

תוכן העניינים

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

דו"ח סופי לתכנית מחקר מספר 14-0647-356

שנה 1 מתוך 1

**ביסוס והרחבת טכנולוגיה לחיסכון בידיים עובדות והגדלת תפוקות דגיגים במשקי דגי נוי
באמצעות משיכה לאור**
**A technology using light attraction for labor saving and improvement of fry yields in
ornamental fish farms**

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	ליאור גור

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,

Lior Gur, Institute of Animal Science, ARO, The Volcani Center, P.O.B. 6 Bet Dagan 50250.
E-mail: liogur@gmail.com

תקציר

נבחנה שיטה להגדלת תפוקת דגיגים וייעול איסוף הדגיגים במכלי רבייה של דגי נוי משריצי חיים, המולים (*Poecilia sphenops*) והפלאטים (*Xiphophorus maculatus*). השיטה, אשר פותחה ונוסתה בהצלחה במחקר קודם עבור דג הגופי, מתבססת על משיכת דגיגים באמצעות אור מיד לאחר השרצתם לעבור דרך רשת מפרידה אל אזור בטוח מטריפת הבוגרים. במערכת לבדיקת העדפה לצבע אור נמצא שאור כחול מועדף למשיכת דגיגי מולי ואור ירוק מועדף למשיכת דגיגי פלאטי. במכלי רבייה של מולים לא נמצאה השפעה לאור על תפוקת הדגיגים, אולם נמצאה השפעה למיקום להקת ההורים בשטח המכל ולתדירות האיסופים. תפוקת הדגיגים לנקבה הייתה גבוהה פי 4 כאשר להקת ההורים הוחזקה בשטח של 25% מהמכל ו 75% הנותרים מעבר לרשת שמשו כאזור בטוח לדגיגים, לעומת מצב הפוך שלהקת ההורים הוחזקה ב 75% מהנפח. בתדירות איסופים של פעם ביום נאספו ב- 17% יותר דגיגים מאשר בתדירות של פעם בשבוע, אולם מאמץ האיסוף (שחושב בשניות לדגיג ליום) היה גבוה פי 20 באיסוף יומי לעומת איסוף

שבועי. בניסוי מקדים בפלאטים לא נמצאה השפעה של האור על ריכוז הדגיגים לצורך הפרדתם מהלכלוך בקרקעית ואיסופם היעיל מהמכל. לאור התוצאות הללו פותח מתקן לאיסוף דגיגים המבוסס על העברה אקטיבית של הדגיגים באמצעות זרם המים ממכל ההורים לכלי איסוף. בדיקת השיטה ותפקוד המתקן הראתה יעילות איסוף של מעל 95% מהדגיגים המושרצים וחסכון של 75% מזמן האיסוף. המחקר הנוכחי מציג מערכת חדשה, יעילה ביותר וזולה לאיסוף דגיגים במכלי רבייה של משריצי חיים אשר תביא לחסכון בעבודת ידיים ותעלה את רווחיות הגידול. המערכת ניתנת להטמעה ויישום בקלות בחוות מסחריות ולהרחבה גם לדגי נוי אחרים.

מעריכים מומלצים לבדיקת הדוח המדעי

1. פרופ' שנאן הרפז
2. פרופ' אילן קרפלוס
3. דר' דינה זילברג

הממצאים בדו"ח זה הנם תוצאות ניסויים ואינם מהווים המלצות לחקלאים

תתימת החוקר:  תאריך: 22/3/2015

רשימת פרסומים שנבעו מהמחקר:
תוצאות המחקר טרם הגיעו לשלב הפרסום.

מבוא

גידול דגי נוי טרופיים נחשב לענף רווחי ביותר ליחידת שטח. ענף זה התפתח בישראל בעשור האחרון בקצב צמיחה ממוצע של 10% לשנה והפך לענף ייצוא משמעותי שהיקפו כ-70 מיליון ₪, כמחציתם דגי נוי טרופיים (קחל, 2009). אולם על פי דו"ח שפורסם לאחרונה (שלומי, הרפז ופרוימן, 2013), חלה ירידה ברווחיות הענף בשנים האחרונות על רקע המשבר הכלכלי במדינות מערב אירופה שהן היעד המרכזי לייצוא. על פי דו"ח זה, לקשיים בענף ולירידה בייצוא ישנן גם סיבות אחרות בנוסף למשבר הכלכלי: הייצוא מישראל רגיש במיוחד לתחרות מאחר ובישראל מגדלים מגוון קטן יחסית של מינים, ומייצאים כמויות גדולות יחסית מאותם מינים. בשנתיים האחרונות התגברה התחרות מצד מדינות להן סל מינים דומה לזה המיוצא מישראל. מבין דגי הנוי הטרופיים הגופי הינו הדג העיקרי בייצוא מישראל (כ-80%). בשל חשיבותם של הגופים, תכנית המחקר הקודמת התמקדה בפיתוח שיטה וטכנולוגיה להגדלת תפוקות דגיגים וחסכון בעבודת ידיים עבור דגי נוי אלו. התכנית הנוכחית הינה המשך ישיר לתכנית הקודמת ועניינה בהרחבת השיטה ופיתוחה עבור מיני דגים משריצי חיים נוספים אשר להם בעיה משותפת בייצור דגיגים הקשורה בקניבליזם - המולים (*Poecilia sphenops*) והפלאטים (*Xiphophorus maculatus*). המולים והפלאטים הם בעלי פוטנציאל גבוה ביותר להגדלת סל דגי הנוי (קחל, 2009), דבר שיתרום לכושר התחרות של ייצוא דגי הנוי הישראלי. בדגי נוי טרופיים משריצי-חיים ההתפתחות העוברית מתבצעת כולה בגוף הנקבה ולכן מספר הדגיגים לנקבה הוא נמוך. עובדה זו מחייבת את המגדל לתפעל מערך רבייה גדול עם עשרות ואף מאות להקות רבייה כדי לספק באופן רציף כמות מספקת של דגיגים לגידול. לאור החלק המשמעותי שמהווים מכלי הרבייה מתוך כלל מערך הגידול, אין ספק שניצול מיטבי של מערכת הרבייה אשר יביא להגדלת תפוקות הדגיגים וחסכון בעבודה, יתרום לשיפור רווחיות הגידול.

משריצי חיים ממשפחת ה-*Poeciliidae* מתאפיינים בקניבליזם של דגיגים ע"י בוגרים (Meffe and Snelson, 1989). תופעה זו מהווה בעיה מרכזית בייצור הדגיגים וגורמת לאובדן של מספר ניכר מהדגיגים המושרצים. לדוגמא, בסייפנים (*X. helleri*), הקרובים לפלאטים, דווח על שיעור קניבליזם שמגיע אף מעל 50% בתנאי גידול אינטנסיבי (Jones, 2002). עיקר הקניבליזם מתרחש ביום-יומיים הראשונים לאחר ההשרצה (Loekle et al., 1982), כלומר דגיגים ביומם הראשון הם הפגיעים ביותר וזהו השלב הקריטי שדורש פתרון. 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). השיטה המקובלת כיום להפחתת הקניבליזם במיני משריצי החיים השונים מבוססת על עקרון משותף של יצירת איזור מוגן עבור הדגיגים המושרצים במכל הרבייה. המגדלים מסתפקים בהכנסת רשת צפופה המאפשרת מעבר דגיגים קטנים בלבד והפרדתם מהדגים הבוגרים. למרות זאת, להערכת המגדלים פחות מ-50% מהדגיגים המושרצים נאספים והשאר נטרפים. השיטה להפחתת הקניבליזם שפיתחנו בתכנית הקודמת עבור גופים מתבססת על משיכה אקטיבית של הדגיגים באמצעות אור לסל רשת המוגן מפני להקת ההורים, תוך ניצול תכונת המשיכה לאור של הדגיגים. הדגיגים נמשכים לאור ועוברים באופן טבעי ומהיר לאזור המוגן כך שזמן חשיפתם לסכנת הטריפה קצר יותר (Barki et al.,

(2014a, 2014b). בתכנית הקודמת הראנו, הן במתקן ניסוי והן במשקים מסחריים, שבאמצעות הארת סלי הרשת מתקבלת עליה משמעותית של 14-30% במספר הדגיגים הנאספים בקווים גנטיים שונים של גופים יתרה מכך, נמצא שבזכות הארת סלי הרשת ניתן לחסוך איסוף אחד בחוות בהן נהוג לאסוף פעמיים ביום מבלי שתפוקת הדגיגים תפחת, ובכך לחסוך בשעות עבודה (Barki et al., 2013a, 2013b).

שיטות לבקרת התנהגות דגים משתמשות במניפולציה של תכונות המתווכות באמצעות חושים שונים. מבחינה מעשית, מבין האמצעים השונים למשיכת דגים יש יתרון ברור לשימוש במשיכה לאור מכיוון שהאור הוא אמצעי זמין, אמין וזול אשר ניתן ליישמו בקלות ובאופן מבוקר ונשלט. השימוש באור מלאכותי כאמצעי לבקרה התנהגותית מיושם בחקלאות מים בעיקר בדגי מאכל, למשל לבקרת עומק השחייה של סלמונים בכלובים על מנת לקבל פיזור אחיד של הדגים בכלוב (Juell et al., 2004) או למשיכת דגים צעירים לרשת הרמה (Manci et al., 1983). השימוש באור עשוי להתאים לדגי נוי משריצי חיים מכיוון שבהיותם פעילי יום השוכנים בבתי גידול רדודים וצלולים יחסית הם מסתמכים על חוש הראייה ובעלי ראיית צבעים משוכללת (Archer et al., 1987). התפתחות מערכת הראייה הכוללת פוטו-רצפטורים מתרחשת במלואה כבר בשלב העוברי, כך שיכולת ראיית הצבעים של דגיג לאחר השרצה דומה ברמת התפתחותה לבוגר (Kunz et al., 1983). בעבודת המחקר שבצענו עם הגופים אכן הראנו את השפעת השימוש באור על עלייה בתפוקות הדגיגים.

