

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 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 תת-קרקעי ועילי 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 ובנוסף התפתחו בו מחלות קרקע בשנת הגידול השלישית. בידוד תת קרקעי של בית השורשים תרם לחיסכון של 38% בצריכת החשמל והבידוד העילי באמצעות חיפוי ביריעות פלציב הוריד את צריכת האנרגיה ב - 45%. התרומה המצרפית של שתי שיטות הבידוד הגיעה לחיסכון של 65%. מערכת צינון האוויר ההתנדפותי לא הצליחה להוריד את טמפרטורת האוויר מתחת ל - 30°C. בצמחי אדמונית שגדלו במערכות הגידול החל ממועד השתילה נקטפו מעל 10 פרחים לצמח בשני הזנים העיקריים כבר משנת הגידול השניה. איכות הפרחים היתה גבוהה ביותר ומועד הקטיף היה במרץ.

מסקנות והמלצות ניתן להמליץ על הקמת מערכת מסחרית לטיפול בטמפרטורת הקרקע לגידול אדמונית. גידול הצמחים יעשה בקרקע מקומית תוך מתן דגש לבידוד בתכנון המערכת. יש לבחון את תרומת המערכת בגידולים נוספים.

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

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 והגיעו במרץ 2019 ל- 5 – 7 ש"ח לענף בשער המשק. שיווק פרחי האדמונית בשנת 2020 השתבש עקב פרוץ מגפת הקורונה וסגירת בורסות הפרחים באירופה בפברואר-מרץ, כאשר הפרחים המוקדמים מישראל היו מוכנים למשלוח. פרחי אדמוניות רבים הופנו לשוק המקומי במחירים נמוכים יותר מהמקובל בשווקי היצוא בעונה המוקדמת. חשיפת פרחי האדמונית לצרכן הישראלי גדלה מאוד וכתוצאה מכך מסתמנת עליה בביקוש בארץ בתחילת עונת השיווק 2021, מועד כתיבת הדו"ח הנוכחי.

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 במקרים 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 למקור והחזרתם לחממה בתוספת עלות האנרגיה הדרושה לקרור הינו יקר ועומד על כ- 22,000 ש"ח לדונם. (נתוני משק גדול שמגדל בשיטת השינוע). 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 ('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 לגדול 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.

בדו"ח המוגש בזה מסוכמים שלוש שנים של בחינת מערכת טכנולוגית חדישה המיועדת להתמודד עם הבעיות והקשיים שמלווים את שיטת ה"שינוע". הצמחים שתולים בקרקע ובכך נחסכות עלויות השינוע. המערכת מתוכננת

להעניק לצמחים את הטמפרטורות האופטימליות בכל פאזות הגידול במהלך מחזור הגידול השנתי. יכולות המערכת ותרומתה הכלכלית נבחנו תוך שימוש בידע הפיזיולוגי הנרחב באשר לגידול פרחי אדמונית.

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

פיתוח המערכת כלל שלושה שלבים: (1) תכנון והקמה; (2) תפעול ובחינת המערכת בהבטים פיזיים וגידוליים; (3) תכנון מערכת מסחרית.

תכנון והקמה

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

בידוד עילי. בתקופת הקרור, בה אין לצמח חלקים עיליים, הוספה שכבת בידוד על הקרקע. הבידוד התקבל משתי יריעות פלציב בעובי 1 ס"מ שנפרשו אחת מעל השניה.

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, בהתחשב במבנה ובמרקם הקרקע המקומית באבני איתן 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.

בגלל החשש מניקוז לקוי הותקנו טנסיומטרים בעומק 20, 40 ו- 70 - 80 ס"מ. קריאות הטנסיומטרים נאגרו אחת לחצי שעה.

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.

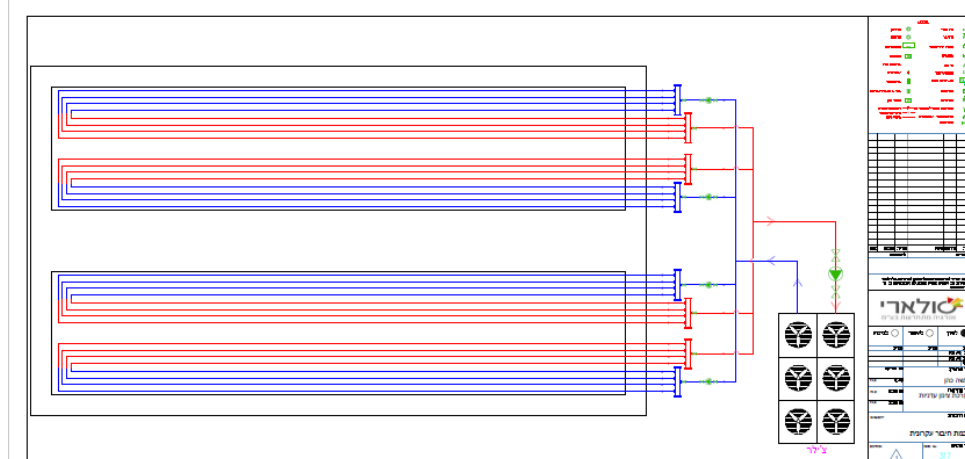
רוחב ערוגות. מאחר ואין השפעה לרוחב הערוגות על יעילות הבידוד הרי ככל שהערוגות יהיו רחבות יותר עלות הבידוד ליחידת שטח תקטן. בחלקה מסחרית יהיה הגיוני, איפוא, לתכנן ערוגות בהתאם לרוחב מפתח הגמלוני בחממה. בפרויקט הנוכחי הוחלט להקים שתי ערוגות במפתח המבנה המיועד לניסוי על מנת לאפשר השוואה בין ערוגה במילוי 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. בקרקעית תעלת הקרקע המקומית הונחו לוחות קלקר בגודל 300*108*10 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).

