

ההרכב המינרלי וקצב איבוד המים בתמר – מה הקשר לתופעת השלפוח?

אור שפירא / מו"פ צפון
אילן שומר / מדעי המזון, מינהל המחקר החקלאי
אמנון שוורץ / האוניברסיטה העברית ירושלים, הפקולטה
לחקלאות ברחובות



תמונת ארכיון

פת הפרי וגורם נזק למופיע עד כדי פסילתו לייצוא; דילוג שלב, כאשר הפרי מתייבש במהירות רבה לפני הבחלתו, תופעה הגורמת להקטן נט היבול עקב פחיתת משקל וכן לירידה ברמת הסוכרים; היסדקות (צ'קינג), סדקים המופיעים בקליפה בעיקר באזור החוד. תופעות אלו מאופיינות בעוצמות נזק שונות באזורי הגידול השונים בארץ: השלפוח וההיסדקות שכיחים יותר באזורים של אקלים לח - צפון ים המלח, בקעה ועמקים צפוניים, ופחות באזורי הגידול היבשים של גידול התמר - ערבה דרומית ותיכונה. השלפוח נפוץ בזנים היבשים, בעוד שההיסדקות בולטת בעיקר בזנים הנקטפים בשלב בוסר, כמו 'ברה' ו'חיאני'. לעומתם, תופעת דילוג השלב שכיחה דווקא באזורים בעלי אקלים יבש. הקשר בין תנאים של לחות יחסית בסביבת הפרי ורמות השלפוח נחקר בעבר בזנים לחים (Nixon R.W., 1961). תודעת דילוג השלב מתרחשת כנראה בתלות בתנאי סביבה קיצוניים, כמו חום ויובש. הופעת סדקים בקליפה, בעיקר באזור החוד (צ'קינג), מיוחסת גם היא למשק המים של הפרי (Aldrich W.W., Crawford, 1946). כמו כן, כל אחת מהתופעות מופיעה בזנים רגישים מסוימים, לעומת אחרים הנוגעים פחות. השלפוח נפוץ מאוד ב'מג'הול', הון המוביל בייצוא, כאשר באזורי הגידול הצפוניים ביותר כמות הפרי הנפסל לייצוא עלולה להגיע בשל כך לכדי 90%. גם דילוג השלב פוגע ב'מג'הול', והנזק משמעותי בעיקר במסעי הערבה.

חקר זה עוסק בניסיון להבין את הגורמים לתופעת השלפוח. מעצם היותו מחקר השוואתי נבחרו שני זנים המייצגים לדעתנו את שני קצותיה של תופעת השלפוח: הון 'מג'הול', המאופיין בפרי הנוטה לשלפוח, בעל ציפה עסיסית ובשרנית כאשר באזורי גידול מסוימים היא מתקשה להתייבש; הון 'אמרי', המאופיין בפרי בעל ציפה יבשה וסיבית ומייצג את הזנים העמידים יותר לשלפוח, מתייבש היטב ולעתים אף יתר על המידה. המטרה העיקרית של המחקר הייתה לחפש הבדלים בין ההרכב המינרלי ומשק המים של הפרי והעץ לבין רגישות הפרי לשלפוח בזנים אלה בתנאי גידול זהים

מבוא ותיאור הבעיה

בזני התמר השונים מופיעות כמה תופעות פיסיולוגיות עיקריות של פגמים בפרי הגורמות לירידה באיכותו ולנזקים כלכליים חמורים: תופעת השלפוח, בה נפרדת הקליפה מצי-

בתמונה למעלה: תופעת השלפוח. מה הקשר להרכב המינרלי של הפרי ולקצב איבוד המים?

זנים פחות רגישים לתופעה כמו 'דקל נור', 'אמרי' ו'דרי', וגם אין מידע על מאזן המינרלים בפרי בהקשר של רגישות לשלפוח. בהקשר זה, עבודות שנעשו בפירות אחרים, כמו תפוח וענבים, הראו דומינטיות של מערכת השיפה באספקת מים ומינרלים אל הפרי המתפתח תוך כדי יציאת כמויות ניכרות של מים מהפרי בצניורות העצה לכיוון הצמח (Lang & Thorpe, 1989; Lang, 1990). מתוך מאזני הזרימה אל הפרי בשיפה ובעצה ניתן לשער השערות לגבי המאזן המינרלי בפרי. סידן אינו מובל בקלות בשיפה, בעוד שאשלגן מובל בה בקלות ובכמויות גדולות יחסית. בהיעדר אספקת סידן מהעצה, עקב טרנספירציה נמוכה מהפרי, תיתכן פגיעה ביחס אשלגן:סידן. ליחס אשלגן:סידן בפירות קשר לפגעי קליפה כגון גומה מרה בתפוח וצ'קינג בענבים (Lang, 1990; Morrison & Iodi, 1990). על כל מתבקש מחקר על היבטים אלה לגבי נזקי קליפה בפירות התמר.

העבודה המוצגת עוסקת בקשר בין משק המים וההרכב המינרלי של פרי התמר לבין רגישותו לשלפוח. בשנה הראשונה למחקר (גדיד 2008) נערך מעקב אחר הרכב המינרלים בפרי לאורך גידולו, תוך השוואה בין הון 'מג'הול' הרגיש לשלפוח לבין הון הפחות רגיש 'אמרי'. בשנת המחקר השנייה (גדיד 2009) חזרו על הבדיקות שהתבצעו ב-2008 ובנוסף נערך מעקב אחרי יסודות המיקרו בפרי. במקביל נמדדו שני מאפיינים הקשורים למשק המים של העץ ושל הפרי: קצב התארכות הלולב כמדד למצב המים בצמח לפי ברנשטיין (2004), וכן קצב איבוד מים מפרי מנותק (התאדות ישירה).

חומרים ושיטות

■ **בחינת ריכוזי המינרלים בפירות 'מג'הול' ו'אמרי' לאורך עונת 2008:** במטע של קיבוץ מסילות, בחלקה מעורבת שבה גדלים זה לצד זה במבנה כמעט רנדומלי עצי 'מג'הול' ועצי 'אמרי' בני אותו גיל לערך, נלקחו דיגיטלי פרי לאורך רוב שלבי התפתחותו. הדיגיטלים נלקחו במרחבים של שבועיים-שלושה, מ-15.08.08, כאשר הפירות משני הזנים היו בקוטר ממוצע 9 מ"מ ואורך ממוצע 12.5 מ"מ ועד ל-08.03.09. בכל מועד נדגמו באקראי 20 פירות מאשכולות הדור העליון של חמישה עצים קבועים מכל זן (חמש זורות). הפירות הובאו למעבדה וכל פרי עבר סדרת מדידות, שכללה אורך, קוטר, משקל, כמות המומסים המוצקים (כמ"מ בפרפרקטומטר) וחומר יבש. מדגם מעשרה פירות יובש בתנור ואקום ב-63 מ"צ, ונשלח לאלניזה מינרלית של יסודות המאקרו חנקן כללי, אשלגן, זרחן, סידן, מגנזיום, כלור ונתרן.

בנוסף לפירות שנדגמו מהמטע במסילות, נלקחו דוגמאות פרי 'מג'הול' גם במטע בגיל דומה ביטבתה, בתחילת העונה ובסופה. המטרה הייתה לבחון פרי 'מג'הול' איכותי ללא שלפוח ולהשוות את הרכבו המינרלי עם זה של 'מג'הול' הגדל במסילות וסובל מרמה גבוהה של שלפוח.

בחינת הרכב המינרלים בפירות 'מג'הול' ו'אמרי' נערכה גם בעונת 2009 (בדומה ל-2008, אך לא בדיוק באותם תאריכים). בנוסף לכך, בפירות ממטע מסילות התבצעה גם בדיקת יסודות מיקרו ברזל, מנגן, בורון ואבץ, בחלק מתאריכי הדגימה. במקרה זה לא נדגמו פרי מיטבתה.

