

פיתוח מודל לחיזוי השפעת אקלים על השלמת תרדמה בתפוח - 2004

עמוס נאור – המכון לחקר הגולן
אמנון ארז – מו"פ צפון
משה פליישמן – מנהל המחקר החקלאי
רפי שטרן – מו"פ צפון

תקציר

בעית המחקר – המחקר מטפל באופטימיזציה של התאמת תפוחים (דורשי קור) לאזורי גידול. – מטרת המחקר לפתח מודל החוזה השפעת טמפ' על השלמת תרדמה בתפוח בפקעי צימוח ובדורבנות עם פקעים מעורבים. בשנת 2004 ועל בסיס נתונים קודמים שקבלנו, נבחנה האפשרות שהתגובה של פקעי צימוח לטמפרטורות שונות משתנה לאורך התרדמה. כמו כן נבחנה האפשרות שבטמפ' גבוהות לא נכנסים פקעי הפריחה לתרדמה ורמת הכניסה לתרדמה עולה עם הירידה בטמפרטורה.

חומרים ושיטות – 1. בוצע עקום תגובת פקעי צימוח לטמפ' שונות (3, 7, 11, 15, 19 מ"צ) לאחר שהיה אחידה של 1300 שעות ב-3 מ"צ; 2. נבחנה תגובת פקעי פריחה לטמפ' נמוכות בתחילת התרדמה כגורם המשרה כניסה לתרדמה. במהלך נובמבר נערך ניסוי בו שהו העצים בשתי טמפרטורות נמוכות (0, ו-6 מ"צ) לשלושה משכים (160, 320 ו-500 שעות). בהמשך שהו העצים בטמפ' של 18 מ"צ עד להשלמת 1700 שעות מתחילת הניסוי. בטיפול הביקורת שהו העצים 1700 שעות בטמפ' של 18 מ"צ.

תוצאות – תרומת טמפ' גבוהות להשלמת תרדמת פקעי צימוח אכן משתנה במהלך תקופת התרדמה. נמצאה השפעת שבירת תרדמה לטמפרטורות גבוהות לאחר חשיפה ל-1300 שעות קור בניגוד לתחילת תקופת התרדמה; משך השהיה בטמפ' נמוכות משרה כניסה לתרדמה ועצמת התגובה מתחזקת בטמפרטורות נמוכות יותר.

הבעיות שונתרו לפתרון – יש להריץ מודל מעודכן לחיזוי השלמת תרדמה בפקעי צימוח; יש לבחון מודל פשוט לחיזוי השלמת תרדמה של פקעי פריחה.

מבוא – מדינת ישראל נמצאת בקצה הדרומי של תפוצת התפוח בחצי הכדור הצפוני ותנאי האקלים ככלל אינם אופטימליים לגידול מין זה. אחת הבעיות היא שהחורף בארץ אינו מספק בכל שנה די שעות צינון להשלמת תרדמה ואין מנוס משימוש בשוברי תרדמה להבטחת אחוז התעוררות תקין. מנגנון פעולתם (הכללי) של שוברי התרדמה על סוגיהם השונים הוא יצירת עקה השוברת את התרדמה. העקה הנוצרת ע"י שוברי התרדמה יכולה לגרום לנזק ויש צורך להגדיר את התנאים בהם יש צורך בהפעלת שוברי התרדמה. מקובל מניסיון רב שנתי שניתן לשבור תרדמה כאשר נצברו כשני שלישים ממנות הצינון הדרושות להשלמת התרדמה. מידע זה לא מתבסס על תוצאות מחקריות מדויקות. יש מקום להגדיר איזה חלק ממנות הצינון צריך להיצבר בכדי ששבירת התרדמה תביא להתעוררות תקינה בהיקף מסחרי. בהקשר זה יש להתחשב בדרישות הצינון השונות שיש לפקעים וגטטיביים ולפקעי פרי שכן התעוררות מספקת של פקעי

