

פיתוח מערכת טכנולוגית חדישה ליצור מוצרי חקלאות לשיווק מחוץ לעונה

Development of a novel technology system for marketing of an off season agricultural products

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות ע"י:

מנשה כהן תחום פרחים, מיג"ל-מו"פ צפון, קרית שמונה

אברהם ארבל המחלקה להנדסה חקלאית, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן

קמנצקי רינה המחלקה לפרחים, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן

Menashe Cohen

Flowers dept., Migal-Northern R&D, P.O. Box 831 Kiryat Shmona
11016, E-mail: menashec@migal.org.il

Avraham Arbel

Agricultural Engineering Dept., ARO, the Volcani Center, Bet-Dagan
50250. E-mail: arbel@volcani.agri.gov.il

Rina Kamenetsky

Flower Dept., ARO, the Volcani Center, Bet-Dagan 50250. E-mail:
vhrcamen@volcani.agri.gov.il

תקציר

הצגת הבעיה. מטרת הפרויקט העיקרית היא פיתוח מערכת טכנולוגית שתאפשר למקסם יצור של מוצרי חקלאות בעונות בהן התמורה עבורם מירבית. יש לשלב בין ידע פיזיולוגי לידע הנדסי וטכנולוגי על מנת להקים ולהפעיל מערכת שתענה על הדרישות הללו תוך הוכחת ריווחיות טובה.

שיטות העבודה. באמצעות שלוש מערכות בקרת טמפרטורת הקרקע יושמו טמפרטורות קרקע אופטימליות בפאזות הגידול במהלך השנה. נערך מעקב על טמפרטורת הקרקע, צריכת החשמל, ורטיבות המצע. נבדקה התרומה של בידוד עילי בתקופת התרדמה החורפית על צריכת האנרגיה. נקבע מועד קטיף הפרחים, כמותם ואיכותם.

תוצאות עיקריות. מערכת צינון/חימום הקרקע הצליחה לספק את טמפרטורות האופטימום בכל שלבי הגידול בקרוב טוב מאוד. הענות מצע הגידול לטיפול טמפרטורות הקרקע היתה נמוכה יותר מזו של הקרקע המקומית. הבידוד העילי הוריד את צריכת האנרגיה ב – 45% באמצעות חיפוי ביריעות פלציב וב 20% נוספים באמצעות לוחות קלקר. במערכות הגידול המבוגרות נקטפו 7 ו 8.5 פרחים לצמח בשני הזנים העיקריים. איכות הפרחים היתה גבוהה ביותר ומועד הקטיף היה במחצית מרץ. מערכת צינון האוויר ההתנדפותי לא הצליחה להוריד את טמפרטורת האוויר מתחת ל – 25°C.

מסקנות והמלצות יש לכלול בידוד עילי בתכנון עתידי של מערכת מסחרית ומאידך לוותר על צינון התנדפותי. המערכת מצליחה לתת לצמחי אדמונית תנאי אופטימום במהלך השנה כולה. בשנת המחקר הבאה יתוכנן מבנה מסחרי במטרה להדגים את יכולות המערכת בתנאי אמת ולצבור נתונים גידוליים וטכניים שיאפשרו ביסוס תחשיב כלכלי מהימן.

פרסומים והרצאות. ניתנה הרצאה, שהתבססה על תוצאות השנה הראשונה של הפרויקט הנוכחי בכנס ה – 13 לגיאופיטים וצמחים רב שנתיים שהתקיים במאי 2019 בסיאול, קוריאה הדרומית. נושא ההרצאה:

Annual temperature cycle affects production of peony cut flowers in warm regions
התקיימו מספר סיורי מגדלים, מדריכים וחוקרים להתרשמות מהמערכת.

מבוא

בדו"ח המוגש בזה מתוארת השנה השנייה של בחינת מערכת טכנולוגית חדישה המיועדת לשלוט בטמפרטורות הגידול. יכולות המערכת נבחנות תוך שימוש בידע הפיזיולוגי הנרחב באשר לגידול פרחי אדמונית. גידול האדמונית לפריחה מחוץ לעונה פותח במינהל המחקר ובמו"פ צפון. הפיתוח המדעי הנרחב שכוון להפריחה בסוף החורף ובתחילת האביב (פברואר-אפריל) הניב גידול מסחרי בהקף של כ- 800 דונם ברמת הגולן, בגליל המערבי, בגוש עציון, בהר חברון, בשילה ובחבל הבשור. הפרחים המוקדמים מישראל פודים מחירים גבוהים מאוד בשווקי היצוא שהגיעו במרץ 2019 ל- 5 - 7 ש"ח לענף בשער המשק. ענף האדמונית נחשב לגידול הפרחים הריווחי ביותר בארץ. לצמח תקופת תרדמה בתחילת החורף ונדרשות מנות קור על מנת לקבל התעוררות תקינה באביב. נמצא כי איחסון בחדרי קרור של צמחי אדמונית הגדלים במיכלים בטמפרטורה קבועה של 2°C למשך 60 יום הוא משטר הקרור המתאים לרוב זני האדמונית (Kamenetsky et al., 2003). על בסיס הידע הזה פותחה שיטת גידול בה צמחי אדמונית גדלים במיכלים בנפח של 10 - 15 ליטר ומשונעים לבתי קרור בתחילת הסתיו. עם השלמת דרישת הקור במקררים הצמחים משונעים בדצמבר-ינואר לבתי צמיחה ופורחים באביב המוקדם. הצמחים ממשיכים לגדול במיכלים לאחר הפריחה בבית הצמיחה או בבית רשת ומשונעים שוב לבית הקרור בסתיו. במחקר משותף למו"פ צפון ולמינהל המחקר שבוצע בשנים האחרונות נבחנו משטרי קרור על בסיס טמפרטורות משתנות במהלך היממה. נמצא כי העלאת טמפרטורת הקרור למשך 8 שעות ביממה ל- 10°C - 15°C במשולב עם טמפרטורה של 2°C למשך 16 שעות שיפר את יעילות הקרור. (Yomdin et al. 2015, Cohen et al. 2016, a,b).