■ **מעקב אחר התארכות הלולב כמדד למשק המים של העץ:** בכל אחד מעצי הדגימה - חמישה עצי 'אמרי' וחמישה עצי 'מג'הול', הותקן מד התארכות לולב (קצהו של מטר מדידה קפיצי חובר בעזרת חוט

תופעת הצ'קינג גורמת נזק בעיקר בזן 'ברה' המשווק כפרי טרי ובזן 'חיאני' המשווק כתמר לח לאחר הקפאה.

מבין שלושת הפגעים הנ"ל תופעת השלפוח היא הנחקרת ביותר בשנים האחרונות. מקובל לחשוב שטיפולים הורטיקולטוריים שונים מביאים לידידה מתונה בשלפוח בעקבות אורור סביבת הפרי או הורדה מלאכה תית של רמת הלחות היחסית. טיפולים אחרים הביאו בחלק מהניסויים לירידה מסוימת ברמות השלפוח באמצעות הצמאה יחסית של העץ או אף על ידי חירוף (פגיעה חלקית במערכות ההובלה) ידת האשכול. אולם השפעות אלו לא תמיד היו ברורות, לא הדירות (לא חזרו על עצמן שנה אחר שנה) ולא נמצא עדיין הסבר מספק שיאפשר הבנה של גורמי התופעה ואופן יצירתה.

בשנים האחרונות הצינו לוסטיג וברנשטיין שתנועת מים יומית אל תוך הפרי והחוצה ממנו גורמת להתנפחותו בלילה והתכווצותו במשך היום, בעיקר באזורי הגידול הלחים. לטענתם, המתחה והכיווץ המחזוריים של הקליפה לאורך תקופה של שבועות מספר, שבהם אין גידול בשטח הקליפה (תקופת צבירת הסוכר), גורמים לפגיעה באלסטיות שלה (ברנשטיין ולי סטיג, 2006). תופעה זאת מביאה לטענתם, להיווצרות אזורים מועדים לשלפוח בפרי, שיבואו לידי ביטוי בשלבי ההבשלה, במהלך ההצמלה והאחסון ובעיקר בתהליך ייבוש הפרי בבתי האריזה. עם זאת, הבדלי אקלים בין יום לילה קיימים באופן דומה ואף קיצוני יותר גם באזורי אקלים יבש יחסית בערבה הדרומית, בהם תופעת השלפוח נמוכה מאוד, וזאת ללא מגבלת מי השקיה. לכן, מדעית, היפותזה זו לא ברורה וגם לא הוכחה בניסוי המחייב ביקורת באזור יבש בערבה הדרומית.

למרות הנוק הכלכלי הגדול והקשר המסתמן בין שלושת הפגעים לבין משק המים של הפרי והעץ, עדיין לא נערך מחקר פיסולוגי להבנת משק המים של פרי התמר עצמו. בתקופה בה גדל הפרי מוזרמים המים עם המינרלים והמוסמעים הדרושים להתפתחותו ברקמות העצה והשיפה, בהתאמה. מתחילת שלב צבירת הסוכרים ועד לתחילת ההבשלה אין כמעט עלייה במשקל הפרי, אולם יש שינוי גדול ביחס בין כמות הסוכר לבין כמות המים בפרי. כמות הסוכר והחומר היבש עולים בשלב זה ב-300%, לעומת ירידה של כ-40% במשקל המים (Aldrich W.W. & Crawford C.L., 1939). בתקופה זאת עולה כמות האשף

לזן בפרי באופן כמעט זהה (Haas A.R.C. & Bliss D.E., 1935). הובלת הסוכרים אל פרי התמר מתרחשת בעיקר בלילה, וניתן על כן להניח שהתנפחות הפרי בלילה נגרמת עקב זרימת מסה בשיפה (Curtis O.F., 1947). הצטמקות פרי התמר במשך היום משויכת לאובדן מים דרך הקליפה ולזרימה הפוכה במערכת העצה מהפרי אל העץ, בהתאם למפל מים פוטנציאלי, כפי שתואר בענבים ובתפוח (Lang et al., 1989; Lang, 1990). ככל הידוע לנו אין מידע לגבי פרי התמר על יחסי הנוזלים הנכנסים אליו והיוצאים ממנו בשלושת המידות סלולים האפשריים - עצה, שיפה והתאדות ישירה, לא נעשה מחקר השוואתי בתחום זה בין זנים רגישים לשלפוח כגון 'מג'הול' ו'ברה' לבין

”
**כאשר
ההצמלה מתרחשת
לאחר הבחלת הפרי
הכוחות המכונים
הפועלים בנקודת
התורפה המבנית,
שהיא פן הביניים
של הקליפה
והציפה, ותקלים
בתאחיזה בין-תאית
חלשה בשל הרס
הדבק הבין-תאי
במהלך ההבחלה.
כתוצאה מכך
נפרדת הקליפה
מהציפה ומופיע
שלפוח**

פרי האמרי, המוסיף כ-16.5 ג' למשקלו באותו פרק זמן. העלייה במשקל תואמת במדויק לשוני באורך וקוטר הפרי בשני הזנים (נתונים לא מוצגים). ניתן לראות הבדלים מסוימים בעקום צבירת המשקל של המל'הול' בין עונת 2008 לעונת 2009. על פי הנתונים נראה כי הפרי החל להתייבש מוקדם יותר ב-2008 לעומת 2009. יכול להיות שהבדלים אלה תלויים במזג האוויר ששרר בתקופה הנדונה בשנים המתאימות. מעניין לראות כי פרי האמרי עדיין לא החל לאבד משקל בתאריכי הדיגום המאוחרים.

באיור 2 מוצגים עקומי צבירת הכמ"מ של הפרי לאורך העונה. הפרי משני הזנים מגיע לשיא המשקל לקראת סוף יולי (איור 1) ואז מתחילה גם עלייה משמעותית בכמ"מ (צבירת סוכרים). בשלב זה אין תוספת משקל למרות עלייה משמעותית בכמ"מ, כנראה כתוצאה ממאמץ מים שלילי. דגם הצטברות הכמ"מ דומה מאד בהשוואה בין הזנים למרות קצב הגידול הנמוך באופן מובהק של פרי האמרי.

■ **ריכוז מינרלי המאקרו בפרי:** כפי שניתן לראות באיור 3 בהמשך, בשתי שנות המחקר, 2008 ו-2009, ריכוז יסודות המאקרו חנקן, זרחן, אשלגן ומגנזיום שנמדדו היה גבוה משמעותית במועד הבדיקה הראשון, שאז הפרי היה בתחילת התפתחותו, בהשוואה לזה שנמדד במועד המדידה האחרון, סמוך לגידול. בעונת 2008 ריכוזם של רוב המינרלים בתחילת העונה היה גבוה במקצת מאשר בעונת 2009. בשתי עונות המעקב ריכוז החנקן היה כ-1.45% בתחילת העונה והוא ירד באופן ליניארי עד לכדי 0.4% בסופה. הבדלים בריכוז החנקן בין הזנים לא חזרו בצורה עקבית בעונות השונות, אם כי ניתן לראות ריכוזים גבוהים יותר של חנקן בפרי האמרי במועדים מסוימים.

