch & Neill, 1990). במשריצי חיים נימצאה גם השפעה מובהקת של הטמפרטורה על גדילה. בדג גמבוזיה נימצא כי כאשר מזינים בעודף, צריכת המזון וגדילת דגים צעירים מושפעת באופן ברור ע"י הטמפרטורה (Wurstbaugh & Cech, 1983). כמו כן מצאו כי בדגי גמבוזיה זכרים צעירים גדלים ומגיעים לבגרות מינית מהר יותר בטמפרטורה של 28°C מאשר בטמפרטורה של 20°C (Yan, 1987). בגופים ניבחנו השפעת הטמפרטורה על הגדילה בטווח הטמפרטורות שבין 20°C ל- 30°C ונימצא כי שיעורי הגדילה הגבוהים ביותר הושגו בטמפרטורות של 23°C ו- 25°C (Gibson & Hurst, 1955). על פי תוצאות הניסויים בעבודה הנוכחית טמפרטורות אלו נמוכות מטווח טמפרטורות האופטימום לרבייה (26°C - 27°C). ניתן להסביר סתירה זו דווקא בכך שטמפרטורות הניסוי של Gibson ו- Hurst אכן נמוכות מטמפרטורת האופטימום, בניסוי שלהם הזנת דגי הניסוי לא הייתה בעודף ולכן ייתכן שדווקא בטמפרטורות נמוכות בהן הפעילות המטבולית של הדגים אינה כשיאה מנת המזון שהם נתנו ענתה על כל הצרכים המטבוליים של הדגים כולל גדילה. ואילו עבור הדגים בטמפרטורות הגבוהות יותר מנת המזון לא הספיקה גם לקיום וגם לגדילה בגלל הפעילות המטבולית האינטנסיבית יותר. גם בדגי גמבוזיה נימצא כי מצב השחלה תלוי בטמפרטורה (Lagler et al., 1962; Roberts, 1989).

העבודה הנוכחית הראתה כי אחזקת נקבות בטמפרטורה של 32°C לאורך זמן של כחודשיים גורמת להשרצות קטנות ולתמותת אמהות המגיעה לכ- 41%. גם שחלות שהוצאו מנקבות בטמפרטורה זו לאחר 18 יום נראו מנוונות לחלוטין. תוצאות אלו תואמות בחלקן את תוצאותיו של Gibson (1954), אשר מצא כי טמפרטורה של 32°C הינה לטאלית עבור דגי גופי. תוצאות עבודה זו מראות כי אמנם בטמפרטורה זו שיעור התמותה גבוה מהרגיל אך למעלה מ- 55% מנקבות הגופי בקווים שניבחנו ישרדו שהייה ממושכת של חודשיים בטמפרטורה של 32°C אשר הוגדרה ע"י Gibson כלטאלית. עבור משק מסחרי המייצר דגיגים טמפרטורה כה גבוהה למשך זמן כזה עלולה לפגוע קשות בייצור הדגיגים בשני אספקטים: תמותת אמהות והשרצות מעוטות צאצאים של האמהות ששרדו. כמו כן ייתכן כי בטמפרטורה כה גבוהה ישנו נזק לתהליך ייצור

הזרע באשכי הזכרים - אספקט נוסף שיקטין את ייצור הדגיגים. בעבודה הנוכחית לא נבדקה שרירות הצאצאים בטמפרטורה כה גבוהה, אך נימצא כי כל הצאצאים שנולדו לנקבות ששהו בטמפרטורה זו ואף הם גדלו בטמפרטורה זו, היו זכרים בעלי דפורמציות קשות בעמוד השדרה וברור שאינם בעלי ערך מסחרי כלשהו.

