

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

**פיתוח מודל דינמי ואמצעים טכנולוגיים למילוי דרישות הצינור 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,

יולי 2014

תמוז תשע"ה

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

מנשה כהן

רשימת פרסומים – אין פרסומים כתוצאה ממחקר זה

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 מזיחה 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 בפוליאאתילן. הסיכונים והבעיות הללו מחייבים פיתוח כלים למזיחה 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

מטרת העל היא פיתוח מודל מתמטי-סטטיסטי לאפיון מילוי דרישות הקור של זני האדמונית כדוגמה לגיאופיטים דורשי קור; המטרה בשנת המחקר הנוכחית היא לבחון תגובה של שני זני אדמונית למשטרי קרור משתנים על בסיס יומי.

שיטות העבודה

צמחי אדמונית מהזנים 'Sarah Bernhardt' ו- 'Katherine Fonteijn' נשתלו בדליים בנפח 10 ליטר שמולאו בקרקע מקומית של אבני איתן והועברו במחצית אוקטובר 2013 לארבעה משטרי קרור: 2°C למשך כל היממה, 2°C למשך 16 שעות או 8 שעות ושאר היממה ב- 10°C ו- 2°C למשך 16 שעות ולאחריהן 15°C למשך 8 שעות. אחת לשבוע בזן 'Sarah Bernhardt' ואחת לשבועיים ב-'Katherine Fonteijn' הועברו ששה עציצים מכל טיפול לחממה מבוקרת. טמפרטורות האוויר והקרקע בעומק של 5 ו- 20 ס"מ נמדדו ונאגרו בכל 10 דקות בכל ארבעת משטרי הקרור. עם ההתעוררות בחממה נמדדו ביצועי הצמחים אחת לשבוע.

תוצאות עיקריות

הוכן מסד נתונים המכיל את טמפרטורות האוויר והקרקע מאוקטובר 2013 עד למרץ 2014. 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 המזיחה לבין צבירת הקור לכל אחד מ- 650 הצמחים שהשתתפו בניסוי. ניתן לתאר את הקשר בין משך הקרור לגובה הצמחים באמצעות משוואה פרבולית מהמעלה השניה. משך הקרור התורם למקסימום גובה היה דומה בכל הטיפולים ועמד 1500 – 1690 שעות. גובה הצמחים המקסימלי בזן 'Sarah Bernhardt' בטיפול הקור הרציף היה 88 ס"מ. בשני טיפולי הקרור שהכילו 16 שעות ביממה ב- 2°C גובה הצמחים היה 68 ס"מ. תרומת טמפרטורות הקרור הנמוכות, מתחת ל- 5°C , היתה גבוהה יותר כאשר בחלק מהיממה שררו טמפרטורות גבוהות יותר, סביב 15°C . הזן 'Sarah Bernhardt' היה גבוה בכ- 20-25 ס"מ בכל טיפולי הקרור בהשוואה ל-'Katherine Fonteijn'.

מסקנות והמלצות לגבי יישום התוצאות

מודל הקרור הדינמי שהוצע ע"י פישמן-ארז לעצי אפרסק כנראה איננו מתאים לצמחי אדמונית. צבירת הקור באדמונית מתבצעת בשני שלבים לפחות, הראשון והמרכזי דורש טמפרטורות נמוכות, סביב 2°C , לשלב השני מתאים יותר טמפרטורות של 15°C . יש למצות את ניתוח מסדי הנתונים הגדולים שהוקמו. בשנת המחקר הבאה יש לחזור ולבחון את התנהגות צמחי האדמונית בקרקע מקומית ובטמפרטורות טבעיות.

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 בביצוע 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 בפוליאאתילן. 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°C . 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°C 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°C מקבלת אינדקס 1. כל שעה שהטמפרטורה הממוצעת בה בין 7°C ל 10°C מקבלת אינדקס 0.5, כל שעה שהטמפרטורה הממוצעת בה בין 10°C ל 18°C מקבלת אינדקס 0, כל שעה שהטמפרטורה בה מעל ל 18°C 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, ציילה, 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 וגטיביביות 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°C לילה, 16 – 26°C 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 בפוליאתיילן 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 בפוליאטילן 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
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	

צבירת קור בטמפרטורה משתנה על בסיס יומי

המודלים המתמטיים שהוצעו לחישוב דרישת הקור של עצי פרי מניחים שלקרור בטמפרטורה קבועה או בטמפרטורה משתנה על בסיס יומי יש השפעה זהה על שבירת התרדמה. בעבודה שפורסמה בשנת 1985 נבחנה השפעת צבירת קור בטמפרטורת אוויר משתנה על בסיס יומי (16 שעות ב - 5°C ו - 8 שעות ב - 15°C) בהשוואה לקרור בטמפרטורה קבועה (5°C) ולקרור בטמפרטורה טבעית על שבירת התרדמה בשני זני משמש. (Guerriero et al. 1985). נמצא שלצורך

התעוררות הפקעים דרושים פחות ימי קרור בטמפרטורה קבועה (5°C) בהשוואה לטמפרטורה מחזורית משתנה על בסיס יומי ($5/15^{\circ}\text{C}$), אך יעילות הקרור גבוהה יותר במשטר של הטמפרטורות המשתנות.

בשנת המחקר הנוכחית, המדווחת בזה, בדקנו את ההשפעה של קרור במשטרי טמפרטורה משתנים על בסיס יומי על התעוררות צמחי אדמונית שגדלו במיכלים. ההחלטה להקדיש את שנת המחקר השנייה לכיוון הזה נבעה ממספר שיקולים:

- (א) הרצון לאשר או לשלול את ההנחות שעמדו בבסיס מודל הצינון הדינמי שהוצע ע"י אמנון ארז וחובי.
- (ב) מטרת המחקר העיקרית היא לפתח מודל צינן לצמחים הגדלים בקרקע במשטר קרור טבעי בו הטמפרטורה משתנית הן במהלך היממה והן בין הימים. גידול במשטרי טמפרטורה המשתנים לאורך היממה אך ללא שינוי מיום ליום יאפשר להתקרב להבנה של התהליכים המתרחשים בצמח האדמונית הגדל בתנאי טמפרטורה טבעיים.
- (ג) בדיקת ההשערה על פיה מנגנון צבירת הקור בצמח האדמונית, כמו בשאר הצמחים הנכנסים לתרדמת חורף וזקוקים לצבירת קור לצורך שבירת התרדמה, מבוסס על תהליך דו שלבי. ע"פ השערת המחקר, בשעות הקרות של היממה מתרחשת סינתיזה של מטבוליטים או הורמונים הקשורים לצבירת הקור ובשעות החמות (יחסית) של היממה מתבצעת נדידה של המטבוליטים לאתר האגירה. מאחר והנדידה כרוכה במעבר דרך קרומי התא, יתכן וטמפרטורות גבוהות יחסית יעודדו את אגירת הקור. מכיוון שהצמחים צוברי הקור הותאמו במהלך האבולוציה לעבור את העונה הקשה, יתכן וההתאמה קשורה לשינויי הטמפרטורה היומיים בין יום ללילה. ע"פ ההשערה הזו, יתכן ומשטר טמפרטורת משתנה יהיה עדיף על משטר של טמפרטורה נמוכה אחידה בהבט של התעוררות וצמיחה לאחר התרדמה.

מטרות המחקר לתקופת הדוח

מטרת העל היא פיתוח מודל מתמטי-סטטיסטי לאפיון מילוי דרישות הקור של זני האדמונית כדוגמה לגיאופיטים דורשי קור; המטרה בשנת המחקר הנוכחית היא לבחון תגובה של שני זני אדמונית למשטרי קרור משתנים על בסיס יומי.

ג. פרוט הניסויים שבוצעו והתוצאות שהתקבלו לתקופת הדו"ח

חומר צמחי

צמחים בעציצים. בדצמבר 2012 נשתלו 400 צמחים מהזן 'Sarah Bernhardt' ו- 200 צמחים מהזן 'Katherine Fonteijn' בעציצים בנפח של 10 ליטר שמולאו בקרקע מקומית של אבני איתן. הצמחים גדלו בבית רשת בתחנת הנסיונות באבני איתן עד לתחילת הניסויים באוקטובר 2013.

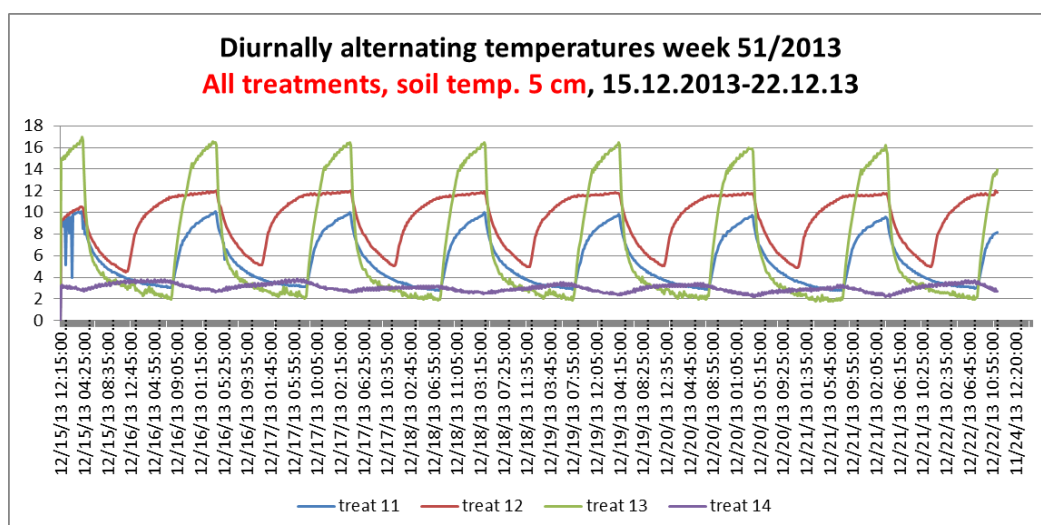
צמחים במנהרות גידול. במרץ 2011 נשתלו שש מנהרות בגודל $12*9$ מטר בקרקע המקומית בתחנת הנסיונות באבני איתן. בכל אחת מהמנהרות נשתלו 120 צמחים מהזן 'Duchesse de Nemours' ו- 120 צמחים מהזן 'Sarah Bernhardt'. הצמחים נשתלו ב- 10 חלקות לזן בקבוצות של 12 צמחים שפוזרו במנהרה. מאחר ובשנת הניסויים הקודמת הושרה בכל אחת מהמנהרות משטר קרור שונה שגרם להפרשים ניכרים בגודל הצמחים הוחלט שבשנת הניסויים הנוכחית ישרור בכל המנהרות משטר קרור טבעי, על מנת ל"אפס" את הצמחים.

טיפול קרור

ב- 13/10/2013 הועברו כ- 400 עציצים מהזן 'Sarah Bernhardt' ו- 200 צמחים מהזן 'Katherine Fonteijn' לארבעה מקררים (כ- 100 ו- 50 עציצים למקרר בהתאמה). בכל אחד מהמקררים שרר משטר טמפרטורות משתנה על בסיס יומי (טבלה 2, איור 1). אחת לשבוע במשך 16 שבועות החל מה- 27/10/2013 ועד 9/2/2013 הועברו ששה עציצים מהטיפולים 1 - 4 לחממה המבוקרת. אחת לשבועיים החל מ- 27/10/2013 ועד 9/2/2013 הועברו לחממה המבוקרת ששה עציצים מהטיפולים 5 - 8 (סה"כ 8 העברות).

טבלה 2. משטרי קרור בטמפרטורה משתנה על בסיס יומי, אבני איתן, 2014.
קיצורים: 'Katherine Fonteijn' – KF ; 'Sarah Bernhardt' –SB

מס. טיפול	זן	מס. שעות ב- 2°C	מס. שעות ב- 10°C	מס. שעות ב- 15°C
1	SB	16	8	
2	SB	8	16	
3	SB	16		8
4	SB	24		
5	KF	16	8	
6	KF	8	16	
7	KF	16		8
8	KF	24		



איור 1. טמפרטורת קרקע בעומק 5 ס"מ בארבעה משטרי טמפרטורות קרור בשבוע מייצג, 15/12/2013 – 22/12/2013.

