דו"ח שנתי לתוכנית מחקר מספר: 12 - 0452 - 596

פיתוח מודל דינמי ואמצעים טכנולוגיים למילוי דרישות הצינון והקדמת הפריחה באדמונית השתולה בקרקע כמודל לגיאופיטים נוספים

DEVELOPMENT OF A DYNAMIC MODEL FOR CHILLING REQUIREMENTS FOR IN SOIL – PLANTED PEONY

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות ע"י

מנשה כהן	מועצה אזורית גליל, מו"פ צפון, תחום פרחים
קמנצקי רינה	מינהל המחקר החקלאי, המחלקה לפרחים, בית דגן
טנאי יוסף	מינהל המחקר החקלאי, המחלקה לפיסיקה סביבתית והשקיה
כהן שבתאי	מינהל המחקר החקלאי, המחלקה לפיסיקה סביבתית והשקיה
יומדין גרגורי	האוניברסיטה הפתוחה
איתן רון	מועצה אזורית גליל, מו"פ צפון, תחום פרחים

Menashe Cohen	Flowers department, Northern R&D, P.O. Box 831 Kiryat Shmona 11016, E-mail: **menashec@migal.org.il**
Rina Kamenetsky	Flower Dept., ARO, The Volcani Center, Bet-Dagan 50250. E-mail: **vhrkamen@volcani.agri.gov.il**
Josef Tanny	**Institute of Soil, Water and Environmental Sciences, Agricultural Research Organization, Volcani Center P.O.B. 6, Bet Dagan 50250, Israel**. E-mail: **tanai@volcani.agri.gov.il**
Shabtai Cohen	Dept. of Postharvest Science of Fresh Produce, ARO, The Volcani Center, Bet-Dagan 50250. E-mail: **vwshep@volcani.agri.gov.il**
Gregori Yomdin	Department of Management and Economics, the Open University of Israel, Raanana. E-mail: **gregoryyd@gmail.com**
Eitan Ron	Flowers Department, Northern R&D, P.O. Box 831 Kiryat Shmona 11016,

אב תשע"ג יולי 2013

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים. הניסויים לא מהווים המלצות לחקלאים

מנשה כהן

רשימת פרסומים – אין פרסומים כתוצאה ממחקר זה

תקציר

הצגת הבעיה

כ – 400 דונם אדמוניות שתולות בישראל בקרקע ועל כן הדרישה לקור חייבת להתמלא באמצעות ירידת הטמפרטורות הטבעית בחורף. בשנים עם חורף חם הדרישה לקור מתמלאת חלקית ומתקבל יבול פרחים נמוך הנובע מהתעוררות לקויה, עיוותים והפלות של פרחים. בעיה נוספת בשיטת הגידול בקרקע היא מדידה וכימות של צבירת מנות הקור. חשוב מאוד לדעת מתי התמלאה הדרישה לקור על מנת לקבוע את מועד השריית "אביב מלאכותי" ע"י כיסוי בית הגידול בפוליאתילן. הסיכונים והבעיות הללו מחייבים פיתוח כלים למדידה וכימות של צבירת הקור וטכנולוגיות שיביאו לשיפור צבירת הקור של אדמוניות הגדלות בקרקע. כל המודלים שפותחו עבור עצי פרי נשירים משתמשים בטמפרטורת האוויר כגורם הבלעדי להתעוררות ופריחה וכנראה אינם מתאימים לגידול האדמונית בקרקע .

מטרות המחקר

(1) פיתוח מודל מתמטי-סטטיסטי לאפיון מילוי דרישות הקור של זני האדמונית כדוגמה לגיאופיטים דורשי קור ;
(2) פיתוח טכנולוגיות יעילות לשיפור צבירת הקור של זני אדמוניות החשובים מבחינה מסחרית השתולים בקרקע.

שיטות העבודה

בשש מנהרות עבירות בהן גדלו צמחי אדמונית מהזנים *'Duchesse de Nemours'* ו – *'Sarah Bernhardt'* בקרקע מקומית באבני איתן שבדרום הגולן הושרו בחורף 2012-2013 באמצעות שילוב של מסכים תרמיים ומערפלים ששה משטרי צבירת קור. בקרקע של ארבע מהמנהרות הוטמנו עציצי 10 ליטר שמולאו בקרקע מקומית ובהם נשתלו צמחים מהזן *'Sarah Bernhardt'*. עציצים נוספים הוכנסו למקררים וקוררו באופן רציף ל – 2^0C, 6^0C, 10^0C, 20^0C. אחת לשבוע הועברו ששה עציצים מכל טיפול לחממה מבוקרת. המנהרות בקרקע כוסו בפוליאתילן במועדים שונים. טמפרטורות האוויר והקרקע בעומק של 5 ו – 20 ס"מ נמדדו ונאגרו בכל 10 דקות בכל ששת משטרי הקרור. עם ההתעוררות בחממה נמדדו ביצועי הצמחים אחת לשבוע.

תוצאות עיקריות

הוכן מסד נתונים המכיל את טמפרטורות האוויר והקרקע מאוקטובר 2012 עד למרץ 2013. טווח הטמפרטורות חולק ל – 13 מקטעים וחושבה צבירת שעות הקור לכל מקטע בכל מועד מבוקש. הוכן מסד נתונים נוסף המאחד בין הנתונים הצמחיים בכל מועדי המדידה לבין צבירת הקור לכל אחד מ – 2300 הצמחים שהשתתפו בניסוי. נמצא כי בהשפעת קרור רציף ב – 2^0C מתעוררים כ – 30% פקעים יותר מאשר בקרור של 6^0C. קרור ב – 2^0C מעל ל – 80 יום הביא לירידה במספר הפקעים שהתעוררו. שימוש במסכים תרמיים משפר את צבירת הקור.

מסקנות והמלצות לגבי יישום התוצאות

מומלץ למגדלי האדמוניות בשינוע להקפיד על טמפ. קרור של 2^0C. למגדלי האדמונית בקרקע מומלץ לבחון שימוש במסכים תרמיים בתקופת צבירת הקור.