כתנאי הכרחי ליתכנות השימוש בעקרון המשיכה לאור גם עבור דגיגי פלאטים ומולים נערך ניסוי מקדים לתכנית מחקר זו שבו אימתנו שקיימת תגובה פוטוטקטית חיובית (משיכה לאור) בדגיגים שאך נולדו, באמצעות מערכת בדיקה התנהגותית ששמשה לאותה מטרה בגופים (Barki et al., 2014a). אולם השוני באופי וההתנהגות של מיני הדגים השונים מצריך שינויים באופן יישום שיטת המשיכה לאור ופיתוח טכנולוגיה שתתאים לכל מין של דג, כולל חלוקת המכל הנכונה ואסטרטגיית משיכת הדגיגים ע"י האור לצורך ריכוזם באזור האיסוף המוגן מטריפה. בממשק הרבייה השכיח במשקי גופים בכל מכל רבייה יש סל רשת אליו הדגיגים נכנסים וממנו הם נאספים מידי יום. לעומת זאת במכלי רבייה של מולים ופלאטים להקת ההורים נמצאת בתוך סל רשת ואילו הדגיגים נאספים מגוף המכל. לאחזקת להקות ההורים בסל הרשת יש שני חסרונות בולטים: א) מגבלת המקום בסל מאפשרת מספר קטן יחסית של נקבות משריצות והצפיפות עלולה להשפיע לרעה על שיעור הרבייה; ב) קושי באיסוף יעיל של דגיגים המפוזרים בכל מרחב המכל. המולים הם דגים קרובים לגופים (הסוג *Poecilia*) ובעלי מאפייני רבייה דומים, כולל תגובת הדגיגים למניעת הקניבליזם. דגיגי המולי המושרצים ויוצאים מהסל בו מוחזקים ההורים הם ניידיים, לפיכך מלבד אחזקת ההורים בסל קיימת במולים גם שיטה חלופית של חציצת המכל ברשת אנכית המגבילה את להקת ההורים בחלק אחד של המכל ומאפשרת מעבר אקטיבי של דגיגים לחלק השני המוגן. בפלאטים נפוצה שיטת אחזקת ההורים בסל כיוון שהדגיגים אינם ניידיים אלא צונחים עם השרצתם אל קרקעית המכל ונשארים צמודים לקרקעית זמן ארוך, עד מספר ימים. תגובה דומה של הימנעות מקניבליזם ע"י ירידה לקרקעית תועדה בסייפנים, הקרובים לפלאטים (Jones et al., 2008). הצניחה מטה דרך הרשת מפרידה את הדגיגים מהבוגרים הכלואים בסל הרשת ונמנעת סכנת טריפה. מאידך, תופעה זו גורמת לקושי באיסוף יעיל של הדגיגים (כיוון שיש לאוספם

מרחבי תחתית המכל ולא ממקום מצומצם ונגיש בקלות) ולבעיה נוספת של התערבבות הדגיגים עם ההפרשות המוצקות באיסופם מתחתית המכל.

מטרות המחקר

מטרת המחקר הכללית הייתה פיתוח אמצעים טכנולוגיים והתנהגותיים שיביאו לשיפור בתפוקת דגיגי פלאטים ומולים ולחסכון בעבודת ידיים ובאמצעי ייצור בחוות גידול דגי נוי. הרעיון מבוסס על משיכת הדגיגים באמצעות אור לאזור מוגן המופרד מלהקת ההורים ע"י רשת וריכוזם לצורך האיסוף – שיטה שהוכחה כיעילה מאוד בדגי גופי.

מטרות ספציפיות:

- (1) קביעת צבע האור המיטבי למשיכת דגיגי מולי ופלאטי.
- (2) קביעת דגם מכל הרבייה המתאים לכל מין דג, כולל מיקום הרשת הסלקטיבית ומקור האור במכל הרבייה.
- (3) בדיקת השפעת האור המועדף על הגדלת תפוקות דגיגים והפחתת מספר האיסופים במכלי רבייה.

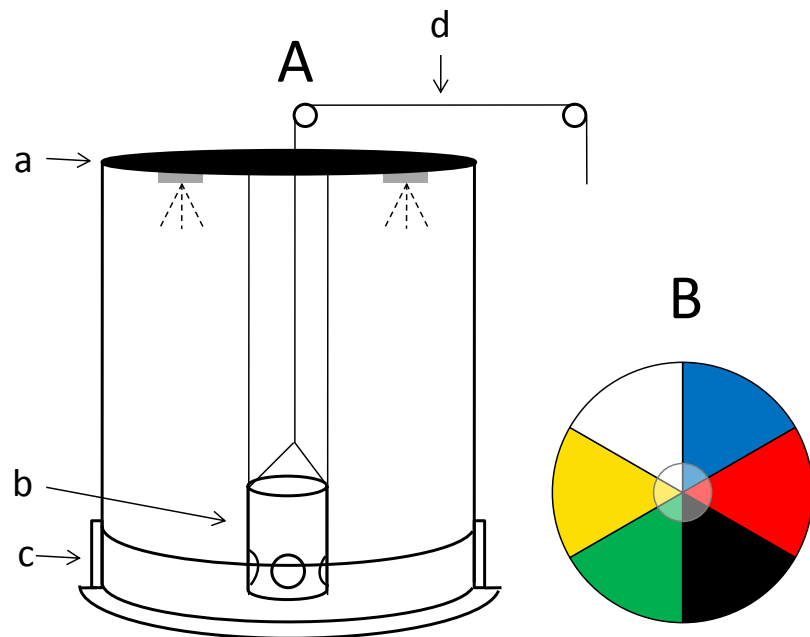
פירוט עיקרי הניסויים ותוצאות המחקר

צבע האור המועדף למשיכת דגיגים

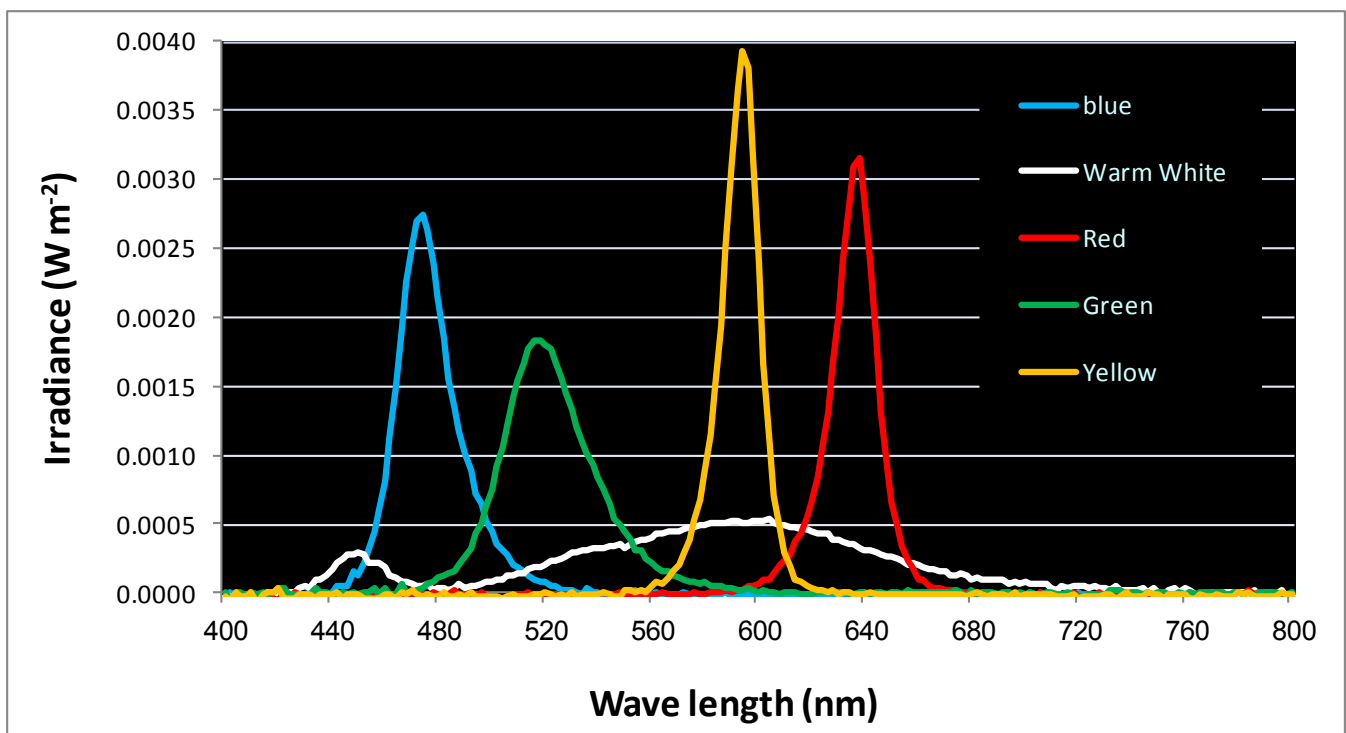
הניסוי נערך במתקן עגול (קוטר 38.5 ס"מ) המחולק לשש גזרות שוות המהוות תאים נפרדים ע"י מחיצות רדיאליות אטומות לאור. במרכז המתקן הותקן גליל הניתן להרמה שאליו מוכנסים דגי הניסוי. מעל התאים הותאם מכסה שבו מותקנות נורות LED בצבע אור שונה, כך שכל תא מואר באחד מצבעי האור הנבדקים ותא אחד נשאר חשוך (**איור 1**). נעשה שימוש בנורות LED (מודולים של 4 נורות LED, 0.6 וואט) בצבע כחול, ירוק, צהוב, אדום ולבן המספקות אור מונוכרומאטי בספקטרום צר, להוציא כמובן את האור לבן (**איור 2**). על מנת למנוע השפעה אפשרית של עצמת האור, הנורות חוברו לבקר מתח שאפשר כיוון עצמת האור של כל אחת. המדידה והכיול נעשו בחדר חשוך באמצעות ספקטורודיומטר (Li-COR 1800), במרחק של 26.5 ס"מ בין הנורה לחיישן, שהוא המרחק בין הנורה לתחתית במתקן הניסוי. עוצמות האור הותאמו על בסיס מדד שטף הפוטונים (photon flux) (ביחידות $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) שחושב מתוך יחידות הקריאה של המכשיר (יחידות הספק ליחידת שטח, $W m^{-2}$), מכיוון שזהו הממד המתאים למדידת עוצמת אור כשעוסקים בראיית בעלי חיים (Endler, 1990). הניסוי נערך עם קבוצות של 30 דגיגים (מולים-12; פלאטים-35), מספר שעות לאחר השרצתם. לאחר אקלום של 2 דקות בתא שיוצר הגליל המרכזי, הגליל הורם והדגיגים שוחררו למרחב המתקן. לאחר 10 דקות נספרו הדגיגים בכל תא לצורך קביעת האור המועדף עליהם.

