

# פיתוח מאגר מידע בתמרים כתשתית מחקרית לשיפור איכויות הפרי

תוצאות ביניים

יובל כהן, אמוץ חצרוני - מנהל המחקר החקלאי

מרג'ורי סטרום, אבי סדובסקי - מו"פ ערבה דרומית

## מבוא

בשנים האחרונות חלה עליה רבה במודעות לאיכויות הפרי. בענף התמר, ובמיוחד בזן 'מג'הול' קיימות מספר תופעות הפוגעות מאוד באיכות הפרי והמביאות לנזקים כלכליים קשים. אלו כוללות את תופעת השלפוח, בה נפרדת הקליפה מציפת הפרי, ואת דילוג השלב, בה הפרי כולו, או חלקים ממנו, מתייבשים לפני הבחלתם. מספר מחקרים ניסו להבין תופעות אלה, אולם המאמצים המחקריים הרבים שנעשו עד היום (במיוחד בקשר לשלפוח) לא הובילו לתובנות אמיתיות או לפתרון חקלאי.

מגדלי התמר בארץ, ובאזור הערבה הדרומית, עובדים לפי פרוטוקולי גידול מסודרים. למרות זאת, קיימים בפועל הבדלים ניכרים בין המגדלים השונים, ופעמים רבות גם הבדלים בין חלקות שונות המגודלות באותם משקים. הבדלים אלו מתבטאים בכל שלבי הגידול, החל משיטות האבקה והדילול, דרך מועדי קשירת האשכולות, הבדלים בדישון, בהשקיה, בשיטות הגידול ואף במיון הראשוני של הפרי ובטיפולים שניתנים לו לפני ובעת הכנסתו לבתי האריזה. בין חלקות התמר השונות יש הבדלים רבים בגיל העצים, בסוגי הקרקע, באיכות מי ההשקיה וכמובן גם בתנאי האקלים (אפילו בתוך אזור הערבה הדרומית קיימים הבדלים ניכרים בתנאי לחות וטמפרטורה בין חלקות ומטעים שונים). נמצאו הבדלים בולטים גם בטיפול בפרי לאחר הקטיף. בכל המשקים, נעשה מיון ראשוני של הפרי למספר פרקציות: פרי מוכן, פרי יבש, פרי רטוב, פירות שנגדדו בוחל או בוסר (פרי צהוב), ופירות בררה. בחלק מהמשקים המיון הראשוני נעשה במטע עצמו ובאחרים הוא נעשה בבית האריזה. לאחר הטיפול, פרקציות הפרי השונות עוברות טיפולים לייבוש (פרי רטוב), הידרציה (לפרי יבש), והבחלה (לפרי צהוב) לפני המשלוח לבית האריזה.

החקלאות המודרנית הופכת יותר ויותר לתעשיית "היי-טק" ופיתוחים של חקלאות מדייקת נשקלים יותר ויותר ברמה ענפית, משקית ואפילו ברמת הצמח הבודד. כיום אין בתמר, ובמרבית גידולי המטע, איסוף ומעקב אחר נתוני הגידול בחלקות ברמה שמאפשרת הסקת מסקנות. למרות קיום פרוטוקול מסודר ורישום בפועל המנוהל על ידי מרבית המגדלים, הנתונים לא מנותחים מעבר לרמת החקלאי הבודד, ולא ניתן להסיק מהם מסקנות על שיטות משופרות ודרכים להתייעלות ולשיפור הגידול והיבול.

מטרת המחקר היא לבחון את הקשרים בין תנאי האקלים והסביבה, פרוטוקולי הגידול ואיכויות הפרי כדי לפתח כלים לצמצום הנזקים. מטרת המשנה כוללת (1) פיתוח מערכת אחודה לאיסוף ואחזור נתונים ומידע ברמת החלקה הבודדת בענף התמר, (2) בניית מודלים שיסבירו את שכיחות תופעות השלפוח ו"דילוג השלב" בהקשר לתנאי הסביבה וממשק הגידול, ויאפשרו לנבא אותן לפני מועד הגידול, ו- (3) ביצוע שינויים בפרוטוקולי הגידול שיביאו לירידה בנזקים. (4) מאגר המידע ישמש מענה גם לשאלות מחקריות עתידיות בנושאים אחרים בענף התמרים.