שיטת הגידול של שינוע האדמוניות במיכלים הינה ריווחית ומשאירה תמורה נאה אך עדיין גלומים בה מספר בעיות. עלות שינוע מיכלי הגידול למקרר והחזרתם לחממה בתוספת עלות האנרגיה הדרושה לקרור הינו יקר ועומד על כ- 15,000 ש"ח לדונם. (אבי סלומון, תחשיב אדמוניות בשינוע, 2003, מותאם למחירי עבודה ואנרגיה ב- 2016). בנוסף, הצמח נהנה מטמפרטורות אופטימליות רק בשלב צבירת הקור במקרר. ההעברה מהקרור לחממה מתרחשת בדרך כלל בדצמבר-ינואר כאשר טמפרטורת המצע נמוכה מ- 17°C שהיא הטמפרטורה האופטימלית להתעוררות מערכת השורשים. התוצאה היא התעוררות איטית ועיכוב בפריחה. בשלב הגידול עד הפריחה וכן לאחר הפריחה עד לכניסה לתרדמה בסתיו, טמפרטורות האופטימום הם כ- $22/10^{\circ}\text{C}$ (לילה/יום) בעוד שטמפרטורות הקיץ הן גבוהות הרבה יותר. בזן המרכזי ('Sarah Bernhardt' להלן SB) מתרחשות הפלות פרחים בשיעור לא מבוטל ואנו משערים כי הגורם לכך הן הטמפרטורות באזור ה"כתר" ובית השורשים שעולות לרמה של מעל 30°C בקיץ. בעיה זו היא הגורם העיקרי לכך שבדרום הגולן כמעט ולא נעשה שימוש בשיטת השינוע. חולשה נוספת של שיטת השינוע היא שמגוון הזנים המתאים לגידול בשיטה זו הוא מוגבל. הזן 'Duchesse de Nemour' (להלן DN), אחד הזנים החשובים ביותר למגדלי ישראל, לא מתפתח היטב במיכל ויש תמותה שנתית של 15 - 20 אחוז בזן זה בשיטת השינוע. אנו צופים שלמערכת הטכנולוגית הנבחנת בתכנית זו תהיה תרומה משמעותית הן על יבול פרחי האדמוניות והן על הקדמת מועד השיווק ובכך תשתפר ריווחיות הגידול.

מטרות המחקר

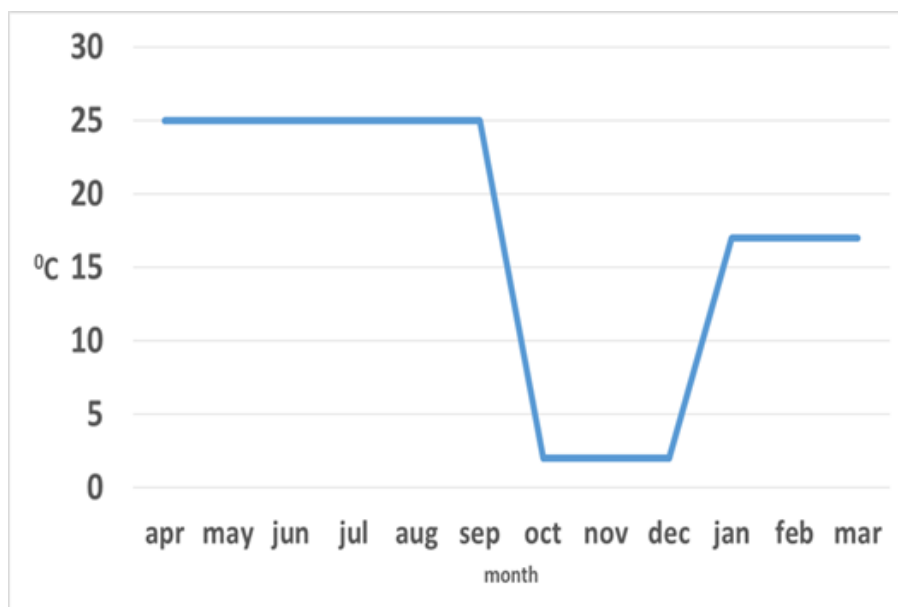
מטרת הפרויקט העיקרית היא פיתוח מערכת טכנולוגית שתאפשר למקסם יצור של מוצרי חקלאות בעונות בהן התמורה עבורם מירבית.

מטרות פרטניות:

- בדיקה של יכולות המערכת הטכנולוגית שבפיתוח לבקר את טמפרטורות האוויר והקרקה בכל עונות הגידול.
- בדיקה של צריכת האנרגיה של המערכת הטכנולוגית בעונות השנה השונות בתנאי האקלים של דרום רמת הגולן.
- הקדמת הפריחה באדמונית לחודשים ינואר – מרץ תוך הפחתת שיעור הפלות הפרחים, קבלת תוספת יבול ושיפור באיכותו.
- תכנון מערכת מסחרית להדגמת הטכנולוגיה למגדלים בהקף של 1000 מ"ר.

פירוט עיקרי הניסויים ותוצאות המחקר

ניהול טמפרטורת הקרקע. טמפרטורות הקרקע הותאמו, עקרונית, לטמפרטורות האופטימום לכל עונה שנקבעו על פי מחקרים ותצפיות שבצענו בשנים קודמות (איור 1). בקיץ הקרקע צוננה במטרה לרדת מתחת ל- 25°C , בתחילת הסתיו התבצעה הורדה הדרגתית של טמפרטורת הקרקע, ולאחר מכן, עם הכניסה לתרדמה הקרקע קוררה במטרה להגיע, או לפחות להתקרב ל- 2°C . עם השלמת צבירת הקור טמפרטורת הקרקע הועלתה ל- 17°C במטרה לעודד את היציאה מהתרדמה ולהקדים את מועד הפריחה ככל הניתן.



איור 1. טמפרטורת קרקע אופטימליות לאדמונית בפאזות הגידול השונות במהלך השנה. בדוח הנוכחי יש התייחסות לטמפרטורת הקרקע בקיץ 2018 – חורף 2019 כהכנה לקטיף הפרחים שהתבצע באביב 2019 (טבלה 1) וכן התייחסות לטמפרטורות הקרקע בקיץ 2019 – חורף 2020 כהכנה לקטיף הפרחים עליו נדווח בשנה הבאה (טבלה 2).

חישוב יחידות צינון. השלמת צבירת הקור חושבה על פי מודל "ברכת כהנים", מודל יחודי לאדמונית אותו פיתחנו בשנות המחקר האחרונות. חישוב מנות הקור ע"פ מודל זה מתייחס לטמפרטורת הקרקע בעומק 5 ס"מ, ולוקח בחשבון את אופי צבירת הקור (טמפרטורה קבועה כפי שקורה במקרר או טמפרטורה משתנה על בסיס יממתי כפי שמתרחש באדמוניות השתולות בקרקע). המודל נותן משקל שונה לטווחי טמפרטורת קרקע שונים.