ב. מבוא

מספר ניכר של מיני גיאופיטים בעלי חשיבות כלכלית רבה עוברים את תקופת החורף במצב של תרדמה פיזיולוגית. בצמחים הללו קיימת דרישה לצבירת מנות קור על מנת לסיים את התרדמה ולפרוח באביב. גידול צמחים אלו בתרבות מחייב ביצוע מניפולציות פיזיולוגיות לצורך התעוררות תקינה ובקרה של מועד הפריחה. טיפולי הקרור ניתנים באופן אקטיבי במקרר במספר אופנים: (1) לאברים גיאופילים חשופים הנשתלים לאחר הטיפול במצע גידול או בקרקע (צבעוני, יקינתון, ארמורוס ועוד); או (2) לצמחים שלמים השתולים במיכלים, מועברים למקרר לתקופת הקרור ולאחר מכן משונעים להמשך הגידול, להתעוררות ולפריחה בחממה או בבית רשת. פיתוח שיטת השינוע באדמונית שנעשה בארץ בשני העשורים האחרונים מגלם את השימוש בידע הפיזיולוגי לצורך הקדמת הפריחה.

גידול אדמונית בשיטת השינוע מבטיח מילוי נאות של דרישות הצינון והקדמת הפריחה אך ההשקעה הכרוכה בביצועו גבוהה מאוד ועל כן רק כ – 20% משטחי האדמונית בארץ (כ – 100 דונם) גדלים בשיטת השינוע. לעומת זאת, כ – 400 דונם אדמוניות שתולות בקרקע ועל כן הדרישה לקור חייבת להתמלא באמצעות ירידת הטמפרטורות הטבעית בחורף. שיטת גידול זאת אמנם זולה משמעותית אך כרוכים בה סיכונים ובעיות לא מעטות. בשנים עם חורף חם הדרישה לקור מתמלאת חלקית ומתקבל יבול פרחים נמוך הנובע מהתעוררות לקויה, עיוותים והפלות של פרחים. תופעה זו באה לידי ביטוי עם ההתחממות של החורפים האחרונים בהם נגרמו נזקים כלכליים למגדלים בדרום רמת הגולן ובעיקר בזן '*Sarah Bernhardt*' בעל דרישות הצינון הגבוהות. בעיה נוספת בשיטת הגידול בקרקע היא מדידה וכימות של צבירת מנות הקור. חשוב מאוד לדעת מתי התמלאה הדרישה לקור על מנת לקבוע את מועד השריית "אביב מלאכותי" ע"י כיסוי בית הגידול בפוליאתילן. ככל שמועד הכיסוי יהיה מדויק יותר הוא יבטיח מילוי נאות של דרישות הקור והקדמה של מועד הפריחה. הסיכונים והבעיות הללו מחייבים פיתוח כלים למדידה וכימות של צבירת הקור וטכנולוגיות שיביאו לשיפור צבירת הקור של אדמוניות הגדלות בקרקע. שיטות העבודה לפיתוח מודל הצינון והטכנולוגיות לשיפור צבירת הקור עשויות לשמש לפתרון בעיות דומות של גיאופיטים נוספים הגדלים בקרקע.

מודלים לחיזוי צבירת הקור

מגדלי עצי פרי נשירים עומדים בפני בעיה דומה. העצים נכנסים לתרדמה בחורף וזקוקים לצבירת קור לצורך התעוררות. החל מתחילת שנות החמישים של המאה הקודמת פותחו בעולם ובארץ מספר מודלים מתמטיים העושים שימוש בטמפרטורות האוויר ומנסים לחזות על פיהן את מועד השלמת צבירת הקור.

מודל Weinberger. מודל שפותח בתחילת שנות החמישים. במודל זה נעשה שימוש בשלושה פרמטרים: תאריך תחילת צבירת מנות הקור, טמפרטורת סף, ורמת דרישת הקור. (Bonhomme et al 2010). מודל דומה המכונה **"שעות קור"** מקובל בקרב הנוטעים בארץ. הצבירה האפקטיבית מתבצעת רק אם הטמפרטורות ירדו מתחת לסף של 8^0C. התוצר של המודל הוא סך השעות בהן שררה טמפרטורה מתחת לטמפרטורת הסף. במודל הפשוט הזה ניתן משקל שווה לכל הטמפרטורות מתחת לטמפרטורת הסף.

מודל Utah. במודל זה ניתן לראשונה משקל שונה לטווחי טמפרטורה שונים (Richardson et al, 1974). לאחר הפרסום הראשון של מודל Utah פותחו מודלים נוספים בהן נעשו התאמות שונות למודל המקורי (Campoy et al, 2011). המשותף לכל משפחת המודלים הזו היא מתן משקל של צבירה חיובית אך מופחתת לטמפרטורות מעל 7^0C וכן מתן משקל של צבירה שלילית לטמפרטורות מעל סף מסוים. כך, למשל, במדידות הנעשות בצפון הארץ מקובלים טווחי הטמפרטורה הבאים: כל שעה מתחת ל 7^0C מקבלת אינדקס 1. כל שעה שהטמפרטורה הממוצעת בה בין 7^0C ל - 10^0C מקבלת אינדקס 0.5, כל שעה שהטמפרטורה הממוצעת בה בין 10^0C ל 18^0C מקבלת אינדקס 0, כל שעה שהטמפרטורה בה מעל ל 18^0C מקבלת אינדקס של 1-. בסוף היום מסכמים את האינדקסים ובמידה והתוצאה חיובית היא מתווספת לחישוב העונתי. אם התוצאה אפס או שלילית אין תוספת לצבירה העונתית. (מוטי פרס, ידע אישי).

המודל הדינמי של פישמן - ארז. מודל שפותח בארץ עבור עצי אפרסק במחצית השניה של שנות השמונים של המאה הקודמת (Fishman *et al*., 1987a, 1987b). מודל זה פותח על מנת לפתור את חוסר הדיוק של מודל Utah באזורים בהם שורר חורף חמים יחסית. מודל זה נחשב לאבן פינה של המודלים המנבאים את שבירת התרדמה בעצי פרי נשירים (Campoy et al, 2011). במודל זה הקור מצטבר בתהליך דו-שלבי. בשלב ראשון, מצטבר פקטור ביניים כתוצאה מטמפרטורות נמוכות. שלב זה הוא הפיך ובהשפעה של טמפרטורות גבוהות רמת פקטור הביניים יורדת. בשלב השני, לאחר שנצברה כמות קריטית של פקטור הביניים, מנת קור קבועה מתווספת למאזן באופן בלתי הפיך ומתחילה צבירה מחודשת, הפיכה, של פקטור הביניים עד להשלמת מנת קור נוספת. מודל דו-שלבי זה הוצע על בסיס ניסויים בטמפרטורות מבוקרות (Erez et al. 1979b).

