

תוכן העניינים

1	.....	דף פתיחה
3	.....	מבוא
4	.....	מטרות המחקר
4	.....	פרוט עיקרי הניסויים
15	.....	דיון ומסקנות
17	.....	רשימת פרסומים
18	.....	רשימת ספרות
19	.....	סיכום עם שאלות מנחות

חיסכון בידיים עובדות תוך הגדלת תפוקות דגיגים במערכות רבייה של דגי נוי משריצי חיים

Labour saving through improvement of ornamental fish breeding systems

מוגש לקרן המדען הראשי של משרד החקלאות ופיתוח הכפר

ע"י

המכון לחקר בעלי-חיים, מנהל המחקר החקלאי	אסף ברקי
המכון להנדסה חקלאית, מנהל המחקר החקלאי	בעז ציון
המכון לחקר בעלי-חיים, מנהל המחקר החקלאי	אילן קרפלוס

Assaf Barki, Institute of Animal Science, ARO, The Volcani Center, P.O.B. 6 Bet Dagan 50250. E-mail: barkia@volcani.agri.gov.il

Boaz Zion, Institute of Agricultural Engineering, ARO, The Volcani Center, P.O.B. 6 Bet Dagan 50250. E-mail: boazz@volcani.agri.gov.il,

Ilan Karplus, Institute of Animal Science, ARO, The Volcani Center, P.O.B. 6 Bet Dagan 50250. E-mail: karplus@volcani.agri.gov.il

תקציר

פותחה שיטה להגדלת תפוקת דגיגי גופי במערכות רבייה, ע"י משיכת דגיגים מיד לאחר השרצתם אל תוך סלי רשת באמצעות אור. כינוס מהיר של דגיגים אל סלי הרשת מצמצם את זמן חשיפתם לקניבליזם ע"י דגים בוגרים. בניסוי מעבדה נמצא שדגיגי גופי לאחר השרצה נמשכים לאור בצבעים שונים ושהאור הלבן מועדף. בגופים מקו "זנב קלשון" נמצא שבעוד שנקבות בודדות משריצות בעיקר בבוקר, בקבוצות כמחצית מההשרצות מתרחשות בשעות החשכה, והוספת אור LED רציף לא משפיעה על כך. קניבליזם מתרחש בעיקר בשעות היום והוספת אור ה-LED מאריכה את שעות הטריפה גם לשעתיים הראשונות של הלילה. במודל אקווריונים לבדיקת השפעת האור על הפחתת קניבליזם נמצא שלנוכחות האור השפעה על עליה במספר הדגיגים העוברים דרך רשת לאזור מוגן ועל הפחתת קניבליזם ויעילות האור גבוהה יותר בלילה מאשר ביום.

במיכלי רבייה במתקן ניסוי נמצאה עליה של 30% בתפוקת דגיגי גופי מקו זנב קלשון כאשר אור דלק מעל לסל הרשת ולא נמצאה השפעה למועד האיסוף ביום; אולם בקו RSS לא נמצאה השפעה להארה. בניסוי לבדיקת שיטות הארה שנערך עם קו Red Blond נמצאה עליה של כ-45% בתפוקת הדגיגים בנוכחות האור ולא נמצא הבדל בין הארת הסלים מחוץ למים ובתוך המים.

בניסויים שנערכו בתנאי גידול מסחרי בשתי חוות מסחריות נמצאה עלייה מובהקת בתפוקת הדגיגים בקווים גנטיים שונים, בכלל זה בקו RSS שלא הגיב במעבדה. העלייה בתפוקת הדגיגים נעה בין כ-14% ב-RSS לכ-28% בקווים Flame ו-Lemon. יתרה מכך, הן במתקן הניסוי והן בניסוי בחוות נמצא כי כאשר הסלים מוארים אין הבדל בתפוקת הדגיגים בין איסוף אחד לשני איסופים ליום בעוד שללא הארה יותר דגיגים נאספים בשני איסופים ליום. כלומר הארת סלי הרשת מגדילה תפוקת דגיגים וחוסכת כוח אדם בו זמנית.

המחקר הנוכחי מציג שיטה חדשה, יעילה וזולה, הניתנת ליישום בקלות, להגדלת תפוקות דגיגים במערכות רבייה של גופים ולחסכון בעבודת כפיים. קיימת אפשרות סבירה ששיטה זו ניתנת להרחבה והתאמה גם לדגי נוי אחרים.

הממצאים בדו"ח זה הנם תוצאות ניסויים

ואינם מהווים המלצות לחקלאים

חתימת החוקר: _____  _____
תאריך: 23/1/2013

מבוא

גידול דגי נוי טרופיים נחשב לגידול רווחי ביותר ליחידת שטח. על פי הסקר האחרון של שוק דגי הנוי (קחל, 2009), מבין דגי הנוי המיוצאים ברובם לאירופה, דג הגופי (*Poecilia reticulata*) הוא הדג המרכזי (כ 10 מיליון דגים מכלל 30 מיליון דגים בשנה, נכון ל 2007). דגי הגופי משריצי-חיים וההתפתחות העוברית מתבצעת כולה בגוף הנקבה. לפיכך נקבות הגופים מתאפיינות במספר נמוך של צאצאים (בד"כ עשרות בודדות בכל השרצה), דבר המחייב מערך רבייה גדול על מנת לספק את צרכי המשק. מערכת רבייה במשק טיפוסי מהווה כשליש ממערך הגידול הכולל של הדגים ובמרבית המשקים מקובל להחזיק עשרות עד מאות מיכלי רבייה. מצוקת המים, המחסור בכוח אדם והגבלת השטח המוקצה להקמת משק חקלאי חדש מחייבים התייעלות הייצור של משקי דגי נוי בכל דרך אפשרית, וניצול מיטבי של מערכת הרבייה היא אחת הדרכים.

אחת הבעיות המרכזיות בייצור דגי גופים היא אובדן ניכר הנגרם כתוצאה מטריפתם ע"י להקת ההורים לאחר השרצתם. קניבליזם על סוגיו השונים היא תופעה שכיחה בדגים ביחס לקבוצות אחרות בעולם החי (Smith and Reay, 1991). משריצי חיים ממשפחת ה Poeciliidae (עליהם נמנה הגופי) מתאפיינים בסוג קניבליזם של טריפת דגיגים ע"י בוגרים (intercohort cannibalism) וע"י הוריהם (filial cannibalism). בגופים עיקר הקניבליזם מתרחש בשלב מוקדם והוא פוחת לאחר היום השני מהשרצה (Loekle et al., 1982), כלומר דגיג גופי בני יום הם הפגיעים ביותר.

את תופעת הקניבליזם לא ניתן למנוע לחלוטין בתנאי גידול דגים אך ניתן לצמצמה ע"י מניפולציות של גורמים המשפיעים על מימדיה (ראה סקירתם של Hecht and Pienaar, 1993; Baras and Jobling, 2002). כאמצעי להפחתת הקניבליזם, מגדלי גופים בארץ מסתפקים בהכנסת סל רשת גלילי למיכל הרבייה בגודל עין המאפשר מעבר דגיגים קטנים בלבד, המהווה מקלט בטוח, והדגיגים נאספים מתוכו פעם או פעמיים ביום ומועברים למיכלי גידול. למרות זאת, להערכת המגדלים פחות ממחצית מהדגיגים נאספים והשאר נטרפים. מבחינה זאת מערכות הרבייה הקיימות אינן יעילות.

מטרת מחקר זה הייתה להביא להגדלת תפוקות הדגיגים במיכלי הרבייה תוך צמצום השפעת הקניבליזם ע"י שימוש באמצעים טכנולוגיים והתנהגותיים להפחתת הזמן בו הדגיגים חשופים לסכנת טריפה ולריכוזם המהיר בסל הרשת. הרעיון בבסיס השיטה המוצעת הוא למשוך את הדגיגים באופן טבעי אל תוך סל הרשת באמצעות מקור אור שיוצב במרכזו תוך ניצול תכונה מולדת של משיכה לאור אצל הדגיגים. לאור יתרון ברור כאמצעי משיכת דגיגים מכיוון שהוא אמצעי זמין, אמין וזול אשר ניתן ליישמו בקלות ובאופן מבוקר. השימוש באור כאמצעי לבקרת התנהגות דגים נחקר בעיקר עם דגי מאכל או בהקשר של בקרת מינים פולשים (Lines and Frost, 1999). יישום של משיכה לאור בשילוב רשת סלקטיבית נבדק בהקשר של דיגום לרוות דגים בטבע (Vilizzi et al., 2008). הוספת רשת צפופה סביב מלכודת האור שיפרה משמעותית את יעילות לכידת לרוות ודגיגים צעירים ע"י מניעת מעבר דגים טורפים למלכודת.