## פירוט הניסויים והתוצאות

### אפיון מערכת המידע

בשנת המחקר הראשונה, התמקדנו באפיון הנתונים הדרושים במאגר המידע. האפיון נעשה על ידי בחינת המערכות הקיימות (נתונים מטאורולוגיים, מידע קיים מהחקלאים, ונתוני בתי אריזה). מאגר הנתונים בנוי על ארבעה יסודות:

1. מידע על החלקה: מידע זה כולל את הזן, מספר העצים בחלקה, שנת נטיעתם, מקור העצים. מפת החלקות, שימשו בהמשך בעבודה בשיטות של חקלאות מדייקת ברמת העץ הבודד ולבחינת קשרים מרחביים בין התופעות הנחקרות; בנוסף, נרשמים שינויים שמבוצעים בחלקה - עקירת של עצים, נטיעות מילואים, ומידע רלוונטי נוסף (כמו עצי דגימה, במידה והחקלאים משתמשים בעצים קבועים לדגימותיהם).

2. מידע על פרוטוקול הגידול בפועל: המידע שנאסף כולל כל טיפול שנעשה בחלקה במהלך כל שנת העבודה, כולל מועדים, חומרים, דרכי ביצוע שעות עבודה ועוד. מדדים עיקריים שנאספים: מועדי תחילת פריחה, מועדי האבקה ושיטת האבקה, מועדי ופרוטוקולי דילול, מספר אשכולות שפרחו, ושהופרו לעץ, גודל האשכולות ונתונים על החנטה או על נשירת הפירות. נרשמים גם מועדי קשירת אשכולות, מועדי כיסוי אשכולות ונתונים על הגידול. במהלך ההתפתחות נרשמים סקרים מדגמיים לספירת האשכולות בכל עץ, מספר הסנסנים בכל אחד מהם ומספר הפירות בכל סנסן. רמות החנטה, משקל וגודל הפירות. מבחינת הגנת הצומח מצוינים מועדי זיהוי מזיקים בחלקה, ומכלול הטיפולים (שנתנו בעקבות גילוי מזיקים וטיפול המניעה) שבוצעו בחלקה. מפורטת מדיניות ההשקיה: כמות מים ליום, איכות המים, ימי השקיה, התאמה למקדמי התאדות גיגית לאורך העונה.
3. מידע על איכויות הפרי ברמת החלקה והגידים השונים: המידע כולל נתונים על משקל הפרי והתפלגות במיון הראשוני לפי מדדי הבשלה, פרקציות פרי שהועברו למיזם/ליבוש, וכן נתוני בית האריזה הסופיים (גודל פרי ממוצע, מצבי הבשלה, נתוני משקל ולחות פרי, תוצאות שלפוח ודילוג שלב).
4. נתונים מטאורולוגיים מפורטים מתחנות מטאורולוגיות קיימות באזור ומתחנות שהותקנו במיוחד בשתיים מחלקות התמרים.

#### מימוש מערכת המידע

מאגר המידע הראשוני נבנה על בסיס Excel וכלל תפריטים להקלדת הנתונים ולהפקת דוחות. המערכת כללה הגדרות מובנות לטבלאות מבוקרות לצורך אחידות בהפקת דוחות ומסקנות. נבחרו שדות הנתונים החשובים למגדלים (באיזור הערבה הדרומית) ושדות נוספים שחשובים בעיקר לצרכי המחקר. הטמענו בתוך מאגר המידע כלים שיעזרו למגדלים לתכנן את פרוטוקול הגידול שלהם. אלו כוללים עזרים לתכנון הדילול (שייקחו בחשבון את מספר האשכולות וגודלם, ואת נתוני החנטה להערכת היבול הצפוי), עזרים לחישוב כמויות האבקה הנדרשות בכל סבב האבקה בכל חלקה, או לחישוב כמויות חומרי הדברה וכו'. חלק מעזרים אלה פותחו כבר באופן עצמאי על ידי חלק מהמגדלים ומדריכי הגידול, והוכנסו לתוך ממשק העבודה במאגר המידע כדי להקל על עבודת החקלאים ולחסוך כפילות בהזנת הנתונים. בנוסף, נוספו במאגר מידע על העובדים ועל השימוש בכלי העבודה כדי לעזור למגדלים בניהול המשאבים, וכדי לאפשר מחקרים עתידיים על התייעלות וחסכון בכוח אדם ובמשאבים.

