

דוח מסכם מס': 277-0136-09

אפיון ומציאת פתרון לגורמים המגבילים בהאבקת חמניות

Characterization of limiting factors in the pollination of confection sunflowers

ע"י

יפתח ואקנין – המחלקה לגידולי שדה ומשאבי טבע, המכון למדעי הצמח, מינהל המחקר החקלאי.

Yiftach Vaknin, Institute of Plant Sciences. ARO, P.O.B. 6, Bet Dagan, 50250

אפריל 2010

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

**הניסויים אינם מהווים המלצות לחקלאים**

**חתימת החוקר**

---

## תקציר

החמנית התרבותית (*Helianthus annuus L.*) מוצאה מאמריקה והיא משמשת כגידול חקלאי חשוב בעולם למספר מטרות והן: שמן, קילוף, פיצוח ונוי. ענף החמניות לפיצוח בישראל עומד כיום על כ- 100,000 דונם. בחמניות לפיצוח קיים מנגנון אי התאם עצמי גמטופיטי. מכיוון שהאבקה עצמית אינה יכולה להביא להפריה יש צורך בהאבקה זרה מקרקפות אחרות. האבקה מועברת באופן היעיל ביותר על ידי דבורת הדבש (*Apis mellifera L.*) אשר אוספת בעיקר את צוף החמניות. למרות פעילות דבורת הדבש, עדיין ישנה חנטה בלתי מספקת בחמניות לפיצוח. גם בפעילות דבורים מיטבית ייתכנו 15-50 אחוז זירעונים ריקים. במחקרים קודמים מצאנו שריסוס של הפרחים בתמיסות של קלציום ניטראט וחומצה בורית העלו את אחוזי החנטה בהיקף ובאזור הביניים של הקרקפת, בהתאמה, בהשוואה להאבקה זרה בלבד, בעוד שמרכז הקרקפת לא הושפע מכך כלל. בניסויים שנערכו בשדה מסחרי בקיבוץ בארות יצחק בשנים 2006 ו-2007 ביצענו ריסוס של התפרחות בתמיסות של קלציום, בורון, או פוליפנולים שמוצו מצמח הגדילן. התפרחות היו חשופות להאבקה פתוחה על ידי דבורת הדבש ובתום הבשלת הקרקפות, ביצענו אנליזה של אחוזי חנטה בהשוואה להאבקה פתוחה בלבד. מצאנו שהחומר בעל הפעילות היעילה ביותר בהעלאת אחוזי החנטה היה הקלציום, בעוד שהפוליפנולים הראו שיפור מובהק בחנטה רק בשנת 2006 ואילו הבורון הראה דווקא ירידה בחנטה. ב-2008 בחנו את ההשפעה של מינונים שונים של מספר חומרים המכילים קלציום על נביטת האבקה (בעיקר אבקה זרה) ועל החנטה בחמניות שגודלו בתנאים מבוקרים בבית רשת. מצאנו מגמה ברורה של עליה בנביטת האבקה בצלקת עם העלייה בריכוז של הקלציום ובפרט באזור החיצוני של הקרקפת ובמרכזה. לא מצאנו הבדלים בחנטה בין הטיפולים השונים אולם מצאנו גרדיאנט שלילי של חנטה מהיקף הקרקפת ועד למרכזה. מצאנו גם שקרקפות שרוססו בקלציום ניטראט בריכוז הגבוה ביותר (480 ppm) היו גדולות יותר מאשר כל שאר הטיפולים. ב-2009 בחנו את השפעה של מינונים שונים של קלציום נפרד ושל מים מזוקקים בלבד על נביטת האבקה ועל החנטה של הזירעונים. מצאנו שלריסוס בקלציום ניטראט הייתה השפעה שלילית על היצמדות ונביטה של אבקה, בעיקר באזור ההיקף ובאזור הביניים, בעוד שבאזור המרכז לריסוסים של מים וקלציום ניטראט בריכוז הנמוך יותר (360 PPM) הייתה השפעה חיובית על נביטת האבקה (שיפור של 69 ו-92%, בהתאמה) ועל החנטה (שיפור של 25% בשני הטיפולים). מצאנו גם מתאם שלילי בין החנטה למשקל הזירעון, דבר המעיד על כך שלשיפור של החנטה יש "מחיר" מסוים, אם כי לא גדול, באיכות הזירעונים. לסיכום, בתנאים של האבקה פתוחה שעיקרה על ידי דבורים יש יתרון לריסוס של הפרחים בקלציום ניטראט במינונים נמוכים עד בינוניים השפעה שלילית על נביטת האבקה אך השפעה חיובית על החנטה. במינונים גבוהים  $240 \text{ PPM} <$ , ההשפעה על החנטה אף היא שלילית. בנוסף, העובדה שלמים בלבד השפעה חיובית על החנטה אך לא על הנביטה, מוליכים אותנו למסקנה שה"עודף" של אבקה עצמית (שלא מאפשרת חנטה) מהווה גורם שלילי בתנאי שדה וקלציום ניטראט משפר נביטה בעיקר של אבקה זרה, כפי שמצאנו בניסויים בבית הרשת. כמו כן, המים ככל הנראה "מסלקים" עודפי אבקה עצמית ומאפשרים נביטה של אבקה זרה, בעיקר במרכז הקרקפת, דבר המשפר משמעותית את החנטה באזור זה.

## מבוא

החמנית התרבותית (*Helianthus annuus* L.) מוצאה מאמריקה והיא משמשת כגידול חקלאי חשוב בעולם למספר מטרות והן: שמן, קילוף, פיצוח ונוי. ענף החמניות לפיצוח בישראל עומד כיום על כ- 100,000 דונם. בישראל ישנם זנים מוצלחים של חמניות לפיצוח והם מאופיינים בגרעין ארוך, רחב ובהיר, ותכולת שמן נמוכה מ- 40%.

