

# השפעת ביו-פחם (Biochar) המוצנע בקרקע והגמעת פונגיציד להדברת קמחוניית על גידול ובריאות של פלפל, עונת 2013/14

יגאל אלעד - המחלקה למחלות צמחים וחקר עשבים, המכון להגנת הצומח, מרכז וולקני, מנהל המחקר החקלאי  
כתובת המחבר: [elady@volcani.agri.gov.il](mailto:elady@volcani.agri.gov.il)  
אלן גרבר - המחלקה לכימיה של הקרקע, הזנת הצמח, ומיקרוביולוגיה, המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה,  
מרכז וולקני, מנהל המחקר החקלאי  
בני לב - המחלקה להנדסת מערכות גידול, ייצור וסביבה, מרכז וולקני, מנהל המחקר החקלאי  
רבקה אופנבך, דורית חשמונאי, שבתאי כהן, אבי אושרוביץ, ישראל צברי, סבטלנה גוגיו, יובל ברזילי, רמי גולן -  
מו"פ ערבה תיכונה וצפונית

## תקציר

לביו-פחם, תוצר של פירוליזה המוטמן בקרקע משמעות סביבתית וחקלאית התופסת תאוצה בעולם. לביו-פחם משך מחצית חיים של מאות ואלפי שנים בקרקע והוא בעל יכולת ספיחה גבוהה. ביו-פחם שנוצר מפסולת עצי איקליפטוס הוטמן בשיעור של 2.6 ק"ג/מ"ר בקרקע בבית רשת בתחנת יאיר. בטיפולים אחרים הוגמע התכשיר חוסן (Flutriafol), פונגיציד להדברת קמחוניית. מטרת הניסוי הייתה לבדוק אם הגמעת צמחים כנגד קמחוניית פעילה בהפחתת המחלה גם כאשר בקרקע המוגמעת יש ביו-פחם. נמדדו עצמת הצימוח וגובה הצמחים בחודש דצמבר. חומרת הקמחוניית נמדדה מהופעתה בחודש דצמבר ועד סוף חודש אפריל למידת חומרתה (כיסוי עלים) ושכיחות (מס' עלים נגועים). היבול נשקל ומוין וכן נבדקו תוצאות אחסון מדמה תנאי יצוא בשלושה מועדים במהלך העונה. עוצמת הצימוח כפי שנמדדה בגובה הצמחים הוגברה על ידי טיפולי הביו-פחם. קמחוניית הופחתה במלואה במשך כל העונה על ידי טיפולי ההגמעה ללא פגיעה ביעילות טיפול ההגמעה על ידי הביו-פחם. המחלה הופחתה גם על ידי הביו-פחם לבדו אך לא באותה מידה כמו טיפולי ההגמעה הכימית וזאת עד לחודש ינואר. יכול הפלפל היה גבוה יותר בטיפולי ההגמעה הכימית והיה בינוני בטיפול הביו-פחם. מוצקות הפרי לאחר אחסון הייתה גבוהה יותר בשני טיפולי הביו-פחם.

## מבוא

ביו-פחם שהינו הינו תוצר של פירוליזה של פסולת צמחית המיושם בקרקע הביא לשיפור במבנה הקרקע ולעלייה בזמינות יסודות המזון לצמחים כתוצאה מתהליכים תלויים שונים, הכוללים קשירה של יסודות מזון לביו-פחם והפחתת הדליפה שלהם משכבת בית השורשים ושיפור תאחיזת המים בקרקע, הקטנת החוזק המכאני ויציבות התלכידים (Silber *et al.*, 2010). בעבודות אלה יושם הביו-פחם כמטייב קרקע על רקע של דישון חסר. בעבודה עם מחלות צמחים, נמצא כי ביו-פחם שנוצר מעצים שיושם במצע גידול בעציצים, בריכוז של 1-5% משקלי, שיפר את הגידול של צמחי עגבנייה ופלפל (Graber *et al.*, 2010), והביא לפחיתה בתחלואה במחלות עובש אפור (*Botrytis cinerea*) וקמחוניית (*Leveillula taurica*) בעגבנייה ובפלפל (Elad *et al.*, 2010) ומחלות נוף בתות שדה (Meller Harel *et al.*, 2012). בניסויים בערבה התקבלה תוספת יכולת פלפל בעקבות יישום ביו-פחם וכן הופחתה מחלת הקמחוניית בנוף הצמחים (אלעד וחובי 2013). ביו-פחם ידוע ביכולתו לספוח חומרים ובגידול פלפל נהוג להגמיע פונגיצידים לשם הדברת קמחוניית בנוף. מטרת הניסוי הייתה לבדוק אם הגמעת צמחים כנגד קמחוניית כמקובל בגידול פלפל פעילה בהפחתת המחלה גם כאשר בקרקע המוגמעת יש ביו-פחם.

