

דו"ח מסכם לתכנית מחקר - 20-12-0022

שנת המחקר: 2 מתוך 2 שנים

שבירת תרדמה בעצי פרי נשירים באמצעות שוק של חום

מוגש לקרן המדען הראשי של משרד החקלאות ע"י:

boazz@volcani.agri.gov.il
arbel@volcani.agri.gov.il
vhettior@volcani.agri.gov.il
barak@volcani.agri.gov.il
rafi@volcani.agri.gov.il
yiftaha@volcani.agri.gov.il
lidor@volcani.agri.gov.il
shlomik@migal.org.il
amosnaor51@gmail.com
shiant@shaham.moag.gov.il

דר' בעז ציון¹ ניהול המחקר, פיתוח מערכות, ביצוע ניסויים
דר' אבי ארבל¹ ניהול המחקר, תכנון ופיתוח מערכות אנרגיה
דר' אתי אור² תכנון ניסויים, פיסולוגיה של הצמח
מרדכי ברק¹ תכן מערכות וביצוע ניסויים
ליעד רשף¹ תכן מערכות וביצוע ניסויים
יפתח עפגין¹ בניית מערכות וביצוע ניסויים
גיא לידור¹ תכנון מערכת בקרה וחשמל
שלומי כפיר³ ליווי ניסויי שדה
דר' עמוס נאור⁴ ליווי ניסויי שדה
שמעון אנטמן⁵ ייעוץ טיפול ואחזקה מטע נשירים
¹ המכון להנדסה חקלאית, מנהל המחקר החקלאי
² המכון למדעי הצמח, מנהל המחקר החקלאי
³ מרכז ידע גליל עליון
⁴ המכון לחקר הגולן, מ.א. גליל עליון
⁵ שה"מ, משרד החקלאות

תקציר

נשירים שמקורם באזורים ממוזגים חייבים בחשיפה לקור ("מנות צינור") על מנת לסיים את שלב תרדמת הפקעים החורפית. באזורי גידול בעלי חורף חם סוגית השחרור מתרדמה היא מכשלה מהותית ונדרש פתרון יזום ו"מלאכותי" לשבירת תרדמה מוקדמת ו/או אחידה לגידול כלכלי. במקביל לחיפוש חלופות כימיות הראנו בעבר ששוק חום סבלטאלי קצר שניתן לייחורים שובר תרדמה. בהמשך פיתחנו מתקן נע להשראת שוק חום על גפנים שלמות מודלות והראנו התכנות של שימוש במתקן זה לשיפור התעוררות בדרך ידידותית לסביבה מהחלופה הכימית, שהיא גם זולה יחסית. יחד עם זאת המתקן שפותח לכרמים לא מתאים לטיפול בעצים במטע.

היעד המרכזי של המחקר היה לבדוק שימוש באלטרנטיבה של מלכודת תרמית ניידת שהיא חסכונית יותר באנרגיה ומאפשרת יישום שוק חום בטמפרטורה גבוהה ולזמן קצר לעצים נשירים רדומים על מנת להמריץ את התעוררותם. המטרות היו לפתח אב טיפוס, לבחון אם אכן מלכודת תרמית מן הסוג המוצע, תוכל להמריץ התעוררות והאם השיטה בעלת כדאיות כלכלית ותפעולית.

(1) הוקם מטע דליים (אפרסק ודובדבן ובהמשך תפוח) במכלי 50 ליטר בחצר המכון להנדסה חקלאית. (2)

נבחנה השפעת חשיפת ייחורי הזנים הנלמדים לשוק חום לטמפרטורות ומשכי זמן שונים על המרצת התעוררותם בתנאים מבוקרים (3) נבנתה מלכודת תרמית ניידת המסוגלת להכיל עציצי 50 ליטר עם צמח בגובה של כמטר וחצי (4) נבחנה במשך שלושה חורפים השפעת חשיפה לשוק חום באמצעות המלכודת התרמית על פרופיל ההתעוררות של העצים שגדלו במכלים.

בשנה הראשונה נמצא כי חשיפה ל-170 מעלות ל-15 או 30 שניות שיפרה התעוררות פקעי אפרסק וגטטיביים, אם כי לא באופן מובהק, אך פגעה בפקעי פרחים שידועים כרגישים יותר. למעט טיפול ב-160 מ"צ ל-15 שניות אחוזי התעוררות של פקעי הפרחים שנחשפו לשוק חום היו נמוכים מאלו שנמדדו בבקורת, אם כי ההבדלים אינם מובהקים. מעקב דומה אחר התעוררות פקעים וגטטיביים בעצי דובדבן הראה אף הוא כי טיפול ב-170 מ"צ ל-15 שניות הביא להתעוררות רבה מזו של פקעי בקורת אולם גם כאן ההבדלים אינם מובהקים.

על בסיס תוצאות העונה הראשונה נבחרו משטרי שוק חום לבחינה בעונה השנייה (חורף 2016-17) להשראת שוק מתון יותר: טיפול אחד חזר על הטיפול היעיל יותר בשנה הראשונה כנקודת ייחוס (30-170 לאפרסק ו15-170 לדובדבן) והאחרים בצירופי הטמפרטורה-זמן 150-45, 140-45, 140-60 לאפרסק ו-15-150, 160-15, 170-15, 170-20, עבור דובדבן. בשנה השנייה הוספנו למטע עשרה עצי תפוח אשר טופלו בטמפ' של כ-150 מעלות במשך כ-40 שניות.

בעוד שהיישום של שוק חום בטמפרטורה 150 מעלות למשך כ-40 שניות הראה יתרון משמעותי בהתעוררות וגטטיבית של פקעי תפוח שלוותה בהקדמה של התעוררות פקעי פריחה, לא הייתה בשורה בטיפולים השונים שניתנו לאפרסק ודובדבן, למעט שיפור קל בהתעוררות פקעי אפרסק וגטטיבים ויתרון קל בהתעוררות פקעי פריחה של דובדבן שנחשפו ל-170 מעלות לכ-20 שניות.

למרות שהמחקר מומן לשנתיים בלבד, ביקשנו להאריך את תקופת המחקר במספר חודשים ללא מימון נוסף כדי לטפל במטע פעם נוספת- בחורף 2017-18. מתקן החימום (מלכות החום) שופר בתוספת גופי חימום ומיצובם באופן שונה ממיקומם בעונות הקודמות. כדי לבחון התכנות השפעה מיטיבה של מלכודת החום על התעוררות הוחלט להתעלם מנזק אפשרי בפקעי פריחה ולהתרכז בבחינת יתרון אפשרי לטמפרטורות גבוהות על המרצת התעוררות פרחים וגטטיביים. באפרסק הייתה לרב הטיפולים השפעת

שלילית בעוד שטיפול ב-150 מ"צ ל30 שניות הראה קצב זהה לשל הביקורת. בדובדבן הייתה השפעה ממריצה לטיפולים ב-150 ו-170 מ"צ לשלושים שניות בעוד שחשיפה ארוכה יותר הייתה בעלת השפעה מעכבת. ההשפעה הממריצה של טיפול ב-150 מ"צ ל30 שניות על התעוררות פקעי עלים בתפוח הייתה מובהקת. טיפול ב-150 מ"צ ל30 שניות נראה בעל פוטנציאל בגרעיניים ואולי ראוי היה להתרכז בהמשך בבחינתו בשלבים שונים במעגל התרדמה של תפוח ואגס. לעומת זאת, גלעיניים שהם בעלי פקע פשוט עשויים להיות רגישים מדי לטיפול במלכודת התרמית, לפחות בתנאי הסביבה בבית דגן שאינם מיטביים לזנים אלו בהעדר קור חורפי הנדרש לקיום מעגל התרדמה הטבעי. חלופות אפשריות להמשך המחקר הן העברת מטע הדליים צפונה או קירור במקרר להשראת תרדמה לפני ביצוע הטיפולים.

מעריכים מומלצים לבדיקת הדוח המדעי:

- 1.
- 2.
- 3.

