

## הפחתת גורמי מחלה שוכני-קרקע באמצעות בוצת שפכים

### חוקרים שותפים :

פנחס פיין, גיורא קריטשמון, יפת בן יפת – מנהל המחקר החקלאי  
משה אלבז, דב צוהר, ליאנה גנות, חיים לינרס, עירית דורי, מירון סופר – מו"פ דרום.  
גיגי מהרשק – גידולי אג"ו  
אורי זיג- יח"מ

### תקציר:

תוספים עתירי חנקן אורגני ומשחררי אמוניה נוצלו כבר בעבר להדברת מחלות שוכנות קרקע. עם זאת השילוב של מקור אמוניה ושל העלאה זמנית חולפת ב-pH של הקרקע נחקר באופן מועט יחסית. רעילות האמוניה היא עקב הדיפוזיה של הצורה הלא מיוננת ( $\text{NH}_3$ ) דרך הממברנות לתוך תאים של האורגניזמים הרגישים, הפרת האיזון הכימי ופגיעה במבנים תאיים ובאנזימים. היעילות הביוצידית של האמוניה תלויה בריכוז שלה בתמיסת הקרקע ובאווירת הקרקע. הפחתת גורמי מחלה בקרקע באמצעות יישום בוצה מיוצבת בסיד (במ"ס) היא בעיקר תוצאה של רעילות אמוניה גזית. נבחר שדה בחוות הבשור הידוע כמאולח בגורמי מחלה שונים. אילחנו את הקרקע בגרב אבקי בנובמבר 2010 ע"י הצנעה בזריעה של פקעות מאולחות, וע"י גידול של תפוז"ד מזן רגיש (דזירה). בהמשך בקיץ 2011 (9.7.11) בוצעו עיבודים והרטבה של הקרקע לפני פיזור הבוצה. עומס יישום הבמ"ס נקבע בהתאם ל-pH שלה (12.5) ולהשפעתה על ה-pH של הקרקע (נבדק במעבדה): בעומס שקול ל-4 טון/ד' ה-pH של הקרקע עלה מ-8.5 ל-10.5, כדרוש. לאחר תיחוח הבוצה לקרקע לעומק 20 ס"מ חופו החלקות המתאימות בפלסטיק. חלקות עם חיפוי וללא חיפוי צוידו ברושמי טמפרטורה ולאחר שבוע הוסר הפלסטיק, והקרקע נדגמה שוב. בקרקעות מהדיגום לאחר הפיזור נבדקו ריכוזי האמוניום וה-pH ובאלו מהדיגום השני נבדקה נוכחות סטרפטומיציטים כלליים וחשודים כפתוגניים ופוזריום כללי. גידול הבוחן היה תפוז"ד מהזן ווינסטון (שיאפשר אבחנה בינו לבין ספיחי הגידול המאלח) שנזרע בראשית אוקטובר 2011. הניסוי נבנה במתכונת של שישה בלוקים עם אקראיות למחצה. בדגימות הקרקע שנלקחו מחלקת הניסוי לאחר יישום הבמ"ס ולפני השתילה נמצא כי חלה ירידה בחיידקים מקבוצת הסטרפטומיציטים מחוללי גרב ובפוזריום כללי. בבחינת רמת הנגיעות של הפקעות בסוף הניסוי נמצא כי לא חלה הפחתה במחלות גרב בטיפול הבוצה אולם משקל היבול היה גבוה בצורה משמעותית בחלקות שהועשרו בבוצה. ללא קשר לטיפול הבוצה, הדישון בראש וביסוד היה אחיד בכל החלקות. יש לבצע ניסויים נוספים, בעומסי יישום שונים וללא חיפוי פלסטיק לאחר היישום כמקובל בגידול תפוז"ד.