קירות תעלת מצע הגידול וקרקעיתה דופנו בלוחות קלקר זהים שהונחו בצמידות אחד ליד השני. עליהם נפרשה יריעת פוליאתילן ועליה שכבה של 10 ס"מ טוף גס ולאחר מכן במצע הגידול שהורכב מ – 65% טוף, 30% כבול ו – 5% קומפוסט. (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 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/צינון 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% טופ, 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. **מעקב צריכת חשמל.** הותקן מונה חשמל למערכת הניסוי. קריאת המונה נרשמה בכל פעם שנעשה שינוי בבקר של טמפרטורת מי המערכת.



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 פוליאיתילן, שכבת טופ גס לניקוז ומצע גידול

ב. מערכת צינון אוויר באמצעות עירפול בטיפות זעירות

במבנה בשטח של 120 מ"ר הותקנה מערכת לצינון 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. 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.



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

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 כיוון טמפרטורה שונה לכל ערוגה. בכל ערוגה הותקן חיישן טמפרטורה הקורא את טמפרטורת הקרקע בעומק 5 ס"מ. אחת ל- 10 דקות נאגרו הטמפרטורות באוגר נתונים אנלוגי מסוג Onset UX120-006M. בדצמבר 2017 נשתלו הזנים 'Dusseche de Nemours' (DN), 'Sarah Bernhardt' (SB) ו- 'Red Grace' (RG).



תמונה 5. ערוגות מוגבהות מפאנל בידוד

בטבלה 1 מוצגים מערכות הגידול שנבחנו בשלבי הפרויקט השונים. המערכות מורכבות משילובים של:

- מצעי גידול (קרקע מקומית באבני איתן המכילה כ – 60% חרסית ומצע גידול המקובל בשינוע אדמונית המורכב מ – 65% טוף, 30% כבול ו – 5% קומפוסט)
- שיטות בידוד תרמי (ללא בידוד, בידוד סביב בית השורשים, ובידוד עילי)
- שיטות לבקרת טמפרטורת הקרקע (בקרה מלאה – צמחים שתולים בקרקע ומסביבם צנרת לחימום או קרור של בית השורשים, בקרה חלקית – צמחים גדלים בדליים ומשונעים לבית קרור בתקופת התרדמה)
- בקרת טמפרטורת האוויר (מערכת לצינון התנדפותי).

טבלה 1. מערכות גידול שהורכבו משילובים של שיטות בידוד תרמי ובקרת טמפרטורת אוויר וקרקע

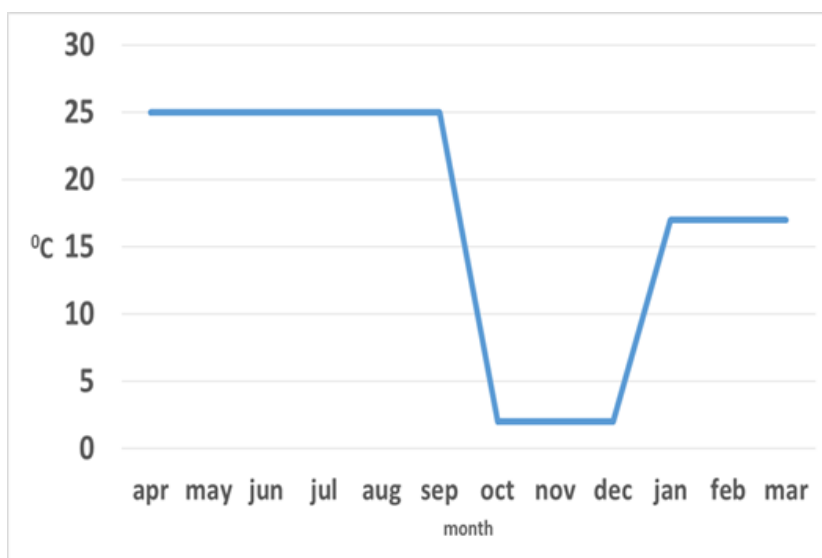
מס. סידורי	שיטת גידול	מצע גידול	שנת הקמה	בידוד בית השורשים	בידוד עילי	צינון התנדפותי
א	צמחים בקרקע ללא שינוע	קרקע מקומית	2015 (אבטיפוס 1)	-	+	-
ב	צמחים במצע ללא שינוע. ערוגות מבודדות	מצע גידול	2016 (אבטיפוס 2)	+	-	-
ג	צמחים בקרקע ללא שינוע	קרקע מקומית	2018	+	+	-
ד	צמחים ללא שינוע	מצע גידול	2018	+	+	-
ה	שינוע בדליים	מצע גידול	2018	-	-	+
ו	שינוע בדליים	מצע גידול	2018	-	-	-

