



## חוזרים לטבע- אקווריום צמחיה טבעי

ד"ר גל הרצוג<sup>1</sup>

<sup>1</sup>סניפירים- חוות גידול דגי נוי, קיבוץ חפץ חיים. 050-5966801  
Snapirimfarm@gmail.com

הוגש לפרסום: 16/05/15

### הקדמה

דיאנה וולסטד (Diana Walstad) עם צאת סיפורה [1] ועל כך תודתנו נתונה לה.

נקדים ונאמר כי שיטת הקמה זו נתונה לביקורת מסוימת מצד חובבים רבים ונתייחס גם אליה בסיכום המאמר.



תמונה 4: אקווריום צמחיה טבעי, 700 ליטר, הראל מתכת, ראשיל"צ מאי 2015.



לקוח המעוניין בהסבת האקווריום שברשותו לאקווריום צמחיה, יודע מראש שהתהליך ידרוש זמן וסכום לא מבוטל של כסף. הסוחר התורן יאמר לו שעל מנת ליצור איזון באקווריום שכזה, יש צורך במצעי קרקע מיוחדים במאות שקלים, לצד תאורה עוצמתית וייעודית בשווי מספר מאות שקלים נוספים. בשלב הבא ייקח הסוחר את הלקוח התמים למדף הדשנים, שם יצליח לבלבל אותו עם עשרות סוגים שונים של תוספים, מיקרו ומקרו-נוטריאנטים. זאת כמובן לפני ששוחחנו על מחממי קרקעית, מערכות פחמן דו-חמצני, ברזי ויסות, בקרי pH, סופרי בועות, דיפוזרים ומה לא?!

ומה אם הלקוח מעוניין באקווריום פשוט בו חיים זה לצד זה צמחים ודגים עמידים? אולי זאת תהיה אפילו צנצנת בעלת נפח של 5 ליטרים בלבד?

פיסיקאים, נדהמים מרעיון הפרפטום מובילה (מכונה המבצעת עבודה יעילה ללא הפסק מבלי לצרוך אנרגיה חיצונית). כביולוג, מאז ומעולם עניינו אותי מערכות מודל סגורות אשר מסוגלות לקיים את עצמן לאורך זמן, ללא צורך בהתערבות חיצונית, בדומה למתרחש בטבע.

במאמר זה, נתאר מערכת ביולוגית מימית, פשוטה להקמה ותפעול, הדורשת התערבות מינימאלית מצד המגדל. נשתדל לעמוד על יתרונות השיטה, אך לא נסתיר גם את חסרונותיה המרכזיים.

השיטה המוכרת גם כ: NPT (Natural Planted Tank), Walstad Tank, natural, הפכה פופולארית במיוחד בזכות

### מערכת אקולוגית ימית בשיטת וולסטד (Walstad)

מטרת שיטת וולסטד היא לקיים מערכת אקולוגית, בה צמחים ודגים חיים ביחסי גומלין זה כלפי זה לאורך זמן [1]. הרעיון אינו חדש ומוכר בתחביב מזה מעל ל-100 שנה, אך בשנים האחרונות נחקר באינטנסיביות ותואר לפרטים. באקווריומים המקובלים כיום יש צורך במשאבת אוויר אשר תספק לדגים חמצן ובפילטר ביולוגי. כידוע, בקטריות ניטריפיקנטיות בפילטר הביולוגי הופכות את האמוניה הרעילה המשתחררת מהדגים לתוצר שאינו רעיל בשם ניטראט (דרך תוצר ביניים בשם ניטריט) [2] ולכן פילטר שכזה נראה כהכרחי לקיום אקווריום מאוזן. ע"פ שיטת וולסטד, צמחים וקרקע פשוטה מחליפים באופן מלא את הפילטר ומשאבת האוויר המקובלים, זאת בזכות התכונות הבאות: 1. במערכת של וולסטד ישנו שימוש בחיידקים מפרקי חנקות (ניטריפיקנטים) המצויים בקרקע ובצמחים המסוגלים לקלוט