קבוצות הניסוי ומשטרי הגידול היו:

מערכות לבקרת משטרי אקלים. במהלך שנת 2019 התבצעו מעקבים ובדיקות שהתייחסו לחמישה משטרי אקלים ושיטות גידול:

- א. **קרקע ללא בידוד** – חלקה של צמחים בוגרים הגדלים בקרקע. במערכת ראשונית זו לא הותקן בידוד. הצמחים בחלקה נשתלו לפני 7 שנים והקטיף בחלקה בוצע לאחר שתי עונות של טיפול בטמפרטורת הקרקע בהן הצמחים נחשפו לטמפרטורות אופטימליות לאורך השנה כולה (איור 1). בחלקה נבחנו הזנים 'Sarah' (SB) Bernhardt' ו-'Duchesse de Nemour' (DN).
- ב. **ערוגות מבודדות מעל הקרקע**. מערכת ותיקה ששימשה כאב טיפוס לבידוד קרקע. במערכת זו נבחנו הזנים: 'Sarah Bernhardt' (SB), 'Duchesse de Nemour' (DN) ו-'Red Grace' (RG).
- ג. **מערכת הכוללת בידוד תת קרקעי**. מערכת חדשה שנבנתה בשנת 2018 על סמך לקחים מאבות הטיפוס (מערכות א' ו- ב'). כוללת צמחים הגדלים באדמה מקומית וצמחים הגדלים במצע גידול המקובל בשינוע של דליי אדמונית המורכב מ- 65% טוף, 30% כבול ו- 5% קומפוסט (פרטי המערכת מופיעים בדו"ח 2018). בדו"ח הנוכחי מדווחים תוצאות הקטיף של שנת הגידול הראשונה במערכת הזו. נבחנו בה הזנים: 'Sarah' (SB) Bernhardt', 'Duchesse de Nemour' (DN) ו-'Coral Sunset' (CS).
- ד. **שינוע דליים במערכת הכוללת צינון אויר התנדפותי**. הצמחים נשתלו בדליים בנפח 10 ליטר וגדלו בחממה שכללה צינון אויר באמצעות עירפול בטיפות זעירות (פרטי המערכת מופיעים בדו"ח 2018). הדליים שונעו למקרה למשך חודשיים באוקטובר 2018. בטיפול זה נבחנו הזנים: 'Sarah Bernhardt' (SB), 'Duchesse de Nemour' (DN) ו-'Coral Sunset' (CS).
- ה. **שינוע דליים במערכת ללא צינון אויר**. הצמחים נשתלו בדליים בנפח 10 ליטר וגדלו בחממה בה לא טופלה טמפרטורת האויר. הדליים שונעו למקרה למשך חודשיים באוקטובר 2018. בטיפול זה נבחנו הזנים: 'Sarah' (SB) Bernhardt', 'Duchesse de Nemour' (DN) ו-'Coral Sunset' (CS).
- ניקוז**. לצורך בידוד וחיסכון באנרגיה הונחו לוחות קלקר בעובי 10 ס"מ בקרקעית ובקירות התעלות שמולאו בקרקע המקומית או במצע גידול (מערכת ג') (פרטי המערכת מופיעים בדו"ח 2018). בגלל החשש מניקוז לקוי הותקנו טנסיומטרים בעומק 20, 40 ו- 70 - 80 ס"מ. קריאות הטנסיומטרים נאגרו אחת לחצי שעה.
- צריכת חשמל**. הותקנו מוני חשמל לשתי מערכות בקרת הטמפרטורה שכללו או שלא כללו בידוד (מערכות א' ו- ג'). קריאת המונה נרשמה בכל פעם שנעשה שינוי של טמפרטורת מי המערכת בבקר.
- בידוד עילי**. בתקופת הקרוור, בה אין לצמח חלקים עיליים, הוספה שכבת בידוד על הקרקע במערכות א' ו- ג'. הבידוד התקבל משתי יריעות פלציב בעובי 1 ס"מ שנפרשו אחת מעל השניה. במערכת בקרת טמפרטורת הקרקע ללא בידוד (מערכת א') נוספה לאחר שבועיים שכבת בידוד נוספת מלוחות קלקר בעובי 10 ס"מ שהונחו בין שתי יריעות הפלציב. פריסת הבידוד נעשתה במהלך תקופת הקירור כך ותועדו ההבדלים בצריכת החשמל לפני ואחרי תוספות הבידוד העילי.

תוצאות

א. קטיף פרחים, אביב 2019

קטיף הפרחים התבצע מהשבוע הראשון של מרץ ועד למחצית אפריל 2019 (טבלה 3). שנת 2019, אליה מתייחס הדו"ח הנוכחי, איננה חופפת למחזור גידול שלם המתחיל בגידול הצמחים בטמפרטורות קרקע אופטימליות בקיץ, בסתיו ובחורף ומסתיים בקטיף הפרחים באביב המוקדם. בגלל אי ההלימה הזו הדו"ח כולל את קטיף הפרחים של האביב בתחילת 2019, שהושפע ממשטר הטמפרטורות שהושרה בקרקע בחודשים שקדמו לו (טבלה 1).

טבלה 1. ניהול טמפרטורה וקריאת מוני חשמל בחלקת אדמוניות השתולות בקרקע ללא בידוד, 2018 - 2019

שלב במחזור הגידול השנתי	צריכת חשמל יומית (קוט"ש)	מונה חשמל (קוט"ש)	טמפ. מי מערכת (°C)	תאריך
תחילת קרור קרקע		20502	22	21/8/18
Onset	31	20719	18.5	28/8/18
Onset	37	20868	15	1/9/18
Onset	68	21073	12	4/9/18
Onset	75	21450	8.5	9/9/18
Onset	113	21903	5	13/9/18
קרור	108	22336	2	17/9/18
קרור	124	22954	8	22/9/18
קרור	79	23191	5	25/9/18
קרור	84	23943	5	4/10/18
קרור	99	24929	2	14/10/18
גיזום וכיסוי ביריעות אלומינט	89	26528	2	1/11/18
סיום קרור. העלאת טמפרטורה להתעוררות	43	29304	22	4/1/19
סיום חימום כיבוי המערכת	16	30795		8/4/19

טבלה 2. ניהול טמפרטורה וקריאת מוני חשמל בחלקת אדמוניות השתולות בקרקע ללא בידוד, 2019 - 2020