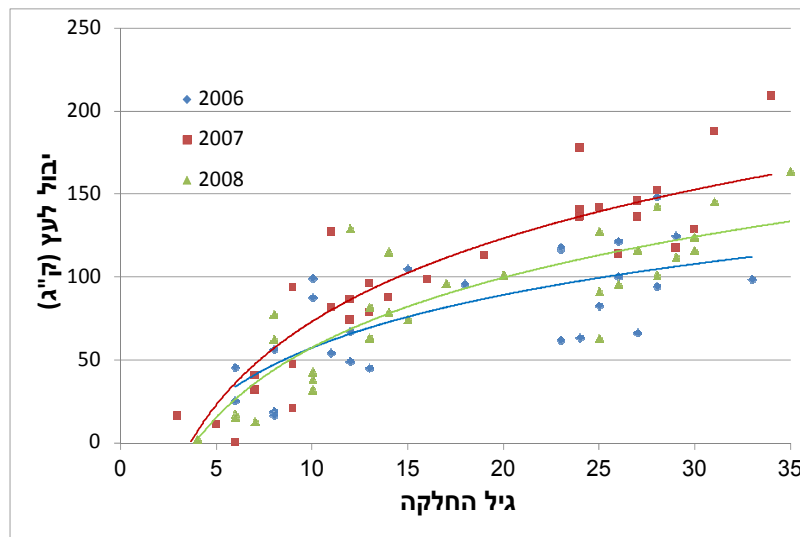
בשנה השניה של המחקר הושלם מימוש מערכת המידע. המערכת יושמה על גבי שרתי "ערום" המשמשים את המגדלים ובתי האריזה באיזור. פותח ממשק אינטרנטי להזנת נתונים, לשאילתות ולהפקת דוחות.

במהלך העבודה זיהינו נקודות תורפה אצל המגדלים בהקלדת הנתונים למחשב. בעיה זו היתה חריפה במיוחד בסקרי החנטים והפירות הדורשים הקלדה של כמות נתונים רבה. לשם כך פעלנו לפיתוח כלי לרישום הנתונים בעזרת מחשב כף יד (ובשיתוף עם פרויקט מחקר אחר לחקלאות מדייקת בתמרים, גם באמצעות טלפון סלולרי), והזנתם אוטומטית למאגר מידע. במסגרת זו נוסדו היישומים בשטח, והוכנסו נתוני מדגמי ספירות הפרי של מאות עצים. בעקבות העבודה, ועבודות אחרות בתחום, ברור לנו שמאגר המידע הסופי שייבנה יצטרך לאפשר הזנת מידע רב ושמירתו גם ברמת העץ הבודד בחלקה.

#### ניתוח נתונים

כיום, הנתונים שיש בידינו הם עדיין חסרים מאוד. בידינו נתוני יבול משמעותיים מארבע שנים ממספר משקים, אולם נתוני פרוטוקול הגידול חסרים. למרות המגבלה, התחלנו בניתוחים ראשוניים של המידע. התמקדנו בבחינת השפעת גיל החלקה על היבול המתקבל: מקובל שעצי תמר נכנסים לניבה ראשונה כ-4 שנים מנטיעתם, בשנים שלאחר מכן עולה בהדרגה היבול עד להגעתם ליבול מסחרי מלא, כ-10 שנים מנטיעתם. במהלך תקופה זו העץ מייצר יותר תפרחות שהולכות ונהיות גדולות יותר, והמגדל משאיר יותר ויותר פרי על העץ. לאחר כ-10 שנים העצים מגיעים ליבול מסחרי מלא. לא ידועה תופעה של עליה ביבול מעבר לגיל 12 שנים. המגדל קובע את מספר העלים המושארים על העץ (המהווים מקור לסוכרים), ואת פרוטוקול דילול הפרי הכולל את מספר האשכולות לכל עץ, מספר סנסנים לאשכול (בהתאם לדור),

