

אקופיסיולוגיה של נידת החוף (*Najas marina* L.) בישראל

משה אגמי

מוקדש בהוקרה למורי, פרופ' יעקב גליל לרגל יובלו השבעים.

הסוג ניידה (*Najas*) הנמנה על משפחת הניידים (*Najadaceae*) כולל כ-40 מינים. שניים ממינים אלה נמנים על הצמחייה המקומית: ניידה קטנה (*Najas minor* All.) גדלה בעבר בארץ, אך כפי הנראה נכחדה ממנה, וניידת החוף (*Najas marina* L.) הגדלה באתרים אחדים בארץ (ראה תמונה 1 בשער אחורי פנימי). צמחי ניידת החוף הם כמעט קוסמופוליטיים, תפוצתם בעולם נרחבת ובמיוחד הם נפוצים באזורים החמים והממוזגים. טיפוס התפוצה של ניידת החוף הוא בוראלו-טרופי, והוא משתרע על פני אירופה, אפריקה, אסיה, האזור המלאזי, אוסטרליה ואמריקה.

ניידת החוף היא צמח מים דו-ביתי טבול, אשר עונת הצמיחה, הפריחה והפריה שלו בצפון הארץ ובמרכז מתרחשת בחודשי הקיץ בלבד (מאי-ספטמבר). במהלך יתר עונות השנה, מרבית המסה הצמחית נרקבת ונעלמת, אך זאת לאחר שיצרה זרעים וניצני רביה רדומים (טוריונים) השוקעים על הקרקעית. מלבד המסה הצמחית שנרקבת ונעלמת בבת-הגידול של צפון הארץ ומרכז במהלך חודשי החורף, פה ושם יכולים להיוותר צמחים חיים וירוקים אך מדוכאים. אולם, גם צמחים אלה נרקבים ונעלמים במשך חודש אפריל ובמים נותרים ניצני הרביה שלהם. בראשית חודש מאי מתחילה נבליטה רבה של זרעים ומתעוררים על קרקעית מקוה המים (וזאת בתנאי שמגיעה אליה עוצמת הארה מתאימה) גם ניצני רביה רדומים. צמחים אלה צומחים במהירות במשך חודש ימים ויוצרים כבר בחודש יוני עומד של צמחים בוגרים. חלק מצמחים אלה נושאים בחיקי העלים שלאורך הגבעול פרחים עליניים (ראה תמונה 3 בשער אחורי פנימי), ואילו החלק האחר נושא פרחים אבקניים (תמונה 2 בשער אחורי פנימי). גם הפרחים העליניים וגם הפרחים האבקניים הם בעלי עלה עטיפי אחד. הפרח העלייני מסתיים בקצהו בשלוש צלקות, ואילו הפרח האבקני מסתיים בשיניים קצרות אחדות (Wentz & Haynes, 1973; Haynes & Wentz, 1974; Haynes, 1977).

תהליכי הפריחה, ההאבקה וההפריה נמשכים החל מחודש יוני ועד לחודש ספטמבר. התהליכים מתרחשים בגוף המים: דופן לשכות האבקנים מתפקעת, וגרגירי האבקה העגולים מתפזרים בהמוניהם במים. בשלב זה גרגירי האבקה נמצאים בשלב של התחלת נבליטה.

* מבוסס על עבודת דוקטור משנת 1982, שנעשתה במחלקה לבוטניקה באוניברסיטת תל-אביב בהנחייתו של פרופ' יואב ויזל.

הסעת גרגירי האבקה אל הצלקות של הפרחים העליניים נעשית על-ידי המים. יש לציין, שלא בכל צמחי המים הטבולים מתרחש תהליך התאבקה בגוף המים כמו זה שמתרחש בצמחי ניידת החוף. אמנם ישנם מינים כמו קרנן טבוע, מיני צמחי-מים עילאיים טבולים ועוד בהם התאבקה מתבצעת בתוך המים. אך ישנה גם קבוצה גדולה של צמחי מים טבולים (כגון: נהרונית שקופה, אלף-העלה המשובל ועוד), שכל מהלך חייהם מתרחש בגוף המים, אולם התאבקה מתבצעת מעל לפני המים.

החל מחודש יולי אפשר להבחין בצמחי הניידה שנשאו קודם לכן פרחים עליניים, בפירות בשלים בעלי קליפת פרי ירקרקה עד שקופה וקליפת זרע קשה וכהה. בנוסף לני"ל ישנה פה ושם יצירת פירות יוצאי דופן בעלי קליפת זרע רכה וחומה (ראה, Forsberg 1965). כמות הזרעים הנוצרת במשך עונת הצמיחה היא רבה מאוד. זרעים אלה עמידים בפני יובש ומסוגלים להיות מאוחסנים יבשים במשך כ-4 שנים לפחות, מבלי לאבד את כושר נביטתם. תכונה זו מאפשרת כנראה לזרעי הניידה, אשר צריכים לנבוט בבית-גידול שהתנאים בו עלולים להשתנות מאוד מדי שנה, לנקוט באסטרטגיית פיזור הנביטה לאורך זמן, וזאת בדומה מאוד לצמחי מדבר (Agami & Waisel, 1984).

מקצב ההתפתחות והפעילות של צמחי הניידה בארץ דומה למקצב ההתפתחות והפעילות של צמחי ניידה באזור הממוזג, אם כי הוא שונה ממקצב צמיחתם של צמחי אוכלוסיית ניידת החוף מכריכת ספיר שבערבה, בה צמחי הניידה בחודש דצמבר נראים במצב פנולוגי דומה לזה בו נמצאים הצמחים במקורות הירקון בחודש אוקטובר. מעניין לציין, שצמחי ניידת החוף באגם ברינגו שבקניה, גדלים ומשגשגים גם במשך חודשי החורף.

ניידת החוף - צמח חד-שנתי או רב-שנתי??