### עקרונות השיטה:

1. מצע הגידול: יש לשים בתחתית המיכל שכבה בגובה 2-3 ס"מ של מצע שתילה פשוט הנמכר במשתלות. מצע הגידול אחראי על פירוק חנקות מסוכנות (אמוניה וניטריט) לתוצרים בלתי רעילים (ניטראט), בזכות בקטריות המצויות בקרקע [3]. בנוסף, אחת ממטרות מצע הגידול היא שחרור של פחמן דו חמצני למים, אשר יעודד צמיחת צמחים וייצב את רמת החציצה של המים (KH). יש להימנע ממצעי קרקע המכילים דשנים כימיים כדוגמת גופרית וניטראט. תוספת של גופרית למצע תגרום ליצירת מימן-גופרית ( $H_2S$ ) במים אשר יפגע קשות בעיקר בשורשי הצמחים. תוספת של ניטראט במצע, תוביל ליצירת ניטריט המהווה חומר רעיל עבור הדגים. תוספת של זרחן וסידן למצע עשויה להיות דווקא מועילה, למרות שאינה הכרחית, במיוחד במים הישראליים. מומלץ להשתמש במצעי גידול בעלי pH 6-7. יש להימנע ממצעים המכילים כמות גדולה של דשן (רעיל), כבול (חומציות גבוהה) או שבבי עץ (שחרור טנינים הגורמים לצבע חום-צהוב במים) [12]. מצע הקרקע מהווה את הגורם הגדול ביותר לביקרות כנגד שימוש בשיטת וולסטד ועל כך נדון ב"אתגרים בישום השיטה".
2. מצע הכיסוי: יש להוסיף שכבה של 2-3 ס"מ של חצץ בעל גרגר בינוני או קוורץ גרוס עבה על גבי מצע הגידול. כמצע כיסוי, ניתן גם להשתמש בשכבה דקה של חול המשמש למילוי פילטרים בבריכות שחיה. יש לשים לב מחד כי עודף במצע כיסוי או שימוש בשכבה עבה של גרגר גרוס דקה עשויה לפגוע בתנועת הגזים אל ומתוך המצע. נזכור כי חיידקי הקרקע הם חיידקים אירוביים בעיקרם (דורשים חמצן) ולכן אין לחסום את

אמוניה חופשית ישירות מהמים ולהפוך אותה למסה צמחית, לכן אין הצטברות של חנקות רעילות [11]; 2. צמחים מסוגלים לאגור ולהשתמש במתכות כבדות הנספגות מהמים וכך לטהר אותם; 3. שאריות המזון והפסולת האורגנית המופרשים מהדגים, משמשים את הצמחים כחומרי הזנה; 4. דגים ובקטריות, מייצרים פחמן דו חמצני המשמש את הצמחים לבנייה ואנרגיה; 5. הצמחים מצידם פולטים בתהליך הפוטוסינתזה חמצן (כתוצר לוואי), המשמש את הדגים לנשימה.

חשיבות מיוחדת ניתנת במערכת וולסטד למצע הגדילה של הצמחים, לשילוב תאורה טבעית באקווריום וליחס שבין כמות הדגים וכמות הצמחים. במילים אחרות, כמו בכל מערכת ביולוגית, מדובר באיזון עדין שבין ההיצע לדרישה של כל אחד מהחברים במערכת [9].



תמונה 2: מודל לבניית אקווריום צמחיה טבעי, 300 ליטר, ביצרון, מאי 2015



### יתרונות השיטה:

במערכת המתוארת, צמחים עמידים צומחים באופן מרשים; אין צורך בהזרקה פחמן דו חמצני; התפרצות אצות היא נדירה; אין צורך בדישון הצמחים; ישנה אספקה טבעית של חומרי הזנה לדגים; נוצרת סביבה יציבה עבור הדגים; אין צורך בשאיבת רפש או בהחלפות מים תכופות; אין ריח לוואי; אין צורך בפילטר חיצוני או במשאבת אוויר; ניתן ליישם את השיטה באקווריומים בעלי נפח גדול או קטן מאוד (ואפילו צנצנות [4]); בניית המערכת קלה ומאוד חסכונית בעלויות.



