

# אופטימיזציה של תנאי סביבה בקיץ לשיפור ההתמיינות לפריחה ומניעת הפלות באדמונית דוח סופי לקרן פנימית מיג"ל

החוקר הראשי: מנשה כהן

## תיאור הפרויקט

בזן האדמונית המרכזי ('שרה ברנהרדט') מתרחשות הפלות פרחים בשיעור לא מבוטל, ואנו משערים כי בשלב הגידול הקייצי טמפרטורות המצע באזור האבר התת-קרקעי ("כתר") ובית השורשים גבוהות הרבה מטמפרטורות האופטימום. שטח הפנים הגדול של מיכלי הגידול החשוף לסביבה מחמיר את הבעיה הזו. השערת המחקר היא שהתמיינות תקינה לפריחה של המריסטמות הקודקודיות, והתפתחות תקינה של קודקוד הצמיחה בצמחי אדמונית תלויה בטמפרטורות מתאימות, וטמפרטורות גבוהות מדי לאחר ההתמיינות גורמות להתמיינות פרחים לא תקינה או להפלות של הפרחים.

אנו מפתחים מערכת טכנולוגית חדשנית, השולטת על טמפרטורת בית השורשים של צמחי אדמונית הגדלים בקרקע. מטרת הפיתוח היא ליצר תנאי גידול שיאפשרו להענות לדרישות הפיזיולוגיות של הצמח בכל שלבי הגידול, ויאפשרו, בין השאר, גם שליטה על טמפרטורות בית השורשים בקיץ. בתכנית המדווחת בזה בוצעה בדיקה של תגובת צמחי אדמונית למשטרי טמפרטורה שונים. תשומת לב מיוחדת ניתנה לשיעור הפלות הפרחים, יכול הפרחים ואיכותם. עקב צמצום התקציב בפרויקט שמומן מקרן מיג"ל, נאלצנו לבטל מספר טיפולים וביניהם המעקב על התנהגות הצמחים במערכת הטכנולוגית החדשה, אותה בצענו בתקציב שהתקבל ממאיץ יק"א. הדו"ח הנוכחי מסכם את הפעילות משני מקורות המימון על מנת להתרשם מתגובת הצמחים ממגוון של משטרי אקלים.

## השערת המחקר

התמיינות תקינה לפריחה של המריסטמות הקודקודיות, והתפתחות תקינה של קודקוד הצמיחה בצמחי אדמונית, תלויה בטמפרטורות מתאימות.

טמפרטורות גבוהות מדי לאחר ההתמיינות גורמות להתמיינות פרחים לא-תקינה או להפלות של הפרחים.

## מטרת המחקר

בירור ראשוני של ספי טמפרטורה המשפיעים על התמיינות והפלות פרחים בזן האדמונית 'שרה ברנהרדט', בתנאי גידול טבעיים ומבוקרים.

הגדרת סמן פנולוגי להתמיינות לפריחה.

## תיאור קצר של ביצועי הפרויקט בתקופת הדיווח

צמחי אדמונית מהזן 'שרה ברנהרדט' גדלו בטמפרטורות טבעיות בשלושה אזורים אקלים – חלקה מסחרית בעמק חפר, תחנת פיכמן בצפון רמת הגולן (950 מטר מעל הים) ותחנת אבני איתן בדרום רמת הגולן (400 מטר מעל הים). בנוסף, צמחי אדמונית גדלו במערכת בקרת טמפרטורת קרקע בתחנת אבני איתן.

באמצעות אוגרי טמפרטורה התבצע מעקב רציף על טמפרטורות האוויר בגובה הנוף וטמפרטורות המצע בעומק של 5 ו-20 ס"מ. אחת לכשבועיים, ממצאת יולי 2017 ועד לממצאת נובמבר 2017, התבצע מעקב מורפולוגי ואנטומי באמצעות בינוקולאר על המריסטמות הקודקודיות של ניצני ההתחדשות, שמטרתו לקבוע את המועד בו התחילה ההתמיינות לפריחה ואת קצב התקדמותה, וכן לנסות ולמצוא סמן פנולוגי חיצוני המעיד על תחילת ההתמיינות. בסה"כ נבדקו כ-220 ניצני פריחה.

בוצע קטיף פרחים בשלב קטיף מסחרי, ונקבעו: מועד הפריחה, מספר הפרחים לצמח, גובה הפרחים (ס"מ) וקוטר הגבעול מתחת לפקע הפריחה (מ"מ).