תפעול ובחינת המערכת בהבטים פיזיים וגידוליים

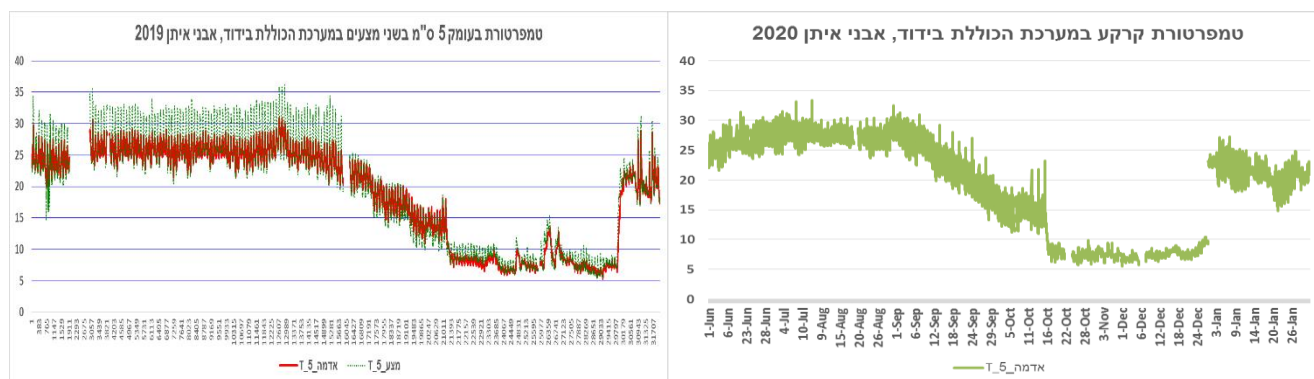
א. השפעת מערכות הגידול על טמפרטורות הקרקע, מצע הגידול והאוויר

ניהול טמפרטורת הקרקע. טמפרטורות הקרקע הותאמו, עקרונית, לטמפרטורות האופטימום לכל פאזת גידול שנקבעו על פי מחקרים ותצפיות שבצענו בשנים קודמות (איור 2). 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. השלמת צבירת הקור חושבה על פי מודל "ברכת כהנים", מודל יחודי לאדמונית אותו פיתחנו במסגרת מחקר שהסתיים לאחרונה (ראה להלן סעיף ה'). חישוב מנות

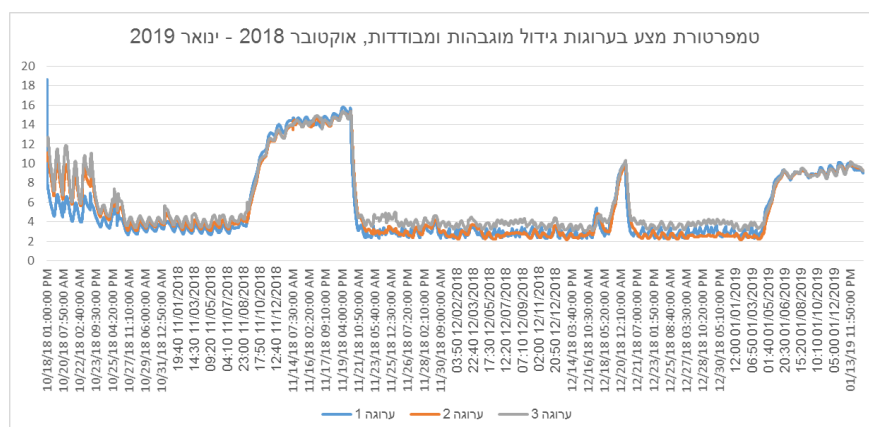
הקור ע"פ מודל זה מתייחס לטמפרטורת הקרקע בעומק 5 ס"מ, ולוקח בחשבון את אופי צבירת הקור (טמפרטורה קבועה כפי שקורה במקרר או טמפרטורה משתנה על בסיס יממתי כפי שמתרחש באדמוניות השתולות בקרקע). המודל נותן משקל שונה לטווחי טמפרטורת קרקע שונים. עם השלמת צבירת הקור טמפרטורת הקרקע הועלתה ל – 17°C במטרה לעודד את היציאה מהתרדמה ולהקדים את מועד הפריחה ככל הניתן.



המערכת לבקרת הטמפרטורה ולסחרור הנוזל סביב בית השורשים אכן הצליחה להשרות טמפרטורת קרקע הקרובה לאופטימום התיאורטי בשנים 2018 (גרף לא מוצג) ובשנים 2019 ו- 2020 (איור 3).



איור 3. טמפרטורת קרקע בעומק 5 ס"מ במערכת הכוללת בידוד בית השורשים בשנים 2019 ו- 2020. השפעת המערכת על מצע הגידול פחותה מהשפעתה על הקרקע המקומית. מצע הגידול היה חם יותר בכ - 3 מעלות בקיץ 2019 ובכ - 1 - 2 מ"צ בפאזה הקרור הסתוית (איור 3, שמאל).



