

# פיתוח ריאקטור ביולוגי לייצור דשן נוזלי עתיר חנקה ויישומו בחקלאות האורגנית

← פוסמניק רוני 1, גיא עופר 1, נאגידאת עלי 1, בר סיני בועז 2, פיין פנחס 3 וגרוס עמית\* 1

1. מכון צוקרברג לחקר המים, המכונים לחקר המדבר ע"ש בלאושטיין, אוניברסיטת בן גוריון בנגב מדרשת בן גוריון, 84990

2. בית הספר הניסויי "מבואות הנגב"

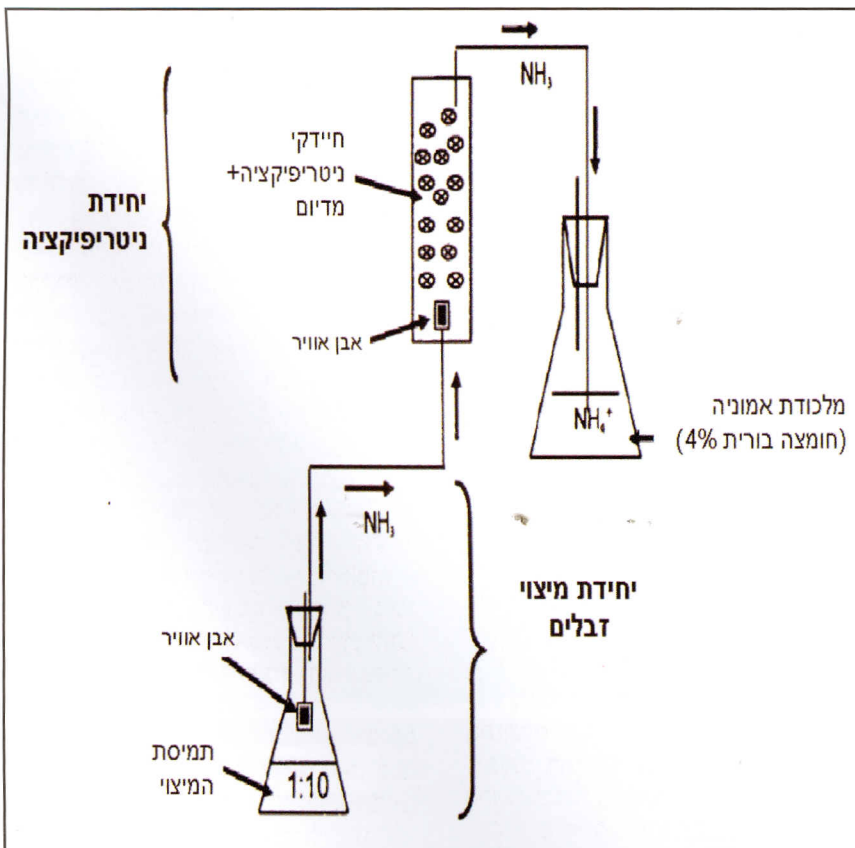
3. המכון למדעי הקרקע המים והסביבה, מכון מחקר החקלאי וולקני, בית דגן 50250

האורגנית), כגון עיוות הפרי ("פאלפלים") ושחור פיטם (Bar-Tal et al., 2001; Saure, 2001).  
 3 - טכנית, השימוש בגואנו הוא בעייתי עקב העומס האורגני הגבוה הגורם לסתימת טפטפות (Arusi et al., 2004; Gross et al., 2008).

בהן:  
 1 - מחירו הגבוה (כ-3500 שקלים לטון) וזמינותו לא קבועה (רשף, 2001).  
 2 - מרבית החנקן המתקבל הוא אמון ניקלי ( $\text{NH}_4 + \text{NH}_3 = \text{TAN}$ ) ולדין שון האמוניקלי עלולות להיות השפעות שליליות על הגידולים (כגון, עגבנייה ופלפל שהם גידולים מובילים בחקלאות

החקלאות האורגנית בישראל היא ענף מתפתח בעל פוטנציאל כלכלי גבוה לייצור ולשוק המקומי. תקנות החקלאות האורגנית אינן מתירות, כידוע, שימוש בכימיקלים סינטיטיים, או במודיפיקציות גנטיות, לטובת דישון או הרברת מזיקים ומחלות. התקנות אף מעודדות מחזור של נוטריינטים ממקורות טבעיים לשם שמירה על פוריות הקרקע, שיפור והגדלת היבול. עלויות תשומות הדישון במשק האורגני האינטנסיבי הן גבוהות במידה ניכרת מאלה המקבילות במשק הקונבנציונלי. דשנים אורגניים עתירי חנקן זמין הם מצרך חיוני ומבוקש במשק האורגני. הדישון בחקלאות האורגנית מבוסס על שימוש בקומפוסט לפני תחילת הגידול (זיבול יסוד) ועל תוספות במהלך תקופת הגידול (דישון ראש). בגידולים חסרי יים נפוץ דישון נוזלי באמצעות מערכת ההשקיה.

בשוק האורגני אפשר לרכוש דשנים נוזליים מרוכזים המוכנים לשימוש אך עלותם גבוהה מאד. גואנו מיובא הוא חומר מוצא מקובל לדישון ראש בחקלאות האורגנית (הרס, 1996; יקותיאלי וחוברי, 1996). השימוש בגואנו מבוסס על מיצוי מימי שלו (ביחס משקלי של 1:10, מים: גואנו יבש). היתרונות בתכולת החנקן הגבוהה (כ-18%) וזמינותו הגבוהה למינרליזציה. אולם לשימוש בגואנו יש מספר בעיות, ובראשן איבוד משמעותי של חנקן המשתחרר מהתמיסה בצורה של אמוניה גזית ( $\text{NH}_3$ ), כך ששיעור החנקן הזמין לדישון הוא רק 10%-40% מכלל החנקן בובל (הרס, 1997; רשף, 2001). ידועות בעיות נוספות לשימוש בגואנו



של יחידת הניטריפיקציה (מים וקומפוסט) נבדקו ונמצאו יעילות בניסוי מעבדה מבוקרים, שבוצעו בנפחים של ליטרים בודדים תוך קבלת דשן עתיר חנקן (כ"ג 7000 מג"ל N) תוך השבה של מעל 70% מכמות החנקן שהייתה בזבלים.