לטמפרטורה השפעה שונה על ההתמיינות לזוויג במינים שונים. באמנונים ממין *Oreochromis mossambicus* נימצא כי שיעור הזכרים אשר בקעו מביצים שהודגרו בטמפרטורה נמוכה של 19°C היה גבוה באופן מובהק מביצים שהודגרו בטמפרטורה של 29°C . לעומת זאת במין *O. aureus* בטמפרטורת הדגרה גבוהה של 32°C שיעור הזכרים היה נמוך באופן מובהק מזה שהתקבל ב- 29°C (Mair et al., 1990). במשריצי חיים נימצא כי בדגים ממין *Poeciliopsis lucida* נקבות מקווים גנטיים שונים הושפעו בצורה שונה מהטמפרטורה בה הן הוחזקו. בקו אחד בטמפרטורה של 30°C כמעט כל הצאצאים היו זכרים וככל שטמפרטורת הסביבה הלכה וירדה שיעור הנקבות בקרב הצאצאים עלה, ובקו אחר לא נימצא כל השפעה לטמפרטורה על ההתמיינות הצאצאים לזוויגים וככל שטמפרטורה שניבדקה היו יותר נקבות למעט בטמפרטורה של 27°C בה היחס היה 1:1 (Sullivan & Schultz, 1986). גם עבודה זו הראתה כי טמפרטורה גבוהה של 32°C גורמת לכך שכל הצאצאים יהיו זכרים. תוצאה זו חזרה על עצמה בשני קווי גופים שונים אם כי תוצאה זו לא יכולה לתת תועלת ממשקית למגדל הגופים משום שהזכרים בטמפרטורות אלו סבלו מדפורמציות קשות בעמוד השדרה.

המסקנות הממשקיות המתבקשות מתוצאות ניסויים אלו הינן כדורות. משק מסחרי הרוצה לנצל בצורה מקסימלית את פוטנציאל הייצור של הנקבות בלהקות הרבייה שלו צריך לדאוג לכך שהטמפרטורה בה מוחזקות הלהקות הרבייה תהיה בתחום שבין 26°C - 27°C באופן קבוע. יש להימנע מחשיפת הדגים בכלל ולהקות הרבייה בפרט לטמפרטורות של 32°C ומעלה - בטמפרטורה זו תהיה לא רק פגיעה ברכייה אלא תגרם גם תמותה בשיעור של עד 41% מהדגים.

בטמפרטורות נמוכות מטמפרטורת האופטימום בטווח שעד 20°C לא תהיה תמותה חריגה אם כי תהיה פגיעה בפוטנציאל הייצור בגלל התארכות משך ההריון. להתארכות זו השלכה כלכלית משום שייצור הדגיגים מואט באופן משמעותי ולכן יש לשקול את הכדאיות הכלכלית של חימום המים. יש לבדוק מהי הטמפרטורה האופטימלית לגידול צעירים, ע"י מציאת טמפרטורת האופטימום לשרידה וגדילה, ייתכן והיא תהיה מעט גבוהה מהטמפרטורה האופטימלית לרביית נקבות בוגרות.

השפעת תוספת קרניטין במזון:

מטרת הניסויים הייתה לבדוק האם לתוספת של L-carnitine במזון יש השפעה על פוטנציאל ייצור הדגיגים בדגיג גנפי. הנחת העבודה הייתה כי תוספת זו תסייע לדגים להפיק אנרגיה מטבולית רבה יותר מתמצון חומצות שומן ארוכות. אנרגיה זו תהיה זמינה לתהליכים מטבוליים בנקבות ההרות. נמצא כי לתוספת הקרניטין לא הייתה כל השפעה על משך ההריון הממוצע ועל מספר הצאצאים הממוצע בהשרצה, וכפועל יוצא גם לא על פוטנציאל ייצור הדגיגים לנקבה. כתנאי עקת טמפרטורה גבוהה של 32°C תוספת הקרניטין לא השפיעה על שרירות הנקבות שהייתה 58.4% בדגי הביקורת וגם בדגים שקיבלו תוספת קרניטין במזונם. נמצא כי בתקופת ההריון הראשונה תפוקת הדגיגים בלהקה שתקבל תוספת קרניטין למזונה בתנאי עקת טמפרטורה נמוכה של 23°C תהיה יותר מכפולה מאשר להקה שלא תקבל תוספת קרניטין. מעבר ליום ההריון ה-39 אין לתוספת הקרניטין תועלת בהעלאת תפוקת הדגיגים.

לקרניטין תפקיד ביוכימי חשוב בחמצון חומצות שומן ארוכות. תהליך החמצון של חומצות השומן הארוכות נעשה במיטוכונדריה והקרניטין הוא קופקטור המסייע בהחדרת חומצות השומן הארוכות אל תוך המיטוכונדריה. בדגים חומצות השומן הינן מקור אנרגטי חשוב ולכן ההנחה שעמדה בבסיס ניסויים אלה הייתה כי בתהליכים אמבריונולוגיים בדגי הגופי, בהם יש צורך בגיוס אנרגיה רבה למטבוליזם ייתכן כי תוספת של L-carnitine במזון תאיץ תהליכים אלו ולמעשה תעלה את תפוקת הדגיגים של להקת הרבייה.