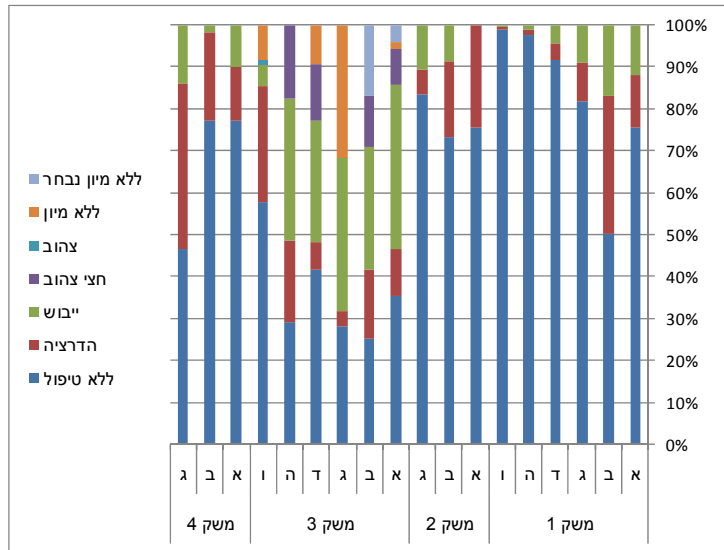
מספר פירות לסנסן (בהתאם לדור). לא ידוע לנו על מדיניות דילול שונה לעצים בוגרים בגילאים שונים. למרות זאת, תוצאות הגדיד ב-2008 בחמישה משקים בערבה הדרומית מצביעות על עליה ביבול עם ההתבגרות העצים (איור 1). בחינה של התופעה בנתוני הגדיד בכל החלקות הבוגרות בחמישה משקים בשנים 2006-2008 מצביעה על התנהגות כללית דומה. העליה הצפויה ברמת היבול עד גיל 10 מתמתנת אומנם עם התבגרות העצים אבל נמשכת במשך שנים רבות לאחר מכן. ראינו את התופעה מתבטאת אפילו בין חלקות בגילאים של 20-30 שנה ויותר. יותר מכך, למרות שקיימים הבדלים בפרוטוקול הגידול של המשקים השונים, הכוללים גם הבדלים בהכוננת עומס הפרי הרצוי, תופעת העליה ביבול עם הגיל חזרה על עצמה בכל אחד מחמשת המשקים שנבדקו. בחינה של התופעה לפי העונות בשנים 2006-8 מצאה הבדלים בולטים בין העונות (שנת 2007 היתה שנה עם יבול שיא בכל המשקים). נמצאה הלימות לינארית בין העליה ביבול לבין הערך הלוגריתמי של גיל העצים בחלקה. בחינה סטטיסטית של המודל מצאה שהוא תלוי בגיל החלקה, במשק ובעונה. ההלימות שהתקבלה בניתוח הנתונים המשלב את כל הגורמים עבור כלל החלקות בשנים 2006-8 היתה  $R^2=0.811$  נמצאה מובהקות סטטיסטית ( $P<0.001$ ) עבור כל הנתונים ועבור כל השילובים של משק  $\times$  עונה. גם כשנבחנו רק החלקות שגילן עלה על 10 או על 12 שנים התקבלה הלימות לוגריתמית טובה ( $R^2=0.78$ ) ומובהקות סטטיסטית ( $P<0.001$ ) בתלות במשק ובעונה. מצאנו שמרכיב העונה היה בהלימות טובה יותר לכמות היבול שהתקבל (בערך לוגריתמי) מאשר מרכיב המשק.