## יישום הרעיון במשק החקלאות האורגנית

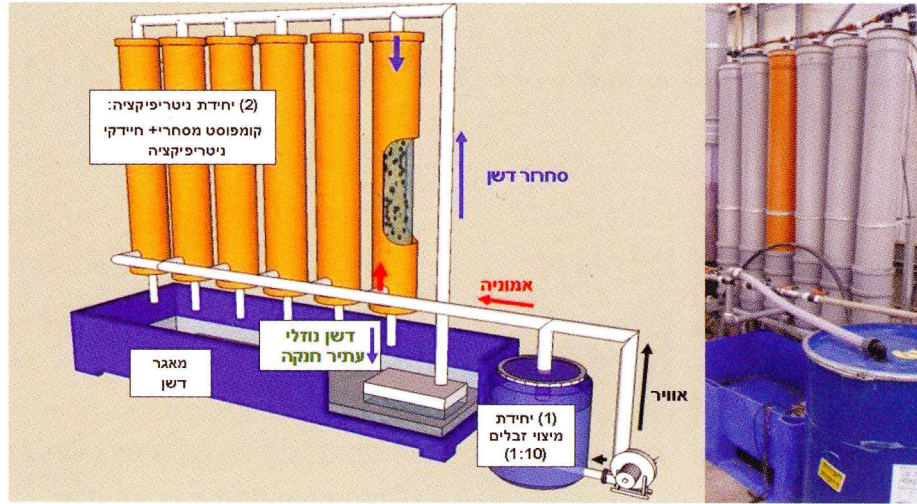
המחקר מתמקד במציאת דרכים ליישום הרעיון במשק החקלאי האורגני. במאמר זה נדגים רק את המערכת המבוססת קומפוסט. מתקן פיילוט הוקם לאחרונה, הכולל ריאקטור עם יחידת ניטריפיקציה על בסיס קומפוסט בביה"ס "מבואות הנגב" (איור 1).

### יעילות ייצור הדשן

יעילות ייצור הדשן נמדדה באמצעות שני פרמטרים: (1) קביעת ריכוז החנקן בדשן המתקבל. (2) ביצוע מאזן מסה המשווה את סך כל החנקן הזמין בדשנים, לעומת כמות החנקן ההתחלתית בזבלים המוצקים. בנוסף לאיפיון הכימי של הדשן, נבדקה איכותו באמצעות ניסויי דישון על צמחי מודל שונים ובחינת טיב היבול. באיורים 3 ו-4 מוצגות תוצאות מאזני מסה המסכמות את יעילות ייצור הדשן כאשר חומר המוצא היה מיצוי גואנו (איור 3) וזבלי מטילות (איור 4). תכולת החנקן הכללי (חנקן אורגני + אמון) בזבלים המוצקים הייתה כ"ג 17% וכ"ג 3% בהתאמה. תמיסות המיצוי הוכנו ביחס משקלי של 1:10, כלומר כל יחידת מיצוי "הזונה" בתמיסה שהכילה 1.5 ק"ג יבש של זבל מוצק ב"ג 15 ליטר מים. יחידת הניטריפיקציה מורכבת משש עמודות קומפוסט מס' חרי (18 ליטר כ"א) ו"מוזנת" משטף אמון ניה גזית שמקורו ביחידת המיצוי. הדשן מתקבל בסוף התהליך כתוצאה משטיפת הקומפוסט ב"ג 10 ליטר מי ברו.

### איכות הדשן

כחלק מתהליך האופטימיזציה של המערכת, הוגדרה המטרה לייצר דשן בעל ריכוז מקסימלי של חנקן כללי בו החנקן קה ( $\text{NO}_3$ ) מהווה צורון הדומיננטי. הן ממתקני המעבדה והן ממתקני הפיילוט נמצא הגואנו כחומר גלם פחות מתאים <<<



2. מתקן פיילוט לייצור דשן נוזלי עתיר חנקן, באמצעות: (1) יחידת מיצוי זבלי עופות מלול מטילות אורגני. יחידת ניטריפיקציה המפוצלת לשש קולונות (כ"א 18 ליטר). קומפוסט מסחרי משמש כמצע טבעי לחיידקי פיקציה. המערכת ממוקמת בחממה הלימודית, "מבואות הנגב".

בות החנקן האורגני הופכות לאמוניה, אותה ניתן לנרף (באמצעות הזרמת אוויר מתמדת והעלאה טבעית של ערך ההגבה), האוויר עתיר האמוניה מוזרם דרך יחידת הניטריפיקציה, האמוניה נספחת על המצע המוצק ומתחמצנת. בסוף תקופת המיצוי, ערך ההגבה של נוזל המיצוי מורעלה באמצעות סיד, והאמוניה הנותרת בו מוזרמת ליחידת הניטריפיקציה.