פריחה ויצירת כמות עלווה שאינה מספקת יאפשרו אמנם קבלת יבול אך יפגעו ביכולת העץ להניב פרי איכותי ובתהליך ארוך קימת סכנה של התנוונות העץ. בנוסף, יש להתחשב בעיתוי ריסוס שובר התרדמה מפני שהעקה שיוצרים שוברי התרדמה המביאה לשבירתה, עשויה לגרום להשפעות פיטוטוקסיות ולפגוע בפקעים המתעוררים. במחקר שערכנו בתרדמה והתעוררות של פקעי צימוח ופקעים מעורבים על דורבנות מצאנו שמשך הזמן הדרוש להתעוררות מתקצר ככל שנצברו יותר מנות צינון. מכאן שהרגישות לכימיקלים שוברי תרדמה מותנית בהתקדמות מצב התרדמה. חשוב לציין שעוצמת הנזק משוברי תרדמה תלויה בין השאר באקלים שלאחר הריסוס, קרי, קצב צבירת ימי המעלה. אם כן יש כאן מרכיב בלתי ניתן לחיזוי הקובע בדיעבד, האם שבירת התרדמה תגרום נזק. ככל שידרש זמן רב יותר לתחילת ההתעוררות בעקבות ישום שוברי תרדמה כך תקטן ההסתברות לקבלת נזק לפקעים המתעוררים. מודל חיזוי השלמת התרדמה יהווה כלי שבאמצעותו ניתן יהיה להשיג מטרה זו. בעבר נעשה ניסיון לחזות השלמת תרדמה בתפוח תוך שימוש במודל הדינמי שפותח לחיזוי השלמת תרדמה באפרסק. נמצא שמודל זה אינו חוזה במדויק את השלמת התרדמה בתפוח שכן הפונקציה הבסיסית המתארת השפעת טמפ' על השלמת תרדמה בתפוח שונה מזו של אפרסק (מצאנו במחקר קודם). במחקר עד כה נמצא ש ההתעוררות שהתקבלה במטע היתה טובה יותר מהחזוי. על בסיס זה הוצעה ההיפותזה שתגובת הפקעים הוגטיביים לטמפרטורה משתנה עם משך התרדמה כך שהפקעים מגיבים לטמפ' גבוהות יותר עם התקדמות התרדמה. בעיה אחרת שעלתה היא שאלת כניסת פקעי פרי לתרדמה. בניגוד לפקעים וגטיביים הנכנסים לתרדמה עמוקה עם השתנות אורך היום, נראה לנו מתוצאות השנים שעברו שיש כנראה צורך בטמפרטורות נמוכות על מנת להשרות תרדמה בפקעים אלה.

חומרים ושיטות – בוצעו שני ניסויים האחד על פקעי צימוח על ענפים חד שנתיים והשני על דורבנות בעצים בני שנתיים.

השפעת טמפרטורה לקראת סוף תהליך התרדמה על התעוררות פקעי צימוח – הניסוי בא לבחון את השפעת הטמפרטורה לאחר 1300 שעות צינון ב-3 מ"צ על התעוררות פקעי צימוח כאשר המטרה הייתה לבחון האם התגובה לטמפרטורה משתנה לאורך התרדמה. השאלה התעוררה מאחר והמודל שפיתחנו חוזה בחסר את ההתעוררות לאחר 1300 שעות. הניסוי בוצע בעצי תפוח מהזן זהוב שגדלו במיכלים בנפח 10 ליטר. שתילים חד שנתיים ניטעו באביב במיכלים בחוות אבני איתן ונקטמו כ-40 ס"מ מעל ההרכבה. בכל עץ התפתחו עד שלושה ענפים חד שנתיים באורך של מטר ויותר. העצים הוכנסו לתא קרור בטמפ' של 3 מ"צ במהלך חודש נובמבר. לאחר 1300 שעות חולקו העצים ל-5 קבוצות שגדלו בטמפרטורות שונות (3, 7, 11, 15 ו-19 מ"צ). בנוסף, קבוצת עצים אחת הועברה להמרצה במועד פיצול הטמפרטורות כאשר ההמרצה נעשתה בטמפ' של 22 מ"צ בתאורת פלורסנט ואורך יום של 10 שעות. במהלך השהיה בטמפרטורות השונות הועברו קבוצות עצים להמרצה לאחר 1500, 1700 ו-1900 שעות מתחילת הניסוי (נובמבר). במהלך ההמרצה נספרו הפקעים המתעוררים מספר פעמים. העצים בהמרצה היו במצב אופקי למנוע השפעת שלטון קדקדי.

לצורך אימות המודל שהו עצים בחוות פיכמן (גובה 1000 מ מעל פני הים) וקבוצות עצים שונות הוכנסו להמרצה מספר פעמים לאורך החורף.