ניתן למצוא בספרות עבודות רבות המעידות על התקדמות והבנה טובה יותר של הקשר בין צבירת מנות קור ויציאה מתרדמה. כל העבודות הללו, שנעשו במדינות רבות, (ספרד, איטליה, צרפת, יפן, ארה״ב, צ׳ילה, ישראל) עוסקות בפיתוח של מודלים חדשים או בהתאמות של מודלים קיימים לתנאים המקומיים. העבודות מטפלות במגוון מינים של עצי פרי (אפרסק, אפרסק לנוי, קיווי, דובדבן, שקד, מישמש, אגוז, תפוח ועוד) ,(Campoy et al, 2011). כל המודלים שפותחו משתמשים בטמפרטורת האוויר כגורם הבלעדי להתעוררות ופריחה.

מחזור חיים שנתי באדמונית

מחזור החיים השנתי של אדמונית עשבונית דומה לזה של גיאופיטים שמקורם באזורים של חורף קר וקיץ חם ויבש. (Flaishman and Kamenetsky 2006). לאחר הפריחה באביב והמשך הגידול בקיץ ניצני ההתחדשות מכילים מריסטמות וגטטיביות בלבד (Barzilay et al. 2002). המריסטמה הקודקודית בניצנים תת-קרקעיים מפסיקה לפתח עלים עם ההזדקנות והנבילה של חלקי הצמח העל-קרקעיים בסתיו. בחודש ספטמבר, בישראל, המריסטמה הקודקודית הופכת לגנרטיבית אך נשארת לא ממוינת. באוקטובר ניתן להבחין בהתמיינות של אברי הפרח ובתחילת דצמבר מסתיימת ההתמיינות לפריחה.

בסוף הסתיו נובלים החלקים העל-קרקעיים של צמח האדמונית והחלקים התת-קרקעיים, כולל ניצני ההתחדשות ובהם ניצני הפרחים הממוינים נכנסים לתרדמה. חשיפה לטמפרטורות נמוכות דרושה להתעוררות מהתרדמה המתבטאת בהתארכות של ניצני ההתחדשות והתפתחותם לגבעולים נושאי פרחים (Kamenetsky *et al*. 2000, 2003).

פיתוח גידול האדמונית בקרקע בישראל

בתחילת שנות התשעים החל הפיתוח של גידול האדמונית בארץ. הצמחים גדלו בקרקע במנהרות עבירות והדרישה למנות קור לצורך ההתעוררות מהתרדמה התמלאה ע״י החשיפה לטמפרטורת החורף בדרום רמת הגולן (8 – 10^0C לילה, 16 – 26^0C ביום מנובמבר עד פברואר) (Halevy *et al*. 1995, 2002). צבירת מנות הקור חושבה באותם שנים בהתאם למודל הדינמי של פישמן-ארז (Fishman *et al*., 1987a, 1987b). עם השלמת צבירת הקור המנהרות כוסו בפוליאתילן במועדים שונים. על סמך הניסויים הראשוניים נקבע כי דרושות 42 יחידות קור לצורך השלמת דרישות הקור בזן *'Sarah Bernhardt'* ו – 36 יחידות בזן *'Duchesse de Nemours'*.

במשך השנים הלכו והצטברו נתונים על תגובת זני אדמונית בקרקע למשטרי אקלים ששררו בחורפים עוקבים בדרום רמת הגולן. הסתבר כי חישוב מנות הקור על פי המודל הדינמי של פישמן-ארז איננו מתאים לצמחי אדמונית. (טבלה 1). סיום צבירת הקור בערכי מנות קור זהות, 46 יחידות, ובתאריכים כמעט זהים בשנים 1993, 1995 ו – 1996 הניב הפרש של מאות אחוזים ביבול הפרחים בין השנים.

בתקופת התרדמה אין לצמח האדמונית, כמו לגיאופיטים אחרים, אברים על-קרקעיים וצבירת הקור מתרחשת בחלקי הצמח התת-קרקעיים המושפעים מטמפרטורת הקרקע. כל המודלים שפותחו לעצי פרי מתבססים על טמפרטורות האוויר. הפרשי הטמפרטורה בין היום והלילה בקרקע קטנים בהשוואה לטמפרטורות האוויר והסתמכות על מודל שפותח לטמפרטורות אוויר עלולה ליצור עיוותים ניכרים. אמנם פותח מודל המנבא את טמפרטורת הקרקע בהסתמך על

טמפרטורת האוויר ופרמטרים אקלימיים נוספים (זיו 2007) אך מודל זה הותאם לקרקעות הנגב ויש לבחון התאמתו לתנאי צפון הארץ. זאת ועוד, בניגוד לעצי הפרי עבורם פותחו כל המודלים, צמח האדמונית נכנס לתרדמת חורף כאשר ההתמיינות לפריחה הסתיימה וצבירת הקור תורמת להתעוררות תקינה המתבטאת בהתארכות גבעולי הפריחה. בצמחים אחרים, ובהם עצי הפרי הנשירים ומיני גיאופיטים (שושן) צבירת הקור (vernalization) תורמת לתהליך התמיינות דו שלבי של המריסטמות. בשלב הראשון המריסטמה הקודקודית עוברת משלב וגטטיבי לפרודוקטיבי. מעבר זה איננו יציב ויכול להיות הפיך בהשפעת טמפרטורות גבוהות (devernalization). בשלב השני שהוא שלב יציב ובלתי הפיך המריסטמה מתמיינת לאברי הפרח. המודל הדינמי הדו-שלבי של פישמן-ארז עשוי להתאים למנגנון פיזיולוגי של התמיינות דו שלבית תלוית צבירת קור אך כנראה איננו מתאים לצמח האדמונית הנכנסת לתרדמה לאחר שתהליך ההתמיינות הושלם בסתיו.