בניתוח סטטיסטי נמצאו הבדלים מובהקים בהעדפת הדגיגים את צבעי האור השונים במולים (ANOVA, $F_{6,77}=16.1, P<0.001$) וגם בפלאטים (ANOVA, $F_{6,210}=46.5, P<0.001$). בשני המינים התקבלה תמונה דומה לפיה הדגיגים כמעט ולא בוחרים בתא החשוך ומעדיפים פחות את האור האדום והצהוב ויותר את האור הכחול, הירוק והלבן (מולים) והירוק והכחול (פלאטים). אולם נמצא הבדל מעניין בין שני המינים: בעוד

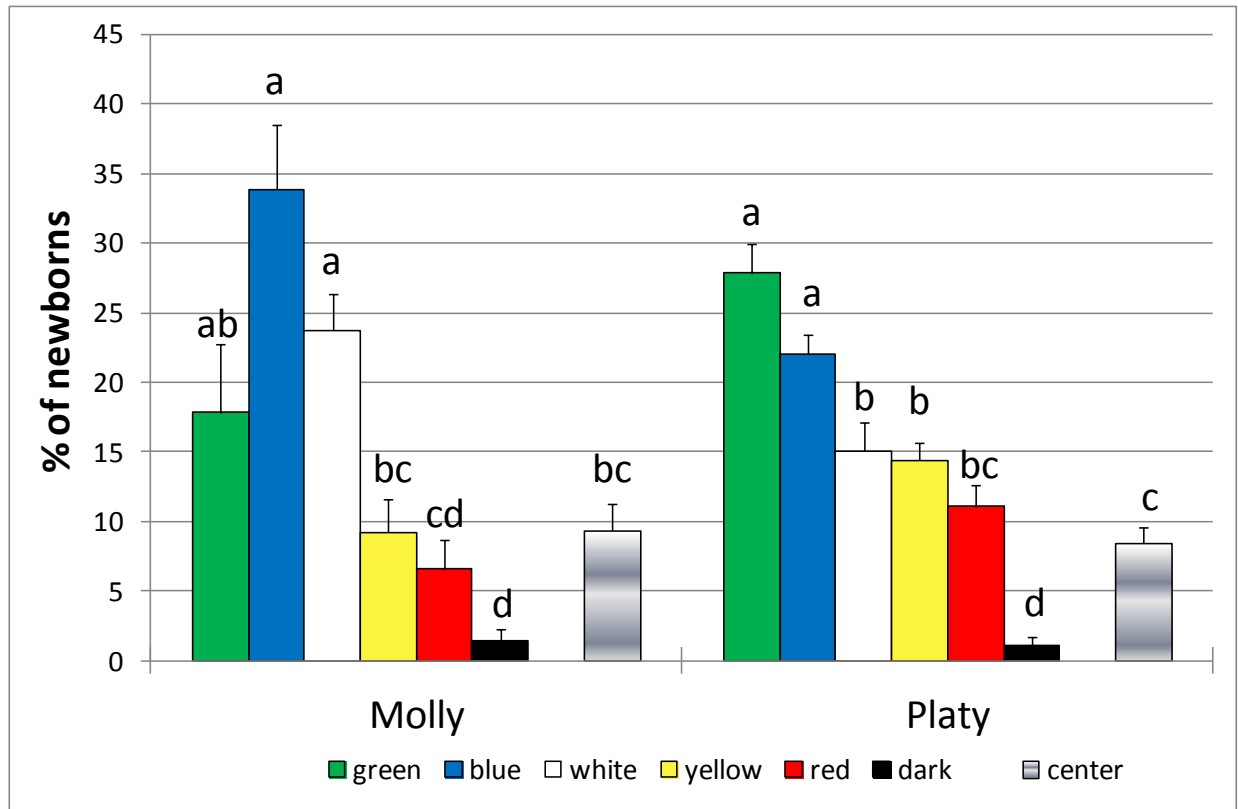
שצבע האור המועדף יותר על דגיגי המולי היה כחול, אצל הפלאטים האור המועדף ביותר היה הירוק (איור 3). לאור התוצאות, בהמשך המחקר נעשה שימוש באור כחול עבור המולים ובאור ירוק עבור הפלאטים.



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- ששת התאים במבט על.



איור 2. ספקטרום אורכי הגל של נורות ה LED בצבעי האור השונים שנבחנו.



איור 3. התפלגות הדגיגים (%) בתאים המוארים בצבעי אור שונים 10 דקות לאחר שחרורם. עבור כל מין דג, עמודות המסומנות באותיות שונות נבדלות באופן מובהק (Tukey-Kramer HSD test, $P < 0.05$).

תפוקת דגיגים במכלי רבייה של מולים

המעבדה בה נערך הניסוי ממוקמת במבנה סגור מואר בניאון וכוללת 6 מערכות זהות של 6 מכלי פוליאיתילן עגולים (בכל מערכת) בנפח 250 ליטר (קוטר 85 ס"מ) המחוברים למכל ביו-פילטר דרכו המים ממוחזרים. תאורת הניאון דלקה 12 שעות במשך היום בין 6 בבוקר ל 6 בערב. מדדי איכות המים וטמפרטורת המים שנמדדו במערכת בשני הניסויים מוצגים **בטבלה 1**. בכל מכל הותקנו שתי מחיצות אנכיות מרשת פלסטיק שחורה (גודל עין 5x5 מ"מ) ניצבות אחת לשנייה מהמרכז לדופן, המחלקות את המכל ל 1/4 ו 3/4 מנפחו (**תמונה 1**). מעל החלק הריק שבו לא נמצאת להקת ההורים הותקנה תאורת LED, בהתאם למפורט עבור כל ניסוי (ראה להלן), על מנת למשוך את הדגיגים שהושרצו לאזור הבטוח מפני קניבליזם.

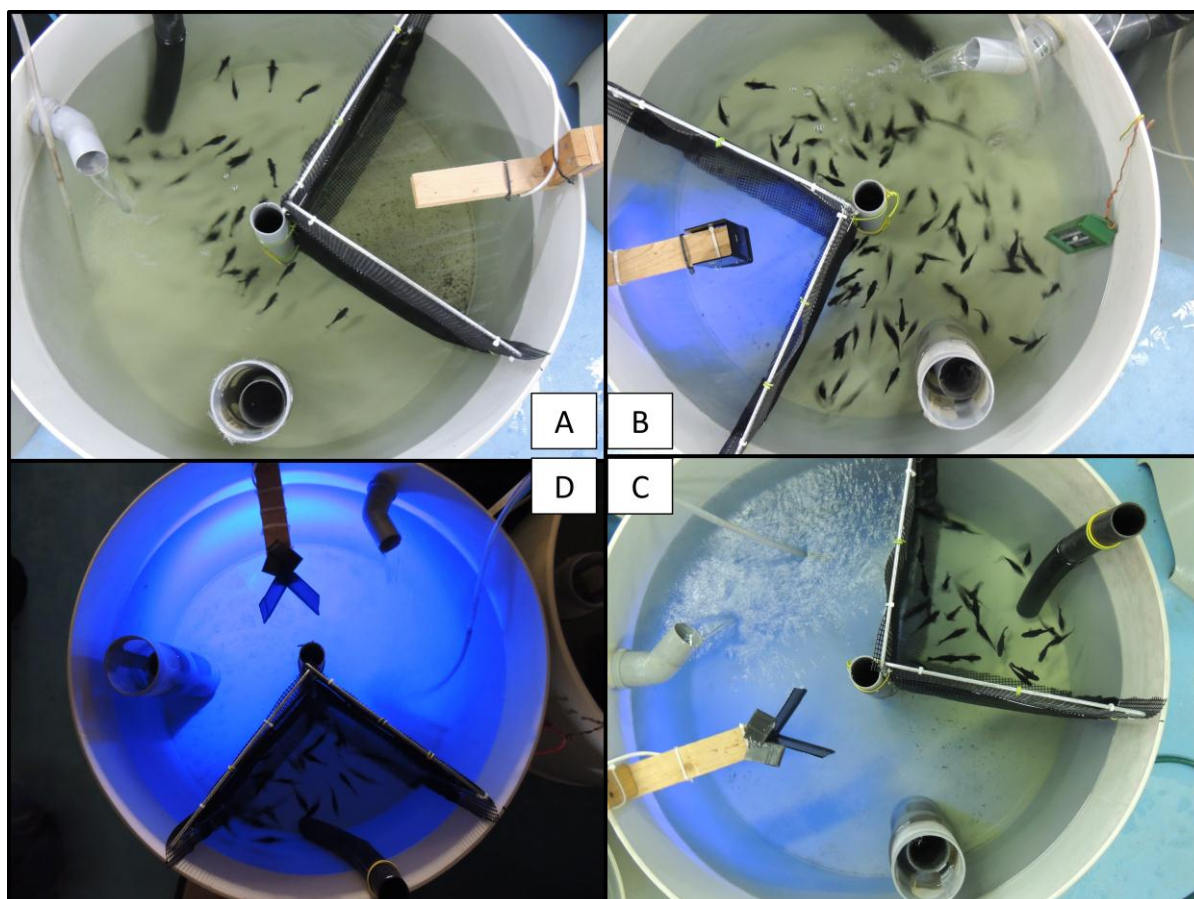
טבלה 1. ערכים ממוצעים (\pm סטיות תקן) של טמפרטורה ומדדי איכות מים במערכת הניסוי.