איור 1 השפעת גיל החלקה על יבול העץ בשנים 2006-2008 במשקים שונים בערבה הדרומית

הסיבה לתופעה לא ברורה לחלוטין וזאת מכיוון שהמגדלים לא מתייחסים אחרת לחלקות הבוגרות השונות. מרכיב היבול נובע ממכפלה של ארבעה מרכיבים עיקריים: משקל הפרי הבודד, מספר הפירות לסנסן, מספר הסנסנים לאשכול ומספר האשכולות הנותרים על כל עץ. החקלאים מדללים את מספר הפירות לסנסן, ואמורים להשאיר מספר סנסנים קבוע לאשכול ומספר אשכולות אחד. לא מצאנו הבדלים במשקלי הפרי הבודד שיכולים להסביר את העליה ביבול. בשני משקים בהם היו לנו נתוני ספירת הפירות (ביול) מצאנו עליה הן מספר הסנסנים והן במספר הפירות שנשארו על כל סנסן. אולם, לא מצאנו קשרים סטטיסטיים מובהקים בין נתונים אלה לנתוני העליה ביבול הכולל. התוצאות שהתקבלו ראשוניות, והן מרמזות על כך שאשכולות העצים הבוגרים הינם גדולים ומכילים מספר רב יותר של סנסנים. כמו כן, נראה שהנשירה בעצים הינה נמוכה ככל שהעצים מבוגרים. יתכן שהעץ הבוגר יותר מאפשר מאזן גבוה יותר של מוטמעים שמאפשר יצירת אשכולות גדולים יותר ונשירת חנטים נמוכה יותר.

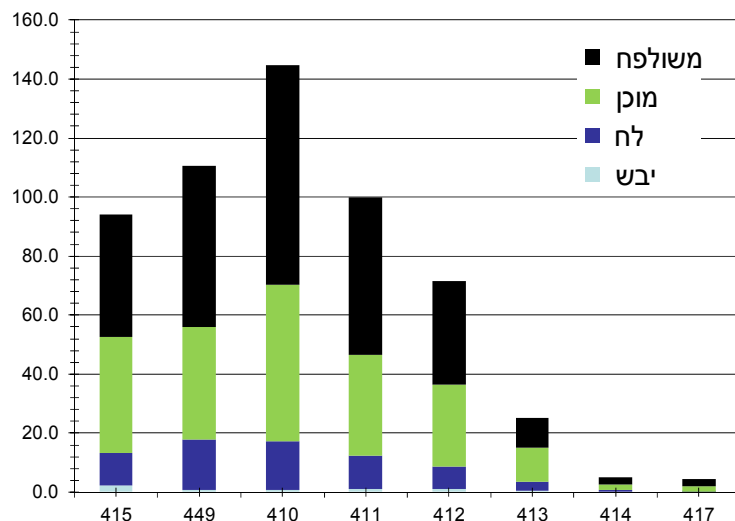
בידינו כיום רק נתונים מועטים על התפלגות היבול במיון הראשוני: בשנת 2008 נעשה המיון הראשוני של כל היבול מארבעה משקים באופן מסודר בבתי האריזה (אחד המשקים מיון את הפירות עצמאית ושלושת המשקים האחרים עשו זאת בבית האריזה האזורי). מיון זה מפריד בעיקר בין הפירות היבשים מדי (הדורשים טיפולי הידרציה) והלחים מדי (הדורשים ייבוש). התוצאות מוצגות באיור 2.



