

# שונות כימית באוכלוסייה מקומית של אלת המסטיק (*Pistacia lentiscus* L.)

שילה נבון<sup>1</sup>, חיים קינגל<sup>2</sup>, נתיב דודאי<sup>3</sup> ויוג'ין דוד אונגר<sup>1</sup>

<sup>1</sup> המחלקה למשאבי טבע, המכון למדעי הצמח, מינהל המחקר החקלאי

<sup>2</sup> המכון למדעי הצמח, הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית, האוניברסיטה העברית בירושלים

<sup>3</sup> היחידה לצמחי תבלין, מרפא ובושם, מרכז מחקר נווה יער, מינהל המחקר החקלאי

## תקציר

בארצנו כלל הפרעות של רעייה, כריתה, עקירה ושרפה, ואלו פגעו קשות בצומח, ובעיקר בחורשים וביערות (פרבולוצקי, פולק ולחמן, 1992). עם כיבוש הארץ על ידי הבריטים, בתום מלחמת העולם הראשונה, נחקקו חוקי הגנה על הצומח הטבעי. תהליך זה המשיך ביתר שאת לאחר הקמת מדינת ישראל, וכתוצאה מכך הצמחייה בארץ מתאוששת והחורש הטבעי מתחדש. להתפשטותם המחודשת של מיני השיחים והעצים ישנה השפעה נופית ניכרת, כמו גם השלכות משמעותיות על מארג היחסים הסבוך בין מגוון מיני הצמחים בבית הגידול ביחד עם שאר האורגניזמים במערכת המקומית, ובניהם אוכלי הצמחים.

בחינה ותיעוד של מערכות אקולוגיות מתבצעת לרוב ברזולוציה שעד לרמת המין, והדבר נכון גם ביחס למרבית המחקרים שעסקו בחורש ים-תיכוני. לדוגמה: כימות מגוון המינים או עושר המינים בבית הגידול (Naveh & Whittaker, 1980), מעקב אחרי תבנית המגע בין מיני אוכלי הצמחים לבין מיני השיחים והעצים השונים בחורש (Perevolotsky, Landau, Kababia et al., 1998 ומחקרים אקו-פיסיולוגיים של המינים השונים (Castro-Diez, Montserrat-Marti & Cornelissen, 2003; Gomez Aparicio, Valladares & Zamora, 2006; Naveh & Whittaker, 1980). ישנו, כמובן, היגיון רב בבחינת הדינמיקה של מערכת אקולוגית ברזולוציה של רמת המין, וביחס לצרכים רבים גישה זו מספקת בהחלט. עם זאת, אנו סבורים, שנקודת מבט זו על הנעשה בחורש הים-תיכוני לא מגלה בפנינו את התמונה כולה. אחת הסיבות לכך היא צורת ההפצה של השיחים והעצים בחורש, שברובם מופצים על ידי ציפורים. צורת הפצה זו מכתיבה זרימת גנוטיפים שאינה בהכרח רציפה בזמן ובמרחב, וכך נוצר חורש רב-גילי ומגוון עם פוטנציאל לשונות גנטית ופנוטיפית משמעותית באוכלוסיות הצמחים של המינים השונים. ייתכן שמצב זה בא לידי ביטוי אפילו באוכלוסיות מקומיות, הנפרסות על פני שטח מצומצם, אך כמעט שאין בידינו מידע כמותי בנושא זה. מועטות העבודות שבחנו את השונות הגנטית והפנוטיפית בתוך אוכלוסיות עבור מיני המעוצים בחורש (Avrani, Ben-

החורש הים-תיכוני בארץ ישראל הוא תצורת צומח בולטת, המותאמת היטב לתנאים המקומיים. מטרת מחקר זה הייתה לבחון האם בין פרטים שכנים של מין משיחי החורש תיתכן שונות משמעותית בתכונות חשובות בעלות משמעות אקולוגית. המחקר התמקד בפרופיל הנדיפים המרכיבים את השמן האתרי. כמין מודל למחקר נבחרה אלת המסטיק (*Pistacia lentiscus* L.), משיחי החורש החשובים. נבחנה השונות הכימית בהרכב הנדיפים בין השיחים המאכלסים חלקת חורש מקומית מייצגת בדרום הכרמל, ששטחה כ-9.2 דונם. הבדיקות נערכו בכרומוטוגרפיה גזית בשתי שיטות משלימות: מיצוי ו-SPME. נמצא כי השונות הכימית באוכלוסייה המקומית איננה רציפה וכי שיחי אלת המסטיק מתקבצים לארבעה כימוטיפים מובחנים ומוגדרים היטב. מרבית שיחי אלת המסטיק בחלקה משתייכים לאחד משני הטיפוסים: [Germacrene D, limonene] ו-Germacrene. כמו כן, נמצאו בחלקה שני טיפוסים נוספים: שיח בודד, שבו הרכיב הבולט הוא  $\beta$ -myrcene ושיח נוסף, שבו אחד מהרכיבים המרכזיים הוא  $\beta$ -ocimene. בעבודה זו הודגם לראשונה קיומם של טיפוסים כימיים בתוך אוכלוסייה מקומית של מין בולט מבין שיחי החורש הים-תיכוני. ניתן להעריך, כי פוטנציאל דומה לשונות כימית משמעותית קיים גם במינים מעוצים נוספים בחורש.