ביחידת הניטריפיקציה, מתרחש חמצון האמוניה ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ ) לחנקן ( $\text{NO}_3^-$ ) בתהליך ביולוגי דו-שלבי. בשלב הראשון חל חימצון האמוניה לחנקן ( $\text{NO}_2^-$ ) ובשלב השני - חימצון החנקן לחנקן. שני השלבים מתבצעים על ידי חיידקי ניטריפיקציה אוטוטרופים ברובם (ללא צורך במקור פחמן אורגני), הדורשים תנאים אירוביים המתקבלים באמצעות איזורור של המדיום. בדקנו שתי גרסאות של מצע ביחידת הניטריפיקציה; (א) מדיום מימי עם "תושבות פלסטיות" המאוכלסות בחיידקי ניטריפיקציה מאוקלמים, (ב) קומפוסט מסחרי שהוא מצע טבעי לחיידקי ניטריפיקציה. בשתי התצורות, בתנאים של שטף אמוניה תוך אוורור תדיר ובהיעדר מקור פחמן, אוכלוסיית החיידקים הדומיננטית הייתה האוכלוסייה הניטריפיקנטית (מחמצני אמוניה ומחמצני חנקן). בסוף התהליך, יחידת הניטריפיקציה נשטפת, והתשטיפ הגו דשן חנקני נוזלי מרוכז.

יעילות המערכת נמדדת באמצעות שני מדדים: (1) ריכוז החנקן הכללי וצורון ני החנקן השונים (אמון, חנקן וחנקן) בתשטיפ של יחידת הניטריפיקציה. (2) ניצולת התהליך במונחים של כמות החנקן המיגרלי בתשטיפ כאחוז מסך תכולת החנקן בזבלים המוצקים. שתי התצורות

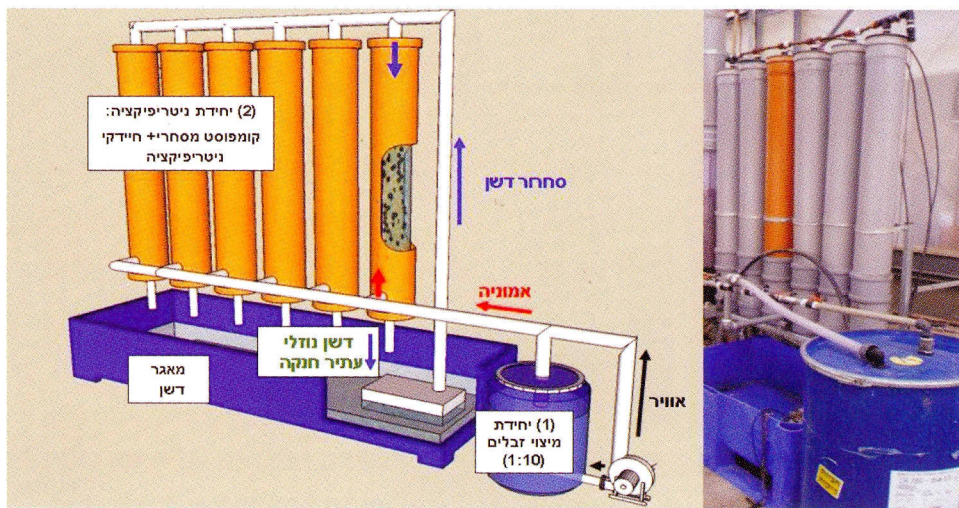
לקחה בחשבון את הפוטנציאל "א" פתוגנים ואורגניזמים פוליים עם הגואנו.

לה ועוד מותירים את החקלאות בבעיה חמורה, כאשר הגואנו לם לתמיסת הדישון אינו אמין תכולת החנקן הזמינה לצמח. אפוא, שיטה יעילה יותר למיצוי ים תוך צמצום איבודי החנקן ויי יד המיצוי. לכן יש לבחון יישום ח מקומיים וחומרי גלם נוספים, חנקן זמין לגידולים בחקלאות ת.

## דעת חדישה לייצור דשן חנקני לשימוש חקלאות האורגנית

שלנו מוביל לאפשרות של ייצור דשן נוזלי עתיר חנקן ממקורות (לרבות זבלי עופות מקומיים) מאפשר מיחזור מרבי של חנקן אורגניים מוצקים. בשנים האחרונות באוניברסיטת בן-גוריון, עם מינהל המחקר החקלאי מעצור דשן נוזלי עתיר חנקן לשימוש חקלאות האורגנית (Arusi, 2005; Gu). המערכת מבוססת על ריניולוגי המחולק לשתי יחידות אחת, יחידת מיצוי - בה ממוצים המוצקים, והשנייה - יחידת ניטריפיקציה, בה מומרת אמוניה גזית לחנקן. שתי יחידות אלו ממוצקות על ידי ספיחה וחמצון מיקרוביאלי

דשן המיצוי ניתן להזין זבלים בלשהם (כולל זבלי עופות, בקר שפכים) ביחס מיצוי (זבל:מים) לחומר. ביחידת המיצוי, תרכו



איור 2. מתקן פיילוט לייצור דשן נוזלי עתיר חנקן, באמצעות: (1) יחידת מיצוי זבלי עופות מלול מטילות אורגני. (2) יחידת ניטריפיקציה המפוצלת לשש קולונות (כ"א 18 ליטר). קומפוסט מסחרי משמש כמצע טבעי להיידקי ניטריפיקציה. המערכת ממוקמת בחממה הלימודית, "מבואות הנגב".

של יחידת הניטריפיקציה (מים וקומפוסט) נברקו ונמצאו יעילות בניסוי מעבדה מבוקרים, שבוצעו בנפחים של ליטרים בודדים תוך קבלת דשן עתיר חנקן (כ"א 7000 מג"ל N) תוך השבה של מעל 70% מממות החנקן שהייתה בזבלים.

## יישום הרעיון במשק החקלאות האורגנית

המחקר מתמקד במציאת דרכים ליישום הרעיון במשק החקלאי האורגני. במאמר זה נדגים רק את המערכת המבוססת קומפוסט. מתקן פיילוט הוקם לאחרונה, הכולל ריאקטור עם יחידת ניטריפיקציה על

בסיס קומפוסט בביה"ס "מבואות הנגב" (איור 1).