בחמניות לפיצוח קיים מנגנון אי התאם עצמי גמטופיטי. זהו מנגנון גנטי שבו ההורה הנקבי מזהה גרגרי אבקה עצמים בזכות אללים משותפים וגורם לעצירת צמיחת הנחשונים של גרגרי האבקה הנובטים על פני הצלקת ובכך עוצר את ההפריה. למנגנון זה חשיבות רבה בטבע בשימור והגדלת מגוון גנטי במין נתון (Newbigin, 1996), אך בגידולים חקלאיים הוא יכול להוות חיסרון מכיוון שהוא מקשה על החקלאים לטפח זנים מוצלחים. בנוסף יתכן כי המנגנון גורם לחנטה נמוכה יותר. מספר מחקרים הראו נסיון לשבש ו'לשבור' את מנגנון אי ההתאם העצמי. בנוסף לכיוון המולקולרי, מוצעות כיום מספר דרכים לשיבוש המנגנון בצמחים ממשפחות שונות: יצירת תנאי עקה (Gibson and Chen, 1973), שימוש בגרגרי אבקה זרה ממינים אחרים באותה משפחה (Desrochers and Rieseberg, 1998) או בגרגרי אבקה מתים ביחד עם גרגרי האבקה העצמית, ושימוש בחומרים שונים (Carafa and Carratu, 1997). מכיוון שהאבקה עצמית אינה יכולה להביא להפריה יש צורך בהאבקה זרה מקרקפות אחרות. האבקה מועברת באופן היעיל ביותר על ידי חרקים כאשר בגידולים מסחריים נמצא כי המאביק המתאים ביותר הוא דבורת הדבש (*Apis mellifera* L.) אשר אוספת בעיקר את צוף החמניות (ליאור ודג, 1994). למרות פעילות דבורת הדבש, עדיין ישנה חנטה בלתי מספקת בחמניות לפיצוח. גם בפעילות דבורים מיטבית יתכנו 15-50 אחוזי זרעונים ריקים. החנטה הנמוכה מתבטאת בעיקר במרכז הקרקפת ובשני הדורים בשולי הקרקפת, אך גם באזור הביניים ניתן למצוא זרעונים רבים ריקים חלקית או לגמרי. מספר גורמים עשויים להשפיע על החנטה בחמניות: העומד, הזן, גורמים פיזיולוגיים מגבילים וההאבקה שבה נתמקד (Xanthopoulos, 1991; Dag et al., 2002; Alkio et al., 2003).

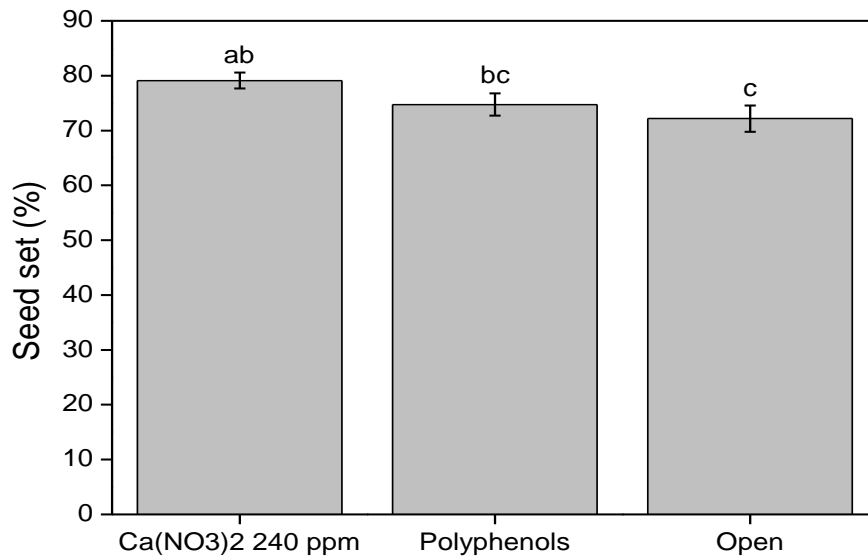
במחקרים בצמחים רבים נמצא כי מספר גרגרי האבקה על פני הצלקת (pollen load) יכול להשפיע על מידת ההפריה. יתכנו מצבים של העדר כמות מספקת של גרגרי אבקה ומאידך עודף של גרגרי אבקה, בפרט אבקה עצמית (Young and Young, 1992). במחקרים בארץ נמצא כי תוספת האבקה ידנית על האבקת הדבורים לא הראתה עלייה ביכול (Dag et al., 2002). מאידך, נמצא שניקוי הקרקפות מהאבקה העצמית, ה"עודפת", והאבקה באבקה זרה, נתן את היבול הגדול ביותר (בן פורת ומסד, 1995).

במהלך קיץ 2005 ביצענו שני מחקרים הקדמיים בהאבקת חמניות מהזן עמב"ר, האחד בבית רשת ללא חשיפה לדבורים, והאחר בשדה בתנאים חצי מסחריים עם חשיפה לדבורים. מתוצאות הניסוי בבית הרשת עלה כי ריסוס על פני הצלקות של הפרחים בתמיסות של קלציום ניטראט וחומצה בורית העלה את אחוז החנטה בהיקף ובאזור הביניים של הקרקפת, בהשוואה להאבקה זרה בלבד, בעוד שמרכז הקרקפת לא הושפע מכך כלל. בניסוי בשדה, נבחנה יעילות ההאבקה של דבורת הדבש ברמת פעילות הגדולה פי 7

מהמקובל (כוורת אחת לדונם בהשוואה לכוורת ל- 7 דונם). מהתוצאות עלה כי ברמת פעילות דבורים "עודפת" אחוזי החנטה גבוהים ביותר היו באזורי ההיקף והביניים בקרקפת, אולם לקראת סוף תקופת הפריחה, עם הירידה בזמינות הצוף בשדה, חלה ירידה בפעילות הדבורים ובהתאם גם ירידה משמעותית באחוזי החנטה. מצאנו גם כי ברמת פעילות דבורים "עודפת", לריסוס של הצלקות בקלציום ניטראט או חומצה בורית לא הייתה כל השפעה חיובית על אחוזי החנטה.