תנאי מקדים לעבודה הנוכחית הינו קיום משיכה לאור גם בדגיג גופי. תגובה פוטוטקטית חיובית נמצאה בדגי גופי בוגרים (Karplus et al., 2003) וגם בדגיג גופי (Jain and Sahai, 1994) אולם לא ידוע לנו על מחקר שהראה משיכה לאור בדגיגים מיד לאחר השרצתם. בניסוי מקדים למחקר זה הוכחנו שלדגיג גופים שאך נולדו יש משיכה מולדת לאור. כדגים פעילי יום השוכנים בבתי גידול רדודים ומוארים, הגופים מסתמכים על חוש הראייה במגוון פעילויות חיוניות כגון, לכידת מזון, הימנעות מטורפים ותקשורת תוך-מינית (Magurran, 2005). הרשתית של

העין בנויה משכבות של תאי עצב שונים ביניהם תאים קולטי אור, קנים (rods) ומדוכים (cones), הפועלים ע"י פיגמנטים של ראייה המופעלים בנוכחות אור. ראיית צבעים נעשית מתאפשרת ע"י קיומם של לפחות שני סוגי מדוכים עם פיגמנטים בעלי רגישות שיא באורך גל שונה. לגופים ראיית צבעים משוכללת עם תחום אור נראה רחב משל בני האדם בזכות פיגמנט ראייה רביעי הרגיש לאור בתחום האולטרא-סגול. לגופים מדוכים בעלי קליטת שיא באורכי גל 359nm (UV), 408nm, 464nm, 533-572nm, וקנים בעלי קליטת שיא ב 502nm (Archer et al., 1990; Ward et al., 2008). התפתחות מערכת הראייה כולל הפוטו-רצפטורים של המדוכים מתרחשת כבר בשלב העוברי, כך שיכולת ראיית הצבעים של דגיגי גופי בני יומם דומה ברמת התפתחותה לבוגר, אם כי דגיגים בני יומם מותאמים פחות לראייה בתנאי תאורה חלשים בהשוואה לבוגרים, על פי הבדל ביחס המספרי בין תאי קנים ומדוכים (Kunz et al., 1983). לאור העובדה שלדגיגי גופי בני יומם יכולת ראיית צבעים, יתכן שקיימת העדפה לאור באורך גל מסוים ורגישות שונה לעוצמה בצבעי אור שונים. בהתאם לכך, יעילות משיכת הדגיגים לאור עשויה להיות שונה בצבעי אור שונים ובעוצמות שונות.

מאחר ותפוקת הדגיגים במיכל רבייה תלויה קודם כל בכמות הדגים המושרצת, יש להתחשב גם בהשפעת אפשרית של הארה על שיעור הרבייה. כמו כן, במקביל להשפעה החיובית של ההארה על משיכת הדגיגים לסל הרשת היא עלולה להשפיע על רמת הקניבליזם אצל הבוגרים ועל תזמון ההשרצות והקניבליזם ביממה. בדיקת הנושא חיונית לקביעת משטר שעות ההארה ותזמון איסוף הדגיגים.

דו"ח זה מציג את תוצאות המחקר על שלביו השונים, החל מניסויי מעבדה מבוקרים שבאו לענות על שאלות בסיסיות וכלה בניסויים שבדקו את השפעת ההארה על תפוקת הדגיגים בחוות מסחריות. באופן ספציפי, במחקר נבדקו משיכת דגיגים לאור והעדפתם לאורות בגוונים שונים, תזמון ההשרצות והקניבליזם לאורך היממה והשפעת ההארה עליו, השפעת האור על קניבליזם בניסויי מעבדה, השפעת הארת סלי הרשת על תפוקת דגיגים ועל מספר איסופי דגיגים הנדרשים לשם תפוקה מרבית במיכלי רבייה בתנאי מעבדה ובתנאי גידול מסחרי בשני משקי גופים.

מטרות המחקר

מטרת המחקר הכללית היא פיתוח שיטה וממשק רבייה להגדלת תפוקת הדגיגים ע"י צמצום הקניבליזם, שתביא לחסכון בידיים עובדות ובתשתיות של חוות גידול דגי נוי. הרעיון מבוסס על המשיכה הטבעית של הדגיגים לאור כך שהארת סל הרשת תמשוך דגיגים פנימה מיד לאחר השרצתם ותפחית את זמן חשיפתם לסכנת הטריפה.

מטרות המחקר:

- 1) חקר משיכת דגיגי הגופי לאור- העדפה לצבע (אורך גל) ועצמת האור.
- 2) חקר השפעת האור המועדף ומשטר התאורה על רמת הקניבליזם ותפוקת הצאצאים.
- 3) חקר תזמון ההשרצות והקניבליזם במשך היממה וכיצד הם מושפעים ממקור האור
- 4) חקר השפעת הארה על מספר איסופי דגיגים הנדרשים ומועדם לשם תפוקה מרבית
- 5) הטמעה ויישום השיטה בקנה מידה רחב במשק מסחרי עם התקדמות המחקר.

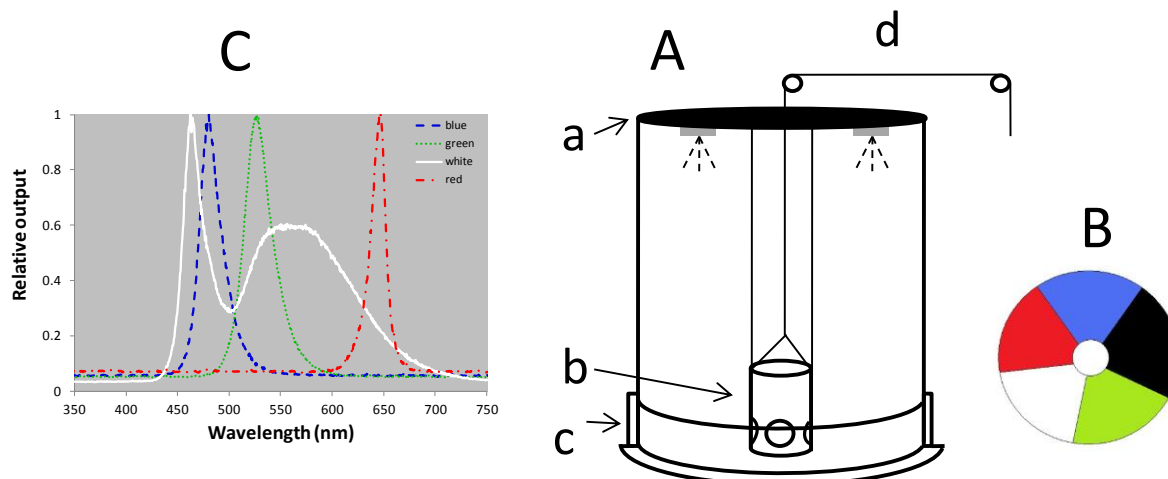
פירוט עיקרי הניסויים

כל ניסויי המעבדה התבצעו על גופים מקו "זנב קלשון", אלא אם מצוין אחרת.

צבע האור המועדף למשיכת דגיגים

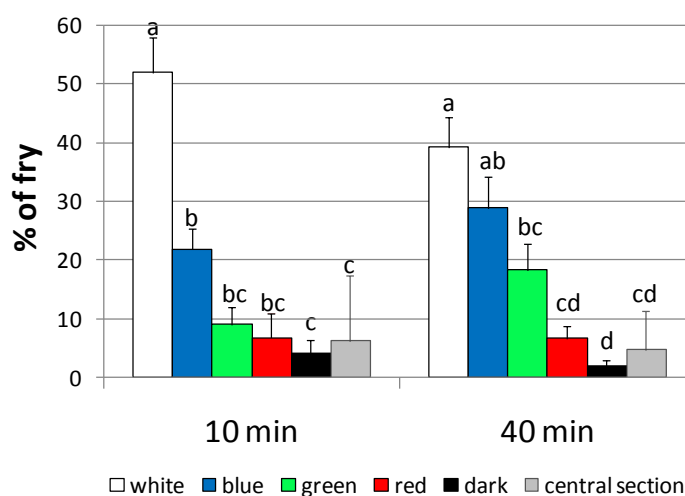
הניסוי נערך במתקן עגול המחולק ל 5 גזרות שוות המהוות תאים נפרדים ע"י מחיצות רדיאליות אטומות לאור. במרכז המתקן הותקן גליל הניתן להרמה שאליו מוכנסים דגי הניסוי. מעל התאים הותאם מכסה שבו מותקנות נורות

LED בצבע אור שונה, כך שכל תא מואר באחד מצבעי האור הנבדקים ותא אחד נשאר חשוך (איור 1A, 1B). נעשה שימוש בנורות LED (מודולים של 4 נורות LED, 0.6 וואט) בצבע כחול, ירוק, אדום ולבן המספקות אור מונוכרומאטי בספקטרום צר, להוציא כמובן את האור לבן (איור 1C). הניסוי נערך עם קבוצות של 25 דגיגים (12 חזרות) ועם דגיגים בודדים (30 חזרות), מספר שעות לאחר השרצתם. לאחר אקלום של 2 דקות הגליל הורם והדגיגים (ים) בחרו את התא המועדף על פי צבע האור. לאחר 10 דקות ו 40 דקות נספרו הדגיגים בכל תא לצורך קביעת האור המועדף עליהם.



איור 1. A- מתקן לבדיקת העדפת צבע האור. a- מכסה עם נורות LED; b- גליל הניתן להרמה; c- קערת פרספקס עגולה; d- מיתר וגלגלות להרמת גליל האקלום. B- חמשת התאים במבט על. C- ספקטרום אורכי הגל של נורות ה LED בצבעי האור השונים שנבחנו.

