

# בחינת מתפיל בשיטת הננופילטרציה וניצול מי המתפיל לגידול תות שדה

## ומי רכז מהמתפיל לגידול סליקורניה ליצוא בערבה

אנדראה גרמדי, רמי מסאלם - המכון לחקר המים ע"ש צוקנברג, אוני' בן גוריון בנגב

שבתאי כהן, רבקה אופנבך - מו"פ ערבה תיכונה וצפונית [sab@inter.net.il](mailto:sab@inter.net.il)

### תקציר

איכות מי ההשקיה, המליחות הגבוהה, מהווים גורם מגביל להרחבת סל הגידולים בערבה. בעונה החקלאית 2010/11 הופעל מתקן ניסיוני (מודל) בתחנת יאיר בערבה להשבחת המים המקומיים העיקרון דומה למתקני אוסמוזה הפוכה. מדובר בממברנות משוכללות אשר מאפשרות חדירה סלקטיבית של יונים דרך הממברנה בניגוד לפעילות הממברנות במתקני האוסמוזה ההפוכה "המנקה" את כל המלחים מהתוצר העובר דרך המערכת עקב כך מים אלו נדרשים לתוספות של סידן, מגנזיום וגופרית וביקרבונט על מנת להתאימם לשימוש חקלאי מערכות הננופילטרציה ישפרו מצב זה על ידי כך שחלק מהיסודות יעברו לתוצר הסופי (גם כלורידים ונתרן אך ברמה נשלטת). מערכת הננופילטרציה היא גם מערכת חסכונית מאוד באנרגיה כ-50% חסכון באנרגיה לעומת מערכות אוסמוזה הפוכה קונבנציונלית, כי הלחצים הנדרשים לשימוש במערכת נמוכים יחסית, המאפשרת הפעלת המערכת ע"י מערכת של תאים סולארים. מטרת הניסוי - לימוד ביצועי המתפיל בשיטה ננופילטרציה ושימוש מושכל במים לגידול תות שדה ליצוא במצע מנותק אשר יושקה במים באיכות גבוהה במטרה להגדיל את סל מוצרי הירקות המקומיים המיועדים ליצוא מהערבה, בשילוב הלופיטים, (halophyte) צמחי מלח המיועדים לשוק היצוא דוגמת סליקורניה, המושקים במי רכז מלוחים אשר הם תוצר לוואי של מתקן הטיפול במים. הניסוי התקיים בחממה בתחנת יאיר בהיקף של 350 מ"ר. המבנה צויד במערכת המצעים המנותקים התלויים על מבנה החממה בגובה של כ-1.7 מטר מעל פני הקרקע מצע הגידול הוא קוקוס בשקי גידול, הקוקוס דחוס וכאשר הוא נטען במים הוא טופח וממלא את שקית הגידול הפלסטית אשר המצע נמצא בתוכה. בכל שקית 12 נקבי שתילה המאפשרים את קבלת עומד הצמחים הנדרש ליחידת שטח בשיטת גידול זו. המרחק בין מרזב למרזב 0.60 מ'. תאריך שתילה 26/9/2010. מבנה החממה צויד במערכת של מזרן לח ובבקרת אקלים לצורך הפחתת הטמפרטורה בשלבי הגידול הראשונים. המים אשר השקו את תות השדה והן המים הנדרשים להפעלת המזרן הלח הם מים באיכות גבוהה ברמת מוליכות חשמלית של 0.8 dS/m שני שליש מהחממה שימשו לגידול תות השדה, נבחנו הזנים תמיר טיפוח של המחלקה לירקות בבית דגן, ע"י המטפח ניר דאי, והזן יובל שטופח ע"י חברת Fertiseeds. למבנה הוכנסה כוורת של דבורי דבש אשר לא תפקדה כראוי לכן הוצבה במקביל כוורת של דבורי בומבוס.

