

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: vhrkamen@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. נבנו תעלות גידול מבודדות בקלקר שמולאו בקרקע המקומית או במצע גידול. בתוך הקרקע או המצע פוזרה צנרת להולכת מים חמים או קרים שחוברה למשאבת חום ולמשאבת מים המסחררת את הנוזל ובכך מבקרת את טמפרטורת הקרקע. בתעלות הגידול נשתלו צמחי אדמונית משלושה זנים. טמפרטורת המצע כווננה אל מתחת ל – 25°C בקיץ, הורדה באופן רציף בספטמבר ואוקטובר עד ל – 2°C והועלתה ל – 17°C במחצית ינואר. אותם זנים נשתלו כטיפול ביקורת בדליים בנפח של 10 ליטר ששונועו למקרה בסתיו והוחזרו לחממה לאחר צבירת מנות הקור. בנוסף הוקמה מערכת לצינון אוויר התנדפותי באמצעות עירפול בלחץ גבוה. טמפרטורת המצע נמדדה באופן רציף בעומק 5, 15 ו – 35 ס"מ ונרשמה צריכת החשמל בכל שלבי הגידול.

תוצאות עיקריות. נמצא שמערכת צינון/חימום הקרקע הצליחה לספק את טמפרטורות האופטימום בכל שלבי הגידול בקרוב טוב מאוד. צריכת החשמל היתה 41 ו – 31 קוט"ש במוצע ליום ובשלב הורדת הטמפרטורה בסתיו ובשלב הקרור בהתאמה. מצע הגידול שמורכב מטוף כבול וקומפוסט היה חם יותר בשעות הצהריים בקיץ בכ – 2°C בממוצע ובכ – 4°C מעל טמפרטורת האופטימום. מערכת צינון האוויר ההתנדפותי לא הצליחה להוריד את טמפרטורת האוויר מתחת ל – 25°C.

מסקנות והמלצות יש להוסיף מערכת של טנסיומטרים למען ניהול השקיה נכון שיבטיח ניקוז נאות. בתכנון מערכת מסחרית יש לכלול משאבת חום "תעשיתית" שתתוכנן לפעול בהפרשים גבוהים בין טמפרטורת החוץ לטמפרטורת הרצויה. יש לבצע שינויים במערכת הצינון ההתנדפותי שיגרמו לכך שהמערכת תוריד את טמפ. האוויר בקיץ מתחת ל – 25°C.

פרסומים והרצאות. דיווח על ביצועי המערכת בשנת המחקר הראשונה נמסר בהרצאה בכנס שנתי של מגדלי אדמוניות בארץ שהתקיים בנובמבר 2018 בבית דגן.

מבוא

בדו"ח המוגש בזה מתוארת השנה הראשונה 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- 600 דונם ברמת הגולן, בגליל המערבי, בגוש עציון, בהר חברון, בשילה ובחבל הבשור. הפרחים המוקדמים מישראל פודים מחירים גבוהים מאוד בשווקי היצוא וענף 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 במקרים הצמחים משונעים בדצמבר-ינואר לבתי צמיחה ופרחים 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 למקור 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 במקור. 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 ('שרה ברנהרדט') 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 'דושה דה נמור', 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 והקרקע 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

א. הקמת מערכת מבודדת לצינון קרקע

תהליך התכנון. מאחר והמערכת היא חדשנית התקיים הליך תכנון מפורט שכלל התייעצויות עם מומחים שונים. התקבלו החלטות באשר לרכיבי המערכת ולאופן ההקמה:

בידוד. נשקלו מספר סוגי בידוד בהבטים של יעילות בידוד, נוחות עבודה, מניעת התבלות וקורוזיה ומחיר. הוחלט להשתמש בלוחות קלקר בעובי 10 ס"מ.

ניקוז. מאחר והקרקע המקומית בתחנת אבני איתן מכילה כ- 60% חרסית הועלו חששות באשר לנזק אפשרי לצמחים בגלל ניקוז לקוי מהערוגה שתנותק מהקרקע הטבעית באמצעות לוחות הבידוד. לאחר התייעצות עם מומחים לקרקע ולניקוז הוחלט: (1) ליצר ערוגה עמוקה יותר מהתכנון המקורי שעמד על 50 ס"מ. (2) להגדיל את שיעור השיפוע מעבר ל- 0.5% המתוכנן. (3) לאפשר חיבור פיזי בין הקרקע שתוחזר לערוגה לבין הקרקע המקורית מתחת לבידוד ע"י יצירת מרווח בין לוחות הבידוד. ע"פ ההמלצות של חוקרי הקרקע איתם התייעצנו מספיק חיבור של כ- 1% מהשטח על מנת להבטיח ניקוז טוב. יצירת המרווח בין הלוחות הינה פשרה בין השאיפה ליעילות בידוד מקסימלית לבין הבטחת קרקע מנוקזת החיונית לגידול טוב של הצמחים.