שלב במחזור הגידול השנתי	צריכת חשמל יומית (קוט"ש)	מונה חשמל (קוט"ש)	טמפ. מי מערכת (°C)	תאריך
הפעלת צינור קרקע		30795	17.5	6/6/2019
Onset	30.06	32809	15	12/8/2019
Onset	49.00	33005	12.7	16/8/2019
Onset	58.33	33180	10.8	19/8/2019
Onset	70.00	33390	8.9	22/8/2019
Onset	87.67	33653	7	25/8/2019
Onset	88.67	33919	6	28/8/2019
Onset	100.15	36523	4.3	23/9/2019
תחילת קרור	95.00	37093	2	29/9/2019
קרור	104.50	37511	2	3/10/2019
חיפוי בשתי שכבות פלציב 1 ס"מ	112.37	40545	2	30/10/2019
הוספת לוחות קלקר 5 ס"מ בין יריעות הפלציב	63.51	43149	2	10/12/2019
הפסקת קרור	42.33	43530	18	19/12/2019
הפעלת חימום	0.00	43530	24	22/12/2019
כיסוי חממה בפוליאטילן	21.00	43551	22.5	23/12/2019
	17.43	43673	22.5	30/12/2019
מתחילה הצצה. הסרת פלציב וקלקר	13.67	43714		2/1/2020

בכל טיפולי הניסוי נקטפו 1654 פרחים ונקבעו מועדי תחילת וסוף הקטיף, מספר הפרחים הממוצע לצמח, אורך הגבעול וקוטרו (טבלה 3). הפרחים נקטפו מעל העלה השני בקרקע כפי שנעשה בקטיף של חלקות מסחריות. במערכת בקרת הטמפרטורה ללא בידוד (א') נקטפו 6.8 ו- 8.4 פרחים לצמח מהזנים SB ו- DN בהתאמה. אורך הגבעול היה מעל 60 ס"מ וקוטר הגבעול היה כ- 5 מ"מ בשני הזנים.

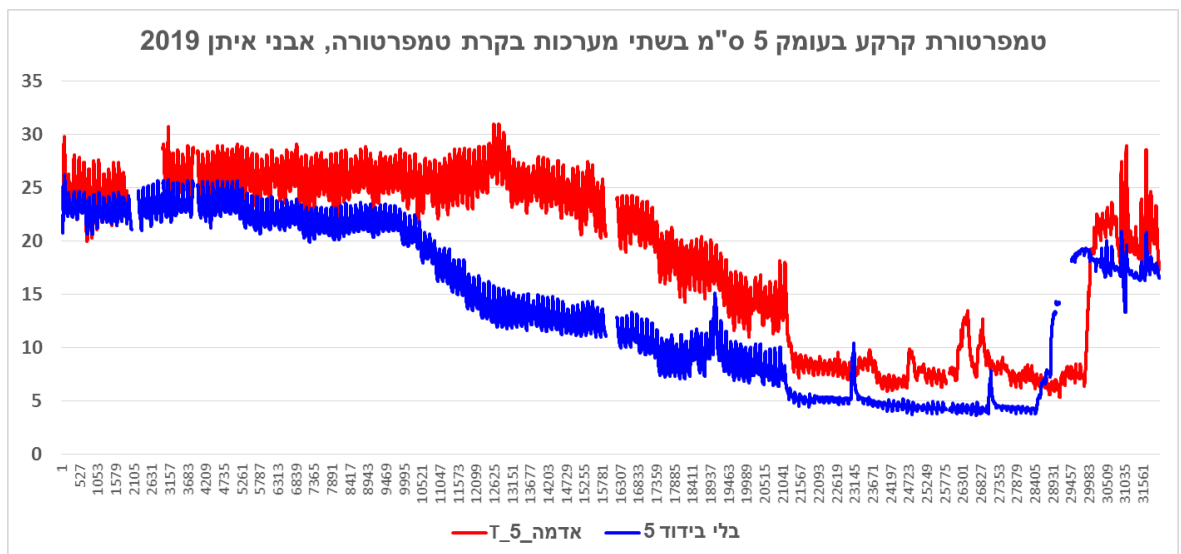
במערכת הערוגות המבודדות מעל הקרקע (ב'), גם בה הצמחים מבוגרים יחסית, התקבלה תמונה שונה. יבול הזן SB היה יחסית גבוה, 5.3 פרחים לצמח בממוצע, וגם נתוני האיכות היו טובים – אורך הגבעול היה 63.8 ס"מ וקוטרו 5.4 מ"מ. בזן DN יבול הפרחים היה נמוך מאוד – 1.08 פרחים לצמח, ונתוני האיכות היו נמוכים גם הם – 50 ס"מ אורך הגבעול ו- 4.47 מ"מ קוטרו.

במערכות האחרות יבול הפרחים היה נמוך מכיוון שהצמחים היו בשנת הגידול הראשונה. יחד עם זאת ניתן להתרשם מתרומת הצינון ההתנדפותי. יבול צמחי SB בדליים שגדלו במערכת צינון האוויר היה 1.85 פרחים לצמח בעוד שצמחים מאותו זן ובאותה שיטת גידול שגדלו ללא צינון הניבו 0.3 פרחים לצמח בלבד.

ב. ניהול טמפרטורת הקרקע בשנת 2019 כהכנה לקטיף 2020.

ניהול טמפרטורת הקרקע בקיץ ובסתיו 2019 הוכוון להקדמת הפריחה ולשיפור איכותה לקראת קטיף 2020. במערכת הקרקע ללא בידוד (א'), החל צינון הקרקע בתחילת יוני 2019 כשהטמפרטורה עלתה מעל ל- 25°C. ב- 12/8/2019 החל שלב הורדת הטמפרטורה היזום (שלב Onset) שנמשך עד לסוף ספטמבר כשהצמחים נכנסו לתרדמה והחל שלב הקרור. לאחר כחודש הצמחים כוסו בשתי יריעות פלציב בעובי 1 ס"מ ולאחר כשבועיים נוספים נוספה לבידוד שכבת קלקר בעובי 10 ס"מ. ב- 19/12/2019 כשנצברו כ- 1500 מנות צינון ע"פ מודל "ברכת כהנים" הופסק הקרור, המבנה כוסה בפוליאטילן וטמפרטורת הקרקע הועלתה ל- 17°C. (טבלה 2). בתאריך 2/1/2020 נצפתה הצצה של הצמחים והוסר הבידוד.