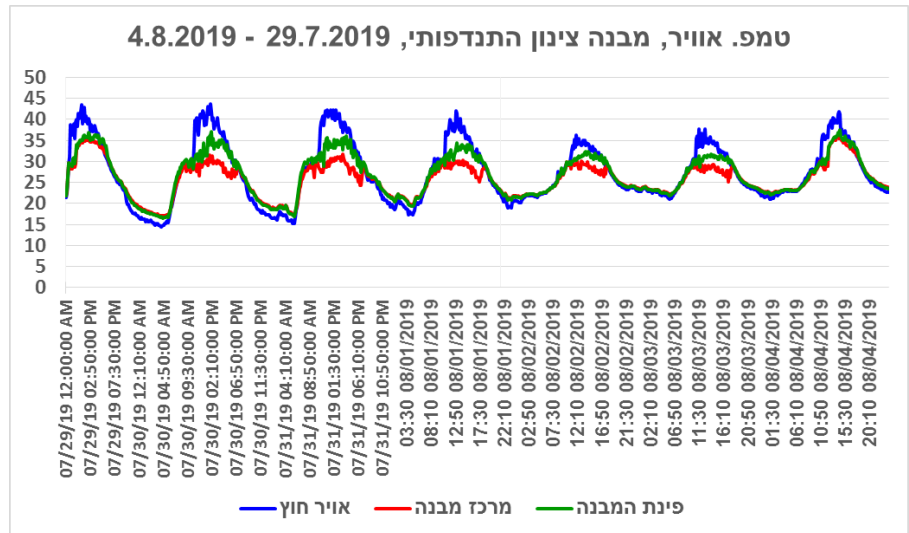
איור 4. טמפרטורות מצע בערוגות גידול מוגבהות ומבודדות, אוקטובר 2018 - ינואר 2019.

ערוגות מבודדות מעל הקרקע (מערכת ב', טבלה 1)

בדומה למערכת הערוגות המבודדות בקרקע גם מערכת זו, שנבנתה כאמור כאב טיפוס, מצליחה לשלוט בטמפרטורות המצע כמבוקש. באיור 4 מופיעות טמפרטורות המצע בעומק 5 ס"מ מאוקטובר 2018, לקראת סוף תקופת ה - Onset, במהלך הקרור

בתקופת התרדמה, ובהמשך הפסקת 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.

צינון אוויר התנדפותי בקיץ 2018 ו- 2019, טמפרטורת האוויר שטופל בריסוס מים בטיפות זעירות ובלחץ גבוה ירדה מכ - 40°C ל- 30°C במרכז המבנה בשעות הצהרים החמות בקיץ. 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 5).



איור 5. טמפרטורת אוויר במרכז ובפינת מבנה שרוסס בטיפות זעירות בלחץ גבוה בשבוע מייצג בקיץ.

ב. צריכת חשמל ותרומת הבידוד

צריכת החשמל הכוללת במבנה הכולל מערכת בידוד סביב בית השורשים (מבנה שכלל את מערכות ג' ו ד', טבלה 1) בשנים 2019 ו – 2020 היתה 9050 ו – 11,500 קוט"ש בהתאמה. ההבדלים בצריכת החשמל בין השנים ניכרו בעיקר בפאזת הורדת הטמפרטורה ההדרגתית (ONSET) ובשלב הקרור בחורף (טבלה 2). השוואה של צריכת החשמל במערכות הגידול השונות מאפשרת לזהות את התרומה של כל אחת משתי מערכות הבידוד – בידוד בית השורשים באמצעות לוחות קלקר, ובידוד עילי באמצעות יריעות פלציב בתקופת התרדמה וצבירת הקור – ואת התרומה המשולבת של שתי מערכות הבידוד (טבלה 3).

טבלה 2. צריכת חשמל יומית ממוצעת (קוט"ש) במהלך מחזור החיים השנתי בשנים 2019 ו – 2020 של אדמוניות במערכת הכוללת בידוד של בית השורשים ובתוספת בידוד עילי בתקופת התרדמה.

פאזת גידול	2019	2020
צינון קייצי	32	28
הורדת טמפ. הדרגתית (ONSET)	49	82
קרור בתקופת התרדמה (כולל בידוד עילי)	60	38
חימום לקראת פריחה	20	17

טבלה 3. צריכת חשמל יומית ממוצעת (קוט"ש) בשנת 2019 – 2020 בשתי מערכות צינון קרקע

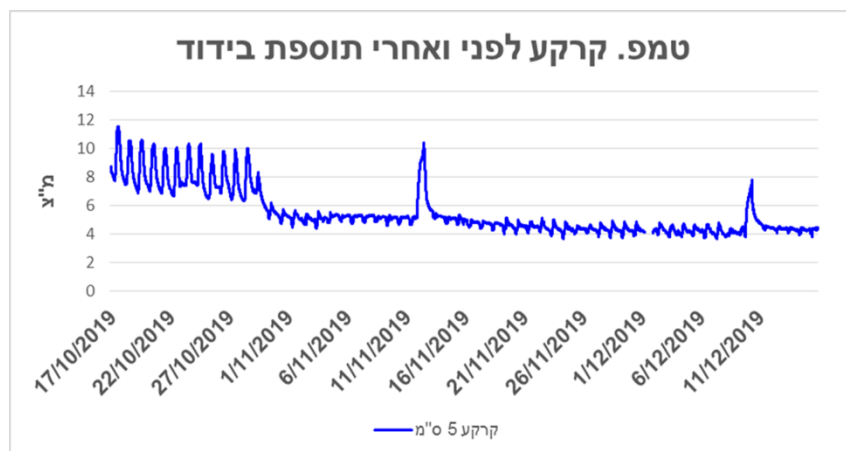
תקופה	ללא בידוד בית השורשים (מערכת א')	בידוד בית השורשים (מערכת ג' + ד')	חסכון באחוזים
קרור ללא בידוד עילי	112	69	38%
קרור עם שתי שכבות פלציב	64	38	41%
חסכון באחוזים	43%	45%	

בידוד הקלקר סביב בית השורשים גרם לחיסכון של 38% בתקופת הקרור הראשונה, לפני הכיסוי ביריעות הפלציב, ו – 41% לאחר הכיסוי ביריעות אלו.