השליש האחרון במבנה שימש לגידול סליקורניה (פירקן עשבוני, Salicornia) ונזרע ב- 20/12/11. הצמח ההלופיטי הושקה במי הרכז של המתפיל מוליכות חשמלית של 4.5 dS/m אליהם הוסף מלח בישול (NaCl) מומס במים במינון של כ- 6 ק"ג/מ"ק על מנת להעלות את המוליכות החשמלית של מי ההשקיה לרמה אופטימאלית לגידול סליקורניה של כ- 15 dS/m.

**יבול: תות השדה** החל להניב בחודש נובמבר בשני הזנים אך היבול הגבוה יותר בחודש זה הוא בזן תמיר כמעט כפול מהזן יובל 0.81 ק"ג/למ"ר. נתון זה חריג, כי הזן יובל מקובל כזן בכיר יותר. עד חודש פברואר באה לידי ביטוי יתרונו ביבול המצטבר של הזן תמיר לעומת הזן יובל, 4.58 ק"ג/למ"ר 3.47 ק"ג/למ"ר בהתאמה (איור 1). במהלך חודש דצמבר כמעט ולא נוצר יבול מסחרי עקב בעיית הפריה הקשורה למצב הכוורת. לתקופת ההנבה בתות השדה חשיבות כלכלית רבה כאשר בחודש נובמבר פודה תות שדה כ- 20 עד 25 שקלים לק"ג ואילו בשלהי העונה כ- 5 שקלים בלבד. יש להמשיך ולבחון את שיטת הגידול וזנים נוספים כדי למקסם את היבול ליחידת שטח.

**יבול הסליקורניה** נאסף החל באמצע חודש אפריל. במהלך כ- 50 ימי קטיף נאסף יבול חומר טרי של כ 5 ק"ג למ"ר מתוכו 90% באיכות המתאימה ליצוא. שילוב הגידולים שהודגם בניסוי זה נמצא אפשרי. יש לחזור ולבחון שילוב גידולים נוספים על מנת להעלות את רווחיות הגידול במים מותפלים ליחידת שטח.

איכות מי ההשקיה, המליחות הגבוהה, מהווים גורם מגביל להרחבת סל הגידולים בערבה. בשנה האחרונה הופעל מתקן ניסיוני (מודל) בתחנת יאיר בערבה להשבת המים המקומיים העיקרון דומה למתקני אוסמוזה הפוכה. מדובר בממברנות משוכללות אשר מאפשרות חדירה סלקטיבית של יונים דרך הממבראנה בניגוד לפעילות הממברנות במתקני האוסמוזה הפוכה "המנקה" את כל המלחים מהתוצר העובר דרך המערכת עקב כך מים אלו נדרשים לתוספות של סידן, מגנזיום וגופרית וביקרבונט על מנת להתאימם לשימוש חקלאי מערכות הנופלטריציה ישפרו מצב זה על ידי כך שחלק מהיסודות יעברו לתוצר הסופי(גם כלורידים ונתרן אך ברמה נשלטת). מערכת הנופלטריציה היא גם מערכת חסכונית מאוד באנרגיה כ-50% חסכון באנרגיה לעומת מערכות אוסמוזה הפוכה קונבנציונלית, כי הלחצים הנדרשים לשימוש במערכת נמוכים יחסית, המאפשרת הפעלת המערכת ע"י מערכת של תאים סולאריים (תמונה 1).



תמונה 1 : מערכת התאים הסולאריים להפעלת מערכת הנופלטריציה לטיפול במים בתחנת הניסויים יאיר.