צמחי ניידת החוף בארץ מתנהגים למעשה כצמחי קיץ: עונות הצמיחה, הפריחה והפריה מתקיימות בעיקר בעיצומו של הקיץ. לעומת זאת, במהלך החורף הצמחים מסיימים, למעשה, את מחזור חייהם ונעלמים ברובם הגדול. עם זאת, העלמותם היא לא לפני שיצרו זרעים רבים וניצני רביה רדומים. פה ושם נותרים במשך החורף צמחים מדוכאים אחדים המתקיימים כך עד לעונת האביב הבאה. לפיכך, מסתבר שהמשמעות של צורת-חיים (Life-form) בניידה, הקיימת גם, כנראה, בצמחי מים טבולים אחרים שונה מהמשמעות המקובלת של צורת-חיים בצמחי יבשה כפי שהוגדרה על-ידי ראונקיה (Raunkiaer, 1934). לו צמחי הניידה היו מתחדשים מדי שנה מזרעים בלבד ולא גם מניצני רביה וגטיביים, יכולנו לכנותם בשם צמחים חד-שנתיים. ואכן, כך הם בד"כ מתוארים בספרות. במקרה זה המושג Therophyte (= צמח קיץ) של ראונקיה היה מתאים עבורם ביותר. לעומת זאת, אלמלא היו הצמחים נרקבים בעונת החורף, אלא ממשיכים להתקיים ולצמוח ברציפות במשך השנה כולה יכולנו לכנותם בשם צמחים רב-שנתיים עשבונים. המקרה של מחזור החיים של הניידה הוא מקרה גבולי. כלומר, לא

ניתן לקבוע בבירור אם צורת החיים של צמחי ניידת החוף היא צורת חיים חד-שנתית או רב-שנתית. עם זאת תצפיותינו בהופעתם של צמחי ניידת החוף באתרים השונים ובמקצב חיהם סליעו לנו בנסיוננו להגדיר את צורת החיים שלהם. להלכה, הניידה היא צמח רב-שנתי מאחר והיא אינה מתחדשת רק מזרעים אלא גם מאברים וגטטיביים. אולם למעשה, מחזור החיים של צמח זה קרוב יותר לזה של צמח חד-שנתי. דעה זו מתבססת על הסרוגיות בהופעת צמחי הניידה אשר מתוכה מסתבר שבמשך תקופות מסוימות אין הצמח פעיל מבחינה וגטטיבית ואינו יכול, איפוא, להתחדש מניצני רביה וגטטיביים ובלתי מוגנים בפני התייבשות. הצמח אינו מופיע ברציפות מדי שנה כמו צמחים רב-שנתיים טיפוסיים ולכן אינו רב-שנתי. רציפות קיומם של צמחי הניידה חייבת להתבסס על מצואות זרעים, וזאת בדומה לצמחים חד-שנתיים. לפיכך, מבחינה אובייקטיבית מהווים צמחי הניידה קבוצה מיוחדת של צמחים אשר בדומה לתפוח-האדמה למשל, או לאחרים, אינה משתייכת בברור לא לצמחים הרב-שנתיים הטיפוסיים ולא לצמחים החד-שנתיים הטיפוסיים אלא יוצרת קבוצת ביניים. עם זאת, מנקודת ראות אקולוגית, קבוצה זו של צמחים צריכה להחשב כקרובה יותר לצמחים החד-שנתיים, וזאת על סמך התדירות הגבוהה של ריבוי מזרעים מדי שנה. לצורת חיים זו יש את היתרון של הבטחת קיום רב-שנתי מזרעים והיתרון של שימור רב-שנתי של צרופים גנטיים מוצלחים.

תפוצה ושכיחות בארץ

ניידת החוף היתה בשעתו בארץ אחד מצמחי המים הטבולים שהיו נפוצים בביצות החולה, בקעת הירדן ובמקווי מים שונים של מישור החוף (עוד בשנת 1926 ציין איג ב"תוספות לדיעת הצמחיה של א"י", שהוא מצאה בירדן על-ידי דגניה ובשלושה אתרים לאורך הירקון). אולם מאז קום המדינה ועד לאמצע שנות השישים הפכה לצמח נדיר למדי. זאת מכיוון שצמחי המים בארץ בכלל והמינים הטבולים בפרט, מהווים את אחת מקבוצות הצמחים שנפגעו ביותר. במשך 36 השנים האחרונות כ-20 מינים של צמחי מים נכחדו מצמחיית הארץ ועל רבים אחרים מאיימת סכנת הכחדה ממשית (אגמי ודפני, 1975). הפגיעה הנרחבת בצמחי המים נבעה, מהטיית נחלים וניצול מימיהם, מיבוש ביצות, מהורדת מפלס מי-התהום ומזיהום המים (Agami et al., 1976; Agami, 1984; Litav & Agami, 1976). עם זאת, יש לציין שבשנת 1966, כשנה אחת בלבד לאחר הפעלת מערכת המוביל הארצי, חל מפנה במצבם של צמחי-מים טבולים אחדים וניידת החוף בתוכם (Waisel, 1971). מינים אלה התקיימו לפני הפעלת מערכת המוביל הארצי, בגומחות מצומצמות בכנרת ובגופי מים קטנים אחרים בצפון הארץ. אולם, עם הפעלת המערכת של המוביל הארצי, הם חדרו במהירות למאגרים הפתוחים והתרבו שם. מכיוון שמסות גדולות של צמחים טבולים, גורמות לסתימת המסננים בצנורות המים ומעלות את העומס האורגני במי המאגרים, הפכו צמחים אלה לעתיד למטרד.