במהלך קיץ 2006 ביצענו בדיקה הקדמית של השפעת ריסוסי חומרים שונים על ההפריה והחנטה בשדה. הניסוי נערך בשדה מסחרי של חמניות 'ד.י. 3' בקיבוץ בארות יצחק "E32°1'39", N34°55'24", בגובה 95 מ' מעל פני הים. הצמחים רוססו במים מזוקקים, חומצה בורית, קלציום ניטראט, תערובת של חומצה בורית וקלציום ניטראט ומיצוי של פלבנואידים מעלים של גדילן מצוי. כביקורת השתמשנו בהאבקה פתוחה על ידי דבורת הדבש ללא כל ריסוס שהוא. מצאנו שלריסוסים הייתה השפעה שלילית על הנביטה של אבקה על הצלקת ובפרט לפלבנואידים ולקלציום ניטראט. מאידך, מצאנו שלריסוסים של הפלבנואידים והקלציום ניטראט הייתה השפעה חיובית ומובהקת על אחוזי החנטה.

במהלך קיץ 2007 חזרנו על ניסוי השדה של 2006 בשני הטיפולים שהיו המוצלחים ביותר בשנה הקודמת והם ריסוס בקלציום ניטראט ובפלבנואידים בהשוואה להאבקה פתוחה. מצאנו שהחנטה הגבוהה ביותר הייתה בריסוס בקלציום ניטראט (איור 1). בניסויים שביצענו בשדה מסחרי, בשנים 2006 ו-2007 ביצענו אפליקציה של ריסוסים, ישירות על הפרחים של מספר חומרים ובהם בורון, קלציום ותמצית של פוליפנולים מצמח הגדילן. מעבר לכך, התקיימו בשדה תהליכי האבקה פתוחה באופן שיגרת באמצעות דבורת הדבש. מצאנו בשנתיים רצופות כי החומר בעל הפעילות היעילה ביותר בהעלאת אחוזי החנטה היה הקלציום. לכאורה, עולה מן התוצאות כי הקלציום דווקא מעכב את נביטת גרגרי האבקה בצלקת ולמרות זאת מתקבלת החנטה הגבוהה ביותר. תוצאה זו ניתן להסביר בכך שייטכן שהקלציום לא משפר את מספר גרגרי האבקה הנובטים אלא את תהליך הנביטה של גרגרי האבקה הזרה, בהשוואה לגרגרי אבקה עצמית. תמיכה לכך ניתן למצוא בעבודה של Dumas & Gaude (2006) שהראו שהסידן מעורב בתהליכי הולכת סיגנלים בתהליכים אשר קשורים לנביטת גרגרי אבקה, אשר הובילו בעקיפין לעליה בחנטה.



איור 1. השפעת טיפולי ריסוס על אחוז החנטה (ממוצע  $\pm$  שגיאת תקן). הבדלים מובהקים צוינו באותיות שונות לפי מבחן Fisher's PLSD ( $p \leq 0.05$ ).

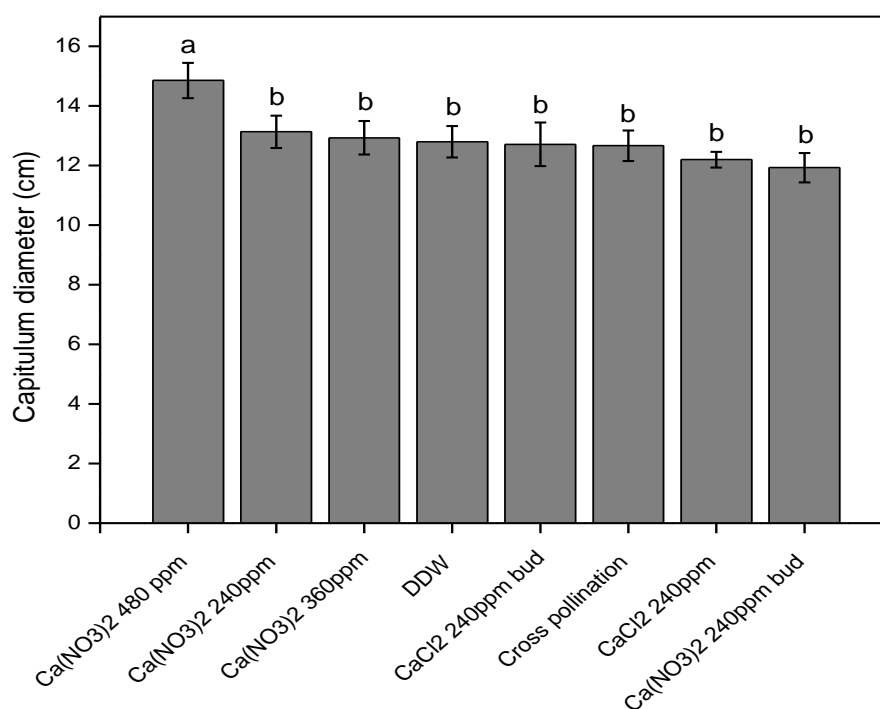
במהלך קיץ 2008 ביצענו ניסוי בבית רשת ובחרנו להתמקד בהשפעה של מספר חומרים, חלקם מכילים קלציום כקלציום ניטראט וקלציום כלוריד, על נביטה של אבקה על הצלקת ועל החנטה של הזירעונים בקרקפת החמנית. כמו כן, בחנו גם מספר מינונים של החומר העיקרי ששימש אותנו בשנה הקודמת כמקור לקלציום והוא קלציום ניטראט. לשם כך הכפלנו את הריכוז הבסיסי (240 ppm) פי 1.5 (360 ppm) ופי 2 (480 ppm). כמו כן, בחנו את ההשפעה של הריסוסים הללו לא רק על התפרחת הפתוחה אלא גם על ניצן הפריחה מספר ימים לפני היפתחו. כל הטיפולים הללו נבחנו כנגד ביקורת של האבקה זרה בלבד ללא הריסוסים הללו וכן כנגד ריסוסים של מים מזוקקים.