## יעילות ייצור הדשן

יעילות ייצור הדשן נמדדה באמצעות שני פרמטרים: (1) קביעת ריכוז החנקן ברדשן המתקבל. (2) ביצוע מאזן מסה המשווה את סך כל החנקן הזמין ברדשנים, לעומת כמות החנקן ההתחלתית בזבלים המוצקים. בנוסף לאיפיון הכימי של הדשן, נבדקה איכותו באמצעות ניסויי דישון על צמחי מודל שונים ובחינת טיב היבול. באיורים 3 ו-4 מוצגות תוצאות מאזני מסה המסכמות את יעילות ייצור הדשן כאשר חומר המוצא היה מיצוי גואנו (איור 3) וזבלי מטילות (איור 4). תכולת החנקן הכללי (חנקן אורגני + אמוני) בזבלים המוצקים הייתה כ-17% וכ-3% בהתאמה. תמיסת המיצוי הוכנו ביחס משקלי של 1:10, כלומר כל יחידת מיצוי "הוונה" בתמיסה שהכילה 1.5 ק"ג יבש של זבל מוצק ב-15 ליטר מים. יחידת הניטריפיקציה מורכבת ממש עמודות קומפוסט מס' חרי (18 ליטר כ"א) ו"מוזנת" משטף אמוני גזית שמקורו ביחידת המיצוי. הדשן מתקבל בסוף התהליך כתוצאה משטיפת הקומפוסט ב-10 ליטר מי ברז.

## איכות הדשן

כחלק מתהליך האופטימיזציה של המערכת, הוגדרה המטרה לייצר דשן בעל ריכוז מקסימלי של חנקן כללי בו החנקן קה ( $NO_3$ ) מהווה צורן הדומיננטי. הן ממתקני המעבדה והן ממתקני הפיילוט נמצא הגואנו כחומר גלם פחות מתאים <<<

בות החנקן האורגני הופכות לאמוניה, אותה ניתן לנרף (באמצעות הזרמת אוויר מתמדת והעלאה טבעית של ערך ההגבה), האוויר עתיר האמוניה מוזרם דרך יחידת הניטריפיקציה, האמוניה נספחת על המצע המוצק ומתחמצנת. בסוף תקופת המיצוי, ערך ההגבה של נוזל המיצוי מרעלה באמצעות סיד, והאמוניה הנתורת בו מוזרמת ליחידת הניטריפיקציה.

ביחידת הניטריפיקציה, מתרחש חמצון האמוניה ( $NH_3 + NH_4$ ) לחנקן קה ( $NO_3^-$ ) בתהליך ביולוגי דו-שלבי. בשלב הראשון חל חימצון האמוניה לחנקן קה ( $NO_2^-$ ) ובשלב השני - חימצון החנקן לחנקן. שני השלבים מתבצעים על ידי חיידקי ניטריפיקציה אוטוטרופים ברובם (ללא צורך במקור פחמן אורגני), הדורשים תנאים אירוביים המתקבלים באמצעות איוורור של המדיום. ברקנו שתי גרסאות של מצע מיצע ביחידת הניטריפיקציה; (א) מדיום מימי עם "תושבות פלסטיות" המאוכלסות בחיידקי ניטריפיקציה מאוקלימים, (ב) קומפוסט מסחרי שהוא מצע טבעי לחיידקי ניטריפיקציה. בשתי התצורות, בתנאים של שטף אמוניה תוך איוורור תדיר ובהיעדר מקור פחמן, אוכלוסיית החיידקים הדומיננטית הייתה האוכלוסיה הניטריפיקנטית (מחמצני אמוניה ומחמצני חנקן). בסוף התהליך, יחידת הניטריפיקציה נשטפת, והתשטף הנו דשן חנקני נוזלי מרוכז.

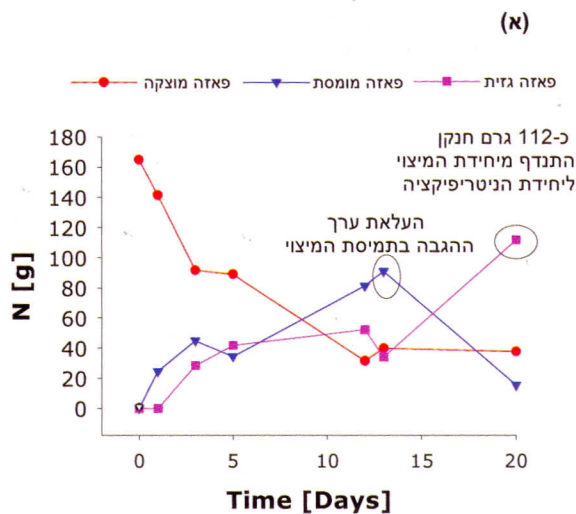
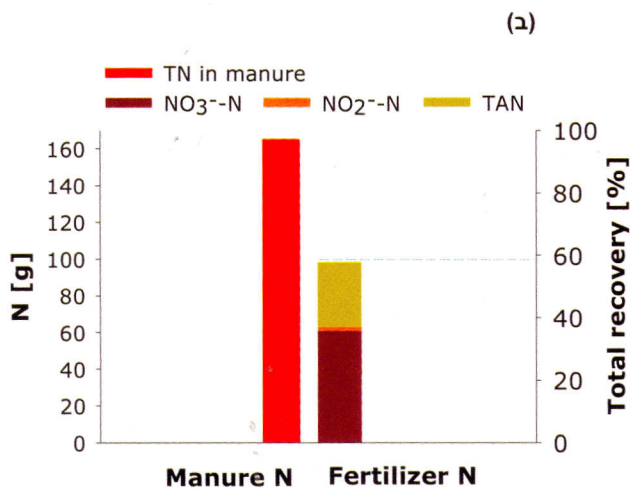
יעילות המערכת נמדדה באמצעות שני מדדים: (1) ריכוז החנקן הכללי וצורן ני החנקן השונים (אמוני, חנקן וחנקן) בתשטף של יחידת הניטריפיקציה. (2) ניצולת התהליך במונחים של כמות החנקן המינרלי בתשטף כאחוז מסך תכולת החנקן בזבלים המוצקים. שתי התצורות