	Temperature ($^{\circ}$ C)		NH ₃ (mg l ⁻¹)	NO ₂ (mg l ⁻¹)	DO (mg l ⁻¹)	pH
	min	max				
Experiment 1	24.6 \pm 0.2	26.8 \pm 0.3	0.25 \pm 0	0.04 \pm 0.02	7.6 \pm 0.05	8.42 \pm 0.07
Experiment 2	24.5 \pm 0.3	25.9 \pm 0.2	0 \pm 0	0.05 \pm 0.02	7.6 \pm 0.07	7.96 \pm 0.02

בניסוי 1 נבדקה השפעת שני גורמים על תפוקת דגיגי מולים (*Poecilia sphenops* - קו Black): (1) הארה – עם או ללא אור LED כחול רציף (24 שעות ביממה). מודול אחד של 4 נורות LED הותקן מעל חלק המכל בו לא נמצאת להקת ההורים. הנורות הוקפו בפלסטיק שחור באופן שאור ישיר האיר את החלק הזה של המכל בלבד, על מנת לגרום לניגוד תאורה משני עברי המחיצה (**תמונה 1**). (2) מיקום/צפיפות להקת ההורים – להקת הורים המונה 25 נקבות ו 4 זכרים ב 1/4 המכל או ב 3/4 המכל ולהקת הורים המונה 75 נקבות ו 12 זכרים (X3) ב 3/4 המכל באותה צפיפות לנפח כמו להקת ההורים ב 1/4 המכל (**תמונה 1**). הניסוי נערך ב- 4 מערכות של 6 מכלים במתכונת דו-גורמית (2X3) בבולקים באקראי, כלומר 6 טיפולים ב- 4 חזרות כאשר כל אחת מהמערכות (בלוק) כללה חזרה אחת מששת הטיפולים הבאים:

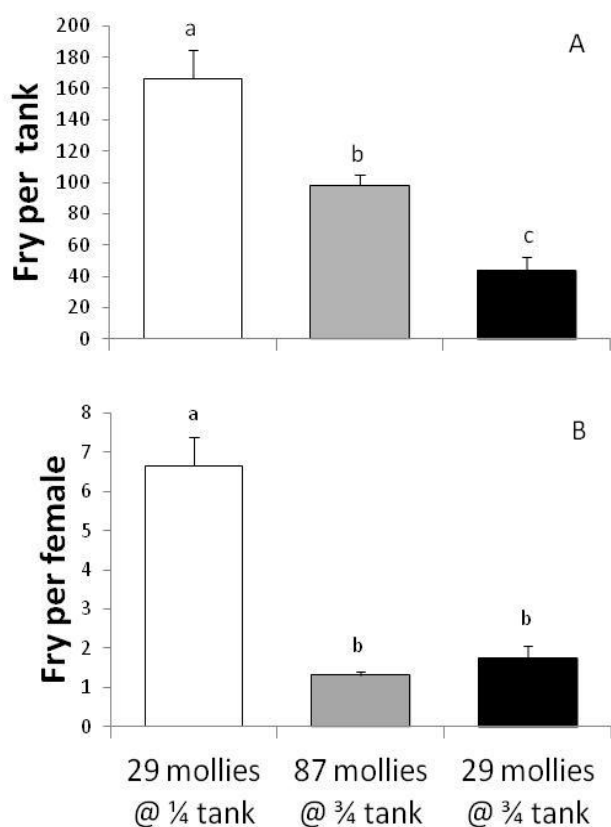
- | | |
|---|--|
| 1. 29 הורים ב 1/4 מכל- עם אור (♂4 + ♀25) | 2. 29 הורים ב 1/4 מכל- ללא אור (♂4 + ♀25) |
| 3. 29 הורים ב 3/4 מכל- עם אור (♂4 + ♀25) | 4. 29 הורים ב 3/4 מכל- ללא אור (♂4 + ♀25) |
| 5. 87 הורים ב 3/4 מכל- עם אור (♂12 + ♀75) | 6. 87 הורים ב 3/4 מכל- ללא אור (♂12 + ♀75) |

הניסוי נמשך חודש ימים במהלכו נערכו 27 איסופים יומיים של דגיגים, בהפרש של יממה מהאיסוף הקודם. משקל הנקבות והזכרים באכלוס היה 3.7 ± 0.4 ו 3.9 ± 0.6 גר', בהתאמה. דגים שמתו (ממוצע תמותה – $4.6 \pm 2.4\%$) הוחלפו בחדשים על מנת לשמור על גודל להקה ויחס זוויגים קבועים.

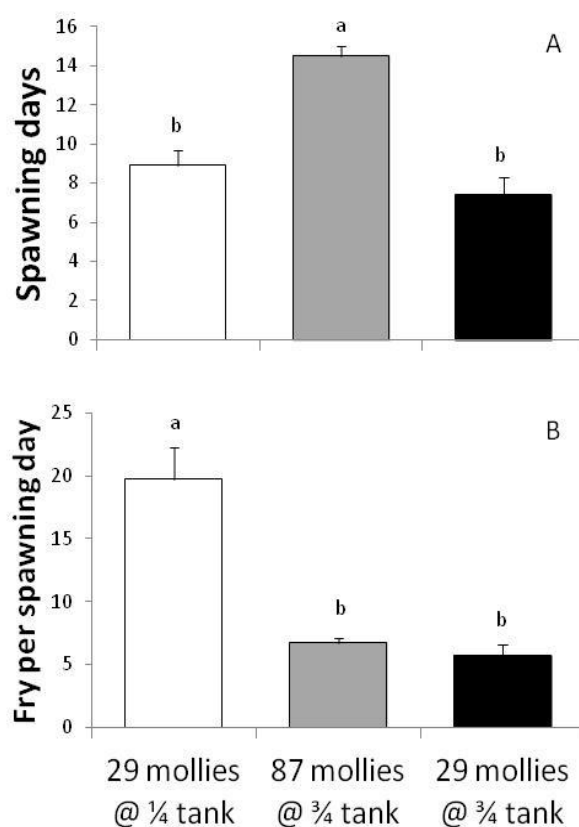


תמונה 1. ניסוי השפעת האור ומיקום/צפיפות להקת ההורים על תפוקת הדגיגים. A. 29 מולים ב 3/4 מכל- ללא אור. B. 87 מולים ב 3/4 מכל- עם אור. C. ו D. 29 מולים ב 1/4 מכל- עם אור, ביום ובלילה, בהתאמה.

המדדים להשוואת תפוקות הדגיגים היו: מספר הדגיגים הכולל (ב-27 איסופים) למכל, מספר הדגיגים הכולל לנקבה (מכיוון שגודל הלהקה בטיפולים השונים היה שונה), מספר הימים בהם היו השרצות וממוצע דגיגים למכל ליום-השרצה (כלומר, לא כולל ימים ללא השרצות). עבור כל אחד מהמדדים נמצאה השפעה מובהקת למיקום/צפיפות ההורים (ANOVA, $P < 0.001$) אך לא נמצאה השפעה מובהקת לאור או לאינטראקציה בין שני הגורמים הללו ולא נמצאה השפעה לבלוק (ANOVA, $P > 0.05$). תפוקת הדגיגים למכל הייתה הגבוהה ביותר כאשר ההורים היו ברבע מכל, וגבוהה יותר בשלשת רבעי מכל עם 87 מולים מאשר עם 29 מולים (איור 4A). מספר הדגיגים הממוצע לנקבה היה גבוה יותר בטיפולים בהם ההורים היו ברבע לעומת אלו בשלשת רבעי המכל (Tukey-Kramer HSD $P < 0.05$), ולא נמצא הבדל במדד זה בין הטיפולים עם 29 לעומת 87 מולים בשלשת רבעי המכל (איור 4B). מספר ימי השרצה היה גבוה בטיפולים שכללו 87 מולים לעומת אלו שכללו 29 מולים (איור 5A), אולם מספר הדגיגים ליום השרצה היה גבוה הרבה יותר כאשר ההורים היו ברבע מכל לעומת בשלשת רבעי המכל (איור 5B) (Tukey-Kramer HSD test, $P < 0.05$).



איור 4. השפעת טיפולי מיקום/צפיפות להקת ההורים על (A) מספר הדגיגים הכולל למכל (ב 27 ימי איסופים) ו- (B) מספר הדגיגים הכולל לנקבה במכלי רבייה של מולים. עמודות עם אותיות שונות נבדלות ביניהן (Tukey-Kramer, $P < 0.05$).



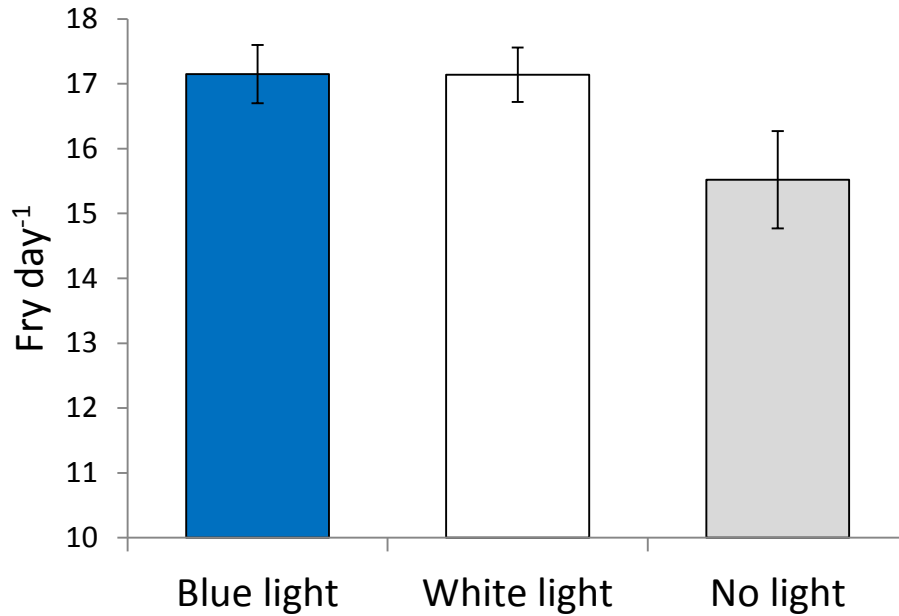
איור 5. השפעת טיפולי מיקום/צפיפות להקת ההורים על (A) מספר ימי השרצה (מתוך 27 ימי איסופים) ו- (B) תפוקת דגיגים למכל ליום השרצה במכלי רבייה של מולים. עמודות עם אותיות שונות נבדלות ביניהן (Tukey-Kramer, $P < 0.05$).