בידוד יריעות הפלציב תרם לחיסכון של 43 עד 45 אחוז בצריכת החשמל היומית הממוצעת.

התרומה המצרפית של שתי מערכות הבידוד גרמה לירידה מ – 112 ל – 38 קוט"ש בממוצע יומי, כלומר לחיסכון של 65% בצריכת החשמל בתקופת הקרור.

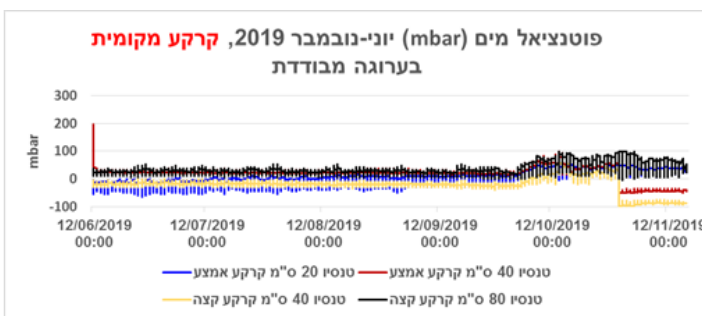
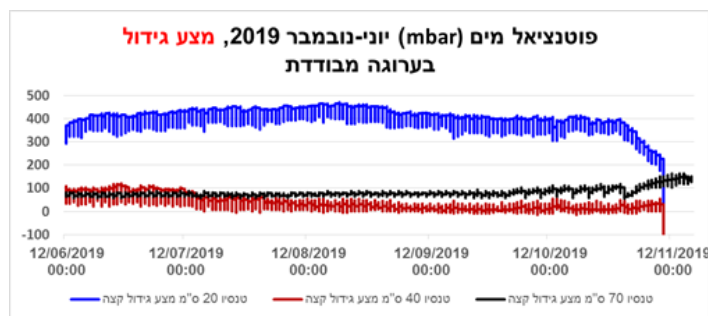
מעבר לחיסכון הניכר בצריכת החשמל, לתוספת הבידוד העילי היתה תרומה חשובה נוספת. לפני תוספת יריעות הפלציב טמפרטורת הקרקע היתה 8.25°C בממוצע והיא ירדה ל 4.6°C מיד לאחר תוספת הבידוד. המשרעת היומית של טמפרטורת הקרקע ירדה מכ 3.4°C לפחות מ 1°C כתוצאה מפריסת יריעות הבידוד (איור 6).



איור 6 טמפרטורת הקרקע בעומק 5 ס"מ לפני ואחרי פריסת שתי שכבות של יריעות פלציב בעובי 1 ס"מ כל אחת

ג. ניקוז

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 בממוצע. 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 לממוצע יומי של כ -55 מיליבר החל מאוקטובר 2019 (איור 7, ימין).



איור 7. פוטנציאל המים (mbar) בעומק 20, 40 ו-70 או 80 ס"מ בערוגות מבודדות במהלך קיץ –סתי 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 לממוצע 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 7, שמאל).

היציבות של ערכי קריאת הטנסיומטרים, במשך כל עונת ההשקיה (איור 7) והן ברזולוציה של יום בודד (נתונים לא מוצגים) מצביעה על איזון בין כמות המים שנוספה לחלקה לבין יציאת המים המורכבת מצריכת הצמחים

וסילוק המים מהחלקה באמצעות הניקוז. הרמות הגבוהות יחסית בשכבה העליונה בערוגת מצע הגידול מעידה על תנועת מים משכבה זו לשכבות העמוקות יותר. המשמעות היא שהצמחים לא נכנסו בשום שלב לעקת מים.

ד. יבול פרחים

ריכוז של נתוני קטיף הפרחים בכל שנות הניסוי מופיע בטבלה 5. התובנות החשובות העולות מתוך נתוני הפריחה הן:

א. נתוני יבול הפרחים בשנים 2020 ו- 2021 במערכות בקרת טמפ. הקרקע למיניהן עולים באופן בולט, בעיקר בזן SB, מאלו של הגידול בדליים. (מערכות א' – ד' לעומת מערכות ה' – ו'). נתוני הפריחה בשנת 2019 במערכות ג' – ד' נמוכים מכיוון שהצמחים היו בני שנה בלבד.

ב. צמחי אדמונית שהיו בהשפעת מערכות צינון הקרקע החל מהשתילה (מערכות ג' – ד') הניבו יבול גבוה במיוחד כבר לאחר שנתיים מהשתילה. צמחי SB שנשתלו במרץ 2018 הניבו במרץ 2020 במערכת ג' וד' 10.92 ו- 12.06 פרחים בממוצע לצמח בהתאמה. הזן DN הניב 7.86 ו- 6.54 פרחים בממוצע לצמח. יש לציין שזן זה נפגע ממחלת הבוטריטיס שגרמה לאובדן של 2.31 ו- 6.29 פרחים לצמח במערכת ג' וד' בהתאמה.