בניסוי אשר נעשה בדגי גופי הראו כי לתוספת הקרניטין הייתה השפעה מובהקת על כמות הצאצאים לנקבה בתנאי עקת טמפרטורה גבוהה. מחקר זה הראה כי במיכל גידול בו הייתה להקת הורים של 200 נקבות ו-20 זכרים מספר הצאצאים ליום היה גבוה במיכל בו קיבלו הדגים תוספת של קרניטין רק בתקופת הקיץ, כאשר טמפרטורת המים נעה בטווח שבין 26°C ל-

32°C, ואילו בתקופת הסתיו בה טמפרטורת המים הייתה בטווח שבין 25°C ל- 28°C לא היה הבדל מובהק בין דגים שקיבלו תוספת קרניטין לאלו שלא קיבלו (Schreiber et al., 1997). תוצאה זו מצביעה על כך שתוספת הקרניטין משפיעה בתנאי עקת טמפרטורה. ניסוי שנעשה במעבדתנו (Harpaz et al., 1998), הראה כי בדגים ממין *Pelvicachromis pulcher* (אמנונית אפריקאית), תוספת קרניטין למזון משפרת באופן מובהק את עמידות הדגים לעקת טמפרטורה גבוהה. בניסוי זה הדגים נחשפו תוך פרק זמן קצר לטמפרטורה גבוהה ללא אקלוס. העבודה הנוכחית הראתה כי בניגוד לתוצאות שקיבלו Schreiber et al. (1997), נקבות גופי אשר מקבלות תוספת קרניטין למזוןן ומחזקות בתנאי עקת טמפרטורה גבוהה של 32°C למשך חודשיים לא הראו כל ייתרון בשרירות, במשך ההריון ובמספר הצאצאים הממוצע בהשרצה לעומת הביקורת שלא קיבלה תוספת קרניטין. ייתכן ושהייה בטמפרטורה זו באופן קבוע למשך תקופה של חודשיים גורמת לנזק עליו תוספת אנרגטית האמורה להתקבל כתוצאה מתוספת הקרניטין איננה יכולה לפצות. בניסוי של Schreiber et al. (1997) הדגים שהו בטווח טמפרטורה שנוע בין 26°C ל- 32°C ולא שהו כל התקופה בטמפרטורה הגבוהה כפי שנעשה בעבודה הנוכחית. בדומה לתוצאות שקיבלו Schreiber et al. (1997) בתקופת הסתיו, נמצא גם בעבודה הנוכחית כי בטמפרטורת אופטימום לא היה ייתרון כלשהו לדגים שקיבלו תוספת קרניטין. ההשפעה המשמעותית שניצפתה הייתה בעקת טמפרטורה גבוהה של 23°C. נראה כי בתקופת ההריון הראשונה (עד 39 יום) מספר ההשרצות גבוה באופן מובהק בדגים שקיבלו תוספת קרניטין, וכתוצאה מכך גם מספר הצאצאים המצטבר. בלהקת הרבייה, תוצאה זו דומה לתוצאה שהתקבלה בתרגולות שקיבלו תוספת קרניטין, בהן דווח על עליה ברמת הקרניטין בכיצים וכמו כן על עליה בבקיעת אפרוחים בשלושת השבועות הראשונים בניסוי.

ההשלכות היישומיות של עבודה זו הינן כי למשק מסחרי אשר להקת הרבייה שלו עלולה להקלע למצב של עקת טמפרטורה גבוהה (עד 23°C) יהיה כדאי להוסיף למזון תוספת של *L-carnitine* במינון של 1000 מ"ג לק"ג מזון. את התוספת הזו יהיה כדאי לתת למשך תקופת ההריון הראשונה (עד 39 יום) בלבד. ללהקת רבייה הנימצאת בטמפרטורת אופטימום אין תועלת כתוספת קרניטין לגבי הפרמטרים שניבחנו בעבודה זו. ללהקת רבייה הנימצאת בטמפרטורה גבוהה של 32°C באופן קבוע למשך זמן של כחודשיים תוספת הקרניטין כפי הנראה לא תעזור ולכן יש להימנע מכך.