טבלה 1. יבול פרחים של שלושה זני אדמונית בשנים 1993 - 1996. הצמחים גדלו במנהרות עבירות בקרקע בתחנת הנסיונות באבני איתן וכוסו בפוליאתילן לאחר צבירה מדודה של יחידות צינון על פי המודל הדינמי של פישמן-ארז.
מקור: סיכום ניסויים באבני איתן ע"י ורד נאור, 1997

שנה	מועד כיסוי	מס. יח' צינון	זן	מס. פרחים	תחילת פריחה
1993	14/01/1993	39	'Sarah Bernhardt'	3.4	25/03/1993
			'Karl Rozenfield'	2.5	19/03/1993
			'Duchesse de Nemours'	10.4	23/03/1993
	28/01/1993	46	'Sarah Bernhardt'	5.9	31/03/1993
			'Karl Rozenfield'	2.5	28/03/1993
			'Duchesse de Nemours'	7.2	29/03/1993
1994'	24/01/1994	24	'Sarah Bernhardt'	2.7	01/04/1994
			'Karl Rozenfield'	0.6	03/04/1994
			'Duchesse de Nemours'	6.5	28/03/1994
	06/02/1994	38	'Sarah Bernhardt'	4.8	04/04/1994
			'Karl Rozenfield'	2.1	01/04/1994
			'Duchesse de Nemours'	9.3	03/04/1994
1995	28/12/1995	29	'Sarah Bernhardt'	0.9	11/03/1995
			'Karl Rozenfield'	0.3	27/02/1995
			'Duchesse de Nemours'	0.8	10/03/1995
	25/01/1995	46	'Sarah Bernhardt'	4	25/03/1995
			'Karl Rozenfield'	2.5	10/03/1995
			'Duchesse de Nemours'	10.4	06/03/1995
1996	28/01/1996	46	'Sarah Bernhardt'	7.8	05/03/1996
			'Karl Rozenfield'	12.3	04/03/1996
			'Duchesse de Nemours'	18.5	05/03/1996

מטרות המחקר לתקופת הדוח

(1) פיתוח מודל מתמטי-סטטיסטי לאפיון מילוי דרישות הקור של זני האדמונית כדוגמה לגיאופיטים דורשי קור;

(2) פיתוח טכנולוגיות יעילות לשיפור צבירת הקור של זני אדמוניות החשובים מבחינה מסחרית השתולים בקרקע.

ג. פרוט הניסויים שבוצעו והתוצאות שהתקבלו לתקופת הדו"ח

חומר צמחי

צמחים במנהרות גידול. במרץ 2011 נשתלו שש מנהרות בגודל 9*12 מטר בקרקע המקומית בתחנת הנסיונות באבני איתן. בכל אחת מהמנהרות נשתלו 120 צמחים מהזן *'Duchesse de Nemours'* ו – 120 צמחים מהזן *'Sarah Bernhardt'*. הצמחים נשתלו ב – 10 חלקות לזן בקבוצות של 12 צמחים שפוזרו במנהרה. הצמחים גדלו בקרקע עד לאוקטובר 2012 והיו בשנת הגידול השלישית בתחילת הניסויים.

צמחים בעציצים. בדצמבר 2011 נשתלו 900 צמחים מהזן *'Sarah Bernhardt'* בעציצים בנפח של 10 ליטר שמולאו בקרקע מקומית של אבני איתן. הצמחים גדלו בשטח פתוח בתחנת הנסיונות באבני איתן עד לתחילת הניסויים באוקטובר 2012.

טיפולי קרור

מנהרות בקרקע באבני איתן. בכל אחת מ – 6 המנהרות בהן נשתלו 120 צמחים מהזן *'Duchesse de Nemours'* ו – 120 צמחים מהזן *'Sarah Bernhardt'* הושרה טיפול צינון שונה. (טבלה 2). טיפולי הצינון החלו ב – 14/10/2012 וכללו שימוש במסך תרמי והתזת מים ע"ג הקרקע באמצעות מערפלים. המסך, מטיפוס IC 100 מתוצרת חברת "פולישק", נפתח בכל יום לפנות ערב ונסגר בבוקר. במועדי סיום טיפולי הצינון (טבלה 2) המנהרות כוסו בפוליאתילן להשרית "אביב מלאכותי".

טבלה 2. טיפולי צינון בצמחי אדמונית השתולים בשש מנהרות בקרקע ובצמחי אדמונית השתולים בעציצים.

מס. טיפול	תיאור הטיפול	אופן צבירת הקור	תחילת קרור	סיום קרור	ימי קרור	קוד סיום קרור
1	ללא טיפול – צינון טבעי	מנהרות בקרקע	14/10/2012	21/3/2013	158	112*
		עציצים טמונים בקרקע	14/10/2012	משתנה**	משתנה**	1wn***
2	מסך תרמי מועד 1	מנהרות בקרקע	14/10/2012	20/1/2013	98	204*
3	מסך תרמי מועד 2	מנהרות בקרקע	14/10/2012	10/2/2013	119	307*
4	מסך תרמי מועד 3	מנהרות בקרקע	14/10/2012	21/3/2013	158	412*
		עציצים טמונים בקרקע	14/10/2012	משתנה**	משתנה**	4wn***
5	צינון הקרקע ע"י מערפלים	מנהרות בקרקע	14/10/2012	6/3/2013	143	510*
		עציצים טמונים בקרקע	14/10/2012	משתנה**	משתנה**	5wn***
6	מסך תרמי+מערפלים	מנהרות בקרקע	14/10/2012	1/3/2013	138	609*
		עציצים טמונים בקרקע	14/10/2012	משתנה**	משתנה**	6wn***
7	קרור ב – 2^0C	עציצים במקרר	14/10/2012	משתנה**	משתנה**	7wn***
8	קרור ב – 6^0C	עציצים במקרר	14/10/2012	משתנה**	משתנה**	8wn***
9	קרור ב – 10^0C	עציצים במקרר	14/10/2012	משתנה**	משתנה**	9wn***
10	קרור ב – 20^0C	עציצים במקרר	14/10/2012	משתנה**	משתנה**	10wn***

* הספרה הראשונה של הקוד מתארת את מס. הטיפול (1 – 6) ושתי הספרות האחרונות מציינות את מס. השבוע בשנה בו הסתיימה צבירת הקור והמנהרה כוסתה בפוליאתילן

** - אחת לשבוע, החל מ – 28/10/2012 הופסק טיפול הקרור והועברו לחממה ששה מיכלים עם צמחים.

*** wn – מספר משתנה של השבוע בשנה בו הופסק טיפול הקרור והועברו ששה צמחים לחממה.

קרור צמחים בעציצים בטמפרטורה טבעית בקרקע מקומית. בטיפולים מס. 1, 4, 5, 6 (טבלה 2) נטמנו במנהרות עציצי 10 ליטר בהם נשתלו צמחי אדמונית במצע קרקע מקומית של אבני איתן. העציצים נטמנו כך שהצמחים השתולים בהם היו בגובה זהה לצמחים השתולים בקרקע. באופן זה טמפרטורת הקרקע בעציצים היתה זהה לטמפרטורת הקרקע

במנהרה. אחת לשבוע במשך 18 שבועות החל מה – 28/10/2012 ועד 24/2/2013 הועברו ששה עציצים מכל טיפול לחממה מבוקרת בה טמפרטורת הלילה לא ירדה מ – 8^0C. במהלך היום הוילונות נפתחו כשטמפרטורת האוויר בחממה עלתה מעל ל- 22^0C.