ג. איכות הפרחים במערכות בקרת טמפ. הקרקע ג' וד' גבוהה. אורך הגבעול הממוצע שהתקבל היה כ- 60 ס"מ לעומת כ- 50 ס"מ בצמחים שגדלו בדלי בשיטת השינוע. יש לציין שגבעול באורך 60 ס"מ נחשב לסוג א' ופודה מחיר גבוה.

ד. יבול פרחים שהתקבל במערכת ג', בה שתולים הצמחים בקרקע המקומית אף עלה בשנת 2021. במערכת זו הניבו צמחי הזנים SB ו- DN 11.85 ו- 14.50 פרחים לצמח בהתאמה. במערכת המקבילה, מערכת ד', בה שתולים הצמחים במצע גידול הסתמנה ירידה ביבול הפרחים בהשוואה ל- 2020. צמחי SB ו- DN הניבו במערכת הזו 7.65 ו- 9.40 פרחים בממוצע לשיח בהתאמה. הסיבה היא שהחלו להופיע מחלות קרקע במצע הגידול שגרמו לתמותת צמחים ולפחיתה ביבול בעוד שהקרקע המקומית נקייה ממחלות קרקע.

ה. לזן CS, שנשתל ב- 2018 במערכות ג' וד' יחד עם הזנים SB ו- DN היה נמוך בשלוש שנות הניסוי ובשני המצעים.

ו. מערכות בקרת טמפרטורת הקרקע הביאו להקדמה של הפריחה בהשוואה לדליים שגדלו בשיטת השינוע. הקטיף במערכות אלו התרחש במחצית מרץ ב- 2019 ו- 2020 וצפוי להקדים לתחילת מרץ בשנה הנוכחית, 2021. קטיף הדליים התאחר ב- 8 – 14 יום בשנות המחקר המדווחות.

ה. חישוב יחידות צינון (מודל "ברכת כהנים")

ההחלטה על סיום צבירת הקור התקבלה על פי מודל "ברכת כהנים" שפותח על ידינו במיוחד עבור צמח האדמונית. ע"פ מודל זה שעה של טמפרטורת קרקע מתחת ל- 5°C שוות ערך ליחידה אחת. שעה בטווח הטמפרטורות בין 5.1°C ו- 10°C שוות ערך ל- 0.75 יחידות. כאשר יחידות הקור נצברות בטמפרטורה אחידה (כפי שקורה בהעברה של דליים למקרר) נדרשת צבירה של כ- 1500 שעות. במידה והטמפרטורות משתנות בין הלילה ליום על בסיס יומי (כפי שקורה במערכות בקרת טמפרטורת הקרקע) ניתן להסתפק ב- 1050 יחידות "ברכת כהנים" בלבד.

פיתוח המודל הסתיים סמוך לתחילת המחקר הנוכחי כך שהתאפשר לבחון את מהימנות מודל הצינון "ברכת כהנים". בטבלה 4 מופיעים מספר יחידות "ברכת כהנים" בשתי שנות ניסוי וכן יבול הפרחים המתאים מהזן SB.

טבלה 4. יחידות ברכת כהנים ומספר פרחים ממוצע לשיח מהזן SB בשנים 2019-2020 – 2020 - 2021

2020		2019		
מס. פרחים לצמח	יח' "ברכת כהנים"	מס. פרחים לצמח	יח' "ברכת כהנים"	מערכת
		7.60	1488	א'
11.85	1056	10.92	1242	ג'
7.65	1017	12.06	1157	ד'

תכנון מערכת מסחרית

בהתאם לתוצאות שהתקבלו בשלוש שנות המחקר גובשו העקרונות לתכנון מערכת מסחרית. יש להדגיש כי ההמלצות מתבססות על מבנה ומרקם הקרקע באבני איתן. יהיה צורך לבצע התאמות במידה ותיבנה מערכת מסחרית באזורים בעלי תכונות קרקע אחרות.

א. הצמחים ישתלו בקרקע המקומית. מצע גידול מיותר ללא ספק מאחר והוא מייקר את המערכת בכ – 50,000 ש"ח לדונם, רגיש להתפתחות מחלות קרקע וצובר את מנות הקור בקצב איטי יותר בהשוואה לקרקע המקומית.

ב. צנרת הטיפול בטמפרטורת הקרקע תוטמן במפלס ניצני הגידול של האדמונית בעומק של 7 – 10 ס"מ.

ג. רצוי להכין בידוד מקלקר בעומק של כ – 60 ס"מ. בידוד זה תורם לחיסכון בחשמל. ניתן יהיה לשקול ויתור על הבידוד הזה במידה וישמר משטר השקיה שיבטיח שמי ההשקיה לא יגיעו לשבילים ולא יחלחלו אל מתחת לבית השורשים. באופן זה קרקע יבשה תקיף את בית השורשים ותשמש כבידוד.

ד. יש להתקין בידוד עילי לחיסכון בחשמל בתקופת הצינון הקיצי.

ה. באשר למשאבות החום, יש לציין שהופיעו בשוק משאבות מסוג אינברטר החוסכות כ – 30% מצריכת החשמל.

ו. אין צורך להקים חממות גבוהות. ניתן להסתפק במנהרות עבירות ברוחב של 6 – 10 מטר. בנוסף להשקעה הנמוכה יותר, המנהרות מקלות על ההחלפה של הפוליאית'לן ברשת צל מיד עם סיום קטיפת הפרחים.