מצאנו, בפעם הראשונה במחקר זה, מגמה ברורה של עליה בנביטת האבקה בצלקת עם העלייה בריכוז של הקלציום ובפרט באזור החיצוני ובמרכז הקרקפת. מאידך, כלל לא ברור לנו האם האבקה שנובטת היא בעיקרה אבקה זרה או בחלקה אבקה עצמית שגם היא נובטת בייתר אך אינה משמשת בתהליכי ההפריה והחנטה. למדנו גם שככל הנראה אחת הסיבות העיקריות לעלייה בנביטה בצלקות במינונים הגבוהים היא שבריכוזים אלו אחוז הצלקות שאינן מראות נביטה כל שהיא נמוך ביותר בכל האזורים בקרקפת ובמיוחד באזור החיצוני.

הירידה החזקה באחוזי החנטה כמעט בכל הטיפולים, מהיקף הקרקפת לעבר מרכזה, מעידה על גרדיאנט חשוב בפוטנציאל הרבייתי של קרקפת החמנית. האזור החיצוני בקרקפת הוא בעל הפוטנציאל הגבוה ביותר ואזור המרכז בעל הפוטנציאל הנמוך ביותר. התוצאות הללו תואמות תוצאות עבר שלנו ושל אחרים שהראו שבמרכז הקרקפת ישנה חנטה נמוכה משמעותית משאר הקרקפת. אולם העובדה שגם באזור הביניים חלה ירידה בחנטה בהשוואה לאזור החיצוני מצביעה אולי על תחרות על משאבים בין

הפרחים באזורים השונים שבעטייה חלה ירידה בחנטה באזור הביניים. ייתכן שגם לירידה בנביטה של האבקה על הצלקת יש חלק בתופעה זו.

אחת ההשפעות המשמעותיות ביותר של טיפולי הריסוס הייתה דווקא על קוטר הקרקפת. באופן מובהק וברור נמצא שקרקפות שרוססו בקלציום ניטראט בריכוז הגבוה ביותר (480 ppm) היו גדולות יותר מאשר שאר כל הטיפולים (איור 2). אמנם לא ניתן להסיק מכך על התוספת הצפויה ביבול אולם אנו למדים שלמרות שאין הבדלים באחוזי החנטה, צפויה בשל כך תוספת משמעותית ביבול הזירעונים.



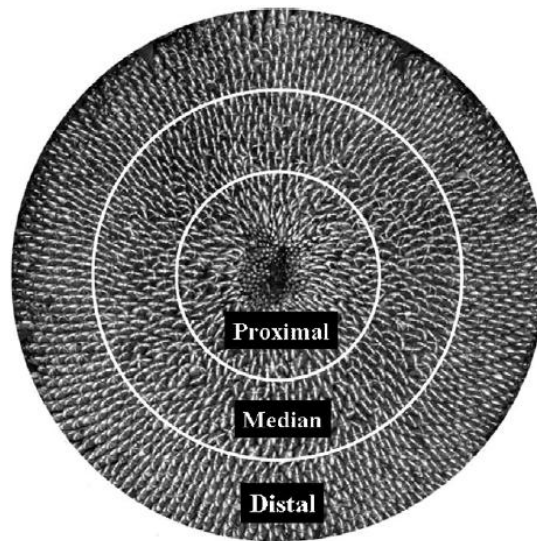
איור 2. השפעת טיפולי ריסוס על קוטר הקרקפת (ממוצע  $\pm$  שגיאת תקן). הבדלים מובהקים צוינו באותיות שונות לפי מבחן Fisher's PLSD ( $p \leq 0.05$ ).

בעקבות תוצאות אלו הגענו למספר תובנות: לקלציום כלוריד אין יתרון יחסי על קלציום ניטראט, לריסוס של ניצני הפריחה אין יתרון על ריסוס של התפרחות, לריסוס במינונים גבוהים של קלציום נפרד יש השפעה חיובית על נביטת אבקה על הצלקות, ולריסוס במינון הגבוה ביותר של קלציום נפרד יש השפעה חיובית על גודל הקרקפת.

הניסוי נערך בשדה מסחרי של חמניות 'ד.י. 3' בקיבוץ עינת. כוורות דבורים הוכנסו לשדה עם תחילת הפריחה בתאריך 22.5.09 ביחס של כוורת לחמישה דונם. הניסוי נערך בשלושה בלוקים באקראי. החל מתחילת הפריחה ועד לסופה, נחשפו הצמחים, אחת ליומיים, לארבעה טיפולי ריסוס שחולקו באקראי בשלושת הבלוקים.

1. האבקה פתוחה (Open).
2. האבקה פתוחה וריסוס בקלציום ניטראט בריכוז של 360 ppm ( $(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  360 ppm).
3. האבקה פתוחה וריסוס בקלציום ניטראט בריכוז של 480 ppm ( $(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  360 ppm).
4. האבקה פתוחה וריסוס במים מזוקקים פעמיים (DDW).

- בתאריך 24.5.09 סומנו שלוש תפרחות עבור כל טיפול, אחת עבור פריחה היקפית (Distal), שנייה עבור פריחת ביניים (Median) ושלישית עבור פריחה מרכזית (Proximal) בשלב הנקבי (איור 3). תפרחות אלו רוססו בהתאם לארבעת הטיפולים והפרחים נאספו 48 שעות לאחר מכן לתוך תמיסת שימור (Histochoice) ששימשו לאחר מכן לאנליזה של נביטת אבקה (Germination) על הצלקות תחת מיקרוסקופ UV לפי שיטת Martin (1959), ושל כלל גרגרי האבקה שנצמדו לצלקת (Adhesion).



איור 3. קרקפת החמנית מחולקת לשלושה אזורים; חיצוני (Distal), ביניים (Median) ומרכזי (Proximal).