## שיטות

הניסוי נערך בבית רשת 25 מש בתחנת יאיר. שטח בית הרשת כ- 5 דונם. הקרקע חולית, קומפוסט הוצנע בשטח במינון 5 קוב לדונם כשבוע לפני שתילה. ביו-פחם הוכן משאריות שבבי איקליפטוס על ידי פירוליזה במרכז וולקני בטמפרטורה של 350 מ"צ ויושם לפני השתילה בריכוז 1% (2.6 ק"ג/מ"ר) על ידי פיזורו על פני שטח באורך 4 מ' וברוחב 0.5 מ' בכל חלקה. הגמעת הפונגיציד חוסן (125 Flutriafol ג'ל', מכתשים) נעשתה בשני מועדים לפני הופעת מחלת הקמחוניית – בתאריכים 9/10/13, 11/11/13. טיפולי הניסוי היו בבלוקים באקראי בחמש חזרות (טבלה 1).

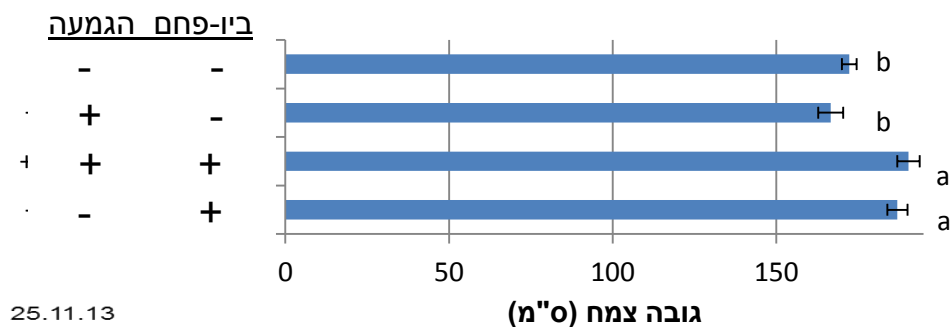
טבלה 1. טיפולי הניסוי בעונת 2012-13 בבית רשת בתחנת יאיר.

הגמעת פונגיציד	ביו-פחם
-	-
+	-
+	+
-	+

חלקת שקילה הייתה באורך 4 מטר וברוחב 1.6 מ' ערוגה, כך ששטחה היה 6.4 מ"ר. הפחם הוצנע ידנית לעומק כ- 15 ס"מ, שעור הצנעת הביו-פחם היה לפי 2.6 טון לדונם (1%) יום לפני השתילה. בחלקה נשתלו 20 צמחים מהזן סובק ב 7/8/13. רשת צל הוסרה ב 16/9/13, נשטפה ב 4/10/13 ונפרסה מחדש ב 21/2/14. אגרו-טכניקת הגידול, שימוש ברשתות צל, טיפולי ההשקיה, דישון והגנת הצומח היו בהתאם להמלצות שה"מ לאזור הערבה. טיפולים שנתנו בשטח כללו אקסמייט, פלורמייט, פרסימיליס, איבוק גופרית והליו-גופרית, טרייסר, אוריוס ואפידיוס. בתאריך 21/10/13 (76 ימים לאחר שתילה) נבדק מספר החנטים הגדולים וכלל החנטים. הקטיף החל ב- 19/11/13 והסתיים ב 14/4/14. סה"כ נערכו 12 קטיפים, הפרי מוין ביום הקטיף. בתאריך 25/11/13-2/12/13 נבדקו גובה הצמחים ועוצמת הצימוח (מדד מעובד של 0-100). במועדים נבחרים הוערכה מחלת הקמחוניית בעלי הפלפל, לפי שכיחות העלים הנגועים, מידת כיסוי עלי הצמחים לפי סקלה של 0-100% (0=בריא), מספר העלים הנושרים וחישוב משוקלל לכיסוי עלי ונשירה.