מדדות

מדדת טמפרטורה. בכל אחד מארבעת חדרי הקרור הוצבה תחנה למדידת טמפרטורה. התחנה כללה אוגר טמפרטורות מדגם HOBO U12-006 וארבעה רגשי טמפרטורה שמוקמו באויר, ובקרקע העציץ 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>

מדדות צמחיות. עם התערורות הצמחים מהתדרמה בוצעו מדדות 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. בכל הניסוי השתתפו כ- 600 צמחים.

תוצאות

א. ארגון הנתונים

טמפרטורות. המעבר מטמפרטורה נמוכה לגבוהה ולהפך, בשלושת משטרי הטמפרטורה המשתנה על בסיס יומי, היה הדרגתי וכלל שהות של הצמחים בטמפרטורות ביניים. (איור 1). הוכן בסיס נתונים שמכיל את קריאות הטמפרטורה ב- 16 הסנסורים בכל 10 דקות מה- 20/10/2013 ועד 9/2/2014. בסיס הנתונים מכיל כ- 16,000 שורות. טווח הטמפרטורות הכולל חולק ל- 13 מקטעים במרווחים של 2°C (טבלה 3).

טבלה 3. שדות טווח טמפרטורות.

קוד טווח טמפרטורה	הגדרה
T51	טמפרטורה בעומק 5 ס"מ בטווח: $-3\text{ C} <$
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 לחממה. בסיס הנתונים נבנה כך שבאפשרותנו לחשב את מספר שעות הטמפרטורה שנצברו החל מ – 20/10/2013 ועד לכל מועד רצוי. **נתוני פנולוגיה.** נתוני המדידות הצמחיות שנאספו אחת לשבוע ממועד ההתעוררות בחממה של קבוצות העציצים השונות רוכזו בטבלה אחת. בטבלה זו שולבו נתוני צבירת הטמפרטורות של כל אחד מהטיפולים ומועדי ההעברה לחממה. טבלה זו המכילה כ – 6,400 שורות מרכזת את הנתונים הפנולוגיים בכל מועדי התצפיות יחד עם נתוני צבירת הטמפרטורות לכל טיפול.