מצע גידול. עקב החשש שיגרמו נזקים לצמחים, למרות האמצעים לשיפור הניקוז בערוגה אליה תוחזר הקרקע המקומית, הוחלט להוסיף טיפול שבו תיבחן המערכת גם במצע גידול מנקז. הוחלט להשתמש במצע הגידול בו משתמשים מגדלי האדמונית למילוי הדליים בשיטת השינוע.

רוחב ערוגות. מאחר ואין השפעה לרוחב הערוגות על יעילות הבידוד הרי ככל שהערוגות יהיו רחבות יותר עלות הבידוד ליחידת שטח תקטן. בחלקה מסחרית יהיה הגיוני, איפוא, לתכנן ערוגות בהתאם לרוחב מפתח הגמלוניים בחממה. בפרויקט הנוכחי הוחלט להקים שתי ערוגות במפתח המבנה המיועד לניסוי על מנת לאפשר השוואה בין ערוגה במילוי של הקרקע המקומית לבין ערוגה שתמולא במצע גידול. שיקולים אלו הובילו להחלטה לבנות ערוגות ברוחב של 350 ס"מ.

עם סיכום הדיונים הוצאה הנחיה לתכנון מפורט של רכיבי המערכת והתקבלה ההצעה של חברת 'סולארי' להספקת והקמת המערכת לצינון/חימום הקרקע (איור 1).

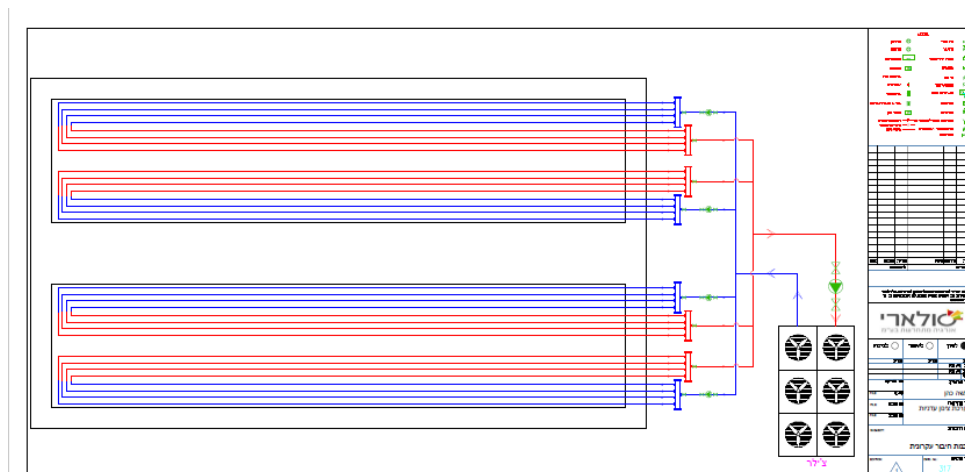
הקמת המערכת. בבית צמיחה בשטח של 120 מ"ר נחפרו שתי תעלות ברוחב של 3.5 מטר ובאורך של 15 מטר כל אחת. במטרה להבטיח ניקוז נאות עומק החפירה בראש כל אחת מהתעלות היה כ- 60 ס"מ וכ- 80 ס"מ בסופה. הקצוות העמוקים של שתי התעלות חוברו בתעלות ברוחב של כ- 60 ס"מ לתעלת ניקוז מרכזית הנמצאת

בסמוך. תעלה אחת יועדה למילוי באדמה המקומית ובשניה מולא מצע גידול המקובל בשינוע של דליי אדמונית המורכב מ – 65% טוף, 30% כבול ו – 5% קומפוסט.

בקרקעית תעלת הקרקע המקומית הונחו לוחות קלקר בגודל 10*108*300 ס"מ ברווחים של כ – 2 ס"מ אחד מהשני. קירות התעלה דופנו אף הם בלוחות קלקר בעובי 10 ס"מ. האדמה המקומית הוחזרה לתעלה תוך הקפדה על מילוי מהודק של הרווחים בין לוחות הקלקר לצורך השגת רציפות בין הקרקע בתעלה לקרקע שמתחתיה וזאת לשם הבטחת ניקוז טוב (תמונה 1, ימין).