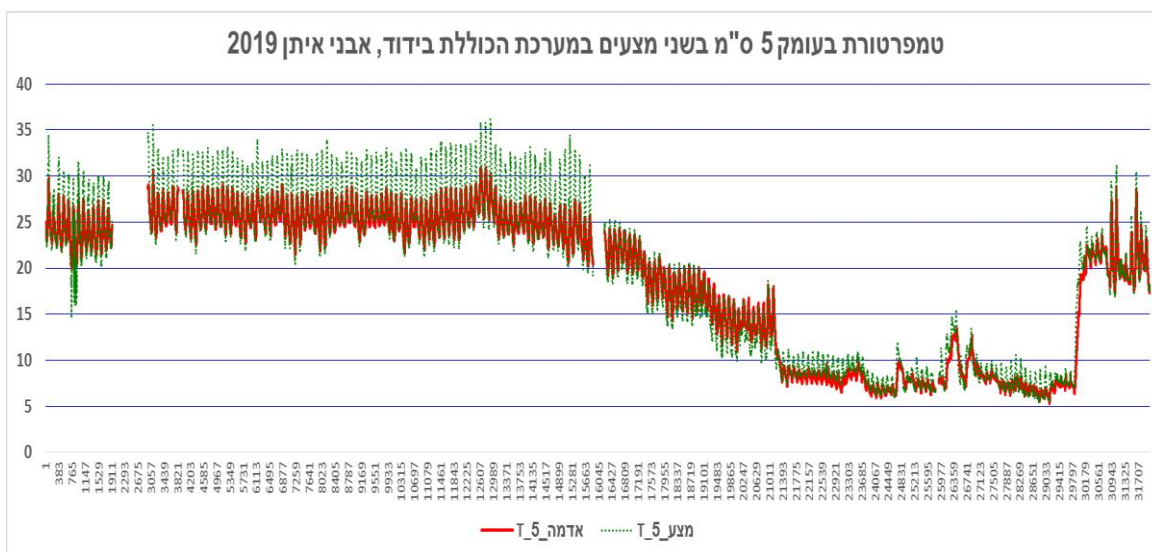
במערכת הכוללת בידוד (ג') נוהל משטר טמפרטורות דומה. מכיוון שהצמחים במערכת זו עדיין צעירים הורדת הטמפרטורה היזומה החלה ב- 12/9/2019, כחודש אחרי מערכת א'. קצב הורדת הטמפרטורה היזום (ONSET) נמשך כחודש והקרור החל ב- 16/10/2019. גם במערכת הזו הונחו יריעות פלציב לבידוד. צבירת הקור הסתיימה ב- 29/12/2019, טמפרטורת הקרקע הועלתה ל- 17°C ויריעות הפלציב הוסרו לאחר כשבוע עם תחילת ההצצה (איור 2).



איור 2. טמפרטורת קרקע מקומית בעומק 5 ס"מ בקרקע ללא בידוד ובקרקע מבודדת, יוני 2019-ינואר 2020

הענות המערכת המבודדת (ג') לבקרת טמפרטורות הקרקע היתה נמוכה יותר מהמערכת שאיננה מבודדת (א'). (איור 2). טמפרטורת הקיץ במערכת ג' היתה גבוהה בכ 5°C ממערכת א' וגבוהה מ 25°C , הסף הרצוי הגבוה של טמפרטורת הקיץ. בתקופת הקרור בחורף היתה תוצאה דומה. טמפרטורת הקרקע במערכת ג' היתה ברוב התקופה בין 5°C ל 10°C , בעוד שבמערכת א' בחלק ניכר מהתקופה הושגה הטמפרטורה הרצויה, מתחת ל 5°C .

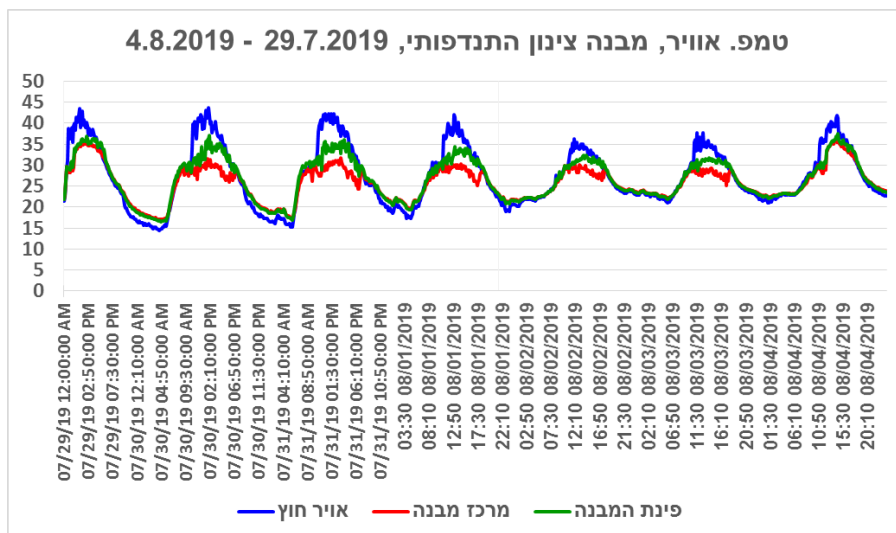
נצפתה תגובה שונה לבקרת טמפרטורת הקרקע במצע הגידול ובקרקע המקומית במערכת שכללה בידוד (מערכת ג'). (איור 3). המשרעת היומית במצע המלאכותי היתה גדולה יותר והטמפרטורה האבסולוטית היתה גבוהה יותר בכ 3°C בתקופת הצינון בקיץ ובכ 1.5°C בתקופת התרדמה והקרור בחורף. כפועל יוצא מכך קצב צבירת מנות הקור במצע הגידול היה נמוך יותר בכ 7% בהשוואה לקרקע המקומית והגיע ב - 26/12/2019 ל 1107 בהשוואה ל 1192 יחידות "ברכת כהנים".



