

“נווה מדבר חקלאי” (Agricultural Oasis), ניסוי ראשוני בקנה מידה קטן (פילוט) של מתקן התפלה בשיטת סינון ננו (Nano Filtration) לגידול באזורים צחיחים,

תחנת יאיר, הערבה - דו"ח שנה ראשונה

רמי מסאלם, אנדריאה גארמנדי - המכון למחקר מים ע"ש צוקרברג, הקריה שדה בוקר, אוניברסיטת בן גוריון שבתאי כהן, רבקה אופנבך, אבי אושרוביץ, דורית חשמונאי, יובל ברזילי - מו"פ ערבה תיכונה וצפונית

כתובת המחבר: ghermand@bgu.ac.il

בתחנת הניסויים יאיר (חצבה) הוקם בשנת 2009 מתקן התפלה חקלאי לניסוי בקנה מידה קטן על מנת לבחון ייצור בר קיימא של גידולים באזורים צחיחים. מטרת ההקמה הייתה לבחון את הייתכנות הטכנית והכלכלית כולל עלויות אנרגיה של שילוב פאנלים פוטו-אלקטריים (PV) עם התפלת מים, במטרה לייצר מי השקיה בערבה. המתקן המשתמש בממברנות סינון ננו (Nano Filtration, NF) על מנת להתפיל את מי המקום המליחים להפקת מי השקיה באיכות גבוהה. במשך השנה הראשונה של הפרויקט, יחידת ההפעלה הופעלה ע"י חשמל מהרשת, אך במאי 2011 הותקנו מתקנים פוטו-וולטאיים המופעלים ע"י אור השמש, על מנת להשיג עצמאות אנרגטית בשנה השנייה של הפרויקט. מתקן ההתפלה הניסויי מדגים את ייתכנות ההתפלה באמצעות אנרגיה סולארית עם ממברנות NF, אשר מתאפיינות בהרחקת מלח נמוכה יותר מאשר ממברנות של אוסמוזה הפוכה (RO) ובלחץ נמוך יותר ולכן צורך פחות אנרגיה. מערכת זו, בניגוד למערכת של אוסמוזה הפוכה היא ממברנה סלקטיבית המאפשרת לחלק מהיונים לעבור את הממברנה ויש לה יכולות לניקוי המים ממולקולות אורגניות וירוסים ופטרייות. האפשרות להעברה סלקטיבית של חלק מהיונים הכרחית לגידול צמחים ומאפשרת למגנזיום וסידן הנמצאים במי המקור (בחלקם) להגיע אל מי התוצר ולאפשר תוך כך לקבל מים המתאימים יותר לחקלאות מאשר מים המופקים ממתקני אוסמוזה הפוכה. בנוסף, יחד עם המינרלים החשובים לצמח מגיעים רמות מסוימות של כלורידים ונתרן. יתרון נוסף למערכת היא צריכת האנרגיה הנמוכה יחסית העומדת על כ- 50% ממתקני האוסמוזה הפוכה. תכונה זו תאפשר חיבור למערכת סולארית אשר תאפשר למערכת זו עצמאות ללא תלות ברשת החשמל הארצית.

מתקן ההתפלה הניסויי שהוקם בתחנת יאיר בסתיו 2009 החל לפעול בנובמבר אותה שנה, כשהוא מוזן מרשת החשמל הארצית. המערכת פעלה 24 שעות ביממה תחת פיקוח של טכנאים במקום. דגימות של מי ההזנה, התוצר והרכז נאספו פעמיים בשבוע ונשלחו למעבדה האנליטית של אוניברסיטת בן גוריון בנגב. הפרמטרים שנבדקו הם: רמת ה-pH, המוליכות החשמלית (EC), הסידן, המגנזיום, הסולפט, הכלוריד והביקרבונט. סדרת המדידות השנייה החלה בפברואר 2010. סדרה זו כללה מיהול של מי התוצר עם מי ההזנה, במטרה להשיג את האיזון המינרלי (יונים) הנכון, כגון: סידן, מגנזיום וסולפט, אשר דרושים לגידול הצמחים.

נמצא כי בעת חודשי הפעילות הראשונים, מתקן ההתפלה פעל על פי הציפיות. הלחץ המופעל בממברנות נשמר כל העת בסביבות 4 אטמוספירות, לעומת 10 אטמוספירות, הלחץ הדרוש להתפלה באמצעות אוסמוזה הפוכה. איכות התוצר תאמה את מה שצפה המודל ואף הייתה טובה יותר. בזמן הפעילות עם מיהול מי תוצר וההזנה המתקן ייצר מי השקיה עם ריכוז סידן של 54 ח"מ וריכוז מגנזיום 23 ח"מ בערכים הקרובים מאד לרמה המיטבית הדרושה לגדול צמחים.

השימוש בהתפלה בסינון ננו מראה יתרונות ליישום חקלאי לעומת אוסמוזה הפוכה במונחים של לחץ תפעול וצריכת אנרגיה נמוכים יותר.