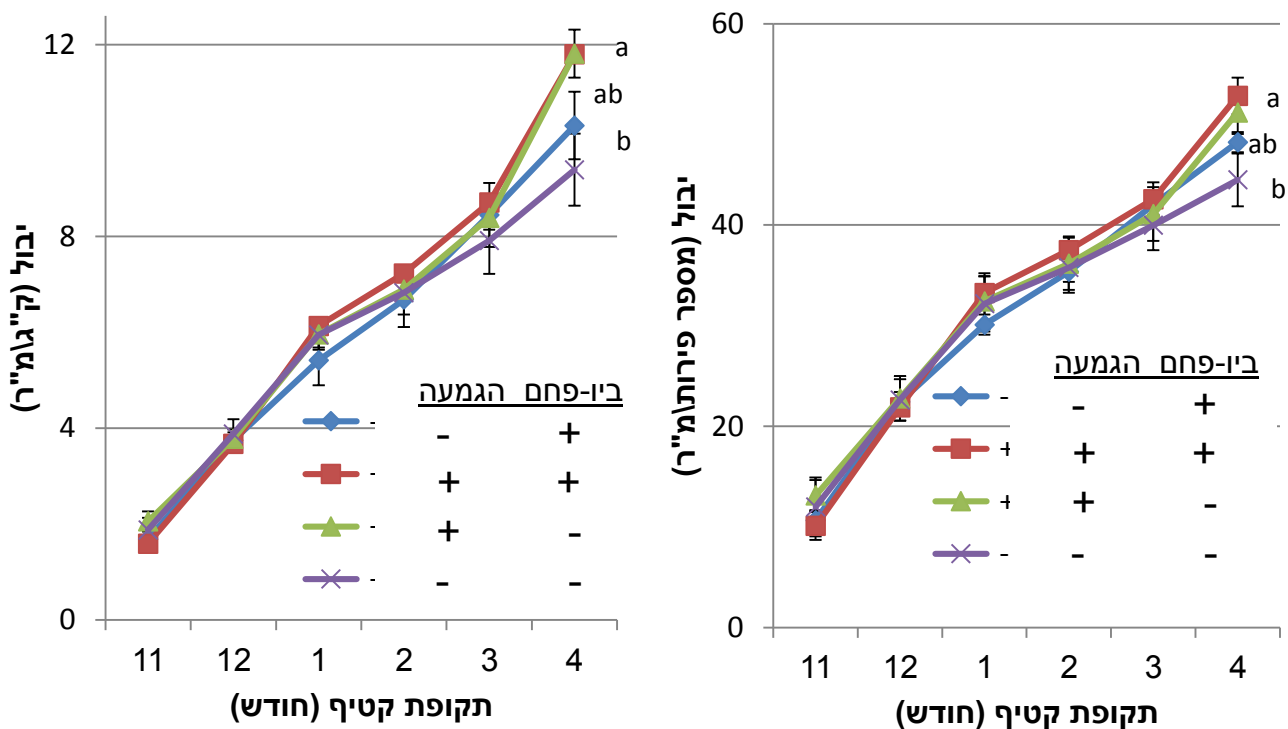
## תוצאות ודיון

לא נמצאו הבדלים במספר החנטים הגדולים 76 ימים לאחר השתילה. צמחים גבוהים יותר נמצאו בטיפול הביו-פחם 110 ימים לאחר השתילה (איור 1) אבל בעוצמת הצימוח של נוף הפלפל אשר נבדקה שבוע לאחר מכן לא נמצאו הבדלים בין הטיפולים.