- לאחר קציר הקרקפות בתאריך 11.8.08 ולאחר ייבושן בבית הרשת במשך כשבוע, נמדד קוטרן באמצעות סרגל. מכל אזור בקרקפת, חיצוני ביניים ומרכזי, נלקח מדגם של 100 זרעים (במקרים בהם לא היו 100 זרעים נלקחו כל הזרעים לבחינה) לצורך קבלת אומדן לאחוז החנטה ולהערכת משקל הזירעונים המלאים. כל זרע וזרע נבדק ידנית לבחינה של נוכחות גלעין והזרעים הריקים הופרדו מהמלאים ונשקלו רק המלאים.

## תוצאות

#### **היצמדות ונביטת גרגרי אבקה על הצלקת (pollen adhesion and germination) (איור 4)**

בבחינה של השפעת טיפולי ריסוס שונים על נביטת גרגרי אבקה על פני הצלקת נמצאה שונות גדולה במספר גרגירי האבקה שנבטו על הצלקות בכל הטיפולים.

**היצמדות** – ערכי ההיצמדות הגבוהים ביותר נמדדו עבור אזור הביניים והנמוכים ביותר באזור ההיקף. לטיפול הריסוס בקלציום (360 ו-480 PPM) הייתה השפעה שלילית, אם כי לא תמיד מובהקת, על היצמדות האבקה לצלקת באזור ההיקף והביניים, והשפעה חיובית באזור המרכז, בהשוואה להאבקה פתוחה בלבד (Open). ריסוס במים באזור ההיקף, הראה ערכי היצמדות גבוהים ודומים להאבקה פתוחה, באזור הביניים, הוא הראה ערכי היצמדות נמוכים באופן מובהק מאשר בהאבקה פתוחה, ובאזור המרכז, הוא הראה ערכי היצמדות גבוהים יותר אך לא באופן מובהק מאשר בהאבקה פתוחה.

**נביטה** – ככלל, נמצא מתאם חיובי בין ערכי ההיצמדות לערכי הנביטה על הצלקת. כלומר שככל שיותר גרגרי אבקה נצמדו, כך נבטו יותר גרגרים, על פי רוב ביחס של גרגר אחד שנבט על כל שלושה שנצמדו. באזור ההיקף, לטיפול הריסוס בקלציום ניטראט ובפרט למינון הגבוה (480 PPM) הייתה השפעה שלילית ומובהקת על ערכי נביטת האבקה בהשוואה לריסוס במים והשפעה שלילית אך לא מובהקת בהשוואה להאבקה פתוחה בלבד. באזור הביניים, לכל טיפולי הריסוס, קלציום ניטראט ומים בלבד, הייתה השפעה שלילית על הנביטה בהשוואה להאבקה פתוחה, אם כי היא לא הייתה מובהקת. באזור המרכז, כל טיפולי הריסוס העלו משמעותית את ערכי הנביטה ב-18, 69 ו-92%, עבור ריסוס בקלציום ניטראט 480 PPM, 360 PPM, ומים, בהתאמה, בהשוואה להאבקה פתוחה.

#### **אחוז חנטה ומשקל זירעון באזורים שונים בקרקפת (איור 5)**

נבחנה השפעת טיפולי ריסוס שונים על אחוז החנטה של הזירעונים. נמצאה שונות גדולה באחוז החנטה בכל הטיפולים.

**אחוז חנטה** – באזור ההיקף, אחוז החנטה בעקבות ריסוס בקלציום ניטראט 480 PPM היה נמוך באופן מובהק מאשר בהאבקה פתוחה, ובעקבות ריסוס במים, ונמוך באופן לא מובהק מאשר בריסוס ב-360 PPM. באזור הביניים, לא נמצא הבדל מובהק בחנטה בין הטיפולים השונים, אם כי שנית הריסוס ב-480 PPM הראה את ערכי החנטה הנמוכים ביותר. באזור המרכז, שוב ערכי החנטה הנמוכים ביותר היו עבור הריסוס ב-360 PPM וערכי החנטה הגבוהים ביותר היו עבור ריסוס במים וריסוס ב-480 PPM עם שיפור של 25 ו-25%, בהתאמה.

משקל זירעון – באזור ההיקף, משקל הזירעון בעקבות ריסוס בקלציום ניטראט 480 PPM ו-360 PPM היה גבוה יותר מאשר בהאבקה פתוחה, ובעקבות ריסוס במים, אם כי לא באופן מובהק. באזור הביניים, לכל טיפולי הריסוס, ובפרט לריסוס בקלציום, הייתה השפעה חיובית על משקל הזירעון עם עלייה לא מובהקת במשקל של 12% בעקבות ריסוס במים, ועלייה מובהקת במשקל של 18, ו-24% בעקבות ריסוס בקלציום ניטראט 480 PPM ו-360 PPM, בהתאמה, בהשוואה להאבקה פתוחה. באזור המרכז, בדומה לאזור הביניים, לטיפול הריסוס הייתה השפעה חיובית אך לא מובהקת על משקל הזירעון