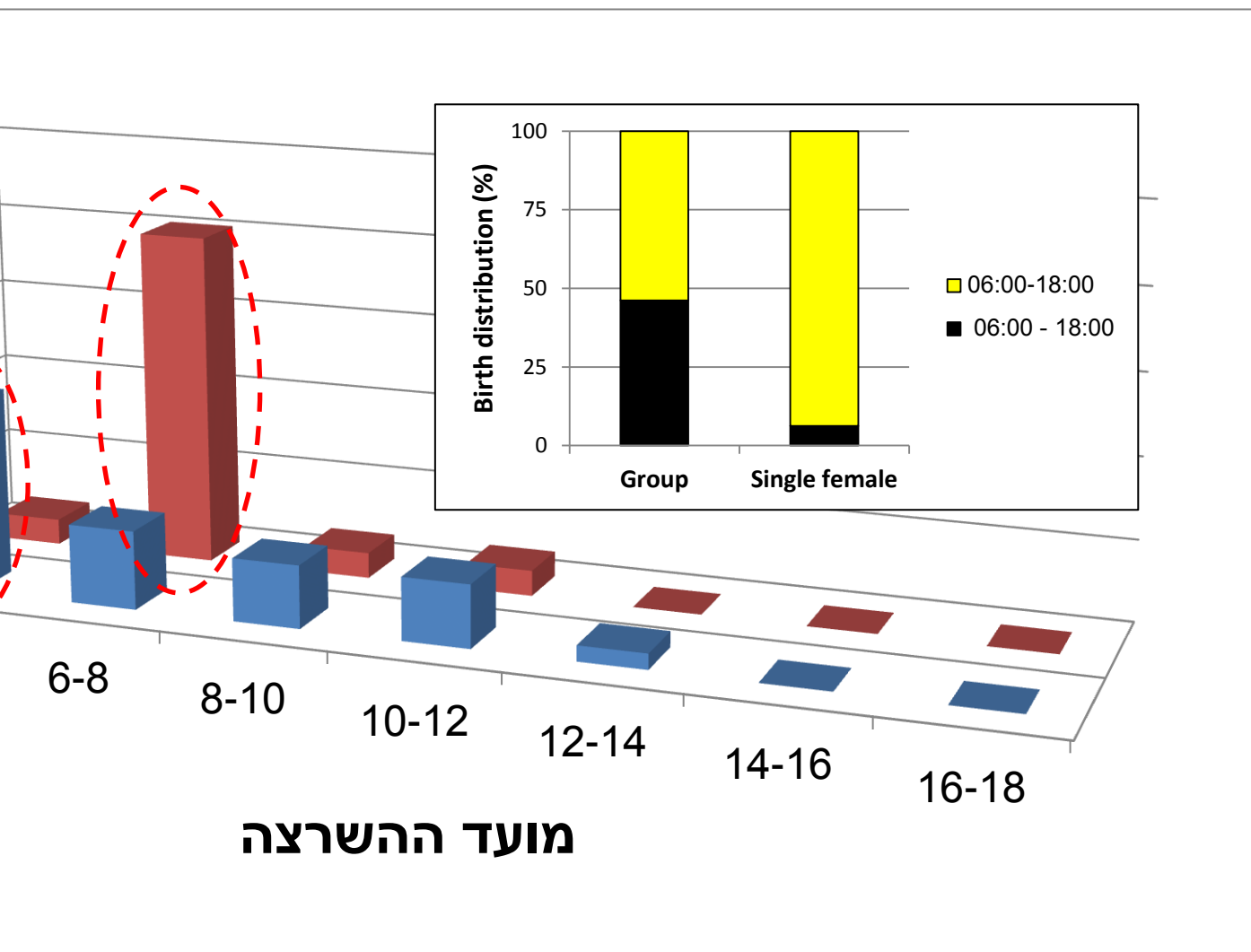
ניתוח נתוני הקבוצות הראה הבדלים מובהקים בהעדפה של דגיגי הגופי לצבעי האור השונים לאחר 10 דקות (ANOVA, $F_{5,11}=24.7$, $P<0.05$), ולאחר 40 דקות ($F_{5,11}=16.2$, $P<0.05$) של שהייה במתקן הניסוי. בשני הזמנים סדר העדפת המיקום היה זהה: לבן < כחול < ירוק < אדום < חושך (איור 2). בדגיגים הבודדים התקבלה תוצאה דומה לזו שהתקבלה בקבוצות, ומובהקת סטטיסטית.



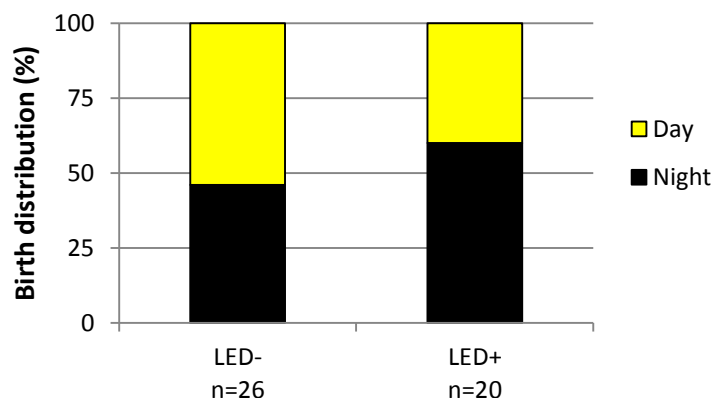
איור 2. התפלגות הדגיגים (באחוזים) בין התאים המוארים בצבעי אור שונים לאחר שהייה של 10 דקות ו-40 דקות במתקן הניסוי. עמודות המסומנות באותיות שונות נבדלות באופן מובהק (Tukey-Kramer test, $P<0.05$).

תזמון ההשרצות והקניבליזם לאורך היממה

נערך מעקב אחר מועדי ההשרצות על מנת לבדוק האם ההשרצות מרוכזות במועד מסוים ביממה, ביום או בלילה. התאורה הכללית (מנורות ניאון) במערכת ההשרצות היתה 12 שעות אור ו 12 שעות חושך ביממה, במקביל לשעות היום והלילה הטבעיות. מעקב ההשרצות התבצע אחר נקבות בודדות ואחר נקבות בקבוצות של 4 נקבות וזכר אחד, כאשר גודל האקווריום הותאם כך שהצפיפות תהיה שווה בשני המקרים. המעקב ביום נערך בין 6 בבוקר ל 6 בערב, כל שעתיים. השרצה שנצפתה ב 6 בבוקר נחשבה כהשרצת לילה (שהתרחשה בין 6 בערב ל 6 בבוקר). מועד ההשרצה נחשב אותו פרק זמן שבסופו נצפו לפחות 5 דגיגים הראשונים בשגר. על מנת לבדוק את השפעת ההארה על מועדי ההשרצות ביממה, נערכה בדיקה נוספת של מועדי ההשרצות כאשר כל אקווריום הואר באופן רציף (24 שעות ביממה) ע"י נורת LED לבנה בנוסף לתאורת הניאון הכללית (12 שעות אור ביממה). מרבית ההשרצות של נקבות בודדות התרחשו בשעות היום (81%) ובעיקר בשעתיים הראשונות של האור (בשעות 6-8). לעומת זאת בקבוצות כ- 46% מההשרצות התרחשו בלילה. בשני המקרים כמעט ולא היו השרצות בשעות אחה"צ (איור 3). התפלגות ההשרצות בין יום ללילה נמצאה שונה סטטיסטית בין נקבות בודדות לנקבות בקבוצה (Pearson's chi square, $\chi^2=7.4$, $P<0.01$) (איור 3, מסגרת). לתאורת LED לבן רציפה מעל האקווריונים של הקבוצות לא היה השפעה על התפלגות ההשרצות בין יום ללילה ($\chi^2=0.56$ $P=0.45$). כמחצית מההשרצות התרחשו ביום וכמחצית בלילה עם וללא תאורת ה- LED (איור 4).



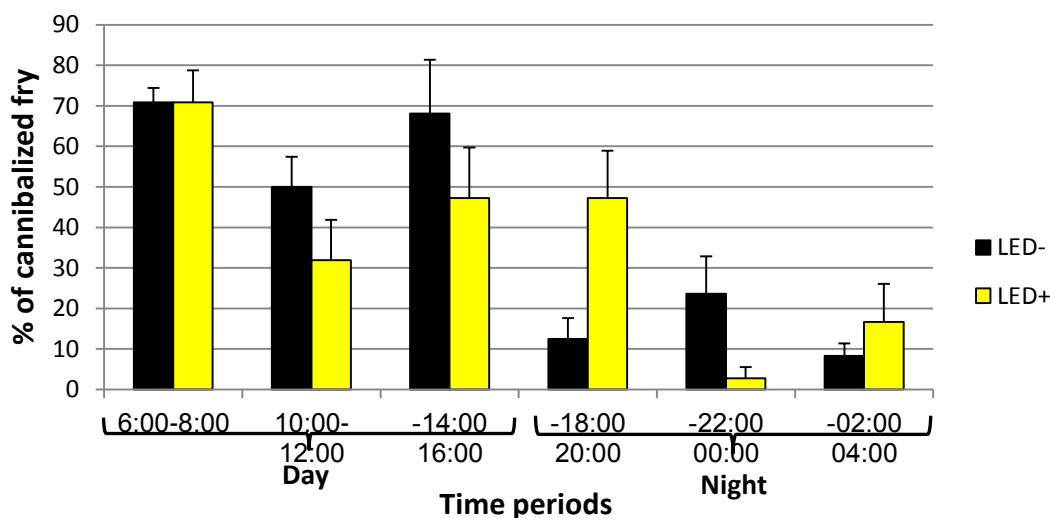
איור 3. התרחשות ההשרצות במועדי היממה השונים (גרף ראשי) והתפלגות ההשרצות בין יום ולילה (ריבוע קטן) בנקבות בודדות ונקבות בקבוצה.



איור 4. התפלגות ההשרצות בין יום ולילה עם וללא הארה רציפה באור LED לבן (LED+ ו-LED-, בהתאמה).

בחינת תזמון הקניבליזם ביממה התבצעה ע"י הכנסת קבוצות של 12 דגיגים בני יומם לאקווריונים המאוכלסים ב- 5 נקבות בוגרות וזכר אחד למשך שעותיים. רמת הקניבליזם נבחנה בשישה זמנים שונים לאורך היממה, בשעות האור בין 6-8, 10-12 ו 14-16 ובשעות החשיכה בין 18-20, 22-24 ו 2-4, בשש חזרות לכל פרק זמן. הדגים הבוגרים היו באותה רמת רעב (22 שעות לאחר האכלה) בשעת הבדיקה. על מנת לבחון את השפעת ההארה בנורות LED על מועדי הקניבליזם ביממה נערכה בדיקה נוספת של שעורי הקניבליזם במועדים השונים כאשר נורת LED מאירה את האקווריום.