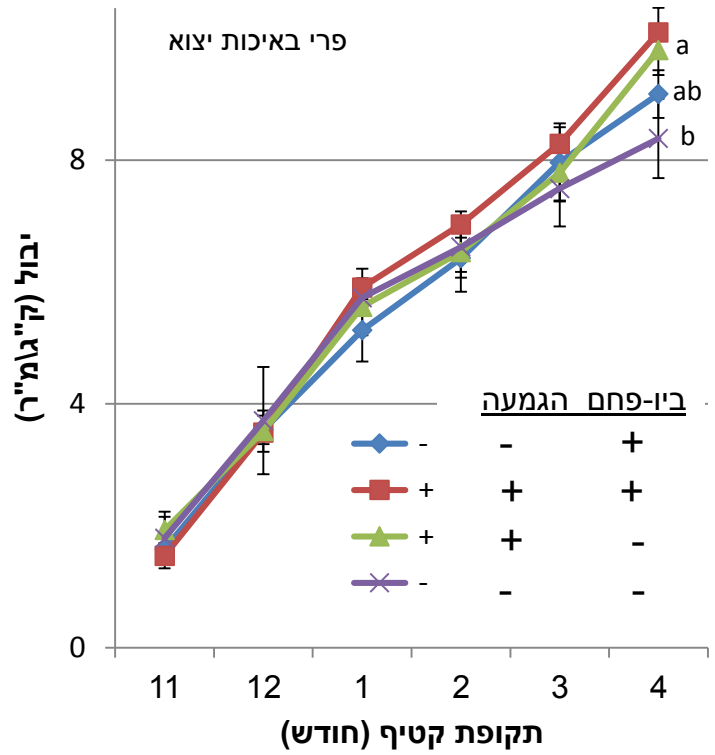


איור 1 : גובה צמחי הפלפל בניסוי ביו-פחם – הגמעת פונגיציד, עונת 2013-14

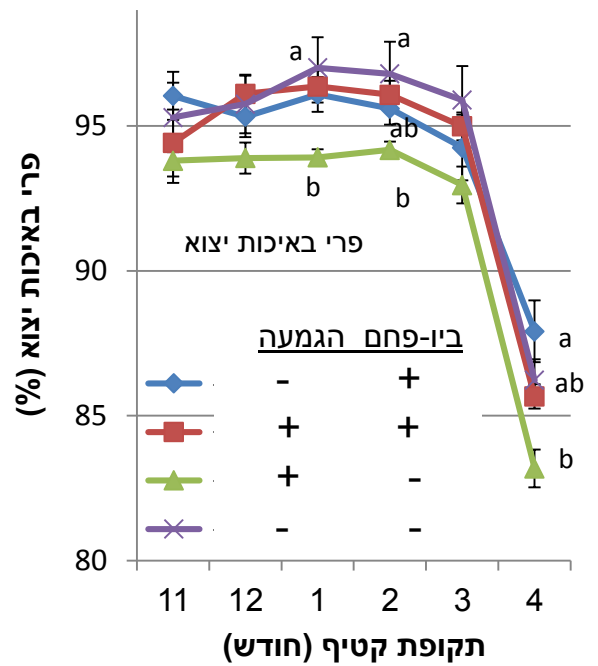
היבול נשקל ונספר שתיים עשרה פעמים בעונת הגידול מאמצע נובמבר ועד תחילת אפריל. כלל היבול היה בין 9.4-11.8 ק"ג/מ"ר. כלל יבול ויבול באיכות יצוא היו דומים בטיפול הניסוי השונים פרט למועד הקטיף האחרון בחודש אפריל בו היה היבול גבוה יותר בטיפול ההגמעה (איורים 2-3). שיעור פרי באיכות היצוא מכלל הפרי הנקטף היה גבוה יותר בטיפול הביו-פחם (איור 4). משקל פרי בודד היה גבוה יותר במועד האחרון בטיפול הגמעת הפונגיצידי (איור 5).



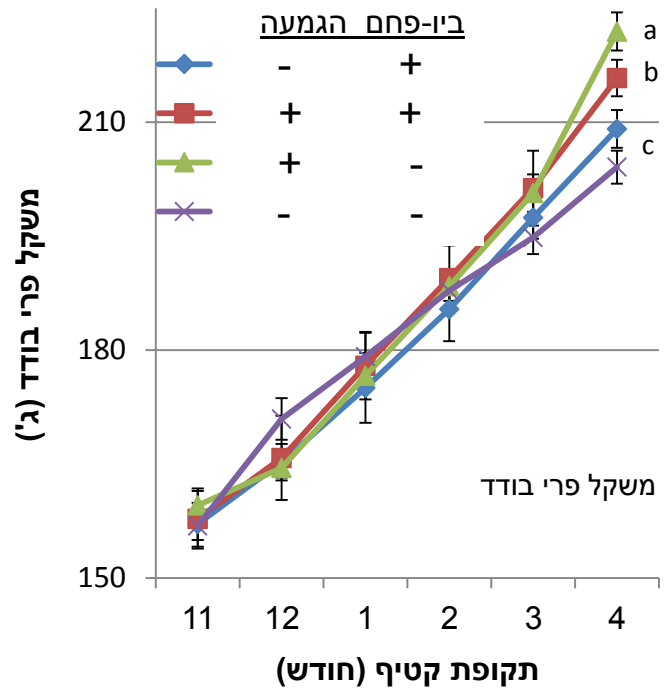
איור 2. משקל כלל היבול המצטבר בניסוי ביו-פחם – הגמעת פונגיצידי, עונת 2013-14