קרקעית וקירות תעלת מצע הגידול דופנו בלוחות קלקר זהים שהונחו בצמידות אחד ליד השני. עליהם נפרשה יריעת פוליאתילן בכל נפח התעלה שמולאה ב – טוף גס בשכבה של 10 ס"מ ולאחר מכן במצע הגידול (תמונה 2).

תעלות הקרקע המקומית ומצע הגידול מולאו עד לגובה של כ – 10 ס"מ מתחת לרום המתוכנן הסופי (תמונה 1, שמאל). לאורך התעלות פוזרה צנרת אלומיניום העטוף בפוליאתילן. הצנרת פוזרה בשלושה מקבצים של 6 צנורות, כך שנוצרו שלוש שורות לגידול בכל אחת משתי התעלות (תמונה 3). הצנרת חוברה למשאבת חום/קור בתפוקה של 21KW. סחרור המים מתבצע באמצעות שתי משאבות סחרור DAB. בנוסף המערכת מכילה מערכת התפשטות (המורכבת ממיכל התפשטות, מקטין לחץ, שעון לחץ, מד טמפרטורה, שסתום התפשטות ושני משחררי אוויר) וכן מיכל איזון בנפח של 80 ליטר עם ארבע יציאות. המערכת מולאה במים אליהם הוסף אתילן גליקול על מנת למנוע קפיאה.



איור 1. תכנון מערכת חימום צינור הקרקע ע"י חברת 'סולארי'

שתילת חומר צמחי. בסוף מרץ 2018 נשתלו בשתי הערוגות כתרים של אדמונית מהזנים 'Dusseche de Nemours' (DN), 'Sarah Bernhardt' (SB) ו – 'Coral Sunset' (CS). השתילים נשתלו במרווח של 40 ס"מ, 35 שתילים לשורה, 70 שתילים לזן. באותו מועד נשתלו 40 שתילים לזן בדליים בנפח של 10 ליטר שמולאו במצע גידול המקובל בשינוע מסחרי של אדמוניות שהכיל 65% טוף, 30% כבול ו – 5% קומפוסט. הדליים גודלו בבית רשת בתחנת הנסיונות באבני איתן.

בקרת טמפרטורה. בשורה האמצעית של כל אחת משתי ערוגות הניסוי הותקנו שני מקבצים של חיישני טמפרטורת קרקע בעומק של 5, 15 ו – 35 ס"מ. מקבץ אחד הותקן בקצה הרבע הראשון והמקבץ השני בקצה הרבע השלישי של הערוגה. במרכז המבנה, בגובה של כ – 70 ס"מ מעל פני הקרקע, הותקן חיישן טמפרטורת אוויר וחיישן לחות יחסית. נתוני החיישנים נאגרים אחת ל – 10 דקות ומשודרים לתחנה הקולטת את הנתונים.

עם התקנת החיישנים חובר פאנל סולארי בגודל של 28*35 ס"מ להזנת המצבר של יחידת האגירה והמודם. לאחר שבועות אחדים בהם היו כשלים במילוי המצבר חוברה המערכת ישירות לרשת החשמל.



תמונה 1. הכנת ערוגה במילוי קרקע מקומי. ימין – שמירת רווחים בין לוחות הבידוד לצורך ניקוז. שמאל – ערוגה מוכנה לפריסת הצנרת. מילוי עד 10 ס"מ מתחת לרום הסופי



תמונה 3. פריסת צנרת מים בערוגות הניסוי

תמונה 2. הכנת ערוגה במילוי מצע גידול. לוחות בידוד צמודים, יריעת פוליאטילן, שכבת טוף גס לניקוז ומצע גידול

מעקב צריכת חשמל. הותקן מונה חשמל למערכת הניסוי. קריאת המונה נרשמה בכל פעם שנעשה שינוי בבקר של טמפרטורת מי המערכת.