השפעת חשיפה לטורף:

מטרת עבודה זו הייתה לאמת עדות שנמצאה בספרות כי חשיפה לטורף יכולה להשפיע על פוטנציאל ייצור הדגיגים בדגי גופי בתנאי שבייה, ע"י השפעה על משך ההריון ומספר הצאצאים הממוצע בהשרצה; בשלב שני, לנסות לאפיין ולבודד את מהות הגירוי שמפעיל הטורף וגורם להשפעה זו בדגי הגופי. נמצא באופן ברור שקיימת השפעה חזקה לנוכחות טורף על פוטנציאל ייצור הדגיגים בדגי הגופי. ההשפעה העיקרית היתה בהגדלת מספר הצאצאים הממוצע בהשרצה. תופעה זו באה לידי ביטוי בהשרצה הראשונה לאחר החשיפה לטורף ובהשרצה השנייה היא נעלמה. בניסוי השלישי, שמטרתו הייתה לבדוק את מהות הגירוי, נמצא כי לא היה הבדל מובהק בין טיפולי חשיפה שונים לטורף, אך נמצא הבדל מובהק בינם לבין הביקורת. גם בניסוי זה נמצא כי בהשרצה השניה אפקט החשיפה לטורף נעלם, ולא היה הבדל מובהק בין הטיפולים השונים לבין הביקורת לגבי משך ההריון, מספר הצאצאים הממוצע בהשרצה ופוטנציאל ייצור הדגיגים. עד כה דווח על אוכלוסיות טבעיות בהן גודל ההשרצה שונה בהתאמה ללחץ הטריפה וכי הבדלים אלו נישמרים כבידור גם ללא טורפים. בעבודה זו תוארה תופעה חדשה ושונה, תגובה מיידית לנוכחות טורף בהגדלת גודל ההשרצה הנימשכת רק במחזור רבייתי אחד.

בעלי חיים שונים פיתחו שיטות שונות להתמודדות עם לחץ טריפה. בדגים הדרכים להתמודד עם לחץ טריפה הינן מגוונות: שינוי הגישה האקולוגית בתוך בית הגידול, שינויים התנהגותיים, שינויים מורפולוגיים ושינויים באסטרטגיית הרבייה (Haskins et al., 1961; Seghers, 1974a,b; Liley & Seghers, 1975; Noltie & Johansen, 1986; Breden et al., 1987; Endler, 1980; Reznick & Endler, 1982; Reznick, 1982; Reznick & Bryga, 1987). הרעיון שעמד מאחורי הניסויים בעבודה זו היה לנצל את לחץ הטריפה להעלאת ייצור הדגיגים בנקבות הגופי. זאת בהסתמך על תוצאות מחקרם של Reznick & Endler (1982), אשר נערך בתנאי שדה במשך תקופה של 11 שנים, והראה כי נקבות גופי שהיו חשופות ללחץ טריפה מצד

האמנון הטורף *C. alta* השריצו יותר צאצאים ומשך ההריון שלהן התקצר, כך שפוטנציאל ייצור הדגיגים שלהם גדל באופן מובהק לעומת גופים מאוכלוסיות החשופות ללחץ טריפה קטן יותר או כאלו אשר לא נחשפו כלל ללחץ טריפה. Reznick et al. (1990) מצאו גם כי נקבות שנלקחו מאזור בנהר בו הן היו חשופות ללחץ הטריפה המשיכו להשריץ מספר גבוה של צאצאים בתנאי שבייה גם ללא לחץ טריפה משך שני דורות. מסקנתם מכך הייתה כי לחץ הטריפה גורם לשינוי פיזיולוגי גנטי בנקבות הללו ולכן הוא עובר בתורשה לדורות הבאים. עבודה נוספת התומכת במסקנה של Reznick et al. (1990) הראתה כי דגי גופי אשר נולדו במעבדה לאמהות שנילקחו מבתי גידול שונים בהם היה לחץ טריפה שונה התנהגו בצורה שונה לאחר הפרעה: צאצאי הנקבות שניתפשו באזור בו הן היו חשופות לטורף התלהקו אף הם כאשר נחשפו לטורף ואילו צאצאי נקבות שלא היו חשופות לטורף לא התלהקו כתגובה לחשיפה לטורף (Breden et al., 1987). תוצאות העבודה הנוכחית מראות כי באותן נקבות שנחשפו לטורף העליה במספר הצאצאים בהשרצה מתבטא רק בהשרצה הראשונה ונעלם בהשרצה השנייה. מכאן שלפנינו תגובה קצרת מועד השונה במהותה מהשינויים ארוכי הטווח המבוססים על סלקציה ובסיסים גנטיים.