## מהן השיטות שבהן נעשה שימוש בפרויקט?

בכל אחת משתי תחנות הבדיקה הוצבה תחנה למדידת טמפרטורה. התחנה כללה אוגר טמפרטורות מדגם HOB0 U12-006 וארבעה רגשי טמפרטורה שמוקמו באוויר כ- 100 ס"מ מעל הקרקע ובקרקע בעומקים 5 ו- 20 ס"מ. הטמפרטורות נמדדו אחת ל- 10 דקות.

אחת לשבועיים, החל מסוף יוני, הוסרו ניצני גידול ("עיניים") מפני הכתר של צמחי אדמונית הגדלים בדרום הגולן וצפונו. הניצנים נבדקו תחת בינוקולאר מסוג Nikon SMZ 1000 המצויד במצלמת Nikon Digital Sight DS Fi1. את המערכת משרתת תוכנת NIS Elements D 3.2. העלים העוטפים את המריסטמה הקודקודית הוסרו תחת הבינוקולאר עד לחשיפת המריסטמה. שלב ההתמיינות נקבע ע"פ סקאלה המופיעה בטבלה 1.

## המשתתפים בפרויקט ותפקידיהם

1. מנשה כהן – חוקר ראשי
2. רון איתן – טכנאי הניסוי
3. ד"ר הלית רוזן – בדיקות בבינוקולאר

## טבלה 1. שלבי התמיינות של המריסטמה הקודקודית בצמחי אדמונית.

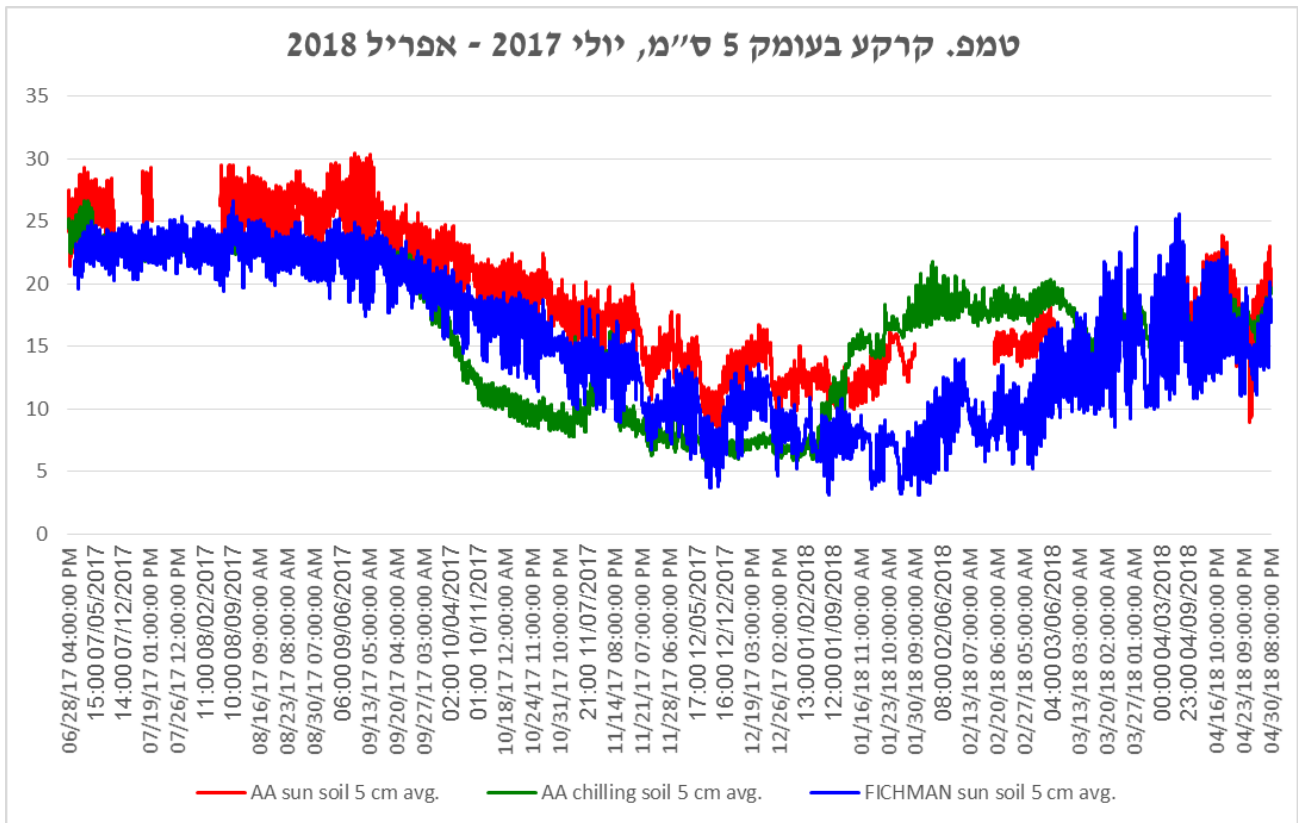
- 0 - שלב וגטיבי
- 1 - שלב רגנרטיבי- תחילת הווצרות דור על גביע חיצוניים ודור על גביע פנימיים
- 2 - תחילת הווצרות עלי כותרת
- 3 - דור אחד של עלי כותרת בפרח המתמין
- 4 - שני דורים של עלי כותרת בפרח המתמין
- 5 - שלושה דורים של עלי כותרת בפרח המתמין
- 6 - ארבעה דורים של עלי כותרת בפרח המתמין
- 7 - חמישה דורים של עלי כותרת בפרח המתמין
- 8 - שישה דורים של עלי כותרת בפרח המתמין
- 9 - בנוסף לאברי הפרח שהוזכרו גם היווצרות אבקנים ועלי כותרת פנימיים קטנים
- 10 - בנוסף גם תחילת הווצרות "הלקטים" בחלק המרכזי של המריסטמה