ניהול טמפרטורת הקרקע. מסוף מאי 2018, כשטמפרטורת הקרקע החלה לעלות מעל ל 25°C כוונה טמפרטורת המים בבקר ל 20°C . בחודשי הקיץ החמים, יולי, אוגוסט ומחצית ספטמבר טמפרטורת מי המערכת הורדה ל 18°C . במחצית ספטמבר 2018 החל שלב ההערכות לכניסה לתרדמה (Onset) שהתבטא בהורדה הדרגתית של טמפרטורת מי המערכת עד ל 2°C בתחילת נובמבר 2018. בשלב זה החל שלב צבירת הקור והטמפרטורה בבקר הושארה על 2°C עד לתחילת ינואר 2019. בתקופה זו של צבירת הקור, בה אין חלקי צמח על-קרקעיים, כוסו פני הקרקע בשני הטיפולים ב - 4 שכבות של יריעה תרמית לתוספת בידוד. במחצית ינואר המבנה כוסה בפוליאטילן וטמפרטורת מי המערכת הועלתה ל 20°C בשאיפה להעלות את טמפרטורת המצע ל 17°C (טבלה 1). עם התחלת ההצצה הוסרו יריעות הבידוד התרמי.

שינוע דליים. בתחילת נובמבר 2018 הדליים הועברו למקרר בו שררה טמפרטורה של 2°C . הדליים שהו בקרור עד 17/1/2019, במקביל למועד בו החלה העלאת הטמפרטורה בקרקע ובמצע של הצמחים שגדלים בתעלות.

מחצית מהדליים מכל זן הועברו לחממה ללא צינן אוויר ומחציתם הועברו לחממה בה הותקן צינן אוויר. הדליים שהו בקרור 67 יום.

טבלה 1. ניהול טמפרטורת המצע וצריכת החשמל במערכת בקרת טמפרטורת הקרקע.

תאריך	טמפ. מי מערכת (°C)	מונה חשמל (קוט"ש)	צריכת חשמל יומית (קוט"ש)	שלב במחזור הגידול השנתי
23/5/2018	20	1.6		שמירת טמפרטורת המצע מתחת ל – 25°C
1/7/2018	18.5	918	23.5	
16/9/2018	16	3460	33.0	התחלת ONSET
20/9/2018	13.5	3614	38.5	
25/9/2018	12	3844	46.0	
4/10/2018	9.5	4185	37.9	
8/10/2018	7	4385	50.0	
5/11/2018	2	5500	39.8	התחלת שלב הקרור
9/11/2018	2	5621	30.3	
8/1/2019		7491	31.2	הפסקת קרור
15/1/2019	20	7491	0.0	העלאת טמפרטורת המצע ל – 17°C
15/2/2019	20	7927	14.1	

ב. מערכת צינן אוויר באמצעות עירפול בטיפות זעירות

במבנה בשטח של 120 מ"ר הותקנה מערכת לצינן התנדפותי שכללה את הרכיבים הבאים: לוח פיקוד, מיכל מים ומשאבה (תמונה 4, שמאל), 4 קווי נחושת עליהם הותקנו פומיות עירפול בספיקה של 6 ליטר/שעה (תמונה 4, ימין), מאוורר בקוטר 125 ס"מ שהותקן במרכז הדופן הצרה במבנה, חישן טמפרטורה שהוצב במרכז המבנה בגובה 100 ס"מ מפני הקרקע, בקר טמפרטורה המפעיל במקביל את משאבת המים והמאוורר.



תמונה 4. רכיבים ממערכת צינן התנדפותי. ימין-פומית (דיזה) ערפול בלחץ גבוה, שמאל – מיכל מים, משאבה ולוח פיקוד

דפנות המבנה וגגו כוסו בפוליאטילן ומעליו נפרשה רשת צל 50%. בדופן הממוקמת ממול דופן המאוורר, בגובה של 150 ס"מ מהקרקע, נפתח חלון ברוחב 60 ס"מ לכל רוחב המבנה (10 מ'). על החלון הותקנה רשת מש 50. בקר הטמפרטורה כוון ל – 24°C. עם קבלת פקודה מהבקר משאבת המים שואבת מים בלחץ של 100 אטמ' אל פומיות העירפול. בו זמנית נכנס המאוורר לפעולה ושואב את האויר מדופן החלון שמולו אל מחוץ למבנה. כשהטמפרטורה מגיעה ל – 22°C המאוורר והמשאבה מפסיקים לפעול.

