

דוח מסכם לתכנית מחקר מספר 358-0274-08

## שילוב העשרת פריפיטון ומזון מוסף להזנת אמנונים בבריכות בהתאמה לדרישות הגידול של חקלאות אורגנית

Integration of periphyton and additional feeding in aquaculture production of tilapia  
in accordance with the regulations of organic agriculture

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות  
ע"י

אנה מילשטיין - מינהל המחקר החקלאי, יחידה למדגה, דור.  
שנאן הרפז - מינהל המחקר החקלאי, יחידה למדגה, בית דגן.

Ana Milstein - Agricultural Research Organization, Fish & Aquaculture Research  
Station, Dor. M.P. Hof HaCarmel 30820. E-mail [anamilstein@agri.gov.il](mailto:anamilstein@agri.gov.il)

Sheenan Harpaz - Agricultural Research Organization, Aquaculture Unit, P.O.Box  
6, Bet Dagan 50250. E-mail [harpaz@agri.gov.il](mailto:harpaz@agri.gov.il)

יוני 2009

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.  
הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: לא בשלב זה

חתימת החוקר

## תקציר

- הצגת הבעיה: בגידול אורגני המזון המוסף חייב להיות ממקור אורגני, דבר שמכפיל את עלותו.  
- מטרת המחקר: פיתוח ממשק אורגני על ידי עידוד ייצור המזון הטבעי בבריכות דגים כדי להוריד את עלויות המזון המוסף, ולמצוא מרכיבי מזון אלטרנטיביים העומדים בתקן האורגני.  
- שיטות העבודה: ניסויים בבריכות עפר בהן הוכנסו מצעים בגוף המים כדי להגביר את הייצור של פריפיטון על גבם שישמשו כמזון לאמנון, ובמערכות אקווריונים כדי לבדוק מרכיבי מזון המוסף אלטרנטיביים.

### - תוצאות עיקריות ומסקנות והמלצות לגבי יישום התוצאות:

ניסויי המעבדה הראו שגפת איננה מתאימה כמרכיב מזון; בעוד שגלוטן תירס הוא מקור חלבון שיכול לשמש כתחליף; תוספת של 8-10% זרעי מרווה, עתירת חומצות שומן רב-בלתי רוויות, הביאה להצטברות של חומצות שומניות אומגה 3 אך לא אומגה 6 בגופות הדגים; תוספת מלח ברמה של 2-3% בעת גידול בתנאי מעבדה הביאה לשיפור בגדילת הדגים ובבריכות חצי מסחריות לא פגעה בקצב הגדילה של האמנונים, לכן מלח נראה מרכיב מזון זול אפשרי; מיצוי חלבון מסויה יכול להחליף עד 20%-40% מקמח דגים בלי לפגוע בגדילת הדגים.  
ניסויים בכלובים הראו שכמות גבוהה יותר של פריפיטון גדלה על מצעים מחוספסים לעומת חלקים, ברשתות חקלאיות באלה הצפופות יותר, וברשתות לבנות לעומת כחולות ושחורות.  
בניסויי בריכות הוכח שמצעים בכמות שווה-ערך ל- 40-50% משטח הבריכה מאפשרים לחסוך ב-30-40% בכמות המזון המוסף בלי לפגוע משמעותית בגדילת האמנונים. מומלץ למקם המצע רק בחלק המואר של המים, ולהעדיף מצע מחוספס, קשיח ולבן. במצע כזה קצב הגידול היומי של הפריפיטון היה כ-2 גרם חומר יבש /מ<sup>2</sup>/יום. לכן כדי לספק מזון בשיעור 0.5% מביומסת הדגים ליום (כרבע מהצריכה היומי של הדגים) נזקקים ל- 2.5 מ<sup>2</sup> של מצע כזה לכל קילוגרם אמנונים בבריכה.

## מבוא

בעולם המערבי מתפתח שוק גדל והולך של מוצרי חקלאות אורגנית המשוחררים משאריות של חומרי הדברה, תרופות והורמונים. שוק זה מפותח בעיקר בחקלאות הצמחית תוך השגת מחירים גבוהים ממוצרים רגילים. גידול דגים אורגני לעומת זאת הוא ענף חדש יחסית ומבוסס בעיקר על מינים המגודלים במים קרים (כגון דג הסלמון). בארץ יש התחלת גידול אורגני של דגי בריכות מים חמים והחווה הראשונה בעולם שאושרה לגידול אורגני של אמנונים ממוקמת בארץ.

בגידול אורגני המזון מהווה את ההוצאה הגבוהה ביותר שכן המזון המוסף חייב להיות ממקור אורגני, דבר שמכפיל את עלות המזון. מטרת המחקר הייתה פיתוח ממשק אורגני על ידי עידוד ייצור המזון הטבעי בבריכה ליצור דגים בפוליקולטורה עם אמנון כדג עיקרי, ובכך להוריד את עלויות המזון. למטרה זו הוכנסו מצעים בגוף המים, על מנת להגביר את הייצור על גבם של פריפיטון (המזון הטבעי, periphyton = אצות, מיקרואורגניזמים ובעלי חיים קטנים הגדלים על מצע קשה בנפח המים), שישימשו כמזון לאמנון ודגים אחרים. אך כושר הייצור המרבי של מזון טבעי בבריכה אינו מספיק להשגת יבולים שיעמדו במבחן כלכלי ולכן חייבים להשתמש במזון מוסף. מטרה נוספת של מחקר זה הינה למצוא מרכיבי מזון אלטרנטיביים העומדים בתקן האורגני ולשלבם במערך של העשרת הפריפיטון בבריכה, על מנת להגיע להזנת אמנונים אופטימאלית בתנאי הגידול האורגנים מבחינת ביצועי הדגים וההיתכנות הכלכלית.

להשגת מטרות האלו נערכו ניסויים בבריכות עפר של 300 מ<sup>2</sup> כל אחת בתחנה למדגה בדור, ובמערכות אקווריונים ומיכלים בבית דגן.