הנתונים שנאספו במהלך המחקר באשר לשנת הניבה הראשונה, יבול הפרחים הצפוי, איכות הפרחים, מועד הפריחה וצריכת החשמל וכן הנתונים הידועים על ההוצאות האחרות הכרוכות בגידול אדמוניות איפשרו לעדכן את תחשיב הגידול. להלן עיקרי התחשיב:

תמצית נתונים לחישוב כלכלי של 1 דונם אדמוניות כולל בקרת טמפרטורת קרקע בהשוואה לתחשיב גידול בשינוע

סעיף	מערכת צינון קרקע	שינוע
עלות השקעה כוללת לדונם	220,000 ש"ח	
שנת הנבה ראשונה	2	2
יבול פרחים בשנת הניבה הראשונה	20,000	12,000
שנת ניבה מלאה	3	4
יבול פרחים החל משנת הניבה המלאה	25,000	20,000
מחיר לפרח בשער המשק	6.25 ש"ח	6.25
עלות חשמל לדונם	40,000 ש"ח	

עלות השינוע		15,000 ש"ח
<u>עיקרי תוצאות התחשיב</u>		
פדיון לדונם בשנת ניבה מלאה	156,000 ש"ח	105,600 ש"ח
תרומה לדונם	51,048 ש"ח	26,628 ש"ח
שנת איזון	4	6
שעור תשואה פנימי	31%	24%

טבלה 5. נתוני יבול פרחים בשלוש שנות המחקר. (במועד הגשת הדוח בשנת 2021 הקטיף היה בתחילתו ונתוני הפרחים התקבלו מספירה שהתבצעה בשטח)

2021			2020			2019			מערכת	פרמטר
CS	DN	SB	CS	DN	SB	CS	DN	SB		
				2.91	7.60		8.41	6.83	א	מס. פרחים ממוצע לצמח
							1.08	5.33	ב	
2.19	14.50	11.85	1.39	7.86	10.92	0.85		0.91	ג	
2.90	9.40	7.65	3.06	6.54	12.06	0.18		1.29	ד	
						0.30	0.15	1.85	ה	
			0.38	8.67	2.90			0.30	ו	
				56.61	63.77		66.79	62.02	א	אורך גבעול (ס"מ)
							50.00	63.83	ב	
			60.87	56.47	57.81	60.83		69.19	ג	
			63.75	54.36	63.22	62.25		63.39	ד	
						44.17	49.00	56.81	ה	
			38.00	47.10	50.53			55.50	ו	
				5.18	6.06		4.94	5.32	א	קוטר גבעול (מ"מ)
							4.47	5.45	ב	
			7.03	5.03	6.25	4.25		5.14	ג	
			7.11	5.18	6.83	4.14		5.14	ד	
						4.58	4.26	5.22	ה	
			6.99	5.26	6.13			4.26	ו	
				1/3/2020	6/3/2020		12/3/2019	19/3/2019	א	תחילת קטיף
							4/4/2019	4/4/2019	ב	
21/2/2021			28/2/2020	11/3/2020	11/3/2020	10/3/2019		20/3/2019	ג	
21/2/2021			24/2/2020	9/3/2020	12/3/2020	8/3/2019		20/3/2019	ד	
						1/4/2019	1/4/2019	4/4/2019	ה	
			17/3/2020	16/3/2020	19/3/2020			31/3/2019	ו	
				27/3/2020	29/3/2020		14/14/19	14/4/2019	א	סוף קטיף
							14/14/19	14/4/2019	ב	
			13/3/2020	27/3/2020	1/4/2020			5/4/2019	ג	
			13/3/2020	26/3/2020	1/4/2020			4/4/2019	ד	
							8/4/2019	4/4/2019	ה	
			22/3/2020	1/4/2020	1/4/2020			4/4/2019	ו	

דין

הניסויים והבדיקות שנעשו בתכנית המדווחת בזה מובילים למסקנה כי ניתן להמליץ, במידה גבוהה של בטחון, על הקמת מערכת מסחרית לטיפול בטמפרטורת הקרקע לגידול אדמונית. מצאנו כי צמחי אדמונית שגדלו במערכת החל ממועד השתילה הניבו יבול גבוה, מעל 10 פרחים בממוצע לצמח בשני הזנים העיקריים, באיכות גבוהה המתבטאת בגבעולים ארוכים וחזקים, כבר לאחר שתי שנות גידול. הבטחון הגבוה במסקנה זו נובע מכך שנתוני היבול הגבוה והאיכותי נצפו גם לאחר שנת גידול נוספת. הסיבה העיקרית לתוצאה זו היא הצלחת המערכת להעניק את טמפרטורות הקרקע האופטימליות בכל אחד משלבי הגידול במהלך המחזור השנתי.

בנוסף לממצא באשר לרמת היבול ואיכותו, המאפשר לחשב את הפדיון הצפוי, התקבלו נתונים באשר לצריכת החשמל הדרושה בכל אחד משלבי הגידול. נתונים אלו מאפשרים לחשב את עלויות התפעול של המערכת ולבסס תחשיב כלכלי שנמצא כי הוא חיובי ביותר.