ג. מערכת קיימת של ערוגות מבודדות מעל הקרקע

לצורך לימוד יכולות המערכת החדשה נכללה גם מערכת שהוקמה כאב טיפוס ביוני 2016. על רצפת בטון במבנה בשטח של 40 מ"ר נבנו 4 ערוגות באורך 600 ס"מ, רוחב 60 ס"מ בגובה 40 ס"מ. הערוגות נבנו מפאנל בידוד בעובי 5 ס"מ (תמונה 5). הערוגות מולאו במצע גידול שהכיל 65% טוף, 30% כבול ו- 5% קומפוסט ובתוכן פוזרה צנרת אלומיניום עטוף בפוליאטילן. הצנרת מחוברת למשאבת חום המסחררת את המים בטמפרטורה הרצויה בתוך הערוגות. לוח הפיקוד נבנה עם בקר ראשי לטמפרטורת המים היוצאת ממשאבת החום וכן מארבעה בקרי משנה המאפשרים כיוונון טמפרטורה שונה לכל ערוגה. בכל ערוגה הותקן חיישן טמפרטורה הקורא את טמפרטורת הקרקע בעומק 5 ס"מ. אחת ל- 10 דקות נאגרות הטמפרטורות באוגר נתונים אנלוגי מסוג Onset UX120-006M. בדצמבר 2017 נשתלו הזנים '(DN) 'Dusseche de Nemours', '(SB) 'Sarah Bernhardt' ו- '(RG) Red Grace'. יש לציין ששניים מהזנים זהים לזנים שנשתלו בערוגות המבודדות בקרקע ובדליי הניסוי. ניהול טמפרטורת הקרקע היה בדומה למה שהתבצע בערוגות הקרקע.



תמונה 5. ערוגות מוגבהות מפאנל בידוד

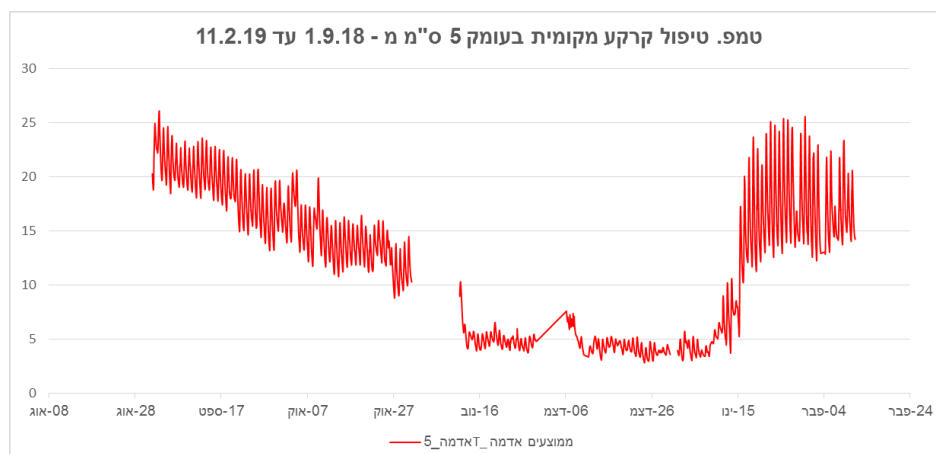
ד. תוצאות

מערכת מבודדת לצינון קרקע

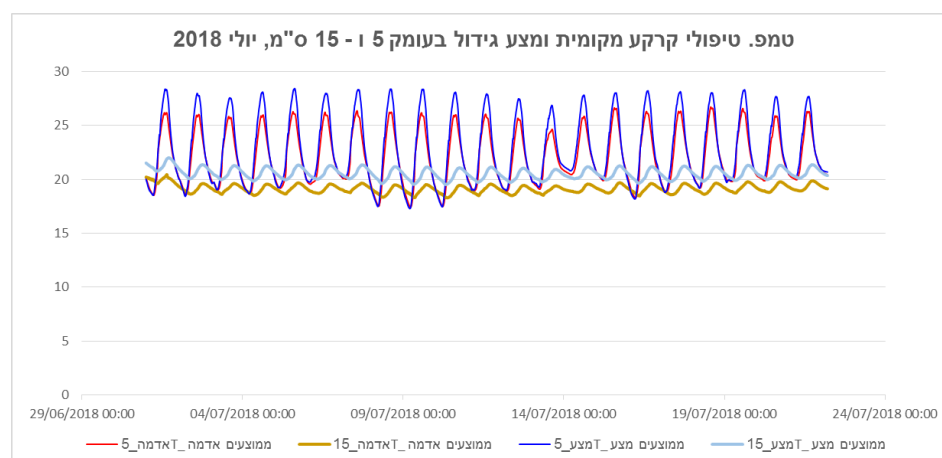
השפעת המערכת על טמפרטורת הקרקע. קריאות של טמפרטורות המצע בעומקים של 5, 15 ו- 35 ס"מ נאגרו בכל 10 דקות החל מסוף אפריל 2018 ועד תחילת פברואר 2019. בכל אחד מעומקי המדידה בשני מצעי הגידול (קרקע מקומית ומצע גידול) הוצבו 2 סנסורים. נוצרה טבלה בת כ- 36,000 שורות. נמצא כי מערכת בקרת טמפרטורת הקרקע כפי שתוכננה ונבנתה הצליחה ליצר בקרוב טוב את טמפרטורות האופטימום החל משלב הורדת הטמפרטורה בסוף הקיץ (Onset), בשלב הקרור בתקופת התרדמה ובשלב העלאת טמפרטורת הקרקע במרכז החורף לצורך התעוררות מוקדמת (איור 2). בחודשי הקיץ החמים טמפרטורת הקרקע בעומק 5 ס"מ עלתה לכ- 5 שעות ביממה מעל לטמפרטורה הרצויה של 25°C. בשאר העומקים טמפרטורת הקרקע היתה בתחום הרצוי גם בחודשי הקיץ (איור 3).