**איור 2 תוצאות מיון ראשוני של תמרים מחלקות בארבעה משקים בערבה הדרומית ב-2008**

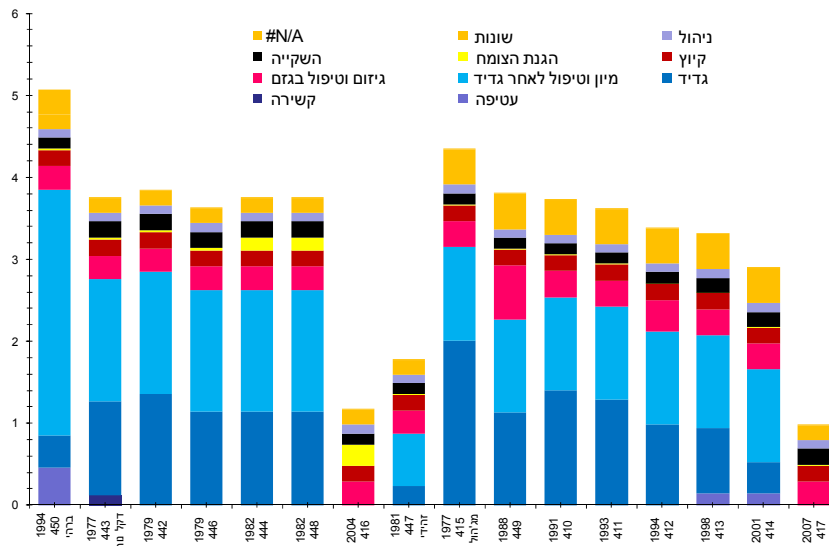
מכלול הפירות מכל חלקה מוינו לפרי מוכן, פרי יבש (שדורש טיפול הידרציה), פרי לח (שדורש טיפול ייבוש), פירות שהינם צהובים או חצי צהובים. חלק קטן מהפרי לא מוין כלל משום שלהערכת המגדלים היה מוכן ברובו המכריע (ללא מיון נבחר) או שנשלח לבית האריזה ללא מיון ראשוני בשל אילוצי המגדלים. מהתוצאות בולטים ההבדלים בין המשקים השונים. בחלקות משק 3 הפרי נטה להיות לח יותר, ודרש טיפולי יבוש ואילו בחלקות משק 4 הוא נטה להיות יבש יותר. ההבדלים בין המשקים השונים במצב הבשלת הפירות יכולים לנבוע גם מהבדלים קטנים בתנאי מזג האוויר וגם מהבדלים בפרוטוקול הגידול (שיטות ומועדי גיד, פרוטוקול השקיה ועוד). אולם, אין בידנו כרגע מידע מספק על ההבדלים בפרוטוקול הגידול בחלקות השונות.

בשנת המחקר השנייה הוחלפה שיטת המיון והבירור בבית האריזה. במהלך השנה, כל הפרי עבר את מערך המיון הראשוני והבירור נעשה לארבע קבוצות איכות: מוכן, משולפת, יבש או לח (איור 3). גם ברמת המשק הבודד ניתן לזהות הבדלים ביבול לעץ שהתקבל, ברמת הלחות שלו וגם וברמת השלפוח בין חלקות שונות של אותו משק נבחר.



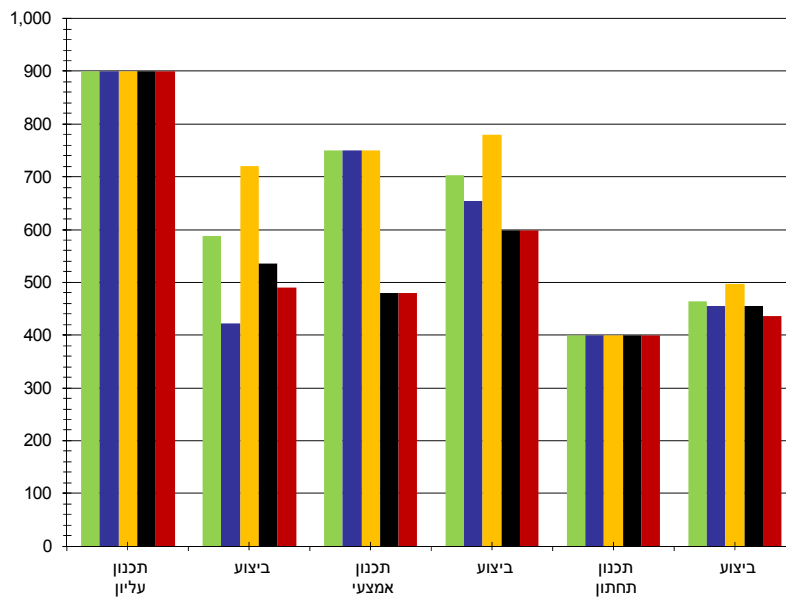
**איור 3. תוצאות מיון ראשוני ויבול כולל לעץ במערכת המיון שהותקנה בבית האריזה בשנת המחקר השנייה.**

מאגר המידע והממשק אליו מאפשר הפקת דוחות ואחד השימושיים ביניהם נמצא דוח תשומות עבודה לעץ בשנה לפי נושאים (איור 4). לכלי זה יש פוטנציאל לחישוב כלכלי של תשומות המטע ומצביע על הבדלים ניכרים בהשקעת העבודה בין זנים שונים, אך גם על הבדלים בין חלקות של אותו זן בגילאים שונים.