בניסוי 2 נבדקה השפעת שני גורמים על תפוקת דגיגי מולים: (1) הארה – עם אור LED כחול, עם אור LED לבן וללא אור. (2) תדירות האיסופים – פעם ביום (4 ימים בשבוע בימים ב-ה) ופעם בשבוע. לאור תוצאות הניסוי הקודם, בניסוי הנוכחי נעשה שימוש בגודל ומיקום המיטביים של להקת הורים – ברבע המכל, 25 נקבות (6.8 ± 0.7 גר') ו-5 זכרים. כמו כן, לאור העובדה שלא נמצאה השפעה לאור בניסוי הקודם, בניסוי הנוכחי הוספו עוד מודול של LED כדי להגביר את עצמת ההארה, ונבחן בנוסף לאור הכחול גם אור LED לבן. מול כל אחת משתי פאות המחיצה הוצב מודול LED. הניסוי נערך ב-5 מערכות של 6 מכלים במתכונת דו-גורמית (2X3) בבלוקים באקראי, כלומר 6 טיפולים ב-5 חזרות כאשר כל אחת מהמערכות (בלוק) כללה חזרה אחת מששת הטיפולים הבאים:

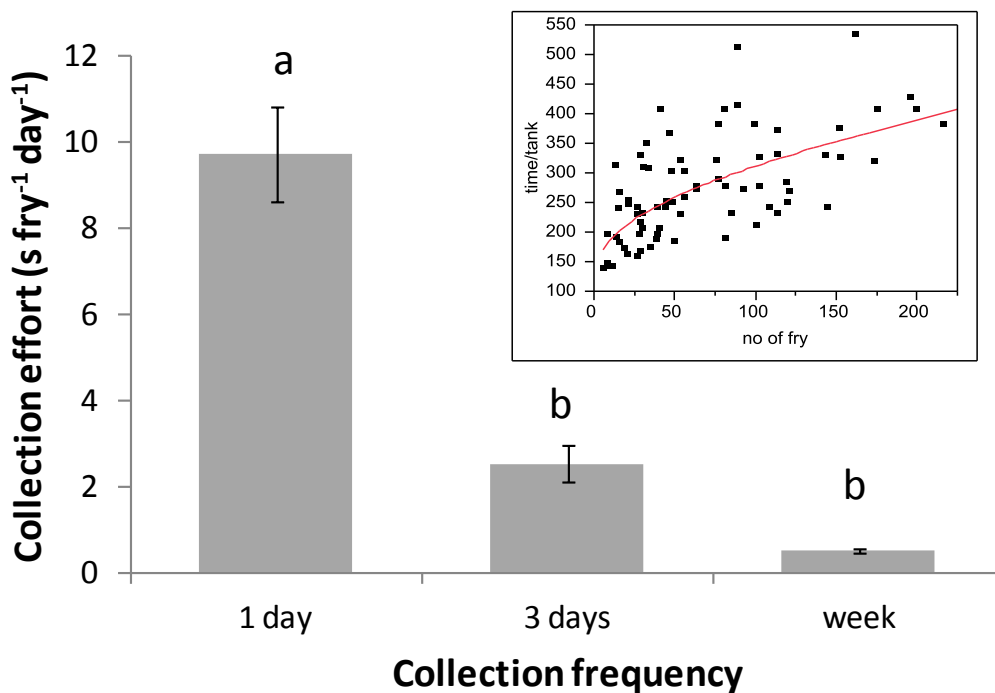
- | | | |
|------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 1. איסוף יומי ללא אור | 2. איסוף יומי עם אור כחול | 3. איסוף יומי עם אור לבן |
| 4. איסוף שבועי ללא אור | 5. איסוף שבועי עם אור כחול | 6. איסוף שבועי עם אור לבן |

הניסוי נמשך 6 שבועות ובמהלכו נערכו 24 איסופים יומיים ו-6 איסופים שבועיים של דגיגים. הנתונים נותחו סטטיסטית באופן בדומה לניסוי 1, כלומר ANOVA דו גורמי בבלוקים באקראי. במכלים של האיסוף היומי, נערך בנוסף, לאחר כל סוף שבוע (ביום א), איסוף דגיגים שהצטברו במשך 3 ימים מאז האיסוף היומי האחרון (סה"כ 6 איסופים כאלו). נתוני התפוקות של איסוף יומי לעומת איסוף לאחר 3 ימים בתוך אותם מכלים נותחו סטטיסטית בנפרד. לצורך כך נעשה שימוש ב- repeated measurements ANOVA. נתוני כמויות הדגיגים שנאספו בטיפולי האיסופים השונים עברו סטנדרטיזציה למספר דגיגים למכל ליום. בנוסף לספירת דגיגים נמדד זמן האיסוף מהמכל וחושב מאמץ האיסוף ביחידות של זמן (בשניות) לדגיג ליום. הבדלים במאמץ האיסוף בין האיסופים השונים נותחו סטטיסטית באמצעות ANOVA חד-כיוונית עם הנסיין כבלוק (היו שני אוספים).

על מנת לקבל מושג כללי לגבי מועד התרחשות ההשרצות, נרשמו כל אותן השרצות שנצפו במהלך שעות היום, בין 08:00-16:00, במכלי האיסוף היומי. רק 16 מתוך 168 ההשרצות במכלים אלו (9.5%) התרחשו במשך היום. נמצאה השפעה מובהקת לתדירות האיסופים ($P < 0.05$, ANOVA) על מספר הדגיגים הנאסף אך לא נמצאה השפעה מובהקת לאור או לאינטראקציה בין שני הגורמים הללו ($P > 0.05$). כמות הדגיגים הממוצעת למכל ליום הייתה גבוהה ב-17% (16.8 ± 1.07 לעומת 14.3 ± 0.76) באיסוף יומי לעומת איסוף שבועי. לא נמצא הבדל מובהק בין כמות הדגיגים הממוצעת למכל ליום באיסוף כל יום (16.8 ± 1.07) לעומת איסוף לאחר 3 ימים (15.5 ± 1.07) באותו מכל (RM-ANOVA, $P > 0.1$). ניתוח הנתונים המקובצים של האיסוף היומי והאיסוף של 3 ימים באותו מכל (כלומר התפוקה של המכל על פני כל ימי הניסוי) הראה ממוצע יומי גבוה בכ-10% בנוכחות האור הכחול או הלבן מאשר ללא אור, אך הבדל זה לא היה מובהק סטטיסטית ($P > 0.05$) (איור 6). זמן איסוף הדגיגים עלה עם כמות הדגיגים במכל ($\text{regression analysis, } R^2 = 0.48$), זמן איסוף הדגיגים עלה עם כמות הדגיגים במכל ($P < 0.001$). קו הרגרסיה המסביר את הקשר באופן המיטבי הוא $[1/y = .007 - .001 * \log(x)]$ (איור 7). מאמץ האיסוף היה גבוה באופן ניכר באיסוף היומי לעומת איסוף 3 ימים ואיסוף שבועי שלא נבדלו סטטיסטית ביניהם (one way ANOVA, $P < 0.001$, followed by Tukey Kramer HSD) (איור 7).



איור 6. תפוקת דגיגים יומית ממוצעת עם אור LED כחול, לבן וללא אור, במכלי רבייה של מולים בהם נאספו דגיגים כל שבוע פעם ביום (4 ימים בשבוע) ופעם אחת לאחר 3 ימים (נתונים מקובצים של כל הדגיגים שהושרצו במהלך 6 שבועות הניסוי). לא נמצא הבדל מובהק בין מכלים מוארים ללא מוארים ($P > 0.05$).



איור 7. מאמץ איסוף דגיגים (בשניות לדגיג ליום) במכלי רבייה של מולים באיסוף יומי, 3-ימים ושבועי. עמודות עם אותיות שונות נבדלות ביניהן (Tukey-Kramer HSD test, $P < 0.05$). במסגרת – קו הרגרסיה המסביר באופן המיטבי את הקשר בין מספר הדגיגים במכל לזמן איסופם: $1/y = .007 - .001 * \log(x)$.

ניסוי במכלי רבייה של מולים בחווה מסחרית

נערך ניסוי בתנאי גידול מסחרי בחוות גידול מולים בערבה, ב-10 מכלי רבייה עגולים (130 ס"מ קוטר) עם להקות רבייה משני מיני מולים: *P. spenops* (קווים Black ו Gold) ו- *P. valifera* (קווים Marble, Leopard ו- Orange). להקות הרבייה הוחזקו בצד אחד של מחיצת רשת שחצתה את המכל לשני חלקים שווים. מקור האור (פס של 6 נוריות LED, אור לבן, מוגן ממים) הותקן בתוך המים בצמוד לדופן בצד של המחיצה בו לא נמצאת להקת ההורים, כאשר האור מופנה לכיוון המחיצה. הניסוי נמשך 4 שבועות במהלכם הדגיגים נאספו ע"י עובדי החווה פעם ביום ונספרו במכונה לספירת דגיגים המבוססת על עיבוד תמונה (Zion et al., 2007). עקב חוסר האחידות בגודל וגיל להקות ההורים במכלי הרבייה, הניסוי נערך במתכונת של השוואות צמודות (paired T-tests) כאשר האור בכל מכל הופעל או כובה לסירוגין למשך שבוע. נערכו השוואות בתוך המכל בין מספר הדגיגים הנאספים עם הארה לעומת ללא הארה. היום הראשון לאחר החלפת משטר התאורה (כיבוי או הדלקת נורות LED) לא הובא בחשבון כדי למנוע השפעות שוליים. אמנם הממוצע היומי (\pm SEM) של דגיגים למכל היה גבוה ב- 36% בנוכחות האור לעומת ללא הארה (89.3 ± 11.7 לעומת 65.6 ± 9.8), אך ההבדל לא היה מובהק סטטיסטית ($P > 0.1$ paired T test) עקב השונות הגבוהה בין מכלים.