## מבוא:

תוספים עתירי חנקן אורגני ומשחררי אמוניה נוצלו כבר בעבר להדברת מחלות שוכנות קרקע. עם זאת השילוב של מקור אמוניה ושל העלאה זמנית חולפת ב-pH של הקרקע נחקר באופן מועט יחסית. מנגנון ההשפעה של האמוניה נחקר בשנים האחרונות (גיפס, 2008), ובו נלמדה ההשפעה של רעילות אמוניה גזית לאורגניזמים בקרקע. רעילות האמוניה היא עקב הדיפוזיה של הצורה הלא מיוננת ( $\text{NH}_3$ ) דרך הממברנות לתוך תאים של האורגניזמים הרגישים, הפרת האיזון הכימי ופגיעה במבנים תאיים ובאנזימים (גיפס, 2008; 1985; 1981; Kleiner). היעילות הביוצידית של האמוניה תלויה בריכוז שלה בתמיסת הקרקע ובאווירת הקרקע. הפחתת גורמי מחלה בקרקע באמצעות יישום במ"ס היא בעיקר תוצאה של רעילות אמוניה גזית. הבמ"ס מספקת אמוניום מהמינרליזציה של החנקן האורגני של הבוצה, והיא גם מעלה את ה-pH לערך מתאים (10.5-10) בו רוב האמוניום בקרקע ככולו מצוי בצורה הגזית הפעילה. בהמשך, המינרליזציה של הבוצה מוסיפה  $\text{CO}_2$  לקרקע, והקרבוניצה המהירה של ההידרוקסיל החופשי מורידה את ה-pH ל-7.5-8.5 בשיווי משקל עם גיר. עיקר הידע בנושא השימוש בבמ"ס להדברה של מחלות שוכנות-קרקע הוא מעבודותינו (לדוג' Fine et al., 2000; Gips et al., 2001ab; Fine et al., 2004, 2005; Ben-Yephet et al., 2005; Oka et al., 2006ab; Oka et al., 2007), והיא בעיקר בהקשר להפחתה של פטריות ושל נמטודות עפצים. ראינו הפחתה משמעותית של גורמי-מחלה בקרקע ועוצמת מחלה בצמחי בוחן כולל מיני מזרעים (כגון *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi* בניסויי מעבדה), דוררת (ניסויי מעבדה ושדה), ונמטודות עפצים (מעבדה, שדה וחממה מסחרית; Oka et al., 2007, 2006a,b), והפחתה רבתי של מגוון גורמי מחלה כולל חיידקי גרב. בניסויים ותצפיות בשדה נמצאה הקטנה משמעותית בדרגת המחלה בצמחים (ציפורן, מלפפון, תפוז"ד, עגבנייה ופלפל), ושיפור בצמיחה. הצלחת הדברה נמדדת בהתאם ל: (א) טווח ההשפעה (האורגניזמים), (ב) רמת ההפחתה, משך ההשפעה ומרחב התפרסותה בקרקע, ו-(ג) הדירות (לגבי המוצר ומוצרים דומים). המטרה שלנו היא לבחון מדדים אלה לגבי אפשרות ההדברה במוצרי בוצה סוג א' שיעמדו לרשותנו בניסוי שדה.

## שיטות ומהלך הניסוי:

### הכנת חלקת הניסוי

נבחר שדה בחוות הבשור הידוע כמאולח בגורמי מחלה שונים. אילחנו את הקרקע *Spongospora subterraneae* הגורם לגרב אבקי בנובמבר 2010 ע"י הצנעה בזריעה של פקעות מאולחות בפטרייה, וע"י גידול של תפוז"ד מזן רגיש (דזירה) (זריעה: ינואר 2011, אסיף: מאי 2011). האילוח אומת, וכ-40% מהפקעות שנאספו היו נגועות בסמננוספורה. בנוסף נבדקה ואושרה נוכחותם של סטרפטומיצטים כלליים וחשודים כפתוגנים על גבי מצע סלקטיבי שפותח ע"י ג' קריצמן (KSTR), ונבדקה נוכחות *Fusarium spp.* על גבי מצע סלקטיבי לפוזריום (מצע Czapek). בהמשך בקיץ 2011 (9.7.11) נלקחו דגימות קרקע באקראי לבדיקת פירוק מואץ של מתאם סודיום (טיפול ההדברה המסחרית של הניסוי) כל דוגמה מורכבת מ-4-5 דוגמאות מעומק 10-20 ס"מ. לאחר מיכן בוצעו עיבודים והרטבה של הקרקע לפני פיזור הבוצה. עומס יישום הבמ"ס