במהלך השנה הראשונה בוצעו ניסויים שכללו:

- בחינת התיישבות פריפיטון על מצעים שונים, מחוספסים וחלקים, קשיחים וגמישים, מחומרים טבעיים ומלאכותיים. ניסוי בכלובים בתוך בריכת עפר.
- ניסוי מעבדה שבחן גדילת אמנונים על מזונות בשתי רמת חלבון (32% ו-40%) שכלל גפת זיתים או גלוטן תירס כתחליפי מזון ליצירת כופתיות מזון אורגני, כאשר כל אחד מהם מוסף ברמה של 20% לכופתיות הנבדקות.
- ניסוי בריכות בו נבחנה גדילת אמנונים בבריכות פריפיטון (שגדל על מצע עם שטח פנים של 150 מ<sup>2</sup> בגוף המים = 50% משטח הבריכה) עם מנת מזון מוקטנת (60% מהביקורת ללא מצעים).

במהלך השנה השנייה בוצעו ניסויים שכללו:

- בחינת התיישבות פריפיטון על מצעים בצבעים שונים.
- נערכו שני ניסוי מעבדה שבחנו גדילת אמנונים על מזונות אורגניים שכללו:

- (א) תוספת זרעי מרווה אורגנית עתירת חומצות שומן רב-בלתי רוויות (פיתוח נווה יער) (תוספת של 8% או 10%, ככוספה או זרעים גרוסים או טחונים).
- (ב) תוספת מלח (NaCl) למזון ברמות שונות (0, 1, 2, 3, 3.5 %).
- ניסוי בריכות בו נבחנה גדילת אמנונים בבריכות פריפטון על מצעים מחוספסים (רשתות צל חקלאיות) או חלקים (משטחי פלסטיק גמישים) (שטח פנים של  $135 \text{ מ}^2 = 30\%$  משטח הבריכה) עם מנת מזון מוקטנת (66% מהביקורת ללא מצעים).

במהלך השנה השלישית בוצעו ניסויים שכללו:

- בחינת קצב התיישבות פריפטון על מצע קשיח מחוספס לבן.
- ניסוי מעבדה שבחן גדילת אמנונים על מזונות באותה רמת חלבון (45%) כשמיצוי חלבוני של סויה מחליף חלק (ביקורת 0%, 20%, 40% ו-60%) מקמח הדגים בהרכב המזון.
- ניסוי בריכות בו נבחנה גדילת אמנונים בבריכות פריפטון על מצע קשיח מחוספס לבן (רשת פלסטיק עם שטח פנים של  $114 \text{ מ}^2 = 38\%$  משטח הבריכה) עם מנת מזון מוקטנת (75% מהביקורת ללא מצעים), עם ובלי תוספת מלח (2.8%) למזון המוסף.

### פירוט עיקרי הניסויים שבוצעו והתוצאות שהתקבלו לתקופת הדו"ח.

#### 1 - ניסויים בכלובים בתחנת דור: התיישבות פריפטון על מצעים

בניסויים האלה הוצבו כלובים שמנעו גישת הדגים אל המצעים שהוחדרו בהם, לעומת אותם מצעים שהוצבו מחוץ לכלובים שאליהם יכלו הדגים להגיע ולהיזון (איור 1). בכל ניסוי כל הדוגמות של מצעים הותקנו בהתחלת הניסוי. בפרקי זמן שונים נלקחו 3 או 4 חזרות מכל מצע, כדי למדוד את כמות החומר האורגני והיבש וכמות כלורופיל-a שנוצר. התוצאות נבחנו במבחן שוניות.

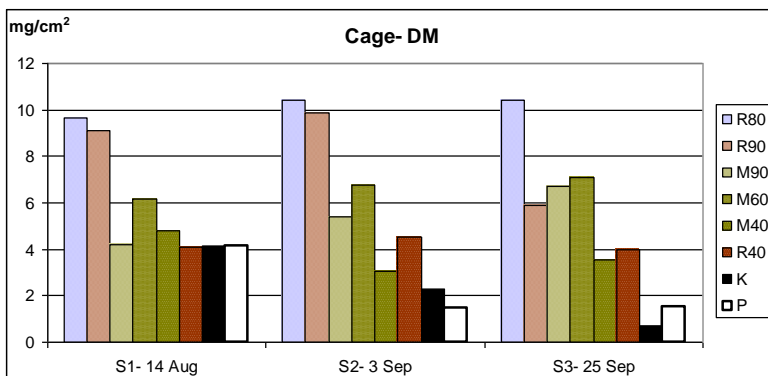


**איור 1:** כלובים ומצעים לפני ואחרי מילוי מים בבריכה.

**בניסוי הראשון נבדקו השפעת מרקם המצע על גדילת הפרפיטון.** נבחנו מצעים מחוספסים 6) טיפוסים רשתות צל (חקלאיות), ומצעים חלקים (2 מצעי פלסטיק, קשיח וגמיש, וכן כפות תמרים) (פרוט בטבלה מספר 1), שנמדדו כמה פעמים במשך עונת הגידול. נמצא שכפות התמרים כוּסוּ בפרפיטון אך עברו תהליכי פרוק במים ועל כן לאחר 22 יום לא ניתן היה להמשיך ולבדקם. בכל יום שנעשו בדיקות, כמות הפרפיטון שגדלה על הרשתות הייתה גבוהה יותר ברשתות הצפופות יותר, והייתה נמוכה יותר במצעי הפלסטיק החלקים (איור 2). הבדלים בכמות החומר האורגני והיבש בין המצעים בכלובים ובשטח החשוף לדגים מצביעה על כך שהדגים ניזונו מהפרפיטון במצעים. לא נמצאה השפעה מובהקת למיקום המצעים (בתוך או מחוץ לכלוב) על כמות הכלורופיל בפרפיטון.