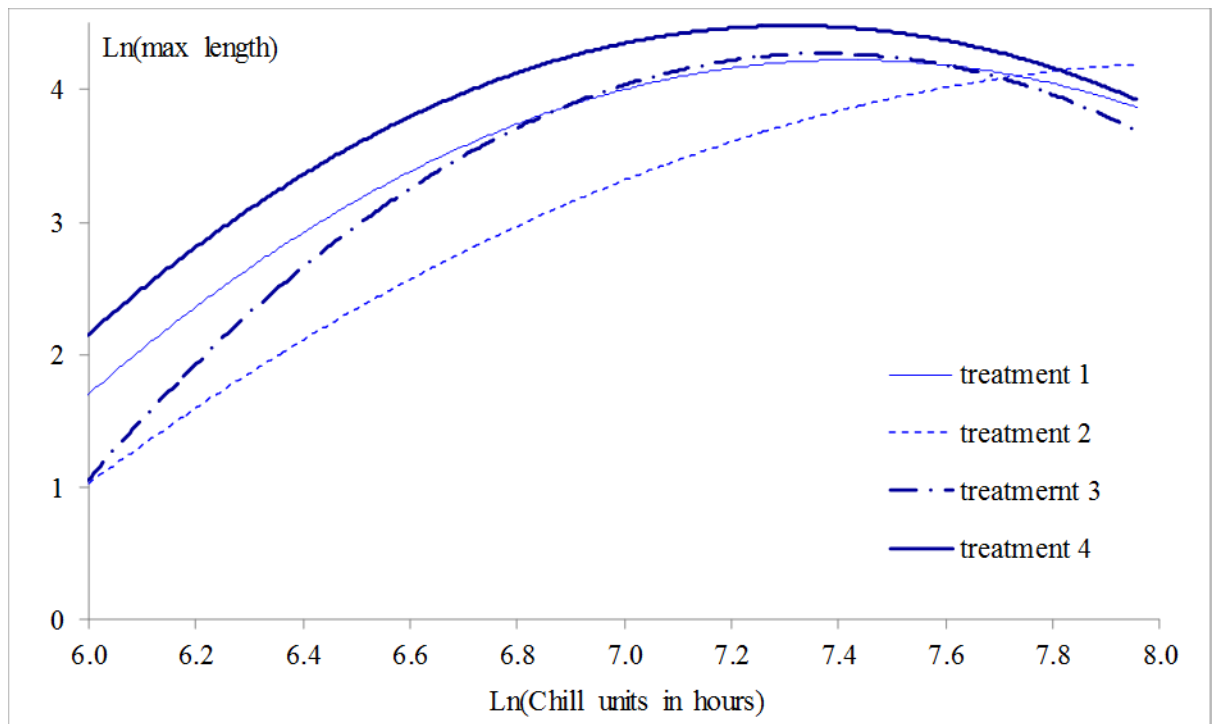
ב. השפעת טיפולי הקרור

ב.1. גובה הצמחים

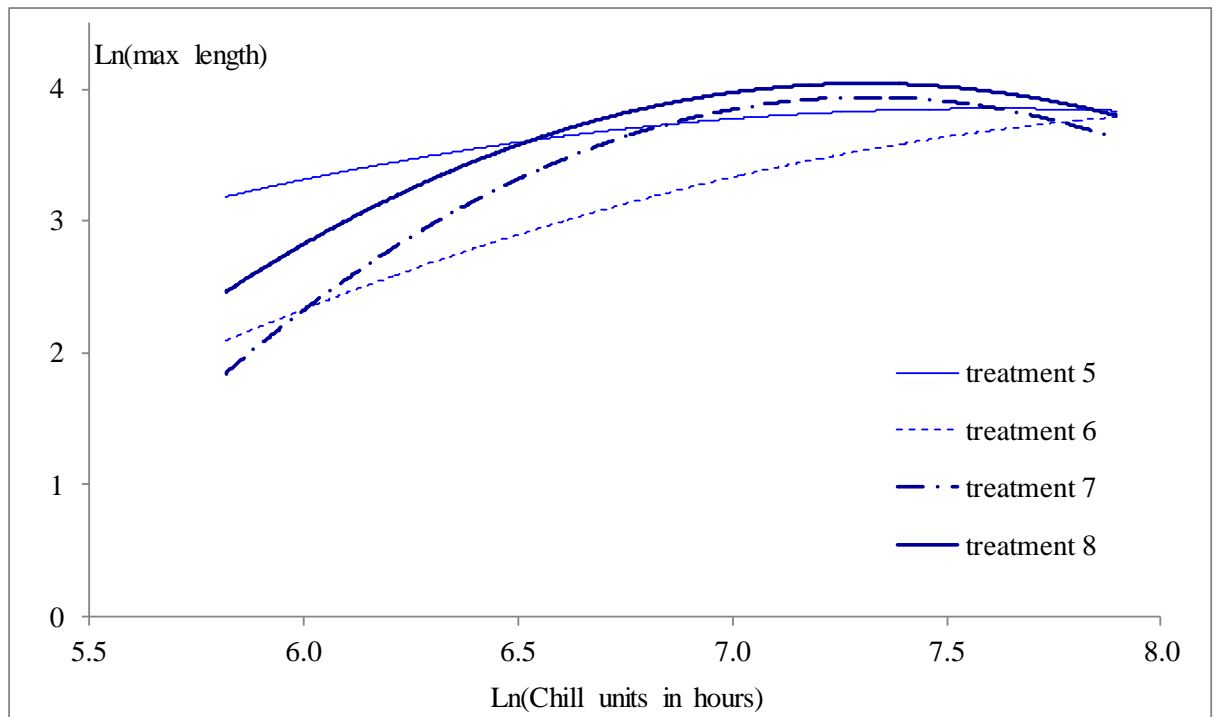
ניתוח גובה הצמחים בוצע על צמחים משני זנים שגדלו במיכלים בארבעה משטרי טמפרטורה (טבלה 2). על סמך תוצאות שנה א' של הניסוי, בה הוכחה ההנחה שקרור ארוך מדי גורם לפחיתה בגובה המקסימלי של הצמחים, נבדקה גם השנה התאמת פונקציה פרבולית בעלת נקודת מקסימום. בוצע מודל רגרסיה של פונקציה מהמעלה השניה בו משך השהות של הצמחים בחדר הקרור שימש כגורם מסביר. כגורם מוסבר שימש גובה הצמח המקסימלי אליו הגיעה כל קבוצת צמחים שהועברה לחממה. כל המשתנים מבוטאים ע"י הערך של לוגריתם הטבעי שלהם (Ln) על מנת להקטין את ההשפעה של הסטיות מהממוצע.

ב.1.א. רגרסיה מהמעלה השניה לגובה מקסימלי ממוצע

הקשר בין משך הקרור בארבעת המשטרים (טבלה 2) לבין הגובה המקסימלי של הצמחים ניתן לביטוי באמצעות פונקציה מהמעלה השניה (איורים 2, 3). בטיפולים 2 ו – 6 בהם משך הקרור ב 2°C היה 8 שעות ליממה בלבד משך הקרור שנדרש על מנת להגיע לגובה מקסימלי היה ארוך באופן קיצוני ועל כן לא כללנו את הטיפולים הללו בהמשך הניתוח. בשאר ששת הטיפולים, (1, 3 ו – 4 בזן 'Sarah Bernhardt', 5, 7 ו – 8 בזן 'Katherine Fonteijn') משך הזמן שנדרש על מנת להגיע לגובה המקסימלי היה דומה, 62 – 69 יום (טבלה 4). הגובה המקסימלי אליו הגיעו הצמחים היה בטיפולי הקרור הרצוף ב – 2°C (טיפולים 4 ו – 8) ועמד על 88 ו – 57 ס"מ בזנים 'Sarah Bernhardt' ו – 'Katherine Fonteijn' בהתאמה. שניים בגובהם היו צמחי הטיפול שכלל 16 שעות קרור יומיות ב – 2°C ו – 8 שעות ב – 15°C (טיפולים 3 ו – 7). גובה הצמחים בטיפולים אלו היה 72 ו – 51 ס"מ בהתאמה. טיפולים 1 – ו – 5 בהם טמפרטורת הקרור הגבוהה היתה 10°C במשך 8 שעות ביממה הניבו את הגובה הנמוך ביותר – 68 ו – 49 ס"מ בהתאמה.



איור 2. השפעת משך הטיפול בארבעה משטרי קרור (טבלה 2) על הגובה המקסימלי (L^*) של צמחי אדמונית מהזן 'Sarah Bernhardt' השתולים במיכלים.



איור 3. השפעת משך הטיפול בארבעה משטרי קרור (טבלה 2) על הגובה המקסימלי (L^*) של צמחי אדמונית מהזן 'Katherine Fonteijn' השתולים במיכלים.

טבלה 4. גובה צמח מקסימלי, משך הקרור, מקדמי המשוואה הפרבולית ומקדם המתאם בזנים 'Sarah Bernhardt' ו- 'Katherine Fonteijn' שנחשפו לארבעה משטרי קרור (ע"פ טבלה 2).

$y=ax^2+bx+c$									
מקדמי המשוואה הפרבולית									
R^2	c	b	a	ימי קרור	שעות קור	משך זמן קרור	גובה	גובה	טיפול
				במקסימום גובה	במקס. גובה	במקסימום גובה (Ln)	מקסימלי (ס"מ)	מקסימלי (Ln)	
0.6659	-64.42	18.49	-1.2459	69.8	1674	7.42	68.4	4.18	1
0.531	-42.178	11.411	-0.7016	141.7	3401	8.13	67.8	4.22	2
0.5425	-88.253	25.097	-1.7019	66.4	1593	7.37	72	4.27	3
0.575	-67.608	19.715	-1.3478	62.5	1500	7.31	88	4.49	4
0.419	-25.44	7.9217	-0.5346	68.7	1649	7.41	49	3.91	5
0.5196	-14.506	4.3554	-0.2581	192.1	4610	8.44	48	3.87	6
0.7058	-45.921	13.63	-0.9315	62.7	1504	7.32	51	3.94	7
0.5119	-33.831	10.361	-0.7086	62.4	1497	7.31	57	4.04	8

ב.1.ב. "יעילות" הקרור

במטרה להשוות את התרומה היחסית של משטרי הקרור לגובה הצמח חושבו שני מדדים :