נקבע בהתאם ל-pH שלה (12.5) ולהשפעתה על ה-pH של הקרקע (נבדק במעבדה): בעומס שקול ל-4 טון/ד' ה-pH של הקרקע עלה מ-8.5 ל-10.5, כדרוש. כהתחלה, תצרוכת האמוניה להדברה נקבעה באופן שרירותי, והיא ניתנה כאמון גופרתי (טבלה 1). פיזור הבוצה נעשה במזבלת מכוילת, הכיול נעשה באמצעות מעבר חוזר של המזבלת בשטח מחוץ לניסוי על גבי יריעה באורך 4 מ' וברוחב 1.2 מ', ושקילה של היריעה עד לתוצאה מספקת. הפיזור היה על כל שטח החלקה כולל השבילים. פיזור האמון הגופרתי היה ידני לפי שקילה. כדי להגדיל את האחידות, הערוגות סומנו בחבלים וכל ערוגה קיבלה את מנת הדשן בנפרד. מיקום החלקות סומן במדויק כדי לאפשר חזרה אליהן עונה אחר עונה. הקרקע תוחחה לעומק כ-20 ס"מ, ומדגמי קרקע נלקחו במקדח מכל החלקות (מדגם מורכב בכל חלקה), והחלקות בטיפולים הרלוונטיים חופו ביריעות פלסטיק (עובי 15 מיקרון, רוחב 7 מ'), כל חלקה כשלעצמה. חלקות עם חיפוי וללא חיפוי צוידו ברושמי טמפרטורה, והרגשים הוכנסו לקרקע לעומק 15 ס"מ. לאחר שבוע הוסר הפלסטיק, והקרקע נדגמה שוב. בקרקעות מהדיגום לאחר הפיזור נבדקו ריכוזי האמוניום וה-pH ובאלו מהדיגום השני נבדקה נוכחות סטרפטומיצטים כלליים וחשודים כפתוגניים ופוזריום כללי. כל העיבודים שקדמו לגידול בוצעו לאחר שטיפת הכלים והחלו תמיד בערוגות הבוצה בכדי למנוע אילוח משני במהלך הניסוי. הדישון ביסוד ובראש היה אחיד בכל החלקות.

#### גידול הבוחן:

הגידול היה תפ"ד מהזן ווינסטון (שיאפשר אבחנה בינו לבין ספיחי הגידול המאלח) שנזרע בראשית אוקטובר 2011. לפני הזריעה בוצע סימון ערוגות ותיחוח לעומק 20 ס"מ והזריעה של גידולי הבוחן היה בחלקות בגודל כ-120 מ"ר כל אחת (1.93X3X20) ב-6 בלוקים במבנה אקראי למחצה כך שתמיד טיפולי הבוצה נמצאים זה אחר זה ולצידם טיפולי הביקורת (נבנה כך כדי לאפשר פיזור בוצה ברצף באמצעות המזבלת). הזרעים הוטמנו בצפיפות של 5.5 זרעים למטר אורך.

טיפול	בוצה מיצבת בסיד (טון/דונם)	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (ק"ג/דונם)	כיסוי פלסטיק
ביקורת ללא טיפול			-
ביקורת פלסטיק			+
טיפול סטנדרטי במתאם סודיום			-
בוצה בלבד	4		+
בוצה + אמוניום גופרתי מינון נמוך	4	180	+
בוצה + אמוניום גופרתי מינון גבוה	4	360	+

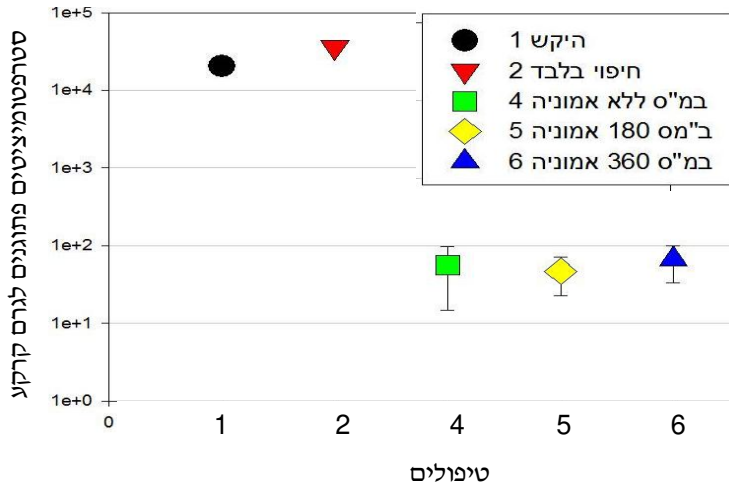
\*טיפול במתאם סודיום: ניתן בכמות 50 ליטר לדונם יחד עם 50 קו"ב לדונם מים.

טבלה 1: טיפולי הקרקע בניסוי.

#### תוצאות:

השפעת טיפולי הבוצה על פוזריום כללי וסטרפטומיצטים מחוללי גרב:

בדגימות הקרקע שנלקחו מחלקת הניסוי לאחר יישום הבמ"ס ולפני השתילה נמצא כי חלה ירידה בחיידקים מקבוצת הסטרפטומיצטים מחוללי גרב (איור 1).