קרור צמחים בטמפרטורה מבוקרת. ב – 14/10/2012 הועברו כ - 400 עציצי 10 ליטר בהם נשתלו צמחי אדמונית במצע קרקע מקומית של אבני איתן לארבעה מקררים (כ – 100 עציצים למקרר). המקררים קוררו באופן קבוע ל – 2^0C, 6^0C, 10^0C, 20^0C. אחת לשבוע במשך 15 שבועות החל מה – 28/10/2012 ועד 3/2/2013 הועברו ששה עציצים מכל טיפול לחממה המבוקרת.

<u>מדידות</u>

מדידת טמפרטורה. בכל אחת מששת המנהרות הוצבה תחנה למדידת טמפרטורה. התחנה כללה אוגר טמפרטורות מדגם HOBO U12-006 וארבעה רגשי טמפרטורה שמוקמו באויר כ - 100 ס"מ מעל הקרקע ובקרקע בעומקים 5 ו – 20 ס"מ. הטמפרטורות נמדדו אחת ל – 10 דקות. פרטים טכניים על אוגר הטמפרטורות ניתן למצוא ב- http://www.onsetcomp.com/products/data-loggers/u12-006.

מדידות צמחיות. עם התעוררות הצמחים מהתרדמה בוצעו מדידות פנולוגיות שבועיות שכללו: מספר פריצות (=מספר הענפים שפרצו מהקרקע), גובה הצמחים, מספר ניצני פריחה, מספר פרחים תקינים ומספר פרחים מופלים. כל צמח קודד בקוד "אישי" כך שניתוח התוצאות מאפשר לשרטט את גרף ההתפתחות של כל אחד מהצמחים. בסך הכל בכל הניסוי השתתפו כ – 2300 צמחים.

תוצאות

א. ארגון הנתונים

טמפרטורות. הוכן בסיס נתונים שמכיל את קריאות הטמפרטורה ב - 24 הסנסורים בכל 10 דקות מה – 14/10/2012 ועד 17/3/2013. בסיס הנתונים מכיל כ – 22,000 שורות. טווח הטמפרטורות הכולל חולק ל – 13 מקטעים במרווחים של 2^0C (טבלה 3).

טבלה 3. שדות טווח טמפרטורות.

	קוד טווח טמפרטורה	הגדרה
	T51	טמפרטורה בעומק 5 ס"מ בטווח: C 3- >
	T52	טווח: (3, 5)
	T53	טווח: (5, 7)
	T54	טווח: (7, 9)
	T55	טווח: (9, 11)
	T56	טווח: (11, 13)
	T57	טווח: (13, 15)
	T58	טווח: (15, 17)
	T59	טווח: (17, 19)
	T510	טווח: (19, 21)
	T511	טווח: (21, 23)
	T512	טווח: (25, 27)
	T513	טווח: 27 <

חושבו מספר השעות שנצברו בכל אחד מ – 13 טווחי הטמפרטורות עד לכל אחד ממועדי העברת העציצים לחממות או עד למועד כיסוי המנהרות בפוליאתילן. בסיס הנתונים נבנה כך שבאפשרותנו לחשב את מספר שעות הטמפרטורה

שנצברו החל מ – 14/10/2012 ועד לכל מועד רצוי. כדוגמה, בטבלה 4 מוצגים נתוני צבירת הטמפרטורות בשעות שלמות בכל אחד מ – 13 הטווחים בפרק הזמן מ – 14/10/2012 ועד 20/1/2013.

טבלה 4. שעות צבירת טמפרטורות ב – 13 טווחים מ – 14/10/2012 ועד 20/1/2013. טווחי הטמפרטורה ראה טבלה 3.

	T51	T52	T53	T54	T55	T56	T57	T58	T59	T510	T511	T512	T513	CoefVar
טיפול 1	0	32	57	187	282	333	306	313	237	171	93	46	27	1709
טיפול 2	0	1	46	74	308	309	411	266	249	254	172	7	0	846
טיפול 3	0	0	38	98	331	375	417	232	218	232	164	4	0	681
טיפול 4	0	0	25	96	309	352	446	262	247	207	0	5	0	838
טיפול 5	13	37	51	301	302	330	277	322	249	167	0	23	26	1643
טיפול 6	0	0	32	121	338	373	400	226	254	205	0	4	0	871
טיפול 7	2167	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
טיפול 8	0	0	2167	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
טיפול 9	0	0	0	0	2167	0	0	0	0	0	0	0	0	0
טיפול 10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2167	0	0	0	0

נתוני פנולוגיה. נתוני המדידות הצמחיות שנאספו אחת לשבוע ממועד ההתעוררות בחממה של קבוצות העציצים השונות או ממועד ההתעוררות של הצמחים השתולים בששת המנהרות רוכזו בטבלה אחת. בטבלה זו שולבו נתוני צבירת הטמפרטורות בהתאם לקוד סיום הקרור (טבלה 2) של כל אחד מהטיפולים ומועדי ההעברה לחממה. טבלה זו המכילה כ – 15,000 שורות מרכזת את הנתונים הפנולוגיים בכל מועדי התצפיות יחד עם נתוני צבירת הטמפרטורות לכל טיפול. טבלה זו, אותה כינינו בשם plant history, הינה הבסיס לחישוב של מודל הצינון. בטבלה 5 מופיעות כדוגמה שתי השורות הראשונות והשורה האחרונה של הטבלה.