**מילות מפתח:** אלת המסטיק; חורש ים-תיכוני; כימוטיפים; שונות כימית; שמן אתרי; נדיפים.

## מבוא

החורש הים-תיכוני בארץ הוא תצורת צומח המותאמת היטב לאתגרים שאותם מציבים האקלים המקומי ולחץ פעילויות האדם. לדעת רוב החוקרים, החורש מהווה את הבסיס לתצורת הקליימקס בחבל הים-תיכוני של הארץ (שמידע ודרום, 1992). במהלך אלפי השנים האחרונות לחץ האדם

לשם כך, בוצע כימות של פרופיל הנדיפים באוכלוסייה מקומית מייצגת של אלת המסטיק, הפרוסה על שטח קטן באזור הכרמל. ההערכה הייתה, כי תימצא שונות כימית משמעותית אפילו בין פרטים שכנים בשדה.

## חומרים ושיטות

### חלקת הניסוי

אותרה חלקת חורש במדרון הצפוני שמעל נחל כבארה, הנמצא במורדות הדרומיים של זכרון יעקב (32°25'N, 34°52'E). שטח החלקה 9.2 דונם. החלקה נשלטת על ידי שיחי אלת המסטיק, רבים מהם בעלי נוף גדול. מראה העלווה ושלד הענפים היה בריא, ובאופן כללי לא נראו סימנים לפגיעות חרקים, מחלות, או מצוקה א-ביוטית. שיחי אלת המסטיק פזורים על פני כל שטח החלקה, ביניהם גדל צומח עשבוני חד-שנתי ורב-שנתי מגוון. בתוך הכתמים שיוצרים שיחי אלת המסטיק הגדולים מופיעים מיני חורש נוספים: אשחר ארץ ישראלי, מספר עצי זית, קידה שעירה ומספר פרטים של בר-זית בינוני.

למדגם נבחרו 25 שיחים הפרוסים על כל שטח החלקה. נבחרו שיחים בעלי נוף גדול ומראה בריא בלבד. שיקול נוסף בבחירת השיחים היה הצורך להגדיל, ככל הניתן, את ההסתברות כי מדובר בגנוטיפים נפרדים. הדבר נעשה על ידי השוואת מורפולוגיות ופנולוגיות קפדניות בין הפרטים, תוך התייחסות למין השיחים (זכר/נקבה). מספר הפרטים שנבחרו מהווה בין 60% ל-75% מאוכלוסיית שיחי אלת המסטיק שבחלקה. אין זה אפשרי לציין מספר מדויק, וזאת משום שלגבי מספר שיחים בחלקה קיימת אי-ודאות האם מדובר בפרט בודד שהתפשט בצורה ווגטיבית, או לחלופין בפרטים שונים. מבין 25 השיחים שנבחרו: 12 מהפרטים זכרים, 8 פרטים נקבות, וב-5 פרטים המין לא-ידוע, וזאת משום שלא נצפתה בהם פריחה בשנים שבהן נערך המחקר.

### שיטות אנאליטיות

שיטה בסיסית להפרדה וזיהוי של תערובות רכיבים נדיפים, כגון שמן אתרי בצמחים, היא כרומטוגרפיה גזית. במכשיר הגז-כרומטוגרף מוחדרת תערובת הנדיפים לפתח צינורית מסולסלת דקה וארוכה (קולונה) המלאה בגז שאינו מגיב. רכיבי התערובת שונים מעט בתכונותיהם הכימיות ולכן מתקדמים בצינורית בקצב שונה. שילוב של זמן שהייה בצינורית (RT – retention time) ביחד עם גלאים נוספים, כגון ספקטרומטר מסות (MS – mass spectrometer) מאפשר לזהות את הרכיבים השונים ולכמת את ריכוזם בתערובת. בעבודה זו נעשה שימוש בכרומטוגרפיה גזית בשתי טכניקות שונות: בשיטת המיצוי מוכנסים עלי אלת המסטיק לממס אורגני, והרכיבים הנדיפים עוברים בדיפוזיה מרקמת העלה אל התמיסה הנוזלית. עם תום תהליך המיצוי, מוזרקת

Shlomo & Inber, 2012; Korol, Shklar & Schiller, 2004; Nahum, Inbar, Ne'eman et al., 2008; Ne'eman, 1993; Schiller, Herr, Shklar et al., 2005; שיב, 1978) וגם לגבי עבודות אלו, אין זה ברור האם המסקנות בהן רלוונטיות גם עבור אוכלוסיות מקומיות הפרוסות על שטח קטן.