**איור 1:** השפעת טיפולי במ"ס, אמון גופרתי וחיפוי על ריכוז סטרפטומיציטים מחוללי גרב השקעים העמוקים (תפוי"א) בשכבת הקרקע 0-20 ס"מ הטיפולים הם: (1 היקש, 2) חיפוי בפלסטיק (4) במ"ס, 4 טי"ד' + חיפוי כני"ל, (5) במ"ס, 4 טי"ד' + 180 ק"ג אמון גופרתי/ד' + חיפוי כני"ל, (6) במ"ס, 4 טי"ד' + 360 ק"ג אמון גופרתי/ד' + חיפוי כני"ל.

בנוסף, בבדיקת הקרקע להימצאות פוזריום כללי בכל אחד מהטיפולים נמצא כי בטיפול הבוצה השונים יעילות ההדברה לעומת הביקורת ללא טיפול נעה בין 87-94%. יעילות זו הייתה גבוה בהשוואה לטיפול המסחרי שם היעילות עמדה על 63% בלבד (טבלה 1).

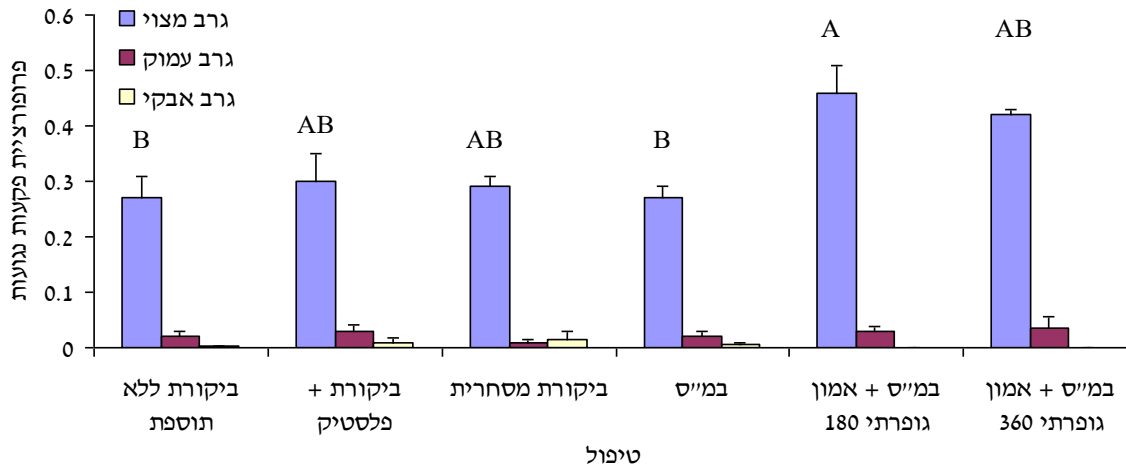
טיפול	מיהול א	ב	ג	ד	ה	ו	מספר מושבות לצלחת		יחידות הדברה
							לגרם	(%)	
1 בקורת	3100	2900	3100	3400	3400	2800	3117	0	
2 בקורת חיפוי	200	1200	900	400	500	1400	767	75	
3 מתמור	400	1700	1000	1400	900	1500	1150	63	
4 במ"ס	290	230	400	190	930	420	410	87	
5 אמון נמוך	90	270	190	160	150	280	190	94	
6 אמון גבוה	110	130	430	270	280	140	227	93	

\*מתמור 50 ליטר לדונם בתוך כמות מים 50 קו"ב לדונם ניתן פרופורציונלי. (45 ליטר + 5 שטיפה) **טבלה 1:** יעילות ההדברה של פוזריום כללי בטיפול הניסוי כפי שנבדקו בכל אחת מחזרות בניסוי באמצעות מדגם קרקע מורכב לפני הזריעה.