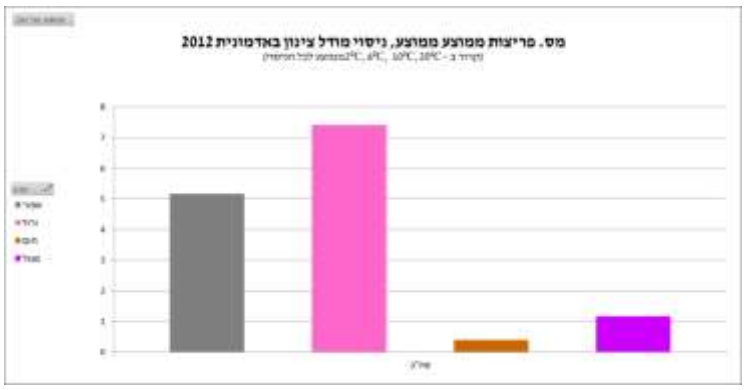
טבלה 5. שורות 1, 2, ו – 15168 מתוך טבלת plant history המלאה. הסבר בטקסט.

ID	date	treatment	break	week	plot	variety	plant	T51	T52	T53	T54	T55	T56	T57	T58	T59	T510	T511	T512	T513	Tvar	sprouts	height	bud	flower	cutting	abortion
1	3/2/2013	8	844	5		SB	1	0	0	645	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	19	0	0	0	0
2	3/2/2013	8	844	5		SB	2	0	0	645	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	7	0	0	0	0
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
15168	12/5/2013	4	409	19	411	DM	12	0	0	46	189	695	771	638	298	247	207	0	5	0	1,279	2	10	0	0	0	0

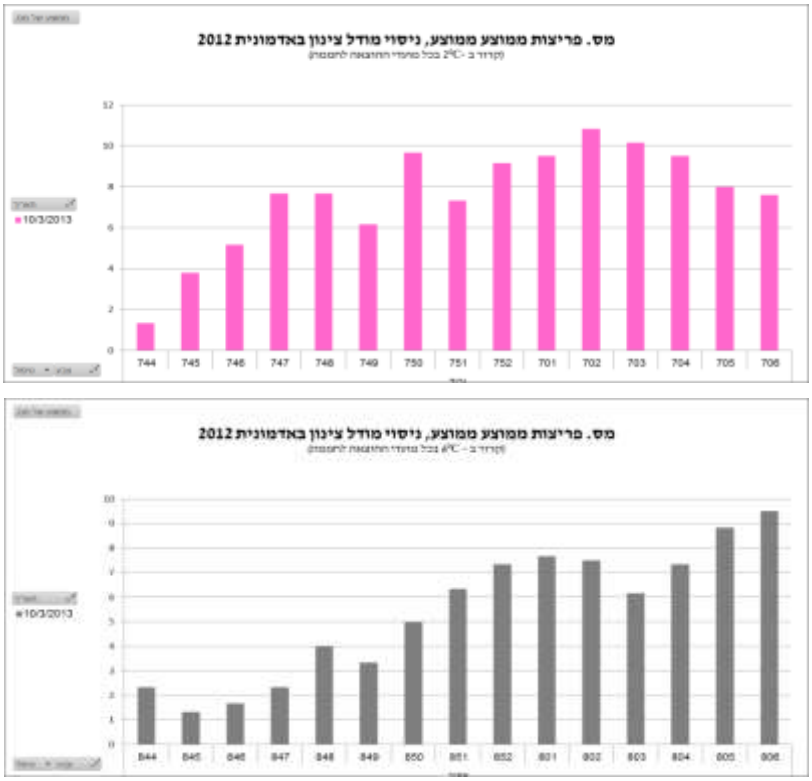
ב. השפעת טיפולי הקרור

קרור בטמפרטורה קבועה. חישוב של מספר הפריצות הממוצע לכל 15 מועדי ההעברה מהמקרר לחממה מראה כי קרור ב $2^{o}C$ הניב את מספר הפריצות הגבוה ביותר – כ – 7.3 פריצות לצמח (איור1). קרור ב $6^{o}C$ הביא לפחיתה של כ – 30% במספר הפריצות הממוצע. בקרור ב – $10^{o}C$ נצפתה כפריצה אחת לצמח בממוצע בעוד שבקרור ב – $20^{o}C$ מספר הפריצות לצמח היה אפסי.

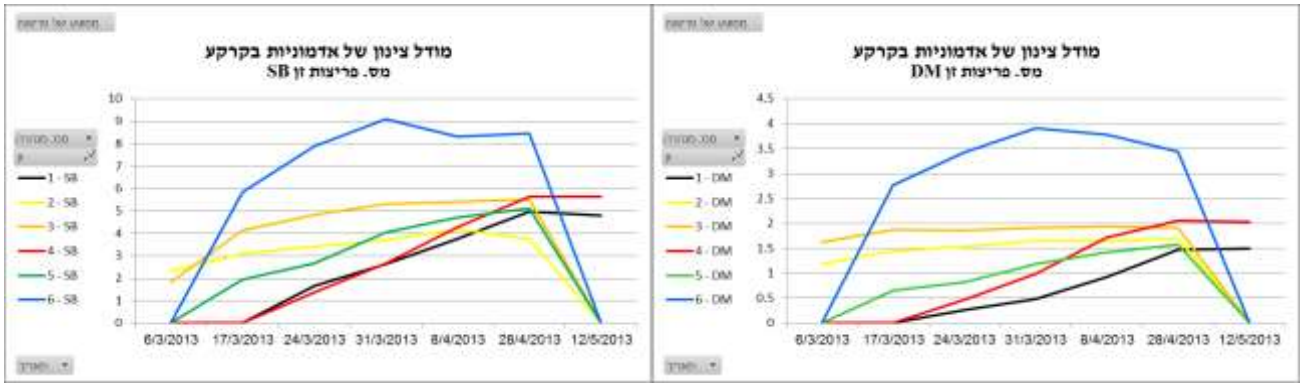
מספר הפריצות לצמח הלך ועלה בקרור של $2^{o}C$ עם התארכות משך הקרור עד לכ – 80 יום והגיע לכ – 11 פריצות לצמח. המשך הקרור מעבר לכך הוביל לירידה הדרגתית בכמות הפריצות שהגיעה לכ – 7.5 פריצות לצמח לאחר 110 ימי קרור. (איור 2 – עליון). בקרור ב – $6^{o}C$ מספר הפריצות לצמח הלך ועלה ככל שהתארך משך הקרור והגיע ל – 7.5 פריצות לצמח לאחר כ – 110 ימי קרור. לא נצפתה ירידה במספר הפריצות לצמח בקרור ל – $6^{o}C$ בטווח משכי הקרור שנבדק בניסוי.