במעקב מפורט שהתחלנו בו בשנת 1971 רשמנו את נוכחות צמחי ניידת החוף בגופי המים השונים בארץ. על פי תוצאות המעקב הנ"ל התברר, כי גם באתרי צמיחתה הטבעיים

של הניידה (בררכת יער, מקורות הירקון ועוד) וגם באתרים המלאכותיים (מאגרי המוביל הארצי למשל), צמחי הניידה אינם מופיעים מדי שנה בקביעות וקיימת סרוגיות בהופעתם. לדוגמא: בבררכת יער שליד חדרה לא הופיעו צמחי ניידה לפחות במשך 4 שנים רצופות (1971-1974). בקיץ 1975 הופיעו צמחים אלו בשפע ובחגורה כמעט רציפה בהיקף הבריכה ואילו מאז ועד היום לא הופיעו בה יותר. לעומת זאת, בשנת 1971 הופיעו צמחי ניידה בעומד צפוף באחת מהבריכות של קיבוץ מעגן מיכאל (לא הרחק מבררכת יער) ומאז לא הופיעו בה יותר. בשנת 1975 הופיעו פתאום צמחי ניידת החוף במספרים גדולים במאגר אשכול והפכו בו למטרד. באגם זוהר, לעומת זאת, לא נצפו צמחי ניידה בשנת 1975, אולם הם הופיעו בחגורה כמעט רציפה בהקף האגם בשנת 1976. בבררכת מים שנחפרה בשנת 1974, על שטח של בריכה עונתית קודמת בקרבת קיבוץ זיקים, הפכו צמחי הניידה להיות לאחר הצמחים השולטים בגוף המים. באתר זה גדלו יחד עם צמחי הניידה גם צמחי מים טבולים נוספים כגון: נהרונית לופתת, נהרונית מסרקנית, נהרונית נימית וחוטית הביצות. יש לציין שצמחי הניידה שלטו במיוחד בחלקי הבריכה שהתשתית בהם היתה חרטיתית. עם זאת, ראוי להדגיש שלא בכל מקום גדלים ומשגשים צמחי הניידה עם המינים הטבולים האחרים. לדוגמא: באחת מברכות המים בגן הבוטני שבאוניברסיטת ת"א צמחי ניידת החוף נדחקו ונעלמו לאחר חדירתם של צמחי אלף-העלה המשובל לתוכה. במעיינות הירקון, שהוא האתר שנבחר לבצוע ניסויי השדה שבמחקר זה (תמונה בעמ' 47) גדלו צמחי הניידה בשנת 1975 יחד עם צמחי נהרונית מסרקנית, נימפאה תכולה, נופר צהוב, נהרונית צפה, מדד זוחל, אגמון החוף ואחרים. אולם, גם באתר זה כמו באתרים הקודמים, נרשמה סרוגיות בהופעת צמחי הניידה, ובשנת 1976 הם לא נצפו שם יותר. בשנת 1977 הופיעו צמחי הניידה בקטע הנחל המזרחי של הירקון (ממזרח לגשר הרכבת) ואילו החל משנת 1978 ועד שנת 1982 צמחי הניידה הופיעו גם בברכות צדדיות של מקורות הירקון.

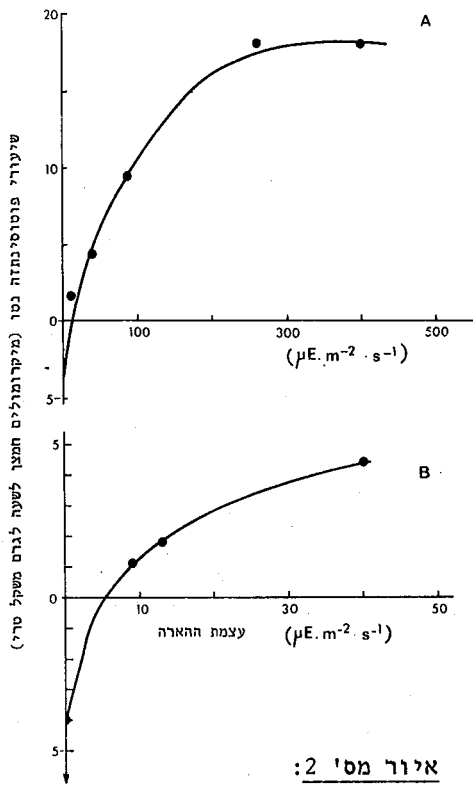
תופעות דומות של הופעה והעלמות לסרוגין בסוג ניידה נצפתה גם על-ידי מרטין וחב' (Martin et al., 1969) בשמורת טבע באלבמה שבארה"ב. שני מיני הניידה שגדלו בשמורה (*Najas minor* ו-*Najas guadalupensis*) יוצרים עומדים צפופים באתרים מסוימים, נעלמים משם וחוזרים ומופיעים באתרים אחרים.

הסרוגיות בהופעת צמחי ניידת החוף בטבע ידועה, איפוא, כתופעה נפוצה אולם הסיבות לכך נותרו בלתי ידועות.

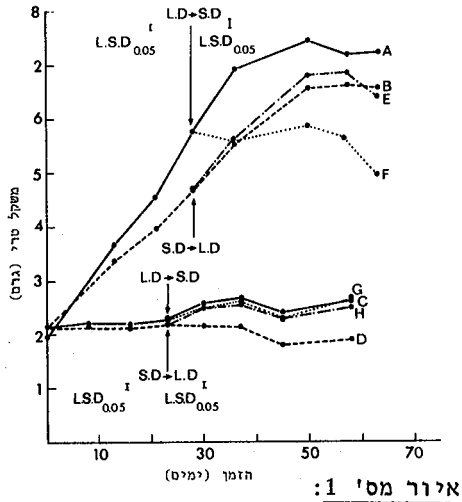
השפעת טמפרטורה, אורך יום ועוצמת ההארה על צמיחה ונביטה