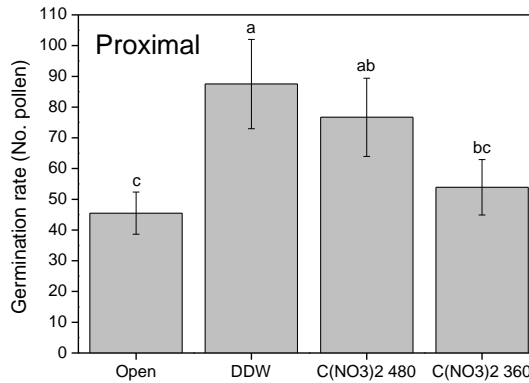
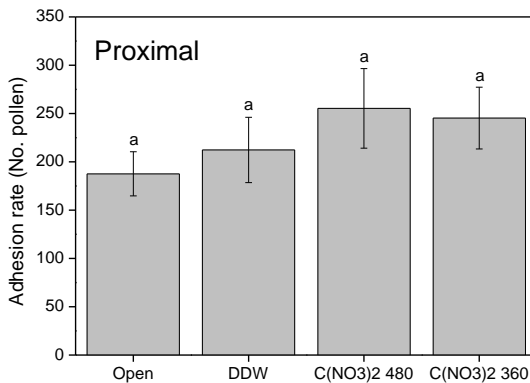
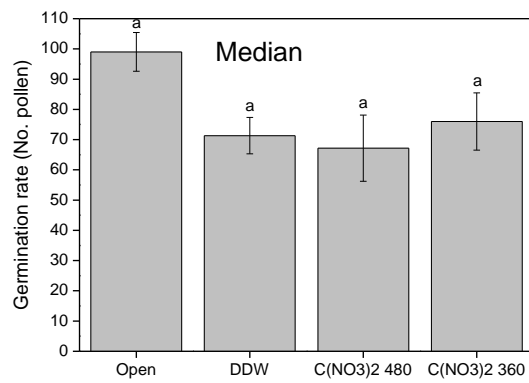
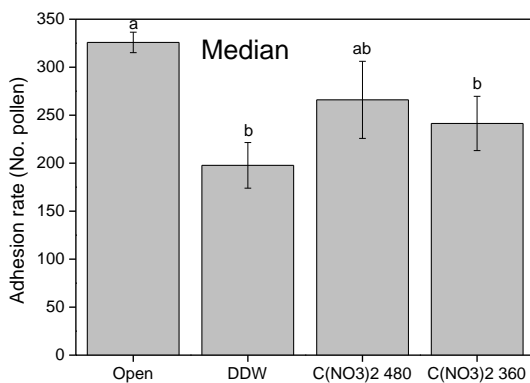
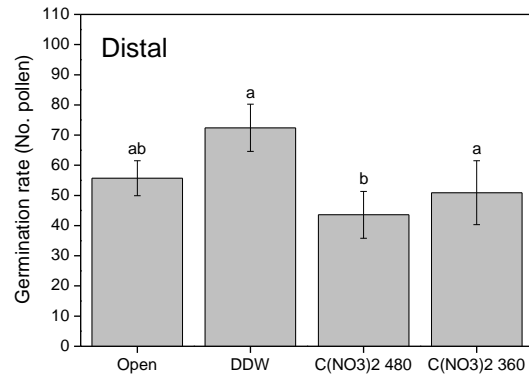
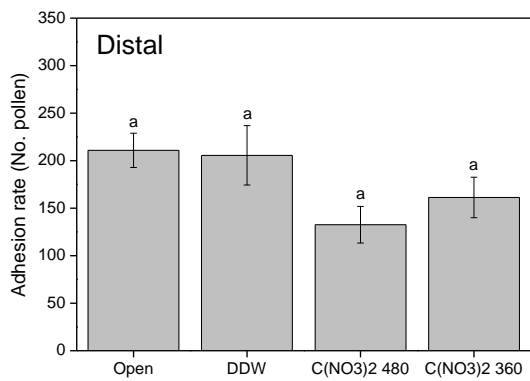
בהשוואה להאבקה פתוחה, עם עלייה במשקל של 7, 21, ו- 21% עבור טיפולי ריסוס במים, 480 PPM ו- 360 PPM, בהתאמה.

#### קוטר הקרקפת

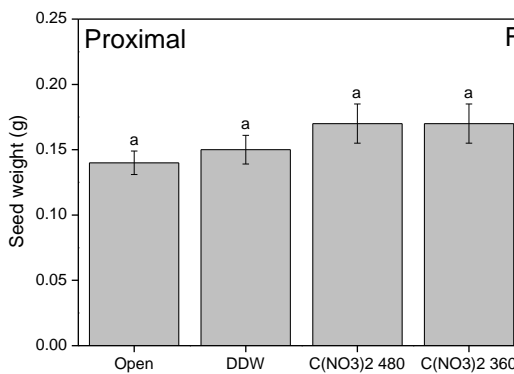
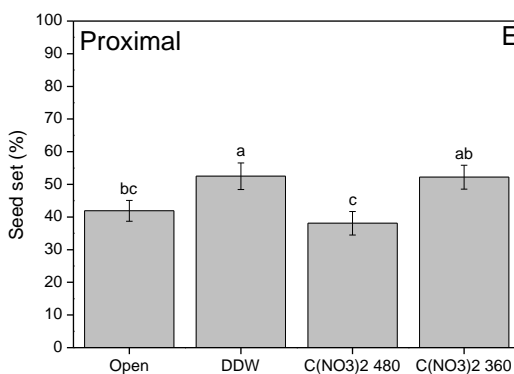
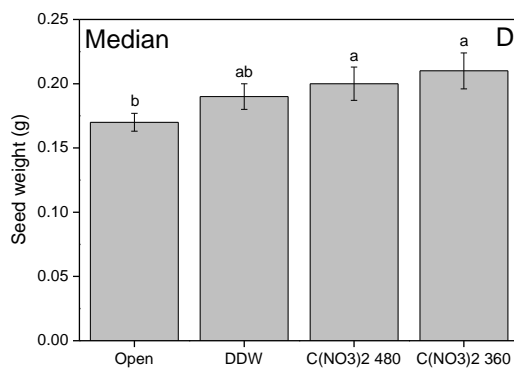
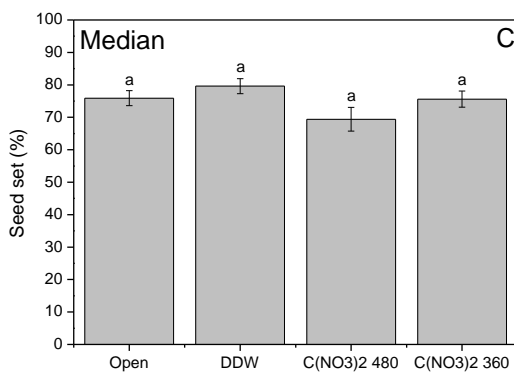
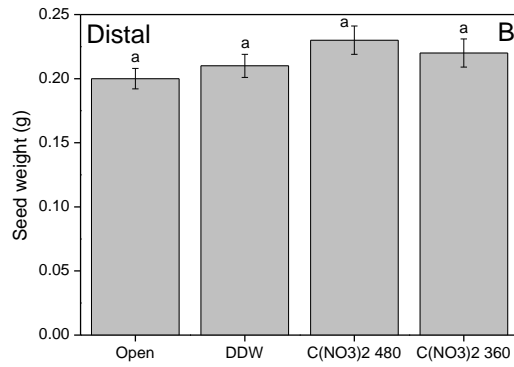
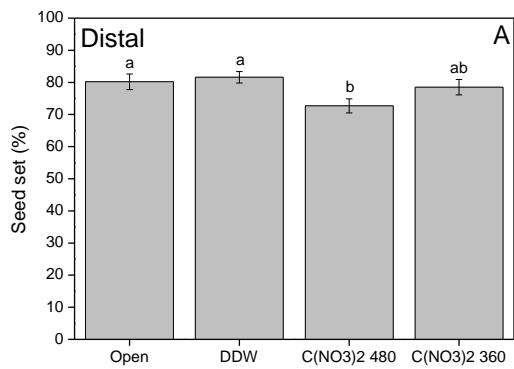
לא נמצאה השפעה מובהקת טיפולי הריסוס השונים על קוטר הקרקפת (טבלה 1).