## תוצאות

### א. מעקב טמפרטורות

תקופה קצרה לאחר תחילת מדידות הטמפרטורה, המגדל מעמק חפר הפסיק את המדידה והעביר את הצמחים לקירור. הדיווח הנוכחי כולל מעקב על הטמפרטורות הטבעיות בתחנת פיכמן ובתחנת אבני איתן, וכן על הטמפרטורות ששררו במערכת המבוקרת באבני איתן. (איור 1).

## טמפ. קרקע בעומק 5 ס"מ, יולי 2017 - אפריל 2018



**אירו 1.** טמפרטורות קרקע בעומק 5 ס"מ בתחנת אבני איתן, בתחנת פיכמן ובמערכת לבקרת טמפרטורות באבני איתן.

**טמפ. קיץ.** מסוף יוני עד מחצית ספטמבר 2017. הטמפרטורה די קבועה בכל אחד ממשטרי הבדיקה. טמפרטורת הקרקע בתחנת פיכמן בין 20 ל-25 מ"צ וטמפרטורת הקרקע הטבעית באבני איתן גבוהה בכ-5 מ"צ. במערכת בקרת הטמפרטורה באבני איתן טמפרטורת הקרקע דומה מאוד לזאת של תחנת פיכמן אם כי במשרעת יום-לילה יותר קטנה. **טמפ. סתיו.** מאופיין בירידה הדרגתית ורציפה של הטמפרטורות עד להתייצבות מסוימת של טמפרטורות החורף הנמוכות. בתחנת פיכמן טמפרטורת הקרקע ירדה אל מתחת ל-10 מ"צ במחצית נובמבר 2017, ובתחנת אבני איתן טמפרטורת הקרקע נשארה מעל 10 מ"צ גם לאחר מכן. טמפ. הקרקע במערכת המבוקרת הורדה באופן יזום בקצב מהיר יותר, כך שכבר במחצית אוקטובר 2017 היא הגיעה מתחת ל-10 מ"צ.

**טמפ. חורף.** טמפרטורות השוררות בתקופת התרדמה. בתחנת אבני איתן, באופן טבעי טמפרטורת הקרקע ירדה רק לעיתים נדירות מתחת ל-10 מ"צ. בתחנת פיכמן טמפרטורת הקרקע הייתה בין 5 ל-10 מ"צ ברוב הזמן בין נובמבר לסוף פברואר. במערכת בקרת טמפרטורת הקרקע הטמפרטורה הייתה בין 5 ל-10 מ"צ עד תחילת ינואר 2018, למעט מס. ימים של תקלה במערכת. לאחר מכן הועלתה הטמפרטורה באופן יזום לשלב הבא.