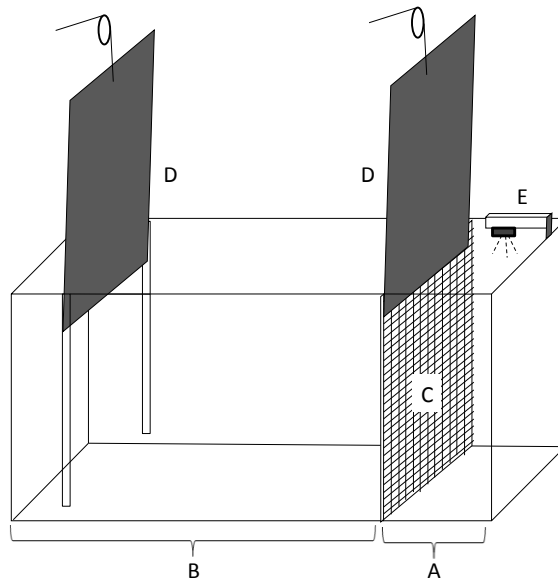
באופן כללי שיעור הקניבליזם היה גבוה יותר בשעות היום מאשר בלילה ($F_{5,60}=13.4$; $P<0.001$), אך נמצאה גם אינטראקציה מובהקת ($F_{5,60}=2.8$; $P<0.05$) שהראתה שינוי מובהק במועדי הקניבליזם בלילה בנוכחות אור LED לעומת מצב ללא הארה עם LED. השינוי הבולט היה בעליה בשיעור הקניבליזם בין 18:00 ל-20:00 לרמה זהה לזאת שנצפתה בין 14:00 ל-16:00 כך שלמעשה האור גרם להארכת הפעילות הקניבליטית אל תוך השעותיים הראשונות של החשיכה (איור 5). אולם בהמשך, בין השעות 22:00 ל-4:00, למרות נוכחות אור ה-LED רמות הקניבליזם ירדו משמעותית לרמות האופייניות לשעות החשיכה בהעדר מקור אור.



איור 5. אחוזי הטריפה הממוצעים (+ שגיאת תקן) של דגיגי גופי בפרקי זמן שונים ביממה עם וללא הארה רציפה באור LED לבן (LED+ ו-LED-, בהתאמה).

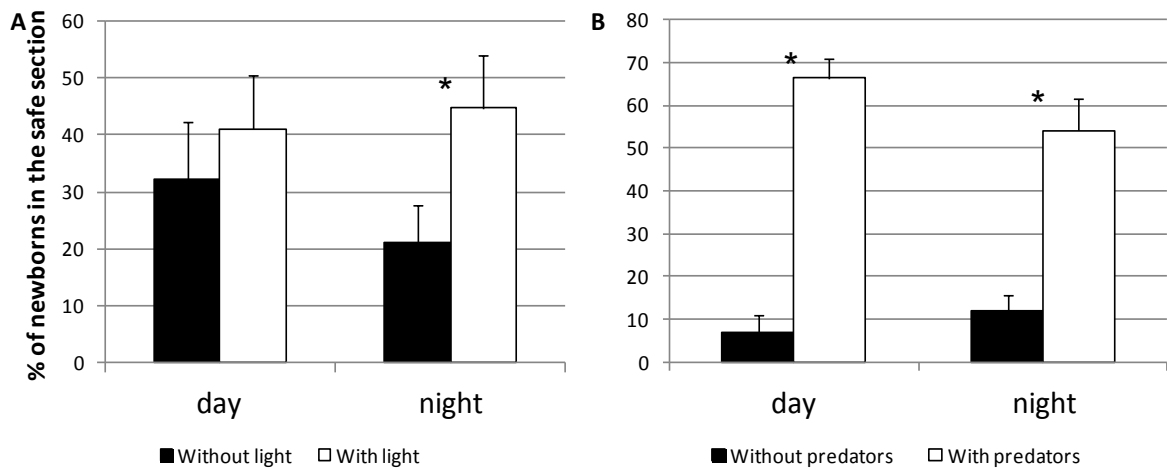
השפעת ההארה על משיכת דגיגים אל אזור מוגן ושיעור הקניבליזם

ניסוי מעבדה זה התמקד בשני הגורמים המשפיעים על כניסת הדגיגים לסל הרשת, נוכחות הבוגרים וההארה, על מנת לברר האם לאור השפעה על משיכת הדגיגים לאזור המוגן ועל צמצום הקניבליזם. הניסוי התבצע בחדר מבודד עם תאורת ניאון באקווריומים (18x22x45 ס"מ) שלרוחבם הותקנה רשת המאפשרת מעבר דגיגים בלבד ויוצרת תא נפרד בקצה אחד של האקווריום. מעל תא זה הותקנה נורת LED בצבע לבן המועדף כגורם משיכת דגיגים אל האזור המוגן (איור 6). באקווריומים אוכלסו 9 נקבות וזכר אחד. קבוצות של 16 דגיגים שאך הושרצו הוכנסו מעבר למחיצה אטומה בצד האקווריום הנגדי לאזור המוגן. לאחר שתי דקות אקלום הורמה המחיצה והדגיגים נחשפו לבוגרים. לאחר 30 דקות הורדה המחיצה החוסמת את התא המוגן ותועד מספר הדגיגים הנמצאים באזור המוגן ומחוצה לו ומספר הדגיגים שנטרפו. הניסוי בוצע במבנה פקטוריאלי בו נבחנו (א) השפעת האור (עם או ללא הארה), נוכחות טורפים (עם או ללא גופים בוגרים) והזמן ביממה (שעות אור או חשיכה, להלן יום או לילה) על אחוז הדגיגים באזור המוגן; (ב) השפעת האור והזמן ביממה על אחוז הדגיגים הנטרפים. הניסוי נערך ב 12 חזרות לטיפול. ניתוח הנתונים נעשה במבחני שונות על נתוני אחוז הדגיגים לאחר המרה לשורש arc-sinus.



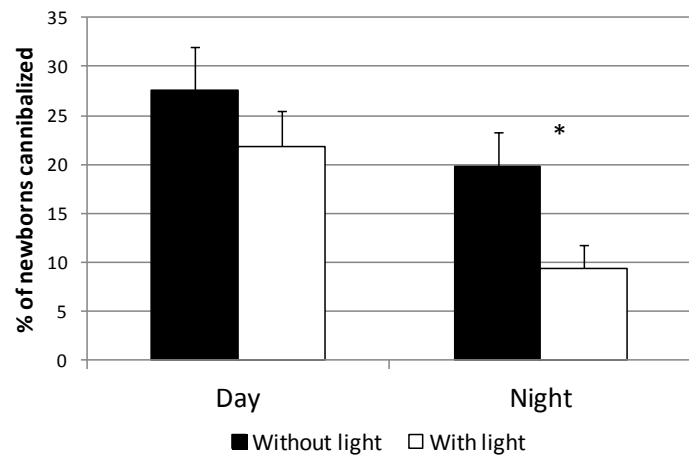
איור 6. אקווריום הניסוי לבדיקת השפעת האור על קניבליזם. A- האזור המוגן. B – אזור הקניבליזם. C- מחיצת רשת. D- מחיצות אטומות הניתנות להרמה. E- LED מעל האזור המוגן.

נמצאה השפעה מובהקת של האור על אחוז הדגיגים שנמשכו אל האזור המוגן ($F_{1,88} = 32.8, P < 0.001$). אינטראקציה כמעט מובהקת בין גורם האור לגורם המועדף- יום/לילה ($P = 0.067$) הראתה מגמה להשפעה חזקה יותר של האור בשעות החשיכה (איור 7A). כמו כן, נמצאה השפעה לנוכחות הבוגרים על אחוז הדגיגים שנמצאו באזור המוגן ($F_{1,88} = 268.2, P < 0.001$). אינטראקציה מובהקת בין הטורפים ליום/לילה הראתה שהשפעת הטורפים הייתה חזקה יותר במשך היום (איור 7B).



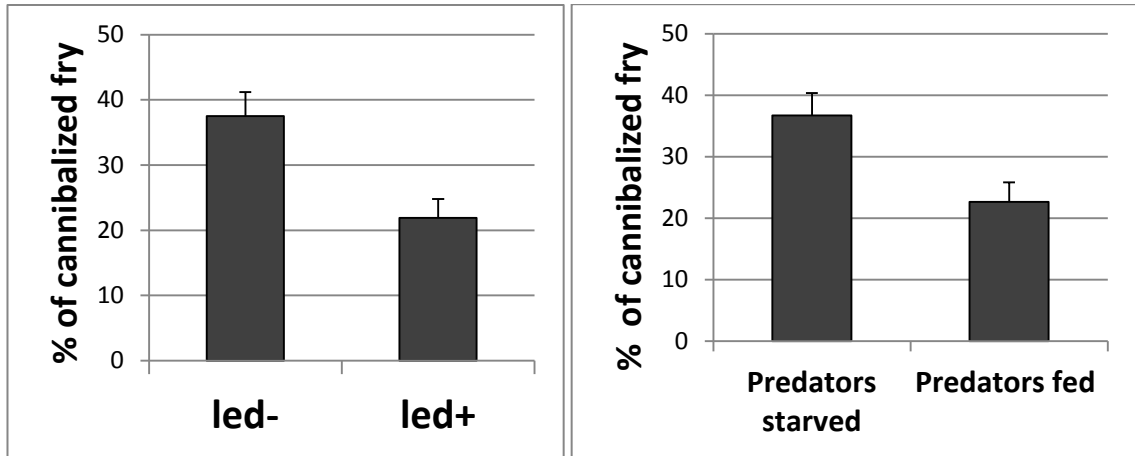
איור 7. השפעת האור (A) ונוכחות הטורפים (B) על אחוז הדגיגים באזור המוגן. כוכבית מציינת הבדל מובהק.

לגבי קניבליזם, אחוז הדגיגים הנטרפים היה נמוך יותר בנוכחות האור ($F_{1,44} = 4.6, P < 0.05$) וגבוה יותר ביום בהשוואה ללילה ($F_{1,44} = 10.0, P < 0.01$) (איור 8).