המים המופקים מהמתקן הם באיכות מתאימה להשקיית גידול רגיש כגון תות שדה ומאידך מי הרכז של המתקן יאפשרו הרחבת סל הגידולים וגידול של צמחים הדורשים רמת מלחים גבוהה במי השקיה כגון אסטר, סליקורניה ודומיה. בצורה זו ניתן יהיה לבחון מערכת שתאפשר גידול צמחים רגישים למלח ושימוש במי הרכז המהווים בעיה עיקרית בשימוש במערכות השבת מים וחוסר יכולת להיפטר ממי הרכז אשר יכולים להגיע ל- 30% מכלל המים המטופלים. בעבר נבדק גידול תות השדה בתחנת הניסויים יאיר אך בהצלחה מועטה יחסית עקב רגישות הגידול למים המליחים הנמצאים באזור לאיכות המים בגידול תות שדה חשיבות מכרעת, במחקר אשר נערך עוד בשנות החמישים ע"י Ehlig and Bernstein (1958) נמצא כי עליה במוליכות החשמלית בקרקע במצוי עיסה רוויה מעל ל- 2.5 dS/m גרמה לירידה של כ- 50% ביבול תות השדה אך עבודה מוקדמת זו לא קבעה את משך החשיפה לרמות אלו במהלך הגידול וההשפעה על הירידה ביבול לפי Mass and Hoffman (1977) ערך הסף לתחילת פגיעה ביבול הוא 1 dS/m במיצוי עיסה רוויה, והיבול יורד ב- 33% עם כל עליה ביחידת EC מעבר לערך הסף. נמצא כי הסיבה לנזקים בצמחי התות הם יונים ספציפיים כגון כלור ונתרן. בניסוי בו נבחנו השפעות פיטוטוקסיות של יונים ספציפיים על צמחי תות השדה ובו נמצא כי היון העיקרי הגורם לנזקים הוא הכלור ואף נקבע כי מתחת ל- EC של 1 dS/m ולריכוז כלורידים של פחות מ 1% בעלים אין סימפטומים (Martinez 1997). בשנת 1997 פותחה בחוות הבשור טכנולוגיה אחרת לגידול תות שדה בשיטה זו גדל תות השדה בתעלות קטנות (מרזבים) של כ- 8 ליטר מצע למטר רץ המנוקזות לתוך תעלת ניקוז אינדיווידואלית לכל מארז. תעלות אלו תלויות (תמונה 2) וקשורות אל אגדי המבנה ומנותקות מן הקרקע, על ידי כך נוצרת אפשרות לתנועת המארזים ימינה ושמאלה, תנועה המאפשרת גמישות בבחירת רוחב השביל לעבודות הקטיפי וטיפולים אחרים. בכך נוצר ניצול מרבי של שטח החממה המאפשר שתילה של כ- 40% יותר צמחים למ"ר מן המקובל בשיטות הרגילות. שתילת הצמחים במארז נעשית באופן אופקי ובכך נוצרים שני אזורים: אזור אשר רובו עלים, הנבנה מעצם פניית העלים לכיוון השמש ואזור ריכוז הפירות, הנוצר לאחר חנטה כאשר הפרי ההולך וכבד עקב מילוי יורד כלפי מטה. כך נוצר אזור אשר רובו עלים ואזור נפרד כמעט אשר רובו פירות, אשר

נראים לעין ותלויים באוויר ללא מגע במארי. אפקט זה הנוצר מעצם השתילה האופקית גורם לבריאות רבה יותר של הצמח, לאיכות פרי גבוהה וכן לקבלת יבול גבוה יותר לעומת שיטת השתילה האנכית המקובלת.



תמונה 2 : מערכת לגידול תות שדה במרזבים תלויים.

מערכת הגידול בתות שדה במצע המנותק מותאמת מאוד לנושא מחזור המים כאשר לכל שורת גידול ישנו מרזב האוסף את המים ובאמצעות שיפוע של כ- 1.5% מנקז את הנקז לתעלה רוחבית המנקזת את מי הנקז אל מחוץ לחממה. באמצעים פשוטים יחסית ניתן לאגור את מי הנקז לשימוש חוזר. שיטה זו מתבקשת מעצם בניית מערכת הגידול ועשויה להביא לירידה בזיהום הסביבתי ולחסכון בעלויות כגון דשנים ומים כפי שנמצא במערכות מחזור ורדים.