בעונת 2008 ריכוז הזרחן בפרי ירד באופן ליניארי בתקופת גידול הפרי והתייצב בתקופת צבירת הסוכר עד ההבשלה. ב-2009 הירידה בריכוז הזרחן הייתה פחות ליניארית, אך באופן כללי תאמה את תוצאות 2008. ב-2008 ריכוז האשלגן בחומר היבש עמד על כ-3% בשני הזנים בדיגום הראשון, ירד לרמה של 1.2% לקראת ההתחלה של צבירת הכמ"מ ועלה במקביל לעליית הכמ"מ עד לכדי 1.8% בחומר היבש בתחילת אוגוסט. ואולם, לקראת ההבשלה ירד ריכוז הכמ"מ באופן חד בשני הזנים עד לכ-0.8% בתחילת ספטמבר. ב-2009 היה ריכוז האשלגן בפרי נמוך מ-2.5% בתחילת העונה עם תנודות קטנות יחסית לאורכה בהשוואה ל-2008. ב-2008 ריכוז המגנזיום בצפיפת הפרי היה יציב יחסית - 0.12-0.16% בחומר היבש לאורך תקופת הגידול המהיר, אך החל לרדת לקראת ההתחלה של צבירת הכמ"מ באמצע חודש יולי (איור 2). דגם השתנות נות זהה וריכוזי מגנזיום דומים התקבלו גם ב-2009.

עוד ניתן לראות באיור 3, שבבעונת 2008 היסוד שריכוזו ירד ברמה המשמעותית ביותר לאורך כל חודשי המעקב הוא הסיידן. בשני הזנים ריכוז הסיידן בצפיפת הפרי ירד באופן ליניארי, היה כ-0.46% מסך החומר היבש בצפיפת הפרי. לאורך תקופת המעקב ירד ריכוז הסיידן בחומר היבש עד לערכים של 0.029% ו-0.055% במל'הול' וב'אמרי', בהתאמה, במועד הדיגום האחרון, כלומר ירידה בסדר גודל שלם. ב-2009 ריכוז הסיידן בפירות היה נמוך מאד בתחילת העונה וכמעט לא השתנה לאורכה בהשוואה ל-2008.

ריכוז הנתרן בפרי נמוך יחסית לשאר יסודות המאקרו לאורך כל העונה, עם הפרש מתן יחסית בין תחילת העונה לסופה. ב-2009 היה

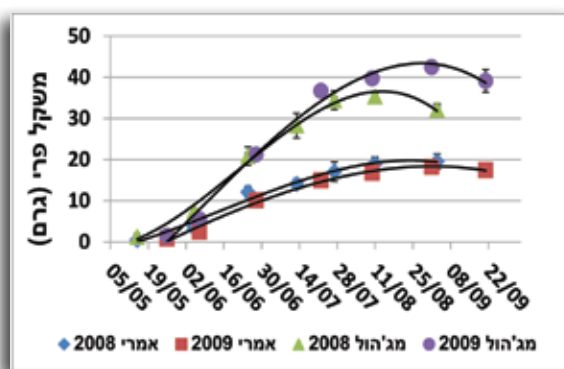
המשך בעמוד 26

לדלול). התארכות הלולב נרשמה אחת לשבוע.

■ **השוואת התארכות מפרי מנותק:** הניסוי בוצע בשלושה מועדי דיגום מרכזיים, על מנת לבחון את השפעת גיל הפרי וריכוז הסוכר שבו על איבוד המים מהפרי. בכל אחד מהשילובים (תאריך דיגום ומשטר טמפרטורה לחות) נשקלו ארבעה סנסים מכל זן ועליהם שישה עד 12 פירות שלאחר מכן הוכנסו לתנור רוח. כל פרק זמן (בדרך כלל כל שעותיים) הוצא הפרי מהתנור וכל סנס נשקל בנפרד, על מנת לקבוע את אובדן המים בהתאם דות, והוחזר לתנור. הייבוש נמשך בדרך כלל כ-30 שעות.

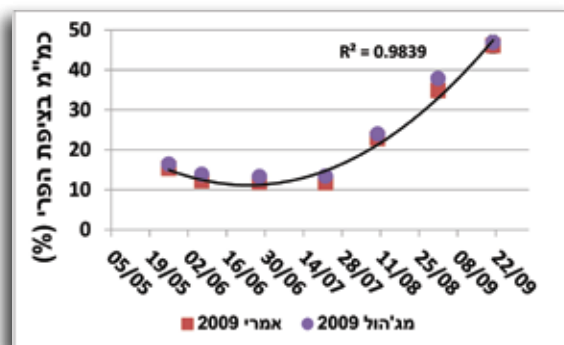
תוצאות

■ **גדילת הפרי וצבירת כמ"מ:** מהלך צבירת המשקל בפרי מהזנים 'אמרי' ו'מל'הול' בעונות 2008/09 מתואר באיור 1.



איור 1:
התפתחות
משקל הפרי
בזנים 'אמרי'
ו'מל'הול'
לאורך עונות
2008 ו-2009

- כל נקודה מייצגת ממוצע ושגיאת תקן של חמש חזרות (חמישה עצים).
- כל חזרה מייצגת ממוצע של 20 פירות שנדגמו מאשכולות הדור הראשון של עץ יחיד.
- לנקודות הותאמו פולינומים מהמעלה השלישית ($R^2 > 0.99$)



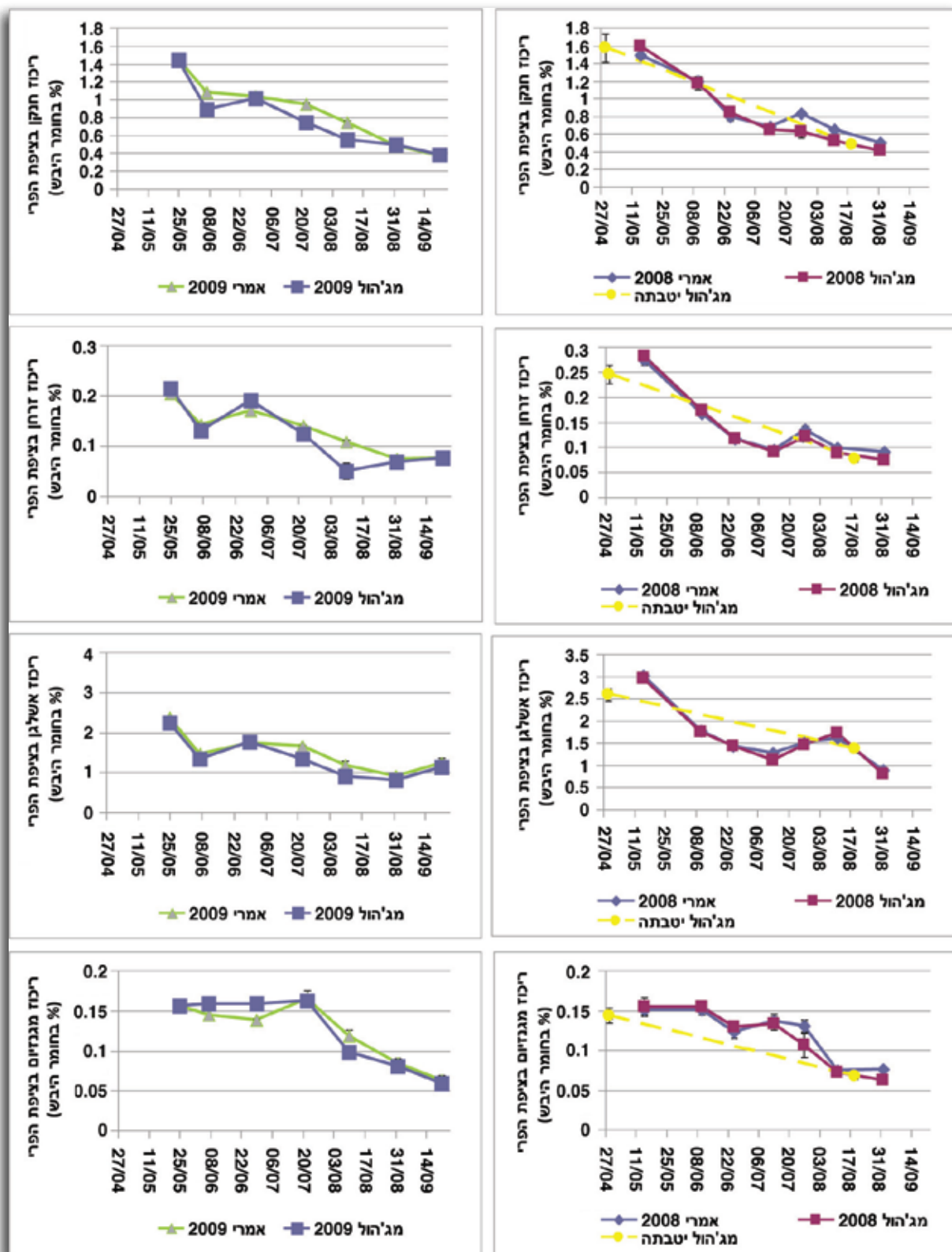
איור 2:
מהלך צבירת
הכמ"מ בצפיפת
הפרי בזנים
'אמרי' ו'מל'הול'
לאורך עונות
2008 ו-2009