מעניינת העובדה כי החשיפה לטורף פעלה על נקבות גופי בתולות "נאיביות" אשר לא נחשפו ללחץ טריפה, לטורף או לדג גדול כלשהוא בימי חייהן עד לתחילת הניסוי. הן גם נלקחו מקו מסחרי שלא היה חשוף ללחץ טריפה מצד דג טורף משך מספר דורות רב. זאת ועוד, נקבות הגופי נחשפו לדג טורף ממין *Aulonocara nyassae* שמקורו באגם מלאווי ביבשת אפריקה ואילו הגופים מקורם באמריקה המרכזית כך שהוא אינו טורף טיבעי שלהם. ניתן לאמר בוודאות כי נקבות הגופי אשר שוהו בסלי ההשרצה התלויים בתוך דולב הטורפים חשו בסכנת הטריפה, ללא היכרות מוקדמת עם הטורף, והגיבו מיידית ללחץ טריפה מקומי וההשקעה הרבייתית שלהם עלתה. העבודה הנוכחית הראתה באופן ברור כי השפעת החשיפה לטורף פועלת כתוצאה מקליטת גירויים כימיים ו/או ויזואליים ע"י נקבות הגופי. גירויים אלו פעלו באותה עוצמה מבחינת הפרמטרים הניבחנים ולא הייתה להם השפעה תוספתית, דהיינו לא נימצאה השפעה בעוצמה גבוהה יותר על מספר הצאצאים הממוצע בהשרצה, כאשר הם פעלו ביחד לעומת טיפולים בהם פעל כל גירוי בנפרד. העובדה כי נעשה שימוש בנקבות "נאיביות" ובהן התקבלה ההשפעה המובהקת מראה כי זיהוי הטורף ע"י גירויים אלו, כימי וויזואלי, הינו תכונה מולדת אצל נקבות הגופי. זיהוי טורף מולד הינו תופעה מוכרת בבע"ח. התיאוריה המסבירה זאת טוענת כי אם זיהוי הטורף היה רק תכונה נילמדת ללא יכולת זיהוי מולדת, רבים מהפרטים הנאלצים להתמודד עם לחץ טריפה לא היו מגיעים כלל לשלב הלמידה משום שהיו נטרפים קודם לכן. בניגוד לתוצאות שהתקבלו בעבודה הנוכחית נימצא כי גופים שנאספו מאזורים שונים בהם היה לחץ טריפה שונה הכירו רק את הטורפים הטיבעיים שלהם (Magurran & Seghers, 1990). העבודה הנוכחית הראתה כי נקבות הגופי חשו והגיבו לנוכחות טורף שאינו מוכר להן. ניתן אולי להסביר את התגובה המולדת של נקבות הגופי ללחץ הטריפה בקניבליות הנפוץ בדגים אלו. למעשה כל דגי גופי שנולדו אפילו במשק מסחרי חשוף מיד ללחץ טריפה מצד דגי להקת ההורים (בניסויים במעבדתנו נצפו גם נסיונות טריפה של נקבת גופי את צאצאיה מיד לאחר תום ההשרצה). דגיג זה יודע באופן מולד לברוח ולהסתתר במקום בו אינו חשוף ללחץ טריפה מצד בני מינו הבוגרים. (Goodey & Liley, 1986) הראו כי דגיג גופי שנאלצו לברוח בצעירותם מבני מינם הבוגרים, בהגיעם לבגרות יכולת הבריחה שלהם מטורפים משופרת מזו של דגים שלא נאלצו להתמודד עם לחץ טריפה בצעירותם.