גידול הסליקורניה (*Salicornia*) הוא ההפך הגמור מתות השדה ודרישתו לגידול היא מים מלוחים מאוד ומסוגל לגדול היטב אף במי ים. הסליקורניה היא צמח חד שנתי ממשפחת ה- *Chenopodiaceae* (תמונה 3), אשר מינים שונים שלו נפוצים במקומות שונים בעולם. הסליקורניה ידועה בתפוצתה הטבעית באירופה, אגן הים התיכון וארה"ב. גבעולי סליקורניה מקובלים בארצות שונות בעולם כירק טרי, מאודה או מוחמץ וכמאכל לאניני טעם. הוא מכונה גם "אספרגוס הים" (*Sea Asparagus*) בשל דמיון גבעוליו לגבעולי האספרגוס, וצורת הבישול הדומה, באידוי. סליקורניה מקובלת מאוד באירופה כבר מהמאה שעברה בשימוש ביתי, כמו גם בבתי אצילים כמזון לאניני טעם וכלולה היום במנות מזון במסעדות יוקרה באירופה וספרי בישול לאניני טעם. מינים שונים של סליקורניה נאספים לאורך חופי אירופה, ארה"ב, ספרד ויפן למאכל טרי או כירק להצמחה. השוק מבוסס כיום ברובו על איסוף ענפים חובבני משתילי בר, דבר המגביל את האספקה לשווקים מבחינת כמות ומועד וגורם למחיר גבוה. בתקופה מספטמבר ועד מאי (כ-8 חדשים) האספקה מישראל לשווקים מוגבלת מכיוון שאין גידול בטבע בטמפרטורות נמוכות. בתקופה זו יש לגידול הסליקורניה בתנאים מוגנים בישראל יתרון יחסי כפי שקיים בגידולי ירקות ופרחים אחרים ליצוא בתקופה זו. ביתר חודשי השנה, בתקופה שבין מאי לספטמבר (כ-4 חדשים) ניתן לקיים מערכת ייצור והספקה מגידול בשטחים פתוחים ובעלויות ייצור מופחתות.



תמונה 3 : סליקורניה (פירקן עשבוני)

מטרת הניסוי - לימוד ביצועי המתפיל בשיטה ננופילטריציה ושימוש מושכל במים מותפלים לגידול תות שדה במצע מנותק ובמי הרכז המלוחים של המתפיל לגידול הלופיטים דוגמת הסליקורניה, במטרה להגדיל את סל מוצרי הירקות המיועדים ליצוא מהערבה.

## שיטות

הניסוי התקיים בחממה בתחנת יאיר בהיקף של 350 מ"ר. המבנה צויד במערכת המצעים המנותקים התלויים על מבנה החממה בגובה של כ- 1.7 מטר מעל פני הקרקע מצע הגידול הוא קוקוס בשקי גידול, הקוקוס דחוס וכאשר הוא נטען במים הוא טופח וממלא את שקית הגידול הפלסטית אשר המצע נמצא בתוכה. בכל שקית 12 נקבי שתילה המאפשרים את קבלת עומד הצמחים הנדרש ליחידת שטח בשיטת גידול זו. המרחק בין מרזב למרזב 0.60 מ'. תאריך שתילה 26/9/2010. מבנה החממה צויד במערכת של מזרן לח ובבקרת אקלים לצורך הפחתת הטמפרטורה בשלבי הגידול הראשונים. המים אשר השקו את תות השדה והן המים הנדרשים להפעלת המזרן הלח הם מים באיכות גבוהה ברמת מוליכות חשמלית של 0.8 dS/m שני שליש מהחממה שימשו לגידול תות השדה, נבחנו הזנים תמיר טיפוח של המחלקה לירקות בבית דגן, ע"י המטפח ניר דאי, והזן יובל שטופח ע"י חברת Fertiseeds. למבנה הוכנסה כוורת של דבורי דבש אשר לא תפקדה כראוי לכן הוצבה במקביל כוורת של דבורי בומבוס.

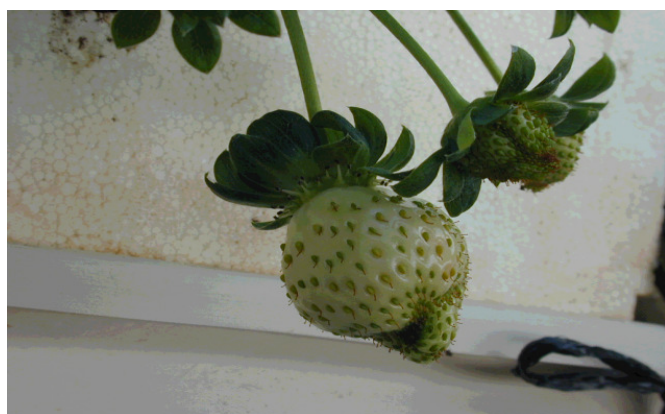
השליש האחרון במבנה שימש לגידול סליקורניה שנזרעה ב- 20/12/10. מקור הזרעים היה מו"פ רמת נגב.