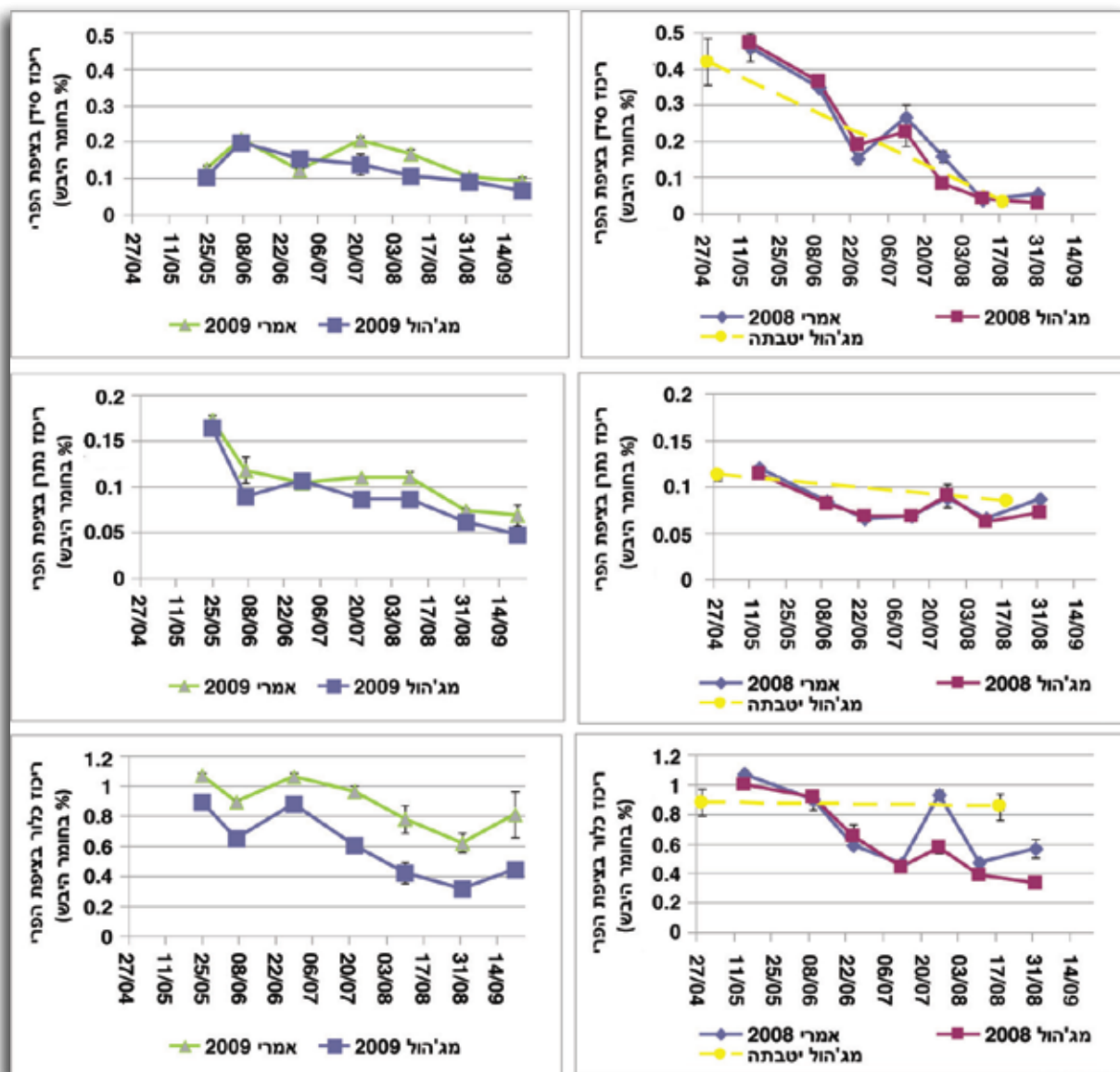
- כל נקודה מייצגת ממוצע ושגיאת תקן של חמש חזרות (חמישה עצים).
- כל חזרה מייצגת ממוצע של עשרה פירות שנדגמו מאשכולות הדור הראשון של עץ יחיד.
- לנקודות הותאמו פולינומים מהמעלה השנייה ($R^2 > 0.98$).

קצב הגידול וצבירת המשקל של הפרי במועדי הדיגום מתאפיין בשני שלבים ברוח: בשלב הראשון, שאורכו כחודשיים - מאמצע מאי עד אמצע יולי, יש עלייה מהירה במשקל הפרי; בשלב השני, הנמשך מאמצע יולי עד הגידול בספטמבר, אין עלייה במשקל הפרי עד לתחילת ההתייבשות במל'הול'. פרי המל'הול' מוסיף כ-35 ג' למשקלו לעומת

ההרכב המינרלי - המשך מעמוד 24

איור 3: ריכוזי המינרלים זרחן, חנקן, מונוזיום, אשלגן, נתרן, סידן וכלור בצפת הפרי, כפי שנמדדו לאורך העונה. טור ימני - 2008, טור שמאלי - 2009



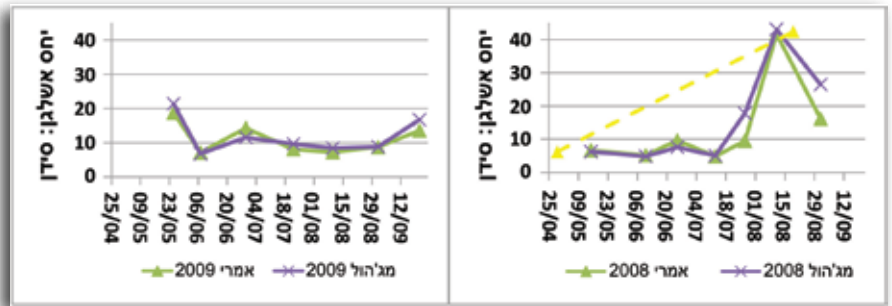


- טור ימני, 2008 - מעוניים כחולים 'אמרי', ריבועים וחודים 'מג'הול', עיגולים צהובים 'מג'הול' מיטבתה.
 - טור שמאלי, 2009 - משולשים אפורים 'אמרי', ריבועים כחולים 'מג'הול'.
 - כל נקודה מייצגת ממוצע ושגיאת תקן של חמש חזרות (אותו הפרי ששימש לבדיקת תכונות הפרי באיור 1 ובטקסט).
 - כל חזרה מייצגת פרי מהדור הראשון של עץ יחיד (לפחות משלושה אשכולות - סה"כ מדגם מעשרה פירות לעץ).

על מנת להשוות בין ריכוזי המינרלים בפרי 'מג'הול' צפוני הנוטה להיות משולפח לבין ריכוזי המינרלים בפרי דרומי עמיד לשלפוח, דגמנו פרי ממטע ביטבתה בתחילת העונה - 13.8.05, ולקראת הגיד - 19.8.08. לשם השוואה, במועד הדיוגם הראשון - 15.5.08, שקל פרי 'מג'הול' מיטבתה 0.8 ± 0.08 ג'. ב- 20.8.08, לקראת הגיד, שקל הפרי מיטבתה 1.2 ± 0.25 ג'.