עבודות קודמות אשר בדקו את השפעת הצפיפות על רביית גופים הראו כי בתנאי צפיפות גבוהה נקבות הגופי משריצות פחות צאצאים מאשר בתנאי צפיפות נמוכה (Warren, 1973b). בצורה זו מותאם גודל האוכלוסייה למשאבי בית הגידול. מחבר זה הראה גם כי מים שנילקחו מאקווריום בו היו גופים בצפיפות גבוהה והושמו באקווריום בו היו גופים בצפיפות נמוכה גרמו לדגים שהיו בצפיפות נמוכה להתנהג כאילו הם בצפיפות גבוהה. עובדה זו התבטאה בעליה בהתנהגות האגרסיבית וירידה בחיזור כמו גם ירידה במספר הצאצאים בהשרצה. כאשר העבירו מים טריים לדגים בצפיפות גבוהה לא נעלמה תגובת הדגים לצפיפות. (Warren, 1973a). עבודה זו מוכיחה כי גורם כלשהו המצוי במים גורם להבדלים בין הדגים בצפיפויות השונות אולם היעדרו של גירוי כימי לא מנטרל את השפעת הגירוי הויזואלי. תוצאות אלה מצביעות על כך שצפיפות מזוהה ע"י הדגים באופן ויזואלי ו/או כימי, וכאשר הם מנוגדים הדגים מגיבים למסר שהצפיפות גבוהה מבלי להתייחס למקור המסר. עבודה מאוחרת יותר הראתה שגודל ההשרצה מווסת ע"י הצפיפות הויזואלית אותה קולטים הדגים. נימצא כי בתנאי צפיפות נמוכה נקבות גופי אשר חוו צפיפות ויזואלית של 4 פרטים בלבד השריצו יותר צאצאים מאשר

נקבות שלא חוו צפיפות כלשהי (Nishobori & Kawata, 1993). זוהי דוגמא נוספת לשינוי פיזיולוגי שחלתי הנוגע למספר הצאצאים בהשרצה המושפע מגירוי ויזואלי חיצוני. הפעילות המינית של הנקבות והתפתחות השחלה מבוקרות ע"י הורמונים המופרשים מההיפופיזה (Liley, 1968). גירוי ויזואלי יכול בהחלט לגרום להפרשת הורמונים אלו וכדרך זו להשפיע על התפתחות השחלה.

מספר שאלות טעונות המשך בדיקה:

1. ייתכן כי התגובה הויזואלית הינה לדרגים גדולים ולא דווקא לדרגים טורפים ולאקט הטריפה.
2. מקור הגירוי הכימי טעון בירור, ייתכן שמקורו בטורף עצמו או שמא מקורו בדרגים הניטרפים.
3. ייתכן כי השפעת לחץ הטריפה מתווכת על ידי הזכר, אי לכך יש לבדוק האם השפעה זו קיימת גם כאשר הזכרים מורחקים לאחר ההזדווגות.

התופעה המדווחת בעבודה זו הינה בעלת השלכה כלכלית לענף גידול דגי הנוי הטורפיים בארץ. במידה ותהיה אפשרות ליישם אותה במשק מסחרי המגדל דגי גופי יוכל המגדל, באמצעות ניצול אפשרות השימוש בלחץ טריפה ישיר או רק ע"י הפעלת גירוי כימי או ויזואלי, להגדיל את ייצור הדגים עד 40%. חשוב להדגיש כי על מנת להגיע למצב בו תוצאות עבודה זו תהיינה מיושמות במשק מסחרי יש להמשיך במחקר ולבדוק בשלב ראשון האם השפעת לחץ הטריפה שתוארה בעבודה זו פועלת על נקבות הגופי לאורך זמן, או שהן לומדות לחיות עם לחץ הטריפה וההשפעה דועכת. בנוסף לכך יש לבדוק את אפשרויות ניצול הפעלת הגירוי הכימי או הויזואלי במערכת בקנה מידה מסחרי.

היפוך זוויג הורמונאלי:

הניסויים המוצגים שבוצעו מראים כי ניתן לקבל זכרים ונקבות הפוכי זוויג. בהיפוך לזכרים מתקבלים 100%, אך אלה שהם בעלי גנוטיפ נקבי (XX) אינם מציגים מופעי צבע אופייניים לזכרים. זכר XX דומה במופע הצבע לנקבה (XX), ונבדל רק בסימני המין המשניים. לכן, לטיפול כזה ערך מועט מבחינה מסחרית. בניסויים דומים שנערכו בהנחייתי במסגרת עבודת גמר של תלמידה בביה"ס "מעלה שחרות" וזוג נקבות מטיפול להיפוך זוויג נקבי עם זכרים למבחני צאצאים, ניתן היה לזהות נקבות הפוכות זוויג (XY) על פי עורף, זכרים בין הצאצאים בהשוואה לנקבות XX בהן יחס הזוויגים קרוב ל-1:1. הטיפולים באמצעות חשיפת נקבות הרות להורמון משפיעים באופן שלילי על כריאותן וכושר הכרייה שלהן, ולא מומלץ ללכת בדרך זו ביישום מסחרי של השריית היפוך זוויג.