ההתפתחות המהירה של עומדי צמחי ניידת החוף בראשית הקיץ מתאפשרת הודות לצירוף מסויים של תנאים אקולוגיים (Forsberg & Forsberg, 1961). ואכן, התנאים המיטביים לנביטה או להתעוררות ניצנים וגטיביים שוררים בעומדי הניידה בראשית עונת הצמיחה בחודש מאי. עם זאת, יש לציון שהמשך תהליך הצמיחה והשגשוג של העומד החדש שהתפתח מזרעים ו/או מניצני רביה, מותנה ב: מציאות תנאי טמפרטורה בתחום של 25°C - 30°C , יום ארוך של כ-14 שעות אור, הארה בעוצמה שמעל ל- $5\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ במשך שעות יום רבות, וריכוז NaCl במים בתחום 1000-3000 חל"מ ותשתית של קרקע חרסיתית. מבין תנאי הסביבה הנ"ל המאפשרים לא רק את הופעת צמחי הניידה אלא גם את שגשוגם התברר, שהטמפרטורה בראשית עונת הצמיחה (כ- 25°C) לעומת הטמפרטורה בעונת החורף (כ- 13°C) היא הגורם הדומיננטי. בנוסף לטמפרטורה, גם לאורך היום (יום ארוך בעונת הצמיחה בהשוואה ליום קצר בעונת החורף) היתה השפעה על שיעור הצמיחה של הניידה (איור מס' 1) באשר להשפעת אורך היום על צמחים רחבי תפוצה חלוקות הדעות. יש חוקרים הטוענים שצמחים בעלי תפוצה קוסמופוליטית אינם מושפעים, בדרך כלל, משינויים באורך היום (זהרי, 1955). לעומת זאת, חוקרים אחרים (Olmsted, 1952) מוצאים, שגם במינים בעלי תפוצה רחבה, האוכלוסיות המקומיות הן רגישות לאורך היום. ואכן, תמיכה בדעה האחרונה מתקבלת במחקרנו בו התברר, שאוכלוסית ניידת החוף בארץ מושפעת כברור מאורך היום. זאת על אף היות המין קוסמופוליטי בתפוצתו. עם זאת יש לציון, שהשפעת אורך היום על צמיחת הניידה היתה מתונה יחסית בהשוואה להשפעת הטמפרטורה. בכל מקרה, השפעתם המשולבת של גורמים אלה במחקרנו הבהירה לנו, מדוע בתנאים הטבעיים צמחי מין זה משגשים רק בעונת הקיץ (טמפרטורה גבוהה ויום ארוך) ואילו בעונת החורף תנאי הטמפרטורה הנמוכה ואורך היום הקצר גורמים לכך שצמחי הניידה נעלמים ברובם הגדול ורק מספר מועט מאוד של צמחים מדוכאים נותר בבית-הגידול (Agami & Waisel, 1983).

בדיקת הנביטה בזרעי ניידת החוף במעבדה הראתה, שללא טיפול מוקדם (פיצוח מכני של הקליפה), נביטת הזרעים מפוזרת בטווח זמן ממושך, כאשר אחוז הנביטה בכל עת הוא נמוך ביותר. דבר זה מצביע על אפשרות מציאותם של מנגנוני הכוונת נביטה באגוזית או בזרע או במעטפות הזרע השונות. נמצא, שהנביטה המירבית של זרעי מין זה, כ-62%, התרחשה בטווח הטמפרטורות שבין 20°C לבין 25°C ומהירות הנביטה עלתה

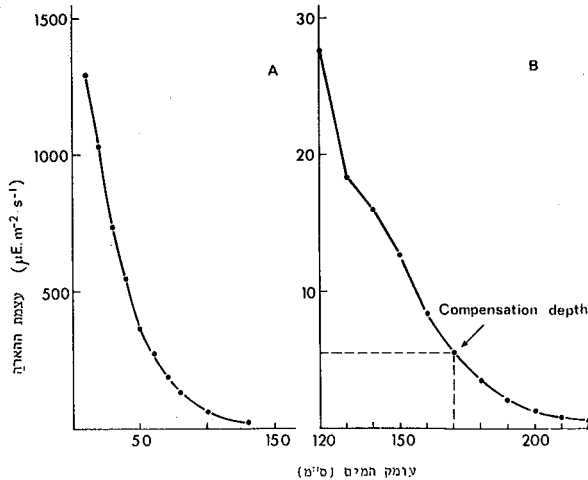


איור מס' 2:
 ערכים של הטמעה נטו כפונקציה של עוצמת הארה.
 (A) - טווח רחב. (B) - טווח צר.
 הנתונים מייצגים ממוצעים של שלושה ניסויים. סטילת התקן היתה נמוכה מ-10%.

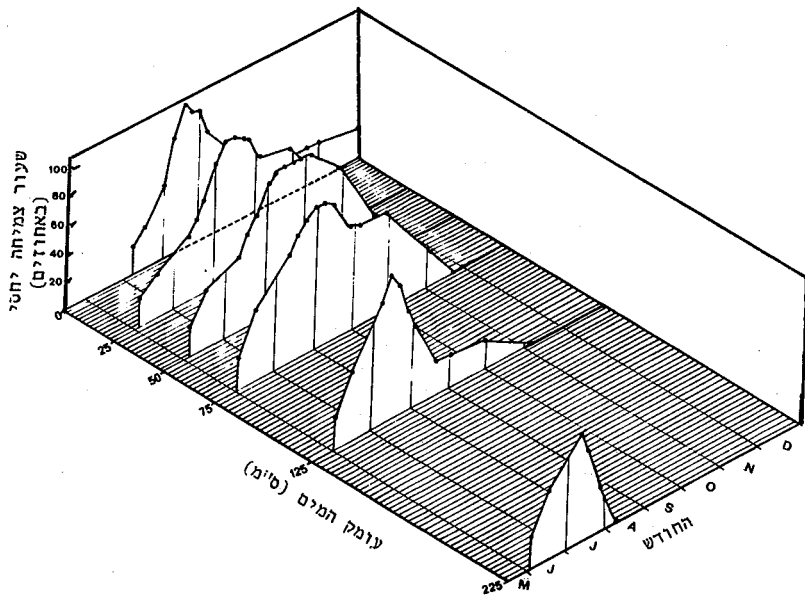


איור מס' 1:
 משקל טרי של נצרי נלידת החוף בטמפרטורות קבועות (13°C או 25°C) ובאורכו יום קבועים או משתנים (יום קצר או יום ארוך) במהלך הניסוי (5 חזרות). מועדי ההעקות מ-י.ק. (S.D) ל-י.א. (L.D) ולהיפך באותה טמפרטורה מסומנים בחיצים. בכל טמפרטורה חושב ה-L.S.D. 0.05 לפני ההעקה ולאחריה.

טיפולים: A, B, E, F - 25°C טיפולים;
 G, C, H, D - 13°C
 A - י.א. קבוע. B - י.ק. קבוע. C - י.א. קבוע. D - י.ק. קבוע. E - י.ק. שהועתק ל-י.א. F - י.א. שהועתק ל-י.ק. G - י.א. שהועתק ל-י.ק. H - י.ק. שהועתק ל-י.א.