איור 3. משקל היבול המצטבר באיכות יצוא בניסוי ביו-פחם – הגמעת פונגיצידי, עונת 2013-14

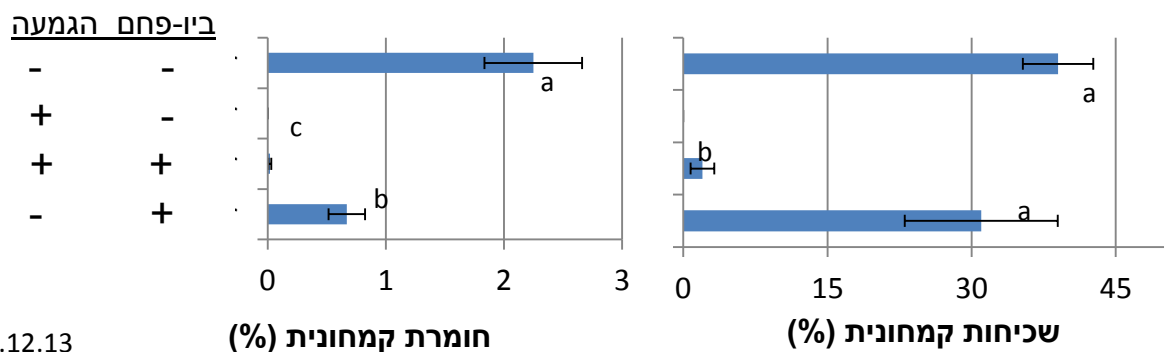


איור 4. שיעור הפרי באיכות יצוא בניסוי ביו-פחם – הגמעת פונגיצידי, עונת 2013-14



איור 5. משקל פרי בודד בניסוי ביו-פחם – הגמעת פונגיצידי, עונת 2013-14

בחלקת הגידול הופיעה קמחונית החל מתחילת חודש דצמבר 2013. בתאריכים 3.12.14 ו- 26.12.14 הופחתה שכיחות המחלה וחומרתה על ידי טיפולי ההגמעה באופן מוחלט וחומרת המחלה הופחתה על ידי הביו-פחם (איורים 6-7). באמצע חודש ינואר הוערכה הקמחונית לפי מדדי כיסוי עלים ונשירת עלים והערך המשוקלל של הערכות אלה הצביע על תמונה דומה – הדברה מוחלטת על ידי טיפולי ההגמעה ו- 50% הדברה על ידי הביו-פחם (איור 8). בחודש מרץ ואפריל נערכו שלוש הערכות מחלה והתקבלה הדברה בשיעור של כ- 90% על ידי טיפולי ההגמעה וכ 40% הדברה על ידי הביו-פחם אך טיפול זה לא הפחית מחלה במועד האחרון (איור 9). התפתחות הקמחונית במהלך העונה מצביעה על הדברה טובה של המחלה על ידי ההגמעה בפונגיצידי חוסן ללא קשר לנוכחות ביו-פחם בקרקע (איור 10).