א. **שעות שהיה במקרר/ס"מ**: מדד זה מתאר את משך זמן שהיה במקרר בתקופת התרדמה שנדרש לצורך יצור ממוצע של של 1 ס"מ גובה בתקופת ההתעוררות לאחר ההעברה לחממה. המדד חושב ע"פ נתוני צמחים מהזן 'Katherine Sarah Bernhardt' שהגיעו לאורך אחיד של 68.4 ס"מ בטיפולים 1, 3 ו- 4 ולצמחים מהזן 'Katherine Fonteijn' שהגיעו לאורך 49 ס"מ בטיפולים 5, 7 ו- 8. (האורך שנבחר להשוואה הוא האורך המקסימלי אליו הגיעו צמחי 'Sarah Bernhardt' ו- 'Katherine Fonteijn' בטיפולים 1 ו- 5 בהתאמה). לצורך החישוב נעשה שימוש בנוסחאות המשוואה הפרבולית הקושרות בין גובה הצמחים למשך הקרור. מהמשוואות חולץ משך שהיה במקרר המתאים לאורך הצמח המבוקש (68.4 ו- 49 ס"מ ב- 'Sarah Bernhardt' ו- 'Katherine Fonteijn' בהתאמה). משך הזמן הזה חולק באורך הצמח המתאים (טבלה 5).

ב. **שעות מתחת ל- 5°C/ס"מ**: מדד זה מתאר את מספר שעות הקרור מתחת ל- 5°C בתקופת התרדמה שנדרשו לצורך יצור של 1 ס"מ גובה בתקופת ההתעוררות והגידול בחממה. ראשית חושב משך שהיה במקרר המתאים לאורך הצמח המבוקש, כפי שנעשה בחישוב המדד הקודם. לאחר מכן נעשה שימוש בבסיס הנתונים וחושבו מס. השעות בהן שררה במקרר בפרק הזמן הזה טמפרטורה של מתחת ל- 5°C. מס. השעות מתחת ל- 5°C חולקו בגובה הצמח הרלבנטי לקבלת המדד. (טבלה 5).

טבלה 5. מדד "משך שהיה במקרר/ס"מ" ו"שעות מתחת ל- 5°C/ס"מ" והנתונים לחישובם בשני זני אדמונית ששהו בשלושה משטרי קרור. קיצורים: 'Sarah Bernhardt' -SB; 'Katherine Fonteijn' -KF

זן	טיפול	גובה (ס"מ)	משך שהיה במקרר (שבוע)	שעות טמפ. מתחת ל- 5°C	שעות שהיה במקרר/ס"מ	שעות מתחת ל- 5°C/ס"מ
SB	1	68.40	9.96	863.02	24.47	12.62
SB	3	68.40	8.04	454.16	19.74	6.64
SB	4	68.40	5.74	946.00	14.11	13.83
KF	5	49.00	8.54	990.83	29.27	20.22
KF	7	49.00	7.08	379.81	24.29	7.75
KF	8	49.00	5.59	920.11	19.16	18.78

דפוס ההתנהגות המדדים דומה בשני הזנים שהשתתפו בניסוי. הזנים 'Sarah Bernhardt' ו- 'Katherine Fonteijn' הגיעו לגובה הרלבנטי (68.4 ו- 49 ס"מ בהתאמה), לאחר 5.74 ו- 5.59 שבועות קרור בהתאמה, שהיה פרק הזמן הקצר

ביותר בניסוי, בטיפולים 4 ו- 8 – טיפולי הקרור הרצוף ב- 2°C . טיפולים 1 ו- 5 היו האיטיים ביותר, 9.96 ו- 8.54 שבועות בהתאמה, ובטיפולים 3 ו- 7 היתה תוצאת ביניים – 8.04 ו- 7.08 שבועות בהתאמה (טבלה 5). באותו סדר התקבלו גם תוצאות החישוב למדד "שעות שהיה במקרר/ס"מ" – הערך הנמוך ביותר התקבל במשטר הקרור הרצוף ב- 2°C (טיפולים 4 ו- 8), הגבוה ביותר לטיפולים 1 ו- 5 ששילבו קרור ב- 2°C ו- 10°C , ותוצאת ביניים התקבלה במשטר ששילב קרור ב- 2°C ו- 15°C (טיפולים 3 ו- 7).

התנהגות המדד "שעות מתחת ל- $5^{\circ}\text{C}/\text{ס"מ}$ " אמנם היתה דומה בשני הזנים, אך השוואה בין הטיפולים בכל אחד מהזנים מדגימה התנהגות שונה מאשר במדד הקודם. באופן בולט המדד הנמוך ביותר הופיע בטיפולים 3 ו- 7 – ששילבו קרור ב- 2°C ו- 15°C – 6.64 ו- 7.75 בהתאמה. בשני זוגות הטיפולים האחרים – 1-5, ו- 4-8 מדד זה היה לפחות בעל ערך כפול (טבלה 5).

נקודה נוספת הראויה לציון היא שערכי שני המדדים שחושבו גבוהים ב- 17 – 60 אחוז בזן 'Katherine Fonteijn' בהשוואה ל- 'Sarah Bernhardt' בכל משטרי הקרור.

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 בשנתו הראשונה והשניה, המדווחת בזה, הביא לצבירה של מאות אלפי נתונים של טמפרטורות אויר בסביבת הצמח 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.

בשנת הניסוי הראשונה הצמחים הועברו לקרור ב- 14/10/2012 ונבדקה השפעת משך הקרור בטמפרטורות קבועות 2°C , 6°C , 10°C , 20°C . אחד הממצאים העיקריים היה שניתן לתאר את התלות בין משך הקרור לבין הגובה המקסימלי של הצמחים בטמפרטורות קרור של 2°C ו- 6°C באמצעות פונקציה פרבולית מהמעלה השניה. משך הקרור שנדרש להשגת גובה מקסימלי היה כ- 82 יום בשתי טמפרטורות הקרור אך הגובה המקסימלי שהושג היה נמוך בכ- 27% בקרור של 6°C בהשוואה לקרור ב- 2°C .