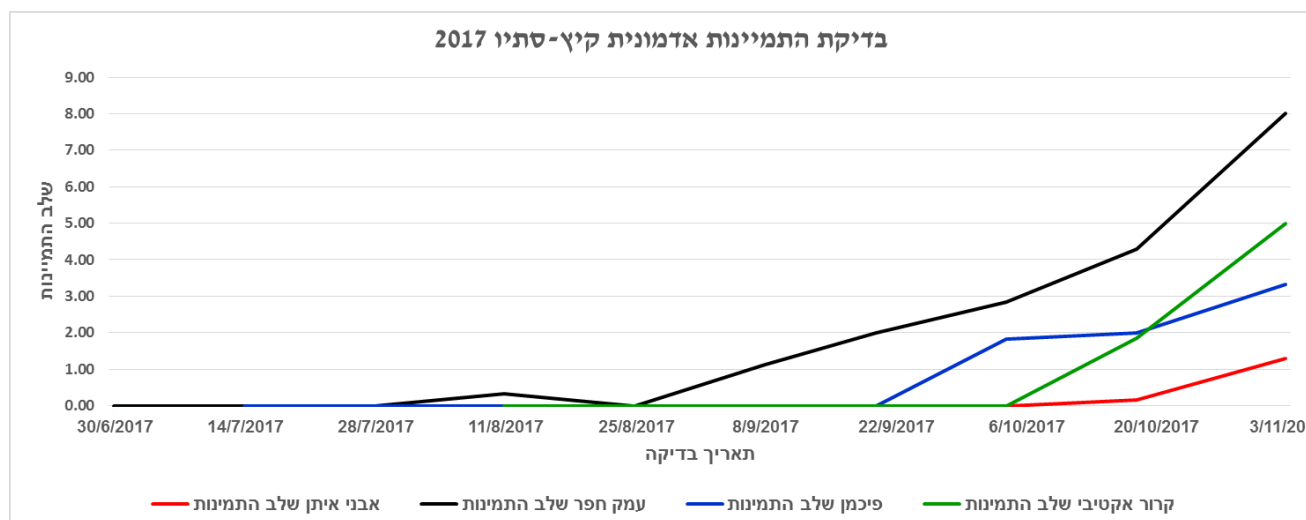
**טמפ. אביב.** בתחנת אבני איתן החלה טמפרטורת הקרקע לעלות באופן טבעי כבר במחצית ינואר 2018 והתייצבה על כ-15 - 17 מ"צ לקראת סוף פברואר. בתחנת פיכמן טמפרטורות הקרקע הקרות המשיכו לשרור עד כמעט סוף פברואר 2018. לאחר מכן החלה עליה הדרגתית והתייצבות בטמפרטורה שבין 15 ל-20 מ"צ בסוף מרץ 2018. במערכת המבוקרת החלה עליה יזומה של טמפרטורת הקרקע מתחילת ינואר 2018 והתייצבות על 17 - 20 מ"צ החלה ב-20 בינואר.

### ב. מעקב התמיינות

בוצעו בדיקות של ניצני גידול ("עיניים") שנלקחו מצמחי אדמונית שגדלו בארבעה משטרי אקלים. (תחנת פיכמן, תחנת אבני איתן בקרקע טבעית, תחנת אבני איתן בקרקע מצוננת באמצעות המערכת הטכנולוגית, ובצמחים שגדלו במיכלים בעמק חפר והועברו לקרור בסוף אוגוסט 2017). הדגימות נלקחו בעשרה מועדים החל מסוף יוני ועד תחילת נובמבר בהפרשים של כשבועיים. הצמחים צולמו ביום לקיחת הדגימות במטרה לברר האם יש מתאם בין המופע

הפנולוגי לבין מצב ההתמיינות. נמדדו אורך ניצני הפריחה ונקבע שלב ההתמיינות באמצעות בדיקה בבינוקולאר בהתאם לסקאלה המופיעה בטבלה 1.

נמצאו הבדלים בשלבי ההתמיינות ובקצב התקדמותה בין אתרי הבדיקה (איור 2, טבלה 2). תחילת ההתמיינות בצמחי עמק חפר נצפתה בתחילת ספטמבר 2017, מיד לאחר ההעברה לקרור ב – 25 לאוגוסט. ההתמיינות התקדמה במקרה והגיעה לדרגה 8 בתחילת נובמבר. בצמחי תחנת פיכמן תחילת ההתמיינות נצפתה בתחילת אוקטובר, התקדמה בקצב איטי והגיעה לדרגה 3.33 בתחילת נובמבר. בשני משטרי האקלים באבני איתן תחילת ההתמיינות היתה ב – 20 באוקטובר אך קצב ההתקדמות היה מהיר באופן בולט בצמחים שגדלו במערכת בקרת הטמפרטורה שהגיעו לדרגה 5 בתחילת נובמבר. במועד זה נצפתה דרגת התמיינות נמוכה – 1.29 - בצמחי אבני איתן שגדלו בטמפרטורה טבעית.