השפעת משך השהיה בטמפרטורות נמוכות בתחילת התרדמה על עוצמת התרדמה של דורבנות – הניסוי בא לבחון את השפעת משך השהיה בטמפרטורות של 0 או 3 מ"צ בתחילת החורף על כניסה

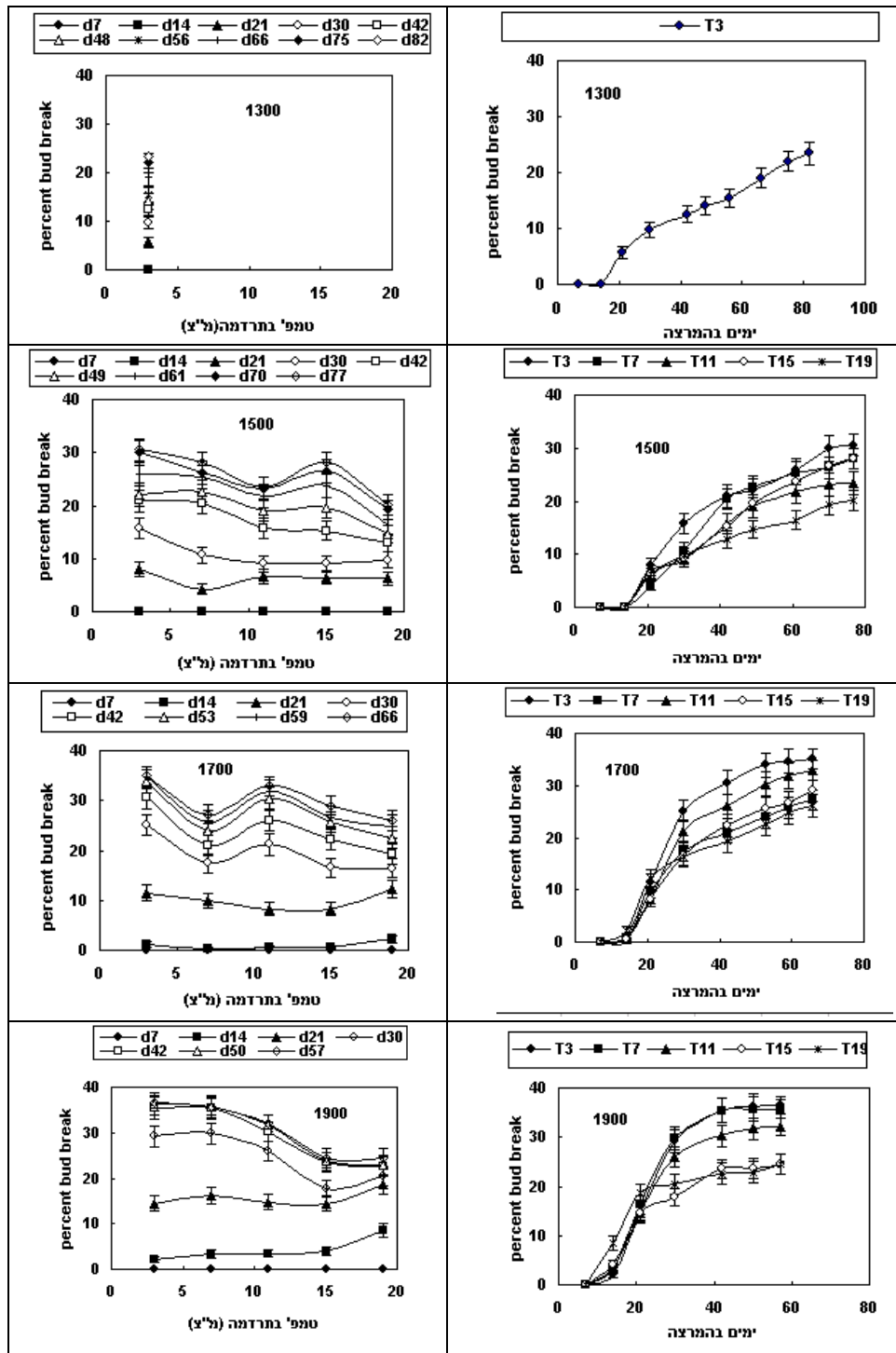
לתרדמה. שאלת המחקר התעוררה בעונה החולפת בה התקבלה עליה באחוז ההתעוררות מעל טמפי של 12 מ"צ בחורף. הניסוי בוצע בעצי תפוח מהזן זהוב שגדלו במיכלים בנפח 10 ליטר. שתילים חד שנתיים ניטעו באביב במיכלים בחוות אבני איתן ונקטמו כ-40 ס"מ מעל ההרכבה. בכל עץ התפתחו עד שלושה ענפים חד שנתיים באורך של מטר ויותר. באביב השני הושכבו העצים על מנת לעודד התעוררות פקעים צדדיים ולאחר ההתעוררות סובבו העצים ב-180 מעלות על מנת לעודד התעוררות בהיקף הגזע כולו. לאחר שהתעוררות הפקעים הצדדיים התקבלה (צימוח של מספר ס"מ) הועמדו העצים במצב זקוף עד החורף. במהלך נובמבר נערך ניסוי בו שהו העצים בשתי טמפרטורות נמוכות (0, ו-6 מ"צ) לשלושה משכים בתחילת התרדמה (160, 320 ו-500 שעות). בהמשך שהו העצים בטמפי של 18 מ"צ עד להשלמת 1700 שעות מתחילת הניסוי. בטיפול הביקורת שהו העצים 1700 שעות בטמפי של 18 מ"צ. לאחר 1700 שעות הועברו העצים להמרצה בטמפי של 22 מ"צ בתאורת פלורסנט ואורך יום של 10 שעות.