איור 1. מס. פריצות ממוצע בכל מועדי ההוצאה. (מקרא: ורוד – קרור ב 2^0C, אפור – קרור ב 6^0C, סגול – קרור ב 10^0C, חום – קרור ב 20^0C).



איור 2. השפעת משך הקרור על מספר הפריצות לצמח בזן *'Sarah Bernhardt'*. עליון - קרור ב – 2^0C, תחתון - קרור ב – 6^0C.



איור 3. השפעת משטרי קרור על מספר פריצות של צמחי אדמונית השתולים בקרקע. ימין – *'Duchesse de Nemours'* שמאל – *'Sarah Bernhardt'*

קרור בטמפרטורות משתנות בקרקע. מספר הפריצות בזן *'Sarah Bernhardt'* היה כפול בכל טיפולי הקרור בהשוואה לזן *'Dusseche de Nemours'* (איור 3). ניכרה השפעה חיובית לשימוש במסכים תרמיים ובמערפלים כאמצעים להורדת טמפרטורת הקרקע ולשיפור בצבירת הקור. ככל שהתאחר מועד הכיסוי בפוליאתילן, כלומר התארך משך השימוש במסכים התרמיים היתה עליה במספר הפריצות לצמח. ביחוד בלטה הארכת משך השימוש במסך עד ל – 1/3/2013 (טיפול 6) שהניבה כ – 9 פריצות בזן *'Sarah Bernhardt'* וכ – 4 פריצות בזן *'Dusseche de Nemours'*. (איור 3). לשימוש במערפלים בלבד היתה השפעה מסוימת, אם כי קטנה על מספר הפריצות לצמח.

הערה א': מספר הפריצות לצמח בטיפול 4 בו משך השימוש במסך תרמי היה הארוך ביותר (עד 20/3/2013) איננו בר השוואה לשאר הטיפולים מאחר ונגרם נזק לפוליאתילן כתוצאה מסופת רוחות מזרחיות.
הערה ב': בדוח הנוכחי הודגמה השפעת הטיפולים על מספר הפריצות לצמח. השפעת הטיפולים על גובה הצמחים היתה דומה. בניסוי זה נאספה כמות גדולה מאוד של נתונים וניתוח התוצאות עדין לא הסתיים במועד כתיבת הדוח.

ד. מסקנות והשלכותיהן על ביצוע המחקר

פיתוח מודל מתמטי שיתאים באופן הקרוב ביותר האפשרי לתהליך צבירת הקור בצמחי אדמונית השתולים בקרקע ובכך יאפשר ניבוי של התנהגות הצמחים במשטרי אקלים משתנים נתקל בשני קשיים עיקריים: (1) השתנות הטמפרטורות לאורך היממה ולאורך העונה מחייבת שימוש במספר צמחים גבוה שיאפשר מהימנות סטטיסטית ו – (2) לצמח האדמונית אין אברים על-קרקעיים בתקופת התרדמה וצבירת הקור. אין מידע על מיקום האתר של חישת הטמפרטורה בצמח ועל כן מיקמנו את רגשי הטמפרטורה בעומקים של 5 ו – 20 ס"מ. עומק המדידה הראשון משקף את מיקום ניצני ההתעוררות בעוד שהרגש העמוק יותר מדגים את מיקום שורשי האגירה.

תכנון וביצוע הניסוי בשנת המחקר הראשונה, הביא לצבירה של מאות אלפי נתונים של טמפרטורות אויר וקרקע (בעומק של 5 ו – 20 ס"מ) ושל מדדים צמחיים המושפעים מצבירת הקור. הנתונים אורגנו במסדי נתונים שיאפשרו המשך ניתוח שתכליתו העיקרית היא פיתוח המודל המתמטי המבוקש.

ניתוח התוצאות במטרה להגיע למטרה המוצהרת של התכנית עדיין נמשך וימשך גם בשנות המחקר הבאות אך ניתן להצביע כבר על מספר מסקנות ותובנות העשויות להשפיע על ההמלצות לגידול כבר בתקופה הקרובה:

א. קרור רציף למשך 60 יום הנהוג בפרקטיקת הגידול ב – 2^0C הביא ל – 30% תוספת במספר הפריצות לצמח בהשוואה לקרור ב – 6^0C. תוצאה זו צריכה להיות לנגד עיניהם של מגדלי האדמונית בשיטת השינוע. מגדלים רבים נוהגים לקרר בטמפרטורה של 4^0C במטרה לחסוך בהוצאות הקרור. ניכרה ירידה רציפה במספר הפריצות עם העלאת טמפרטורת הקרור מ – 2^0C ל – 6^0C ול – 10^0C, ויש על כן סבירות גבוהה שטמפרטורה של 4^0C תניב תוצאות טובות פחות מטמפרטורה של 2^0C.

ב. תוצאות הקרור בטמפרטורות קבועות במקרר מחזקות את ההשערה כי קיימת צבירת קור אופטימלית שמעבר לה מסתמנת כבר ירידה של ביצועי הצמח לאחר ההתעוררות. תוספת קרור של יותר מ – 80 יום ב – 2^0C בזן *'Sarah Bernhardt'* גרמה לירידה של מספר הפריצות לצמח (איור 2).

ג. יש אפשרות מעשית לשפר מאוד את צבירת הקור בעיקר ע"י שימוש במסכים תרמיים. השימוש במסכים גורם להתחממות איטית יותר של אוויר המנהרה במשך היום ויש לכך השפעה חיובית ברורה על ההתעוררות עם סיום התרדמה. (איור 3). שימוש באמצעי כזה, שאיננו דורש השקעת אנרגיה בקרור אקטיבי, עשוי לשפר מאוד את היבולים באזורי גידול כגון דרום רמת הגולן שאקלים החורף בהם הוא גבולי בהקשר של צבירת הקור בזן *'Sarah Bernhardt'* שהוא הזן הנפוץ ביותר בגידול בקרקע.

ה. פרסומים

לא התפרסמו מאמרים כתוצאה מביצוע המחקר. מאמר ראשון בשלבי כתיבה מתקדמים.

רשימת ספרות

זיו גל, 2007, חיפוי קרקע בפוליאתילן ככלי להתמודדות עם מחלות עלווה "חובבות לחות" בגידולי ירקות חממה. עבודת גמר מוגשת לפקולטה למדעי החקלאות, המזון ואיכות הסביבה של האוניברסיטה העברית בירושלים לשם קבלת תואר "מוסמך למדעי החקלאות"

Ahmadvand G., Mondani F., Golzardi F., (2009). Effect of crop plant density on critical period of weed competition in potato, Scientia Horticulturae, 121(3): 249-254.