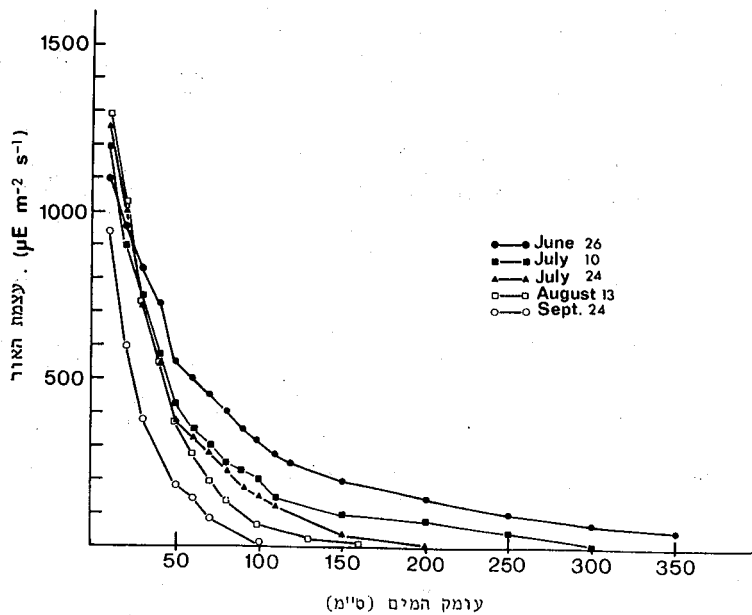


איור מס' 3:
 עוצמת הארה במי מעיינות הירקון כפונקציה של עומק המים בצהרי יום קיץ (13.8.1978): (A) השכבה העליונה. (B) השכבה התחתונה.



איור מס' 4:

שיעורי הצמיחה היחסיים של נילדת החוף בחודשי השנה כתלות בעומק המים. כל נקודה מבטאת ממוצע של שלוש חזרות. סטיית התקן פחות מ-15%.
 על דרך הבדיקה ומשמעות היחידות ראה פירוט אצל (Agami et al., 1984a)



504. *Hfuga spicata* (Forsk.) Sch. B

איור מס' 5:

מהלך השתנות עוצמת ההארה בגוף המים של מעיינות הירקון בתאריכים שונים במשך עונת הצמיחה (יוני-ספטמבר). המדידות נערכו בצהרי היום.

עם עליית הטמפרטורה. שיעור הנביטה בעוצמות הארה שונות היה דומה, אולם יצירת תנאי חושך מוחלט הגביר את הנביטה בצורה ניכרת. נביטה בקרקע רטובה היה בשעור גבוה יותר מאשר הנביטה במים. גם שילוב של תנאי חושך עם תנאי חוסר חמצן שיפר את שיעור הנביטה. בכל מקרה, הנביטה מתאפשרת כנראה רק לאחר שקליפות הזרעים נשחקו או התפרקו בקרקעית מקווה המים (Agami & Waisel, 1984a). תנאי הסביבה הנ"ל שבהם מתקבל שיעור הנביטה המיטבלי, אכן שוררים בבית-הגידול הטבעי של הניידה בחודש מאי.

צמחי ניידת החוף אינם מתפשטים בכל מקום על פני הקרקעית של מקווי המים השונים, ותפוצתם מוגבלת רק למים הרדודים יחסית. בנסיוננו לקבוע מי מגורמי הסביבה מגביל את הפיזור האנכי של הצמחים ומאפשר להם להתקיים רק במים רדודים, מצאנו שלמידת חדירת האור לגוף המים חשיבות ראשונה במעלה. צמחי הניידה מופיעים ומתפשטים במהלך עונת הצמיחה רק עד לאותו עומק שבו הם מסוגלים לבצע הטמעה במשך שעות יום רבות. לשם כך קבענו במעבדה את עוצמת ההארה, אשר בה נמצא הצמח בנקודת הפיצוי שלו - הנקודה בה מאזן הפחמן שלו הוא אפס (איור מס' 2). על פי מדידות בשטח קבענו מה הוא עומק המים, אשר בו עוצמת ההארה בשעת הצהריים זהה לעוצמת ההארה הנ"ל. עומק זה נקרא על ידינו בשם "עומק הפיצוי הפיסיולוגי" (איור מס' 3) (Agami et al., 1980).

בדרך כלל אין צמחים מגיעים לעומק זה בטבע. העומק המירבי בו הם גדלים הוא העומק בו מקיימים הצמחים מאזן פחמן יממתי חיובי ועומק זה נקרא על ידינו בשם "עומק הפיצוי האקולוגי". עומק הפיצוי האקולוגי בבית-הגידול הטבעי היה קטן מעומק הפיצוי שנמצא במעבדה - עומק הפיצוי הפיסיולוגי. זאת מכיוון שרק מעומק הפיצוי האקולוגי ומעלה מתרחשת הטמעה נטו במשך זמן המאפשר קיום ושגשוג צמחי הניידה. השוואת נתוני התפתחות הצמחים לנתוני עוצמת ההארה במועדים שונים במשך עונת הצמיחה הצביעה על כך, שעוצמת ההארה היא הגורם הקובע את התפשטותם.

"עומק הפיצוי האקולוגי" אינו קבוע אלא הולך וקטן במהלך עונת הצמיחה ובעקבותיו קטן גם העומק המירבי בו הצמחים יכולים להתקיים (איור מס' 4). הסיבה העיקרית לשינויים אלה, אשר מתרחשת במהלך העונה, אינה ישירה, אלא עקיפה. היא נובעת משינוי בתנאי הסביבה שמאפשר לאוכלוסית אצות פלנקטוניות להתרבות ובכך להקטין בצורה משמעותית את מידת חדירת האור לעומק גוף המים (איור מס' 5) (Agami et al., 1984a).