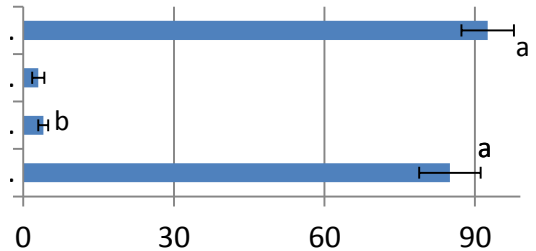
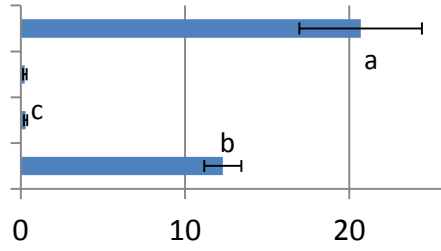


3.12.13

איור 6. שכיחות עלים נגועים בקמחונית וחומרת המחלה בתאריך 3.12.13 בניסוי ביו-פחם – הגמעת פונגיצידי, עונת

ביו-פחם הגמעה

- -  
+ -  
+ +  
- +



26.12.13

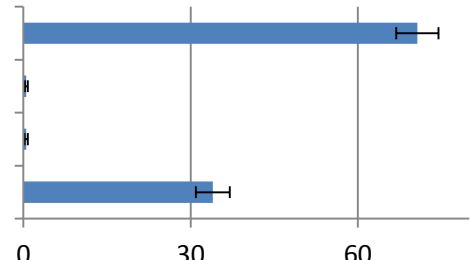
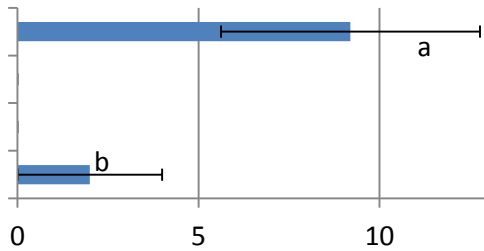
חומר קמחוני (%)

שכיחות קמחונית (%)

איור 7. שכיחות עלים נגועים בקמחונית (ימין) וחומר המחלה בתאריך 26.12.13 בניסוי ביו-פחם – הגמעת פונגיצידי, עונת 2013-14

ביו-פחם הגמעה

- -  
+ -  
+ +  
- +



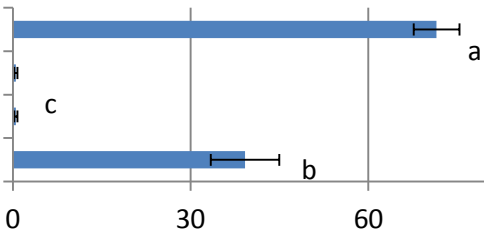
14.1.14

עלים נושרים (מס'חלקה)

חומר קמחוני בעלים (%)

ביו-פחם הגמעה

- -  
+ -  
+ +  
- +



איור 8. חומר עלים נגועים בקמחונית, שכיחות עלים שנשרו כתוצאה מהמחלה וחישוב משוקלל של כלל המחלה בתאריך 14.1.14 בניסוי ביו-פחם – הגמעת פונגיצידי, עונת 2013-14

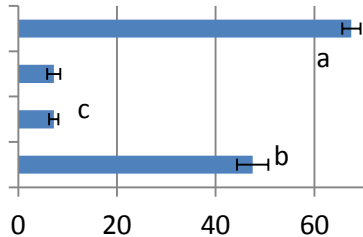
14.1.14

כלל מחלה (%)

עונת 2013-14

ביו-פחם הגמעה

- -  
+ -  
+ +  
- +

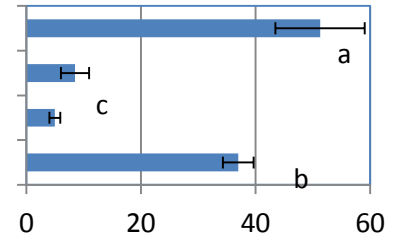


Whole plot 1.4.14

חומר קמחוני (%)

ביו-פחם הגמעה

- -  
+ -  
+ +  
- +

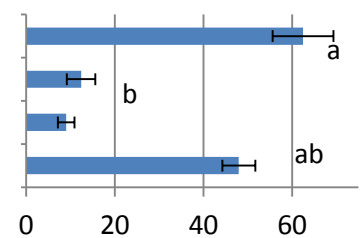


Whole plot 20.3.14

חומר קמחוני (%)