איור 3. טמפרטורת בעומק 5 ס"מ במצע גידול ובקרקע מקומית במערכת מבודדת, יוני 2019-ינואר 2020

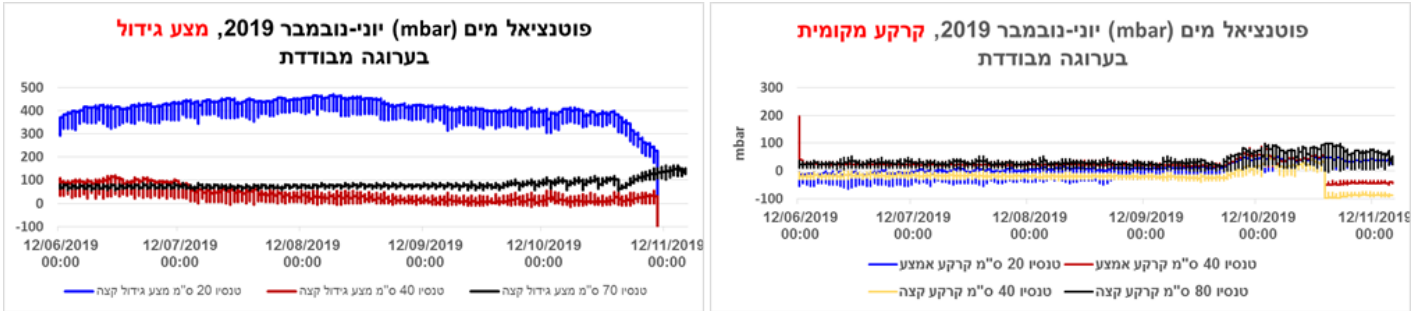
ג. צינון אוויר התנדפות

טמפרטורת האוויר שטופל בריסוס מים בטיפות זעירות ובלחץ גבוה ירדה מכ 40 ל 30°C במרכז המבנה בשעות הצהרים החמות. יחד עם זה נמצא שבפינות המבנה בקיר ליד המאוורר הטמפרטורה ירדה בכ 5°C בלבד, כנראה בגלל שתנועת האוויר באזור הזה היתה חלשה יותר. (איור 4).



איור 4. טמפרטורת אוויר במרכז ובפינות מבנה שרוסס בטיפות זעירות בלחץ גבוה בשבוע מייצג בקיץ.

פוטנציאל המים בעומק 20 ס"מ בערוגות המבודדות שמולאו באדמה המקומית היה שלילי במשך כל קיץ 2019 ועלה מסוף ספטמבר לרמה של כ- 20 מיליבר במוצע. פוטנציאל המים בעומק 40 ס"מ במרכז השורה התנהג באופן דומה בעוד שבקצה הערוגה פוטנציאל המים היה חיובי ועמד על כ- 25 מיליבר בכל תקופת קיץ 2019. גם בעומק 80 ס"מ בקצה השורה פוטנציאל המים היה כ- 25 מיליבר במשך הקיץ ועלה למוצע יומי של כ- 55 מיליבר החל מאוקטובר 2019 (איור 5, ימין).



איור 5. פוטנציאל המים (mbar) בעומק 20, 40 ו-70 ס"מ בערוגות מבודדות שמולאו בקרקע מקומית במהלך קיץ-סתיו 2019. ימין – קרקע מקומית, שמאל – מצע גידול
 בערוגות המבודדות שמולאו במצע גידול התקבלה תמונה שונה. פוטנציאל המים סמוך לפני המצע, בעומק של 20 ס"מ היה גבוה מאוד במשך קיץ 2019 ועמד על מעל 300 מיליבר למשך רוב התקופה. רק לקראת סוף אוקטובר החל לרדת פוטנציאל המים והגיע בתחילת נובמבר לכ- 150 מיליבר. במצע הגידול בעומק 40 ס"מ פוטנציאל המים היה בין 30 ל- 100 מיליבר בחודשי הקיץ הראשונים ובהמשך ירד למוצע יומי של כ- 20 מיליבר. פוטנציאל המים בקצה ערוגת המצע בעומק 70 ס"מ טיפס בהדרגה במשך הקיץ והסתיו מ- 60 מיליבר ביוני לכ- 150 מיליבר בנובמבר 2019 (איור 5, שמאל)

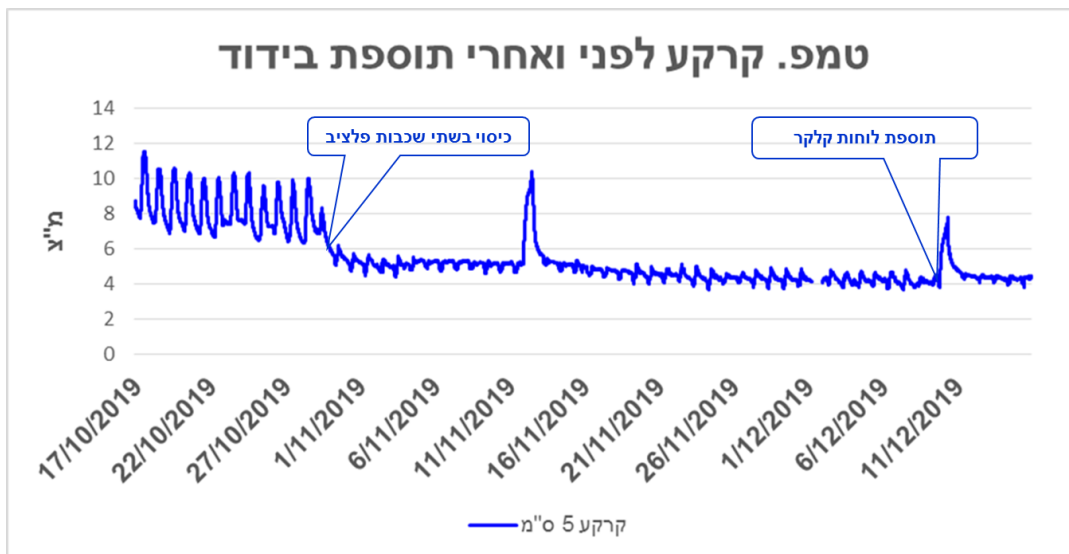
ד. צריכת חשמל והשפעה של תוספת בידוד עילי בתקופת הקרור הסתווי

נמדדו הבדלים בולטים בצריכת האנרגיה, בעיקר בתקופת הקרור הסתווי, בין מערכת צינון הקרקע ללא בידוד (מערכת א') לבין מערכת ג' הכוללת דיפון בקלקר של קירות ורצפת תעלות הגידול. בתקופת הצינון הקייצי צריכת החשמל היומית הממוצעת היתה דומה בשתי המערכות ועמדה על 31 – 32 קוט"ש ליום. בתקופת הקרור הסתווי, לפני הוספת הבידוד העילי מפלציב, צריכת החשמל היומית היתה 112 לעומת 69 קוט"ש במערכת א' וג' בהתאמה. הוספת הבידוד העילי מפלציב הביאה לחיסכון אנרגיה של 43 – 45 אחוז והנחה של לוחות קלקר בין שתי שכבות הפלציב במערכת צינון הקרקע ללא בידוד (א') תרמה לחיסכון נוסף שהתבטא בצריכה יומית ממוצעת של 42 קוט"ש, ירידה של 63% מהצריכה ללא כל בידוד (טבלה 4).