### טבלה 1. מצעים שנבדקו בניסוי כלובים ראשון.

Code	Substrate type	Color	Flexibility	Texture	Shadow %	Main use
R80	Raffia	blue	flexible	net	90	House garden and garage
R90	Raffia	black	flexible	net	90	House garden and garage
R40	Raffia	black	flexible	net	40	Agriculture
M90	Monofil	black	flexible	net	90	House garden and garage
M60	Monofil	black	flexible	net	60	Agriculture
M40	Monofil	black	flexible	net	40	Agriculture
K	Plastic sheet	black	rigid	smooth		Prevent erosion of road sides
P	Plastic sheet	white	flexible	smooth		Packing feed pellets
D	Date leave	pale green	flexible	smooth		Waste



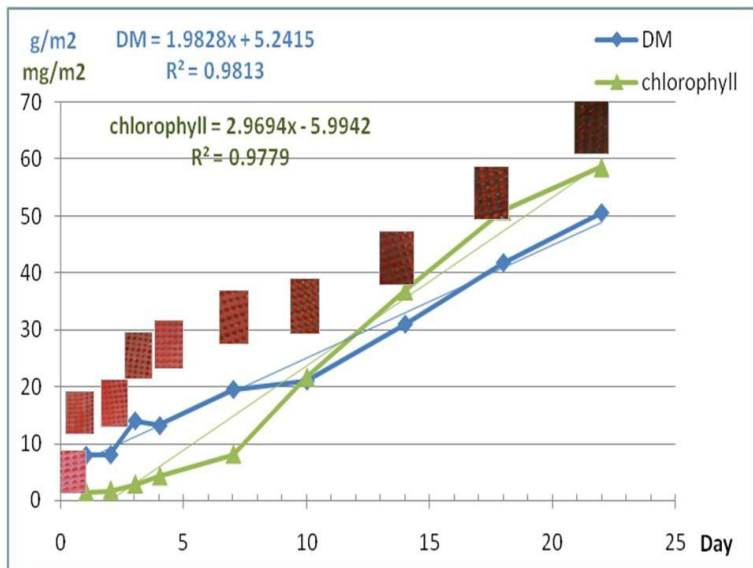
**איור 2: כמות החומר היבש במצעים שנבדקו בניסוי כלובים ראשון.**

**בניסוי השני נבדקו השפעת צבע המצע על גדילת הפרפיטון.** נבחנו רשתות בצבעים כחול, שחור ולבן. הדוגמות נלקחו לאחר שבועיים שהייה בתוך המים. נמצאה השפעה מובהקת לצבע המצע על רמת החומר היבש והחומר האורגני, אך לא נמצאה השפעה על כמות הכלורופיל בפרפיטון. על גבי רשתות לבנות נמצא 40% יותר חומר יבש ו-50% יותר חומר אורגני בפרפיטון מאשר ברשתות כחולות ושחורות. לא נמצאה השפעה מובהקת למיקום הרשתות (בתוך או מחוץ לכלוב).

התוצאות של הניסוי הראשון והשני פורסמו בפרסום מדעי מבוקר-

Milstein, A., Peretz, Y., and Harpaz, S. (2008). Periphyton as food in organic tilapia culture: comparison of periphyton growth on different substrates. *Israel Journal of Aquaculture – Bamidgah* 60(4):243-252.

**בניסוי השלישי**, לאור התוצאות משנות קודמות, **נמדד קצב הגידול היומי של הפריפיטון על מצע מחוספס לבן**. לשם כך נלקחו דגימות וצילומים מידי יום וחושבו רגרסיות (איור 3). יצור הפריפיטון היתה כ- 2 גרם חומר יבש /מ<sup>2</sup>/יום וכ- 3 מיליגרם כלורופיל-a /מ<sup>2</sup>/יום, כשטמפרטורת המים נעו בין 25-29 מ"צ.



**איור 3:** ניסוי כלובים שלישי: התפתחות הפריפיטון בזמן. רגרסיות (תרשים ונוסחות) ותמונות המצעים בין הימים 0 ו-22 על רקע כתום.

## 2- ניסוי מעבדה בבית דגן:

שתי מערכות שימשו לניסויים האלה: אקווריומים ומיכלים לעבודה עם דגיגים קטנים וגדולים יותר בהתאמה (איור 4).

**מערכת אקווריומים:** 36 אקווריומים בנפח 38 ליטר, מערכת מים מסוחררים באמצעות משאבה טבולה דרך מיכלי שיקוע וביופילטר מרכזי, דרכו סוחררו כל מי הגידול אחת לשעה. הניסויים נערכו ב-6-7 חזרות לטיפול במשך 40-42 ימים. בכל אקווריום אוכלסו 12 דגים במשקל ממוצע 4-8 גר'.  
**מערכת מיכלים:** 36 מיכלים בנפח 200 ליטר. כל 6 מיכלים מחוברים למיכל שיקוע וביופילטר דרכו המים מסוחררים באמצעות משאבה טבולה.



**איור 4:** מערכות האקוריונים והמיכלים בבית דגן.

**בניסוי הראשון** נבדקו במערכת האקוריונים, **גפת** (שאריות שנותרו לאחר הפקת שמן מזיתים) ו**גלוטן תירס כמרכיבי מזון לכופתיות אורגניות לאמנון**. שני החומרים ניתנים להשגה כחומרי גלם אורגניים. הניסוי בחן גדילת אמנונים על שני מזונות אורגניים (32 ו-40 חלבון). בכל מזון נבחנה ביקורת ללא תוספת והוספת גפת או גלוטן תירס כתחליפי מזון ליצירת מזון אורגני כאשר כל אחד מהם מוסף ברמה של 20% לכופתיות הנבדקות. התוצאות הראו שהגפת איננה מתאימה כמרכיב מזון לדגים ופוגעת בגדילה. לעומת זאת הגלוטן נמצא כמרכיב שיכול להחליף רכיבים אחרים במזון האורגני מבלי פגיעה מובהקת בגדילת הדגים. העלאת רמת החלבון במזון מ-32 ל-40% התבטאה כמצופה בעליה בקצב גדילת הדגים.

**בניסוי השני** נבדק במערכת האקוריונים, **תוספת זרעי מרווה כמרכיב מזון לדגי אמנון**. בעת הכנת מזונות אורגניים לדגים ישנה דרישה להפחית (או לא לעשות שימוש) בקמח דגים כמרכיב בדיאטה עקב העובדה שמוצר זה איננו בר קיימא. מעבר לתרומת החלבון מקמח הדגים הוא גם משמש כמקור לחומצות שומניות רב בלתי רוויות. בניסוי זה בחנו שימוש בזרעי מרווה שהינם עשירים בחומצות שומניות רב בלתי רוויות כתחליף לקמח דגים. זרעי מרווה, שניתן לגדלם באופן אורגני, משמשים להפקת שמן מרווה ועל כן ניתן לעשות שימוש בזרעים כפי שהם ללא טיפול, גרוסים ברמת גריסה גסה, גרוסים ברמת גריסה גבוהה המייצרת קמח דק. כן ניתן להשתמש בכוספת זרעי מרווה שהינה התוצר הנשאר לאחר הפקת השמן מן הזרעים. ניסוי מקדים שנערך הראה שהזרעים כפי שהם ללא גריסה או שבירה אינם יעילים כמזון לדגים. במהלך הניסוי הנוכחי נבחנה יעילותם של זרעי מרווה עתירת חומצות שומן רב-בלתי רוויות (פיתוח נווה יער) בשיטות טיפול ועיבוד שונות כמרכיבי מזון לכופתיות אורגניות לדגים. הכופתיות ששימשו בניסוי זה היו כופתיות מזון מסחרי אורגני לדגי אמנון שהכילו 35% חלבון ו-6% שומן. הטיפולים שנבחנו