ביו-פחם הגמעה

- -  
+ -  
+ +  
- +

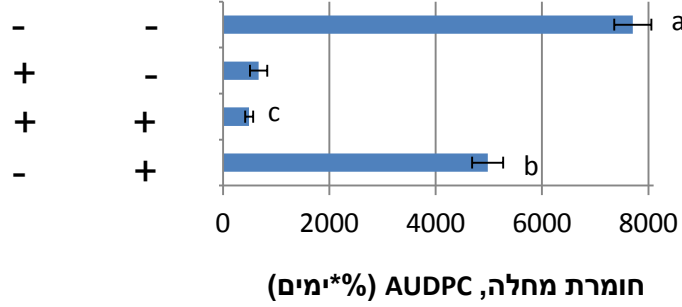


Whole plot 28.4.14

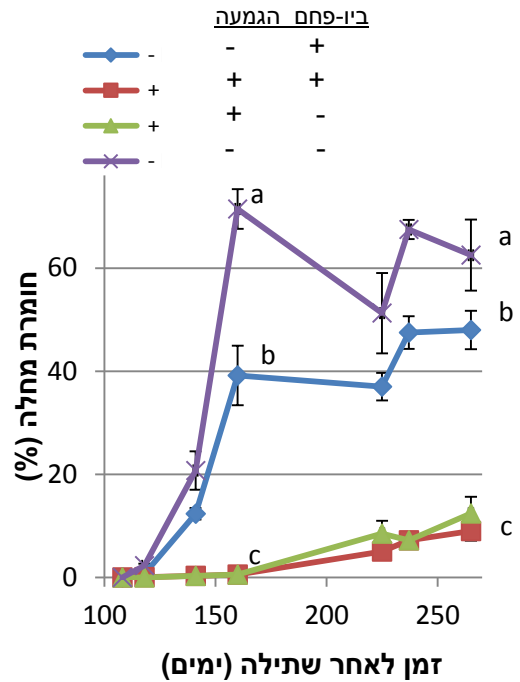
חומר קמחוני (%)

איור 9. חומר קמחוני בתאריכים 1.4.14, 20.3.14 ו 28.4.14 בנוף חדש של צמחי הפלפל בניסוי ביו-פחם – הגמעת פונגיצידי, עונת 2013-14

**ביו-פחם הגמעה**



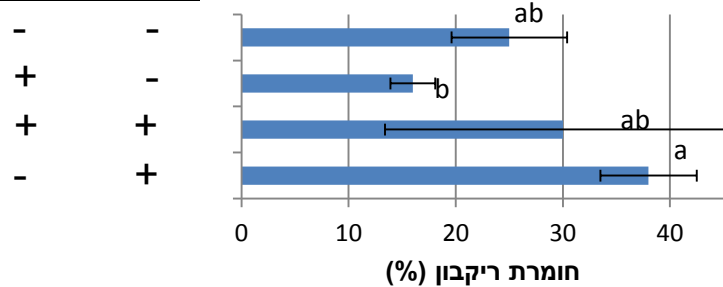
איור 10. חומרת מחלה במהלך עונת הגידול מבוטאת בערכי % במועדי ההערכה (ימין) וכשטח מתחת לעקום התפתחות המחלה (שמאל) בניסוי ביו-פחם – הגמעת פונגיצידי, עונת 2013-14.



במהלך העונה (דצמבר, פברואר ומרץ) נבדקה איכות פרי הפלפל לפי מדדי מוצקות, פרי יזקן, כתום וחריגי צבע. לא נמצאו הבדלים באיכות הפלפל במדדים שונים אך ניתן לראות שבבדיקת חודש פברואר הופחת ריקבון בפרי על ידי טיפול ההגמעה. פרי מוצק יותר התקבל בטיפול המשולב של ביו-פחם עם הגמעת פונגיצידי בחודש מרס (איור 11).