איור 8. השפעת האור על אחוז הדגיגים הנטרפים ביום ובלילה. כוכבית מציינת הבדל מובהק.

מאחר ורמת השרידה בניסוי הקודם הייתה באופן כללי גבוהה, נערך ניסוי נוסף במתכונת זהה אך בתנאי טריפה מוגברת. בניסוי זה נחשפו הדגיגים לקבוצות בוגרים רעבים שנמנע מהם אוכל במשך 6 ימים לפני הניסוי, לעומת קבוצות בוגרים שהאכלו מידי יום. נבדקו שעורי הטריפה של הדגיגים לאחר 16 שעות חשיפה לטורפים בלילה עם אור לעומת ללא אור LED לבן. הרעבת הדגים הבוגרים אכן הגבירה את לחץ הטריפה, כפי שבא לידי ביטוי באחוזי טריפה גבוהים יותר ביחס לניסוי הקודם. שיעור הטריפה היה באופן מובהק גבוה יותר בקבוצות המורעבות לעומת המואכלות ($F_{1,44}=11.3; P<0.01$). בתנאי ניסוי זה שיעור הטריפה היה משמעותית נמוך יותר עם אור ה-LED הלבן לעומת ללא האור ($F_{1,44}=13.9; P<0.001$) (איור 9).



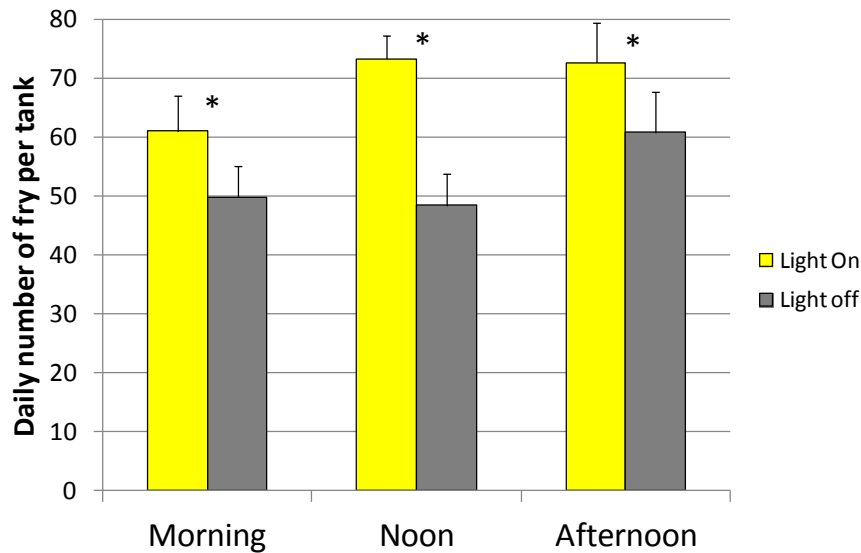
איור 9. אחוזי הטריפה של הדגיגים עם או ללא אור LED לבן מעל האזור המוגן (גרף שמאלי) ובנוכחות קבוצות בוגרים מורעבות לעומת מואכלות (גרף ימני).

ניסויים במיכלי רבייה במתקן ניסויי ובהוות מסחריות

מתקן הניסויי בבית דגן ממוקם במבנה סגור עם תאורת ניאון וכלל 4 מערכות זהות של 6 מיכלי פוליאטילן עגולים בנפח 250 ליטר (קוטר 85 ס"מ) המחוברים למיכל ביו-פילטר דרכו המים ממוחזרים (סה"כ 24 מיכלים). לכל מיכל הוכנס סל גלילי שחור בקוטר 40 ס"מ ועומק מים 26 ס"מ העשוי מרשת פלסטיק עם חורים בגודל 3x3 מ"מ. מעל מרכז הסל הותקן מודול LED לבן המאיר את הסל כלפי מטה. להקות הרבייה כללו 117 נקבות ו 13 זכרים (יחס זוויגים 1:9) בכל מיכל.

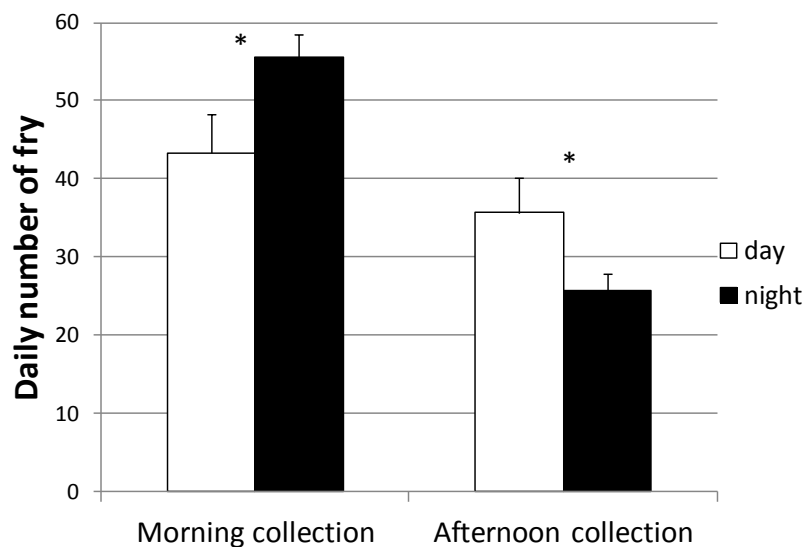
בניסוי 1 נבדקה השפעת שני גורמים על תפוקת הדגיגים בקו זנב קלשון: **ההארה** – עם או ללא אור LED רציף (24 שעות ביממה) ו**מועד איסוף הדגיגים** – איסוף אחד בבוקר (08:00), בצהריים (12:00) או אחה"צ (16:00). תאורת הניאון במבנה דלקה 12 שעות במשך היום בין 6 בבוקר ל 6 בערב. הניסוי נערך במבנה פקטוריאלי (2X3) בבלוקים באקראי, כאשר כל מערכת מהווה בלוק, כלומר 6 טיפולים שונים ב 4 חזרות. הדגיגים נאספו מהסלים מידי יום והניסוי נמשך 14 ימים. ניסוי נוסף נערך באותה מערכת עם גופים מקו - RSS (Red Snake Skin), בו נבדקה השפעת ההארה (עם הארה לעומת ללא הארה, n=6) על תפוקת הדגיגים. הדגיגים נאספו פעם ביום בבוקר והניסוי נמשך 18 ימים.

בקו זנב קלשון נמצאה השפעה מובהקת להארת הסלים על מספר הדגיגים שנאספו ($F_{1,15} = 14.7, P < 0.01$) אך לא נמצא הבדל בין מועדי האיסוף (בוקר, צהריים או אחה"צ) או אינטראקציה מובהקת בין שני הגורמים ($P > 0.1$). הממוצע היומי של מספר הדגיגים למיכל היה ב 30.2% גבוה יותר כאשר הסלים הוארו (69.1 ± 3.4) מאשר ללא הארה (53.1 ± 3.5) (איור 10). לעומת זאת, בקו RSS לא נמצא הבדל מובהק במספר הדגיגים בין הארה וחוסר הארה (t test, $P > 0.1$).



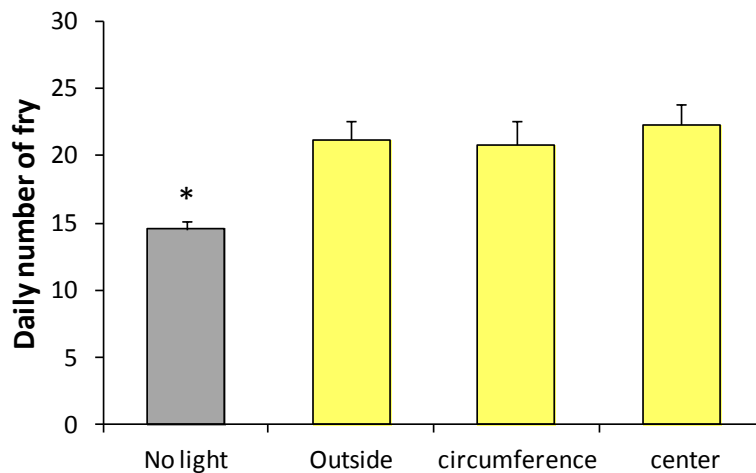
איור 10. ממוצע יומי של דגיגים למיכל עם וללא הארה של סלי הרשת במועדי איסוף שונים (בוקר, צהרים ואחה"צ). כוכבית מציינת הבדל מובהק.

בניסוי 2 נבדקה השפעת שני גורמים: **מועד ההארה** – 12 שעות ביום או בלילה ו**מספר האיסופים** – איסוף אחד ביום, בבוקר או אחה"צ, לעומת שני איסופים ביום, בבוקר ואחה"צ. הניסוי נערך במתכונת זהה לזו שבניסוי 1. לא נמצאה השפעה מובהקת למועד ההארה, למספר האיסופים ולאינטראקציה בין שניהם ($P > 0.5$). בניתוח נתוני המיכלים בהם נערכו שני איסופים נמצא שבסה"כ יותר דגיגים נאספו בבוקר מאשר אחה"צ ($P < 0.01$) אולם אינטראקציה מובהקת בין מועד ההארה ומועד איסוף הדגיגים ($P < 0.05$) הראתה שיותר דגיגים נאספו בבוקר כאשר ההארה הופעלה בלילה לעומת ביום ויותר דגיגים נאספו אחה"צ כאשר ההארה הופעלה ביום לעומת בלילה (**איור 11**). כלומר איסוף מיד לאחר 12 שעות הארה הניב יותר דגיגים. נערך ניסוי נוסף שהתמקד במספר האיסופים בלבד – איסוף אחד בבוקר לעומת שני איסופים בבוקר ואחה"צ – בהבדל שתאורת ה LED מעל הסלים דלקה באופן רציף 24 שעות ביממה. גם בניסוי זה לא נמצא הבדל מובהק במספר הדגיגים בין איסוף אחד לשני איסופים.