4 - יש לקחת בחשבון את הפוטנציאל של "ייבוא" פתוגנים ואורגניזמים פולי-שים אחרים עם הגואנו. כל אלה ועוד מותירים את החקלאות האורגנית כבעיה חמורה, כאשר הגואנו כחומר גלם לתמיסת הדישון אינו אמיץ מבחינת תכולת החנקן הזמינה לצמח. נדרשת אפוא, שיטה יעילה יותר למיצוי נוטריינטים תוך צמצום איבודי החנקן וייצור תהליך המיצוי. לכן יש לבחון יישום זבלי בע"ח מקומיים וחומרי גלם נוספים, כמקור לחנקן זמין לגידולים בחקלאות האורגנית.

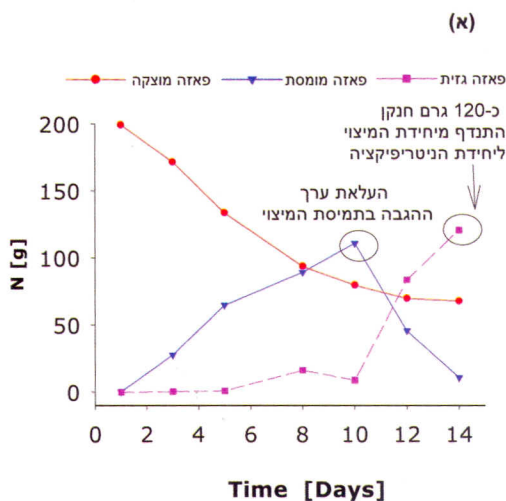
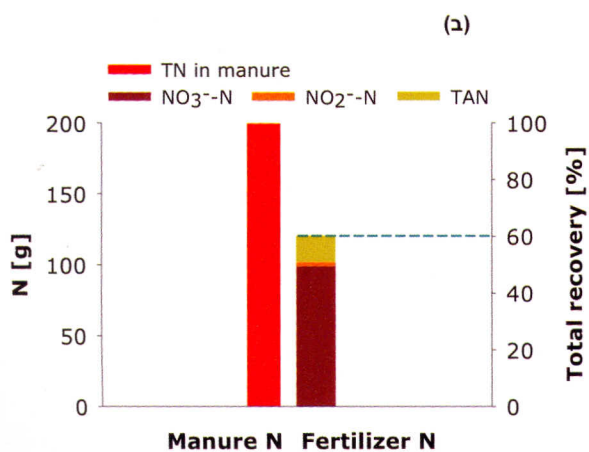
## מערכת חדישה לייצור דשן חנקני לשימוש בחקלאות האורגנית

המחקר שלנו מוביל לאפשרות של ייצור נרחב של דשן נוזלי עתיר חנקן ממקורות טבעיים (לרבות זבלי עופות מקומיים) באופן המאפשר מיחזור מרבי של חנקן מזבלים אורגניים מוצקים. בשנים האחרונות פותחה באוניברסיטת בן-גוריון, בשיתוף עם מינהל המחקר החקלאי מערכת לייצור דשן נוזלי עתיר חנקן לשימוש בחקלאות האורגנית (Arusi, 2005; Guy, 2006). המערכת מבוססת על ריפיקציה ביולוגית המחולקת לשתי יחידות משנה; האחת, יחידת מיצוי - בה ממוצים הזבלים המוצקים, והשנייה - יחידת ניטריפיקציה, בה מומרת אמוניה גזית לחנקן באמצעות ספיחה וחמצון מיקרוביאלי (איור 1).

את יחידת המיצוי ניתן להזין זבלים מוצקים כלשהם (כולל זבלי עופות, בקר ובוצות שפכים) ביחס מיצוי (זבלים) מתאים לחומר. ביחידת המיצוי, תרכו-



איור 3. סיכום מיצוי גואנו. מאזן מסה לחנקן כללי (TN) המשווה בין רמת החנקן הכללי בגואנו המוצק (~17%N) לבין זו המתקבלת בדשן; (א) מאזן חנקן ביחידת המיצוי בה חנקן ממוצה ומתנדף ליחידת הניטריפיקציה; (ב) תוצאות יחידת הניטריפיקציה - פילוח של צורוני החנקן בדשן המתקבל וחישוב ניצולת כללית לתהליך.



איור 4. סיכום מיצוי זבלי מטילות. מאזן מסה לחנקן כללי (TN) המשווה בין רמת החנקן הכללי בזבל המוצק (~3%N) לבין זו המתקבלת בדשן; (א) מאזן חנקן ביחידת המיצוי בה חנקן ממוצה ומתנדף ליחידת הניטריפיקציה; (ב) תוצאות יחידת הניטריפיקציה - פילוח של צורוני החנקן בדשן המתקבל וחישוב ניצולת כללית לתהליך.