השפעת מערכת הקרור על מצעי הגידול השפעת מערכת בקרת טמפ. הקרקע על מצע הגידול הניבה תוצאות קיצוניות יותר בהשוואה לקרקע המקומית בכל פאזות הגידול (איור 3, טבלה 2). טמפרטורות המקסימום היו גבוהות יותר בכ- 2°C במצע לעומת הקרקע המקומית בתקופת הקיץ והגיעו לכ- 28.5°C בעומק 5 ס"מ בעוד שהטמפרטורה הרצויה בתקופה זו הינה 25°C. בקרקע טמפרטורת המקסימום בתקופה זו היתה קרובה יותר לטמפרטורה הרצויה והיתה 26.9°C בלבד. בתקופת הקרור בה יש חשיבות מיוחדת לטמפרטורות סביב 2°C

טמפרטורת המינימום בעומק 5 ס"מ היתה דומה בשני המצעים ועמדה על 2.21°C ו- 2.81°C במצע הגידול ובקרקע המקומית בהתאמה. השפעת מערכת הקרור ירדה ככל שעלה עומק הקרקע. בעומק 35 ס"מ טמפ. הקרקע בתקופת הקרור היתה 5.39°C ו- 3.56°C במצע הגידול ובקרקע המקומית בהתאמה.



איור 2. טמפרטורה של טיפול הקרקע המקומית בעומק 5 ס"מ, ספטמבר 2018 – פברואר 2019



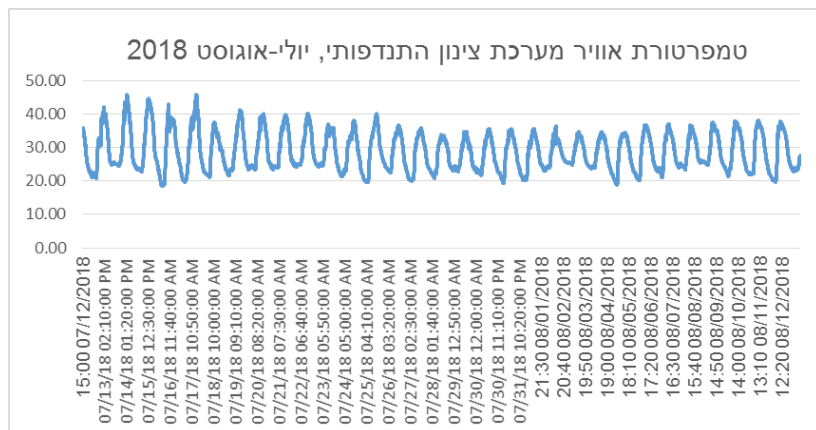
איור 3. טמפרטורות של טיפול הקרקע המקומית והמצע המנותק בעומק של 5 ו- 15 ס"מ, יולי 2018

טבלה 2. טמפרטורות ממוצעות בטיפולי קרקע מקומית ומצע גידול בשלושה עומקים בשלוש פאזות גידול