איור 11. ממוצע הדגיגים למיכל בשני איסופים ליום, עבור איסוף בוקר ואיסוף אחה"צ כאשר הסלים הוארו 12 שעות במשך היום (עמודות לבנות) או במשך הלילה (עמודות שחורות). כוכבית מציינת הבדל מובהק.

בניסוי 3 נבחנו שיטות הארה שונות במטרה לבדוק האם יש יתרון להארה מתוך המים לעומת הארה מחוץ למים. מקור האור בטיפולים השונים היה זהה – 6 נוריות LED לבן בצינור PVC שקוף המאפשר הכנסתן למים. הניסוי כלל 4 טיפולים הנבדלים במיקום הנורות וכיוון ההארה, ב-6 חזרות: (1) הארה מחוץ למים – הנורות מותקנות מעל מרכז הסל כמו בניסויים הקודמים (2) הארה בתוך המים - הנורות ממוקמות בתוך המים במרכז הסל ומאירות כלפי היקפו (3) הארה בתוך המים - הנורות ממוקמות בהיקף הסל (2 נורות בכל 120° של ההיקף) ומאירות כלפי המרכז (4) ביקורת ללא תאורה. הניסוי נערך עם גופים מקו Red Blond ונמשך 4 שבועות. הדגיגים נאספו ונספרו פעם ביום בבוקר. לא נמצא הבדל בין שיטות ההארה השונות אך ככולן מספר הדגיגים הנאספים היה באופן מובהק גבוה יותר (ב-47% במוצע) לעומת הביקורת ללא הארה (Tukey-Kramer test, $P < 0.05$) (איור 12).



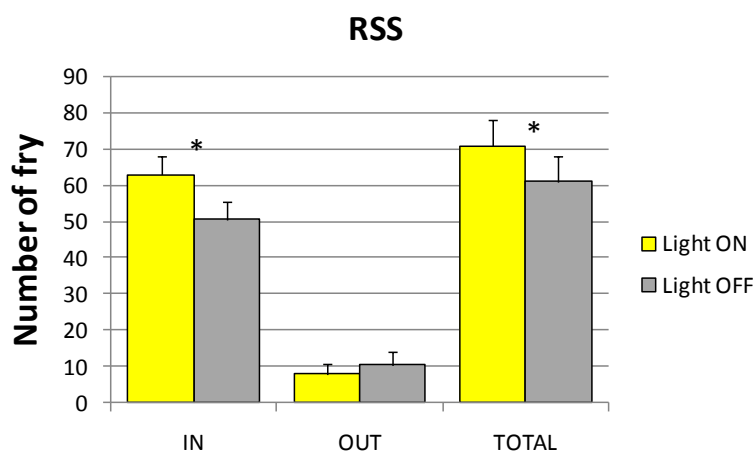
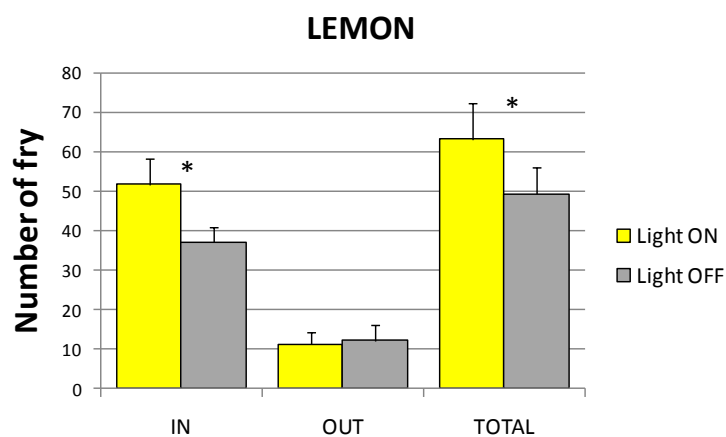
איור 12. ממוצע הדגיגים היומי למיכל בהארה הסלים מחוץ למים (Outside), מתוך המים מהיקף הסל לכיוון המרכז (circumference) ומהמרכז לכיוון ההיקף (center), וללא הארה (No light).

בשלב האחרון של העבודה נערכו ניסויים בתנאי משק מסחרי בשתי חוות גידול, במספר קווים גנטיים. מיכלי הרבייה בשני המשקים ממוקמים בחממה. נורת LED לבנה כמתוארת לעיל הותקנה מעל כל אחד מסלי הרשת מהם נאספים הדגיגים (תמונה 1). עקב חוסר האחידות בין מיכלי הרבייה בגודל וגיל להקות ההורים הניסויים נערכו במתכונת של השוואות פנימיות (paired t-tests) שבה שני הטיפולים נבחנו בכל מיכל.

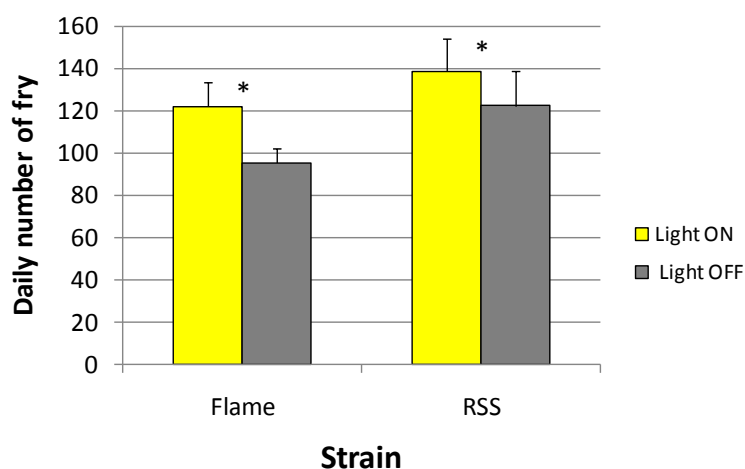


תמונה 1. מיכלי רבייה ששמשו לניסוי באחת החוות. A- מיכל רבייה עגול; B - מיכל U לגידול הדגיגים; C- סל רשת ממנו נאספים הדגיגים; D - נורות LED המותקנות מעל סל הרשת. נערכו השוואות בין מספר הדגיגים הנאספים מסלי רשת עם הארה לעומת ללא הארה. הדגיגים נאספו פעם ביום, בבוקר. בחווה א' הניסוי נמשך 4 שבועות: במשך שבועיים דלקה נורה מעל סל הרשת ושבועיים נוספים הנורה לא דלקה. כדי לאזן השפעות של סדר הטיפולים, חלק מהמיכלים התחילו עם אור דולק אשר כובה כעבור שבועיים ובאחרים הסדר היה הפוך. נבחנו שני קווים גנטיים ב 15 חזרות - Lemon ו RSS. מספר הדגיגים שנאספו מתוך הסלים ומחוצה להם נרשם בנפרד. בחווה ב' הניסוי נמשך שישה שבועות והחלפת האורות התבצעה במחזוריות של שבוע. בחווה זו נבחנו שני קווים: RSS ו Flame (גופים מאותו קו שימשו בניסוי השפעת האור במתקן הניסוי לעיל). היום הראשון לאחר החלפת משטר התאורה (כיבוי או הדלת נורות LED) לא הובא בחשבון כדי למנוע השפעות שוליים.

בחווה א' מספר הדגיגים אשר נאסף מסלי הרשת (בשני הקווים הגנטיים שנבדקו - Lemon ו RSS) היה גבוה כשהיו מוארים מאשר כאשר לא היו מוארים ($P < 0.05$, paired t test). הממוצע היומי של דגיגים שנאספו מסלים מוארים ולא מוארים היה בהתאמה 63.2 ± 9.0 לעומת 49.2 ± 6.9 בקו Lemon ו 71.0 ± 7.2 לעומת 61.2 ± 6.9 בקו RSS (איור 13). ערכים אלה מייצגים, בהתאמה, עליה בשיעורים של 28.2% ו 15.9% בתפוקת דגיגים עם האור. באיור 13 ניתן לראות כי מרבית הדגיגים נאספו מתוך הסלים (למעלה מ- 80%) וההבדל המובהק בין מספר הדגיגים הנאספים עם הארה לעומת ללא הארה נבע מהבדל במספר הדגיגים שנאספו מתוך הסלים בעוד שלא היה הבדל מובהק במספר הדגים שנאספו מחוץ לסלים.