**איור 2.** שלב התמיינות (ע"פ סקאלה המופיעה בטבלה 1) באדמוניות בארבעה משטרי אקלים, סוף יוני – תחילת נובמבר 2017

התארכות הפקעים מקדימה בדרך כלל את ההתמיינות. בצמחי עמק חפר החלה ההתארכות כבר בסוף יולי, למעלה מחודש לפני שנצפתה התחלת ההתמיינות. הפקעים הגיעו לאורך של כ – 40 מ"מ במדידת תחילת נובמבר. צמחי פיכמן החלו להתארך במחצית אוגוסט, כ – 6 שבועות לפני שהחלה ההתמיינות והגיעו לכ – 20 מ"מ בתחילת נובמבר. התארכות כלשהי נרשמה בצמחי אבני איתן החל מ מחצית ספטמבר. בדומה להתקדמות ההתמיינות גם קצב התארכות הפקעים היה נמוך ביותר באבני איתן והגיע ל – 13.5 מ"מ בלבד בתחילת נובמבר. בדומה לצמחי אבני איתן החלו פקעי המערכת לבקרת טמפ. קרקע, המוצבת כזכור באבני איתן, להתארך בסוף ספטמבר, אך בצמחים אלו ההתארכות הייתה מואצת והגיעה לכ- 38 מ"מ בתחילת נובמבר (טבלה 2).

**טבלה 2.** שלב התמיינות (ע"פ סקאלה המופיעה בטבלה 1) ואורך הפקע (מ"מ) באדמוניות בארבעה משטרי אקלים, סוף יוני – תחילת נובמבר 2017.

תאריך בדיקה	אבני איתן, טמפ. טבעית		עמק חפר		פיכמן, טמפרטורה טבעית		מערכת בקרת טמפ. קרקע	
	שלב התמיינות	אורך פקע מ"מ	שלב התמיינות	אורך פקע מ"מ	שלב התמיינות	אורך פקע מ"מ	שלב התמיינות	אורך פקע מ"מ
30/6/2017	0.00	5.67	0.00	8.79	0.00	0.00	0.00	0.00
14/7/2017	0.00	4.89	0.00	9.80	0.00	0.00	0.00	4.55
28/7/2017	0.00	6.03	0.00	22.26	0.00	0.00	0.00	6.55
11/8/2017	0.00	6.63	0.33	22.50	0.33	0.00	0.00	7.10
25/8/2017	0.00	5.79	0.00	24.66	0.00	0.00	0.00	9.91
8/9/2017	0.00	6.36	1.13	33.78	1.13	0.00	0.00	9.61
20/9/2017	0.00	7.21	2.00	19.38	2.00	0.00	0.00	12.57
4/10/2017	0.00	10.94	2.83	35.49	2.83	1.83	0.00	15.94
18/10/2017	0.17	11.57	4.29	47.72	4.29	2.00	1.86	19.11
3/11/2017	1.29	13.55	8.00	38.97	8.00	3.33	5.00	17.24

## ג. יבול פרחים

הנתונים מתחנת פיכמן מתייחסים לשתי חלקות סמוכות. אחת מהן גדלה באור טבעי ללא הצללה והשנייה גדלה תחת רשת צל עד לפני שנתיים ומאז גם היא חשופה לאור טבעי. שתי החלקות נשתלו ב- 2010. מדדי הפריחה של מערכת הקרקע המצוננת באבני איתן דומים למדדי תחנת פיכמן וגבוהים משמעותית מאלה של הגידול הטבעי באבני איתן. (טבלה 3). במערכת המצוננת התקבלו 5.11 פרחים באיכות מסחרית לצמח, בתחנת פיכמן 6.08 ו-9.05 בעוד שבאבני איתן באופן טבעי התקבלו 0.52 פרחים לשיח בלבד. אורך הגבעול במערכת המצוננת ובפיכמן היה כ- 60 ס"מ ובאבני איתן באופן טבעי התקבלו גבעולים שאורכם 43 ס"מ בלבד. קוטר הגבעול, מדד המצביע על חוזקו, היה כ- 5.1 מ"מ במערכת המצוננת בדומה לקרקע הטבעית בתחנת פיכמן בה היתה רשת צל. עובי הגבעול בגידול טבעי באבני איתן היה נמוך בכ- 10% ועמד על 4.58 מ"מ.