טבלה 1. השפעת טיפולי האבקה שונים על קוטר הקרקפת. הערכים הם ממוצעים  $\pm$  שגיאת תקן. אותיות שונות מעידות על הבדל סטטיסטי מובהק ( $P < 0.05$ ).

	Umbel diameter
Open	22.03 $\pm$ 0.684 a
DDW	21.10 $\pm$ 0.797 a
C(NO3)	
2 480	20.93 $\pm$ 0.993 a
C(NO3)	
2 360	20.32 $\pm$ 0.712 a



איור 4. סה"כ מספר גרגרי אבקה שנצמדו (Adhesion) ומהם אלו שנבטו (Germination) על הצלקת בשלושה אזורים שונים בקרקפת; היקף (Distal), ביניים (Median) ומרכז (Proximal) עבור ארבעה טיפולי האבקה; פתוחה (Open), ריסוס במים מזוקקים (DDW), ריסוס בקלציום ניטראט PPM 360 (CN360) וריסוס בקלציום ניטראט PPM 480 (CN480). הערכים הם ממוצעים  $\pm$  שגיאת תקן. אותיות שונות מעידות על הבדל סטטיסטי מובהק ( $P < 0.05$ ).



איור 5. אחוז חנטה ומשקל הזרע בשלושה אזורים שונים בקרקפת; היקף (Distal), ביניים (Median) ומרכז (Proximal) עבור ארבעה טיפולי האבקה; פתוחה (Open), ריסוס במים מזוקקים (DDW), ריסוס בקלציום ניטראט (CN480) PPM 480 וריסוס בקלציום ניטראט (CN360) PPM 360. הערכים הם ממוצעים  $\pm$  שגיאת תקן. אותיות שונות מעידות על הבדל סטטיסטי מובהק ( $P < 0.05$ ).

## דיון

מטרת המחקר הנוכחי הייתה לאתר את הגורמים המגבילים בחנטה של זירעונים בחמניות לפיצוח ולתת להם מענה על מנת להעלות את אחוזי החנטה בשדה. במחקר הנוכחי בחרנו להתמקד בהשפעה של קלציום ניטראט במספר מינונים ושל מים בלבד על היצמדות ונביטה של אבקה על הצלקת ועל החנטה של הזירעונים בקרקפת החמנית. מצאנו הבדלים מאוד ברורים בין שלושת האזורים בקרקפת, היקף, ביניים ומרכז, הן מבחינת היצמדות ונביטת אבקה והן מבחינת חנטה של זירעונים ומשקל זירעונים. מצאנו שלריסוס בקלציום ניטראט ישנה השפעה שלילית על היצמדות ונביטה של אבקה, בעיקר באזור ההיקף ובאזור הביניים, בעוד שבאזור המרכז לריסוסים של מים וקלציום ניטראט בריכוז הנמוך יותר (PPM 360) הייתה השפעה חיובית על נביטת האבקה. המסקנה היא שהמים הם שכנראה שיפרו את החנטה הן לבד והן במינון הנמוך יותר של הקלציום ואילו במינון הגבוה יותר הקלציום הפך לגורם מגביל. למעשה המים אפשרו היצמדות של מספר כמעט זהה של גרגרי אבקה לצלקת בכל שלושת האזורים בקרקפת אולם האחוז של גרגרי האבקה שנבטו מכלל הנצמדים עלה באזור המרכז ל- 41% מ- 37.3 ו- 38.1 באזורי ההיקף והביניים, בהתאמה. אם כן, הבעיה ארוכת השנים של חנטה נמוכה במרכז הקרקפת נפתרה באופן יחסית משמעותי באמצעות שטיפה של הצלקות במים מזוקקים. לא ברור לחלוטין מהו המנגנון שעודד את הנביטה והחנטה, אולם ההשערה היא שהמים שטפו מספר רב של גרגרי אבקה עצמיים ואפשרו נביטה יעילה יותר של אבקה זרה שהיא זו שאחראית בסופו של דבר לחנטה של הזירעונים. במהלך שלושת שנות המחקר בחנו גורמים שונים העשויים להשפיע על החנטה בקרקפת של החמנית. התמקדנו בשלושה אזורים בקרקפת וכך יכולנו להגיע להבנה טובה יותר של הגורמים המשפיעים על החנטה של הזירעונים. מצאנו הבדלים מאוד גדולים בין האזורים השונים בקרקפת מכל בחינות, היצמדות אבקה, נביטת אבקה, חנטה של זירעונים ומשקל הזירעונים. מצאנו בניסויים שנעשו בבית רשת שנביטת האבקה דווקא עלתה עם הריסוס של הקלציום בעוד שבשדה היא ירדה במרבית שטח הקרקפת, למעט אולי אזור המרכז. הסיבה לכך היא ככל הנראה שבשדה אבקה עצמית בכמות רבה מועברת לצלקת על ידי הדבורים ובשל כך ישנה ירידה בנביטה בעוד שבבית הרשת נעשה מאמץ רב להאביק את הצלקות בעיקר באבקה זרה ולכן ה"זיהום" באבקה עצמית מינימאלי, דבר המעודד נביטה מוגברת של אבקה זרה. להערכתנו הריסוס בקלציום ניטראט ולעיתים במים בלבד בעלי פוטנציאל גבוה להעלאת החנטה בחמנית בתנאי שדה והמלצתנו לעבור בשלב הבא לניסויים ברמה מסחרית של ריסוס שטחים גדולים ובחינה של כלל היבול המתקבל בשדה בהשוואה להאבקה פתוחה בלבד.