פיתוח מערכת איסוף דגיגי פלאטים

המשימה העיקרית בפלאטים הייתה להתגבר על הקושי באיסוף יעיל של הדגיגים, הנאספים מרחבי קרקעית המכל כאשר הם מעורבבים עם ההפרשות המוצקות ולא ממקום מצומצם ונגיש בקלות (כמו סל הרשת במכלי רבייה של גופים). לאור התוצאות שהתקבלו במולים לפיהן האור לא היה אפקטיבי, נערכה בדיקה מקדימה בשלשה מכלי רבייה של פלאטים במערכת שתוארה לעיל כדי לבחון אפשרות שהאור יהיה אפקטיבי לפני שמעמידים ניסוי רחב הקף. מכל הרבייה נחלק באמצעות מחיצת פוליגל שחור אנכית (כדי לקבל אטימות לאור) לשני חלקים המהווים כ-20% ו-80% ממנו. המחיצה הותקנה מספר ס"מ מעל הקרקעית כדי לאפשר מעבר דגיגים מתחתיה. להקת ההורים הוחזקה בסל רשת בחלק הגדול של המכל והחלק הקטן הוא באמצעות 3 מודולים של 4 נוריות LED באור ירוק (המועדף בפלאטים) שהאירו אותו בלבד, במטרה למשוך את הדגיגים ולרכזם שם לצורך איסופם. בכל ההשרצות שנצפו, הדגיגים שהו מספר ימים מפוזרים על פני קרקעית המכל כולו ולא ניכר היה שהם מתרכזים בצד המואר של המחיצה. לאור זאת הוחלט לנסות לפתח מתקן איסוף על פי רעיון חדש שהועלה, במקום לבצע ניסוי רחב הקף המתבסס על משיכה לאור כפי שתוכנן במקור.

הרעיון היה לרכז את הדגיגים המושרצים בכלי איסוף באמצעות זרם מים, בידיעה שהדגיגים פאסיביים זמן מה לאחר השרצתם. לצורך כך נבנה אב-טיפוס שמטרתו לבדוק את הפונקציונאליות והיעילות של מערכת הפועלת על עקרון זה. המתקן (איור 8, תמונה 2) מורכב ממכל פלסטיק גלילי (קוטר 400 מ"מ) עם תחתית קונית בצורת משפך. למוצא המשפך מחובר צינור בקוטר 40 מ"מ שמוביל לתוך כלי איסוף גלילי קטן (קוטר 120 מ"מ) כששפתו בולטת מעט מעל פני המים. על מוצא הצינור בכלי האיסוף מולבשת טבעת אופקית

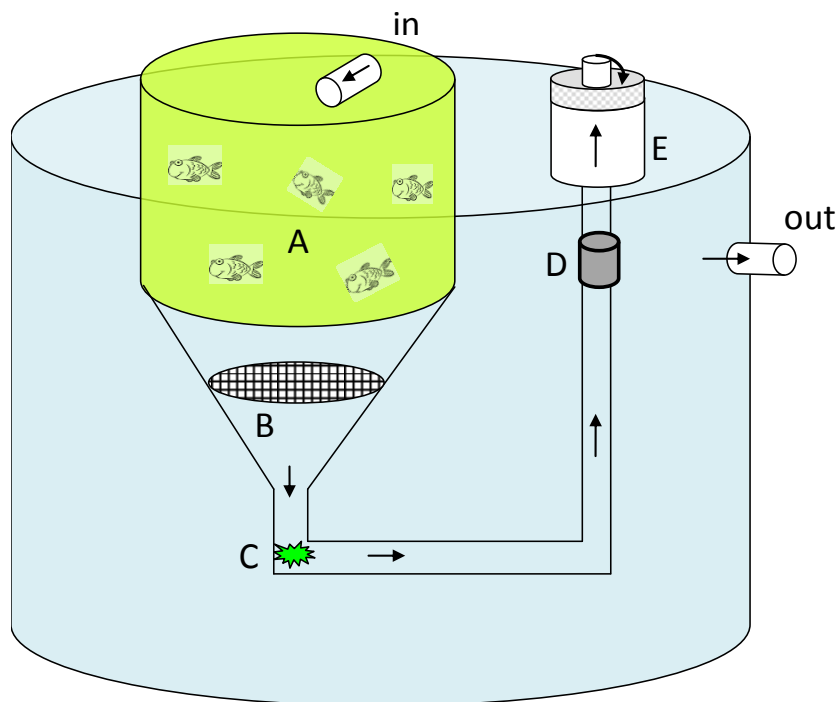
המשנה את מהלך הזרם ומונעת ערבול הדגיגים בתחתית הכלי. המכל הגדול משמש לאחזקת להקת ההורים ובתחתיתו הקונית (כ- 20 ס"מ מעל קצה המשפך) הותקנה רשת (גודל עין 5 מ"מ) המונעת מעבר הדגיגים הבוגרים אך מאפשרת מעבר דגיגים. בחלק האופקי של צינור היציאה הותקנה תאורת LED ירוק (6 נוריות של פס LED) מוגנת מים המאירה את המעבר בצינור החשוך, כדי לבחון את נחיצות האור כגורם מושך ומסייע במעבר הדגיגים לכלי האיסוף. המתקן כולו הוכנס לתוך מכל במערכת הניסוי שתוארה בסעיפים הקודמים, כאשר צינור כניסת המים למכל נכנס ישירות לתוך מכל ההורים. באופן כזה נוצרת זרימת מים ממכל ההורים דרך הצינור המחובר בתחתיתו למכל איסוף הדגיגים (איור 8). המים גולשים מכלי האיסוף למכל הראשי דרך רשת צפופה שלא מאפשרת מעבר דגיגים ויוצאים ממנו דרך צינור המוצא למכל הביופילטר החיצוני, משם חוזרים המים מטוהרים למכלי הרבייה. הדגיגים המושרצים במכל עוברים אל תחתית המכל ונישאים עם הזרם אל תוך כלי האיסוף. בעת האיסוף שולפים את כלי האיסוף עם קטע הצינור הנכנס לתוכו (מהמחבר המותקן על הצינור האנכי מתחת לכלי) ושופכים את הדגיגים עם המים לדלי או ישירות למכל הגידול.

נערך מעקב יומי אחר השרצות ב 4 מתקני איסוף שנבנו והוכנסו ל 4 מתוך 6 מכלים באחת ממערכות הניסוי. לכל מתקן הוכנסו 32 נקבות פלאטי בהריון. על מנת לבדוק את נחיצות האור, לאחר כל השרצה במכל הודלק או כובה לסירוגין האור בצינור בתחתית המתקן באותו מכל. כביקורת, בשני המכלים הנותרים במערכת אוכלסו 32 נקבות בוגרות בסל רשת כנהוג במערכת מסחרית. בכל איסוף נספרו הדגיגים ונמדד זמן האיסוף. על מנת לבחון את יעילות ריכוז הדגיגים בכלי האיסוף, תועדו מספרי הדגיגים שהוצאו מכלי האיסוף, ממכל ההורים ומהמכל הראשי. נערכה השוואה בין מכלים עם מתקן איסוף למכלים עם סלים במספר הדגיגים לאיסוף, זמן האיסוף למכל ומאמץ האיסוף (שניות לדגיג), באמצעות T test. השוואת מספר הדגיגים הממוצע לאיסוף עם אור לעומת ללא אור באותו מכל נערכה באמצעות paired T test.

בסך הכל, הרוב המכריע של דגיגי הפלאטים שהושרצו במכלים עם מתקן איסוף התרכזו בכלי האיסוף ונאספו ממנו ($96.1 \pm 7.7\%$). ההבדל באחוז הדגיגים שעברו לכלי האיסוף בין מצב שתאורת ה-LED פעלה או הייתה כבויה היה קטן ($98.0 \pm 1.7\%$ לעומת $93.4 \pm 5.3\%$, בהתאמה) אם כי כמעט מובהק ($P=0.066$). לא נמצא הבדל מובהק בכמות הדגיגים הממוצעת לאיסוף בין כלי האיסוף לבין מכל עם נקבות בסל (51.9 ± 5.5 לעומת 52.1 ± 9.4 , בהתאמה) ($P>0.05$). לעומת זאת, זמן האיסוף ומאמץ האיסוף היו נמוכים באופן ניכר (פי 4.9 ו 4.1, בהתאמה) במתקן האיסוף לעומת מכל עם נקבות בסל ($P<0.001$) (איור 9).

יתרה מכך, בעוד שבמכל עם נקבות בסל נמצא קשר חיובי מובהק בין מספר הדגיגים לזמן האיסוף (linear regression, $R^2=0.53$, $P=0.01$), בכלי האיסוף לא נמצא קשר כזה ($P>0.4$).