טבלה 3. נתוני פריחת צמחי אדמונית בסביבות גידול שונות, מרץ – מאי 2018

סוף קטיף	תחילת קטיף	הפלות לצמח	עובי גבעול	אורך גבעול	פרחים לצמח	טיפול
08/04/2018	13/03/2018	2.69	5.09	61.35	5.11	קרקע מצוננת אבני איתן
09/05/2018	21/04/2018		4.58	43.35	0.52	קרקע טבעית אבני איתן
17/05/2018	01/05/2018	3.29	4.71	58.67	6.08	קרקע טבעית פיכמן חוץ
17/05/2018	04/05/2018	4.82	5.08	65.59	9.05	קרקע טבעית פיכמן רשת לשעבר

מועד הקטיף הושפע באופן בולט ממשטר הגידול. במערכת צינון הקרקע הקטיף החל במחצית מרץ 2018, בקרקע הטבעית באבני איתן הקטיף החל ב- 21 באפריל ובפיכמן בשבוע הראשון של מאי, כעשרה ימים מאוחר יותר. מערכת צינון הקרקע באבני איתן השפיעה לטובה גם על שיעור ההפלות. נספרו בה 2.69 פרחים מופלים לצמח, בעוד שבחלקות השונות בצפון הגולן, בתחנת פיכמן, היו 3.29 ו-4.82 הפלות לשיח. בקרקע הטבעית בתחנת אבני איתן כמעט ולא היו פרחים, ולא נצפו גם הפלות. יש לציין, שבשנת המחקר הקודמת היו בקרקע הטבעית באבני איתן 1.86 פרחים תקינים ו-5.24 פרחים מופלים לצמח.

## דיון

נראה שתחילת ההתמיינות קשורה בירידה של הטמפרטורה. ההתמיינות המוקדמת ביותר נצפתה בצמחי עמק חפר בתחילת ספטמבר 2018 (איור 2). יש לציין שצמחי עמק חפר הועברו מהחממה למקרר בו הורדו הטמפרטורות באופן הדרגתי החל מאוגוסט 2018. גם בתחנת פיכמן, באבני איתן בטמפ. טבעית ובקרקע מצוננת החלה ההתמיינות בסוף ספטמבר – תחילת אוקטובר לאחר שהחלה ירידה בטמפרטורת הקרקע. אמנם גובה הטמפרטורה באבני איתן היה גבוה בכ- 5 מ"צ מזה של תחנת פיכמן ובכ- 10 מ"צ מזה של המערכת המצוננת אך נראה שעצם הירידה בטמפרטורות היא הגורם לתחילת ההתמיינות.

קצב התקדמות ההתמיינות נראה שמושפע מהטמפרטורה האבסולטית. ההתמיינות בצמחי אבני איתן שגדלו לאחר תחילת ההתמיינות בטמפרטורות טבעיות של 10 – 15 מ"צ (איור 1) היתה איטית ביותר (איור 2). במערכת צינון הקרקע בה הואצה ירידת הטמפרטורה באופן מלאכותי (איור 1) קצב התקדמות ההתמיינות היה מהיר יותר מזה של תחנת פיכמן (איורים 1, 2).

לא הצלחנו לצפות בנינוקולאר במריסטמה פגועה שבועות תגרום להפלה, אך נצפו החמות מסוימות במריסטמות קודקודיות שנלקחו בספטמבר 2017 מצמחי עמק חפר, אך, כאמור, אין אפשרות לקבוע אם הן הגורם להפלה. ללא ספק ההתמיינות נמשכת גם לאחר ההעברה למקרר. בניגוד לצבעונים בהם ההעברה לקרור מותנית בשלב G, צמחי אדמונית מתחילים להתמייין עם ירידת הטמפרטורה וממשיכים להתמייין במקרר.