טבלה 4. צריכת חשמל יומית ממוצעת (קוט"ש) בשתי מערכות צינון קרקע (מערכות א' ו ג')

תקופה	צינון קרקע ללא בידוד	צינון קרקע עם בידוד	הערות
צינון קייצי	31	32	
הורדת טמפ. הדרגתית (ONSET)	90	49	אופי שונה של ONSET
קרור ללא בידוד עילי	112	69	
קרור עם שתי שכבות פלציב	64	38	
קרור עם שתי שכבות פלציב ולוחות קלקר	42		
העלאת טמפרטורה לקראת ההתעוררות	14	20	לפני הסרת פלציב

מעבר לחיסכון הניכר בצריכת החשמל, לתוספת הבידוד העילי היתה תרומה חשובה נוספת. לפני תוספת יריעות הפלציב טמפרטורת הקרקע היתה 8.25°C בממוצע והיא ירדה ל 4.6°C מיד לאחר תוספת הבידוד. המשרעת היומית של טמפרטורת הקרקע ירדה מכ 3.4°C לפחות מ 1°C כתוצאה מפריסת יריעות הבידוד (איור 6).



איור 6. טמפרטורת הקרקע בעומק 5 ס"מ בשלוש רמות של בידוד עילי: א. ללא כל בידוד, ב. פריסת שתי שכבות של יריעות פלציב בעובי 1 ס"מ כל אחת, ג. תוספת של לוחות קלקר בעובי 10 ס"מ בין יריעות הפלציב.

דיון

במחקר הנוכחי מתוכנן פיתוח של מערכת לבקרת טמפרטורות הקרקע והאוויר במטרה למקסם יצור של מוצרי חקלאות בעונות בהן התמורה עביר מירבית. הבסיס להצלחה הוא שילוב בין ידע פיזיולוגי באשר לדרישות הצמחים במחזור השנתי ויכולת הנדסית וטכנולוגית להענות לדרישות הללו ביעילות. האדמונית משמשת כצמח המודל בתכנית בגלל הידע הפיזיולוגי שנרכש בשנות מחקר רבות באשר לדרישות הטמפרטורה של הצמח בפאזות הגידול השונות במהלך השנה, ומכיוון שפרחי אדמונית המופיעים מחוץ לעונה בשווקי היצוא פודים מחיר גבוה ביותר המבטיח ריווחיות טובה. בתום שנת המחקר השניה הופקו מספר מסקנות ולקחים:

בקרת טמפרטורת הקרקע. נמצא כי המערכת המורכבת ממשאבת חום ומצנרת טמונה לפיזור מים חמים או קרים מצליחה היטב להביא את טמפרטורות הקרקע הרצויות (איור 1, 2, 3) בכל פאזות הגידול. יחד עם כך נמצא שמצע הגידול נענה פחות טוב לבקרת טמפ. קרקע בהשוואה לקרקע המקומית (איור 3).

ניקוז מול בידוד תת קרקעי. בתכנון המערכת הכוללת בידוד (מערכת ג') הוקדשה מחשבה רבה לנושא זה, מתוך חשש שדיפון קרקעית התעלה בלוחות קלקר יפגע בניקוז. מעקב רטיבות הקרקע הרציף מראה שהיתה הצטברות מים בלתי רצויה בעיקר בשכבה שבעומק 40 ס"מ, וקצת פחות בשכבה העמוקה – 70 ס"מ ומטה. כצפוי, תוצאה בלתי רצויה זו היתה בולטת יותר בקרקע הטבעית בהשוואה למצע הגידול. (איור 5). בשנת המחקר הבאה נצטרך להשקיע בצורה מדויקת הרבה יותר ולמצוא את תכנית ההשקיה שתספק את כמות המים המדויקת לשכבת בית השורשים ולא מעבר לכך. כבר בשלב זה ניתן לומר שמאחר והשכבה השטחית במצע הקרקע היתה רטובה מאוד יהיה צורך לנסות ולרווח את ההשקיות להשקיה אחת בכל 4 – 5 ימים. במצע הגידול השכבה השטחית היתה יבשה מאוד, והיתה הצטברות מסוימת בעומק 40, ב – 70 ס"מ. נראה שההשקיה הנכונה במצע זה צריכה לכלול מנות השקיה קטנות כמה פעמים ביום.

צריכת חשמל ובידוד עילי. השפעת הבידוד העילי באמצעות 2 יריעות פלציב בעובי 1 ס"מ כל אחת ובהמשך תוספת של לוחות קלקר בעובי 1 ס"מ התבטאה בשני אופנים:

א. ירידה של 43 ו – 45 אחוז בצריכת החשמל במערכות א' וג' בהתאמה (טבלה 4). תוספת של לוחות קלקר הביאה לחיסכון נוסף של 20% ובסה"כ התקבל חיסכון משמעותי ביותר של 63%. יש לציין שבמערכת א' הבידוד העילי היה הבידוד היחיד במערכת והשימוש בו הביא את צריכת החשמל לרמה דומה של מערכת ג' הכוללת גם דיפון תת קרקעי בלוחות קרקע.

ב. שינוי מהותי באיכות קרור הקרקע. פריסת יריעות הפלציב הביאה לכך שטמפרטורות הקרקע ירדו מתחת ל 5°C – (איור 6). ממחקרים קודמים שערכנו מצאנו שיעילות צבירת הקור באדמונית עולה כאשר טמפרטורות הקרקע נמוכות מ – 5°C . בנוסף, יריעות הפלציב הביאו לירידה בולטת במשרעת הטמפרטורה היומית ובכך שינו את אופי הצבירה ממודל של טמפרטורות משתנות למודל של טמפרטורות קבועות (מודל "שלג"). התוצאה הכוללת היא צבירת קור מהירה יותר, ותרומה חשובה להקדמת הפריחה.

מסתמן, איפוא, שלבידוד העילי יש תרומה חשובה ביותר בחיסכון באנרגיה ובשיפור איכות הקרור. מאחר וניתן לשים יריעות פלציב רק בתקופת התרדמה כשלצמח אין חלקים על קרקעיים, רצוי למצוא פיתרון לבידוד עילי גם בתקופת הצינון הקייצי וגם בתקופת חימום הקרקע לאחר ההתעוררות.