הצהרת החוקר הראשי:

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: /לא

***במידה וכן, על החוקר להמציא פרטים על הגוף שבאמצעותו מופץ הידע (כמו: שה"ם)**

חתימת החוקר _____ תאריך: _____

תקציר הרקע מהצעת המחקר

נשירים שמקורם באזורים ממוזגים חייבים בחשיפה לקור ("מנות צינון") על מנת לסיים את שלב תרדמת הפקעים החורפית. באזורי גידול בעלי חורף חם, כמו רבים מאזורי הגידול בארץ, לא מתאפשרת הצבירה המתבקשת של "מנות צינון" ולפיכך סוגית השחרור מתרדמה היא מכשלה מהותית בגידול כלכלי ונדרש פתרון יזום ו"מלאכותי" לשבירת תרדמה מוקדמת ו/או אחידה. ידע רב נצבר בארץ ובעולם בנושא זה וזוהו חומרים כימיים שיישומם בעיתוי הנכון גורם לשבירת התרדמה גם כשלא נצברה מכסת מנות הקור הדרושה להתעוררות טבעית תקינה. יחד עם זאת מרבית החומרים מספקים פתרון חלקי במספר מינים/אזורים (כמו תפוח ואפרסק/נקטרינה בהר הגבוה) אך אינם נותנים פתרון כולל ברוב המקרים (גפן, קיווי, דובדבן, חלק מזני האגס, אפרסק מוקדם). ציאנמיד חומצי (HC), לעומת זאת, ידוע ביעילותו הגבוהה, מאפשר שבירת תרדמה אחידה ומוקדמת, מוביל לשיפור אחוזי ההתעוררות גם במינים זנים "קשי התעוררות" ומועדף לשימוש בפרקטיקה החקלאית. לרוע המזל, יכולתו של החומר להשרות עקה נשימתית, המפעילה שרשרת תהליכים שמסתיימת בשחרור המריסטמה מעיכוב תהליכי צמיחה, אחראית גם להשפעות שליליות על הצמחים וסביבתם. פוטנציאל הסיכון של החומר הביא לאחרונה לפסילתו באירופה והוביל להנחיה של השירותים להגנת הצומח להפסיק את השימוש בו בנשירים בעתיד הקרוב.

במקביל לחיפוש חלופות כימיות אנו בוחנים מזה זמן מה חלופה של חשיפת עצים לשוק של חום לשם שבירת תרדמת חורף. בעבר הראנו השפעה שוברת תרדמה לשוק חום סבלטאלי קצר שניתן לייחורים. בהמשך פיתחנו מתקן נע להשראת שוק חום יבש על גפנים שלמות מודלות והראנו התכנות של שימוש במתקן זה לשיפור התעוררות בדרך ידידותית לסביבה מהחלופה הכימית, דרך שהיא גם זולה יחסית. יחד עם זאת המתקן שפותח לכרסם ואינו מתאים לטיפול בעצי מטע ממשפחת הורדניים שהגיאוטריה שלהם שונה מזו של כרמים.

מטרת המחקר

תכנית המחקר באה לבחון את תועלתו של שוק חום להמרצת התעוררות עצי פרי נשירים בקנה מידה פיסי קטן יחסית תוך שימוש באמצעי ייחודי מבחינה טכנולוגית. היעד המרכזי של המחקר היה לבדוק שימוש באלטרנטיבה של מלכודת תרמית ניידת שהיא חסכונית באנרגיה ומאפשרת יישום שוק חום בטמפרטורה גבוהה ולזמן קצר לעצים נשירים רדומים על מנת להמריץ את התעוררותם. המטרות היו לפתח אב טיפוס של מכשיר ליישום בשדה, לבחון אם אכן מלכודת תרמית מן הסוג המוצע תוכל להמריץ התעוררות והאם השיטה בעלת כדאיות כלכלית ותפעולית.

מהלך העבודה ודיון בתוצאות

העבודה שנעשתה בשנת המחקר הראשונה 2016

1. הקמת מטע צעיר לניסויים

באביב 2015 (29.3.2015) הוכנו לשתילה 40 עצים צעירים של אפרסק מזן Summer Snow 677 ו 40 עצי דובדבן מזן Royal Don. העצים נשתלו כחודש לאחר מכן (26.4.15) בעציצי פלסטיק בנפח 45 ל" אשר הונחו על בלוקים במרווחים של 1.5 מ' בין העצים בשורה ו 3 מ' בין השורות (צילום 1). מצע הגידול מסוג "אודם 85 – טוף רמת הגולן" - 25% כבול, 25% קוקוס, 50% טוף, 1 ק"ג אוסמוקוט ל 500 ל" מצע. לתוך המצע עורבב טוף 4/20 לטובת ניקוז. המטע הושקה בטפטפות 8 ל/ש אשר פוצלו ל 4 עצים כשכל מנת השקיה ארכה 30 ד'. בחודשי

החורף ניתנה השקיה אחת בשעות הבוקר המוקדמות ובהמשך ניתנו יותר מים, עד ל 3 השקיות ביממה בחודשי הקיץ. מערכת ההשקיה כוללת משאבת דיזון (תפן) ביחס 1 ליטר דשן ל 1 מ"ק מים. הדשן שהשתמשנו בו - נזלי מסוג "שפר 737 nPK". לצורך הגה"צ – כל 60 יום העצים הוגמעו בקונפיודור במנה של 2cc לעץ. באביב 2016 נשתלו 28 עצי דובדבן נוספים שהחליפו חוסרים במטע ועצים שמתו, כך שהיו 48 עצים ואף הוספו 10 עצי תפוח עץ מזן גלה (אשר לא נכללו בתכנית המחקר) לתצפית מוגבלת בעונות הבאות.



צילום 1. מטע העצים שהוקם במכון להנדסה חקלאית

2. חימום ייחורים חד-פרקיים של דובדבן ואפרסק במלכודת ומידת תגובתם בתנאי תא גידול מבוקר נערכו מספר ניסויי מעבדה עם ייחורים חד-פקעיים לטראלים של דובדבן ואפרסק מאותם זנים שניטעו במטע כמתואר לעיל. ענפים שהובאו ממטעים מסחריים נחתכו לקטעים באורך 5-8 ס"מ ומהלטראלים הוסרו כל העיניים למעט העליונה. מאחר שבקצה כל ענף יש פקעים קודקודיים החלטנו לבדוק גם את תגובתם למרות שהכמות הזמינה לבחינה הייתה קטנה משמעותית, באופן טבעי. הייחורים הועברו במלכודת חום (מתקן בו שורה אווירה חמה) ונחשפו לאוויר חם בטמפרטורות שונות ומשכי זמן שונים על מנת למצוא את המינון המיטבי להערתם. לאחר הטיפול הייחורים הוכנסו לכוסיות מים והוצבו בחדר גידול (14 שעות יום, 23 מ"צ) כדי להמריץ התפתחות. מספר הפקעים שהתעוררו בכל חזרה תועד במשך 28 ימים במרווחים של 2-3 ימים. בתאריך 5.1.16 הובאו ענפי אפרסק מחוות החולה. הוכנו ייחורים חד-פקעיים כמתואר והללו טופלו כמתואר בטמפרטורות 100, 120, 140, 160 מעלות ובכל טמפרטורה במשך 7, 20, 30 שניות. בכל אחד מ 12 הטיפולים הנ"ל טופלו ייחורים לטראלים בשבע חזרות כשבכל אחת מהן 8 ייחורים. בנוסף נבחנו בכל טיפול שתי חזרות בנות 8 ייחורים קודקודיים.
- בתאריך 7.1.16 טופלו ענפי דובדבן מרמת הגולן באופן זהה למפורט לעיל
- בתאריך 2.2.16 טופלו ענפי אפרסק שהובאו מאותו זן ואתר בטמפרטורות 130, 145, 160, 175 מעלות ומשכי זמן של 15, 30, 45 מעלות. בכל אחד מ 12 הטיפולים הנ"ל טופלו ייחורים לטראלים בשבע חזרות כשבכל אחת מהן 7 ייחורים וייחורים הקודקודיים בשתי חזרות שבכל אחת 5 ייחורים.

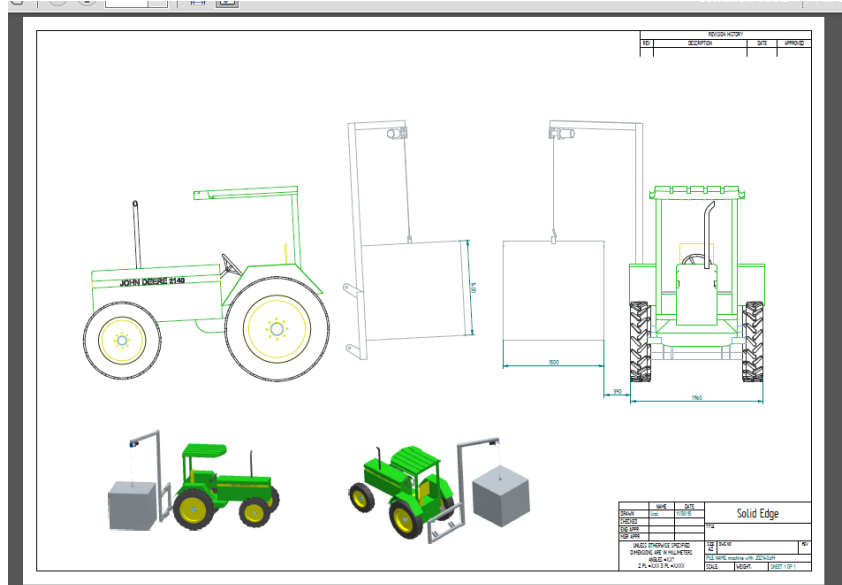
בתאריך 8.2.16 טופלו ענפי אפרסק בטמפרטורות 130, 150, 170, 190 מעלות ומשכי זמן של 15, 30, 45 מעלות. בכל אחד מ 12 הטיפולים הנ"ל טופלו ייחורים לטרלים בשמונה חזרות וייחורים הקודקודיים בשתי חזרות כמתואר לעיל. בניסיון זה נעשה שימוש בענפי אפרסק שהובאו ב-2.2.16 ושהו 6 ימים בטמפרטורת החדר לפני הכנת הייחורים. בנוסף שונתה האווירה בתא החימום לאוויר רווי אדי מים בטמפ' 100 מעלות וייחורים טופלו במשך 5, 10 או 15 שניות. באווירה לחה מעבר החום אל הייחורים גדול בשני סדרי גודל מאווירה יבשה וניסוי נוסף זה נעשה כדי לבדוק את השפעת השוק הלח בהשוואה ליבש.