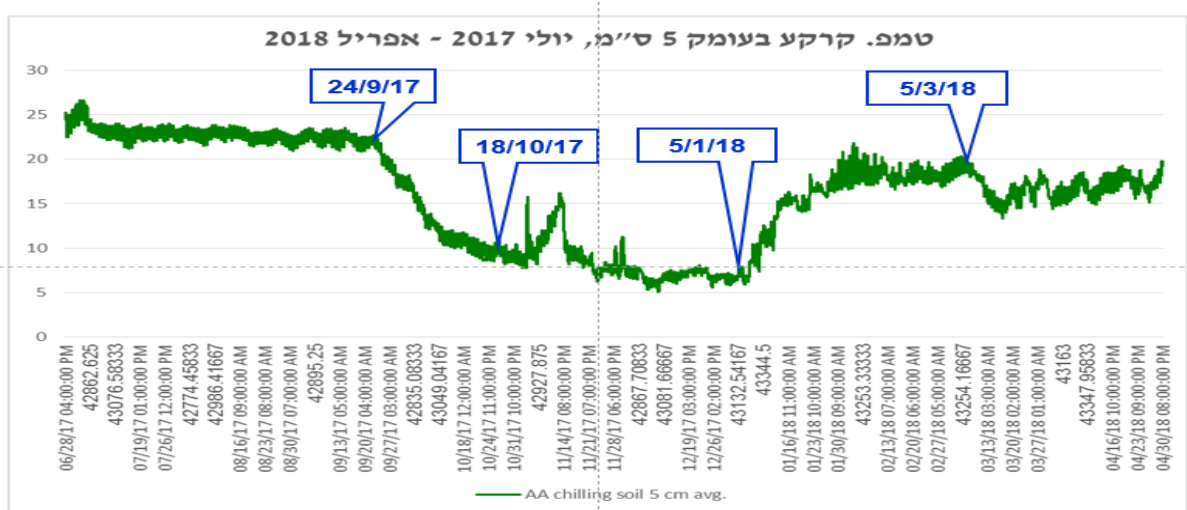
נמצא קשר בין התקדמות ההתמיינות ובין התארכות פקע הפריחה. באיור 3 ניתן להבחין שעם התקדמות ההתמיינות לפריחה ניכרת גם התארכות של פקע הפריחה. ניתן לומר כי התארכות פקע הפריחה יכולה להעיד על התקדמות ההתמיינות, ולשמש כסמן פנולוגי לכך.



**איור 3.** ממוצע מכל אתרי הבדיקה של שלב ההתמיינות ע"פ סקאלה בטבלה 1 (ציר Y שמאלי) ואורך פקע הפריחה במ"מ (ציר Y ימני).

שיעור ההפלות היה הנמוך ביותר במערכת צינון הקרקע באבני איתן. קשה לקבוע האם הירידה בשיעור ההפלות נובעת מכך שטמפרטורות הקיץ היו נמוכות יותר או שצבירת הקור הייתה טובה יותר. מאחר ובתצפיות שלנו בעבודה הנוכחית תחילת ההתמיינות נראתה לאחר תחילת ירידת הטמפרטורה בסתיו, ניתן לשער שלטמפרטורת הסתיו והחורף השפעה רבה יותר על שיעור ההפלות. לשם קביעה מוחלטת של הקשר בין טמפרטורות המצע לבין הפלות יש לבצע ניסויים נוספים, מסובכים ויקרים יותר, בהם ניתן יהיה להשרות באופן מלאכותי צירופים שונים של טמפרטורות קיץ, סתיו וחורף.

תוצר חשוב של העבודה הוא האפשרות לקבוע טמפרטורות קרקע אופטימליות לכל אחד משלבי גידול האדמונית במחזור השנה. נראה כי משטר הטמפ' הרצוי הוא: טמפרטורות קיץ בין 20 ל- 25 מ"צ, ירידה הדרגתית של הטמפרטורה ממחצית ספטמבר עד מחצית אוקטובר, צבירת קור עד תחילת ינואר והעלאת טמפרטורת הקרקע ל-17 מ"צ לצורך היציאה מהתרדמה, הצימוח והפריחה (איור 4). מצאנו כי בתנאים אלו התקבלה באבני איתן, בדרום הגולן, פריחה בכמות ובאיכות טובה כפי שמתקבלת כל שנה בצפון הגולן כחודש וחצי מאוחר יותר.



**איור 4.** משטר הטמפרטורות ותאריכים קריטיים במחזור השנתי במערכת צינון קרקע באבני איתן, יוני 2017 – אפריל 2018.