כמין מודל למחקר נבחרה אלת המסטיק (*Pistacia lentiscus* L.), ממיני החורש החשובים, הגדל בארצות אגן הים התיכון ובמפרץ עדן (שיב, 1978). אלת המסטיק בולטת ביכולתה יוצאת הדופן לשגשג ולהתחרות בהצלחה במגוון בתי גידול שונים מאוד זה מזה: מרכסי הכורכר שעל חוף הים, דרך הגבעות הנמוכות שבשפלה הים-תיכונית, ועד לספר מדבר שומרון ולמזרח הגלבוע – אזורי ספר חמים ויבשים המצויים על גבול המדבר (שיב, 1978; Nahum et al., 2008). אלת המסטיק שימשה ברפואה המסורתית למגוון צרכים ואחדים מהם נתמכו במחקר המודרני (Landau, Muklada, Markovics et al., 2014). היא עשירה ברכיבים משניים, ובניהם בולטים במיוחד רכיבים מקבוצת הטאנינים המצויים בה בכמות חריגה (לערך כ-20% ממשקל יבש) (Decandia, Sizia, Cabiddu et al., 2000; Glasser, Landau, Ungar et al., 2004; Landau, Dvash, Decandia et al., 2012; פרבולוצקי ואח', 1992). בין צינורות ההובלה בגבעולים ובעלים מצויים ביבי השרף ובתוכם מרוכזים השמן האתרי והשרף. השמן האתרי באלת המסטיק מורכב מעשרות רכיבים נדיפים, רובם מונו-טרפנים וססקווי-טרפנים, כאשר ההרכב משתנה בין האוכלוסיות בארצות השונות באגן הים התיכון (Barra, Coroneo, Dessi et al., 2007; Castola, Bighelli & Casanova, 2000; Said, Fernandez, Greff et al., 2011; Zrira, Elamrani & Benjilali, 2003). באופן כללי, מקובל כי פרופיל הנדיפים בשמן האתרי נקבע בעיקרו ברמה הגנטית, וראוי לציין, כי בעבר, טרם התפתחות השימוש בסמנים גנטיים, אף נעשה שימוש בהרכב הנדיפים למיפוי פילוגנטי (Barazani, Dudai, Golan-Goldhirsh, 2003; Schiller & Grunwals, 1987).

מטרתו של מחקר זה הייתה לבחון האם פרטים שכנים של אלת המסטיק יהיו בהכרח דומים זה לזה במדדים חשובים בעלי משמעות אקולוגית, ובחרנו להתמקד בהרכב החומרים הנדיפים. הרכיבים הנדיפים משמשים בצמחים: (א) כאמצעי הגנה מפני הרביבורים (Lee, Badieyan, Bevan et al., 2010); (ב) כאמצעי תקשורת עם האורגניזמים האחרים החולקים עם הצמח את בית הגידול (Heil & Karban, 2010; Kappers, Aharoni, Van Herpen et al., 2005; Knudsen, Eriksson, Gershenzon et al., 2006); (ג) במניעת נזקי עקות חום (Copolovici, Filella, Llusia et al., 2005). לכן, לשאלת אחידות הרכב הנדיפים באוכלוסייה המקומית תתכנה השלכות משמעותיות. בנוסף לכך, ייתכן וכימות ההרכבים יוכל לספק רמזים בנוגע לשאלת אחידות מקורות הזרעים של שיחי אלת המסטיק בבית הגידול המצומצם בחורש.

ופעם שנייה ביחס להרכב הנדיפים שמקורם בעלווה המצויים באווירת מרחב השיח, כפי שנמדד בשיטת ה-SPME. חושבו המרחקים (במובן המתמטי) שבין הרכבי הנדיפים, עבור כל הזוגות האפשריים מבין 25 השיחים. המרחק בין הרכבי הנדיפים של זוג שיחים הוגדר כהכללה הרב-ממדית המקובלת לפונקציית המרחק האוקלידי. בגישה זו נלקח בחשבון השוני בין השיחים ביחס למשקל היחסי של כל אחד ואחד מהנדיפים. המרחק המתקבל הינו נטול יחידות, אך מאפשר כימות של מידת הקרבה הכימית בין השיחים באוכלוסייה.

בוצע ניתוח (UPGMA unweighted pair group method with arithmetic mean) למיפוי המבנה הפנימי של השונות הכימית באוכלוסייה ביחס להרכב הנדיפים. שיטת ניתוח זו מתבססת על מטריצת המרחקים האוקלידים שנוצרה לעיל, ומצרפת את השיחים השונים למקבצים על פי המרחקים בין ההרכבים הכימיים שלהם. השוואת המרחקים בין מקבצי השיחים המתקבלים אל המרחקים שבין השיחים בתוך המקבצים, מאפשרת להכריע האם באוכלוסייה קיימים מספר טיפוסים כימיים אופייניים אם לאו.

בוצעה סדרת ניתוחי t-test (unequal, two-sample t-test, variances) עבור כל אחד מהרכיבים הנדיפים, כדי לבחון האם קיים הבדל מובהק במשקל היחסי של אותו הרכיב (באחוזים) בין שתי הקבוצות העיקריות שהוגדרו לפי ניתוח ה-UPGMA.

## תוצאות

### הרכיבים הנדיפים בעלים

ברמת האוכלוסייה כולה ( $n=24$ ; בבדיקת שיח 21 חלה תקלה והוא הוצא מהניתוח) זוהו בעלים 76 רכיבים נדיפים, כאשר בחשבון זה נלקחו רכיבים המופיעים בריכוז של לכל הפחות 0.1% מכלל הנדיפים, לפחות באחד מבין השיחים. מתוך 76 הרכיבים הנ"ל, נמצאו 31 רכיבים מרכזיים המופיעים בריכוז של לכל הפחות 1% מסך הנדיפים, לפחות באחד מהשיחים. 31 נדיפים אלו מרכיבים בממוצע 90% מסך השמן האתרי בעלים. 24 מבין 31 הרכיבים זהו, ואילו שבעה לא זהו. שבעת הרכיבים שלא זהו מהווים  $4.8 \pm 2.3\%$  מסך הנדיפים.