בהשוואה לביקורת (ללא תוספת זרעי מרווה) היו תוספת למזון של 8% כוספת זרעי מרווה או זרעי מרווה גרוסים או טחונים דק, וגם תוספת של 10% זרעי מרווה טחונים דק. לאחר 6 שבועות גדילה לא נמצאו הבדלים מובהקים בקצב הגדילה של הדגים בין הטיפולים השונים. בדיקת הרכב החומצות השומניות בגופות הדגים הראתה שינויים מובהקים ברמת חומצות שומן רב בלתי רוויות אומגה 3 בין הטיפולים השונים כמסוכם בטבלה מספר 2. ניתן לראות שתוספת של זרעי מרווה טחונים לדיאטת המזון של הדגים הביאה להצטברות משמעותית של חומצות שומניות רב בלתי רוויות אומגה 3 אך לא אומגה 6 בגופות הדגים שהוזנו בדיאטות המכילות זרעים אלה.

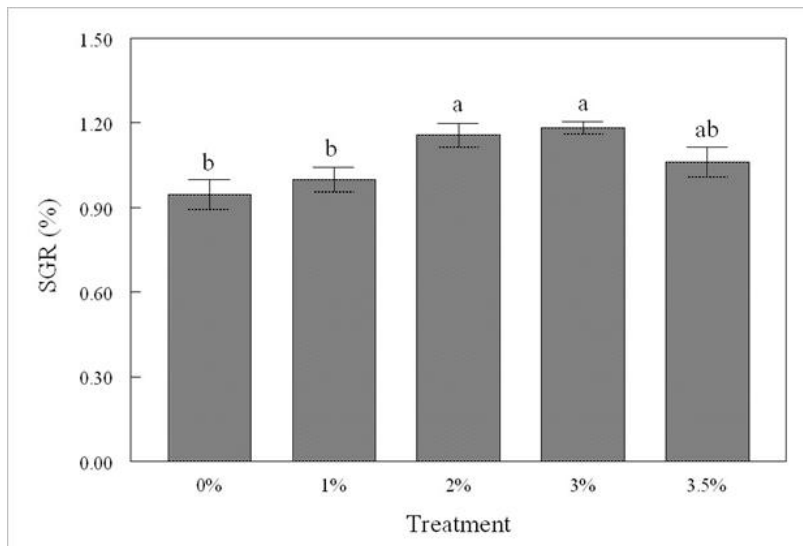
**טבלה 2:** הרכב חומצות שומניות בגופות דגים שהוזנו בדיאטות מועשרות בזרעי מרווה גרוסים/טחונים (השוואת רמת חומצות שומניות רב בלתי רוויות  $\Omega 3$  ו  $\Omega 6$  בטיפולים השונים).

length of Carbon chain	$\Omega 3$		$\Omega 6$	
	C18	C20	C18	C20
fatty-acid name	alpha-linolenic acid (ALA)		gama-linolenic acid (GLA)	
<b>ANOVA MODELS</b>				
Significance	**	**	ns	*
r <sup>2</sup>	0.36	0.36	0.10	0.34
<b>Mean multi-comparisons by treatment (n= 7) units= % of total fatty acids</b>				
A (control)	2.62 _bc	0.28 __c	0.43	0,70 a_
C (+ 8% coarse ground seeds)	3.38 _bc	0.42 ab_	0.42	0.66 ab
D (+ 8% meal)	2.30 __c	0.28 _bc	0.40	0.69 a_
E (+ 8% powder)	4.28 ab_	0.40 ab_	0.40	0.60 _b
F (+ 10% powder)	5.08 a__	0.49 a__	0.42	0.64 ab

r<sup>2</sup> = coefficient of determination. Significance levels: \*\* = 0.01, \* = 0.05, ns = not significant. Test performed on transformed data (arcsin of the square root transformation) to normalize percentage distribution, means given un-transformed. Mean multi-comparisons: different letters in each column indicate significant differences at the 0.05 level.

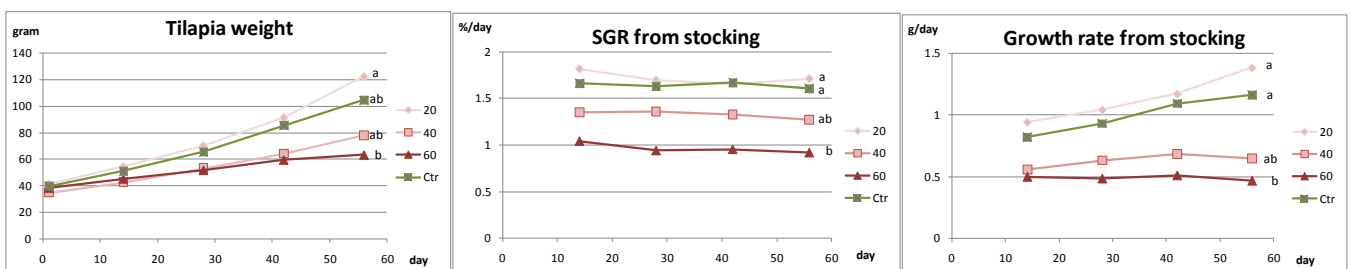
**בניסוי השלישי נבדק** במערכת המיכלים, **תוספת מלח כמרכיב מזון לדגי אמנון**. בכל מיכל אוכלסו 10 דגים במשקל ממוצע 65.6 גר'. הניסוי נערך ב 7 חזרות לטיפול במשך 60 ימים. בניסוי זה הוסף למזון אורגני שהכיל 35% חלבון ו6% שומן, מלח (NaCl) במינונים שונים (0, 1, 2, 3, 3.5%). ניסויים דומים שנערכו עם דגים אחרים הראו שתוספת המלח למזון דגים המגודלים במים מתוקים משפרת באופן משמעותי את פעילות האנזימים אשר משתתפים בשלבים האחרונים של תהליך העיכול וספיגת המזון ובכך משפרת את תוצאות הגדילה (Harpaz et al., 2005). תוצאות הניסוי הראו שיפור משמעותי בגדילת הדגים בכל הטיפולים להם הוסף מלח בהשוואה למזון הביקורת ללא תוספת המלח (איור 5). השיפור בגדילת הדגים היה ביחס ישר לכמות המלח המוספת למעט במינון הגבוה ביותר (3.5% מלח). שם כפי הנראה כמות המלח המוספת (על חשבון מרכיבי המזון האחרים) גבוהה מידי. מעבר לשיפור בתוצאות הגדילה, תוספת המלח מקטינה את עלות המזון ובכך יש תרומה רבה להקטנת עלות הגידול הכוללת של הדגים.