צינון אוויר התנדפותי. מערכת הצינון ההתנדפותי לא הצליחה להוריד את טמפרטורת האוויר בקיץ אל מתחת ל 30°C – , הרבה מעל לטמפרטורה הרצויה של 25°C . תוצאה זו, יחד עם העובדה שטמפרטורת האוויר במבנה לא היתה אחידה מביאה למסקנה שבתכנון של מבנה מסחרי לא יהיה טעם להשתמש במערכת כזו לגידול אדמונית.

יבול פרחים. יבול פרחים משמעותי היה במערכות א' ו – ב', בהן הצמחים נמצאים בגיל ניבה. בשאר המערכות התקבל יבול לא משמעותי מכיוון שהצמחים היו בשנת הגידול הראשונה (טבלה 3). ניכר שיפור בכמות ובאיכות הפרחים במערכת א' בשנת 2019 בהשוואה לשנה שקדמה לה (טבלה 5). יבול הפרחים הגיע ב – 2019 ל – 7 ו-8.5 פרחים לצמח בזנים SB ו – DN בהתאמה. איכות הפרחים היתה גבוהה והתבטאה בכך שאורך הגבעולים הממוצע היה מעל 60 ס"מ וקוטרם כ – 5 מ"מ. איכות פרחים כזו נחשבת לאיכות הגבוהה ביותר הנסחרת בבורסות הפרחים.

במערכת ב' הבנויה מערוגות מבודדות מעל הקרקע תוצאות יבול הפרחים היו שונות (טבלה 3). בזן SB יבול הפרחים היה יחסית גבוה, 5.3 פרחים לצמח, קרוב לתוצאות היבול במערכת א' בה הצמחים גדלים בקרקע. בזן DN התקבלו רק 1.08 פרחים לצמח באיכות נמוכה. תוצאה זו ממחישה שוב את הבעיות של הזן הזה לגדול בנפח מצע מוגבל, בעיה המשליכה על האפשרות להשתמש בזן זה בשיטת השינוע

טבלה 5. יבול פרחי אדמונית משני זנים שגדלו במערכת צינון קרקע ללא בידוד בשנת 2018 ו – 2019.

SB		DN		זן
2019	2018	2019	2018	שנת קטיף
6.83	5.11	8.41	3.69	פרחים לצמח
62.02	61.35	66.79	63.50	אורך פרח (ס"מ)
5.32	5.09	4.94	4.75	קוטר גבעול (מ"מ)
19/3/2019	13/3/2018	12/3/2019	7/3/2018	תחילת קטיף
14/4/2019	8/4/2018	14/4/2019	8/4/2018	סוף קטיף

בשנת המחקר הבאה יתבצע, בין השאר, תכנון של מערכת מסחרית. תוצאות שנת המחקר הנוכחית ילקחו בחשבון בתכנון שיתבצע.

טבלה 3. ריכוז נתוני פריחה במערכות בקרת טמפרטורת קרקע, אבני איתן, 2019

קוטר גבעול	אורך גבעול	פרחים לצמח	סוף קטיף	תחילת קטיף	תיאור מערכת	סימול מערכת	שם זן מקוצר	זן
4.14 4.25 4.68	62.25 60.83 44.17	0.85 0.18 0.30	13/3/2019 12/3/2019	8/3/2019 10/3/2019 1/4/2019	קרקע ללא בידוד ערוגות מבודדות מעל הקרקע מצע עם בידוד קרקע עם בידוד דלי משונע עם צינן התנדפותי דלי משונע ללא צינן התנדפותי	מערכת א' מערכת ב' מערכת ג' - מצע מערכת ג' - קרקע מערכת ד' מערכת ה'	CS	Coral Sunset
4.94 4.47 4.16 4.26	66.79 50.00 49.00	8.41 1.08 0.15	14/4/2019 14/4/2019 22/3/2019 8/4/2019	12/3/2019 4/4/2019 20/3/2019 1/4/2019	קרקע ללא בידוד ערוגות מבודדות מעל הקרקע מצע עם בידוד קרקע עם בידוד דלי משונע עם צינן התנדפותי דלי משונע ללא צינן התנדפותי	מערכת א' מערכת ב' מערכת ג' - מצע מערכת ג' - קרקע מערכת ד' מערכת ה'	DN	Duchesse de Nemour
4.84	45.83	0.50	14/4/2019	1/4/2019	קרקע ללא בידוד ערוגות מבודדות מעל הקרקע מצע עם בידוד קרקע עם בידוד דלי משונע עם צינן התנדפותי דלי משונע ללא צינן התנדפותי	מערכת א' מערכת ב' מערכת ג' - מצע מערכת ג' - קרקע מערכת ד' מערכת ה'	RG	Red Grace
5.32 5.45 5.14 5.14 5.22 4.26	62.02 63.83 63.39 69.19 56.81 55.50	6.83 5.33 1.29 0.91 1.85 0.30	14/4/2019 14/4/2019 5/4/2019 4/4/2019 4/4/2019 4/4/2019	19/3/2019 4/4/2019 20/3/2019 20/3/2019 4/4/2019 31/3/2019	קרקע ללא בידוד ערוגות מבודדות מעל הקרקע מצע עם בידוד קרקע עם בידוד דלי משונע עם צינן התנדפותי דלי משונע ללא צינן התנדפותי	מערכת א' מערכת ב' מערכת ג' - מצע מערכת ג' - קרקע מערכת ד' מערכת ה'	SB	Sarah Bernhardt

- Cohen M., R. Kamenetsky, G. Yom Din. (2016). Herbaceous peony in warm climate: modelling stem elongation and growers profit responses to dormancy conditions. Information Processing in Agriculture doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.inpa.2016.06.003>
- Cohen M., R. Eitan, G. Yom Din, R. Kamenetsky (2016). Effect of constant and alternating temperature regimes on post-dormancy development of herbaceous Peony. Acta Hort. 1171. ISHS 2017. DOI 10.17660/ActaHortic.2017.1171.13 Proc. XII International Symp. on Flower Bulbs and Herbaceous Perennials Eds.: Jihua Wang, Ding Mu and W.B. Miller.
- Kamenetsky, R, A. Barzilay, A. Erez and A.H. Halevy (2003). Temperature requirements for floral development of herbaceous Peony cv. 'Sarah Bernhardt', Sci.Hort, 97.309-320 :
- Yomdin G., Cohen M. and Kamenetsky R. (2015). Database for herbaceous peony cultivated in warm climate regions: effects of temperature on plant dormancy and growth. J. Horticulture Vol 2: 147. Doi: 10.4172/2376-0354.1000147