לתהליך הנלמד, למרות תכולת החנקן הגבוהה שבו (כ-17%), נקודה זו ניתן לייזם לשטפי אמוניה גבוהים ולא מבוקרים זמשתחררים במהלך מיצוי הגואנו, העלויים לפגוע בפעילות המיקרוביאלית ביחידת הניטריפיקציה. לעומת זאת, דווקא בלימים עשירים פחות בתכולת החנקן כגון בלי מטילות (כ-3-4%) נמצאו כחומר גלם

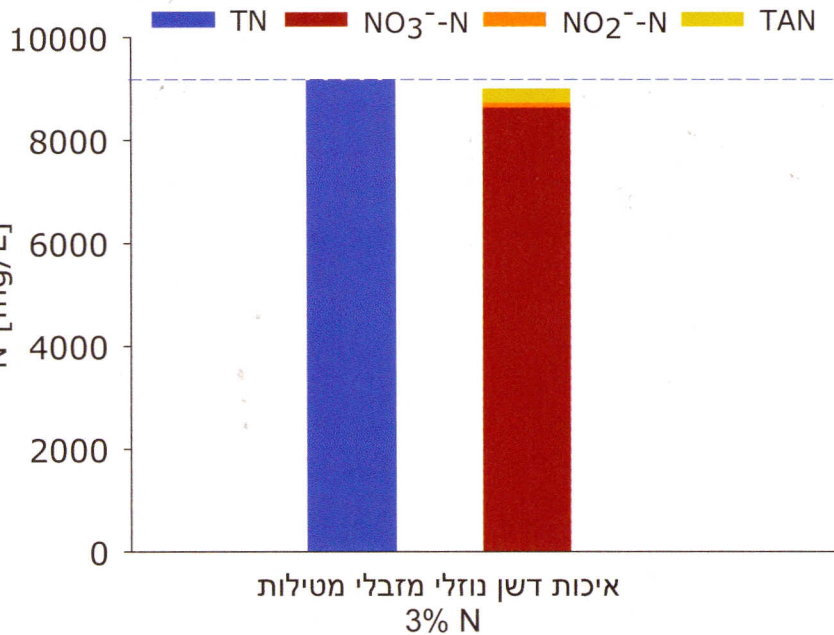
יעיל הודות לנידוף אמוניה מתון ומבוקר יותר. באיור 5 מובאות תוצאות הפקת דשן מזבלי מטילות (לאחר 14 ימים) במערכת הפיילוט ב"מבואות הנגב".

## דיון ומסקנות

בעבודה זו הבאנו חלק מתוצאות המחקר

תוצר עם תכולת חנקן כללי זמין של כ־120 גרם, כלומר ניצולת כללית העולה על 60% וגבוהה משמעותית מעדויות קודמות בספרות. יתרה מכך, כל האמוניה שהתנדפה ליחידת הניטריפיקציה קציה חומצנה לניטרט, הצורון המועדף ברשן.

השימוש בקומפוסט כמצע ביחידת הניטריפיקציה הוכח כיעיל הן בספיחת האמוניה הגזית (היות שלקומפוסט תכונות של משחלף יונים בעל ערכי קיבול קטיונים חליפיים גבוהים) והן כמצע לחיידקי הניטריפיקציה. יתרה מכך, היות שמדובר במדיום מוצק העובר שטיפה, ניתן לשלוט טוב יותר על ריכוז הדשן המתקבל בעזרת בקרה על נפח המים המשמש לשיטה. במילים אחרות, שטיפה בנפחי מים קטנים תגרום לקבלת דשן מרוכז ולהפך. במסגרת עבודה זו ריכוז החנקן כניטרט בתשטיף (איור 5) הגיע



איכות דשן נוזלי מזבלי מטילות 3% N

איור 5. איכות והרכב הדשן. ריכוז חנקן כללי (TN) ופילווח צורוני החנקן (חנקה, אמוניה וחנקית בדשן שהתקבל ממיחזור זבלי מטילות מקומיים במתקן פילוט לייצור דשן עתיר חנקה.

צקים (גואנו/זבלי עופות/ בוצות שפכ תהליך של ייצוב בסיד, כך שהבוצה המ לקת מהמתקן היא בוצה מיוצבת (בוצה א'), וסילוקה לסביבה אינו מסוכן ואף עי להועיל בטיוב קרקעות. כיום מתמקד המחקר בפיתוח מער בקרה מתקדמת, במקביל לשיפור או ההפעלה של מתקנים על בסיס יחידת טריפיקציה נוזלית. במקביל נערך מח להבנה מעמיקה יותר של התהליכים המ קיימים במערכות המצע הנייח (הקומפוכ במטרה ליעל עוד יותר את התהליך. למעשה, אנו שואפים שהבנת התהי כים המדעיים שהובנו בניסויים הע נים במתקני המעבדה והפיילוט יתורג לאפליקציות חקלאיות וליישום המערנ במשק האורגני.