תוצאות

השפעת טמפרטורה לקראת סוף תהליך התרדמה על התעוררות פקעי צימוח – בעונה הנוכחית המשכנו את תהליך ההמרצה מעבר למשך המקובל (42 יום). לאחר 1300 שעות התקבלו 14% התעוררות בתום 42 ימים בהמרצה ובתום 80 ימים מעל 20% התעוררות (איור 1) דגם התפתחות ההתעוררות דומה לסיגמואיד כפול המצביע על שני תהליכים שלראשון מתיחסים בדרך כלל כאל זה המבטא השפעת טמפרטורה על צבירת קור. התהליך השני הוא תהליך שבדרך כלל מתעלמים ממנו והוא מבטא התעוררות עולה לאחר משכי המרצה ארוכים. בחלק מהמקרים קשה להפריד בין שני תהליכי ההתעוררות (בולט ב-1700 שעות; איור 1) כך שקשה להגדיר את תרומת הטמפי השונות להתעוררות. לאחר 1900 שעות התקבלה התעוררות ראשונית מוקדמת בטמפי של 19 מ"צ כצפוי מתקופת המרצה ממושכת בטמפרטורה זו, ולאחר מכן עבר אחוז ההתעוררות בטמפרטורות הנמוכות את זה שב-19 מ"צ. התרומה היחסית הגבוהה ביותר מתקבלת ב-3 מ"צ בשני המקרים (איור 3) – תרומה ממוצעת לאורך כל התרדמה ותרומה לאחר 1300 שעות ב-3 מ"צ. אך עם עליית הטמפרטורה התרומה היחסית של טמפי גבוהות גדולה יותר לאחר 1300 שעות בהשוואה לתרומה הממוצעת.

מעבר ל-1500 שעות צינון התקבל חיזוי בחסר במשך שלוש העונות בהם בוצע האימות (איור 2) (במועד האחרון בשנת 2004 חלה ירידה באחוז ההתעוררות באופן בלתי הגיוני ונראה שהדבר קשור בבחירה לקויה של עצי המידגם. אין ספק שתיקון המודל המקורי לפי נתוני שנה זו

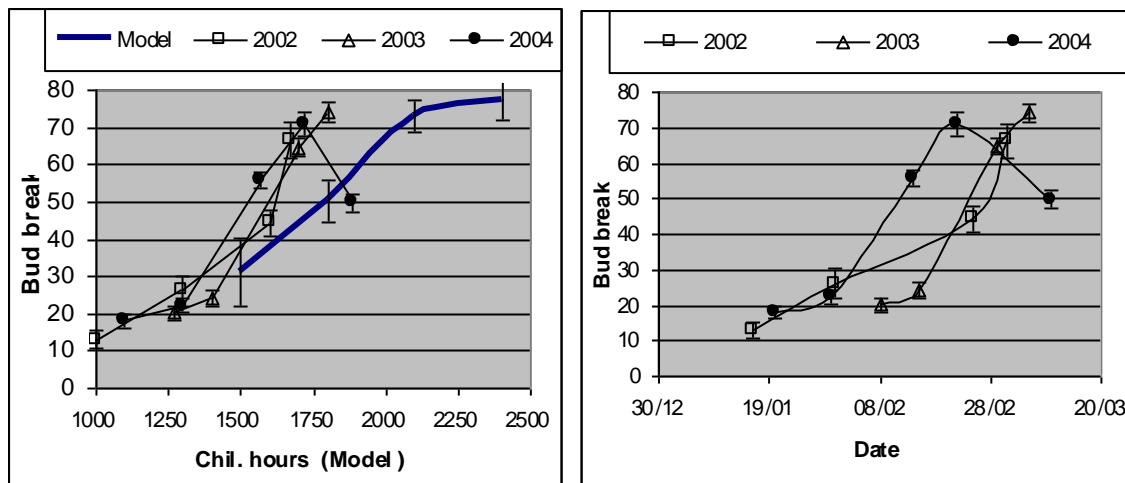
איור 1: אחוז ההתעוררות של פקעי צימוח לאורך ההמרצה לאחר חשיפה של 1300 שעות ב-3 מ"צ ובהמשך לטמפ' משתנות. הסימנים המתחילים באות T משמעותם טמפ והסימנים המתחילים באות D משמעותם ימים בהמרצה. המספרים מציגים את מועד הכניסה להמרצה (שעות מתחילת הניסוי).