**איור 5:** קצב הגדילה הספציפי (SGR) (ב- %) (ליום) של דגי אמנון בהזנה בכופתיות מזון אורגני בתוספת מלח במינונים שונים (0 עד 3.5 אחוז)

**בניסוי הרביעי נבדקה** במערכת המיכלים **החלפת קמח דגים במיצוי חלבוני של סויה כמרכיב מזון לדגי אמנון**. לקמח דגים ולמיצוי חלבון סויה יש כמות חלבון זהה. בניסוי זה נבחן גדילת אמנונים על מזונות באותה רמת חלבון 45%, כשמיצוי הסויה מחליף חלק (20%, 40% ו-60%) מהקמח הדגים בהרכב המזון לעומת מזון שבו לא נעשתה כל החלפה של קמח הדגים. חשוב לציין ששיטת מיצוי החלבון מהסויה הייתה ללא שימוש בסולוונטים חריפים. בכל מיכל אוכלסו 4 דגים במשקל ממוצע 38.4 גר', מסומנים אינדיבידואלית ע"י חתך באחד הסנפירים. הניסוי נערך ב 4 חזרות לטיפול במשך 56 ימים. תוצאות הניסוי (איור 6): הבדלים משמעותיים בין טיפולים בגדילת הדגים התחילו להופיע מן היום ה-42. בטיפול בו הוחלף 20% מהקמח הדגים במיצוי חלבוני של סויה, גודל וגדילת הדגים לא הראו הבדלים משמעותיים בהשוואה למזון הביקורת ללא החלפת קמח דגים. בטיפול בו הוחלף 60% מהקמח הדגים הגדילה היתה כ-40% נמוכה מביקורת, ובטיפול בו הוחלף 40% מהקמח הדגים היתה גדילה ביניים ללא הבדלים משמעותיים מן הטיפולים אחרים.



**איור 6:** גודל (גרם) קצב הגדילה הספציפי (SGR ב- % ליום) וקצב הגדילה (גרם ליום) של דגי אמנון בהזנה בכופתיות מזון אורגני בה הוחלף קמח דגים במיצוי חלבון סויה במינונים שונים (0 בביקורת (Ctrl), 20, 40 ו-60 אחוז). אותיות שונות ביום אחרון מסמנות הבדלים משמעותיים ( $P < 0.05$ ).

### 3- ממשק אורגני לייצור דגים, ניסוי בבריכות עפר בתחנת דור:

ניסויים אלה נערכו ב-6 או 12 בריכות עפר של 300 מ<sup>2</sup> כל אחת, כל טיפול ב-3 חזרות. בהתאם לדרישות הגידול של חקלאות אורגנית, מקור המים למילוי הבריכות ולפיצוי איבודים בהתאיידות וחלחול הוא באר מקומית, לא היה מיחזור מים מבריכות קונבנציונליות, ולא בוצע ריסוס כנגד עשבים וחרקים טורפים. כל שנה אכלוס הדגים היה באותו הרכב פוליקולטורה בכל הבריכות, עם אמנון כדג עיקרי. שקילת הדגים בוצעה אחת לכ-שבועיים. בטיפול ביקורת לא הוכנסו מצעים בגוף המים וסופקו כופתיות אורגניות 30-35% חלבון בשיעור הזנה של 2%-1.5 ממשקל הדגים. בטיפול פריפטון הוכנסו מצעים בגוף המים שווה-ערך ל- 30-50% משטח הבריכה וסופקו -60% 70% מהמזון שסופקו בטיפול ביקורת.

**בניסוי הראשון נבדקו תוספת של מצע קשה שווה-ערך ל- 50% משטח הבריכה לעידוד פריפטון בו-זמנית עם צמצום ל-60% במזון המסופק לדגים.** המצע הוכנס מפני המים עד קרוב לקרקעית הבריכה והיה עשוי פלסטיק קשיח בצורת כוורת המשמש למניעת סחף קרקע בצידי דרכים (איור 7). אוכלוסיית הדגים היתה מורכבת מאמנונים של 330 גרם בצפיפות 1200 לדונם, ו 100 דגים קטנים (3-6 גרם) לדונם שכללו כסיף, קרפיון העשב ומוסר. תוצאות הניסוי מראות שהקטנת כמות המזון המוסף ב-40% והחלפתו במזון טבעי (פריפטון) הגודל על מצע בשטח שווה-ערך ל- 50% משטח הבריכה ממוקם בכל העמוד המים, פגמה במעט (10%) בקצב הגדילה של האמנונים (2.0 ג'יום לעומת 2.3 ג'יום) אך הביאה לירידה של 33% במקדם היפוך המזון (FCR). בדיקת המצע בסוף הניסוי הראה שרוב הפריפטון גדל על כמחצית משטחי המצע שהיו בשכבת המים העליונה. תוצאות של הניסוי הראשון הוצגו ב-2007 בירושלים בכנס השנתי חקלאות המים בישראל ובטורקיה בכנס בינלאומי, ופורסמו ב-

Milstein, A., Peretz, Y., and Harpaz, S. (2009). Culture of organic tilapia to market size in periphyton based ponds with reduced feed inputs. *Aquaculture Research* 40:55-59.