ייתכן מאוד שהופעת הניידה לטרוגין בשנים שונות, אשר כה אופיינית להופעת צמחי מין זה בטבע, נגרמת בצורה עקיפה על-ידי שינויים במפלס המים, שינויים בעכירות המים או על-ידי שינויים בפריחת אצות. בשלושת המקרים הנ"ל התוצאה היא הפחתה

בעוצמת ההארה החודרת למים וכתוצאה מכך - דיכוי הגידול של צמחי הניידה. לפיכך, סביר להניח ששינויים מכוונים במפלס המים למשך פרקי זמן קצרים עשויים לסייע בצורה מעשית בוויסות צמיחתן ובשליטה במימדיהן של אוכלוסיות צמחי הניידה שמהוות מטרה במקווי-מים מלאכותיים.

השפעת מליחות

לא רק מדדים פיזיקליים כדוגמת הטמפרטורה, אורך היום ועוצמת ההארה משפיעים על שיעור הצמיחה של צמחי ניידה. בנוסף להם נודעת חשיבות רבה גם לטיב המדיום המימי, אשר בו שרויים הצמחים (Sculthorpe, 1967; Haller, 1974; Waisel, 1972). מכיוון שצמחי ניידת החוף ידועים ממקומות רבים בעולם כהלופיטים או הלופיטים למחצה (Luther, 1951; Barry & Jermy, 1952; Moyle, 1954; Forsberg & Forsberg, 1961; Cole, 1963), ציפנו גם בארץ למצוא אותם גדלים במים מליחים. אולם, למרבה ההפתעה מצאנו, כי צמחי הניידה ממישור החוף גדלים בארץ בעיקר במקווי מים מתוקים. לפיכך, היה קיים חשד סביר, שאוכלוסיות ניידה אלו הן גליקופיטיות ושונות בכך מאוכלוסיות ניידת החוף שדווח עליהן בספרות. אולם, כפי שהסתבר ממחקרנו, ריכוזי מלח עולים בבית-הגידול עד לסף מסויים, משפרים בצורה בולטת את שיעור הצמיחה בצמחי הניידה המקומיים (איור מס' 6). מסתבר איפוא, שגם אוכלוסיות ניידת החוף בארץ, בדומה לאוכלוסיות האחרות בעולם, הן האלופיטיות בטבען. כלומר, צמחי ניידת החוף מופיעים בארץ בתחום אחד בלבד מתוך טווח הסבילות האקולוגי הרחב של מין זה - במים מתוקים - ותחום זה אינו מיטבי לצמיחתם לפחות מבחינת ריכוז המלחים במים (Agami et al., 1984b). משום כך סביר להניח, שצמחי הניידה נדחקו מכת-הגידול בעלי התנאים המיטביים עבורם (לפחות מבחינת ריכוז המלח) לכת-גידול פחות מועדפים. דבר זה יכול היה להעשות למשל על-ידי צמחי מים מלוחים אגרסיביים יותר כגון: חוטית הביצות, מיני רופיה ועוד.

כמובן שכל האמור לעיל אינו סותר את קיומן של העדפות אחרות בצמחי ניידה לגבי תנאי בית-הגידול האחרים. אחת מהעדפות אלה היא טיב התשתית (ראה גם Spence, 1972; Denny, 1972). התברר שתשתית של קרקע חרסיתית עדיפה, לצמחי ניידת החוף, על תשתית חולית. עובדה זו התבטאה, גם בשיעור צמיחה גדול יותר על קרקע זו, וגם בדחיקה מוצלחת יותר של צמחים מתחרים. כלומר - למרות שצמחי הניידה בארץ אינם גדלים בבית-גידולם המיטבי, לפחות מבחינת ריכוז המלח, קיימות אצלם העדפות נוספות, אשר בהתגשותן מסוגלים צמחי הניידה להתפתח ולשגשג במהירות.

יחסי גומלין עם צמחי מים אחרים

כמו כל צמח אחר, כן גם אוכלוסיות צמחי הניידה מקלימות יחסי גומלין עם מיני צמחים אחרים בבתי-גידולן. בדיקת טיב יחסי הגומלין בין צמחי ניידה לבין מינים אחרים של צמחי מים מוכיחה, כי צמחי ניידה אינם מגיבים בצורה אחידה לנוכחות שכניהם. בנוכחות מינים מסויימים (כגון אלף-העלה המשובל) ישנו דיכוי של צמיחת הניידה גם כאשר המסה של המתחרים היא קטנה. לעומת זאת, בנוכחות מינים אחרים (כגון: נהרונית שקופה ואגמון החוף) לא נראה כל שינוי בשיעור צמיחת הניידה. אי-תלות זו נמצאה גם כאשר המסות של המתחרים היו גדולות או קטנות. עם זאת, יש לציין שחוסר יחסי גומלין שליליים תקפים רק לתנאים נוחים, אשר בהם כושר ההתבססות והצמיחה של צמחי הניידה הוא טוב. בתנאי עקה כלשהם עלולים צמחי הניידה להיות מושפעים לרעה גם מנוכחות צמחים שבתנאים מיטביים כמעט שאינם משפיעים לרעה עליהם. (Agami & Waisel 1984b)

תפקיד השורשים

אפשרות קיומם של צמחים בגוף המים מותנית במרחקם מהתשתית ובכך בהינתקותם מהמצע המיטבי להתפתחות שרשים. במקרה כזה מותנית ההזנה של הצמח בקליטה על-ידי אברים חליפיים. ואכן, הקליטה וההולכה של מינרלי מזון בצמחי ניידה מהסביבה נעשות הן על-ידי השורש והן על-ידי הנצר. יתר על כן, מינרלי המזון מועברים גם בתוך הצמח, מאבר אחד למשנהו. ברוב המקרים, ערכי הקליטה על-ידי רקמות העלה או הגבעול היו דומים, על בסיס משקל יבש, לאלו של רקמות השורש. לפיכך, מכיוון שמרבית רקמות הצמח הטבול הן רקמות של נצר (למעלה מ-70%), ממילא מרבית יסודות המזון שנקלטים על-ידי הצמח הן אלג הנקלטים מתוך המים ודרך הנצר (Waisel et al. 1982). לצמח אין, איפוא, בעיית הזנה גם אם מרחקו מהתשתית הוא גדול. ממצא זה סותר את הדעה שהובעה על-ידי חוקרים שונים (Bristow & Whitcombe, 1971; Denny, 1974; Bristow, 1972) ואשר הדגישה את תרומת השרשים למטבוליזם המינרליים של הצמחים.