3. תכנון ובניית מלכודת תרמית לחימום עצים

בשנת המחקר הראשונה תוכננה מכונת שדה המציגה גישה אפשרית ליישום שוק חום במטע בשדה (איור 1). המכונה "רוכבת" על שורת עצים ובעלת יכולת להרים את תא החימום ולהורידו על עץ כך שהוא יוכל בנפח התא. על מנת להקל על ההרמה וההורדה (אשר עשויים להידרש להיות מהירים), מאוזן משקל התא במשקולות תואמות. לצורך הניסויים במטע העציצים תוכנן מתקן פשוט יותר (איור 2) הרתום לטרקטור ומניף ומוריד את תא החימום באמצעות כננת המונעת ע"י מנוע הידראולי. כיוון התא מעל לעץ ובעת הורדתו על העץ נעשה באמצעות מנוע הידראולי (צילום 2, 3). גודלו של התא כ 1.5*1.5*1.4 מ (עומק התא נטו כ 1.3 מ) והוא צויד בשמונה גופי חימום חשמליים שלכל אחד מהם הספק חשמלי של 1 קילוואט. שני חיישני טמפרטורה (תרמוקאפלים) הוצבו בתוך התא כדי לנטר את מידת החום שבו.



איור 1. תכנון גישה עקרונית למכונת שדה עתידית ליישום שוק חום



איור 2. תכנון מתקן הרמה והורדה לחימום עצים צעירים במטע עציצים במקום להנדסה



צילום 2. מתקן החימום ("מלכודת תרמית") מונף מעל עץ במטע הצעיר לקראת יישום שוק חום.



צילום 3. מתקן החימום ("מלכודת תרמית") מכיל עץ ומשרה אווירה חמה בטמפרטורה ומשך זמן נתונים

4. יישום שוק חום בעצים שלמים במטע שבמכון

ב- 25.2.16 נערך ניסוי שדה במטע העציצים שבמכון להנדסה חקלאית. הניסוי נערך על 40 עצי אפרסק ו- 16 עצי דובדבן וכלל 4 טיפולים וביקורת:

שתי טמפרטורות: 160 ו- 170 מעלות ושני משכי חימום: 15 ו- 30 שניות. הטיפולים נבחרו על בסיס התוצאות מניסיונות שנערכו כמתואר לעיל בתנאים מבוקרים עם ייחורים חד-פקעיים (פרוט התוצאות בהמשך) באפרסק טופלו 8 עצים בכל טיפול ו- 8 שימשו לביקורת. בדובדבן טופלו 3 עצים כל טיפול ו- 4 שמשו לביקורת נהג הטרקטור עצר ליד כל עץ והוריד את תא החימום על העץ כאשר שני אנשים מכוונים את התא ואוחזים בו כדי לייצבו. הורדת התא והעלאתו ארכה כ 8 שניות (הלוך חזור) ולכן זמן שהיית המלכודת התרמית על כל עץ קוצר בהתאם. טמפ' החיישן האמצעי שבתא החימום נרשמה בכל טיפול בעץ וכלל הטיפולים מוצגים בטבלה 1.

טבלה 1. תיאור הניסויים ומידת החום בתא בעת טיפול בעצים.

אפרסק					דובדבן				
טמפ' בפועל	עץ	שורה	זמן	טמפ' טיפול	טמפ' בפועל	עץ	שורה	זמן	טמפ' טיפול
159	13	2	15	160	165	4	5	15	160
160	12	2	15	160	165	6	5	15	160
160	11	2	15	160	163	8	5	15	160
160	10	2	15	160	162	9	5	30	160
160	9	2	15	160	160	10	5	30	160
159	8	2	15	160	159	11	5	30	160
160	7	2	15	160	167	8	6	15	170
160	6	2	15	160	171	6	6	15	170
159	5	2	30	160	173	5	6	15	170
159	4	2	30	160	173	4	6	30	170
150	3	2	30	160	173	3	6	30	170
160	2	2	30	160	172	2	6	30	170
160	1	2	30	160		12	5		ביקורת
160	1	3	30	160		13	5		ביקורת
160	2	3	30	160		1	6		ביקורת
158.5	3	3	30	160		7	6		ביקורת
173	4	3	15	170					
175	5	3	15	170					
174	6	3	15	170					
174	7	3	15	170					
173	8	3	15	170					
172	9	3	15	170					
172	10	3	15	170					
	11	3	15	170					
171	1	1	30	170					
174	2	1	30	170					
172	3	1	30	170					
173	4	1	30	170					
	5	1	30	170					
171	6	1	30	170					
170	7	1	30	170					

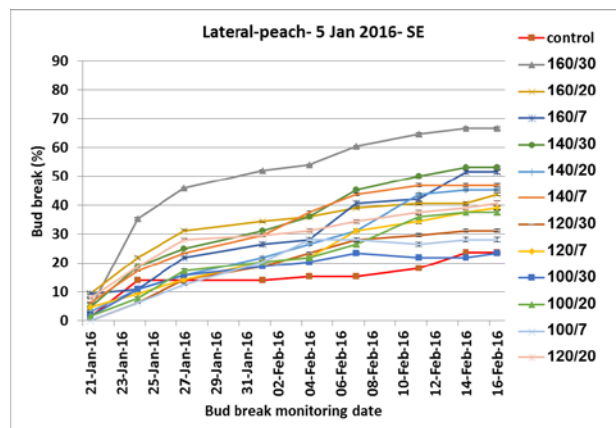
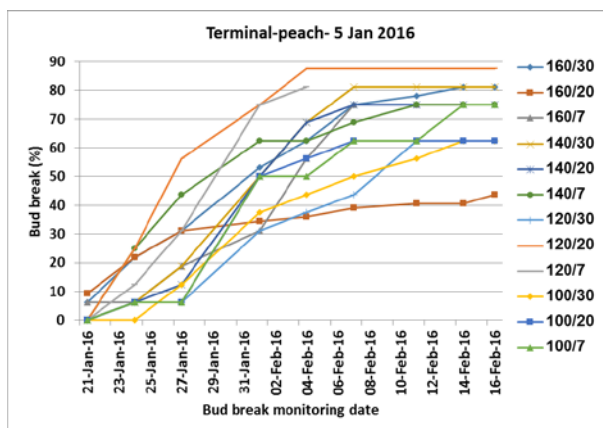
164	8	1	30	170
	12	3		ביקורת
	13	3		ביקורת
	14	3		ביקורת
	13	1		ביקורת
	12	1		ביקורת
	11	1		ביקורת
	10	1		ביקורת
	9	1		ביקורת

תוצאות השנה הראשונה- 2016

השפעת טמפרטורה ומשך חשיפה על קצב ודרגת התעוררות ייחורים חד-פקעיים בתנאים מבוקרים

אפרסק-ניסיון 5 בינואר 2016- התעוררות לטרלים - מן הנתונים נראה כי כל הטיפולים שיפרו התעוררות ביחס לביקורת והטובים ביותר היו הטיפולים ל-30 שניות ב-160 מ"צ וב-140 מ"צ.