**איור 7:** ניסוי ראשון (לפני מילוי מים בבריכה): מצע קשה לעידוד גדילת פריפטון שווה-ערך ל- 50% משטח הבריכה.

**בניסוי השני: נבחנו שני סוגי מצע: יריעות פלסטיק חלקות** (המקור: אריזות כופתיות מזון דגים) **ומצע מחוספס** (רשתות צל המשמשות לכיסוי חממות) (איור 8). נבדקו תוספת של מצעים שוות-ערך ל- 30% משטח הבריכה בשכבת המים העליונה (כמסקנה מניסוי שנערך בשנה הקודמת) בו-זמנית עם צמצום ל-66% במזון המסופק לדגים. היו שתי ביקורות ללא מצע לעידוד פריפטון, ביקורת אחת קיבלה 100% והשניה קיבלה 66% ממנת המזון המסופקת לדגים. אוכלוסיית הדגים היתה מורכבת מאמנונים של 180 גרם בצפיפות 1070 לדונם, ועוד 100 דגים קטנים (7-15 גרם) לדונם שכללו כסיף, קרפיון העשב ומוסר.

תוצאות הניסוי: משקל הדגים הממוצע בתום הניסוי היה 500 גר' ולא נמצא הבדל מובהק בין הטיפולים השונים. הסיבה לכך הייתה תמותה מסיבית של הדגים (כ-50%), שרמתה הגבוהה התבררה רק בעת הורדת הבריכות בתום הניסוי. כתוצאה מהתמותה המזון ניתן למעשה בעודף רב מהנהוג בגידול דגים אורגני כך שהשפעת הפריפטון (והטיפולים השונים המשפיעים על רמתו) לא יכלה לבוא לידי ביטוי.



**איור 8:** ניסוי שני (לפני מילוי מים בבריכה): מצעים מחוספס (רשתות) וחלק (יריעות פלסטיק) בשכבת המים העליונה, שווה-ערך ל- 30% משטח הבריכה.

**בניסוי השלישי נבדקו תוספת של מצע קשיח מחוספס לבן שווה-ערך ל- 38% משטח הבריכה לעידוד פריפטון בו-זמנית עם צמצום ל-70% במזון המסופק לדגים במזונות צמחיים עם וברי תוספת של 2.8% מלח.** המצע היה רשת פלסטיק לבנה בעלת גודל עין 2 מ'מ', שהוכנס בשכבת המים העליונה (איור 9). בכל בריכה הותקנו 19 משטחים של 6X0.5 מטר, שטח כולל בשני הצדדים -114 מ<sup>2</sup>. אוכלוסיית הדגים היתה מורכבת מאמנונים של 113 גרם בצפיפות 1400 לדונם, ועוד 110 דגים קטנים (7-15 גרם) לדונם שכללו כסיף, קרפיון העשב ומוסר. מסיבות

טכניות דג המוסר אוכלס חודש לאחר הדגים האחרים. מליחות הבוץ בקרקעית הבריכות נמדדהחודש לאחר איכלוס הדגים ובסוף הניסוי. תוצאות הניסוי הראו הבדלים משמעותיים בין טיפולים רק במקדם היפוך המזון ולא בפרמטרים של גדילת האמנונים ובמליחות הבוץ בקרקעית הבריכה. העיכוב באיכלוס המוסר (דג טורף) תרם לתופעה חזקה של הטלה פראית של אמנונים בכל הבריכות, דבר שהשפיע לרעה על גדילת הדגים. אולם כמות ההטלה הפראית היתה דומה בין הבריכות, עובדה המאפשרת עריכת השוואות (במגבלות ההטלה הפראית). מסקנות הניסוי הן:

(1) הקטנת כמות המזון המוסף ב-30% והחלפתו במזון טבעי (פריפיטון) הגדל על המצע המוכנס בשכבת המים העליונה (שווה-ערך ל- 38% משטח הבריכה) לא פגמה בקצב הגדילה של האמנונים אך הביאה לירידה של 32% במקדם היפוך המזון.

(2) הוספת 2.8% מלח למזון לא פגעה בקצב הגדילה של האמנונים, לא גרמה להצטברות מלח בקרקעית הבריכה, והקטינה את עלות המזון ובכך יש תרומה רבה להקטנת עלות הגידול הכוללת של הדגים.



**איור 9:** ניסוי שלישי (לפני מילוי מים בבריכה): מצע מחוספס לבן בשכבת המים העליונה, שווה-ערך ל- 38% משטח הבריכה.

### דיון הכולל מסקנות והשלכותיהן על המשך ביצוע המחקר.

המזון מהווה את ההוצאה הגבוהה ביותר בגידול דגים אורגני. שימוש במצעים להגדלת כמות המזון הטבעי העומד לרשות הדגים הינה דרך להוזלת עלות הייצור. הזנת דגים בפריפיטון פירושה שימוש במקור אנרגיה טבעי (שמש) שמאפשר לחסוך באנרגיה תעשייתית (ליצור מזונות במפעלים והובלתם לחוות גידול דגים), דבר בעל חשיבות על פי עקרונות החקלאות האורגנית. יחד עם זאת, כושר הייצור המרבי של מזון טבעי בבריכה אינו מספיק להשגת יבולים שיעמדו במבחן כלכלי ולכן חייבים להשתמש במזון מוסף החייב להיות ממקור אורגני. לכן, גישת המחקר היתה שילוב של העשרת הפריפיטון בבריכה וחיפוש במרכיבי מזון אלטרנטיביים העומדים בתקן האורגני ומביאים יתרון גידולי ו/או כלכלי.

ניסוי המעבדה שנערכו עם מרכיבי מזון לאמנון הראו ש-

(א) הגפת איננה מתאימה כמרכיב מזון;

(ב) הגלוטן הוא מקור חלבון שיכול לשמש כתחליף מכיוון שאיננו פוגם בגדילת האמנון;

(ג) תוספת של 8-10% זרעי מרוזה עתירת חומצות שומן רב-בלתי רוויות טחונים לא השפיעה על

קצב הגדילה של האמנונים אך הביאה להצטברות משמעותית של חומצות שומניות רב בלתי

רוויות אומגה 3 בגופות הדגים שהוזנו בדיאטות המכילות זרעים אלה;

(ד) שימוש בתוספת מלח במינון נמוך (2-3%) בתנאי מעבדה הראה שיפור משמעותי בגדילת

האמנונים וביחס היפוך המזון. בתנאי גידול בבריכות חצי מסחריות הוספת 2.8% מלח למזון לא

פגעה בקצב הגדילה של האמנונים, דבר שמצביע על המלח כמרכיב מזון זול אפשרי. עלות מרכיבי

מזון קונבנציונלי היא כ-2 ש"ק/קג, מרכיבי מזון אורגני כ-4 ש"ק/קג, ומלח 0.3 ש"ק/קג. החלפת 2.8%

חומרים יקרים במלח אמורה להוזיל את עלות המזון הקונבנציונלי ב-2.4% והעלות של המזון

האורגני ב-2.6% מבלי לפגוע בדגים. שיעורים אלו בהחלט משמעותיים בכמויות המזון הנצרכות

בגידול בקנה מידה מסחרי!