- בן פורת א ומסד י. 1995. איתור בעיות חנטה בחמניות ד.י. - 3 בשלב האבקה. גן שדה ומשק. 9: 9-10.  
ליאור ע ודג א. 1994. האבקה בחמניות. גן שדה ומשק 5: 9-11.
- [Alkio M](#), [Schubert A](#), [Diepenbrock W](#) and [Grimm E](#). 2003. Effect of source-sink ratio on seed set and filling in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Plant Cell Environ* 26: 1609-1619.
- [Carafa AM](#) and [Carratu G](#). 1997. Stigma treatment with saline solutions: A new method to overcome self-incompatibility in *Brassica oleracea* L. *J Hort Sci* 72: 531-535.
- [Dag A](#), [Lior E](#) and [Afik O](#). 2002. Pollination of confection sunflowers (*Helianthus annuus* L.) by honey bees (*Apis mellifera* L.). *Amer Bee J* 142: 443-445.
- [Desrochers AM](#) and [Rieseberg LH](#). 1998. Mentor effects in wild species of *Helianthus* (Asteraceae). *Amer J Bot* 85: 770-775.
- Gibson PB, and Chen CC. 1973. Success in hybridizing and selfing *Trifolium repens* at different temperatures. *Crop Sci*. 13: 728-730.
- Dumas C and Gaude T .2006. Fertilization in plants: Is calcium a key player? *Semin Cell Dev Biol* 17: 244-253.
- [Martin FW](#). 1959. Staining and observing pollen tubes in the style by means of fluorescence. *Stain Technology*. 34: 125-128.
- [Newbigin E](#). 1996. The evolution of self-incompatibility: A molecular voyeur's perspective. *Sex Plant Reprod* 9: 357-361.
- Xanthopoulos FP. 1991. Seed set and pollen tube growth in sunflower styles 14: 69-72.
- Young HJ and [Young TP](#). 1992. Alternative Outcomes of Natural and Experimental High Pollen Loads. *Ecology* 73: 639-647.

### 3. סיכום עם שאלות מנחות

נא לענות על כל השאלות, בקצרה ולעניין, ב 3 עד 4 שורות מכסימום לכל שאלה (לא תובא בחשבון חריגה מגבולות המסגרת המודפסת).  
 שיתוף הפעולה שלך יסייע לתהליך ההערכה של תוצאות המחקר.  
**הערה:** נא לציין הפנייה לדו"ח אם נכללו בו נקודות נוספות לאלה שבסיכום.

מטרות המחקר לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתוכנית העבודה.
בחירת השפעת ריסוס חומרים שונים על על ההפריה והחנטה של זרעוני חמניות מזן ד.י. 3 בשדה מסחרי עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח.
בוצעו ריסוסים של קלציום ניטראט במינונים שונים ושל מים מזוקקים בלבד ועל תפרחות בשדה פתוח ונמצא כי הנביטה של האבקה הייתה נמוכה יותר במינונים הגבוהים ביותר של קלציום ניטראט. החנטה עלתה במובהק ריסוס במים וכמעט במובהק בריסוס בקלציום במינון הנמוך, באזור המרכז בלבד.
המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר בתקופת הדו"ח.
מטרות המחקר בתקופת הדו"ח הושגו מאחר וקיבלנו שיפור חנטה בשדה. מסקנות המחקר הן:
(1) קלציום ניטראט משפר נביטת אבקה זרה אך מעכב נביטת אבקה שעיקרה עצמית בשדה. (2) לריסוס במינונים גבוהים של קלציום נפרד יש השפעה שלילית על נביטת אבקה. (3) לריסוס במים בלבד יש השפעה חיובית על נביטת אבקה ונטה במרכז הקרקפת. השיפור בחנטה בשדה נובע ככל הנראה בשל שטיפה של אבקה עצמית "עודפת" ובכך מאפשר נביטת אבקה זרה שמהווה מיעוט בתנאי השדה, בעיקר במרכז הקרקפת שפורח במועד בו חלה ירידה חדה בפעילות חרקים מאביקים.
הבעיות שנתרו לפתרון ו/או השינויים שחלו במהלך העבודה (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים); התייחסות המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנתרה לביצוע תוכנית המחקר.
בעיות שנתרו: מהו המנגנון לפיו פועל הקלציום בפרחים של החמניות? מה הם המינונים האופטימליים בשלבי הפריחה השונים, והאם ניתן ליישם את הריסוסים הללו בצורה מסחרית?
מטרות המחקר בנוגע למינונים הושגו, בעוד שהבנת המנגנונים עשויה לדרוש מחקר נוסף. האם הוחל כבר בהפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח - <b>יש לפרט</b> : פרסומים – כמקובל בביבליוגרפיה, פטנטים - יש לציין מס' פטנט, הרצאות וימי עיון - יש לפרט מקום ותאריך.
הידע הראשוני שנוצר הופץ במאמר בעברית:
<b>גאנם, מ. בר, נורית וואקנין, י. 2009. חנטה בחמניות – צעדים ראשונים בפיצוח של גורמים המשפיעים על חנטה בחמניות. יבול שיא. 38: 26-28.</b>
פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח: (סמן אחת מהאופציות)
רק בספריות <
ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט) X <
חסוי – לא לפרסם <