בשלוש שנות הניסוי ואף בשנתיים שקדמו להן נבחנו רכיבים שונים של המערכת שאפשרו לתכנן מערכת מסחרית ולהמליץ עליה למגדלים:

- הודגם חיסכון של עשרות אחוזים בצריכת החשמל כתוצאה משימוש בבידוד תת קרקעי סביב בית השורשים ובידוד עילי בתקופת התרדמה והקרור הסתווי (טבלה 3). בנוסף לחיסכון בעלויות, הבידוד מאפשר למערכת להעניק לצמחים את הטמפרטורות האופטימליות (איור 6). אין ספק כי נושא הבידוד הינו מרכזי ביותר בהצלחת המערכת ועם יציאה למסחר נצטרך להמשיך וללמוד על אופני בידוד נוספים במטרה ליעל ולהוזיל את עלויות ההשקעה במערכת.
- נמצא כי גידול בקרקע המקומית של דרום רמת הגולן עדיף ומומלץ בהשוואה לשימוש במצע גידול מלאכותי. מצע הגידול מכיל רכיבים עם חללי אוויר גדולים ובשל כך מעבר הקור והחום איטי בו יותר. כביטוי לכך נמצא כי קצב צבירת מנות הקור במצע הגידול היה נמוך יותר בהשוואה לקרקע (טבלה 4). בנוסף, בשנת הגידול השלישית, סמוך למועד סיום המחקר, החלו להתפתח במצע הגידול מחלות קרקע שהביאו לתמותת צמחים ולפחיתה ביבול.
- מערכת צינון האוויר לא הצליחה להוריד את טמפרטורות האוויר ל 25°C שהיא הרמה הרצויה. כמו כן נמצאה אי אחידות בטמפרטורה באזורים שונים במבנה (איור 5). 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. מאחר וצמח האדמונית, צמח הבוחן בתכנית זו, מושפע בעיקר מטמפרטורת הקרקע הוחלט כי אין צורך לכלול מערכת לצינון התנדפותי בתכנון של יחידה מסחרית. במידה ובעתיד ננסה להתאים את המערכת לגידולים נוספים נצטרך לתת את הדעת לכך.
- בידוד הקלקר שהונח בדפנות ובקרקעית תעלות הגידול מחייב לתת תשומת לב לניקוז ולבקרת הרטיבות בחלקה. הקף המשאבים שהוקצו לעבודה המדווחת בזה לא איפשר לבחון את הנושא הזה ביסודיות והשימוש בטנסיומטרים נועד לוודא שלא מתפתחת בעיה של הצטברות מים בשכבת בית השורשים. תכנון מערכת מסחרית יש לקחת בחשבון גם את נושא ניהול הרטיבות בחלקה.

יש לציין שניהול נכון של רטיבות הקרקע עשוי להביא בחיסכון באנרגיה. יש לחתור למשטר השקיה שירטיב את נפח בית השורשים בלבד ובכך יוצרו שכבות קרקע יבשות, המעניקות בידוד תרמי, בשבילים ואולי אפילו מתחת לבית השורשים.

בעבודה קודמת, שהסתיימה סמוך לתחילת הפרויקט הנוכחי, פיתחנו מודל יחודי של צבירת קור באדמונית, המתבסס על טמפרטורות הקרקע, אותו כינינו מודל "ברכת כהנים". ההחלטות באשר לסיום צבירת הקור ותחילת פאזת החימום התקבלו בתכנית הנוכחית בהתאם לחישובים של מודל זה. המגדלים המסחריים משתמשים במודלים אחרים, שמסתמכים על טמפרטורת האוויר, ושפותחו בעבר עבור עצי פרי נשירים. בתכנית הנוכחית נעשה בפעם ראשונה שימוש מעשי במודל "ברכת כהנים". תגובת הצמחים שהתבטאה ביבול פרחים גבוה ואיכותי מאששת את התקפות של מודל זה לגידול האדמונית ובכך יש תרומה נוספת לפרויקט המדווח בזה.

יש לציין שהזנים SB ו-DN הגיבו היטב לטיפול של צינון הקרקע בעוד שיבול הזן CS היה מאכזב ועמד על 2-3 פרחים לצמח בשתי שנות היבול העיקריות של הניסוי. ידוע שדרישות הקור של הזן CS נמוכות מדרישות הקור של הזן SB ואף מאלו של הזן DN. בעבודה קודמת מצאנו כי צבירת קור מעבר לאופטימום גורמת לירידה בביצועי הצמח. מערכת הניסויים בתכנית זו לא אפשרה לתת מתווה טמפרטורת קרקע יחודי לכל זן. יתכן שצבירת הקור של הזן CS היתה הרבה מעבר לאופטימום, מאחר וטמפרטורות המערכת כווננו בהתאם לדרישות הזן SB, שהוא הזן המסחרי החשוב ביותר. יש לציין שאנו עוסקים בתכנון ובהקמה של מערכת ניסויים שתאפשר השריית משטרי טמפרטורת קרקע שונים בזמנית ובכך ניתן יהיה להרחיב את מגוון הזנים והגידולים הרלבנטיים.

צמח האדמונית שימש כצמח בוחן בתכנית בגלל הידע הפיזיולוגי הנרחב שרכשנו אודותיו. יש מקום רב לבחון את תרומת המערכת בגידולים נוספים ובכך, אנו מקווים, יעשה צעד נוסף של פיתוח חקלאות ריווחית המבוססת על שילוב של ידע פיזיולוגי מעמיק עם טכנולוגיות מתאימות.

רשימת ספרות מצוטטת

- 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