בשנת הניסוי השניה הצמחים שהו במשטר קרור בטמפרטורה קבועה של 2°C , כטיפול ביקורת הזהה לטיפול המצטיין בשנת המחקר הקודמת, וכן הושרו שלושה משטרי קרור נוספים בטמפרטורות משתנות על בסיס יומי (טבלה 2). בשתי השנים השתמשנו בזן הנפוץ 'Sarah Bernhardt' ובשנת המחקר השניה נוסף גם הזן 'Katherine Fonteijn' המשמש אותנו בשנים האחרונות לפיתוח אדמוניות בעציצים.

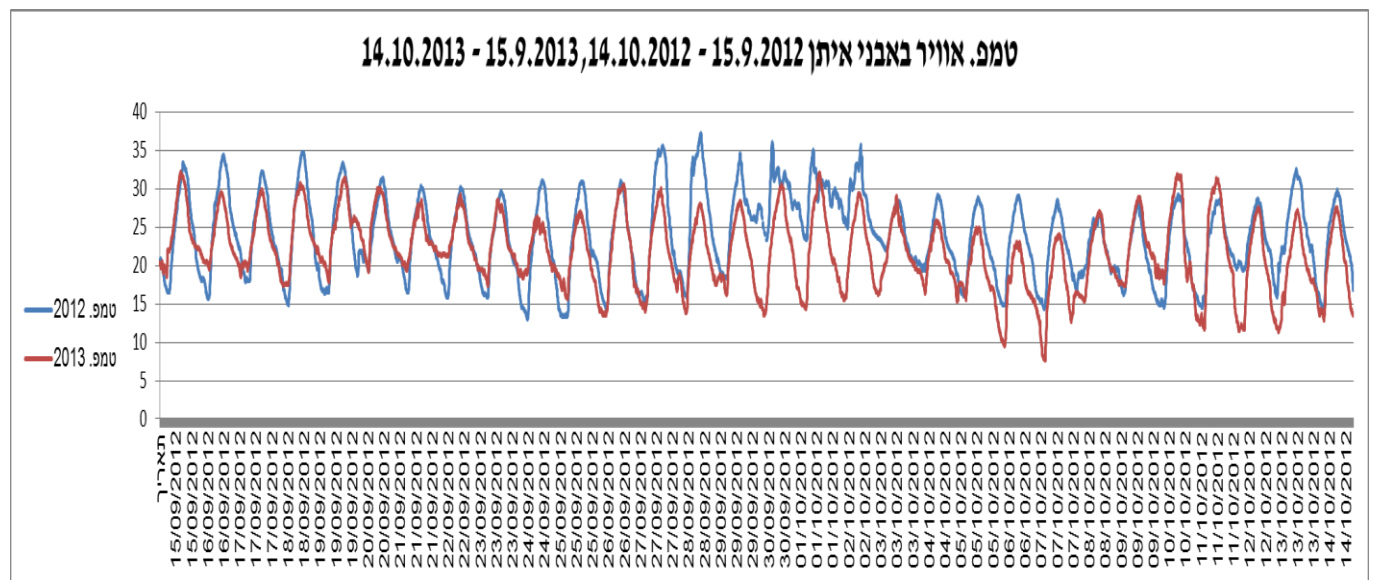
בשתי שנות המחקר השתמשנו בצמחים שנשתלו בשנה שקדמה לשנת המחקר ובגודל שתילים זהה. הצמחים בשתי שנות המחקר היו, איפוא, בעלי גיל פיזיולוגי זהה. בשנת הניסויים השניה הצמחים הועברו לקרור בתאריך 13/10/2013, זהה כמעט לחלוטין למועד ההעברה לקרור בשנת המחקר הראשונה (14/10/2012). מסקנות:

א. המשטר שהכיל קור מועט, טיפולים 2 ו- 6 (2°C למשך 8 שעות ביממה בלבד ו- 10°C בשאר היממה) הגיב באיטיות רבה ועל כן מסקנות המחקר תקפות לשלושה משטרי קרור.

ב. גם בשנת המחקר הנוכחית נמצא שהתלות בין משך הקרור לבין גובה הצמחים ניתנת לתאור באמצעות פונקציה פרבולית מהמעלה השנייה. תוצאה זו מאששת את הממצא משנת הניסוי הקודמת כי קיימת צבירת קור אופטימלית שמעבר לה מסתמנת כבר ירידה של ביצועי הצמח לאחר ההתעוררות.

ג. משך הקרור האופטימלי, שנדרש להגעה לאורך צמח מקסימלי, היה דומה בשלוש הטיפולים הרלבנטיים והיה 1500 – 1690 שעות קור. התנהגות דומה נצפתה גם בשנת המחקר הקודמת, בה בשני טיפול הקרור הרלבנטיים (טמפרטורות קבועות של 2°C ו- 6°C) נמצא משך קרור אופטימלי זהה, 1959 ו- 1987 שעות בהתאמה. עובדה זו מאפשרת לשער כי מנגנון צבירת הקור בצמח האדמונית מכיל אלמנט של ספירת זמן. אופטימום צבירת הקור הגיע במועד זהה בכל אחת משתי שנות המחקר כמעט ללא תלות בכמות הקור שנצברה.

ד. יחד עם מסקנה זו, בשנת המחקר השנייה אופטימום צבירת הקור היה קצר בכ- 400 שעות (כ- 17 יום) בהשוואה לשנת המחקר הקודמת. אמנם הצמחים הועברו לקרור בתאריך זהה בשתי שנות המחקר (13 או 14 באוקטובר) ואנו התחלנו את ספירת ימי הקרור בתאריך זה, אך הצמחים כנראה היו במצב פיזיולוגי שונה. אחת הסיבות האפשריות להבדל במצב הפיזיולוגי של הצמחים היא שהחודש שקדם להכנסה לקרור היה קר יותר בשנת 2013. טמפרטורות היום בחודש שקדם להכנסה לקרור וטמפרטורות הלילה ב- 16 הימים שקדמו להכנסה לקרור היו נמוכות בשנת 2013 בהשוואה לשנת 2012 (איור 4). בימים מסוימים הגיע ההפרש בין השנים מעל ל- 10°C .



איור 4. טמפרטורת אוויר באבני איתן ממחצית ספטמבר עד מחצית אוקטובר בשנים 2012 ו- 2013.