הסליקורניה הושקתה במי הרכז של המתפיל במוליכות חשמלית של 4.5 dS/m אליהם הוסף מלח בישול (NaCl) מומס בכמות של כ-6 ק"ג/למ"ק על מנת להעלות את המוליכות החשמלית של מי ההשקיה לרמה אופטימאלית לגידול סליקורניה של כ- 15 dS/m.

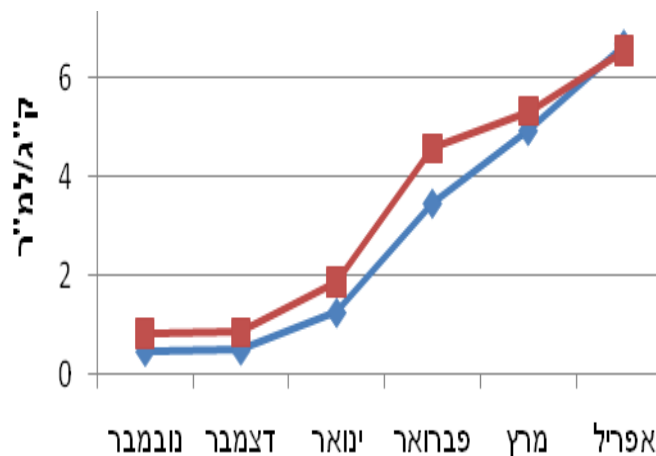
## תוצאות ודיון

### תות שדה

תות השדה החל להניב בחודש נובמבר בשני הזנים אך היבול הגבוה יותר בחודש זה התקבל בזן תמיר והיה כמעט כפול מיבול הזן יובל 0.81 ק"ג/למ"ר (טבלה 1). נתון זה חריג, כי הזן יובל מקובל כזן בכיר יותר. עד חודש פברואר באה לידי ביטוי יתרונו ביבול המצטבר של הזן תמיר לעומת הזן יובל, 4.58 ק"ג/למ"ר 3.47 ק"ג/למ"ר בהתאמה (איור 1). במהלך חודש דצמבר כמעט ולא נוצר יבול מסחרי עקב בעיית הפריה הקשורה למצב הכוורת ולא לתנאי הגידול והצמח עצמו. עקב כך, נגזר מהיבול חלק חשוב מהיבול בחודש דצמבר המהווה את החודש החשוב ביותר מסחרית. חשוב לציין כי לתקופת ההנבה בתות השדה חשיבות כלכלית רבה כאשר בחודש נובמבר פודה תות שדה כ- 20 עד 25 שקלים לק"ג ואילו בשלהי העונה כ- 5 שקלים.



תמונה 4 : פרי מעוות "פני חתול" Cat face



איור 1 : יבול כללי מצטבר בזן תמיר

טבלה 1 : יבול חודשי של שני זני תות השדה

חודש	יבול כללי	יבול יצוא	יבול שוק	יצוא	משקל פרי	מעוותים	אחרים
קטיף	ק"ג/מ"ר	ק"ג/מ"ר	ק"ג/מ"ר	%	גרם	ק"ג/מ"ר	ק"ג/מ"ר
11/10	0.48	0.41	0.07	85	10	0.02	0.05
12/10	0.03	0.02	0.01	61	17	0.001	0.01
1/11	0.76	0.30	0.46	40	23	0.28	0.18
2/11	2.21	0.92	1.28	42	18	0.34	0.94
3/10	1.47	1.06	0.41	71	15	0.12	0.30
4/11	1.75	1.27	0.48	73	17	0.10	0.38
5/11	0.27	0.18	0.09	66	13	0	0.09
11/10	0.81	0.77	0.05	94	10	0.02	0.03
12/10	0.04	0.03	0.003	91	8	0	0.003
1/11	1.01	0.29	0.72	48	17	0.16	0.56
2/11	2.72	1.07	1.65	39	14	0.74	0.91
3/11	0.75	0.30	0.45	41	11	0.10	0.35
4/11	1.23	0.92	0.31	76	15	0.03	0.27
5/11	0.34	0.20	0.14	58	11	0	0.14