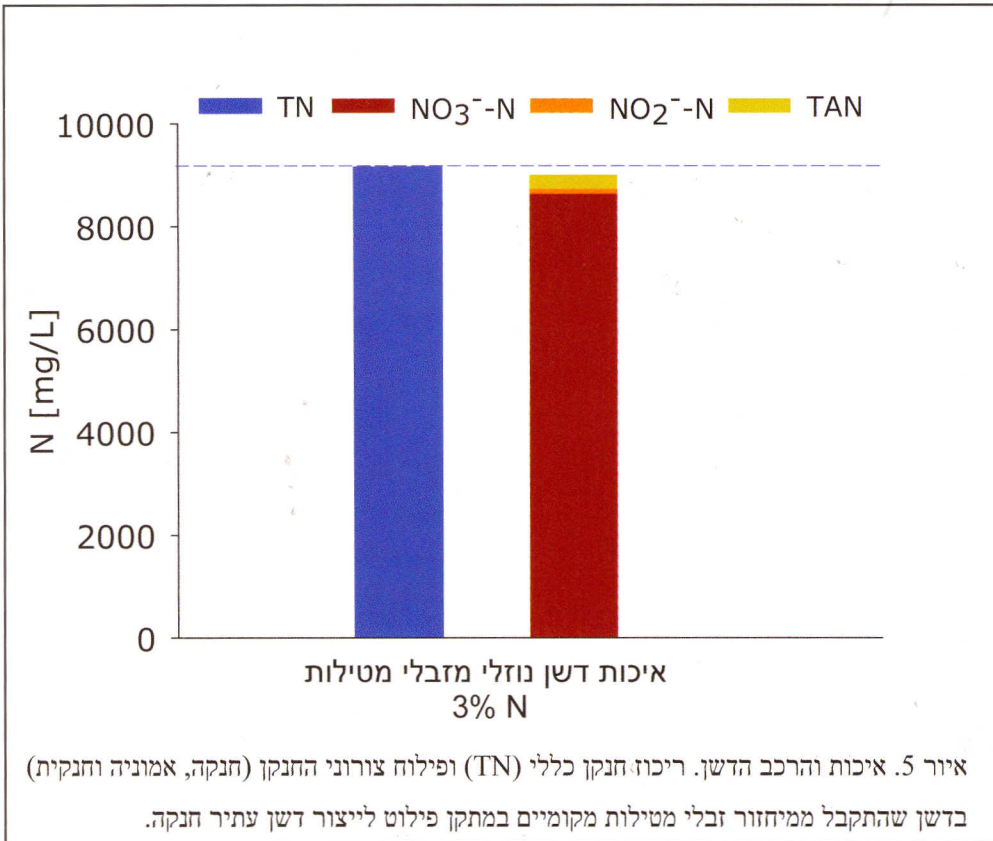
תכנות הקונספט שהוצע במעבדה במתקני פיילוט בשרה. לצד ההישג הטכנולוגי בשיטה שהוצעה לייצור דשן נוזלי הדרוש בשוק האורגני, למתקן יתרון משמעותי נוסף היות שמדובר במערכת ידירותית לסביבה. מיחזור נוטריינטים מזבלי עופות מקומיים הוא פיתרון בריקיימא לטיפול בפסולת חקלאית העלולה לגרום למטרד סביבתי. יתרה מכך, שימוש חוזר בזבלים מקומיים עשוי להקטין את ייבוא הגואנו ודשנים אורגנים אחרים. בעבודה זו אף הראנו, שמייחזור נוטריינטים מזבלי בעלי תכולת חנקן יחסית נמוכה כגון זבלי מטיל לות, עשוי להיות אפקטיבי יותר מאשר בגואנו הודות לשטף אמוניה גזית נמוך ויציב הנפלט מזבלי מטילות. יש לציין כי במהלך הפקת הדשן עוברים הזבלים המור

לכדי 1% שהוא ריכוז גבוהה יחסית ודור מה לריכוז המתקבל במיצוי מסורתי של גואנו (17% חנקן). למרות שלא נוסה אנו סבורים, כי במהלך שטיפות מתאים ניתן לרכז את הדשן בצורה משמעותית עד כדי הכפלה ואף שילוש ריכוז החנקן בתמיסה. יש לציין, כי מתקני פיילוט הפועלים על מדיום מימי ומצע מרחף (כמו שהוקם בתחנת אייר מו"פ ערבה) טרם הניבו תוצאות דומות מסיבות שונות וביניהן כשלים טכניים הקשורים בעיקר בבקרה על ריכוזי האמוניה במדיום המימי. כמו כן, ראוי לציין, כי למרות שהמערך כת אינה מפירה שום כלל מתקנון החקלאות האורגנית, היא טרם קבלה אישור על ידי הועדה המאשרת. שלב זה במחקר הוכיח למעשה את הי

מקורות:

הרס, א. (1996) הונה חנקנית בחקלאות האורגנית - גלגולו של חומר אורגני בקרקע. מחקר חקלאי בישראל ח' (2)-1: 151-175.  
הרס, א. (1997) גואנו ותחליפים כדשן אורגני. השרה ע"ז (י"ב): 18-20.  
יקותיאלי, ע., מ. אוסטרובייל, נ. שמיר, ב. שטיינר, וא. הרס. (1996) מיצוי מימי של חנקן מזבל עופות לשם יישומו בחקלאות. השרה כרך ע"ז (1): 85-88.  
רשף, ג. (2001) דו"ח מיצויים אורגניים. סיכום מחקרים וניסויי שדה בחקלאות האורגנית. שה"מ, משרד החקלאות.

rusi, R. (2005) Nitrogen extraction from fowl manures for fertigation in organic agriculture In Department of Environmental Hydrology & Microbiology, Ben-Gurion University of the Negev  
Bar-Tal, A., Aloni, B., Karni, L., Oserovitz, J., Hazan, A., Itach, M., Gantz, S  
vidan, A., Posalski, I., Tratkovski, N. & Rosenberg, R. (2001) Nitrogen nutrition of greenhouse pepper. I. Effects of nitrogen concentration and NO<sub>3</sub>: NH<sub>4</sub> ratio on yield, fruit shape, and the incidence of blossom-end rot in relation to plant mineral composition. Hortscience, 32, 1244-1251  
ross, A., Arusi, R., Fine, P., & Nejdat, A., (2008). Assessment of extraction methods with fowl manure for the production of liquid organic fertilizers. Bioresour. Technol. 99, 327-334  
uy, O., (2006). Enterapment of Nitrogen from Fowl manure Extractes for fertigation in organic agriculture. Department of Environmental Hydrology & Microbiology, Ben-Gurion University of the Negev  
aure, M.C. (2001) Blossom-end rot of tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) - a calcium- or a stress-related disorder? Scientia Horticulturae, 90, 193-208