בחינת מספר הרכיבים ברמת השיח מלמדת, כי בעלווה של שיח יש  $5.5 \pm 42$  רכיבים נדיפים בתכולה של לפחות 0.1% מכלל הנדיפים, ומתוכם ישנם  $2.1 \pm 19$  רכיבים מרכזיים לשיח, מהווים לפחות 1% מסך הנדיפים.

בחינת ההרכב ברמת הקבוצות הכימיות מלמדת כי הרכיבים הנדיפים בעלים הינם ססקווי-טרפנים ( $6.7\% \pm 50$ ), מונו-טרפנים ( $6.5\% \pm 45$ ), ורכיבים אלקוהוליים שונים ( $1\% \pm 5$ ). חושב ריכוז סך הנדיפים המצויים בעלווה ונמצא, כי הם מהווים  $0.03\% \pm 0.15$  ממשקל יבש ( $1500 \pm 300 \mu\text{g/g DM}$ ). בניית UPGMA נמצא, כי ביחס להרכב הנדיפים שמוצו

דגימה מהתערובת המתקבלת אל פתח הצינורית במכשיר הגז-כרומטוגרף. בשיטה זו ניתן לזהות את הנדיפים המצויים בתוך רקמת העלה ולכמת את ריכוזם. לעומת זאת, שיטת ה-SPME (solid phase micro extraction) מאפשרת לזהות את הרכב הנדיפים המצויים באווירת מרחב השיח שמקורם בעלווה. בשיטת ה-SPME מוכנס העלה הנבדק לכלי סגור. לתוך הכלי מוחדר סיב ייעודי ובמשך מספר דקות מתבצעת ספיחה של הנדיפים, שהעלה משחרר אל הסיב. עם תום הספיחה מוחדר סיב ה-SPME לפתח הצינורית במכשיר הגז-כרומטוגרף. יש להדגיש, כי לרוב יהיו הבדלים גדולים בין הרכב הנדיפים המצוי בתוך רקמת הצמח ובין הרכב הנדיפים שהוא משחרר לסביבתו.