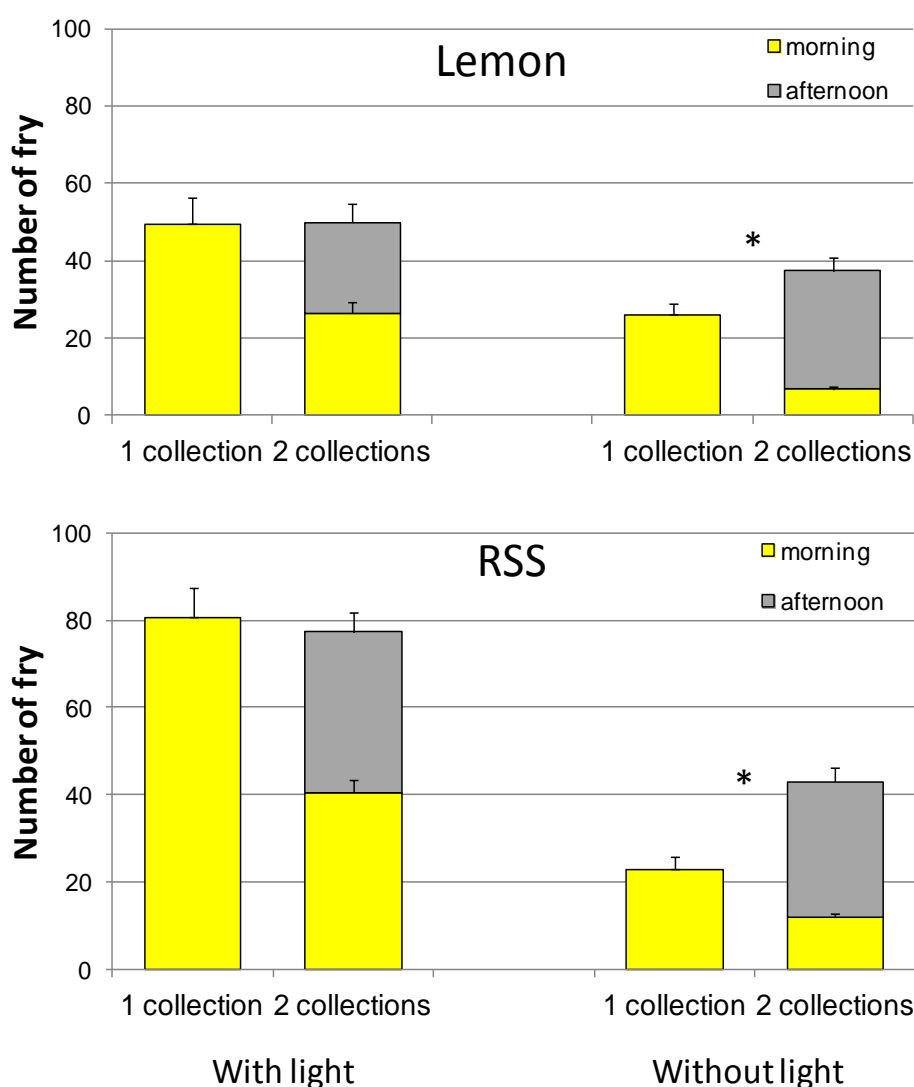


איור 13. ממוצע יומי של דגיגים למיכל עם וללא הארה של סל הרשת, עבור 2 קוים גנטיים שונים בחווה א' IN – דגיגים מתוך הסל. OUT – דגיגים מחוץ לסל. TOTAL – סך כל הדגיגים. כוכבית מציינת הבדל מובהק. באופן דומה, בחווה ב' נמצא הבדל מובהק בין מספר הדגיגים שנאספו מסלים מוארים לעומת לא מוארים (paired t test, $P < 0.05$). הממוצע היומי למיכל של דגיגים שנאספו מסלים מוארים ולא מוארים היה בהתאמה 122.1 ± 11.2 לעומת 95.5 ± 6.7 בקו Flame ו 138.8 ± 15.3 לעומת 122.4 ± 16.29 בקו RSS, בהתאמה (איור 14). ערכים אלה מייצגים הגדלת תפוקת דגיגים עקב הארת הסלים, בשיעורים של 27.9% ו 13.4% בהתאמה.



איור 14. ממוצע יומי של דגיגים למיכל עם וללא הארה של סל הרשת, עבור 2 קוים גנטיים שונים בחווה ב'.

בניסוי נוסף נבחנה השפעת מספר האיסופים. בחווה א' נערכה השוואה של איסוף אחד בבוקר (06:30) לשני איסופים בבוקר ואחה"צ (06:30 ו 18:00) עם שני קווי גופי, Lemon ו RSS (n=9). ההשוואה נערכה בשני ניסויים שנמשכו 4 שבועות כל אחד, הניסוי הראשון עם הארה והשני ללא הארה של הסלים. מספר האיסופים הוחלף (מאיסוף אחד לשני איסופים או להיפך) מידי שבוע. בחווה ב' נערכו שני ניסויים בני שבועיים. בראשון נערכה השוואה של שני איסופים ביום עם הארה לעומת ללא הארה (שבוע בכל מצב הארה) ובניסוי השני נערכה השוואה בין איסוף אחד לשני איסופים עם הארה (שבוע לכל מספר איסופים). בחווה א' בשני הקווים הנבחנים לא נמצא הבדל מובהק בין איסוף אחד לשני איסופים כאשר הסלים היו מוארים. לעומת זאת, בניסוי שבו הסלים לא היו מוארים נאספו יותר דגיגים בשני איסופים מאשר באיסוף אחד ליום ($P < 0.001$ (איור 15)). בחווה ב' מספר הדגיגים שנאספו בשני איסופים ליום היה ב- 44% גבוה עם אור לעומת ללא אור מעל הסלים (93.6 ± 13.8 לעומת 64.8 ± 7.2 דגיגים למיכל ליום) ($P = 0.01$). בניסוי השני, בנוכחות אור, לא נמצא הבדל מובהק בין איסוף אחד לשני איסופים ($P > 0.5$).



איור 15. ממוצע הדגיגים למיכל באיסוף אחד ובשני איסופים ליום עם וללא הארה של סלי הרשת, בשני קווים גנטיים (Lemon ו RSS) בחווה א. צהוב מייצג איסוף בוקר ואפור איסוף אחה"צ. כוכבית מציינת הבדל מובהק.

תכנית המחקר החלה לאחר שהוכחנו בניסוי מקדים שלדגיגי גופים שאך נולדו יש משיכה מולדת לאור. בשנת המחקר הראשונה הראנו באופן ברור שקיימת העדפה שונה לאורות בצבעים שונים, דבר שנמצא בהתאמה ליכולת ההבחנה בין גוונים בדגיגים בני יומם (Kunz et al., 1983). בין האורות המונוכרומאטים ההעדפה הייתה לאורכי הגל הקצרים יותר (כחול מועדף על אדום), אולם האור שנמצא כמושך ביותר את דגיגי הגופי היה אור ה-LED הלבן.

במקביל אופיינו המחזוריות של ההשרצות ושל הקניבליזם ביממה ונבדקה השפעת אור ה-LED עליהן. בדיקה כמותית זו חיונית לקביעת משטר שעות ההארה ותזמון איסוף הדגיגים. בדיקה כמותית זו הייתה חיונית לקביעת משטר שעות ההארה ותזמון איסוף הדגיגים. בעוד שבנקבות בודדות מרבית ההשרצות התרחשו ביום (בבוקר), בקבוצה ההשרצות התרחשו בשכיחות דומה ביום ובלילה. יחד עם זאת, מרבית הטריפות מתבצעות בשעות האור, כצפוי אצל דגים יומיים הניזונים ביום. יתכן ש"הקדמת" זמן ההשרצה מהבוקר לשעות החשיכה בקבוצות הוא חלק מאסטרטגיית הרבייה של הנקבה נגד טריפת צאצאיה. שינוי דומה בתזמון ההשרצות לשעות החשיכה בנוכחות דגים אחרים דווח בסייפנים (*Xiphophorus hellerii*), מין משריץ חיים קרוב לגופי (Jones, 2002). בעוד שהאור המוסף לא השפיע על תזמון ההשרצות ביממה, הוא גרם להארכת שעות הטריפה לתוך השעתיים הראשונות של הלילה.

במודל האקווריום ההשפעה של נוכחות דגים בוגרים על מספר הדגיגים שנמצא באזור המוגן הייתה כצפוי ניכרת. אולם בהיבט המעשי השאלה החשובה היא האם יש לאור תרומה נוספת במשיכת הדגיגים אל האזור המוגן. בניסוי נמצא שהשפעת האור באה לידי ביטוי בעליה מובהקת סטטיסטית במספר הדגיגים באזור המוגן ללא תלות בנוכחות או העדר הבוגרים, שכן לא נמצאה אינטראקציה בין שני הגורמים הללו. אור ה-LED נמצא יעיל בעיקר בלילה, ככל הנראה עקב הבדל האור הבולט יותר בלילה בין האזור המוגן המואר לאזור הטריפה, המגביר את משיכת הדגיגים. נראה שהאור למעשה מזרז את מעבר הדגיגים לאזור הבטוח ומפחית את זמן השעייה שלהם באזור בו הם נתונים לסכנת טריפה.

בשלב האחרון של המחקר הראינו את יעילות הארת הסלים באור LED לבן בניסויים במיכלי רבייה במעבדה ובחווות חקלאיות בתנאים מסחריים. במעבדה התקבלה עלייה של 30% במספר הדגיגים בזכות האור בקו זנב קלשון, ועליה בשיעור דומה התקבלה גם בניסויי השדה בשתי החוות בשני קווים גנטיים אחרים. חוסר ההשפעה של האור בקו RSS במעבדה נמצא בניגוד לשאר התוצאות, כולל התוצאות שהתקבלו עם אותו קו בחווה. ממצאים אלו מעידים שיעילות האור שונה בתלות בקו הגנטי ובגורם (או גורמים) הקשורים לתנאי הגידול. למרות שזמני ההשרצות והקניבליזם במיכלי הרבייה והדינמיקה של מעבר דגיגים אל סל הרשת וממנו החוצה אינם ידועים, העובדה שלא נמצא הבדל במספר הדגיגים שנאספו במועדי איסוף שונים (בוקר, צהריים ואחה"צ) מצביעה על כך שכמות הדגיגים המצטברת במשך 24 שעות בסלי הרשת אינה תלויה בזמן שעבר ממועד השרצתם עד איסופם. מכאן יתכן שדגיגים שנכנסו לסל האיסוף אינם שוחים החוצה בדרך כלל. בניגוד לצפוי מתוצאות ניסוי האקווריונים במעבדה, בו נמצאה מגמה להשפעה חזקה יותר של האור בלילה, במיכלי הרבייה במעבדה הארה של 12 שעות בלילה לא הביאה לתוצאות טובות יותר מהארה של 12 שעות ביום. יתרה מכך, ההשוואה בין תוצאות איסוף הבוקר ואיסוף אחה"צ בשני איסופים ליום הראתה שבכל אחד ממועדי האיסוף היה יתרון כאשר הוא התבצע סמוך לתום תקופת 12 שעות ההארה, גם כשהאור פעל במשך היום וגם בלילה. ממצאים אלו מעידה על אפקטיביות של האור גם במשך היום, ובהיבט המעשי הביאו למסקנה שרצוי שהאור יופעל במשך כל היממה.