ליבול המתקבל בחודשים נובמבר עד ינואר חשיבות מכרעת במסחריות הגידול התוצאות בניסוי בתחנת יאיר עד חודש ינואר עמדו בזן תמיר על 1.8 ק"ג למ"ר לעומת 1.2 ק"ג למ"ר בזן יובל. מיידע אשר יצטבר באזור הבשור בשיטה זו ידוע כי בתקופה זו ניתן להגיע ליבול של כ- 3 ק"ג למ"ר אך התקלה בממשק ההפריה גרמה לחוסר יבול בתקופה זו. ליבול המתקבל בחודשים לאחר מכן השפעה מועטה על רווחיות הגידול לכן יש להמשיך ולבחון את שיטת הגידול וזנים נוספים כדי למקסם את היבול ליחידת שטח.

#### סליקורניה

היבול נאסף החל מאמצע חודש אפריל. במהלך כ- 50 ימי קטיף נאסף יבול חומר טרי של כ 5 ק"ג למ"ר מהם 90% באיכות המתאימה ליצוא.

## סיכום

שני הגידולים, הן תות השדה והן סליקורניה הם גידולים רווחיים. הסליקורניה פודה כ-15 שקלים לק"ג ואילו תות השדה פודה בממוצע כ-10 שקלים לק"ג במהלך העונה. יש להמשיך ולבחון זנים שונים של תות השדה ולשפר את ממשק ההפריה כדי למצוא זנים מתאימים לגידול באזור יש להבין כי גידול תות השדה בערבה הוא גידול הזקוק לצינון כחודשיים ממשתילה ולאיכות מים גבוהה אשר כרגע אינה מצויה בשטחים החקלאיים בערבה. שילוב הגידולים של תות שדה וסליקורניה נמצא אפשרי ומתאים למערכות חקלאית במסגרת של מערכת מים כפי שתוארה בדו"ח הנוכחי.

## הבעת תודה

תודתנו נתונה לקרן יק"א על תמיכתה במימון הניסוי, לאבי אושרוביץ ולדורית חשמונאי? מצוות מו"פ ערבה על העבודה המסורה בביצוע הניסוי, למו"פ רמת נגב על אספקת זרעי הסליקורניה אשר אפשרו את הניסוי.

## מקורות

Bould, C. (1983): Methods of diagnosing nutrient disorders in plants. *In*: Diagnosis of Mineral Disorders in Plants. Vol. 1: Principles. H.M.S.O., London.

Ehlig C.F. & Bernstein L. (1958) Salt tolerance of strawberries. Proceedings of the American Society for Horticultural Science 72:198-206.

Maas, E. V., and Hoffman, G. J. Crop salt tolerance: Evaluation of existing data. Proc. Int'l. Salinity Conf., Texas Tech. Univ., Lubbock, August 1976. p. 187-198, 1977.

Martinez Barrosam M.C. & C.E. Alvarez, 1997. Toxicity symptoms and tolerance of strawberry to salinity in the irrigation water. Scintia Horticulturae 71: 177-188.

## **Evaluation of desalination unit using nanofiltration method: combined growing of Strawberries irrigated with desalinated water and Salicornia using desalination concentrate**

Andrea Ghermandi<sup>1,\*</sup>, Rami Messalem<sup>1</sup>, Rivka Offenbach<sup>2</sup>, Shabtai Cohen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ben-Gurion University of the Negev, Zuckerberg Inst. for Water Research, Desalination & Water Treatment, Israel

<sup>2</sup> Central and Northern Arava Research and Development, M.P. Arava, Sapir, Israel

Writer address: [sab@inter.net.il](mailto:sab@inter.net.il)