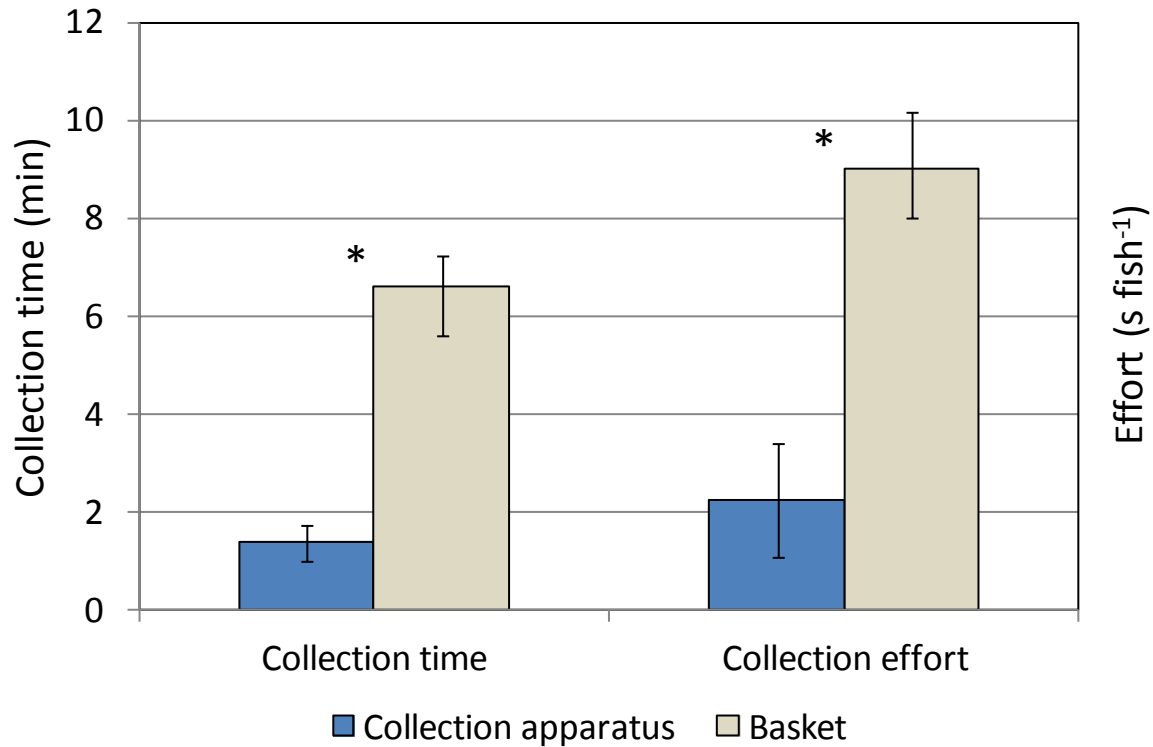
תוצאות דומות התקבלו גם כאשר נבחנה יעילות המערכת באיסוף דגיגי מולים. בהשרצות במתקן האיסוף מרבית הדגיגים ($95.3 \pm 9.9\%$) התרכזו בכלי האיסוף ולא נמצאה השפעה לאור ה-LED (95.2% ו- 95.3% עם וללא אור, בהתאמה). כמו כן לא נמצא הבדל מובהק במספר הדגיגים הממוצע לאיסוף בין כלי האיסוף לבין מכל עם נקבות בסל ($P>0.2$).



איור 8. תיאור סכמתי של אבטיפוס של מתקן איסוף דגיגים למשריצי חיים. A – מכל להקת ההורים; B – רשת המאפשרת מעבר דגיגים בלבד; C – נורות LED; D – מחבר; E – כלי איסוף דגיגים נשלף.



תמונה 2. מתקן איסוף דגיגים בתוך מכל רבייה של פלאטים (למעלה משמאל), מכל אחזקת להקת ההורים עם צינור כניסת המים (במבט על, למעלה מימין) וכלי איסוף דגיגים (מקורב, במבט על), עם צינור כניסת המים והרשת המגנה, בו ניתן לראות דגיגים (מימין).



איור 9. זמן איסוף (דקות) ומאמץ איסוף (שניות לדגיג) במכלי רבייה של פלאטים עם מתקן איסוף לעומת עם נקבות בסל. כוכבית מציינת הבדל מובהק סטטיסטית (T test, $P < 0.001$).

דין ומסקנות

המחקר התבסס על כך שלדגיגי מולי ופלאטי שאך נולדו יש משיכה מולדת לאור, וזה אכן בא לידי ביטוי בשכיחות הנמוכה ביותר שבה נמצאו דגיגים בתא החשוך במערכת בדיקת העדפת צבע אור. תכונה זו נמצאה גם בדגי גופי (Barki et al., 2014a) *Poecilia reticulata* השייכים לקבוצת משריצי החיים ונמצאת בהתאמה ליכולת של דגיגי גופי להבחין בין גוונים מיד בלידתם (Kunz et al., 1983). כפי שנמצא בגופים, גם בדגיגי מולי ופלאטי קיימת העדפה לאור בטווח אורכי הגל הקצרים עד בינוניים של האור הנראה (כחול מועדף על אדום). אולם ממצא מעניין הוא שקיים שוני מסוים בין המינים הללו; הפלאטים (*Xiphophorus maculatus*) שאינם שייכים לסוג *Poecilia* (הסוג של המולים והגופים) נטו לאור הירוק ולא לכחול.

מבחינה יישומית, בהינתן שקיימת משיכה לאור, השערת המחקר הייתה שבאמצעות אור LED בצבע מתאים ניתן להגביר את מעבר דגיגי המולי לאזור בטוח מפני טריפה וכתוצאה מכך להפחית את שיעור הקניבליזם ולהגדיל את תפוקת הדגיגים במכל הרבייה, כפי שהראנו בעבר בדגי גופי (Barki et al., 2013a, 2013b). אולם בשני הניסויים שערכנו במכלי רבייה של מולים לא נמצאה השפעה לאור על מספר הדגיגים שנאספו מהמכל, גם לא כאשר עצמת האור הכחול הוגברה ונבדק צבע אור נוסף (לבן) בניסוי השני. גם בניסוי בחווה,

למרות הבדל, בממוצע הכללי, של 36% בתפוקת הדגיגים עם האור, השפעת האור לא הייתה מובהקת סטטיסטית.

לעומת זאת, המחקר הראה את השפעתם של שני גורמים אחרים שלהם חשיבות בממשק הרבייה וניהול העבודה במכלי רבייה של מולים. התוצאות הצביעו על עדיפות ברורה למיקום להקת ההורים בנפח מצומצם יחסית (25% מנפח המכל). לא רק שנמצא הבדל גדול במספר הדגיגים בין אותו מספר של נקבות ברבע המכל לעומת בשלשת רבעי נפח המכל (פי 4), אלא אפילו לעומת מצב של פי 3 יותר נקבות בשלשת רבעי המכל, באותה צפיפות (פי 1.7 יותר דגיגים). הדבר בא לידי ביטוי בולט בחישוב מספר הדגיגים לנקבה, שבו נמצא הבדל של כ- פי 4 במספר הדגיגים לנקבה כאשר הנקבות היו ברבע המכל, אך לא היה הבדל במספר הדגיגים לנקבה בין שתי הצפיפויות של הנקבות בשלשת רבעי המכל (איור 4). בנוסף, לא היה סימן לכך ששיעור ההשרצות היה שונה בקרב נקבות ברבע מיכל לעומת בשלשת רבעי מכל שכן לא נמצא הבדל במספר הימים שהתרחשו בהם השרצות עם אותו מספר נקבות בין שני המצבים (איור 5). כמו כן, נמצאה עדות לכך שרוב ההשרצות התרחשו ככל הנראה בשעות החשכה שבהן תאורת ה-LED אפקטיבית יותר במשיכת הדגיגים כאשר אין אור סביבתי שממסך במידה רבה את הבדלי האור בין האזור הבטוח המואר לאזור הטריפה. ממצאים אלו יחדיו מעידים על עצמת קניבליזם גבוהה במולים, ותומכים בכך שהגורם המכריע במערכת מבחינת ההישרדות הינו גודל המרחב ממנו צריכים הדגיגים לברוח וגודל המרחב המוגן בו הם שוהים. כלומר, כאשר אזור הטריפה מצומצם בשטחו והאזור הבטוח נרחב, סיכוי הדגיגים להגיע אל האזור הבטוח ולהישאר בו גבוהים יותר. יתכן שההסבר לממצאים הינו עצמת קניבליזם גבוהה במולים בוגרים בשילוב עם ניידות נמוכה של דגיגים בסמוך להשרצתם. במצב כזה, גם כאשר קיימת משיכה לאור בדגיגים, מידת ההשפעה הפוטנציאלית של האור היא חלשה מידי בהשוואה להשפעת הקניבליזם, על מנת שתבוא לידי ביטוי משמעותי בשרידה של הדגיגים. גם בניסוי שנערך במכלי חווה מסחרית במערך ובתנאים שונים, אמנם התקבלו 36% יותר דגיגים בנוכחות האור, אך ההבדל לא היה מובהק סטטיסטית כך שלא ניתן היה לייחס זאת להשפעת האור. חשוב לזכור שצמצום הנקבות לשטח קטן בא על חשבון אפשרות הגדלת מספר הנקבות המשריצות במכל, אולם נראה שהקצאת הנפח היחסי ללהקת ההורים במערכת לא פחתה מנפח אופטימאלי, ויתכן שניתן לצמצמו עוד יותר מבלי להקטין את מספר הנקבות.

היבט ממשקי חשוב נוסף שנבחן בשילוב עם האור היה תדירות האיסופים. באיסוף יומי תפוקת הדגיגים ליום הייתה גבוהה ב- 17% לעומת איסוף פעם בשבוע (בחישוב ליום). ממצא זה מעיד אף הוא על השפעה של קניבליזם; כאשר דגיגים שוהים במכל זמן רב הסיכוי שהם יכנסו בזמן כלשהו לאזור הטריפה גדל. מאידך גיסא, מאמץ האיסוף הרבה יותר גבוה באיסוף פעם ביום לעומת איסוף פעם בשבוע (פי 20 בקירוב, שניות לדגיג ליום). לפיכך, יש לשקול את ערכה של תוספת של 17% בתפוקת הדגיגים כתוצאה מאיסוף יומי מול תוספת המאמץ.