**השפעת טיפולי הבוצה על נגיעות בגרב בפקעות:**

בבדיקת הפקעות באסיף להמצאות מחלות גרב שונות נמצא כי רמת הנגיעות בגרב אבקי (בו היו נגועות הפקעות בגידול המאלח), וגרב עמוק הייתה נמוכה וללא הבדל משמעותי בשכיחות בין הטיפולים. לעומתם שכיחות הגרב המצוי הייתה גבוהה יחסית. עבור הגרב המצוי נמצא הבדל

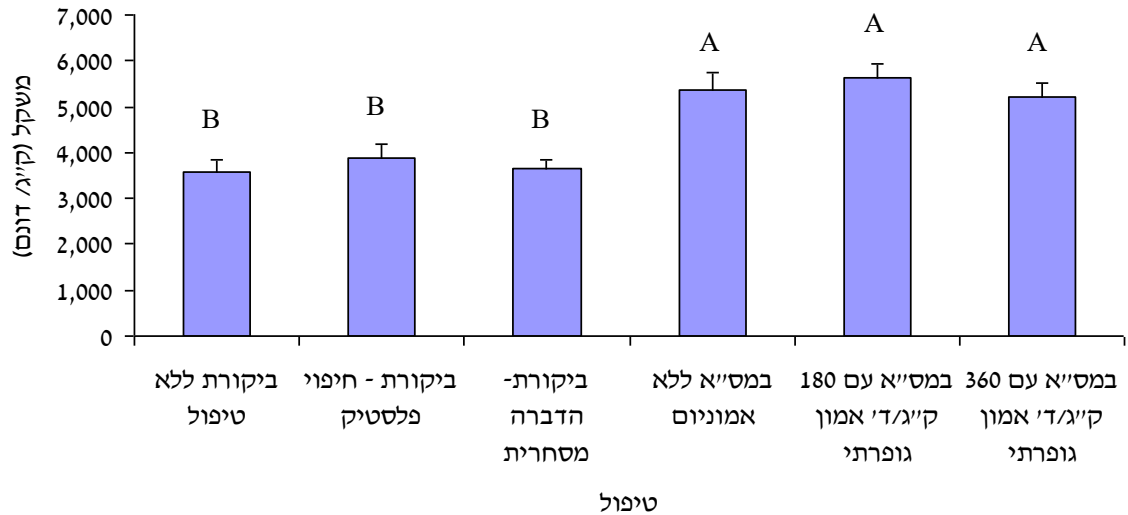
משמעותי בין טיפולי הניסוי (One Way ANOVA,  $P<0.05$ ) וכי טיפולי הבמ"ס עם וללא אמון גופרתי לא הפחיתו את שכיחות הפקעות הנגועות ובחלק מטיפולי הבמ"ס שכיחות הגרב המצוי הייתה אף גבוהה בצורה משמעותית (Tukey Kramer,  $P<0.05$ ) מזו שנמצאה בחלק מהביקורות (איור 2).



איור 2: פרופורציית פקעות ממוצעת שנמצאו נגועות במיני גרב שונים בכל אחד מטיפולי הניסוי. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים לאחר טרנספורמציה Arcsin שורש ריבועי של הפרופורציה (Tukey Kramer,  $P<0.05$ ).

השפעת טיפולי הבוצה על היבול הכללי:

המשקל הכללי של היבול היה שונה בצורה משמעותית בין הטיפולים (One Way ANOVA,  $P<0.05$ ) וגבוה בצורה משמעותית בשלושת הטיפולים בהם יושמה במ"ס בהשוואה לכל אחת מהביקורות (Tukey Kramer,  $P<0.05$ ). לא נמצא הבדל משמעותי בין הביקורות או בין טיפולי הבוצה (איור 3).



**איור 3:** משקל היבול הכללי (טון/דונם) בכל אחד מטיפולי הניסוי. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים (Tukey Kramer,  $P < 0.05$ ).



**איור 4:** התפתחות הנוף במהלך הגידול בטיפולי הביקורת וטיפול הבוצה.

### **סיכום ומסקנות להמשך:**

בדיקות הקרקע שנעשו טרם השתילה הראו כי עומס ישום הבמ"ס והתנאים האביוטיים בקרקע (pH וטמפרטורה) שנוצרו בעקבותיו הפחיתו גורמי מחלה פטרייתיים וחיידקיים מחוללי מחלות גרב שונות טרם השתילה. למרות זאת לא נמצאה כל הפחתה משמעותית של נגיעות בגרב מצוי, שהיה שכיח, בדיגום הפקעות שנערך בסוף הניסוי. ניכרת השפעה משמעותית של נוכחות הבוצה על היבול בהשוואה לביקורות שבהן פוזר דישון יסוד וראש בדומה לכל שאר טיפולי הניסוי, אולם ללא תוספת חומר אורגני לקרקע. על מנת לבסס את יעילות הבוצה בהפחתת גורמי מחלות קרקע שונים יש לבצע ניסויים נוספים המכילים טיפולים מסחריים וטיפול בוצה הכוללים עיבודים לעומקים של 30-50 ס"מ, חיטוי קרקע, והשוואה לטיפולים בהם בוצעה תוספת של חומרים אורגנים אחרים לקרקע. בנוסף, יש להעמיד טיפולי בוצה בעומסי יישום שצפויים ליצור תנאים

להדברת פתוגנים שונים בחלקות של תפוז ללא חיפוי קרקע בפלסטיק כפי שמקובל בחלקות מסחריות.