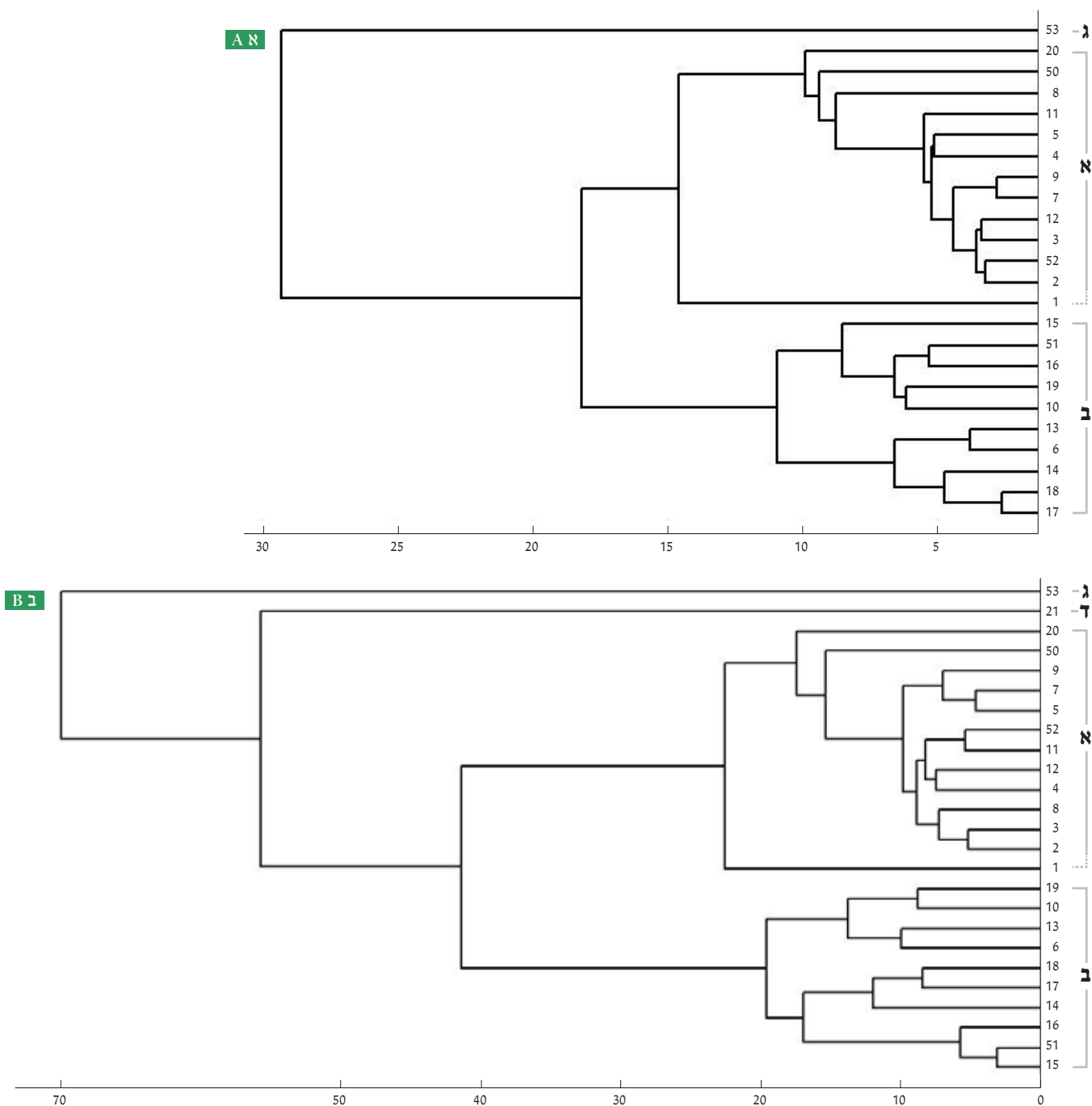
### כימות הרכב הנדיפים

נערכו בדיקות מקדימות בשיטת המיצוי ושיטת ה-SPME לכימות השונות בהרכב הנדיפים בעלוות השיח. נלקחו שלוש דגימות עלווה שונות משישה שיחים. נמצא כי קיימת שונות גבוהה בהרכב החומרים הנדיפים בין ששת השיחים ושונות נמוכה בתוך כל שיח. לכן, במחקר המוצג הסתפקנו בביצוע בדיקה אחת עבור כל אחד מהשיחים במדגם.

בתאריך 7/4/2013, בשעות הבוקר המוקדמות, נלקחו דגימות עלווה מ-25 השיחים שנבחרו למדגם מחלקת כבארה. מכל שיח נלקח ענף קטן מידות מהצד הדרומי של השיח. נבחרו ענפים בעלי מראה בריא בלבד. הענפים הושמו בצידנית בקירור והוסעו מיד למעבדת הכרומטוגרף שבמרכז מחקר נווה יער של מינהל המחקר החקלאי. עם ההגעה למעבדה החומר הצמחי הוכן לאנאליזה כימית. בבדיקת המיצוי הוכנה עבור כל שיח דגימה יחידה במשקל 2 גרם ( $1.95-2.05$  גרם). כל דגימה הורכבה מארבעה או חמישה עלים שנלקחו מענפונים שונים. כל דגימה הושמה ב-10 מ"ל ממס MTBE (Methyl tert-butyl ether). בנוסף הושם IBB (isobutylbenzene) בריכוז 10 PPM, כדי שישמש כסטנדרט לקביעת ריכוז הרכיבים. עם תום תהליך המיצוי הוזרקה לפתח הקולונה כמות של 1  $\mu\text{l}$  מהתמיסה. בבדיקת ה-SPME הוכנה עבור כל שיח דגימה משלושה עלים שנלקחו מענפונים שונים. לכל דגימה בתורה הוחדר סיב ה-SPME למשך חצי שעה והתבצעה חשיפה לנדיפים. לאחר מכן, הוחדר הסיב לפתח הקולונה במכשיר הגז-כרומטוגרף (נתונים טכניים: GCMS, Agilent Technologies; גז נושא בקולונה: He [בלחץ קבוע של 11.8 psi]; טמפרטורת Injector:  $250^\circ\text{C}$ ; טמפרטורת גלאי:  $280^\circ\text{C}$ ; טמפרטורת תנור:  $50^\circ\text{C}$  [1 דקה], העלאה ב- $5^\circ\text{C}$  לדקה עד ל- $200^\circ\text{C}$ , העלאה ב- $10^\circ\text{C}$  לדקה עד ל- $280^\circ\text{C}$ ; נתוני MS: פעילות במצב EI, 70 eV, טווח מסות: 41–450 amu).

### ניתוח הנתונים

כל הניתוחים בוצעו פעמיים, פעם אחת ביחס להרכב החומרים הנדיפים בעלים שהופקו בעזרת המיצוי בממס,



**איור 1:** דנדרוגרם (עץ המרחקים) שהתקבל על ידי ניתוח UPGMA (unweighted pair group method with arithmetic mean) עבור שיחי אלת המסטיק מחלקת כבארה. בציר ה-X מופיע המרחק הממוצע בהרכב הכימי בין כל זוג קבוצות/אברים. בציר ה-Y מופיע זיהוי השיח (מספר) ומימינו זיהוי הקבוצה אליה השיח (אות). (א) מבוסס על ההרכב המלא של החומרים הנדיפים בעלוות השיחים (n=24; שיח 21 הוצא מהניתוח בגלל תקלה במדידה); (ב) מבוסס על הרכב הנדיפים שמקורם בעלווה המצויים באווירת מרחב השיחים (n=25).  
**Fig. 1:** Dendrogram generated by UPGMA analysis for *P. lentiscus* shrubs of Kabara plot. The X axis shows the average distances in volatiles composition between each pair of clusters/members. The Y axis shows the shrub identification (number) and to its right the cluster identification (Hebrew letter: א – Cluster A; ב – B; ג – C; ד – D). (A) Based on the volatiles compositions in the leaves (n=24; shrub 21 was excluded from the analysis due to instrument failure). (B) Based on the composition of the volatiles evaporated from the leaves into the airspace surrounding the shrub (n=25).