התוצאות שהתקבלו במולים לפיהן האור לא היה יעיל ותוצאות הבדיקה המקדימה בפלאטים שהיוו סימן לגבי חוסר יעילות האור בריכוז הדגיגים באזור המואר הצריכו מציאת פתרון יעיל לאיסוף דגיגים שאינו מסתמך על מניפולציה התנהגותית. לכן הרעיון של מערכת איסוף הדגיגים שפותחה התבסס על העברה מאולצת של הדגיגים ממכל שבו מוחזקים ההורים לכלי איסוף הלוכד אותם, באמצעות זרם המים. המערכת שפותחה

מהווה אב-טיפוס שמטרתו הייתה להוכיח את ייתכנות השיטה ויעילות המערכת. הוכחנו שהמערכת יעילה ביותר שכן היא מרכזת למעלה מ 95% מהדגיגים ולא נמצא כל סימן לירידה בכמות הדגיגים המושרצים לעומת ביקורת. הארת נתיב המעבר בצינור לא תרמה ליעילות המערכת ולכן מיותרת. בדיקת ביצועי מערכת איסוף הדגיגים הראתה שניתן לחסוך לפחות 75% בזמן המוקדש לאיסוף דגיגים. בנוסף לחסכון המשמעותי בזמן עבודה המערכת נותנת מענה לצורך להפריד את דגיגי הפלאטי הנאספים מהלכלוך שבקרקעית; רק חלק קטן מהלכלוך מצטבר בכלי האיסוף ונלכד ברשת כך שברובו לא מתערבב עם הדגיגים המועברים מהכלי. כמו כן, בחלק מהמשקים ממתין המגדל מספר ימים לאחר ההשרצה, עד אשר דגיגי הפלאטי מתחילים לשחות בגוף המים ורק אז אוסף אותם ללא הפסולת על הקרקעית. ממשק זה יוצר פערי גודל שאינם רצויים להמשך הגידול במכלי הפיטום אליהם מועברות קבוצות הדגיגים, וכן מסרבל את ממשק האיסוף. מערכת האיסוף שפיתחנו פותרת גם את הבעיות האלו. להערכתנו, ניתן לשפר את ביצועי המערכת באופן משמעותי, למשל ע"י כלי איסוף שניתן לשליפה במהירות ובכך להקטין את זמן האיסוף בהרבה באופן משמעותי. הראנו שהמערכת מתאימה לא רק לפלאטים אלא גם למולים, וסביר מאוד שתתאים גם לגופים. העקרון של המערכת יכול להיות מיושם במערכת מסחרית בקונפיגורציה דומה לזו של האב-טיפוס שפותח, כלומר כמתקן המוכנס למכל רבייה. לחלופין ניתן לתכנן מערכת רבייה שהמכלים שלה בנויים בצורה של מערכת איסוף הדומה לאב-טיפוס.

לסיכום, במחקר הנוכחי הראנו שעקרון השימוש במשיכה לאור אינו מתאים להפחתת קניבליזם והגדלת תפוקות דגיגים במולים או ליעול איסוף הדגיגים בפלאטים. על פי תוצאות המחקר יש לרכז את ההקוות הרבייה של המולים בנפח מצומצם של המכל (כ 25% מהנפח) כדי לאפשר מרחב בטוח גדול לדגיגים. מבחינת עלות-תועלת כנראה שאין צורך לאסוף דגיגים מידי יום ואפשר להמתין עד שבוע בין איסופים. מעבר לזמן זה עלולים להיווצר פערי גודל שאינם רצויים להמשך הגידול במכלי הפיטום אליהם מועברות קבוצות הדגיגים. מרחב גדול לדגיגים חיוני אף יותר כאשר זמן השהייה שלהם במכל הרבייה עד האיסוף הוא ארוך. המחקר הנוכחי מציג מערכת חדשה, יעילה ביותר וזולה לאיסוף דגיגים במכלי רבייה של משריצי חיים אשר תביא לחסכון בעבודת ידיים ותעלה את רווחיות הגידול. המערכת ניתנת להטמעה ויישום בקלות. ניתן להתאימה למערכות גידול שונות ולמיני דגים שונים, לשנות את הקונפיגורציה ולשפר אף יותר את ביצועיה.

References

- Archer, S.N., Endler, J.A., Lythgoe, J.N., Partridge, J.C., 1987. Visual pigment polymorphism in the guppy *Poecilia reticulata*. *Vision Res.* 27, 1243-1252.
- Baras E., Jobling M., 2002. Dynamics of intracohort cannibalism in cultured fish. *Aquac. Res.* 33, 461-479.
- Barki, A., Zion, B., Shapira, L., Karplus, I. 2013a. A novel method using light for increasing fry yield in guppy breeding tanks. *Aquac. Eng.* 57, 131-134.
- Barki, A., Zion, B., Shapira, L., Karplus, I., 2013b. The effects of illumination and daily number of collections on fry yields in guppy breeding tanks. *Aquac. Eng.* 57, 108-113.
- Barki, A., Zion, B., Shapira, L., Karplus, I., 2014a. Using attraction to light to decrease cannibalism and increase fry production in guppy (*Poecilia reticulata* Peters) hatcheries. I: Phototactic reaction and light color preference. *Aquac. Res.* 45, 1295-1302.
- Barki, A., Zion, B., Shapira, L., Karplus, I., 2014b. 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. *Aquac. Res.* 45, 1810-1817.
- Endler, J.A. 1990. On the measurement and classification of colour in studies of animal colour patterns. *Biol. J. Linn. Soc.* 41, 315-352.
- Hecht T., Pienaar A.G., 1993. A review of cannibalism and its implications in fish larviculture. *J. World Aquac. Soc.* 24, 246-261.
- 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.
- Jones C.L.W. Kaiser H., Hecht T., 2008. Intercohort cannibalism and post-partum behaviour of juvenile swordtail *Xiphophorus helleri* Heckel (Pisces: Poeciliidae). *Aquac. Res.* 39, 111-117.
- Juell, J. E., Fosseidengen, J. E., 2004. Use of artificial light to control swimming depth and fish density of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in production cages. *Aquaculture* 233, 269–282.
- 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 Tissue Res.* 230, 469-486.
- Loekle, D.M., Madison, D.M., Christian J.J. 1982. Time dependency and kin recognition of cannibalistic behavior among Poeciliid fishes. *Behav. Neural Biol.* 35, 315-318.
- Manci, W.E., Malison, J.A., Kayes, T.B., Kuczynski, T.E., 1983. Harvesting photopositive juvenile fish from a pond using a lift net and light. *Aquaculture* 34, 157–164.
- Meffe, G.K., Snelson F.F. 1989. An ecological overview of poeciliid fishes. In: *Ecology and Evolution of Livebearing Fishes (Poeciliidae)*, G.K. Meffe & F.F. Snelson (eds.), pp.13-31. Prentice-Hall, NJ, USA.
- Zion, B., Doich, N., Ostrovsky, V., Alchanatis, V., Segev, R., Barki, A., and Karplus, I. 2007. Ornamental fish fry counting by image processing. Reviewed and approved for publication by an internal scientific committee and archived due to intellectual property rights.

קחל, י. (2009). השוק העולמי לדגי נוי - תמונת מצב עדכנית והערכת פוטנציאל היצוא של דגי נוי מישראל.

דו"ח פנימי, משרד החקלאות ופיתוח הכפר – היחידה לחקר שווקים, יולי 2009.

http://www.moag.gov.il/NR/rdonlyres/68776C34-AAE5-4DE1-B4A8-A840113F55EC/0/fish_market7_09.pdf

שלומי, ט., הרפז, ש., פרוימן, נ. 2013. תמונת המצב העדכנית בשווקים נבחרים לדגי נוי.

http://www.moag.gov.il/agri/yhidotmisrad/fishery/publication/2013/Ornamental_fish_market.htm

סיכום עם שאלות מנחות

נא להתייחס לכל השאלות בקצרה ולעניין, ב-3 עד 4 שורות לכל שאלה (לא תובא בחשבון חריגה מגבולות המסגרת המודפסת).

שיתוף הפעולה שלך יסייע לתהליך ההערכה של תוצאות המחקר.

הערות: דוחות שיוגשו בסטטוס פרסום "מוגבל רק לספריות" יחשבו ע"י הקרן כדוחות שאינם מוגבלים לפרסום ויפורסמו באתר המדען הראשי של משרד החקלאות ופיתוח הכפר.

מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה.
פיתוח אמצעים טכנולוגיים והתנהגותיים שיביאו לשיפור בתפוקה ויעול איסוף דגיגי פלאטים ומולים ולחסכון בעבודת ידיים ובאמצעי ייצור בחוות גידול דגי נוי.
אלו מטרות המחקר הושגו בעבודת המחקר בנוכחית
פותח מתקן לאיסוף דגיגים שמקטין פי 4 את זמן האיסוף.
עיקרי התוצאות
1) לדגיגי מולים העדפה לאור כחול ולדגיגי פלאטי העדפה לאור ירוק. 2) האור לא השפיע על תפוקת הדגיגים במולים ולא נמצא יעיל לריכוז הדגיגים בפלאטים. 3) החזקת להקת הרבייה בנפח של רבע מהמכל מהמכל מפחיתה את הקניבליזם ומעלה את תפוקת הדגיגים לנקבה פי 4 לעומת החזקת הלהקה ב 3/4 הנפח. 4) תפוקת הדגיגים ליום הייתה גבוהה ב 17% באיסוף כל יום לעומת איסוף פעם בשבוע אך מאמץ האיסוף (שניות לדגיג ליום) היה גבוה פי 20 ובחישוב כללי של עלות-תועלת פחות יעיל. 5) פותחה מערכת לאיסוף דגיגים שמקצרת לרבע את זמן האיסוף ומעלה את רווחיות הגידול.
מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדו"ח?
על פי תוצאות המחקר יש לרכז את להקות הרבייה של המולים בשטח מצומצם של המכל (כ 25% מהנפח) מבחינת עלות-תועלת אין צורך לאיסוף דגיגים מידי יום ואפשר להמתין עד שבוע בין איסופים.
מטרות המחקר הושגו במלואן והוצגה מערכת חדשה לאיסוף יעיל ומהיר של דגיגים במינים שונים של דגי דגי נוי משריצי חיים שמקצרת לרבע את זמן האיסוף וניתנת בקלות להטמעה ויישום בחוות מסחריות.
בעיות שנותרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות המשך
בשנת המחקר פותח אב-טיפוס של מערכת איסוף הדגיגים שמוכיח את יעילות השיטה. להערכתנו ניתן לשפר את ביצועי המערכת ולהגדיל עוד יותר את החיסכון בזמן האיסוף.
הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח
תוצאות המחקר טרם הגיעו לשלב הפרסום.
פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח: (סמן אחת מהאופציות)
← ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)
← לא לפרסום: יש לצרף מכתב הסבר
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