Barzilay A, Zemah H, Kamenetsky R, Ran I (2002) Annual life cycle and floral development of 'Sarah Bernhardt' peony in Israel. HortScience 37, 300-303

Bonhomme, M., Rageau, R. and Lacointe, A. (2010). Optimization of endodormancy release models, using serias of endodormancy release data collected in France. Acta Hort. (ISHS) 872:51-60. http://www.actahort.org/books/872/872_4.htm

Campoy, J.A., D. Ruiz, J. Egea. (2011). Dormancy in temperate fruit trees in a global warming context: A review. Sci. Hortic. 130: 357-372

Erez, A., Couvillon, G.A., Hendershott, C.H., (1979b). Effect of cycle length on chilling negation by high-temperatures in dormant peach leaf buds. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 104, 573–576.

Fishman, S., Erez, A., Couvillon, G.A., (1987a). The temperature-dependence of dormancy breaking in plants: mathematical analysis of a two-step model involving a cooperative transition. J. Theor. Biol. 124, 473–483.

Fishman, S., Erez, A., Couvillon, G.A., (1987b). The temperature-dependence of dor-mancy breaking in plants—computer simulation of processes studied under controlled temperatures. J. Theor. Biol. 126, 309–321.

Flaishman M., Kamenetsky R (2006) Florogenesis in Flower Bulbs: Classical and Molecular Approaches. In: Teixeira da Silva JA (Ed) Floriculture, Ornamental and Plant Biotechnology (Vol I), Global Science Books, Japan, pp 33-43

Halevy AH, Weiss D, Naor V, Cohen M, Levi M, Skuier D (1995) Introduction of herbaceous peony as commercial cut flower in Israel. Dapei Meida 5, 58-62 (in Hebrew)

Halevy AH, Levi M, Cohen M, Naor V (2002) Evaluation of methods for flowering advancement of herbaceous peonies. HortScience 37, 885-889

Kamenetsky R, Barzilay A., Bin Nun Z. (2000) Effect of low temperatures on development of Peony. Cultivation of herbaceous peony. Israel, Northern R&D, pp 4-8 (in Hebrew)

Kamenetsky R, Barzilay A, Erez, A., Halevy A.H (2003) Temperature requirements for floral development of herbaceous peony cv. 'Sarah Bernhardt'. Scientia Horticulturae 97, 309-320

Richardson, E.A., Seeley, S.D. and Walker, D.R. (1974). A model for estimating the completion of rest for 'Redhaven' and 'Alberta' peach trees. HortScience 9:331-332.

סיכום עם שאלות מנחות

מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה.
(1) פיתוח מודל מתמטי-סטטיסטי לאפיון מילוי דרישות הקור של זני האדמונית כדוגמה לגיאופיטים דורשי קור; (2) פיתוח טכנולוגיות יעילות לשיפור צבירת הקור של זני אדמוניות החשובים מבחינה מסחרית השתולים בקרקע.
עיקרי הניסויים והתוצאות.
בשש מנהרות עבירות בהן גדלו צמחי אדמונית מהזנים *'Duchesse de Nemours'* ו – *'Sarah Bernhardt'* בקרקע מקומית באבני איתן שבדרום הגולן הושרו בחורף 2012-2013 באמצעות שילוב של מסכים תרמיים ומערפלים ששה משטרי צבירת קור. בקרקע של ארבע מהמנהרות הוטמנו עציצי 10 ליטר שמולאו בקרקע מקומית ובהם נשתלו צמחים מהזן *'Sarah Bernhardt'*. עציצים נוספים הוכנסו למקררים וקוררו באופן רציף ל – 2^0C, 6^0C, 10^0C, 20^0C. אחת לשבוע הועברו ששה עציצים מכל טיפול לחממה מבוקרת. המנהרות בקרקע כוסו בפוליאתילן במועדים שונים. טמפרטורות האוויר והקרקע בעומק של 5 ו – 20 ס"מ נמדדו ונאגרו בכל 10 דקות בכל ששת משטרי הקרור. עם ההתעוררות בחממה נמדדו ביצועי הצמחים אחת לשבוע. הוכן מסד נתונים המכיל את טמפרטורות האוויר והקרקע מאוקטובר 2012 עד למרץ 2013. טווח הטמפרטורות חולק ל – 13 מקטעים וחושבה צבירת שעות הקור לכל מקטע בכל מועד מבוקש. הוכן מסד נתונים נוסף המאחד בין הנתונים הצמחיים בכל מועדי המדידה לבין צבירת הקור לכל אחד מ – 2300 הצמחים שהשתתפו בניסוי.
מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדוח?
נמצא כי בהשפעת קרור רציף ב – 2^0C מתעוררים כ – 30% פקעים יותר מאשר בקרור של 6^0C. קרור ב – 2^0C מעל ל – 80 יום הביא לירידה במספר הפקעים שהתעוררו. שימוש במסכים תרמיים משפר את צבירת הקור.
בעיות שנותרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנותרה לביצוע תוכנית המחקר?
בשנת המחקר הראשונה המחקר התנהל בהתאם לתכנית. ההקף הגדול של הניסוי (כ – 2300 צמחים) והכמות הגגולה של נתוני הטמפרטורה והנתונים הצמחיים שנאגרו תאפשר לעמוד במטרת המחקר העירית והיא לפתח מודל מתמטי-סטטיסטי לניבוי מילוי דרישות הקור של צמחי האדמונית.
הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: פרסומים בכתב - <u>ציטט</u> ביבליוגרפי כמקובל בפרסום מאמר מדעי; פטנטים - יש לציין שם ומס' פטנט; הרצאות וימי עיון - יש לפרט מקום, תאריך, ציטוט ביבליוגרפי של התקציר כמקובל בפרסום מאמר מדעי.
תוצאות שנת הניסוי הראשונה דווחו בכנס מגדלי אדמוניות ארצי בו השתתפו גם מדריכי פרחים, אנשי שיווק פרחים ונציגים מבורסות הפרחים. מאמר בשלבי כתיבה מתקדמים.
פרסום הדוח: אני ממליץ לפרסם את הדוח: (סמן אחת מהאופציות)
➢ ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)
האם בכוונתך להגיש תוכנית המשך בתום תקופת המחקר הנוכחי?
לא הוחלט עדיין