הבולטים, ומהווה  $20 \pm 3.5\%$  מסך הנדיפים. חריג בודד הוא שיח 1 שבו germacrene D תופס 10% מסך הנדיפים ומהווה רק את המרכיב השלישי בחשיבותו. עם זאת, על אף הדמיון הניכר בין השיחים בתכולה היחסית של germacrene D,

מהעלים, 24 השיחים מחלקת כבארה מתחלקים לשלוש קבוצות כימיות שונות (ראו איור 1א). בחינת זהות הרכיבים הנדיפים בעלוות השיחים לימדה, כי ב-23 מתוך 24 השיחים הססקווי-טרפן germacrene D הוא אחד משני הרכיבים

ו- $\alpha$ -pinene (3.5% ± 23). בקבוצת שיחים זו מהווה  $\alpha$ -pinene 2.5% ± 11 מסך הנדיפים. שיח 1 הוא מקרה גבולי, וניתן לראותו כפרט חריג בקבוצה או כטיפוס בפני עצמו. הרכיבים הראשיים בשיח זה הם limonene (28%),  $\beta$ -caryophyllene (13%) ו-germacrene D (10%).

**קבוצה ב':** בכל 10 השיחים בקבוצה שני הרכיבים הנדיפים הבולטים בעלים הם germacrene D (2.9% ± 20) ו- $\alpha$ -pinene (5.4% ± 18). בקבוצת שיחים זו ה- $\alpha$ -pinene הוא רכיב שולי ומהווה רק 1.1% ± 2.3 מסך הנדיפים. עשרת שיחי קבוצה זו מתחלקים לשתי תתי-קבוצות: חמישה שיחים (10, 15, 16, 19, 51) בעלי  $\alpha$ -pinene גבוה יחסית (18%-26%), כשבכולם sabinene נמוך מ-1%, וחמישה שיחים (14, 17, 18, 14, 6, 13) בעלי ערכי  $\alpha$ -pinene בינוניים (11%-16%), כשבכולם sabinene גבוה יחסית (1.5% ± 8).

**קבוצה ג':** כוללת רק את שיח 53 שהוא בעל הרכב ייחודי וחריג משאר השיחים באוכלוסייה. הרכיבים הראשיים בשיח זה הם  $\beta$ -myrcene (27%) ו-germacrene D (22%).

הרכבי הנדיפים בעלווה לפי הקבוצות מוצגים בטבלה 1. היסטוגרמה המציגה את התפלגות משקלם היחסי של הנדיפים המרכזיים בעלווה לפי הקבוצות השונות מוצגת באיור 2. היסטוגרמת המרחקים עבור הרכבי 22 השיחים המשתייכים לקבוצות א' ו-ב' מוצגת באיור 4.

**הרכיבים הנדיפים באווירת מרחב השיח**

נמצא כי מעלוות שיחי אלת המסטיק (n=25) מתנדפים 34 רכיבים. בחשבון זה נלקחו רכיבים המופיעים בריכוז של לכל הפחות 0.1% מכלל הנדיפים, לפחות באחד מבין השיחים. בחינת ההרכב ברמת הקבוצות הכימיות מלמדת כי התנדיף מורכב ממונו-טרפנים (96.3% בממוצע), ססקווי-טרפנים (3.5%) ורכיבים אלכוהוליים שונים (0.2%). אחידות גבוהה בהרכב לפי הקבוצות הכימיות נמצאה ב-24 מתוך 25 השיחים, כאשר שיח מספר 1 מהווה חריג יחיד, ובו פרקציית הססקווי-טרפנים מהווה חלק גדול במיוחד (36%). מתוך 34 הרכיבים הנ"ל, נמצאו 20 רכיבים מרכזיים, המופיעים בריכוז של לכל הפחות 1% מסך הנדיפים לפחות באחד מבין השיחים. 20 רכיבים אלו מהווים את ראשו ורובו של התנדיף (99.6%), ובהם 14 מונו-טרפנים ו-6 ססקווי-טרפנים.

בניתוח UPGMA נמצא, כי ביחס להרכב התנדיף (באחוזים), 25 השיחים מחלקת כבארה מתחלקים לארבע קבוצות מובחנות היטב (איור 1ב). בחינת זהות הרכיבים המתנדפים מעלוות 25 השיחים לימדה, כי ארבע קבוצות אלו שהוגדרו לפי ניתוח ה-UPGMA אכן מהוות טיפוסים כימיים שונים ומוגדרים היטב:

שיח 1	קבוצה א' (ללא שיח 1)	קבוצה ב'	קבוצה ג' (שיח 53)	שיח 1
Shrub 1	Cluster A (excluding shrub 1)	Cluster B	Cluster C (shrub 53)	Shrub 1
$\alpha$ -pinene	11.3 ± 2.2	17.6 ± 5.4	5.3	6.3
Camphene	1.5 ± 0.4	1.6 ± 0.8		
Sabinene	0.6 ± 1.8	4.1 ± 4.2		
$\beta$ -pinene	4.4 ± 1.0	8.0 ± 1.8	1.2	1.2
$\beta$ -myrcene	1.6 ± 0.2	1.1 ± 0.4	27.3	1.5
$\alpha$ -phellandrene	1.2 ± 0.8	2.1 ± 0.9	0.1	
Limonene	23.0 ± 3.6	2.3 ± 1.1	5.7	27.8
$\beta$ -phellandrene	0.8 ± 2.3	7.7 ± 1.8		
$\beta$ -E-ocimene	0.0 ± 0.0	0.1 ± 0.3		
$\alpha$ -terpineol	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	1.4	
2-undecanone	0.2 ± 0.5	0.4 ± 0.7		1.3
$\alpha$ -copaene	0.2 ± 0.3	0.3 ± 0.5		1
unknown 1	0.1 ± 0.3	0.2 ± 0.4		
$\beta$ -elemene	1.1 ± 0.4	1.1 ± 0.6	1.4	
$\beta$ -ylangene	3.3 ± 0.5	3.2 ± 0.8	3.8	1.6
$\beta$ -caryophyllene	5.0 ± 2.1	4.3 ± 2.2	3.7	12.7
$\beta$ -copaene	1.9 ± 0.2	1.8 ± 0.3	2.0	1
unknown 2	0.1 ± 0.2	0.0 ± 0.0	1.0	
unknown 3	0.6 ± 0.5	0.5 ± 0.6	1.1	
$\alpha$ -humulene	2.3 ± 0.3	2.1 ± 0.5	2.3	2.8
unknown 4	0.7 ± 0.5	0.8 ± 0.5	1.0	
$\gamma$ -muurolene	1.2 ± 0.4	1.1 ± 0.6	1.3	3.8
germacrene D	20.9 ± 2.7	20.4 ± 2.9	21.6	10.4
bicyclogermacrene	0.2 ± 0.4	0.3 ± 0.5		1
$\alpha$ -muurolene	1.3 ± 0.4	1.4 ± 0.2	1.4	1.7
$\gamma$ -cadinene	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0		2.4
$\delta$ -cadinene	3.3 ± 0.6	3.2 ± 0.7	3.9	1.8
unknown 5	1.9 ± 0.9	2.5 ± 0.7	2.6	7.3
unknown 6	0.1 ± 0.3	0.3 ± 0.5		
Elemol	0.7 ± 0.8	0.1 ± 0.3	1.0	
unknown 7	0.6 ± 0.6	1.0 ± 0.6		1.5

**טבלה 1:** הרכב הנדיפים בעלים (ממוצע ± סטיית תקן) על פי תוצאות מיצוי בממס, בשלוש הקבוצות שהוגדרו לפי ניתוח ה-UPGMA. מכיוון ששיח 1 הינו בעל השתייכות גבולית לקבוצה א', הרכבו מובא בנפרד. בטבלה מוצגים הרכיבים המהווים לפחות 1% מסך הנדיפים, לפחות באחד מ-24 השיחים.

**Table 1:** Volatiles composition in the leaves (mean ± SD) based on extraction by solvent for the three clusters defined by the UPGMA analysis. As shrub 1 is a borderline member of cluster A, its composition is presented separately. The compounds presented constituted at least 1% of the total weight of volatiles, in at least one of the 24 shrubs.

שלוש הקבוצות שהוגדרו לפי ניתוח ה-UPGMA עדיין מהוות טיפוסים כימיים שונים ומובחנים היטב:

**קבוצה א':** ב-12 מתוך 13 השיחים בקבוצה שני הרכיבים הנדיפים הבולטים בעלים הם germacrene D (2.7% ± 21)

	קבוצה א' (ללא שיח 1)	קבוצה ב'	קבוצה ג' (שיח 53)	קבוצה ד' (שיח 21)	שיח 1
	Cluster A (excluding shrub 1)	Cluster B	Cluster C (shrub 53)	Cluster D (shrub 21)	Shrub 1
$\alpha$ -pinene	20.2 ± 3.3	33.0 ± 6.6	10.0	10.8	8.8
Camphene	1.0 ± 0.3	1.0 ± 0.5	0.2	0.3	0.2
Sabinene	0.6 ± 1.5	1.4 ± 1.8	0.2	0.3	0
$\beta$ -pinene	4.6 ± 1.0	8.0 ± 3.2	2.5	1.6	0.7
$\beta$ -myrcene	2.3 ± 1.0	1.3 ± 1.0	61.5	1.5	1.7
$\alpha$ -phellandrene	3.4 ± 1.5	6.7 ± 2.2	0.1	5.5	1.7
$\alpha$ -terpinene	0.8 ± 1.4	2.8 ± 2.6	0.7	2.8	0.1
o-cymene	1.0 ± 0.5	3.1 ± 1.5	0.3	2.1	0.1
limonene	51.6 ± 4.2	16.0 ± 4.3	15.3	11.7	45.3
$\beta$ -phellandrene	7.8 ± 2.3	14.9 ± 2.8		8.4	4.7
$\beta$ -Z-ocimene	0.1 ± 0.2	0.2 ± 0.3	0.2	2.0	
$\beta$ -E-ocimene	2.6 ± 3.9	3.3 ± 3.7	0.8	45.7	
$\gamma$ -terpinene	1.3 ± 1.8	4.9 ± 4.0	1.1	4.1	0.6
terpinolene	0.5 ± 0.3	1.3 ± 0.7	0.5	1.1	0.2
$\alpha$ -copaene	0.1 ± 0.1	0.0 ± 0.1	0.1	0.1	1.1
$\beta$ -caryophyllene	0.3 ± 0.7	0.4 ± 0.7	0.8	0.3	12
$\alpha$ -humulene	0.0 ± 0.1	0.1 ± 0.2	0.3	0.1	1.7
$\gamma$ -muurolene	0.0 ± 0.1	0.1 ± 0.1	0.2	0.1	3
germacrene D	1.4 ± 1.6	1.3 ± 1.9	3.8	1.5	9.8
$\delta$ -cadinene	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.2	0.4	0.2	4.1

**טבלה 2:** הרכב הנדיפים שמקורם בעלווה המצויים באווירת מרחב השיח (ממוצע ± סטיית תקן), בארבע הקבוצות שהוגדרו לפי ניתוח ה-UPGMA. מכיוון ששיח 1 הינו בעל השתייכות גבולית לקבוצה א', הרכבו מוצג בנפרד. בטבלה מוצגים הרכיבים המהווים לפחות 1% מסך התנדיף, לפחות באחד מ-25 השיחים. **Table 2:** The composition of evaporated volatiles (mean ± SD) in the airspace surrounding the shrubs, for the four clusters defined by the UPGMA analysis. As shrub 1 is a borderline member of cluster A, its composition is presented separately. The compounds presented constituted at least 1% of the total weight of volatiles, in at least one of the 25 shrubs.

terpinolene. בעוד שבקבוצה ב' מונו-טרפנים אלו מהווים בממוצע 28% מסך הנדיפים, בקבוצה א' הם מהווים רק 12%.