(ומשחררת חמצן כתוצר לוואי). באקווריום מסוג וולסטד, דרושה עוצמת תאורה בינונית העומדת על כ- 0.6 וואט לליטר מי אקווריום. אומנם חשוב שכל האקווריום יהיה מואר למשך 8-10 שעות ביום, אך אין חשיבות רבה לסוג התאורה ולכן ניתן להשתמש גם במנורות ביתיות רגילות (לבנות) ולא כאלה הייעודיות לצמחיה. מומלץ מאוד למקם את האקווריום ליד חלון המספק אור שמש כשעה אחת ביום. חשוב לשים לב שלא יהיה חימום יתר של האקווריום כתוצאה מחום שמש ממושך. מומלץ שלא להעיר את האקווריום במשך 8 שעות ברציפות אלא ליצור מחזור של 4 שעות הארה, 4 שעות חושך ולאחריהם עוד 4 שעות הארה עד לתחילת המחזור הבא. מנוחה שכזאת בין שעות התאורה חשובה לקיום השעון הצירקדי (פנימי) של הצמח ובסופו של דבר לקיבוע יעיל של הפחמן הדו חמצני בשעות החושך, לגדילת הצמחים ולעיכוב גדילת אצות [6].

6. תנועת המים: באקווריום הגדולים מ 10 ליטר, מומלץ לשמור על תנועת המים באמצעות הוספת ראש כוח קטן. תנועה של מים מסייעת בחמצון המים לטובת הדגים והבקטריות המצויות במצע ומעכבת התפתחות ביופילם (הצמדות והצטברות של חיידקים למשטחים) ע"פ המים.

7. בדיקת המים: בחודשים הראשונים, מומלץ לבדוק באופן סדיר, כל 2-3 ימים, את ערכי המים. ערכי ה-pH, אמוניה וניטריט עשויים להשתנות ולסכן את הדגים והצמחים. יתכן שיהיה שינוי חד אך זמני בערכים אלה בזמן שמצע הגידול סופח ופולט חומרים למים. במקרה של חריגה בערכים, יש להשתמש בחומרים יעודים ובהחלפות מים.

8. מניעת התפרצות אצות: אצות הינן האב הקדמון של צמחים ולמעשה קיימת תחרות קבועה בין אצות

מצע הגידול מאספקת חמצן. מאידך, שכבה דקה מדי של מצע הכיסוי צפויה לגרום לציפתו ולזיהום המים.

3. סוג המים: מומלץ שלא להשתמש במים רכים באקווריום, אלא במי ברז. המים הישראליים עשירים בסידן אשר מסייע בגדילת הצמחים המוצעים במאמר זה. הוספה של מים תהיה מלווה בהוספת קונדישנר (אנטי כלור) למים. במקרה שמשתמשים במים אשר עברו סינון, מומלץ להוסיף שברי אלמוגים למשל, אשר מעלים את קשיותם בזכות הוספת סידן.

4. סוגי הצמחים: לצורך בניית האקווריום, מומלץ להשתמש במגוון צמחים מהירי גדילה, בעלי מערכת שורשים ענפה ודרישות אור נמוכות. לדוגמה: היגרופליה קורימבוסה (*Hygrophila corymbosa*), שינרסיה (*Shinnersia*), רוטלה רוטנדיפוליה (*Rotala rotundifolia*), לודוויגיה רפנס (*Ludwigia repens*), לימנופיליה סיליפלורה (*Limnophila sessiliflora*), קרנן טבול (*Ceratophyllum demersum*), ולינסריה (*Valinseria*), אכינדורוס מיור (*Echinodorus major*), חרב האמזונס (*Echinodorus bleheri*), אכינדורוס טנלוז (*Echinodorus tenellus*), חרב אוזולוט ("Ozelot") (*Echinodorus Cryptocoryne*), קריפטוקורין וונדטי (*wendtii Bacopa*), בקופה מונירי (*monnieri*), רוטלה רוטנדיפוליה (*Rotala rotundifolia*). לאחר שצמחים מהירי גדילה אלה התבססו באקווריום, ניתן להכניס גם צמחים עמידים אחרים הגדלים לאט יותר כדוגמת אנוביה (*Anubias*) [3].