תוצר עם תכולת חנקן כללי זמין של כ-120 גרם, כלומר ניצולת כללית העולה על 60% וגבוהה משמעותית מעדויות קודמות בספרות. יתרה מכך, כל האמוניה שהתנדפה ליחידת הניטריפיקציה קציה חומצנה לניטרט, הצורון המועדף ברשן. השימוש בקומפוסט כמצע ביחידת הניטריפיקציה הוכח כיעיל הן בספיחת האמוניה הגזית (היות שלקומפוסט תכונות של משחלף יונים בעל ערכי קיבול קטיונים חליפיים גבוהים) והן כמצע לחיידקי הניטריפיקציה. יתרה מכך, היות שמדובר במדיום מוצק העובר שטיפה, ניתן לשלוט טוב יותר על ריכוז הדשן המתקבל בעזרת בקרה על נפח המים המשמש לטיפה. במילים אחרות, שטיפה בנפחי מים קטנים תגרום לקבלת דשן מרוכז ולהפך. במסגרת עבודה זו ריכוז החנקן כניטרט בתשטיף (איור 5) הגיע לכדי 1% שהוא ריכוז גבוהה יחסית ודו-גואנו (17% חנקן). למרות שלא נוסה אנו סבורים, כי במהלך שטיפות מתאים ניתן לרכוז את הדשן בצורה משמעותית עד כדי הכפלה ואף שילוש ריכוז החנקן בתמיסה. יש לציין, כי מתקני פיילוט הפועלים על מדיום מימי ומצע מרחף (כמו שהוקם בתחנת יאיר מו"פ ערב) טרם הניבו תוצאות דומות מסיבות שונות וביניהן כשלים טכניים הקשורים בעיקר בבקרה על ריכוזי האמוניה במדיום המימי. כמו כן, ראוי לציין, כי למרות שהמערכת אינה מפירה שום כלל מתקנון החקלאות האורגנית, היא טרם קבלה אישור על ידי הועדה המאשרת. שלב זה במחקר הוכיח למעשה את הי-

צקים (גואנו/זבלי עופות/ בוצות שפכים) תהליך של ייצוב בסיד, כך שהבוצה המסוּלקת מהמתקן היא בוצה מיוצבת (בוצה סוג א'), וסילוקה לסביבה אינו מסוכן ואף עשוי להועיל בטיוב קרקעות. כיום מתמקד המחקר בפיתוח מערכת בקרה מתקדמת, במקביל לשיפור אופן ההפעלה של מתקנים על בסיס יחידת ניטריפיקציה נוזלית. במקביל נערך מחקר להבנה מעמיקה יותר של התהליכים המתקיימים במערכות המצע הנייח (הקומפוסט) במטרה ליעל עוד יותר את התהליך. למעשה, אנו שואפים שהבנת התהליכים המדעיים שהובנו בניסויים השונים במתקני המעבדה והפיילוט יתורגמו לאפליקציות חקלאיות וליישום המערכת במשק האורגני.

תכנות הקונספט שהוצע במעבדה במתקן ני פיילוט בשרה. לצד ההישג הטכנולוגי בשיטה שהוצעה לייצור דשן נוזלי הדרוש בשוק האורגני, למתקן יתרון משמעותי נוסף היות שמדובר במערכת ידידותית לסביבה. מיחזור נוטריינטים מזבלי עופות מקומיים הוא פיתרון בר-קיימא לטיפול בפסולת חקלאית העלולה לגרום למטרד סביבתי. יתרה מכך, שימוש חוזר בזבלים מקומיים עשוי להקטין את יבוא הגואנו ודשנים אורגנים אחרים. בעבודה זו אף הראנו, שמיחזור נוטריינטים מזבלים בעלי תכולת חנקן יחסית נמוכה כגון זבלי מטילות, עשוי להיות אפקטיבי יותר מאשר בגואנו הודות לשטף אמוניה גזית נמוך ויצבי הנפלט מזבלי מטילות. יש לציין כי במהלך הפקת הדשן עוברים הזבלים המו-

מקורות: הרס, א. (1996) הונת חנקנית בחקלאות האורגנית- גלגולו של חומר אורגני בקרקע. מחקר חקלאי בישראל ח' (2-1): 175-151. הרס, א. (1997) גואנו ותחליפים כדשן אורגני. השרה ע"ז (ב): 18-20. יקותיאלי, ע., מ. אוסטרובייל, נ. שמיר, ב. שטיינר, ו.א. הרס. (1996) מיצוי מימי של חנקן מזבל עופות לשם יישומו בחקלאות. השרה כרך ע"ו (1): 88-85. רשף, ג. (2001) דו"ח מיצויים אורגניים. סיכום מחקרים וניסויי שדה בחקלאות האורגנית. שה"מ, משרד החקלאות.

Arusi, R. (2005) Nitrogen extraction from fowl manures for fertigation in organic agriculture In Department of Environmental Hydrology & Microbiology, Ben-Gurion University of the Negev „Bar-Tal, A., Aloni, B., Karni, L., Oserovitz, J., Hazan, A., Itach, M., Gantz, S Avidan, A., Posalski, I., Tratkovski, N. & Rosenberg, R. (2001) Nitrogen nutrition of greenhouse pepper. I. Effects of nitrogen concentration and NO<sub>3</sub>: NH<sub>4</sub> ratio on yield, fruit shape, and the incidence of blossom-end rot in relation to plant mineral composition. Hortscience, 36, 1244-1251

Gross, A., Arusi, R., Fine, P., & Nejidat, A., (2008). Assessment of extraction methods with fowl manure for the production of liquid organic fertilizers. Bioresour. Technol. 99, 327-334

Guy, O., (2006). Entrapment of Nitrogen from Fowl manure Extractes for fertigation in organic agriculture. Department of Environmental Hydrology & Microbiology, Ben-Gurion University of the Negev

Saure, M.C. (2001) Blossom-end rot of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) - a calcium- or a stress-related disorder? Scientia Horticulturae, 90, 193-208