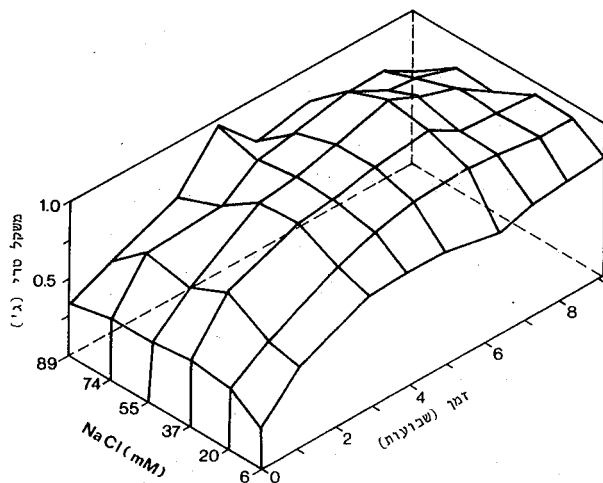
הידיעה איזה יון נקלט על-ידי השרשים ואיזה יון נקלט על-ידי הנצרים ובאלו ערכים, כמו גם מידת ההולכה ביניהם היא בעלת ערך אקדמי אך יכולה להיות גם בעלת ערך מעשי בטיהור מאגרי מים (Walter & Hillman & Culley, 1978; Seidel, 1976; Asce, 1981).

בדיקת תפקיד השרשים בצמחי הניידה הבהירה שלשרשים יש חשיבות גדולה ולעתים אף מכרעת ליכולת הקיום של צמחי מין זה, וזאת מעבר ליכולת קליטת המינרלים שלהם. למסקנה דומה הגיעו גם ויזל ושפירא (Waisel & Shapira, 1971) שטוענים, כי

התרומה העיקרית של השרשים היא בהספקת ציטוקינינים לנצר, ולא הספקת מינרלים. חשיבות השרשים בצמחי נלידה בולטת במיוחד במקרה שהצמחים גדלים בתנאים דומים לתנאים השוררים בבית הגידול הטבעי מבחינת התשתית ומצע הגידול. עם זאת יש להדגיש, כי צמחי נלידה הצפים במים, מסוגלים להתקיים תקופות מסויימות גם ללא שרשים. גם לטיב התשתית חשיבות בקביעת ההזנה וההתפתחות של צמחי נלידה. משקל צמחי נלידה שגדלו והשתרשו בקרקע היה גדול בצורה בולטת ממשקל הצמחים שגדלו במים ללא קרקע. לעומת זאת, ברגע שדרישותיהם של הצמחים למינרלים סופקו בעודף לא היתה חשיבות לקיום או להעדר השרשים ולא למציאות או העדר קרקע בסביבת הצמח. כלומר, קיום השרשים בצמחי נלידה חשוב רק במקרה שהצמחים גדלים בתנאים דומים לתנאים ששוררים בבית-הגידול הטבעי מבחינת המצע ומדיום הגידול (Waisel & Agami, 1983):

סוף דבר

כידוע, אבותיהם של צמחי המים העילאיים היו צמחי יבשה. במהלך האבולוציה עברו צמחים אלה ברירה מיוחדת שסיגלה אותם להתקיים בתנאי בית-הגידול המימי. אולם, מידת ההתאמה ודרגת ההסתגלות של מיני צמחי המים לתנאי בית-הגידול הן מגוונות ביותר ואינן אחידות. נלידת החוף משתייכת לקבוצה המותאמת ביותר של צמחי המים הטבולים. ואכן, מתוך מחקרנו זה נראה, שנלידת החוף אינה רק צמח מים מעניין לכשעצמו, אלא מהווה דגם מצויין להכרת הביולוגיה והאקולוגיה של קבוצה גדולה של צמחי מים טבולים.



איור מס' 6:

מהלך הצמיחה (משקל טרי) של נלידת החוף בריכוזי מלח (NaCl) עולים.

רשימת ספרות

אגמי, מ. ודפני, א. 1975. סקר מיני הצמחים שנכחדו ושעומדים בפני הכחדה בישראל. השרות לשמירת איכות הסביבה, ירושלים.

איג א. 1926. תוספות לידיעת הצמחיה של א"י.

זהרי, מ. 1955. גיאובוטניקה. הוצאת ספרית פועלים, מרחביה, 589 עמ'.

Agami, M., Litav, M. & Waisel, Y. 1976. The effects of various components of water pollution on the behaviour of some aquatic macrophytes of the coastal rivers of Israel. *Aquatic Botany*, 2: 203-216.

Agami, M., Beer, S., & Waisel, Y., 1980. Growth and photosynthesis of Najas marina L. as affected by light intensity. *Aquatic Botany*, 9: 285-289.

Agami, M., Waisel, Y., 1983. The effect of temperature and photoperiod on growth on Najas marina L. Proc. Int. Symp. Aquat. Macrophytes, Nijmegen, 18-23, September, 1983, pp. 16-20.

Agami, M., & Waisel, Y., 1984a. Germination of Najas marina L. *Aquatic Botany* (in press).

Agami, M. & Waisel, Y. 1984b. Inter-relationship between Najas marina L. and three other species of aquatic macrophytes. *Hydrobiologia* (in press).

Agami, M., 1984. Effects of water pollution on plant species composition along the Amal river, Israel. *Archiv fur Hydrobiologie* (in press).

Agami, M., Beer, S., & Waisel, Y., 1984a. Seasonal variations in the growth capacity of Najas marina L. as a function of various depths at the Yarkon Springs, Israel. *Aquatic Botany* (in press).

Agami, M., Eshel, A., & Waisel, Y., 1984b. Najas marina L. in Israel: Is it a halophyte or a glycophyte? *Physiologia Plantarum* (in press).