המגמה העונתית של ריכוזי המינרלים בפרי מיטבתה מסומנת בקו צהוב מקווקו (איור 3, עונת 2008). למעט ריכוזי הכלור, יש דמיון בין ריכוזי המינרלים והמגמה העונתית בפרי 'מג'הול' מיטבתה לבין אותם

ריכוזי הנתרן גבוה יותר בתחילת העונה לעומת 2008 וגבוה יותר כמעט לאורך כל העונה ב'אמרי' מאשר ב'מג'הול'.
 השוניים בריכוזי הכלור בצפת הפרי מעניינים במיוחד, מכיוון שנוצר הפרש בולט בין הזנים. ב-2008 מתגלה הפרש בולט בין ריכוזי הכלור ב'מג'הול' - 0.57%, לבין ריכוזי הכלור ב'אמרי' - 0.93%, במועד הדיוגם 27.7.08. הפרי זה מצטמצם אמוג, אך במועד הדיוגם האחרון נותר הפרש בולט ומובהק בריכוזי הכלור בין 'מג'הול' לבין 'אמרי'. ריכוזי כלור גבוה מובהק ב'אמרי' לעומת 'מג'הול' לאורך כל העונה התקבל ב-2009.
 ■ ריכוזי מינרלי המאקרו בפרי מיטבתה (מוצגות תוצאות מ-2008):



- משולשים ירוקים 'אמרי' ממסילות, צלבים סגולים 'מג'הול' ממסילות, משולשים צהובים 'מג'הול' מיסבתה (רק ב-2008).
- ממוצע של חמש חזרות (אותו הפרי ששימש לבדיקת תכונות הפרי באיורים 1 ו-2).
- כל חזרה מייצגת פרי מהדור הראשון של עץ יחיד (לפחות משלושה אשכולות - סה"כ עשרה פירות לעץ).

פרמטרים בפרי משני הזנים ממסילות. ריכוז הכלור בפרי מיסבתה בדיגום של 19.8.08 זהה לריכוזו בתחילת העונה וגבוה פי 2 מריכוזו במועד הדיגום האחרון בפרי ממסילות.

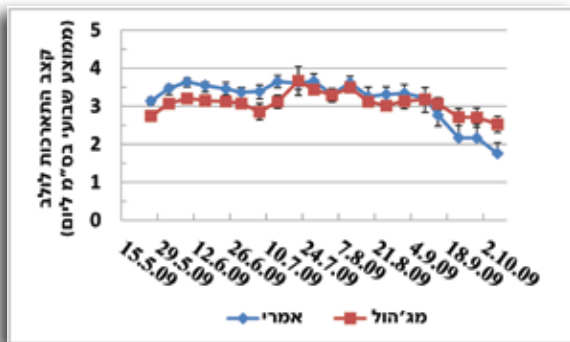
איור 4 מתאר את היחס אשלגן:סידן בחומר היבש של ציפת הפרי. ב-2008 נשאר היחס בפירות ממסילות קבוע פחות או יותר בטווח של 4 עד 10 לאורך תקופת הגידול המהיר. במקביל לצבירת הכמ"מ המהירה (איור 2) ישנה גם עלייה מהירה ביחס אשלגן:סידן עד לערך ממוצע מירבי של 42 בשני הזנים. במועד המדידה האחרון מופיעים הבדלים בולטים המבדילים בין הזנים. היחס הסופי ב'מג'הול' עומד על 30 לעומת 17 ב'אמרי'. ערכי היחס אשלגן:סידן בפרי מיסבתה (משולשים צהובים וקו

מגמה מקווקו) דומים מאוד לערכים בפרי ממסילות בתחילת העונה ובסופה במועדים המקבילים. ב-2009 ריכוז הסיידן היה נמוך משמעותית בתחילת העונה לעומת 2008 (איור 3) ולכן הערך ההתחלתי של היחס אשלגן:סידן בתחילת העונה היה גבוה פי 4 מערכו בתחילת 2008 (איור 4). ב-2009 היחס לא משתנה בחדות (כפי שנמדד ב-2008) בתקופת צבירת הכמ"מ, אלא נשאר יציב בשני הזנים סביב ערך 10 ועולה ל-17 ב'אמרי' לעומת 13 ב'מג'הול' בסוף העונה.

■ **ריכוז ברזל אבץ ומוגן בפרי ממסילות ב-2009:** בעונת 2009 נערך מעקב אחר ריכוז מינרלי מיקרו מסוימים בציפת הפרי לאורך העונה. התקבלו תוצאות מהימנות רק עבור ברזל, אבץ ומוגן והן מוצגות באיור 5. ריכוז הברזל בשני הזנים נשאר יציב לאורך תקופת הגידול המהיר (איור 2). לאורך התקופה של צבירת הסוכר יורד ריכוז הברזל עד לכ-30% מריכוזו בתחילת העונה, ובסיום העונה הוא עומד על כ-50% מריכוזו בתחילתה. במועדים מסוימים, כמו גם בסוף העונה, ריכוז הברזל ב'אמרי' גבוה מאשר ב'מג'הול'. מגמות השינוי בריכוז הברזל לאורך העונה (איור 5) תואמות את השתנות ריכוז המגנזיום (איור 3). ריכוז האבץ והמוגן לעומת זאת, נמצאים במגמת ירידה לאורך כל תקופת המעקב, ללא הבדלים עקביים בין שני הזנים.

■ **קצב התארכות הלולב:** לאורך עונת 2009 נערך מעקב אחר קצב התארכות הלולב בעצי המדידה כמדד למשק המים של העץ תחת אותו משטר השקיה (לפי ברנשטיין, 2004). כפי שאפשר לראות

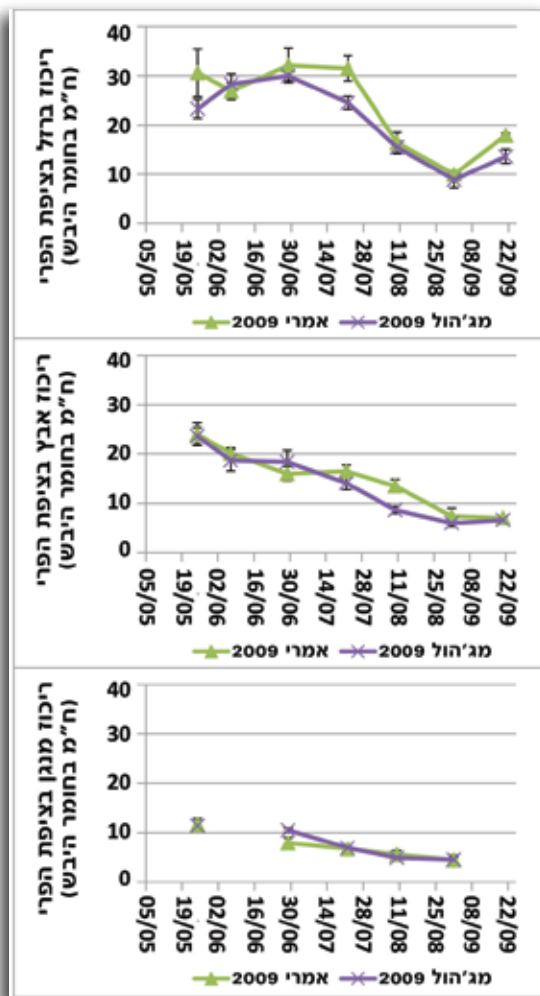
איור 6: ממוצע שבועי של קצב התארכות לולב במטע מסילות בעונת 2009



- מעוניים כחולים 'אמרי', ריבועים אדומים 'מג'הול'.
- כל נקודה מייצגת ממוצע ושגיאת תקן ההתארכות היומית של חמישה עצים מכל זן.