ניסויים חקלאיים עם גידולי צריכה עיקריים שונים נערכו בעונה החקלאית 2011/12 בשני מחזורי גידול. חלקות ניסוי הושקו במים מותפלים וחלקות הביקורת (ההיקש) הושקו במים מליחים. במחזור החורף, בין נובמבר 2010 למרץ 2011 גודלו באמצעותם תפוחי אדמה, ואילו במחזור האביבי בין מרץ ליוני 2011 גודלו בחלקות הני"ל תירס, דוחן ודורה. בשני המחזורים, גידולים שהושקו במים מותפלים קיבלו באופן קבוע 25% פחות מים מאשר חלקות בביקורת. לפיכך, נמצא יתרון משמעותי בהשקיה עם מים מותפלים שהביא לשימוש מופחת של 25% בכמות המים הנחוצה. בנוסף, ההוצאות הפוטנציאליות הכרוכות בסילוק מי התמלחת ממתקן ההתפלה היבשתי הופכות ליתרון על ידי כך שמנצלים את מי התמלחת לגידול סלק אדום, גידול בעל ערך תזונתי רב שהינו עמיד למלח.

במשך כל התקופה פעל מתקן ההתפלה המבוסס על סינון ננו באמצעות ממברנות על פי הציפיות, מלבד הפסקה משמעותית אחת שנבעה מקלקול במשאבה. מתקן ההתפלה היה מעל לציפיות מבחינת השפיעה (6.5 מ"ק ליום) וצריכת האנרגיה הייחודית (1.37 קילוואט שעה למ"ק). המתקן פעל באופן קבוע בלחץ נמוך של 4.3 בר. למי מתקן ההתפלה לאחר שעורבבו עם מקצת מהמים הבלתי מותפלים הייתה מוליכות חשמלית מתונה (0.86 דציסימנס/מטר) והם הכילו ריכוזים ברמת מיקרו של חומרי הזנה כגון סידן (45 חלקי מיליון) ומגנזיום (23 חלקי מיליון), אשר כמותם היא מעל הרמה המינימלית המומלצת לשימוש של מים מותפלים לחקלאות. השימוש של התפלה בסינון ננו מראה יתרונות ממשיים ליישום חקלאי לעומת אוסמוזה הפוכה במונחים של לחץ תפעול וצריכת אנרגיה נמוכים יותר.

בחינה של יצור תפוחי האדמה שגודל במחזור החורף לא מראה הבדלים משמעותיים בקשר ליבול ומספר פקעות בין חלקות המושקות במים המותפלים לחלקות הביקורת, למרות כמות ההשקיה הגדולה יותר בחלקות הראשונות. העדר השפעה חיובית שהייתה צפויה מהשקיית תפוחי האדמה במים מותפלים יכול לנבוע בעיקר מנגיעות בחיידק *Erwinia corotovara*, אשר מדביק פי 1.7-2.7 יותר צמחים המושקים במים מותפלים מאשר צמחים המושקים במי מליחים. חלקות של תירס, דוחן ודורה שהושקו במים מותפלים הראו באופן סטטיסטי יותר צמחים גבוהים וצפופים, ולגבי תירס ודורה גם משקל טרי ויבש גבוה יותר לחלקה. יבול הדוחן והדורה היה גבוה באופן ניכר יותר בחלקות הניסוי, בעוד שלגבי התירס לא נמצאו הבדלים סטטיסטיים בין חלקות הטיפול לחלקות הביקורת. צמחי הסלק האדום שהושקו במי התמלחת של מתקן ההתפלה במשך שתי עונות הגידול, גדלו טוב ולא הראו סימנים שהושפעו ממליחות המים הגבוהה ויבולם היה גבוה מהמצופה.

לסיכום, בדיקה מקדמית של עלות-תועלת מראה שע"י שימוש חקלאי בקנה מידה מלא של מתקן ההתפלה עם הגישה הטכנולוגית החדשה של סינון ננו, ניתן יהיה להשיג יכולת קיום בייצור של גידולים חקלאיים בעלי ערך גבוה יחסית כגון תפוחי אדמה. ניתן לומר שמירב התועלת הסביבתית המשמעותית של המערכת המוצעת תהייה בהפחתה הממשית של ניצול מים מהאקוויפרים הכלואים והבלתי מתחדשים לצרכים חקלאיים.

הבעת תודה

תודתנו נתונה למר שמואל ג'וזפוביץ, לוזאן, שוויצריה, על מימון המחקר.

We wish to thank Mr. Samuel Josefowitz, Lausanne, Switzerland for the founding of this research.

"Agricultural Oasis" A pilot-scale nanofiltration desalination system for growing in Arid zone

Rami Messalem and Andrea Ghermandi - Zuckerberg Institute for Water Research Ben-Gurion University of the Negev
Shabtai Cohen, Rivka Offenbach, Avi Usherovitz, Dorit Hashmonai, Yuval Barzilai - Central and Northern Arava R&D