רשימת ספרות:

דזיקובסקי רון. 1999. רון דזיקובסקי / גורמים סביבתיים המשפיעים על רביית דגי הגופי (*Poecilia reticulata*). עבודה מוסמך, הפקולטה לחקלאות, האוניברסיטה העברית בירושלים.

כרמלי עופר. 1995. בחינת השפעת תוספת צבענים שונים מקבוצת הקרטנואידים למזון דגי הנוי *Apistogramma ramirezi* על התבטאות ואגירת הצבע, קצב הגדילה, השרידה ותכונות רבייה. עבודת מוסמך, הפקולטה לחקלאות, האוניברסיטה העברית בירושלים.

Breden, F., Scott, M. & Michel, E. 1987. Genetic differentiation for anti-predator behaviour in the Trinidad guppy *Poecilia reticulata*. Anim. Behav. 35: 618-20.

Endler, J. A. 1980. Natural selection on color patterns in *Poecilia reticulata*. Evolution 34:76-91.

Gibson, M. B. 1954. Upper lethal temperature relation of the guppy, *Lebistes reticulatus*. Can. J. Zool. 32:393-407.

Gibson, M. B. & Hurst, B. 1955. The effect of salinity and temperature on the preadult growth of guppies. Copeia 1955:241-43.

- Goodey, W. & Liley, N. R. 1986. The influence of early experience on escape behaviour in the guppy *Poecilia reticulata*. *Can. J. Zool.* 64:885-888.
- Harpaz, S., Becker, K. & Blum, R. 1998. The effect of dietary L-carnitine supplementation on cold tolerance and growth of the ornamental cichlid fish *Pelvicachromis pulcher*. *J. Thermal Biol.* (in press).
- Haskins, C. P., Haskins, E. F. McLaughlin, J. J. A. & Hewitt, R. E. 1961. Polymorphism and population structure in *lebistes reticulatus*, an ecological study. Pp. 320-95 *In* : W. F. Blair (ed.), *Vertebrate Speciation*. Univ. Texas Press, Austin, TX, USA.
- Liley, N. R. 1968. the endocrine control of reproductive behaviour of female guppy, *Poecilia reticulata* Peters. *Anim. Behav.* 16:318-331.
- Liley, N. R. & Seghers, B. H. 1975. Factors affecting the morphology and behaviour of guppies in Trinidad. Pp. 92-118 *In*: G. P. Baerends, C. Beer and A. Manning (eds.), *Function and Evolution in Behaviour*. Oxford Univ. Press, Oxford, England.
- Magurran, A. E. & Seghers, B. H. 1990. Population differences in predator recognition and attack cone avoidance in the guppy *Poecilia reticulata*. *Anim. Behav.* 40:443-52.
- Noltie, D. B. & Johansen, P. H.. 1986. Laboratory studies of microhabitat selection by the guppy, *Poecilia reticulata* (Peters). *J. Freshwater Ecol.* 3:299-307.
- Reznick, D. A. 1982. Genetic determination of offspring size in the guppy (*Poecilia reticulata*). *Amer. Natur.* 120:181-188.
- Reznick, D. N. & Bryga, H. 1987. Life history evolution in guppies (*Poecilia reticulata*) : 1. Phenotypic and genetic changes in an introduction experiment. *Evolution* 41:1370-85.
- Reznick, D. N., Bryga, H., & Endler, J. A. 1990. Experimentally induced life history evolution in a natural population. *Nature* 346: 357-359.
- Reznick, D. N. & Endler, J. A. 1982. The impact of predation on life history evolution in Trinidadian guppies (*Poecilia reticulata*). *Evolution* 36:160-77.
- Schreiber, S., Becker, K., Bresler, V. & Fishelson, L. 1997. Dietary L-carnitine protects the gills and skin of guppies *Poecilia reticulata* against anionic xenobiotics. *Comp. Biochem. Physiol.* 117c:99-102.
- Seghers, B. H. 1974a. Geographic variation in the responses of guppies (*Poecilia reticulata*) to aerial predators. *Oecologia* 14:93-98.
- Seghers, B. H. 1974b. Schooling behaviour in the guppy (*Poecilia reticulata*) : an evolutionary response to predation. *Evolution* 28:486-89.
- Sullivan, J. A. & Schultz, R. J. 1986. Genetic and environmental basis of variable sex ration in laboratory strains of *Poeciliopsis lucida*. *Evolution* 40:152-158.
- Warren, E. W., 1973a. Modification of the response to high density conditions in the guppy *Poecilia reticulata* (Peters). *J. Fish. Biol.* 5:737-52.
- Warren, E. W. 1973b. The effects of relative density upon aspects of the behaviour of the guppy - *Poecilia reticulata* (Peters). *J. Fish Biol.* 5:753-765.