(ה) מיצוי חלבון מסויה הינו מקור חלבון שיכול להחליף עד 20%-40% מקמח דגים בלי לפגוע

בגדילת האמנון.

בשני הניסויים הראשונים בכלובים לא נתגלה הבדל בכמות הכלורופיל בין מצעים שהיו בבריכה ונחשפו לדגים שיקלו להיזון מהם לעומת אלה שהיו בכלובים. עובדה זו יכולה להיות מוסברת בשני

אופנים: (א) הדגים לא ניזונו מהמצעים או (ב) קצב הכיסוי של המצעים אשר נחשפו לדגים שאכלו

מהם גבוה ומפצה על החומר שנאכל ע"י הדגים. ההבדלים בכמות החומר האורגני והיבש בין

המצעים בכלוב ובשטח החשוף לדגים מצביעים על כך שהדגים אמנם ניזונו מהמצעים. ואמנם

נמצאו סימני אכילה על המצעים בדומה לתוצאות ניסוי שנערך בעבר (Milstein et al, 2005).

בניסוי בריכות הראשון הוכח ששימוש במצע פלסטי המשמש לעיצוב דרכים ומניעת סחף יכול

לשמש מצע מתאים שכן פריסתו פשוטה ואיננה צורכת כח אדם רב (משאב יקר בארץ) והוא יכול

לשמש לאורך מספר רב של שנים. יחד עם זאת עלותו גבוהה ומסתכמת בכ-3000 דולר לדונם

כשמשמים כמות שווה-ערך ל-50% משטח הבריכה. החיסכון של 40% בכמות המזון הסתכם

בכ-275 דולר לדונם ועל כן המצע הזה עדיין יקר. לעומת זאת אם פריסת המצע תבוצע רק בחלק

העליון (המואר) של המים בו רוב הפריפוטון גדל, יעשה שימוש במחצית כמות המצע שיחזיר את

ההוצאה ב-5-6 שנים. עם פריסת מצעים זולים יותר ניתן יהיה להגיע לחיסכון ניכר (המצע בניסוי

השלישי עלה מחצית מהמצע בניסוי הראשון), ועוד יותר אם יעשה שימוש בחומרים משומשים או

פסולות כמצע. לכן בדקנו גידול פריפוטון על מגוון רשתות חקלאיות (היכולות לשמש למטרה זו

לאחר שנעשה בהן שימוש חקלאי), אריזות פלסטיק של כופתיות מזון דגים וכפות תמרים.



בדיקת המצעים הללו הראתה שכפות התמרים יכולות לשמש כמצעים ואף כמזון ישיר לאמנונים אך השימוש בהם במדגה בארץ מוגבל עקב המחיר היקר של הובלתם ופיזורם בבריכות. כמות הפריפוטון שגדלה על מצעים מחוספסים (רשתות) הייתה גבוהה יותר מזו שגדלה על מצעים חלקים (משטחי פלסטיק), ברשתות חקלאיות הייתה גבוהה יותר ברשתות הצפופות יותר, וברשתות לבנות הייתה גבוהה מזו שברשתות כחולות ושחורות. בניסוי בברכות עם שקי פלסטיק ורשתות חקלאיות לא היו תוצאות במדדי גדילת הדגים עקב תמותת דגים, אך למדנו שהטיפול בהצבת מצעים גוזל זמן רב ודורש מאמצים לייצובם בגוף המים. בנוסף, אחרי חשיפתם לרוח לא ניתן להשתמש בהם בעונת גידול נוספת. לפיכך, בהסתמך על מימצאים אלה, בניסוי בשנה שלישית נעשה שימוש כמצע מחוספס ברשתות פלסטיק קשיחות בצבע לבן ממוקמות רק בחלק העליון של המים. בניסוי הוכח שמצע כזה מתאים לעידוד פריפוטון כמזון טבעי לאמנונים, ואחרי חשיפתם לרוח ראינו שניתן להשתמש בהם בעונות גידול נוספות.

על המצע רשת פלסטיק קשיח בצבע לבן הקצב הגידול היומי הנמדד של הפריפוטון היתה כ-2 גרם חומר יבש /מ<sup>2</sup>/יום. מבוסס על מדידה זו חושב שטח המצע הנדרש כדי לספק רמות שונים של הזנה ל-1 קילוגרם דגים (טבלה 3). למשל, כדי ליצר פריפוטון בשיעור שוות-ערך ל- 0.5% מביומסת הדגים ליום (כרבע מהצריכה היומית של הדגים) ולחסוך אותה כמות מהמזון התעשייתי מוסף, נזקקים ל- 2.5 מ<sup>2</sup> של מצע כזו לכל קילוגרם אמנונים בבריכה. בניסוי השלישי התקבלה אותה גדילה של אמנונים בבריכות ביקורת ובבריכות פריפוטון עם 30% פחות מזון מוסף. בכל בריכת פריפוטון היו 114 מ<sup>2</sup> מצע זה, כך שאומדן יצור הפריפוטון בבריכות הוא 225 גרם/יום. בהתחלת הניסוי כמות זה היתה שוות-ערך ל- 0.5% מביומסת האמנונים בבריכה, ומהווה 40% מהכמות המזון מוסף שסופקו לבריכות ביקורת (560 גרם/יום). בסוף הניסוי, עם גדילת הדגים על אתו שטח מצע, כמות זו היתה 0.2% מביומסת האמנונים ומהווה 12% מהכמות המזון המוסף שסופק לבריכות ביקורת (1890 גרם/יום).