את תרומת האור ניתן לבחון גם בהיבט של חיסכון בידיים עובדות והשקעות בתשתיות. המשמעות של עלייה ב-25% בתפוקת דגיגים בזכות האור היא שניתן לצמצם בכ 25% את כמות המיכלים המוקצים לרבייה לייצור אותה כמות דגיגים שמתקבלת ללא הארה של סלי הרשת, ובכך לצמצם בתשתיות ובשעות עבודה. יתרה מכך, נמצא שבזכות הארת סלי הרשת ניתן לחסוך איסוף אחד בחוות בהן נהוג לאסוף פעמיים ביום מבלי שתפוקת הדגיגים תפחת, ובכך לחסוך שעות עבודה.

לסיכום, המחקר הנוכחי מציג שיטה חדשה, יעילה וזולה, להגדלת תפוקת דגיגים במערכות רבייה של גופים ולהסכון בעבודת ידיים. על פי תוצאות המחקר יש להשתמש באור לבן, להאיר את סלי הרשת באופן רציף ולהסתפק באיסוף יומי אחד. חשוב לציין שהניסויים במחקר הנוכחי היו קצרים יותר ממשך זמן התפוקה המקובל בלהקת רבייה (לפחות 3-4 חדשים) ולכן יש לוודא שהשפעת האור נמשכת לאורך זמן זה. היתרונות והיעילות של השיטה נעוצים בשימוש באמצעים טכנולוגיים פשוטים המבוססים על מוצרי מדף זמינים וזולים עם צריכת אנרגיה מועטה במתח נמוך הבטוח לעבודה ליד מים. השיטה ניתנת ליישום בקלות, יתכן לאחר התאמות מסוימות לקווים גנטיים ותנאי גידול שונים. קיימת אפשרות סבירה ששיטה זו ניתנת להרחבה והתאמה גם לדגי נוי משריצי חיים אחרים. **ממש בימים אלו מותקנת בעזרתנו מערכת הארה בחוות גופים בעין יהב – Ginat Fish, לצורך יישום על סמך ממצאי המחקר הנוכחי.**

רשימת פרסומים שנבעו מהמחקר:

פרסומים בכתב (מאמרים שפורסמו או הוגשו לפרסום)

1. Barki, A., Zion, B., Shapira, L., Karplus, I. (2012). Using attraction to light to decrease cannibalism and increase fry production in guppy (*Poecilia reticulata* Peters) hatcheries. I: Phototactic reaction and light color preference. *Aquaculture Research*, early view, DOI: 10.1111/are.12070.
2. Barki, A., Zion, B., Shapira, L., Karplus, I. (2013). Using attraction to light to decrease cannibalism and increase fry production in guppy (*Poecilia reticulata* Peters) hatcheries. II: The effects of light and cannibalistic adults. *Aquaculture Research*, in press
3. Barki, A., Zion, B., Shapira, L., Karplus, I. (submitted). A novel method using light for increasing fry yield in guppy breeding tanks. *Aquaculture*.

4. אסף ברקי, בועז ציון, אילן קרפלוס. הגדלת תפוקת דגיגים וחיסכון בידיים עובדות במערכות רבייה של גופים (*Poecilia reticulata*) באמצעות משיכה לאור. המאמר עבר ביקורת פנימית ואושר להגשה לפרסום, 19/12/2012. מפרסומי מינהל המחקר החקלאי מס' 624/12.

פרסומים בע"פ (הרצאות בכנסים)

1. שימוש במשיכה לאור כאמצעי לצמצום קניבליזם והגדלת תפוקת דגיגים במיכלי רבייה של גופים. הכנס הראשון של מגדלי דגי הנוי בישראל. מלון קראון פלאזה, ים המלח. 8/9/2011.

2. Reducing cannibalism and increasing fry yield in guppy hatcheries using the innate attraction to light.

הכנס השנתי לביוטכנולוגיה וחקלאות מים, אוניברסיטת בן גוריון, קמפוס אילת. 23/02/2012

3. Using attraction to light to decrease cannibalism and increase fry production in guppy *Poecilia reticulata* hatcheries. Aquaculture Europe" and "World Aquaculture" meetings, Prague, Czech Republic, September 2012.

References

- קחל, י. (2009). השוק העולמי לדגי נוי. דיג ומדגה בישראל 2009/3, 1338-1345.
- Archer S.N., Lythgoe J.N., 1990. The visual pigment basis for cone polymorphism in the guppy, *Poecilia reticulata*. *Vision Research* 30, 225–233.
- Baras E., Jobling M., 2002. Dynamics of intracohort cannibalism in cultured fish. *Aquaculture Research* 33, 461-479.
- Hecht T., Pienaar A.G., 1993. A review of cannibalism and its implications in fish larviculture. *Journal of the World Aquaculture Society* 24, 246-261.
- Jain V.K., Sahai S., 1994. Phototactic response of some fishes. *Environment & Ecology* 12, 123–127.
- Jones, C.L.W., 2002. Intercohort cannibalism and parturition-associated behaviour of captive-bred swordtail, *Xiphophorus helleri* (Pisces: Poeciliidae). PhD thesis, Rhodes University, South Africa. 215 pp.
- Karplus I., Gottdiener A., Zion B., 2003. Guidance of single guppies (*Poecilia reticulata*) to allow sorting by computer vision. *Aquacultural Engineering* 27, 177–190.
- Kunz Y.W., Ennis S., Wise C., 1983. Ontogeny of the photoreceptors in the embryonic retina of the viviparous guppy, *Poecilia reticulata* P. (Teleostei). *Cell and Tissue Research* 230, 469–486.
- Lines J.A., Frost A.R., 1999. Review of opportunities for low stress and selective control of fish. *Aquacultural Engineering* 20, 211–230.
- Loekle, D. M., Madison, D. M., Christian, J. J., 1982. Time dependency and kin recognition of cannibalistic behavior among Poeciliid fishes. *Behavioral and Neural Biology* 35, 315–318.
- Magurran A.E., 2005. *Evolutionary Ecology: the Trinidadian Guppy*. Oxford University Press, Oxford.
- Smith C., Reay P., 1991. Cannibalism in teleost fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 1, 41–64.
- Vilizzi L., Meredith S.N., Sharpe C.P., Rehwinkel R., 2008. Evaluating light trap efficiency by application of mesh to prevent inter- and intra-specific *in situ* predation on fish larvae and juveniles. *Fisheries Research* 93, 146–153.
- Ward M.N., Churcher A.M., Dick K.J., Chris K.J., Laver C.R.J., Owens G.L., Polack M.D., Ward P.R., Breden F., Taylor, J.S., 2008. The molecular basis of color vision in colorful fish: four long wave-sensitive (LWS) opsins in guppies (*Poecilia reticulata*) are defined by amino acid substitutions at key functional sites. *BMC Evolutionary Biology* 8, 210. doi:10.1186/1471-2148-8-210.

סיכום עם שאלות מנחות

מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה.
מטרת המחקר הכללית היא פיתוח שיטה וממשק רבייה להגדלת תפוקות הדגיגים ע"י צמצום הקניבליזם, שתביא לחסכון בידיים עובדות ובתשתיות של חוות גידול דגי נוי. המטרות הספציפיות: 1) חקר משיכת דגיגי הגופי לאור- העדפה לצבע אור 2) חקר השפעת האור המועדף ומשטר התאורה על רמת הקניבליזם ותפוקת הצאצאים. 3) חקר תזמון ההשרצות והקניבליזם במשך היממה וכיצד הם מושפעים מהאור 4) חקר השפעת הארה על מספר איסופי דגיגים הנדרשים ומועדם לשם תפוקה מרבית 5) יישום השיטה במשק מסחרי
עיקרי התוצאות.
אור LED לבן נמצא כמועדף למשיכת דגיגי גופי. במודל אקווריונים נמצא שלאור השפעה על עליה במספר הדגיגים העוברים דרך רשת לאזור מוגן ועל הפחתת קניבליזם. במתקן ניסוי התקבלה עליה של כ 30% בתפוקת הדגיגים במיכלי רבייה שהוארו. לא נמצא הבדל בין הארה מחוץ למים או בתוך המים. בניסויים בחוות מסחריות התקבלה עליה של 14-28% בקווים גנטיים שונים. ללא הארה התקבלו יותר דגיגים בשני איסופים מאשר באיסוף אחד ליום, אך במיכלים שהוארו לא נמצא הבדל בין איסוף אחד לבין שני איסופים ליום.
מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדו"ח?
על פי תוצאות המחקר יש להשתמש באור לבן, להאיר את סלי הרשת באופן רציף ולהסתפק באיסוף יומי אחד. מטרות המחקר הושגו במלואן והשיטה עומדת בפני יישום מסחרי בחוות גופים בערבה. קיימת אפשרות סבירה ששיטה זו ניתנת להרחבה והתאמה לדגי נוי משריצי חיים נוספים.
בעיות שנותרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה
יש לוודא שהשפעת האור נמשכת לכל אורך זמן האחזקה של להקות הורים במיכלי הרבייה בחוות.
הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: פרסומים בכתב - ציטט ביבליוגרפי כמקובל בפרסום מאמר מדעי; פורסמו או הוגשו לפרסום 4 מאמרים והעבודה הוצגה בע"פ במספר כנסים – רשימה מלאה בגוף הדו"ח
פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח: (סמן אחת מהאופציות)
◀ ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)
◀ חסוני – לא לפרסום: יש לצרף אישור ומידע ממוסד המחקר
האם בכוונתך להגיש תוכנית המשך בתום תקופת המחקר הנוכחי? כן* - לא -

*יש לענות על שאלה זו רק בדו"ח שנה ראשונה במחקר שאושר לשנתיים, או בדו"ח שנה שניה במחקר שאושר לשלוש

שנים