מילוי קרקע מקומית			מצע גידול			
קרקע 5 ס"מ	קרקע 15 ס"מ	קרקע 35 ס"מ	מצע 5 ס"מ	מצע 15 ס"מ	מצע 35 ס"מ	
26.90	20.45	20.41	28.44	22.01	22.77	מקסימום יולי אוגוסט
17.42	18.29	18.93	17.29	19.52	21.34	מינימום יולי אוגוסט
9.48	2.16	1.48	11.15	2.49	1.44	משרעת יולי-אוגוסט 2018
26.11	23.12	20.90	28.31	23.44	22.78	מקסימום ספט.-אוק. 2018 (Onset)
8.79	9.33	10.61	8.51	10.33	12.51	מינימום ספט.-אוק. 2018 (Onset)
2.81	2.18	3.56	2.23	3.39	5.39	מינימום נוב. 2018-ינו. 2019 (קרור)

צריכת חשמל. צריכת החשמל בשלבי הגידול השונים ממאי 2018 ועד פברואר 2019 מופיעה בטבלה 1. בניגוד לציפיות המוקדמות נמצא שצריכת החשמל היומית הממוצעת בשלב ההורדה ההדרגתית של הטמפרטורה היתה 41.1 קוט"ש, גבוהה יותר מזו של שלב הקרור בו צריכת החשמל היומית הממוצעת היתה 31.1 קוט"ש. העובדה

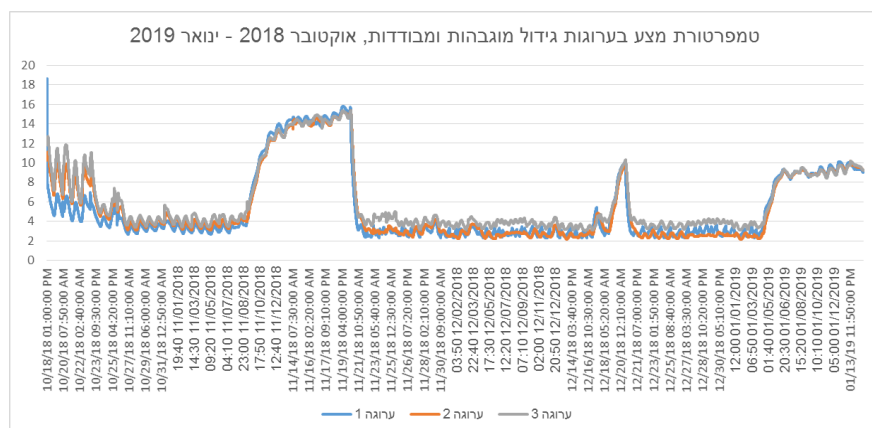
שפטמבר ואוקטובר 2018, התקופה בה מתרחש שלב ה – Onset היו חמים במיוחד השנה והבידוד שניתן להוסיף על פני הקרקע בשלב הקרור תרמו לתוצאה הזו.



איור 4. טמפרטורות אוויר, מערכת צינון התנדפות, קיץ 2018

מערכת צינון אוויר התנדפות

מערכת צינון האוויר לא הצליחה להוריד את טמפרטורות האוויר לרמה הרצויה. (איור 4). תכנון המערכת וכן הנחיות הספק היו כי יש לאטום את המבנה בפוליאטילן על מנת למנוע השפעות מחוץ למבנה. איטום זה גרם לעליה גבוהה בטמפרטורת האוויר, מעבר לטמפרטורה מחוץ למבנה, ומערכת העירפול לא הצליחה להתמודד למרות שכל המבנה כוסה ברשת צל בנוסף לכיסוי הפוליאטילן.



איור 5. טמפרטורות מצע בערוגות גידול מוגבהות ומבודדות, אוקטובר 2018 – ינואר 2019.

ערוגות מבודדות מעל הקרקע

בדומה למערכת הערוגות המבודדות בקרקע גם מערכת זו, שנבנתה כאמור לפני שנתיים כאב טיפוס, מצליחה לשלוט בטמפרטורות המצע כמבוקש. באיור 5 מופיעות טמפרטורות המצע בעומק 5 ס"מ מאוקטובר 2018, לקראת סוף תקופת ה – Onset, במהלך הקרור בתקופת התרדמה.

והפסקת הקרור והתחלת התחממות המצע בתחילת ינואר 2019. טמפרטורות המצע בתקופת הקרור נמצאות בין 3°C ל – 5°C . ניתן להבחין בשתי תקלות בהן משאבת החום הפסיקה לעבוד. אחת התקלות נמשכה כ – 13 יום (8/11/2018 – 21/11/2018) מכיוון שהיה עיכוב של נותן השרות בהשגה של חלקי חילוף.