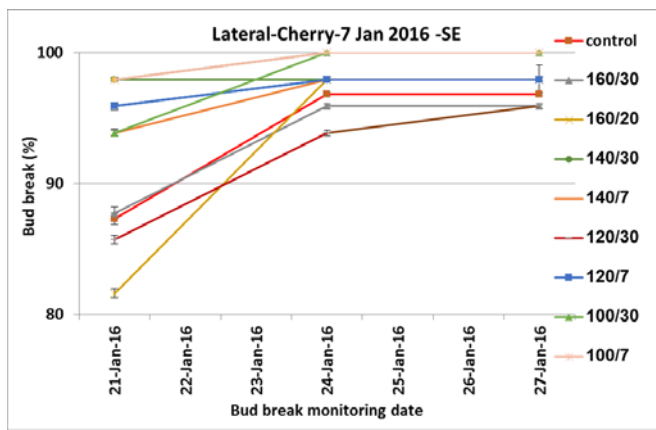
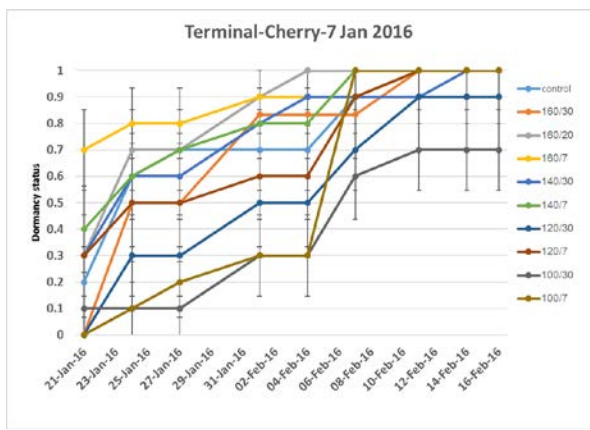
אפרסק- ניסיון 5 בינואר 2016- התעוררות טרמינליים- לפקעים טרמינליים לא הייתה בקורת ללא טיפול עקב מיעוט פקעים. למעט התנהגות מזרה של טיפול 160/20 נראה גם כאן כי הטיפולים של 30 שניות ב-160 מ"צ וב-140 מ"צ הראו יתרון יחסי בשיפור התעוררות בהשוואה לטיפול בטמפרטורות נמוכות. בנוסף היה ערך לממצא שטיפולים אלו לא גרמו לבזק לפקעים.



איור 3. השפעת טיפולי חום על ייחורים חד-פקעיים של אפרסק בינואר

דובדבן-ניסיון 7 בינואר 2016- התעוררות לטרלים – תקלת תיאום שיבשה את מעקב ההתעוררות ולאחר שבועיים מטיפול היה אחוז התעוררות גבוה בכל הטיפולים- מכאן שאף טיפול לא גרם לבזק אבל קשה להבחין באופן אחראי במגמת השפעה בתלות בטמפרטורה ומשך הטיפול.

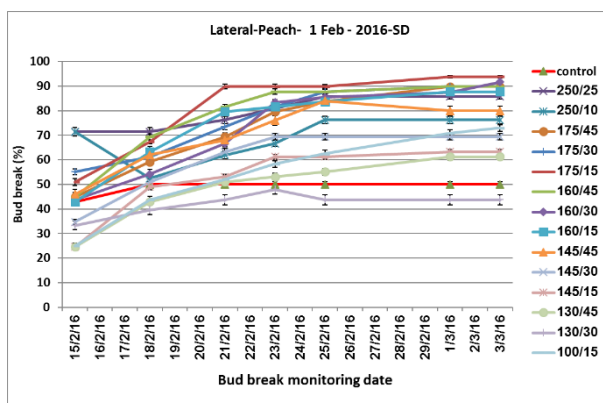
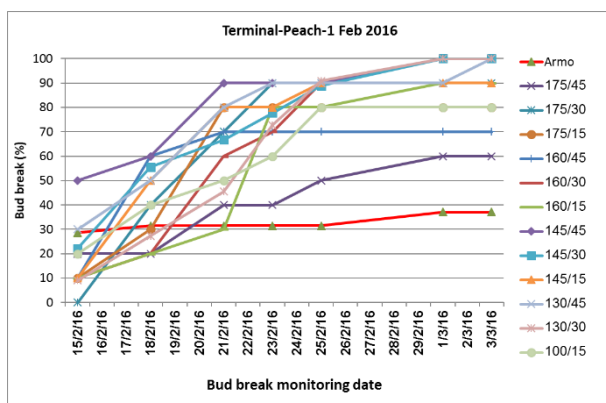
דובדבן- ניסיון 7 בינואר 2016- התעוררות טרמינליים. מאחר שהנסוי נערך עם מספר נמוך של ייחורים טרמינליים (10 ייחורים) התייחסנו לכל ייחור כחזרה (במקום אוכלוסיה בת 7 ייחורים כחזרה, כמו שתואר עבור הטרלים). ייחור שהתעורר קיבל ערך של 1 וייחור שלא התעורר קיבל ערך של 0. מן התוצאות ניתן לפסוק שטמפרטורה של 160 מ"צ לא גרמה נזק. באשר לתועלת, נראית מגמה של שיפור בקצב ההתעוררות בחשיפה לפרקי זמן של 7-30 שניות בטמפרטורה זו אולם התוצאות אינן מובהקות.



איור 4. השפעת טיפולי חום על ייחורים חד-פקעיים של דובדבן

אפרסק –ניסיון בפברואר 2016

ניסיון נוסף שנערך בתחילת פברואר עם ייחורי אפרסק הראה כי טיפולים ב-160 מ"צ למשך 30 ו-40 שניות, 170 מ"צ ל-15 שניות ואפילו 250 מ"צ ל-25 שניות הציגו קצב התעוררות הטוב ביותר של פקעים לטרליים, בהשוואה לבקורת שטופלה במשטח ארמוברייק. לעומת זאת פקעים טרמינליים היו רגישים יותר ובהם הטיפולים המועילים ביותר היו בטמפרטורות של 130 מ"צ ל-30-45 שניות ו-145 מ"צ ל-15-45 שניות. טיפולים ב-160 מ"צ וב-175 מ"צ ל-45 שניות הראו נזק ברור לעומת בקורת עם המשטח ארמוברייק (איור 5). על בסיס הנ"ל ניתן להניח כי לטיפול ארוך מדי השפעות פיטוטוקסיות ואילו טיפול קצר מדי הוא בעל אפקטיביות מוגבלת. ניסיון שנערך ב-8 לפברואר עם חומר צמחי שהובא ב-1 לפברואר הראה תוצאות דומות ולא יפורט.

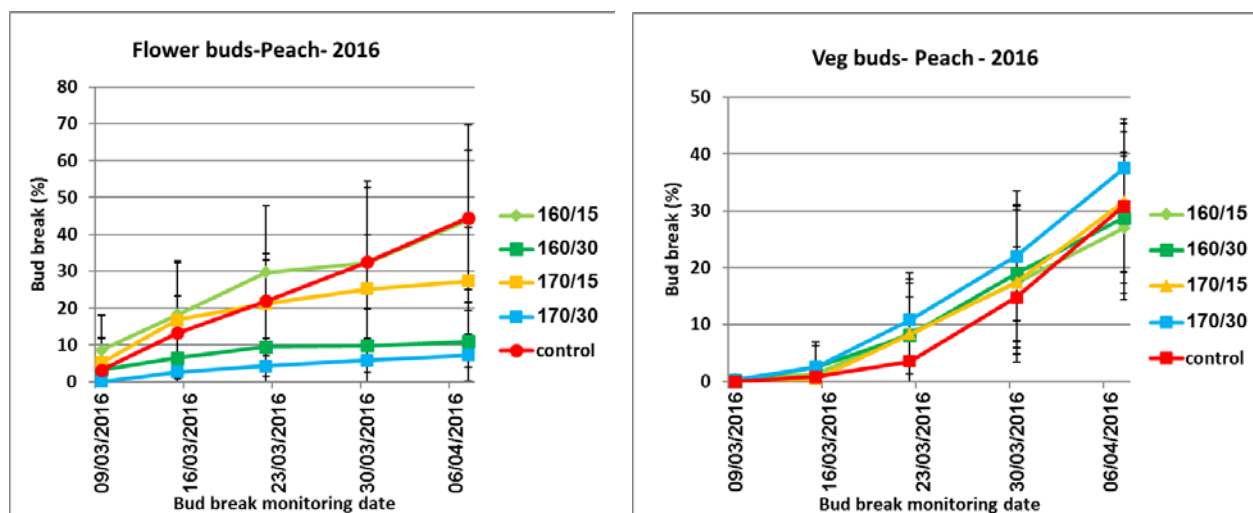


איור 5. השפעת טיפולי חום על ייחורים חד-פקעיים של אפרסק בפברואר

על בסיס ההתנהגות המתוארת, שהציגה הבדלים מובהקים בקצב ההתעוררות בהשפעת מתן שוק חום קצר בתנאים מבוקרים לפקעים לטרליים של אפרסק ודובדבן הנישאים על גבי ייחורים, הוחלט לבחון בשדה השפעת הטמפרטורה הגבוהה שנבחנה -160 מ"צ. ומאחר שמניסיונו העץ השלם פחות רגיש מייחור חד פקעי בתנאים מבוקרים הימרנו על טמפרטורה של 170 כטמפרטורה נוספת שראויה לבחינה. משכי הזמן שנבחרו היו 15 ו-30 שניות. כבקורת בכל הנסיונות שימשו עצים שלא טופלו כלל.

מעקב אחר התעוררות עצי אפרסק במטע הדליים לאחר חשיפתם לטיפול חום כמתואר לעיל נעשה על ידי ספירה שבועית של מספר פקעי העלים ומספר פקעי הפרחים המתעוררים לעץ, וחישוב האחוז מכלל הפקעים על העץ שנספרו בתחילת הניסוי - מספר המייצג את הפקעים הווגטיביים והרפרודוקטיביים שלא הייתה אפשרות להבדיל ביניהם באופן וודאי/אחראי במצב הרדום. בהינתן הנ"ל חשוב לציין כי: (1) רב הפקעים לא יפרוץ בכל מקרה במצב הטבעי; (2) האחוז של פקעי פריחה קטן מזה של פקעים וגטיביים. לפיכך למספר האחוזים עצמו אין ערך מוחלט ויש להתייחס להבדל היחסי בין בקורת לטיפול.