### מקורות:

1. גיפס, ע'. (2008). הדברת גורמי מחלה שוכני קרקע באמצעות אמוניה. חיבור לקבלת תואר דר' לפילוסופיה. הוגש לסנאט האוני' העברית בירושלים.
2. Ben-Yephet, Y., Tsrer, L., Reuven, M., Gips, A., Bar, Z., Einstein, A., Turjeman, Y. and Fine, P. (2006). Effect of alkaline-stabilized sludge (Ecosoil) and  $\text{NH}_4$  in controlling soilborne pathogens. V. Vanachter (ed.) Proc. 6th IS on Chemical and Non-Chemical Soil and Substrate Disinfection. Acta Horticulture 689, ISHS 2005.
3. Fine, P., Gips, A., Reuven, M., Rosenberg, R., Soloponov, V., Kolesnik, I. and Ben-Yephet, Y. (2000) Use of N-Viro Soil, a limed sludge product, to reduce *Fusarium* and other soil-borne fungi. The 20th Conference of the Israel Soc. of Phytopathology February 2000, Bet-Dagan, Israel.
4. Fine, P., Gips, A., Zilbermann, A., Beriozkin, A., Rosenberg, R., Suriano, S., Davidov, S., Itzikson, E., Bar, Z., Einstein A. and Katan, Y. (2004). Application of lime-stabilized sludge for potatoes growing in the NW Negev. Gan Sadeh VaMeshek, April 2004 (4) 37-43 (in Hebrew).
5. Fine, P., Gips, A., Roded, L., Reuven, M., Tsrer, L., Oka, Y. and Ben-Yephet, Y. (2004). Field application of lime-stabilized sludge reduces soil-borne diseases and pests. The 9th European Biosolids and Biowastes Conference, Wakefield, UK. 14-17 November 2004. [www.european-biosolids.com](http://www.european-biosolids.com).
6. Gips, A., Fine, P., Reuven, M., Rosenberg, R., Soloponov, V., Kolesnic, I., Tsrer, L. and Ben-Yephet, Y. (2001a). Application of  $\text{NH}_4$  and N-Viro Soil, a limed sludge product, to reduce *Verticillium* infestation in potatoes in the field. The 21st Conference of the Israel Soc. of Phytopathology. February 2001, Bet-Dagan, Israel. *Phytoparasitica* 29:269-270, June 2001.
7. Gips, A., Fine, P., Rosenberg, R., Soloponov, V., Reuven, M., Shemulevitz, Y., Kolesnic, I., Tseror, L. and Ben-Yephet, Y. (2001b). Application of  $\text{NH}_4$  and N-Viro Soil, a limed sludge product, to reduce *Fusarium* wilt in carnations in the field. The 21st Conference of the Israel Soc. of Phytopathology. February 2001, Bet-Dagan, Israel. *Phytoparasitica* 29:268-269, 2001.
8. Kleiner, D. (1981) The transport of  $\text{NH}_3$  and  $\text{NH}_4^+$  across biological membranes. *Biochemistry and Biophysics Acta* 639:41-52.
9. Kleiner, D. (1985) Bacterial ammonium transport. *FEMS Microbiology Reviews* 32:87-100.
10. Oka, Y., Tkachi, N., Shuker, S., Rosenberg, R., Suriano, S. and Fine, P. (2006a) Laboratory studies on the enhancement of nematicidal activity of ammonia-releasing fertilisers by alkaline amendments. *Nematology* 8:335-346.
11. Oka, Y., Tkachi, N., Shuker, S., Rosenberg, R., Suriano, S., Roded, L. and Fine, P. (2006b). Field studies on the enhancement of nematicidal activity of ammonia-releasing fertilisers by alkaline amendments. *Nematology* 8:881-893.
12. Oka, Y., Shapira, N. and Fine, P. (2007). Control of root-knot nematodes and soil-borne fungal diseases in organic farming systems by organic amendments and biofumigation. *Crop Protection* 26:1556–1565.