- Barry, D. M. & Jermy, A. C., 1952. Observation on Najas marina L. Trans. Norfolk Norwich Nat. Soc. 17: 294-297.
- Bristow, J. M., 1974. The structure and function of roots in aquatic vascular plants. In: J.G. Torrey and D.T. Clarkson (Eds.), The Development and Function of Roots. Academic Press, New York, pp. 618.
- Bristow, J. M. & Whitcombe, M., 1971. The role of roots in the aquatic vascular plants. Am. J. Bot., 58: 8-13.
- Cole, G. A., 1963. The American Southwest and Middle America. In: Limnology in North America. Frey, D. B. (Ed.) 393-434. University of Wisconsin Press, Madison, Wisconsin.
- Denny, P., 1972. Sites of nutrient absorption in aquatic macrophytes. J. Ecol. 60: 819-829.
- Forsberg, B. & Forsberg, C., 1961. The fresh water environment for Najas marina L. in Scandinavia. Sven. Bot. Tidskr. 55: 604-612.
- Forsberg, C., 1965. Sterile germination of oospores of Chara and seeds of Najas marina. Physiol. Plant. 18: 128-137.
- Haller, W. T., 1974. Effects of salinity on growth of several aquatic macrophytes. Ecology 55: 891-894.
- Haynes, R. R., 1977. The Najadaceae in the southeastern United States. Journal of Arnold Arboretum 58(2): 161-170.
- Haynes, R. R., & Wentz, W. A., 1974. Notes on the genus Najas (Najadaceae). Sida 5(4): 259-264.
- Hillman, W. S., & Culley, D. D., 1978. The uses of Duckweed. Am. Sci. 66: 442-451.

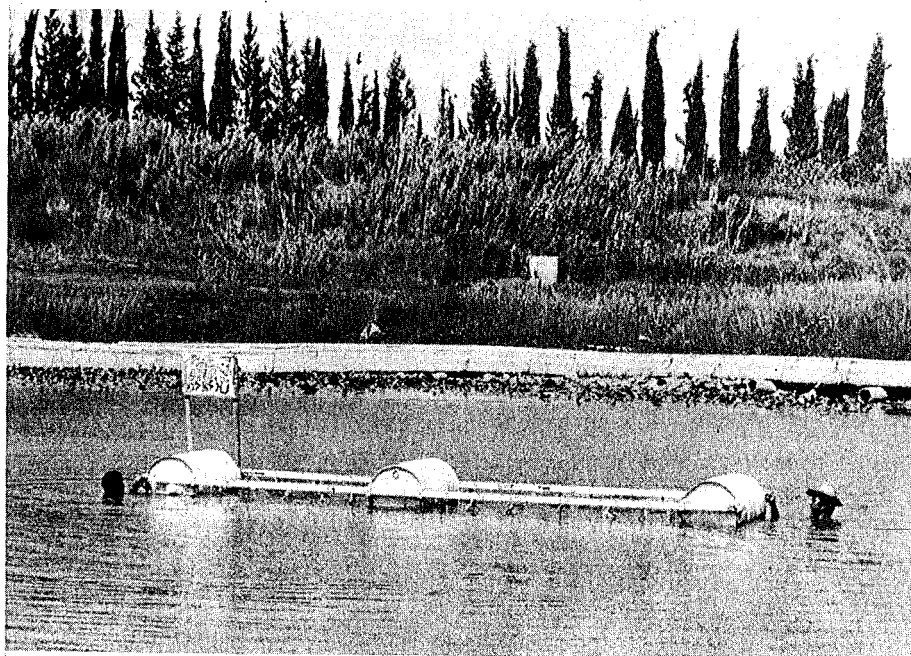
- Litav, M. & Agami, M., 1976. Relationship between water pollution and the flora of two coastal rivers in Israel. *Aquatic Botany*, 2: 23-41.
- Luther, N. 1951. Verbreitung und "Ökologie der Höheren Wasserplanzen in Brackwasser der Ekenäs-Gegend in Südfinnland. *Acta Bot. Fenn.*, 49, 1-231.
- Martin, J. B., Bradford, B. N. & Kennedy H. B., 1969. Factors effecting the growth of Najas in Pickwick Reservoir (Tennessee). *Nat. Fert. Develop. Centre, Tennessee Valley Authority, Muscle Shoals, AL*, 47 pp.
- Moyle, J. B., 1954. Some chemical factors influencing the distribution of aquatic plants in Minnesota. *Am. Midl. Nat.*, 34: 402-420.
- Olmsted, C. E., 1952. *Proc. 6th Inter. Grassland Congr.* 1: 676.
- Raunkiaer, C., 1934. *The life from of plants and statistical plant geography. Collected papers translated by H. Gilbert-Carter Clarendon Press, Oxford.*
- Sculthorpe, C. D., 1967. *The Biology of Aquatic Vascular Plants. Edward Arnold, London*, 610 pp.
- Spence, D. H. N., 1964. The macrophytic vegetation of freshwater lochs, swamps and associated fens. In: M. H. Burnett (Ed.), *The Vegetation of Scotland. Oliver and Boyd, Edinburgh*, pp. 306-425.
- Waisel, Y., 1971. Seasonal activity and reproductive behaviour of some submerged hydrophytes in Israel. *Hydrobiologia* 12: 219-227.
- Waisel, Y., 1972. *Biology of Halophytes. Academic Press, New York*, 395 pp.
- Waisel, Y., & Shapira, Z., 1971. Functions performed by roots of some submerged hydrophytes. *Isr. J. Bot.*, 20: 69-77.

Waisel, Y., Agami, M., and Shapira, Z., 1982. Uptake and transport of ^{86}Rb , ^{32}P , ^{36}Cl and ^{22}Na , by four submerged hydrophytes. *Aquatic Botany* 13: 179-186.

Waisel, Y., and Agami, M., 1983. Are roots essential for normal growth on *Najas marina* L.? *Proc. Int. Symp. Aquat. Macrophytes, Nijmegen*, 18-23 September, 1983, pp. 287-291.

Wentz, W. A., & Haynes, R. R., 1973. *Najadaceae*. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 60: 1-5.

תודתי העמוקה והנאמנה נתונה למורי, פרופ' יואב ויזל, שבהדרכתו המסורה ובעידודו הרב סייע מאוד לבסס ולקדם עבודה זו בכל שלביה.



מקורות הירקון - האתר ששימש לניסויי שדה בניידת החוף.
בתמונה נראת הרפסודה שנבנתה לצורך המחקר.