5. תאורה: לתאורה חשיבות רבה כיוון שהיא המניעה את הפוטוסינתזה המתרחשת בצמחים: הפיכת פחמן דו חמצני לאנרגיה ומקור פחמן המשמשים לגדילת הצמח

זברה דניו, רוזי ברב, גופי, גורמי, מולים, סייפנים, טטרה סרפה ואפילו סקלארים.



תמונה 3: אקווריום צמחיה טבעי, 450 ליטר, אשדוד, מאי 2015.



### אתגרים בישום השיטה:

למרות שעבור חובבים רבים, זוהי שיטה נהדרת לגידול פשוט של מסה צמחית רבה לצד מגוון דגים עמידים, אחרים מצביעים על מספר חסרונות בולטים, כאשר המרכזי שבהם הוא מצע הגדילה. תנועה של מצע הגדילה מובילה לעכירות המים במיכל. מכאן, יש להימנע ככל הניתן מהפרעה לאחידות המצע. במקרה של הוצאת צמחים מהמיכל (במיוחד אלה עם מערכת שורשים מסועפת), או שאיבת רפש, יש לנתק את ראש הכוח וכך להפחית את סחרור המים. במקרה של הוספת מים, יש להקפיד על זרימת מים נמוכה או להשתמש בצלחת הפוכה המונחת ע"ג המצע כאשר המים נשפכים עליה ולא ישירות על הקרקע. לשמחתנו, כאשר מצע הגידול וותיק, הבקטריה הנמצאת בו יוצרת אפקט של הדבקה (באמצעות פוליסכרידים המופרשים ממנה), המוביל לשקיעתו תוך זמן קצר (כשעה) ולהצללת המים.

כמות הדגים המוכנסת למיכל היא פונקציה של כמות הצמחים המצויים בו, שטח הפנים של המיכל ותנועת המים/חימצונם. בעיקרו, ככל שהיו יותר דגים במיכל, יהיו יותר חומרי הזנה לצמחים ויותר פחמן דו חמצני, מאידך הוספת יתר של דגים מובילה לחוסר בחמצן במים ועליה ברמת החנקות הרעילות. על מנת לאכלס בכל זאת כמות גדולה של דגים,

לצמחי מים על משאבים. פעמים רבות, כאשר תנאי הגידול של צמחי המים מיטביים, אנו עדים גם להתפרצות אצות במיכל. במקרה כזה, יש להפחית באופן זמני את משך התאורה, או להוסיף צמחים צפים כדוגמת קרנן טבול או עדשות מים, או לשכן במיכל דג נקאי, אשר אינו אוכל צמחים (כדוגמת אוטוצינקלוס או סטוריסומה).

9. החלפות מים: בחודשיים הראשונים, יש לבצע החלפות מים תדירות, על מנת להוציא רעלים, טנינים (יוצרים גוון צהוב-חום במים) וחומרים המעודדים צמיחת אצות המשתחררים בעיקר ממצע הגידול. לאחר כחודשים, ניתן לבצע החלפות מים בתדירות נמוכה ביותר, אפילו אחת לחודש וחצי. יש המוסיפים פחם פעיל לאקווריום על מנת להציל את המים. פחם סופח גם חומרים החיוניים לצמחים (כדוגמת פוספאט) ולכן אינו מומלץ במיוחד. שאיבת רפש אינה חיונית, כיוון שפסולת הדגים שוקעת במצע ומומרת ע"י חיידקי הקרקע לחומרי הזנה עבור הצמחים. תופעה זו, משמרת את הקרקע חיונית ומלאת חומרי הזנה במשך זמן ממושך (עד 10~ שנים) [10].