מעקב שנעשה כמתואר הראה כי טמפרטורה של 170 מעלות שיפרה במידה מסוימת התעוררות פקעים וגטיביים אולם לא באופן מובהק. לעומת זאת, נראה כי טיפול החום פגע בפקעי הפרחים, שידוע כי הם גישים יותר לטיפולים שוברי תרדמה, ולמעט טיפול ב-160 מ"צ ל-15 שניות אחוזי התעוררות של פקעי פריחה בכל הטיפולים היו נמוכים יותר מהביקורת, אם כי ההבדלים אינם מובהקים (איור 6).



איור 6. תגובת עצי אפרסק במטע עציצים לטיפולי חום בעונה הראשונה

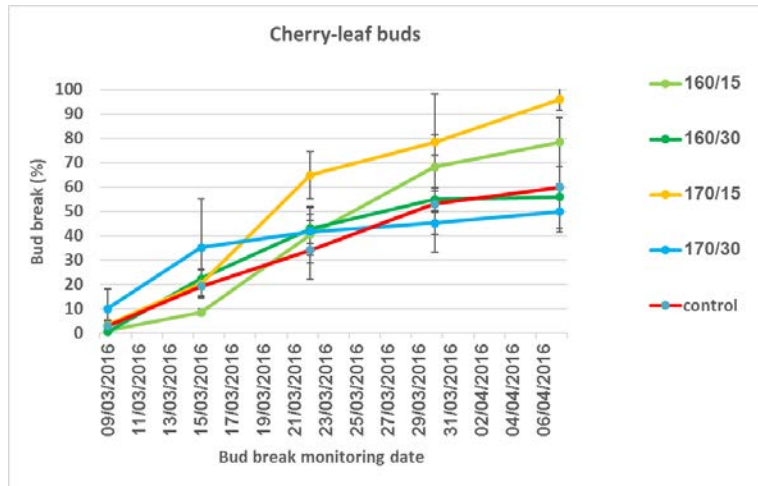
בשנת המחקר השנייה העצים היו מבוגרים ומבוססים יותר והנחנו כי הבדיקה תהיה יותר מייצגת ויותר אמינה. הייתה לנו אפשרות לבחון 4 טיפולים. כדי לאפשר איזון בין התעוררות פקעים וגטיביים לפקעי פריחה הוחלט על טיפולים בטמפרטורות נמוכות יותר לפרקי זמן ארוכים יותר:

170-30 (כטיפול ייחוס לשנה קודמת), 150-45, 140-45, 140-60

מעקב דומה אחר התעוררות פקעים וגטיביים בעצי דובדבן בעונה הראשונה הראה אף הוא כי טיפול ב-170 מ"צ ל-15 שניות הביא להתעוררות רבה מזו של פקעי בקורת אולם גם כאן ההבדלים לא היו מובהקים (איור 7).

המסקנה הייתה שבעונה השנייה כדאי יהיה לבחון טיפול קצר בטמפרטורה גבוהה יותר – אם תתאפשר מבחינה טכנית - ומשכי זמן קצרים וארוכים יותר באותה טמפרטורה:

170-15 (כטיפול ייחוס לשנה קודמת) 170-10 170-20 180-15



איור 7. תגובת עצי דובדבן במטע עציצים לטיפול חום בעונה הראשונה

העבודה שנעשתה בשנת המחקר השנייה- 2017

1. יישום שוק חום במטע עציצים שבמכון

בהתאם לתוצאות העונה הראשונה (חורף 2015-16) בניסונות במטע הדליים נבחרו הטיפולים בעונה השנייה (חורף 2016-17). כיוון שטיפול באפרסק ב 180°C למשך 30 שניות היה האפקטיבי ביותר בשנה הראשונה עבור התעוררות וגטטיבית אולם פגע מאוד בבלבוב פקעי פריחה ובגלל ש 160-30 היה בעל השפעה דומה אולם מתונה יותר (פחות יעיל בהמרצת התעוררות וגטטיבית וקצת פחות מזיק לפרחים) הסקנו כי נכון להוריד את טמפרטורת הטיפול ולהאריך את משכו. לפיכך בחרנו בטיפולים הבאים לאפרסק: 170-30 (טמפ' זמן) כייחוס לשנה קודמת, 150-45, 140-45, 140-60.












בדובדבן הטיפולים 170-15 ו 160-15 העלו רמת התעוררות יחסית לביקורת בשנה הראשונה, אך אותם טיפולים למשך 30 שניות לא היו יעילים. הנחנו לפיכך כי חימום ממושך מזיק ולכן החלטנו לבחון השפעת חשיפה של העץ לטיפול חום למשכי זמן קצרים:

170-15 כייחוס לשנה קודמת, 170-10, 170-20, 180-15, מתוך הנחה שהמכונה תאפשר טמפרטורות גבוהות כאלה. כמו כן, ועל בסיס אותו רציונל, הוספנו למטע עשרה עצי תפוח אשר טופלו בטמפ' של כ 150 מעלות במשך כ 40 שניות, על בסיס נתונים מקדימים שהיו לנו שהצביעו על השפעה ממריצה של התעוררות ייחורי תפוח בתנאים אלו.

בכל הטיפולים הובאו בחשבון זמני הירידה של מלכודת החום עד כיסוי העץ (11 שניות) והעליה עד מעל לעץ (13 שניות). טמפ' החייון האמצעי והעליון שבתא החימום נרשמו בכל טיפול בעץ וכלל הטיפולים מוצגים בטבלה 2. הניסוי החל בתאריך 23.2.17 והופסק לאחר טיפול בחלק מהעצים עקב תקלה טכנית. התקלה תוקנה והניסוי המשיך בתאריך 27.2.17.

טבלה 2. תיאור הניסויים בחורף 2016-17. X מציין את זמן העלייה וירידה של תא החימום ונוסף לו זמן שהיית תא החימום במצב בו הוא מכסה את העץ.

2017								
סכמת החלקה בחלוקה לטיפול חום								
אפרסקים			דובדבנים				תפוחי עץ	
שורה-1	שורה-2	שורה-3	שורה-4	שורה-5	שורה-6	שורה-7	שורה-8	שורה-9
אפרסקים	אפרסקים	אפרסקים	דובדבן	דובדבן	דובדבן	דובדבן	ת"ע	ת"ע
		3-1						
1-1	2-1	3-2	4-1	5-1	6-1	7-1	8-1	9-1
1-2	2-2	3-3	4-2	5-2	6-2	7-2	8-2	9-2
1-3	2-3	3-4		5-3		7-3	8-3	9-3
1-4	2-4	3-5	4-4	5-4		7-4	8-4	9-4
1-5	2-5	3-6	4-5	5-5	6-5	7-5	8-5	9-5
1-6	2-6	3-7	4-6	5-6		7-6	10 עצים	
1-7	2-7	3-8	4-7	5-7	6-7	7-7		
1-8	2-8	3-9	4-8	5-8	6-8	7-8		
1-9	2-9	3-10	4-9	5-9	6-9	7-9		
1-10	2-10	3-11	4-10	5-10	6-10	7-10		
1-11	2-11	3-12	4-11	5-11	6-11	7-11		
1-12	2-12	3-13	4-12	5-12	6-12	7-12		
1-13	2-13	3-14	4-13	5-13	6-13	7-13		
40 עצים			48 עצים					

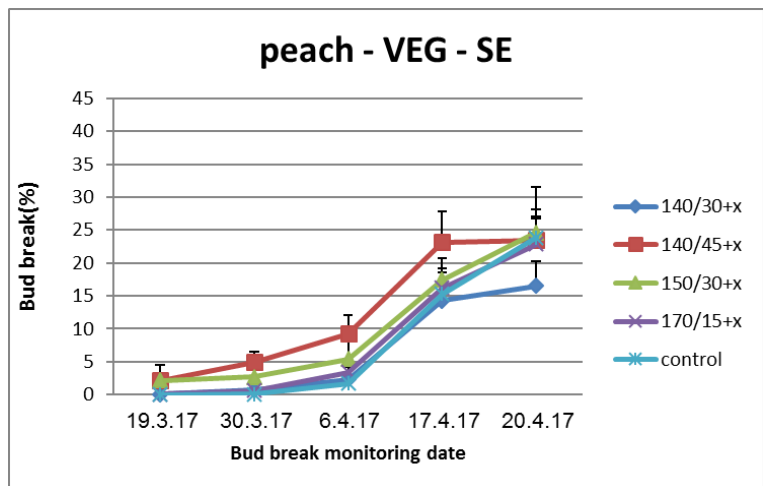
אפרסקים	2017	טיפולים	דובדבנים	2017	טיפולים		
	140	30+x	1		150	5+x	1
	140	45+x	2		160	5+x	2
	150	30+x	3		170	5+x	3
	170	15+x	4		170	10+x	4
	ביקורת		5		180	5+x	5
					ביקורת		6