ה. טיפול הקור הרציף ב- 2°C הביא לצמחים באורך הגבוה ביותר בשני הזנים ובכל טיפולי הניסוי. בטיפול זה נמצא ש- 13.83 שעות קרור בזן 'Sarah Bernhardt' אקוילנטיות להתארכות של 1 ס"מ. כאשר בודקים את תרומת הטמפרטורות הנמוכות בלבד להתארכות נמצא ערך דומה - 12.62 - לטיפול שכלל, בנוסף ל- 16 שעות יומיות ב- 2°C , 8 שעות ב- 10°C . כאשר שונתה הטמפרטורה הגבוהה של הקרור ל- 15°C בכל יום, ירד המדד ב- 50% ועמד על 6.64 שעות בטמפרטורה נמוכה מ- 5°C ש"הניבו" התארכות של 1 ס"מ בממוצע (טבלה 5). ממצא זה מאפשר להעלות, בזהירות, שתי תובנות:

1) המודל הדינמי של פישמן ארז (Fishman et al., 1987a, 1987b) שפותח עבור עצי אפרסק, איננו מתאים לאדמונית. ע"פ מודל זה טמפרטורות גבוהות גורמות לפחיתה של צבירת פקטור הביניים בשלב הראשון ועל כן טמפרטורות גבוהות פוגמות ביעילות הצבירה. תוצאות הניסוי המובאות כאן מראות שכאשר בחלק מהיממה יש עליית טמפרטורה עד ל- 10°C תרומת הטמפרטורות הנמוכות איננה משתנה, אך כאשר הטמפרטורות עולות עד ל- 15°C מסתמנת עליה בתרומת הטמפרטורות הנמוכות המתבטאת בכך שדרושות

פחות שעות קור בטמפרטורה נמוכה על מנת להביא לאותו הקף בצימוח. בצמח האדמונית, איפוא, נראה שלטמפרטורות מתונות בחלק מהיממה יש השפעה חיובית על הצבירה.

(2) צבירת הקור הכוללת מורכבת ככל הנראה מיותר משלב אחד. הראשון והמרכזי דורש טמפרטורות נמוכות, סביב 2°C , לשלב השני מתאים יותר טמפרטורות של כ- 15°C . יש, כמובן, לבחון את המסקנה הזו בניסויים נוספים.

1. המעבר מטמפרטורה נמוכה לטמפרטורה גבוהה ולהפך במשטרי הקרור המשתנים היה הדרגתי ונפרס על פני כשעתיים לכל כיוון (איור 1). התנהגות טמפרטורה כזו דומה להשתנות הטמפרטורה היומית המתרחשת באופן טבעי בשטחי אדמוניות הגדלים בקרקע. תוצאות הניסויים בשתי שנות המחקר הראשונות מצביעות על כך שפיתוח מודל לניבוי מילוי דרישות הקור של אדמונית הגדלה בקרקע יצטרך להתבסס על מספר פרמטרים: (1) תרומת הטמפרטורות הנמוכות לצבירה, כאשר יהיה צורך לתת משקל לתוספת היעילות של הצבירה בנוכחות טמפרטורות גבוהות יותר במהלך היממה; (2) חישוב צבירה יחודי, תלוי זן. בעבודה הנוכחית מצאנו יעילות צבירה שונה בין שני הזנים שנבחנו (טבלה 5); (3) המצב הפיזיולוגי של הצמחים בתחילת צבירת הקור שמושפע, כנראה, מטמפרטורות הסתיו.

ה. פרסומים

מאמר אחד התקבל לפרסום, שני מאמרים בשלבים שונים של כתיבה.

רשימת ספרות

זיו גל, 2007, חיפוי קרקע בפוליאאתילן 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 Lacoite, A. (2010). Optimization of endodormancy release models, using series 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 dormancy 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

- Guerriero R., Indiofine S.E.P., and Scalabelli G. (1985). The effect of cyclic and constant temperatures in fulfilling the chilling requirement of two apricot cultivars. *ACTA Horticulturae* 192, 41-48.
- 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.
מטרת העל היא פיתוח מודל מתמטי-סטטיסטי לאפיון מילוי דרישות הקור של זני האדמונית כדוגמה לגיאופיזיקים דורשי קור; המטרה בשנת המחקר הנוכחית היא לבחון תגובה של שני זני אדמונית למשטרי קרור משתנים על בסיס יומי.
עיקרי הניסויים והתוצאות.
צמחי אדמונית מהזנים 'Sarah Bernhardt' ו-'Katherine Fonteijn' נשתלו בדליים בנפח 10 ליטר שמולאו בקרקע מקומית של אבני איתן והועברו במחצית אוקטובר 2013 לארבעה משטרי קרור: 2°C למשך כל היממה, 2°C למשך 16 שעות או 8 שעות ושאר היממה ב- 10°C ; ו- 2°C למשך 16 שעות ולאחריהן 15°C למשך 8 שעות. אחת לשבוע בזן 'Sarah Bernhardt' ואחת לשבועיים ב-'Katherine Fonteijn' הועברו ששה עציצים מכל טיפול לחממה מבוקרת. טמפרטורות האוויר והקרקע בעומק של 5 ו- 20 ס"מ נמדדו ונאגרו בכל 10 דקות בכל ארבעת משטרי הקרור. עם ההתעוררות בחממה נמדדו ביצועי הצמחים אחת לשבוע. הוכן מסד נתונים המכיל את טמפרטורות האוויר והקרקע מאוקטובר 2013 עד למרץ 2014. 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- 650 הצמחים שהשתתפו בניסוי. ניתן לתאר את הקשר בין משך הקרור לגובה הצמחים באמצעות משוואה פרבולית מהמעלה השניה. משך הקרור התורם למקסימום גובה היה דומה בכל הטיפולים ועמד 1500 – 1690 שעות. גובה הצמחים המקסימלי בזן 'Sarah Bernhardt' בטיפול הקור הרציף היה 88 ס"מ. בשני טיפולי הקרור שהכילו 16 שעות ביממה ב- 2°C גובה הצמחים היה 68 ס"מ. תרומת טמפרטורות הקרור הנמוכות, מתחת ל- 5°C , היתה גבוהה יותר כאשר בחלק מהיממה שררו טמפרטורות גבוהות יותר, סביב 15°C . הזן 'Sarah Bernhardt' היה גבוה בכ- 20-25 ס"מ בכל טיפולי הקרור בהשוואה ל-'Katherine Fonteijn'.
מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדוח?
מודל הקרור הדינמי שהוצע ע"י פישמן-ארוז לעצי אפרסק כנראה איננו מתאים לצמחי אדמונית. צבירת הקור באדמונית מתבצעת בשני שלבים לפחות, הראשון והמרכזי דורש טמפרטורות נמוכות, סביב 2°C , לשלב השני מתאים יותר טמפרטורות של 15°C . תובנות אלו מקדמות אותנו להשגת מטרת המחקר העליונה.
בעיות שנתרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנתרה לביצוע תוכנית המחקר?
יש למצות את ניתוח מסדי הנתונים הגדולים שהוקמו. בשנת המחקר הבאה יש לחזור ולבחון את התנהגות צמחי האדמונית בקרקע מקומית ובטמפרטורות טבעיות.
הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: פרסומים בכתב - ציטט 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. תוצאות שנת המחקר הנוכחית ידווחו בכנס מגדלים נוסף. מאמר אחד התקבל לפרסום ושני מאמרים נוספים בשלבי כתיבה שונים.
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