**טבלה 3** יחס שיעור הזנת דגים - שטח מצע לגידול פריפוטון נדרש להזנת כל קילוגרם דגים, לפי מדידת גידול פריפוטון על המצע רשת פלסטיק קשיח בצבע לבן.

שטח מצע נדרש לכל קילוגרם דגים (מ <sup>2</sup> )	שיעור הזנה (% מביומסה הדגים)
1.0	0.2
2.5	0.5
5.0	1.0
7.5	1.5
10.0	2.0
12.5	2.5

Harpaz, S., Y. Hakim, T. Slosman, O. T. Eroldogan (2005). Effects of adding salt to the diet of Asian sea bass *Lates calcarifer* reared in fresh or salt water recirculating tanks, on growth and brush border enzyme activity. *Aquaculture* 248: 315– 324.

Milstein, A., D. Joseph, Y. Peretz and S. Harpaz (2005). Evaluation of organic tilapia culture in periphyton-based ponds. *Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh* 57(3):143-155



## **סיכום עם שאלות מנחות**

<p><b>מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה.</b></p> <p>פיתוח ממשק אורגני על ידי עידוד ייצור המזון הטבעי בבריכות דגים, ובכך להוריד את עלויות המזון.</p> <p>בחינת גדילת דגי אמנון בתנאים אורגניים בבריכות בהם הופחתה מנת המזון התעשייתי באחוזים ניכרים במקביל לשימוש במצעים לעידוד גידול של פריפיתון (המשמש מזון טבעי לאמנונים).</p> <p>בחינת מרכיבי מזון אלטרנטיביים העומדים בתקן האורגני על מנת להפחית את מחיר הכופתית.</p>
<p><b>עיקרי הניסויים והתוצאות.</b></p> <p>ניסוי המעבדה עם מרכיבי מזון הראו ש- (א) גפת איננה מתאימה כמרכיב מזון לאמנונים. (ב) גלוטן ומיצוי חלבון סויה הם מקורות חלבון שיכולים לשמש כמרכיב מזון. (ג) תוספת של 8-10% זרעי מרווה עתירת חומצות שומן רב-בלתי רוויות טחונים דק או תוספת של 2-3% מלח משפרים את איכות המזון לאמנונים.</p> <p>בניסויים בכלובים הראו ש- (א) כמות הפריפיתון שגדלה על מצעים מחוספסים הייתה גבוהה יותר מזו שגדלה על מצעים חלקים, (ב) ברשתות חקלאיות הייתה גבוהה יותר ברשתות הצפופות יותר, ו-(ג) ברשתות לבנות הייתה גבוהה מזו שברשתות כחולות ושחורות.</p> <p>בניסויי בריכות הוכח ששימוש במצעים בכמות שוות-ערך ל- 40-50% משטח הבריכה מאפשר לחסוך כ-30% מ-40% מכמות המזון המוסף בלי לפגוע משמעותית בגדילת האמנונים.</p>
<p><b>המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר בתקופת הדו"ח? כן.</b></p> <p>שימוש במצעים להגדלת כמות המזון הטבעי העומד לרשות הדגים הינה דרך להוזלת עלות הייצור.</p> <p>שימוש במצעים בכמות שוות-ערך ל- 40-50% משטח הבריכה מאפשר לחסוך ב-30-40% בכמות המזון המוסף בלי לפגוע משמעותית בגדילת האמנונים. מומלץ למקם המצע רק בחלק המואר של המים בו רוב הפריפיתון גדל, ולהעדיף מצע מחוספס, קשיח ולבן.</p> <p>במצע כזה קצב הגידול היומי של הפריפיתון היה כ-2 גרם חומר יבש /מ<sup>2</sup>/יום. לכן אפשר להעריך שכדי לספק מזון בשיעור 0.5% מביומסת הדגים ליום (כרבע מהצריכה היומי של הדגים) דרושים 2.5 מ<sup>2</sup> של מצע לכל קילוגרם אמנונים בבריכה.</p> <p>כמרכיבי מזון בכופתית האורגנית לאמנונים ניתן להשתמש גלוטן, להחליף עד 20%-40% מקמח דגים במיצוי חלבון מסויה, להשתמש בתוספת של מלח ( 2-3% ) או זרעי מרווה טחונים דק (10%) על מנת לשפר את גדילת הדגים תוך הוזלת עלות המזון והפחתת רמת קמח הדגים בכופתית האורגנית.</p>
<p><b>בעיות שנתרו לפתרון/או השינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנתרה לביצוע תוכנית המחקר? הושגו מטרות המחקר.</b></p>
<p><b>הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: פרסומים בכתב</b></p> <p>Milstein, A., Peretz, Y., and Harpaz, S. (2008). Periphyton as food in organic tilapia culture: comparison of periphyton growth on different substrates. <i>Israel Journal of Aquaculture – Bamidgheh</i> 60(4):243-252.</p> <p>Milstein, A., Joseph, D., Peretz, Y., and Harpaz, S. (2008). Increasing natural food and reducing added feeds in organic tilapia ponds. <i>World Aquaculture</i> 39(1):28-29.</p> <p>Milstein, A., Peretz, Y., and Harpaz, S. (2009). Culture of organic tilapia to market size in periphyton based ponds with reduced feed inputs. <i>Aquaculture Research</i> 40:55-59</p>
<p><b>הרצאות ימי עיון</b></p> <p>Aqua 2007. European Aquaculture Society Congress. Istanbul, Turkey. October 2007.</p> <p>Milstein, A., Peretz, Y. and Harpaz, S. (2007). Organic tilapia culture in periphyton based ponds with reduced feed inputs. pages 364-365 in EAS Congress Aquaculture Europe 2007 Abstracts.</p> <p>כנס שנתי חקלאות המים בישראל, אגף הדיג וארגון מגדלי דגים, ירושלים, מרץ 2007.</p> <p>אנה מילשטיין, הרצאה על גידול אורגני של אמנונים.</p> <p>Symposium on 'Culturing fish with limited resources'. Marine Biological Laboratory (MBL), Woods Hole, MS, U.S.A. April 2008.</p> <p>Ana Milstein. Guest speaker. Lecture on 'Periphyton based organic tilapia culture'.</p>
<p><b>פרסום הדוח:</b> אני ממליץ לפרסם את הדוח:</p> <p>◀ ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)</p>