תוצאות השנה השנייה

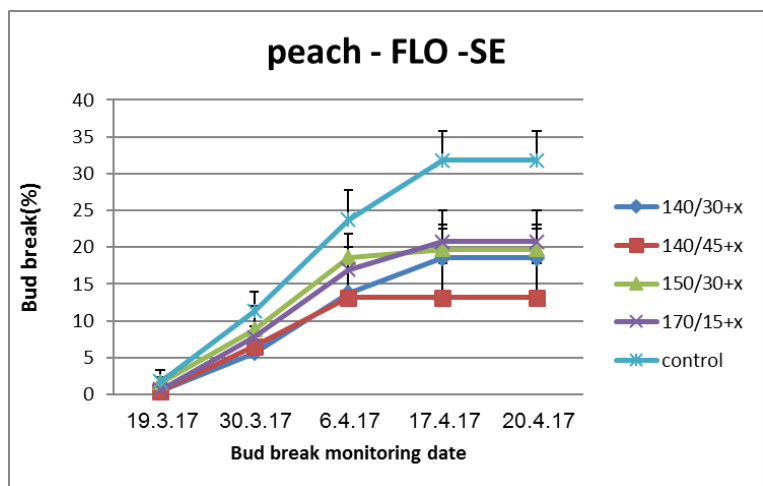
איורים 8-13 מציגים את תוצאות טיפולי החימום באפרסק, דובדבן ותפוח. באפרסק נראה כי טיפול בטמפרטורה של 140°C למשך כ 60 שניות ($45+x$) הקדים במידה מסוימת צימוח וגטטיבי, אם כי לא באופן מובהק סטטיסטית. טיפולים בטמפרטורות גבוהות יותר לא נבדלו מהבקורת. על פי נסיוננו, לאור המרצת ההתעוררות בחשיפה ל- 140°C מעלות למשך 60 שניות אנו מניחים שהתנהגות זו נובעת מפגיעה של הטיפול בפקעים הוגטטיביים ולא מהעדר הבדל מבקורת. כל הטיפולים פגעו בהתעוררות פקעי פריחה.

רוב הטיפולים בדובדבן לא היו שונים מהביקורת בצימוח וגטטיבי (ואף פחות טובים ממנה, אם כי לא במידה מובהקת) ורק הטיפול בטמפרטורה של 170°C למשך כ 20 שניות ($10+x$) הקדים במעט את התעוררות פקעי הפריחה (אם כי לא במידה מובהקת).

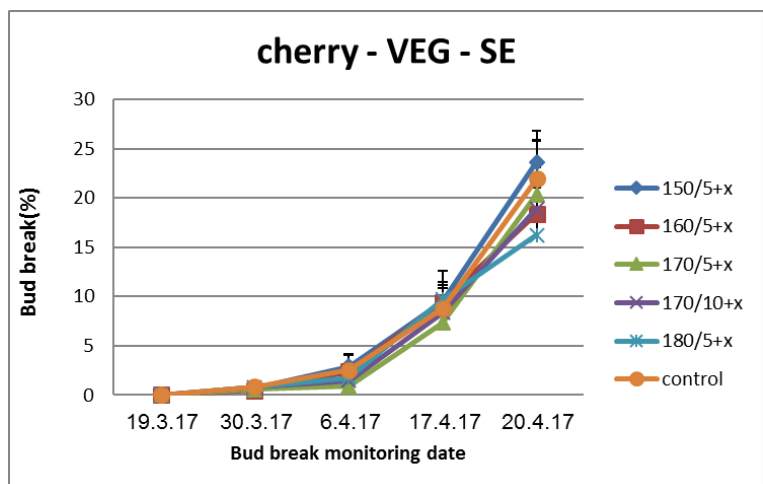
בתפוח התעוררות וגטטיבית הייתה מוקדמת מהביקורת באופן מובהק בעקבות הטיפול בחום אך התעוררות פקעי הפריחה הייתה פחותה.



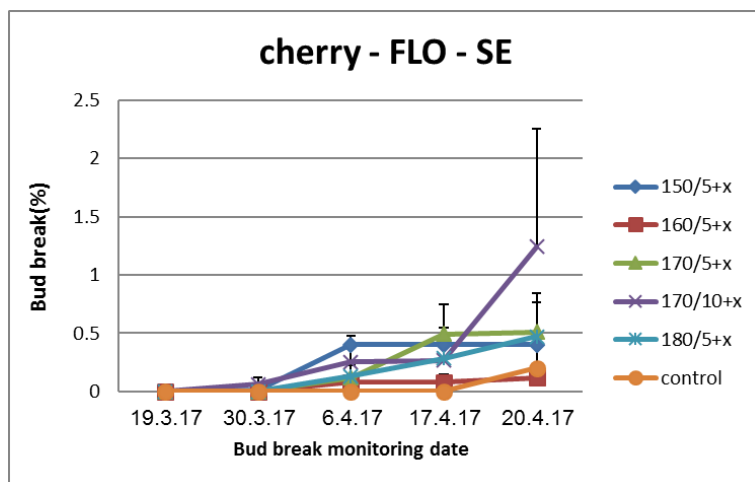
איור 8. תגובת עצי אפרסק במטע עציצים לטיפולי חום- ניצני צימוח וגטטיבי



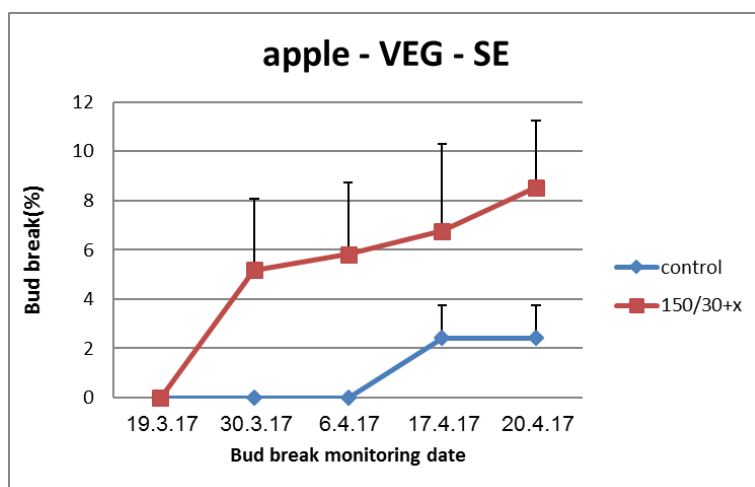
איור 9. תגובת עצי אפרסק במטע עציצים לטיפולי חום- ניצני פריחה



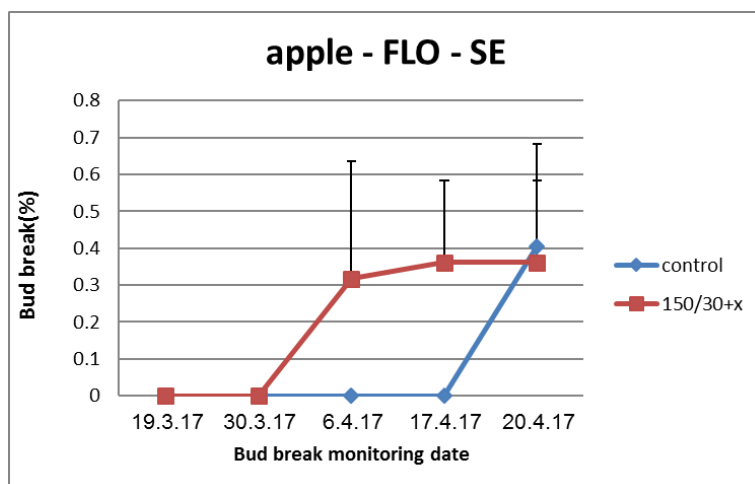
איור 10. תגובת עצי דובדבן במטע עציצים לטיפולי חום – ניצני צימוח וגטטיבי



איור 11. תגובת עצי דובדבן במטע עציצים לטיפולי חום- ניצני פריחה



איור 12. תגובת עצי תפוח במטע עציצים לטיפולי חום- ניצני צימוח וגטטיבי



איור 13. תגובת עצי תפוח במטע עציצים לטיפולי חום- ניצני פריחה

העבודה שנעשתה בעונת הניסויים השלישית -2018

לאור העובדה שהתקבל אישור לדחיית הגשת הדו"ח הסופי, בקשנו לערוך ללא תוספת תקציב ניסויים נוספים בחורף 2017-18. בתא החימום נעשו שני שינויים: (1) מיקום גופי החימום החשמליים שונה ממצב אנכי בפינות תיבת החימום, למצב אופקי לאורך השפות התחתונות של התיבה; (2) הוספו עוד שני גופי חימום על מנת להגיע לטמפרטורות גבוהות יותר- כעת חיממו את התא 8 גופי חימום בני 1 קילוואט כ"א במקום שישה בעבר.