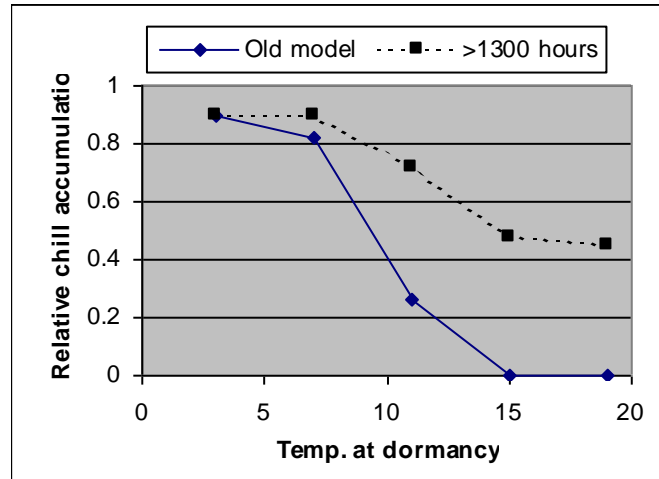
שמגדילים את משקל הטמפרטורות הגבוהות (15-7 מ"צ) בשבירת תרדמה בחלק התרדמה השני, ישפרו את יכולת החיזוי של מודל התפוח.

השפעת משך השהיה בטמפרטורות נמוכות בתחילת התרדמה על עוצמת התרדמה של דורבנות – אחוז ההתעוררות של פקעי פריחה עלה עם העליה במשך החשיפה לטמפי של 0 מ"צ בתחילת התרדמה (איור 4). אחוז ההתעוררות כבר בשהיה של 160 שעות בטמפי של 0 מ"צ היה נמוך מבביקורת. אחוז ההתעוררות של הטיפולים ששהו 160 שעות ו-320 שעות בטמפי של 6 מ"צ בתחילת התרדמה היתה דומה לביקורת בעוד שאחוז ההתעוררות בשהיה של 500 שעות בטמפי של 6 מ"צ היה נמוך מבבקרת (איור 4).

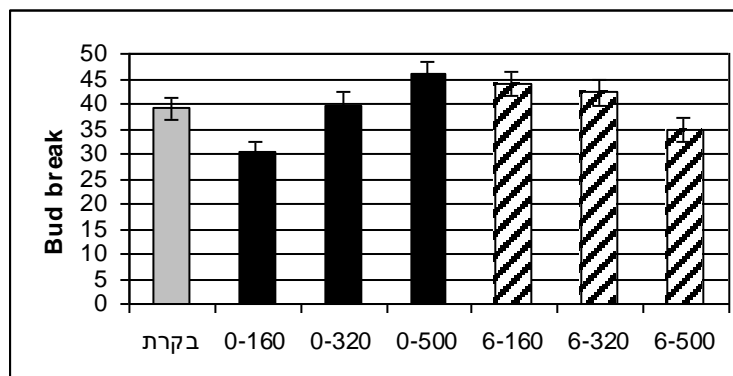
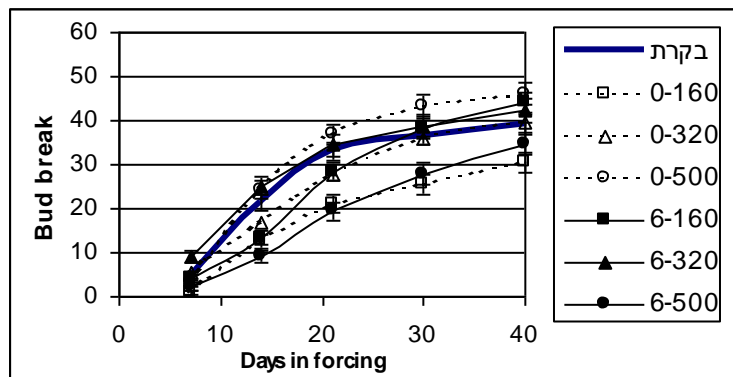
איור 2: אחוז התעוררות פקעי צימוח לאורך החורף בחוות פיכמן; אחוז התעוררות של פקעי צימוח כפונקציה של צבירת שעות צינון בהשוואה למודל.