מעקב צמחי

מתבצע מעקב צמחי, כמתוכנן, בכל הטיפולים. הפריחה צפויה למחצית מרץ 2019. דיווח על השפעת המערכת על ביצועי הצמחים יוגש בשנת הדיווח הבאה.

ה. דיון

במחקר הנוכחי מתוכנן פיתוח של מערכת לבקרת טמפרטורות הקרקע והאוויר במטרה למקסם יצור של מוצרי חקלאות בעונות בהן התמורה עבורם 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. הרעיון הטכנולוגי נבדק על ידינו בשנתיים האחרונות במערכת אב-טיפוס של צינון/חימום קרקע לא מבודדת והוכח כבעל פוטנציאל מעניין.

בתום שנת המחקר הראשונה בה הוקמה המערכת, נשתלו הצמחים ונערך מעקב ראשוני על ביצועי המערכת 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 בכל פאזות הגידול. בשנת המחקר השניה והשלישית לכשיקטף יכול הפרחים ניתן יהיה להכין תחשיב שיבחן את כלכליות הגידול כאשר הגורמים החשובים בו יהיו: כמות הפרחים ואיכותם, מועד הקטיף (ממנו נגזר מחיר הפרח), עלות ההשקעה ועלות החשמל המושקע בגידול. בידוד טוב עשוי, כמובן, לחסוך בעלויות האנרגיה.

ניקוז מול בידוד. הוקדשה מחשבה רבה לנושא זה כפי שנכתב בפרק "עיקרי הניסויים". במערכת שנבנתה נכללו מספר מרכיבים שנוספו מעבר לתכנון המקורי במטרה להבטיח ניקוז נאות תוך פגיעה מינימלית בבידוד. על מנת להבטיח ניהול נכון של ההשקיה בחלקה הוחלט להוסיף, מעבר לתכנון המקורי, מערכת של טנסיומטרים שתדווח באופן רציף על שיעור הרטיבות בחתך הקרקע לכל עומקו עם אפשרות לקריאה מרחוק. מערכת כזו הורכבה ממש בימים האחרונים והיא תשרת את המחקר בשנים הבאות.

מצעי גידול. נמצאו ההבדלים בתגובת מצעי הגידול לצינון/חימום הקרקע. מצע הגידול שמורכב מטוף כבול וקומפוסט היה חם יותר בשעות הצהריים בקיץ בכ -2°C בממוצע ובכ -4°C מעל טמפרטורת האופטימום. בשנות המחקר הבאות יתקבלו נתונים על יכולת הפרחים במצע הזה שיובאו בחשבון בתחשיב הכלכלי. יש לציין שעלות ההשקעה במצע מלאכותי יקרה בעשרות אלפי שקלים לדונם בהשוואה להחזרת הקרקע המקומית לתעלות הגידול המבודדות.

צינון אוויר התנדפותי. רכיב זה במערכת לא הצליח למלא את יעודו ולהוריד את טמפרטורת האוויר אל מתחת ל 25°C בקיץ. לקראת שנת המחקר השניה נצטרך, יחד עם הספק, לבחון אמצעים לשפר את ביצועי המערכת.

משאבת חום. משאבת החום הינה רכיב מרכזי במערכת. במהלך התפעול ארעו שתי תקלות שהארוכה בהן השביתה את המערכת ל – 13 יום בשלב התרדמה וקרוור הקרקע. בשנת המחקר השלישית עלינו לתכנן מערכת חצי מסחרית. אחד הנושאים שיעלו על הפרק יהיה הצורך להבטיח משאבת חום "תעשיתית" שתתוכנן לפעול בהפרשים גבוהים בין טמפרטורת החוץ לטמפרטורת הרצויה. שני השלבים הקריטיים בגידול מתרחשים במציאות של הפרשי טמפרטורה גבוהים בין המצוי והרצוי. הורדת הטמפרטורה בסתיו (Onset) מ -22°C ל -2°C מתרחשת כשטמפרטורות האוויר מגיעות ל 30°C ואף יותר. בשנים האחרונות אנו חווים טמפרטורות יום גבוהות גם בנובמבר-דצמבר כאשר יש דרישה לשמירת טמפרטורה של 2°C בקרקע או במצע הגידול בפאזת צבירת הקור.

- 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 Hortic. 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