**איור 4 שעות עבודה לעץ בחלקות זנים מגילאים שונים באחד ממשקי הערבה הדרומית בחודשים יוני 2009-ינואר 2010. חישוב שעות העבודה שהתקבל ממאגר המידע נעשה לפי נושאים בפרוטוקול הגידול.**

נתוני הספירות המדגמיות יכולים לספק מידע על רמות החנטה והדילול ולהוות משוב לחקלאי בזמן אמת על איכות עבודתו. באיור 5 מוצגת השוואה בין תכנון עומס הפרי לתוצאות בפועל במספר חלקות של אחד המשקים. תוצאות אלו יכולות לנבוע מכשלים בהפרייה (תנאי אקלים לא מיטביים, ליקויים בביצוע), מטעויות בדילול (מספר פירות לסנן ומספר סנסנים לאשכול), או מנשירת פרי במהלך ההתפתחות.



**איור 5 סה"כ פרי לאשכול תכנון מול ביצוע לפי דורי הפרי השונים (עליון, אמצעי, תחתון) בחלקות שונות (המתוארות בצבעים שונים) באחד המשקים בערבה הדרומית.**

## דיון

הצלחת המאגר מחייבת שיתוף פעולה בין כל המשתתפים בתהליך מעובדי המטע ועד רצפת בית האריזה ומערכות המחשוב שם. הצלחנו לקבל את הסכמתם של שישה משקים (מתוך תשעה משקי הערבה הדרומית) ושני בתי האריזה העיקריים בערבה הדרומית להשתתף בפרוייקט. אולם, קשיים ותקלות שונות שאירעו במהלך העבודה פגעו במידת ההקלדה של הנתונים על ידי המגדלים לאורך המחקר. כיום יש בידנו מידע כמעט מלא של תוצאות הגדיד מששת המשקים המשתתפים בעונת 2008 (וכן מידע חלקי על נתוני בית האריזה משתי השנים הקודמות – 2006-7), ומידע חלקי על פרוטוקול הגידול בשנים אלה משלושה משקים ומידע כמעט מלא ממשק נוסף. בשנת 2009, לאחר הסבת מערכת

המידע, הוכנסו נתוני עבודה מלאים ממשק אחד בלבד. המידע על ספירות הפרי וההאבקה מוקלד בנפרד בימים אלו. מידע על איכות הפרי קיים לכל המשקים אולם חלק מהנתונים מנותקים מהקישור לחלקות הגידול המקוריות. במהלך שתי שנות המחקר השתנו שיטות העבודה בין המגדלים לבית האריזה. השינוי הראשון היה האפשרות לביצוע מיון ראשוני של הפרי הגולמי בבית האריזה וביצוע הטיפולים הראשוניים שם. השינוי השני היה ביטול קביעת איכויות הפרי במדגמים ומעבר לשימוש במכונת מיון אוטומטית למיון ובירור איכות ראשוני. עדיין אין אחידות בין המגדלים באזור לגבי שיטת העבודה מול בית האריזה והמשווק. במהלך השינויים איבד בית האריזה את היכולת לעקוב אחר זהות האצוות שהגיעו למיון ובירור ואריזה ויחד עם זה את היכולת לקשר לחלקה המקורית בנוסף, למרות שכעת כל הפרי, ולא רק מדגם, ממוין - איכות המיון מוגבלת לארבע קבוצות איכות בלבד ולא נאספים נתונים חשובים כמו משקל הפרי הבודד, פירוט רמות שלפוח ועוד. אנו פועלים ביחד עם המגדלים ובית האריזה לתיקון מצב זה. שנת המחקר האחרונה תוקדש בעיקר להשלמת הזנת הנתונים, לשיפור קישור נתוני הבירור לחלקה המקורית ולחקר הקשר בין פרוטוקול הגידול ותופעות סביבתיות ליבול ולאיכותו.