סיכום חדש לדוחות מחקר 1998

נא לענות על כל השאלות, בקצרה ולעניין, ב-3 עד 4 שורות מכסימום לכל שאלה (לא תובא בחשבון חריגה מגבולות המסגרת המודפסת). שתוף הפעולה שלך, וסייע לתהליך ההערכה של תוצאות המחקר. תודה.
הערה: נא לציין הפנייה לדו"ח אם נכללו בו נקודות נוספות לאלה שבסיכום.

1. מטרת המחקר לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתוכנית העבודה.

פרק אחד עוסק בבקרת גודל ההשרצה בגופי, ומטרת המשנה שלו הן: מציאת טמפרטורת האופטימום לרכיית דגי גופי; בחינת השפעת תוספת L-carnitine במזון על רכיית דגי גופי בטמפרטורות שונות; ובחינת השפעת חשיפה לטורף על רכיית דגי הגופי וניסיון לאפיין את מהות הגירוי הפועל בעקבות חשיפה זו. בפרק השני בנושא בקרת ההתמיינות לזוויגים היתה מטרת המשנה מציאת התנאים לקבלת היפוך זוויג בגופי, כשלב ראשון בדרך לייצור אוכלוסיות חד זוויגיות.

2. עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח.

נמצא כי עיקר השפעת הטמפרטורה היתה על משך ההריון, וטמפרטורת האופטימום מבחינת ייצור דגיגים היא 26 – 27 מ"צ; מספר הצאצאים הממוצע בהשרצה לא הושפע. תוצאות דומות התקבלו בשני זנים (זנב קלשון וקוברא אדום). תוספת L-carnitine במזון השפיעה על רכיית דגי גופי בהקדמת ההשרצה בטמפרטורה הנמוכה (23 מ"צ), אך לא על גודל ההשרצה. לא נמצאה השפעה בעקת חום גבוה. חשיפת נקבות הרות לדג טורף מעלה באופן מובהק את מספר הצאצאים; אין הבדל לאופי הגרוי (ויזואלי, כימי, שילוב של השנים או גם בתוספת גרוי טקטילי). נתקבל היפוך זוויג לזכרים ולנקבות ע"י האכלת דגיגים; חשיפת נקבות הרות למזון המכיל הורמון משפיעה לרעה על בריאותן וכושר הרבייה, וגם לא משיג היפוך זוויג.

3. המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו.

התוצאות שהתקבלו בנושא השפעת הטמפרטורה הן בעלות השלכה מידית. גם הוספת קרניטין ניתנת ליישום מיידי במקרים של עקת טמפרטורה נמוכה. תוצאות ניסויי החשיפה לטורף מצריכות עבודה ניסויית נוספת לפיתוח מודל שניתן ליישם במשק מסחרי.

4. בנושא בקרת ההתמיינות לזוויגים ראה סעיף 4.

4. הבעיות שנתרו לפתרון /או השינויים שחלו במהלך העבודה (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים); התייחסות המשך המחקר להן. הפרק העוסק בבקרת ההתמיינות לזוויגים לא מוצה, וזאת כאמור עקב קיצוץ תקציב המחקר למחצית. התוצאות הראשוניות שהתקבלו, ביחד עם תוצאות מפרויקטים דומים שנעשו בחממה הלימודית בכיה"ס "מעלה שחרות", מצביעות על היתכנות הגישה הניסויית.

5. האם הוחל כבר בהפצת הידע שנצבר בתקופת הדו"ח - יש לפרט: פרסומים - כמקובל בביבליוגרפיה, פטנטים - יש לציין מס' פטנט, הרצאות וימי עיון - יש לפרט מקום ותאריך.

הוגשה לאוניברסיטה העברית בירושלים עבודת מוסמך [רון דזיקובסקי / גורמים סכיבתיים המשפיעים על רכיית דגי הגופי (*Poecilia reticulata*) / פברואר 1999] בנושא בקרת גודל ההשרצה בגופי, ונמצאים בשלבי כתיבה מספר מאמרים. הידע שהתקבל מועבר למגדלים במגעים שוטפים.