משרד החקלאות - דו"ח לתוכניות מחקר לקרן המדען הראשי

קוד זיהוי	א. נושא המחקר (בעברית)
596-0452-14	פיתוח מודל דינמי ואמצעים טכנולוגיים למילוי דרישות הצינון והקדמת הפריחה באדמונית השתולה בקרקע כמודל לגיאופיזיקאים נוספים.

ג. כללי		ב. צוות החוקרים		
מוסד מחקר של החוקר הראשי		שם פרטי	שם משפחה	שם מלא
מועצה אזורית גליל עליון, מו"פ צפון		מנשה	כהן	חוקר ראשי
תאריכים		חוקרים משניים		
סוג הדו"ח	תקופת המחקר עבורה מוגש הדו"ח	1		
מסכם	תאריך משלוח הדו"ח למקורות המימון	2		
	שנה/חודש סיום	3		
	שנה/חודש התחלה	5		
	שנה/חודש	6		
	06 / 2015			
	06 / 2015			
	06 / 2012			

ד. מקורות מימון עבורם מיועד הדו"ח	
שם מקור המימון	קוד מקור מימון
קרן מדען ראשי, מש' החקלאות	150,000
סכום שאושר למחקר בשנת תיקצוב הדו"ח בשקלים	

ה. תקציר שים לב - על התקציר להיכתב בעברית לפי סעיף ה' שבהנחיות לכתובת דיווחים

הצגת הבעיה
 כ - 400 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 בפוליאאתילן. 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
 מטרת העל היא פיתוח מודל מתמטי-סטטיסטי לאפיון מילוי דרישות הקור של זני האדמונית כדוגמה לגיאופיזיקאים דורשי קור; המטרה בשנת המחקר הנוכחית היא לבחון תגובה של שני זני אדמונית למשטרי קורר משתנים על בסיס יומי.

שיטות העבודה
 צמחי אדמונית מהזנים 'Sarah Bernhardt' ו- 'Katherine Fonteijn' נשתלו בדליים בנפח 10 ליטר שמולאו בקרקע מקומית של אבני איתן והועברו במחצית אוקטובר 2013 לארבעה משטרי קרור: 2°C למשך כל היממה, 2°C למשך 16 שעות או 8 שעות ושאר היממה ב- 10°C ו- 2°C למשך 16 שעות ולאחריהן 15°C למשך 8 שעות. אחת לשבוע בזן 'Sarah Bernhardt' ואחת לשבועיים ב-'Katherine Fonteijn' הועברו ששה עציצים מכל טיפול לחממה מבוקרת. טמפרטורות האוויר והקרקע בעומק של 5 ו- 20 ס"מ נמדדו ונאגרו בכל 10 דקות בכל ארבעת משטרי הקרור. עם ההתעוררות בחממה נמדדו ביצועי הצמחים אחת לשבוע.

תוצאות עיקריות
 הוכן מסד נתונים המכיל את טמפרטורות האוויר והקרקע מאוקטובר 2013 עד למרץ 2014. 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- 650 הצמחים שהשתתפו בניסוי. ניתן לתאר את הקשר בין משך הקרור לגובה הצמחים באמצעות משוואה פרבולית מהמעלה השנייה. משך הקרור התורם למקסימום גובה היה דומה בכל הטיפולים ועמד 1500 - 1690 שעות. גובה הצמחים המקסימלי בזן 'Sarah Bernhardt' בטיפול הקור הרציף היה 88 ס"מ. בשני טיפולי הקרור שהכילו 16 שעות ביממה ב- 2°C גובה הצמחים היה 68 ס"מ. תרומת טמפרטורות הקרור הנמוכות, מתחת ל- 5°C, היתה גבוהה יותר כאשר בחלק מהיממה שררו טמפרטורות גבוהות יותר, סביב 15°C. הזן 'Sarah Bernhardt' היה גבוה בכ- 20-25 ס"מ בכל טיפולי הקרור בהשוואה ל-'Katherine Fonteijn'.

מסקנות והמלצות לגבי יישום התוצאות
 מודל הקרור הדינמי שהוצע ע"י פישמן-ארז לעצי אפרסק כנראה איננו מתאים לצמחי אדמונית. צבירת הקור באדמונית מתבצעת בשני שלבים לפחות, הראשון והמרכזי דורש טמפרטורות נמוכות, סביב 2°C, לשלב השני מתאים יותר טמפרטורות של 15°C. יש למצות את ניתוח מסדי הנתונים הגדולים שהוקמו. בשנת המחקר הבאה יש לחזור ולבחון את התנהגות צמחי האדמונית בקרקע מקומית ובטמפרטורות טבעיות.

ו. אישורים

הנני מאשר שקראתי את ההנחיות להגשת דיווחים לקרן המדען הראשי והדו"ח המצ"ב מוגש לפיהן

30/6/15					
תאריך	רשות	אמרכלות	מנהל המכון	מנהל המחלקה	חוקר ראשי
(שנה) (חודש) (יום)	המחקר	(רשות המחקר)	(פקולטה)		