מאחר שב- 2016 הטיפול נערך בשבוע האחרון של פברואר (23 ו-25 לפברואר, בהתאמה) הוחלט להקדים את הטיפול לאמצע פברואר כשהפקעים רדומים יותר כדי לבחון (1) אפשרות שהבקורת הייתה כבר בשלבי התעוררות ולכן לא נבדלה מהטיפול (2) שהטיפול אגרסיבי מדי במצב פעילות הפקעים בסוף פברואר ויהיה מואיל יותר כשינתן לפקעים רדומים יותר ולכן רגישים פחות (התנהגות מוכרת בגפן)

אפרסקים

כמתואר מעל, בחשיפת ייחורים לשוק חום למדנו שהטמפרטורות האפקטיביות הן גבוהות 160-170 וחשיפה למשך 30 שניות ואפילו 40 שניות הועילו ולא פגעו בייחורים לטראלים. ב-2016 חשיפת עצי אפרסק ל 170 מעלות ל-30 שניות, שהיה הטיפול החריף ביותר מבחינת טמפרטורה ומשך חשיפה, הראה שיפור לעומת בקורת אולם השיפור היה מוגבל, אם בגלל שייצג כבר נזק או משום שלא היה קיצוני מספיק. כדי לבחון את האפשרות שמייצג נזק, גם לפקעים וגטטיביים וגם לפקעי פרחים בחנו טיפולים מתונים יותר ב-2017. למדנו כי הללו עדיין פגעו בפקעי הפרחים, ויחד עם זאת לא היו בעלי כושר המרצת פקעי עלווה. כדי לבחון על פוטנציאל ההמרצה של מלכודת החום בתנאי סביבה טבעית, שעד לשלב זה היה מוגבל בלשון המעטה וברור היה שלא יביא בתקופת המחקר לתועלת מעשית, החלטנו לנצל את השנה השלישית לניסיון לבחון טווח פוטנציאלי של טמפרטורות שעשויה להמריץ באופן מובהק התעוררות פקעים וגטטיביים, מבלי לנסות להתמודד עם הרגישות של הפקעים הרפרודוקטיביים. בשנה השלישית הוחלט לכן לחזור להתייחס לפקעים וגטטיביים בלבד ולבחון את האפשרות שטיפולים קיצוניים יותר מ- טיפול 170 מעלות ל-30 שניות יהיו יותר אפקטיביים. לרשותנו עמדו 40 עצי אפרסק ששמשו ארבעה טיפולים ובקורת 8- צמחים לטיפול. הטיפולים היו:

ביקורת לא מטופלת	170-30	150-30	170-45	180-30
------------------	--------	--------	--------	--------

תפוחים-(10 עצים)

חזרנו על 150-30 – טיפול שהמריץ באופן מובהק התעוררות ב-2017

דובדבנים

הרציונל שתואר לעיל לגבי אפרסקים שימש לבחירת הטיפולים בדובדבנים כאשר נקודת העוגן מהניסיונות בייחורים ב-2016 הייתה טיפול 170 מ"צ שבחשיפה עד ל-20 שניות גרם להמרצת התעוררות, או לפחות לא הזיק. חשיפת דובדבנים בדליים ל-170 מעלות ל-15 או 30 שניות הראתה נטייה לשיפור ואילו חשיפה קצרה ל-180 מ"צ לא הייתה אפקטיבית. הונח לכן כי גם כאן עשויה להיות השפעה ממריצה לטמפרטורה גבוהה למשך חשיפה משמעותי יותר. לרשותנו עמדו 48 עצי דובדבן ששמשו לחמישה טיפולים וביקורת 8- צמחים לטיפול. הטיפולים היו:

170-45	180-30	170-30	170-60	150-30	בקורת
--------	--------	--------	--------	--------	-------

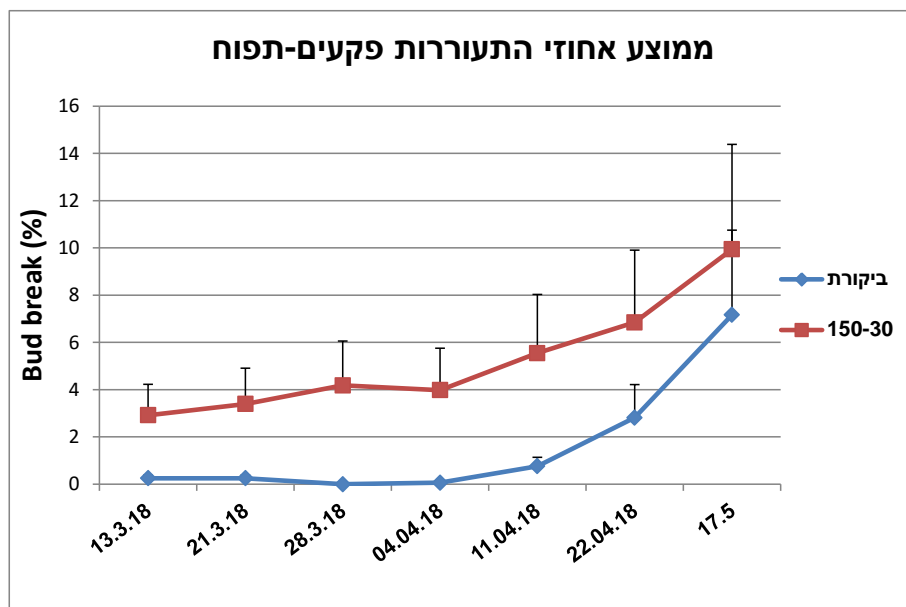
תכנית הטיפולים בעונת 2018 הייתה כמוצג בטבלה 3.

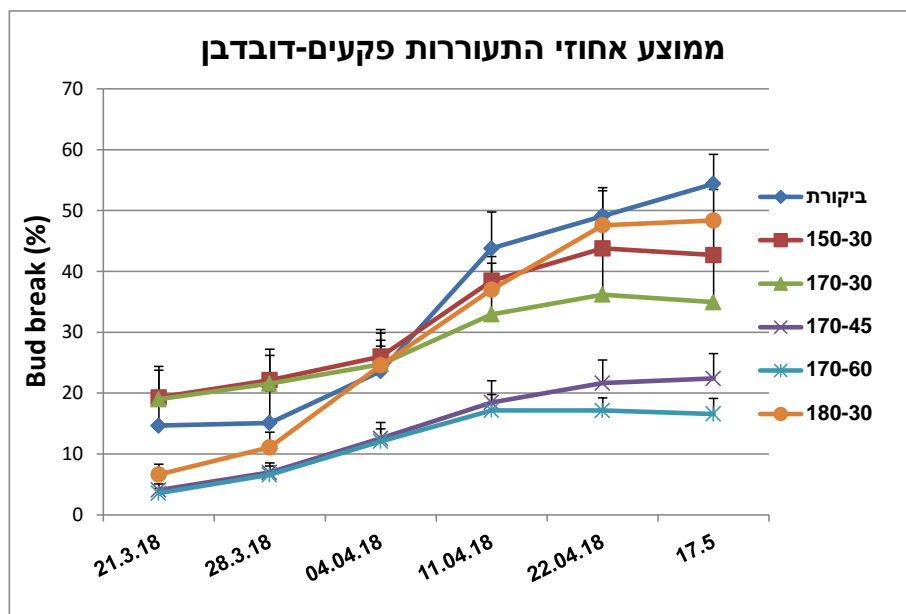
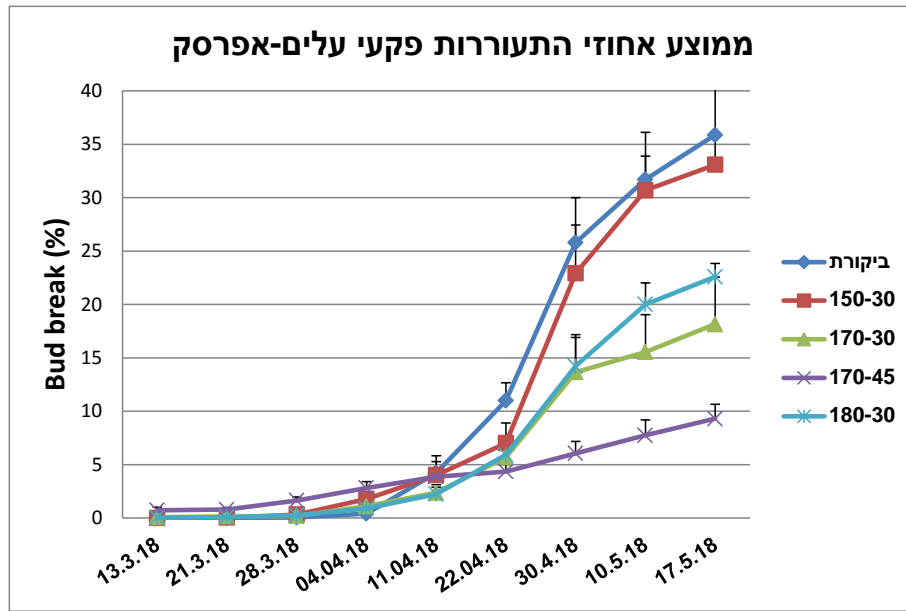
טבלה 3: סכמת טיפולים בחלקה בחורף 2018