המשך בעמוד 30

איור 5:
ריכוז מינרלי מיקרו של ברזל, אבץ ומוגן בציפת הפרי ממטע מסילות, כפי שנמדדו לאורך העונה



- משולשים ירוקים 'אמרי', צלבים סגולים 'מג'הול'.
- כל נקודה מייצגת ממוצע ושגיאת תקן של חמש חזרות (באותם הפירות שהיו משקל באיור 1 וכמ"מ באיור 2).
- כל חזרה מייצגת פרי מהדור הראשון של עץ יחיד (לפחות משלושה אשכולות - סה"כ מדגם מעשרה פירות לעץ).

רמות שונות של כמ"מ בפרי (ראה איור 2). בכל ניסוי הוכנסו סנסנים נושאי פרי מכל זן לשלושה משטרים שונים של ייבוש בתנור רוח (גירעון לחץ אדים של 3, 5.4 ו-10.3 קילופסקל). הפרי נשקל לפני הייבוש וכל שתיים לערך במהלך הייבוש, וחושב איבוד המשקל יחסית לתחילת הניסוי. רוב הניסויים נמשכו יותר מ-24 שעות. בכל הניסויים קצב איבוד המשקל היחסי היה ליניארי לחלוטין וכפול כמעט בפרי 'אמרי' לעומת פרי 'מג'הול'. באיור 7 מתואר הקשר בין מקדמי ההתאדות - קצב איבוד המשקל היחסי לזמן בגירעון לחץ אדים נתון של שני הזנים לבין הגירעון בלחץ האדים בשלושת מועדי המדידה וכפי שהוזכר לעיל - כפועל יוצא בשלוש רמות שונות של כמ"מ בפרי. גם במקרה זה הקשר הוא ליניארי לחלוטין. מועד המדידה והעלייה בכמ"מ השפיעו על מקדם שיפוע הקו המתאר את הקשר בין מקדם ההתאדות לבין הגירעון בלחץ האדים, כך שככל שמועד המדידה היה מאוחר יותר בעונה כך הכמ"מ היה גבוה יותר, כאשר התגובה לעלייה בגירעון לחץ האדים פוחתת (איור 7). השינוי בתגובה של איבוד המשקל היחסי לעלייה בגירעון לחץ האדים הייתה זהה בשני הזנים, כך שהיחס בינם נשמר ועומד על כ-2 ב'אמרי' מול 1 ב'מג'הול'.

דין

המחקר עוסק בניסיון להבין את הגורמים לתופעת השלפוח. מעצם היותו מחקר השוואתי נבחרו שני זנים המייצגים לדעתנו את שני קצויה של תופעת השלפוח:

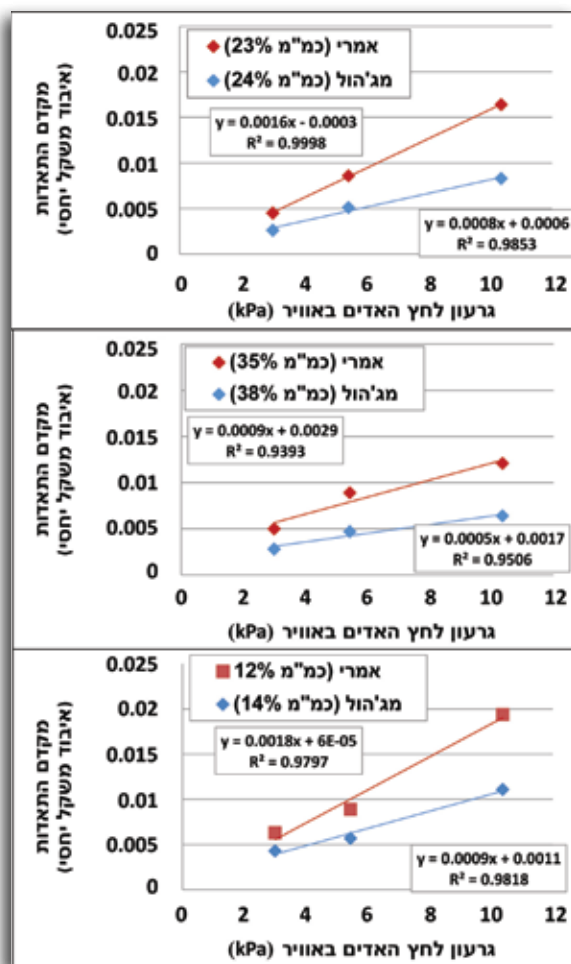
1. הזן 'מג'הול', המאופיין בפרי הנוטה לשלפוח, בעל ציפה עסיסית ובשרנית כאשר באזורי גידול מסוימים הוא מתקשה להתייבש (בעיקר בעמקים הצפוניים ובבקעת הירדן);
2. הזן 'אמרי', המאופיין בפרי בעל ציפה יבשה וסיבית ומייצג זנים העמידים יותר לשלפוח, מתייבש היטב בעמקים הצפוניים ואף נוטה להתייבש יתר על המידה באזורים הדרומיים (בדומה אולי לתופעת דילוג השלב). המטרה העיקרית של המחקר הייתה לחפש הבדלים בין ההרכב המינרלי של הפרי ומשק המים של הפרי והעץ לבין רגישות הפרי לשלפוח של הזנים הנ"ל בתנאי גידול זהים.

■ **התפתחות הפרי והתאדות הלולב:** מעקב אחר קצב גידול הפרי מראה הבדלים משמעותיים בין פרי 'מג'הול' לפרי 'אמרי'. פרי 'מג'הול' צובר פי 2 משקל (טרי ויבש) מפרי 'אמרי' באותו פרק זמן (איור 1). קצב צבירת הכמ"מ דומה מאד בין שני הזנים (איור 2), עובד דה שמשווה להצביע על הבדלים בכושר הייצור, אך יש לקחת בחשבון את ההבדלים במשטר הדילול בין הזנים. חשוב לציין שפרי 'אמרי' מבוזר בכ-25 יום מפרי 'מג'הול' מאותו מסע במסילות. עם זאת, התוצאות מצביעות בברור על כך שלתנאי האקלים יש השפעה גדולה יותר על המדדים שנמדדו (גודל וצבירת כמ"מ) מאשר לגיל הפרי.

אחת מההשערות שהעליו על מנת להסביר את ההבדלים במרקם הפרי בין שני הזנים הייתה משק המים הייחודי לכל אחד מהם. יתכן כי מרקם הפרי היבש והסיבי נובע מאספקת מים לקויה כתוצאה מקשיים בקליטה מים. קצב התאדות הלולב הוא, וכן לעכשיו, המדד היחיד הנותן מידע על מצב המים של העץ והוא גבוה יותר בתנאי השקיה מיטביים (ברנשטיין, 2004). התוצאות המוצגות באיור 6 לא מאפשרות לקבוע האם שני הזנים שונים זה מזה בהיבטים הקשורים

באיור 6, במשך תקופת גידול הפרי (איור 1) קצב התאדות הלולב נע בין 3 ל-4 ס"מ ליום וגבוה במקצת בעצים מהזן 'אמרי' לעומת עצי 'מג'הול'. לאורך התקופה של צבירת הסוכר (איור 2) משתווים קצבי התאדות הלולב בשני הזנים, תוך עלייה משמעותית ב'מג'הול', ומי שם מתחילה מגמת ירידה מתונה בקצב ההתאדות, שנמשכת עד הגדיל, במיוחד ב'מג'הול' - ירידה מצטברת של 1 ס"מ ליום לאורך חודשיים. ב'אמרי' נמדדה ירידה משמעותית בקצב התאדות הלולב בחודש האחרון של המעקב מ-3.1 עד ל-1.8 ס"מ ליום.