10. הכנסת יצורים חיים: באקווריום הבנוי בשיטת וולסטד, ניתן להכניס דגים שאינם פוגעים בצמחים וחסרי חוליות כשרימפס. אכלוס האקווריום יכול להיות מיידית (בצפיפות נמוכה) ואין צורך בביצוע סייקלים ארוכים, בדומה להקמתו של אקווריום צמחיה. הוספת שבלולים, שאינם אוכלים צמחים מומלצת, כיוון שמסייעת בפירוק פסולת הדגים ובשליטה בכמות האצות. כאן המקום לציין שמומלץ שכלל היצורים המוכנסים למיכל יהיו עמידים בשל השינויים החדים הצפויים בערכי המים, בתחילת התהליך. דוגמה לדגים שכאלה, יכולה להיות: קוריידורס,



צמח-דג, אך גם מזכירה לנו מהן אבני היסוד המקיימות אקווריום מאוזן. השיטה שתוארה, מחזירה אותנו צעד אחד לאחור ומקרבת אותנו למתרחש במערכות אקולוגיות גדולות בהרבה. לצדד היתרונות הרבים של השיטה שתוארו לעיל, אין להקל ראש באתגר המרכזי, מצע הגידול. שימוש במצעי גידול פשוטים, המיועדים לצמחים יבשתיים, מוביל בד"כ לעכירות ושינוי בערכי המים במיכל, בשלב הצבת המערכת. בהמשך, תנועה כלשהי בקרקע, גם בשלב בו האקווריום יציב, עשויה להוביל פעם נוספת לעכירות. פתרון אפשרי לחסרון מרכזי זה הוא שימוש במצע שתילה המיועד לצמחי מים, כדוגמת Aquabasic של חברת JBL הגרמנית.

ניתן להוסיף למיכל פילטר ביולוגי ומשאבת חמצן.



תמונה 4: אקווריום צמחיה טבעי, 700 ליטר, הראל מתכת, ראש"צ מאי 2015.



### סיכום

כניסת האוטומציה לתחביב האקווריומים, עודדה אותנו לסמוך יותר על חשמל וחומרים המוספים למים ופחות על איזון ביולוגי טבעי. במאמר זה סקרנו שיטה שאינה חדשה לעולם האקווריום ולמעשה קיימת בו מעל ל 100 שנה. שיטת וולסטד מלמדת אותנו על יחסי הגומלין חיידיק-

### מקורות מידע

1. **Walstad D.** ECOLOGY of the PLANTED AQUARIUM A Practical Manual and Scientific Treatise for the Home Aquarist *Third Edition* (2013)
2. **גל הרצוג, אמוניה- הרוצח השקט! באתר:**  
<http://www.snapirimfarm.com/#!papers/cq4e>
3. Aqua botanic: Walstad D. PLANTS and BIOLOGICAL FILTRATION at:  
[http://web.archive.org/web/20080111195719/http://www.aquabotanic.com/plants\\_and\\_biological\\_filtration.htm](http://web.archive.org/web/20080111195719/http://www.aquabotanic.com/plants_and_biological_filtration.htm)
4. **Walstad D.** Small Planted Tanks for Pet Shrimp (2009).
5. Hub pages website: How to Set Up a Naturally Planted Tank Using the Walstad Method at: <http://santos88.hubpages.com/hub/How-to-Walstad-Tank>
6. Aquatic plant central at: <http://www.aquaticplantcentral.com/forumapc/el-natural/67271-lighting-siesta-co2.html>
7. Wayback machine website:  
[http://web.archive.org/web/20100124200526/http://www.aquabotanic.com/diana\\_walstad\\_gallery.htm](http://web.archive.org/web/20100124200526/http://www.aquabotanic.com/diana_walstad_gallery.htm)
8. Harries B. Goldfish and Aquarium Board Articles Step by Step: Setting up a Walstad-Type Natural Planted Tank at: <http://thegab.org/Articles/WalstadTankDemo.html>
9. <https://www.youtube.com/watch?v=ovXVHoHC6TM>



10. <https://www.youtube.com/watch?v=m1mRfcqrJGM&index=2&list=PL5A63461AF82A5DDB>
11. <https://www.youtube.com/watch?v=nWMFKw1uaJA&list=PL5A63461AF82A5DDB&index=3>
12. <https://www.youtube.com/watch?v=QIXMeysnBv8&list=PL5A63461AF82A5DDB&index=5>