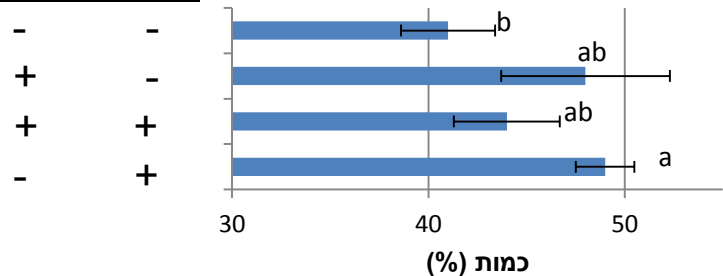
**רקבון כללי פבר' 2014**

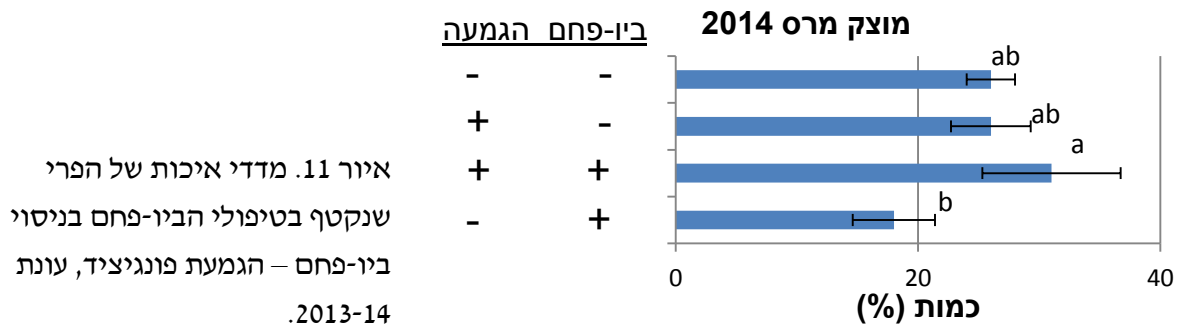
**ביו-פחם הגמעה**



**חריגי צבע דצמ' 2014**

**ביו-פחם הגמעה**





**לסיכום**, במהלך הגידול לא נצפו כל תופעות של השפעה שלילית על גידול הצמחים כתוצאה מיישום ביו-פחם בקרקע לפני העונה הקודמת. הגמעת הפונגיצידי הביאה להדברה טובה של הקמחוניית. ביו-פחם בקרקע הביא להפחתת קמחוניית במידה פחותה מזו של טיפול ההגמעה. ביו-פחם בקרקע לא מנע את פעילות הפונגיצידי חוסן.

### הבעת תודה

תודתנו נתונה לקרן המדען הראשי של משרד החקלאות על מימון תוכנית מחקר מספר 301-693-161 בנושא ביו-פחם: דרך המלך להפחתת גזי החממה באטמוספירה ולהסתגלות החקלאות לשינויי האקלים באמצעות פירוליזה של פסולות אורגניות.

### ספרות מצוטטת

אלעד י, גרבר א, סגל ס, לב ב, יסעור ח, אופנבך ר, חשמונאי ד, כהן ש, אושרוביץ א, צברי י, גוגיו ס וברזילאי י (2013) השפעת ביו-פחם (Biochar) המוצנע בקרקע על גידול ובריאות של פלפל. יבול שיא דצמבר ע' 80-86.

Elad, Y., Rav David, D., Meller Harel, Y., Borenshtein, M., Ben Kalifa, H., Silber, A. and Graber, E.R. (2010) Induction of systemic resistance in plants by biochar, a soil-applied carbon sequestering agent. *Phytopathology* 100:913-921.

Graber, E.R., Meller Harel, Y., Kolton, M., Cytryn, E., Silber, A., Rav David, D., Tsechansky, L., Borenshtein, M. and Elad, Y. (2010) Biochar impact on development and productivity of pepper and tomato grown in fertigated soilless media. *Plant and Soil* 337:481–496.

Meller Harel, Y., Elad, Y., Rav-David, D., Borenshtein, M., Shulchani, R., Lew, B. and Graber, E. R. (2012) Biochar-induced systemic response of strawberry to foliar fungal pathogens. *Plant and Soil* 357:245-257.

### Effect of biochar and fungicide drench on growth and disease of sweet pepper crop, 2013-14

Yigal Elad - Dept. of Plant Pathology and Weed Research, Volcani Center, ARO

Ellen Graber - Dept of Soil Chemistry, Plant Nutrition and Soil Microbiology, Institute of Soil, Water and Environmental Sciences, Volcani Center, ARO,

Beny Lew - Institute of Agricultural Engineering, Volcani Center, ARO

Rivka Offenbach, Dorit Hashmonai, Shabtai Cohen, Avi Oshrowitz, Israel Tzabari, Svetlana Gogio, Yuval Barzilai, Rami Golan - Central and Northern Arava R&D

Writer address: [elady@volcani.agri.gov.il](mailto:elady@volcani.agri.gov.il)