■ **מדידת איבוד מים מהפרי בהתאדות ישירה:** מרכיב חשוב במשק המים של הפרי הוא קצב איבוד המים בהתאדות ישירה. על מנת לבחון מרכיב זה התבצעו שלושה ניסויים של ייבוש פרי בשלושה מועדים לאורך העונה: 22.7.09, 10.8.09 ו-1.9.09, וכפועל יוצא בשלוש



איור 7: מקדם ההתאדות הישירה מהפרי משני הזנים בשלוש רמות כמ"מ שונות הקיימות במועדים שונים לאורך העונה: 22.7.09 - 1.9.09, 10.8.09

- כל נקודה מייצגת מקדם התאדות שנקבע בניסוי ייבוש (שיפוע הגרף המתאר את השינוי במשקל פרי טרי לאורך זמן בתנאים שונים של גירעון בלחץ אדים). בכל ניסוי נשקלה פחיתת המשקל מ-4 סנסנים מכל זן. הפחיתה במשקל הייתה ליניארית בכל הניסויים והפירות הפסידו עד 30% ממשקלם.

- תנאי גירעון לחץ אדים שונים (3, 5.4 ו-10.3 קילופסקל) הושגו באמצעות התאמת הטמפרטורה בתנור רוח ל-35, 40 ו-51 מ"צ, בהתאמה.

- מעוניים אדומים 'אמרי', מעוניים כחולים 'מג'הול'. במקרא במסגרת מצויות רמת הכמ"מ הממוצעת בפרי בעת הניסוי (ראה איור 2).

(ראה יחסי אשלגן: חוקן בהמשך) ולמונע שלפוח אכן התקבלה בעיה בהתייבשות הפרי ונוצר שלפוח משמעותי (שפירא, 2008).

לסיכום ניתן לומר, כי בתנאי עמק בית שאן פירות מון 'אמרי' מאדים יותר מים (יחסית למשקלם העצמי) לעומת פירות 'מג'הול', ויתכן שזאת אחת התכונות הגורמות להבדל המשמעותי במרקם הפרי בין שני הזנים ומפתח להבנת תופעת השלפוח.

■ **יחס אשלגן:סידן:** עבודות שונות הצביעו על הקשר בין היחס אשלגן:סידן בפרי לבין מפגעי קליפה בתפוח וענבים (Lang, 1990; Morrison et al., 1990). יחס אשלגן:סידן גבוה, כלומר יותר אשלגן ופחות סידן, עלול לפגוע ביציבות הממברנות ובחוזקן של דפנות התאים והחיבור בינם לבין עצמם באמצעות השפעה על חוזקה של למלת הביניים (אזור החיבור בין דפנות תאים סמוכים). על פי תוצאות האנליזה המינרלית ניתן להצביע על קשר בין היחס אשלגן:סידן לבין ההבדלים בשעור השלפוח והמרקם בין שני הזנים. בעונת 2008 התייבש יחס אשלגן:סידן של 29 לעומת 17 ב'אמרי' ו'מג'הול', בהתאמה. גם ב-2009 התקבל הפרש ביחס אשלגן:סידן לטובת פירות 'אמרי', למרות מהלך עונתי שונה לחלוטין (אזור 4). עם זאת, ובהתחשב בדיון בסעיף הקודם, ייתכן כי הסידן, בהיותו מובל כמעט רק ברקמת העצה, אינו אלא סמן להתאדות ישירה, בדומה לכלור.

סיכום והצעה למנגנון פיזיקלי פשוט המסביר הבדלים בשלפוח פרי בין זנים ואת ההבדלים באיכות 'מג'הול' בין אזורי גידול

לדעתנו, תוצאות המחקר לא מאפשרות להסביר הבדלים בנטייה לשלפוח בין הזנים על סמך ההבדלים בריכוזי המינרלים בפרי ובקצב התאדות הלולב. התוצאות מצביעות על שילוב של שני תהליכים הקשורים כנראה זה בזה:

1. קצב ההתאדות מהפרי;
2. היחסים העתיים בין ההבחלה לבין ההצמלה (סדר התהליכים בד' מן) כגורם חשוב ומשמעותי הנמצא בהתאמה לנטיית הפרי לשלפוח בזנים שונות.

המנגנון המוצע מתאים גם להסביר את ההבדלים ברמת השלפוח בון 'מג'הול' בין אזורי הגידול השונים. באזורי הגידול בהם מש' טר אקלים לח, פרי 'מג'הול' מתפתח במשק מים מיטבי בעיקר מפני שקצב ההתאדות ממנו נמוך. לכן הפרי נוטה להבחיל בעודו מצוי בטורגור גבוה עם תכולת מים מירבית, ורק לאחר מכן מתחיל תהליך ההצמלה, בו הפרי מתייבש ושטח הפנים שלו מתכווץ ומתקמט. באופן כזה, כאשר ההצמלה מתרחשת לאחר הבחלת הפרי הכוחות המכנים הפועלים בנקודת התורפה המבנית, שהיא פן הביניים של הקליפה והציפה, נתקלים בתאחיזה בין-תאית חלשה בשל הרס הדבק הבין-תאי במהלך ההבחלה. כתוצאה מכך נפרדת הקליפה מהציפה ומופיע שלפוח. גורם נוסף שמשתתף בתהליך הוא פריצת אוויר מסדקים ופגיעות בקליפה, שמאיצה ומגבירה את ממדי התופעה (גופן, 1966). לעומת זאת, פרי 'אמרי', המאדה פי 2 יותר מים באותם נתוני אקלים, מסיים חלק ניכר מההצמלה לפני הבחלתו. במקרה זה הדבק הבין-תאי בפן הביניים בין הציפה לק-

למשק המים הכללי של העץ על פי מדד זה. לאורך תקופת התפתחות הפרי וצבירת הסוכר היה קצב התאדות הלולב של העצים מון 'אמרי' דווקא גבוה במקצת מקצב התאדות הלולב של עצי 'מג'הול', ומגמה זו התהפכה רק באמצע ספטמבר, בעיצומו של גידול 'מג'הול' ובעת שפרי 'אמרי' עדיין לא סיים את ההבחלה.

■ **אנליזה מינרלית של הפרי:** מתוצאות של שתי שנות מעקב ניתן ללמוד, כי באופן כללי בשני הזנים ריכוזם של כל המינרלים שובדקו היה גבוה יותר בתחילת העונה והוא פחת מאוד בסיומה. עובדה זו מצביעה על מגבלה באספקת המינרלים לציפת הפרי יחסית לקצב גידולתה. בחלק מהמינרלים שובדקו ניתן לראות ריכוזים גבוהים במקצת בפירות מון 'אמרי' לעומת פירות 'מג'הול', אולם לדעתנו הבדלים אלה לא מספיקים כדי להסביר את ההבדלים הברורים ברגישות הפרי לשלפוח (אזור 3).

ראוי לציין את ריכוז הכלור בפרי, שהיה גבוה משמעותית בפירות 'אמרי' לעומת פירות 'מג'הול' לקראת הגידול ב-2008 ולאורך כל עונת 2009 (אזור 3). ריכוז הכלור מעניין במיוחד בהקשר של הבדלים ברגישות לשלפוח לאור העובדה שבפרי 'מג'הול' איכותי מיטבתה נמדדו ריכוזי כלור גבוהים בהשוואה לפרי ממסילות בעונת 2008 (אזור 3). ייתכן שהמכר, ריכוז הכלור בפירות מיטבתה לא היה נמוך בסוף העונה לעומת ריכוזו בתחילת העונה. לא ידוע לנו על השפעות ספציפיות של כלור על מרקם של פירות, אבל ריכוז גבוה של כלור עשוי להצביע על התאדות מוגברת מהפרי בתקופה שלפני ההבחלה. כאן נמצאת התאמה לתנאים האקלימיים השוררים בערבה הדרומית, התומכים בהתאדות גבוהה ונמצאים בקשר חזק לפרי איכותי עם מעט שלפוח.