2018										
סכימת החלקה בחלוקה לטיפולי חום										
אפרסקים			דובדבנים				תפוחי עץ			
שורה-1	שורה-2	שורה-3	שורה-4	שורה-5	שורה-6	שורה-7	שורה-8	שורה-9	שורה-10	
אפרסקים	אפרסקים	אפרסקים	דובדבן	דובדבן	דובדבן	דובדבן	ת"ע	ת"ע		
		3-1								
1-1	2-1	3-2	4-1	5-1	6-1	7-1	8-1	9-1		
1-2	2-2	3-3	4-2	5-2	6-2	7-2	8-2	9-2		
1-3	2-3	3-4		5-3		7-3	8-3	9-3		
1-4	2-4	3-5	4-4	5-4		7-4	8-4	9-4		
1-5	2-5	3-6	4-5	5-5	6-5	7-5	9-5			
1-6	2-6	3-7	4-6	5-6		7-6	10 עצים			
1-7	2-7	3-8	4-7	5-7	6-7	7-7				
1-8	2-8	3-9	4-8	5-8	6-8	7-8				
1-9	2-9	3-10	4-9	5-9	6-9	7-9				
1-10	2-10	3-11	4-10	5-10	6-10	7-10				
1-11	2-11	3-12	4-11	5-11	6-11	7-11				
1-12	2-12	3-13	4-12	5-12	6-12	7-12				
1-13	2-13	3-14	4-13	5-13	6-13					
40 עצים			48 עצים							
			צפון							
	אפרסקים	2018	טיפולים		דובדבנים	1018	טיפולים			
	150	30	1		150	30	1			
	170	30	2		170	30	2			
	170	45	3		170	45	3			
	180	30	4		180	30	4			
	ביקורת		5		170	60	5			
					ביקורת		6			

תוצאות טיפולים בחורף 2018

באיור 14 מוצג קצב ההתעוררות של עצי אפרסק, דובדבן ותפוח בחורף 2018. ההשפעה הממריצה של טיפול ב-150 מ"צ ל30 שניות על התעוררות פקעי עלים בתפוח הייתה מובהקת ודמתה לזו שהושגה בשנה הקודמת. טיפול ב-150 מ"צ ל30 שניות נראה לכן בעל פוטנציאל בתפוח בפרט ואולי בגרעיניים בכלל. על פי התוצאות ראוי היה לבחון בהמשך השפעת טיפול זה וטיפולים נוספים בשלבים שונים במעגל התרדמה של תפוח ואגס.





איור 14: תגובת עצי תפוח, אפרסק ודובדבן במטע עציצים לטיפול חום להמרצת התעוררות. מוצג אחוז פקעי העלווה שהתעוררו מסך כולל של פקעים לעץ.

לעומת זאת, באפרסק הייתה לרב הטיפולים השפעה שלילית בעוד שטיפול ב-150 מ"צ ל-30 שניות הראה קצב זהה לשל הביקורת. גם בדובדבן הייתה לטיפולים השפעה שלילית או שהראו קצב התעוררות זהה לשל הביקורת.

דין

בניסיונות קודמים וגם במחקר הנוכחי אין ספק שטיפול חום לפקע הנישא על ייחור מביא להמרצה מובהקת של התעוררותו בתנאים מבוקרים. הניסיון לתרגם התנהגות זו להמרצת הפקעים על העץ השלם באמצעות מלכודת חום צלח עבור תפוח בו נמצאה המרצה מובהקת והדירה של התעוררות פקעים וגטיביים במשך שתי עונות. לעומת זאת, שוק חום בתיווך מלכודת תרמית לא המריץ התעוררות עבור אפרסקים ודובדבנים, ולא נראה שמדובר בכשל טכני של המלכודת לספק שוק תרמי.

יישום שוברי תרדמה בעלי השפעה ממריצה במערכת פקעים מבוקרת הינה פרקטיקה אינפורמטיבית ומקובלת אולם במקרים רבים התנהגות הפקע הבודד באווירה מבוקרת אינה מלמדת על התנהגות הפקע על העץ השלם בסביבת גידול טבעית. הסיבה לא ברורה לנו (ולאחרים) בשלב זה משום שמערך הגורמים והתהליכים המבקרים את מעגל התרדמה אינו ידוע לאשורו. בין הגורמים האפשריים ניתן להעלות (1) שונות באינטראקציה בין פקעים על הצמח השלם, אם כי איננו סבורים כי זו המכשלה משום שמניסיונו בהחלט קיימים שוברי תרדמה המאפשרים המרצת פקעים על הצמח השלם; (2) העדר תנאים תומכי גדילה בסביבה הטבעית בחלון הזמן הנדרש לאחר מתן גירוי שובר תרדמה שמקהים את השפעתו של האחרון; (3) התפתחות בסביבה חורפית משתנה בהשוואה לחשיפה רציפה לתנאים תומכי גדילה בחדר הגידול.

לאור התוצאות בשלושת השנים, לפיהן הסקה על בסיס תוצאות של עונה אחת לא הניבה התנהגות דומה בשנה עוקבת, נראה גם כי גלעיניים שהם בעלי פקע פשוט מציגים התנהגות שאינה הדירה- לפחות בתנאי הסביבה בבית דגן שאינם מיטביים לזנים אלו בהעדר קור חורפי הנדרש לקיום מעגל התרדמה הטבעי. ניתן להעלות כאפשרויות השתנות עונתית בתנאי סביבה ו/או בפיזיולוגיה של הפקע עם התבגרותו ו/או השתנות בעומק התרדמה. בשילוב עם מיעוט צמחים לבחינה ואפשרות לניסיון אחד בשנה עולה החשש שהמערכת הניסיונית המוצגת אינה מאפשרת ביסוס של טיפול הדיר עם תוצאות צפויות. איננו מבקשים מימון להמשך מחקר בנושא אולם ניתן להעלות שתי חלופות אפשריות לשיפור אחידות במערכת המחקר שעל בסיסה ניתן לבצע התאמות/כיול לאחר כל עונת ניסיונות: (1) העברת מטע הדליים צפונה לאזור גידול מתאים; (2) ניוד העצים לקירור במקרר להשראת תרדמה לפני ביצוע הטיפול- אפשרות עדיפה בעינינו מהותית ולוגיסטית. ראוי להגדיל משמעותית את מספר הצמחים כדי לאפשר מעקב אחר מעגל התרדמה ולהגדיל את מספר הקומבינציות הנבחנות ולהצטמצם לבחינת אפרסק ותפוח כמייצגים את הגרעיניים והגלעיניים.

באופן מעניין, ההמרצה של התפוח הייתה מובהקת והדירה- בבחינת סנונית המבשרת כי ישנה אפשרות להמריץ התעוררות. כמובן שהניסיון במתכונתו אינו מספק הסבר להבדל אך המידע עשוי לשפר תשתית למערכת מחקר להבנת ההבדל.

הרגישות הגורפת של פקעי פריחה, יחסית לפקעים וגטטיביים, אינה בבחינת חידוש ומוכרת לעוסקים בתחום הורדניים וסיבותיה לא הובררו עדיין. מאחר שאיננו מומחים בתחום, וממילא התכנית לא עסקה בבירור מהותי של שאלה זו, לא נוכל לתרום הסבר מלומד משלנו אולם מסדנה של מיטב המומחים האירופיים בנושא פקעי פריחה ורדניים בפברואר 2018 לא עלו תובנות ברורות יותר להבדל האמור ברגישות הפקעים הגוטטיביים והרפרודוקטיביים. יצוין כי מדובר במריסטמה בעלת מאפיינים שונים מאוד מזו של המריסטמה הגוטטיבית וישנם לכן גורמים פוטנציאליים רבים להבדל שיש לקוות שמומחים מתאימים יבחנו אותם בתכנית תשתיתית.

מבחינת המערכת הטכנית, המערכת שנבנתה תפקדה היטב ושמרה על טמפרטורה גבוהה כנדרש. בעונת הניסויים האחרונה שופרה מערכת העלאה והורדה של תא החימום וניתן היה להגיע להשלמת הירידה או העלייה בשנייה וחצי בערך. יש לכך חשיבות מבחינת צמצום ההבדלים בזמני החשיפה השונים של העלווה בחלק העליון והתחתון של עץ. למרות שבניסויים השתמשנו במתקן פשוט מאד, נעשה תכנון הנדסי מלא כאופציה למכונת שדה עתידית.