איור 3: התרומה היחסית של טמפרטורות שונות לצבירת קור בפקעי צימוח על פי המודל הישן (תגובה ממוצעת לאורך התרדמה) ותרומה יחסית של טמפרטורות שונות לאחר 1300 שעות ב-3 מ"צ.



איור 4: אחוז התעוררות פקעי פריחה לאחר 1700 שעות כאשר בתחילת התרדמה שהו העצים בטמפ' 0 או 6 מ"צ למשך 160, 320 ו-500 שעות ואח"כ ב-18 מ"צ עד להשלמה ל-1700 שעות. העצים בבקרת שהו בטמפ' 18 מ"צ במשך 1700 שעות. המספר השמאלי בסימון הטיפול הוא הטמפ' והימני הוא משך הזמן בשעות.



דין

השפעת טמפרטורה בחלק השני של תקופת התרדמה על התעוררות פקעי צימוח – הניסוי השנה מראה שהתגובה לטמפ' השונות משתנה לאורך התרדמה (איור 3) והשינוי הוא בכיוון של עליה בתרומה היחסית של טמפ' גבוהות. כיוון זה יכול להסביר חלק מהפער בחיזוי (איור 2). בהמשך יבנה מודל עם עקום תגובה משתנה ותיבדק מידת הסטיה של אחוז ההתעוררות המדוד מהחזוי. קימת אפשרות שחלק מההתעוררות בטמפ' הגבוהות מקורה בהמרצה מוגברת הקורית רק בטמפרטורות הגבוהות והמביאה לידי ביטוי התעוררות שאיננו מתיחסים אליה במודל כיוון שמשכי הזמן הדרושים להתעוררות זו גדולים מאד ואינם מעשיים מבחינה חקלאית. לא ברור לנו כרגע האם ניתן להפריד בין שני תהליכי התעוררות אלו במחקר.

השפעת משך השהיה בטמפרטורות נמוכות בתחילת התרדמה על עוצמת התרדמה של דורבנות – הירידה באחוז התעוררות בשהיה של 160 שעות ב-0 מ"צ בתחילת התרדמה בהשוואה לבקרת (איור 4) מצביעה על כך שב-18 מ"צ לא היתה כניסה משמעותית לתרדמה. ההבדל בתגובה בשהיה ב-0 ו-6 מ"צ מצביע על השפעה של טמפ' השהיה בתחילת התרדמה על קצב הכניסה לתרדמה. כך ב-0 מ"צ הכניסה לתרדמה מוקדמת מאשר ב-6 מ"צ. העליה באחוז התעוררות עם העליה במשך השהיה ב-0 מ"צ מצביעה על תרומה חיובית לצבירת קור עם עליית משך השהיה ב-0 מ"צ. נראה לפיכך שהכניסה לתרדמה קורית לפני 160 שעות ב-0 מ"צ. המימצאים של השנה מאששים את ההיפותזה שעלתה בעונה הקודמת אך מסבכים את המודל כיוון שיש צורך לבחון את השפעת הטמפ' על הכניסה לתרדמה. כמו כן יש לקבוע מתי קורית הכניסה לתרדמה וממתי יש להתחיל למנות את צבירת הקור להשלמת התרדמה.

מסקנות – לא ניתן עדיין להסיק מסקנות סופיות. יש לאמת את המודל המשופר לחיזוי השלמת תרדמה בפקעי צימוח. לגבי פקעי פריחה יש להוסיף למודל את השפעת הטמפרטורה הנמוכה על השרית תרדמה ולבדוק על בסיס המודל המורכב את יכולת החיזוי. במידה והחיזוי לא יהיה טוב יהיה צורך להמשיך את פיתוח המודל במחקר נוסף.