■ **מדידת איבוד מים מהפרי בהתאדות ישירה:** מהימצאות ריכוז כלור גבוה בפרי 'אמרי' לעומת 'מג'הול' (מסילות) וריכוז הכלור הגבוה בסוף העונה ב'מג'הול' מיטבתה (אזור 3), העלונו את ההשערה הבאה:

ריכוז כלור גבוה בפרי 'מג'הול' מיטבתה (בסוף העונה, לעומת 'מג'הול' ממסילות) מעיד על התאדות גבוהה יותר מהפרי מיטבתה לעומת הפרי ממסילות. הכלור מגיע לפרי עם זרם המים העוקב אחרי ההתאדות מהפרי (דיות). פרי הגדל במשטר אקלימי המעודד התאדות ישירה גבוהה מהפרי יהיה בעל ריכוז כלור גבוה (בתור סמן). איכות גבוהה ופחות שלפוח. פרי 'אמרי' מאדה יותר מים ישירות מהפרי בהשוואה ל'מג'הול' ולכן ריכוז הכלור בציפה שלו גבוה יותר (בתנאי גידול זהים) והפרי פחות משולפח יחסית ל'מג'הול'.

הניסוי שמתואר באזור 7 בחן ישירות את הסוגיה האם יש הבדלים בהתאדות הישירה מהפרי בין שני הזנים. התוצאות מראות בצורה ברורה שפירות מון 'אמרי' מאבדים מים בקצב כפול לערך מפירות 'מג'הול' בתנאים זהים. הסיבה להתאדות מוגברת מפירות 'אמרי' יכולה לבוע מכמה סיבות:

1. מוליכות הפרי (בעיקר הקליפה) לאדי מים;
2. הבדלים ביחס בין שטח הפנים לבין נפח הפרי;
3. הבדלים משמעותיים בפוטנציאל האוסמוטי של הפירות הגורמים להורדה של לחץ אדי המים בפרי;
4. הבדלים בצמיגות וכמות הפקטין בדפנות התאים.

אין בידינו נתונים לגבי מוליכות הפירות והקליפה לאדי מים (סיבה 1). פרי 'אמרי' קטן באופן מובהק מפרי 'מג'הול' (באזור 1 מוצג משקל הפרי) ולכן ייתכן ששטח הפנים הסגולי הגבוה יחסית ב'אמרי' תומך בהתאדות גבוהה יותר בון זה מאשר ב'מג'הול' (סיבה 2). ריכוז הסוכר בפירות משני הזנים דומה מאד לאורך העונה (אזור 2), ועל כן הבדלים בפוטנציאל האוסמוטי של הפרי לא צפויים להיות משמעותיים (סיבה 3). ניתן להציע, שריכוז כלור גבוה מצביע גם על ריכוז נתרן ואשלגן גבוהים יותר (כמרכיבי KCl ו- $NaCl$), הגורמים לדחיקת קטיונים דו-ערכיים כמו Ca^{2+} מדופן התא (Shomer et al., 2003). יוני סידן ידועים כמחזקי פקטין, הנמצא בדפנות התאים, ומגבירים את עמידות דופן התא בפני מעבר ואובדן מים ובכך מקשים על תהליך הייבוש (Shomer and Merin, 1984) (סיבה 4). בניסויים בהם רוסס פרי 'מג'הול' בחנקת הסידן על מנת להוסיף סידן לפרי

- 190.
6. Aldrich W.W., Crawford C.L., Moore D.C. (1946): Checking of fruits of the Deglet Noor date in relation to water deficit in the palm. *Journal of Agricultural Research* 72: 211-231.
 7. Curtis O.F. (1947): Diurnal translocation of carbohydrates into date fruits. *American Journal of Botany* 34: 388-391.
 8. Haas A.R.C., Bliss D.E. (1935): Growth and composition of Deglet Noor dates in relation to water injury. *Hilgardia* 9: 295-344.
 9. Lang A., Thorpe M.R. (1989): Xylem, phloem and transpiration flows in a grape: application of a technique for measuring the volume of attached fruits to high resolution using archimedes' principle. *J Exp Bot* 40: 1069-1078.
 10. Lang A. (1990): Xylem, phloem and transpiration flows in developing apple fruits. *J Exp Bot* 41: 645-651.
 11. Morrison J.C., Iodi M. (1990): The Influence of Waterberry on the Development and Composition of Thompson Seedless Grapes. *Am J Enol Vitic* 41: 301-305.
 12. Nixon R.W. (1961): Skin separation in soft dates. *Date Grower's Institute Report* 38: 10-13.
 13. Shomer I., Merin U. (1984): Recovery of citrus cloud from aqueous peel extract by microfiltration. *J. Food Sci.* 49: 991-994.
 13. Shomer I., Novacky A., Pike S., Yermiyahu U., Kinraide T. (2003): Electrical potential of plant cell walls in response to the ionic environment. *Plant Physiol.* 133: 411-422. ■

ליפה שומר על תאחיזה בין-תאית גבוהה תוך כדי ההתקמטות, ומשום כך הקליפה עוקבת אחרי הציפה והפרי נוסה פחות להשתלפח. מתצפיות שנערכו ניכר כי בתנאי הגידול בערבה הדרומית, המאופיינים באקלים יבש וחם, רוב פירות ה'מג'הול' מתקיימים לפני הבחלתם בעודם צהובים וכך נמנע בהם השלפוח. ניתן אולי למקם את תופעת דילוג השלב כמקרה קיצוני של הצמלה מוקדמת ללא הבחלה מלאה. המנגנון המוצע מנסה להסביר את תופעת השלפוח באמצעות גורם ההתאדות מהפרי בלבד. ברור לנו שגורמים נוספים משחקים תפקיד ביצירת ההבדלים בין הזנים ובין רמות השלפוח ב'מג'הול' באזורי הגידול השונים בארץ (גנטיקה בין זנים, תכונות הקליפה והציפה, סוג הקרקע, השקיה ודישון, דילול וטיפול בפרי), אולם נראה כי תרומתם קטנה יחסית, ואחראית אולי להבדלים ברמות השלפוח בתוך אזורי גידול בעלי אקלים זהה.

תודות

המחקר מומן בחלקו על ידי שולחן תמר. כמו כן, החוקרים מבקשים להודות למגדלי התמרים בקיבוץ מסילות על שיתוף הפעולה.

רשימת ספרות

1. ברנשטיין צ. (2004): התמר.
2. ברנשטיין צ., לוסטיג י. (2006): השתלפחות פירות תמר מן 'מג'הול'. 'עלון הנוטע' 60: 21-18.
3. גופ מ. (1966): השתלפחות פירות תמרים מן 'ברה'. עבודת גמר לתואר מוסמך, מחלקה לבוטניקה, האוניברסיטה העברית ירושלים.
4. שפירא א., בן צבי ר., גולן א., קינן א., שריג פ. (2008): צמצום שלפוח. פרויקט מדען, תוצאות טיפולים מגיד 2008 בעמק הירדן. ספרייה מקוונת, מו"פ צפון.
5. Aldrich W.W., Crawford C.L. (1939): Dry weight increase curves for date fruit. *Proceeding of the American society for horticultural science* 37: 187-

שתילי אבוקדו ומנגו מדהימים מוכנים לנטיעה מיידית

מתקבלות הזמנות
לשנת 2012-2013

חשש טוב מתילי משתיל טוב

משתלת אקסלרוד

שתילי הדורים כל הסוגים והכנות

סובטרופיים: אבוקדו, מנגו, אנונה, שסק, פיטוגה, גויאבה, רימונים וכו'

בהשגחת הרבנות בפיקוח משרד החקלאות והגנת הצומח

מושב גן שורק ד.ב. עמק שורק 76865 ניתן לבקר באתר הבית שלנו: www.shtilim.com

נייד רועי: 054-6599050, זבולון: 054-6599040, טל: 03-9667230 פקס: 153-3-9667230