**קבוצה ג':** כוללת רק את שיח 53 שהוא בעל הרכב ייחודי וחרגי משאר השיחים באוכלוסייה. הרכיב הראשי בשיח זה הוא המונו-טרפן  $\beta$ -myrcene, שמהווה 62% מסך הנדיפים. הרכיבים המשניים הם limonene (15%) ו- $\alpha$ -pinene (10%).

**קבוצה ד':** כוללת רק את שיח 21, שגם הוא ייחודי וחרגי בהרכבו. הרכיב הראשי בשיח זה הוא המונו-טרפן  $\beta$ -ocimene, שמהווה 46% מסך הנדיפים. הרכיבים המשניים הם limonene (12%) ו- $\alpha$ -pinene (11%).

הרכבי הנדיפים שמקורם בעלווה המצויים באווירת מרחב השיח מוצגים בטבלה 2. היסטוגרמה המציגה את התפלגות משקלם היחסי של הרכיבים המרכזיים בתנדיף לפי ארבעת הקבוצות מובאת באיור 2. תפרוסת השיחים בחלקה מסומנת לפי ארבעת הטיפוסים הכימיים ומוצגת באיור 3.

**קבוצה א':** בכל 13 השיחים בקבוצה הרכיב הראשי בתנדיף הוא המונו-טרפן limonene שמהווה  $52 \pm 4.4\%$  מסך הנדיפים. הרכיב השני בחשיבותו הוא המונו-טרפן  $\alpha$ -pinene, שמהווה  $20 \pm 3.5\%$  מסך הנדיפים. חריג יחיד הוא שיח מספר 1, שבו ה-limonene הוא הרכיב הראשי אך הרכיב המשני הוא הססקווי-טרפן  $\beta$ -caryophyllene. עובדת היותו של שיח 1 בעל הרכב חריג משתקפת היטב גם בסיווג ה-UPGMA (איור 1ב). שיח זה מהווה מקרה גבולי וניתן לראותו כפרט חריג בקבוצה או כטיפוס בפני עצמו.

**קבוצה ב':** בכל 10 השיחים של הקבוצה הרכיב הראשי הוא  $\alpha$ -pinene, שמהווה  $33 \pm 6.6\%$  מסך הנדיפים. בקבוצה זו הרכיבים המשניים הם limonene ( $16 \pm 4.3\%$ ) ו- $\beta$ -phellandrene ( $15 \pm 2.8\%$ ). בנוסף לכך, ישנה עלייה משמעותית (פי 2.7) בתכולה היחסית של כל שבעת המונו-טרפנים הבאים לעומת משקלם היחסי בשיחי קבוצה א':  $\beta$ -pinene, sabinene,  $\gamma$ -terpinene, o-cymene,  $\alpha$ -terpinene,  $\alpha$ -phellandrene.

הנדיפים המצויים בעלים, ואילו בשיטת ה-SPME נמדדו הרכבי הנדיפים שמקורם בעלווה המצויים באווירת מרחב השיח. נתוני המיצוי מתאימים יותר לבחינה של קרבה גנטית. לעומת זאת, את נתוני התנדיף ראוי לבחון ביחס לתפקודו כאמצעי תקשורת ממרחק עם אורגניזמים אחרים החולקים עם הצמח את בית הגידול.

תוצאות בדיקת המיצוי מצביעות על כך, שהרכב החומרים הנדיפים באוכלוסיית אלת המסטיק בחלקת כבארה נשלט על ידי מונו-טרפנים וססקווי-טרפנים, ממצא התואם לדיווחים מארצות אחרות (Castola et al., 2000). חידוד המבט מרמת הקבוצות הכימיות אל רמת הרכיבים מלמד כי בכל השיחים שבחלקה ישנם שני רכיבים נדיפים בולטים. אחד מן הרכיבים – germacrene D – משותף לכל השיחים (למעט שיח 1), ואילו הרכיב השני משתנה.

בבדיקת המיצוי של שיח 21 חלה תקלה. בבדיקת ה-SPME המקבילה שבוצעה לשיח זה מצאה כי הרכיב הבולט ביותר המתנדף ממנו הוא המונו-טרפן  $\beta$ -ocimene (46% מסך הנדיפים). ואכן, ניכר היה כי  $\beta$ -ocimene בולט מאוד בריח של שיח 21 (השוואה איכותית לסטנדרט  $\beta$ -ocimene של חברת Sigma). משיקולי נדיפות ניתן להסיק, כי  $\beta$ -ocimene הינו ככל הנראה אחד הרכיבים הנדיפים הבולטים בעלים של שיח זה.

### כימוטיפים באוכלוסייה המקומית

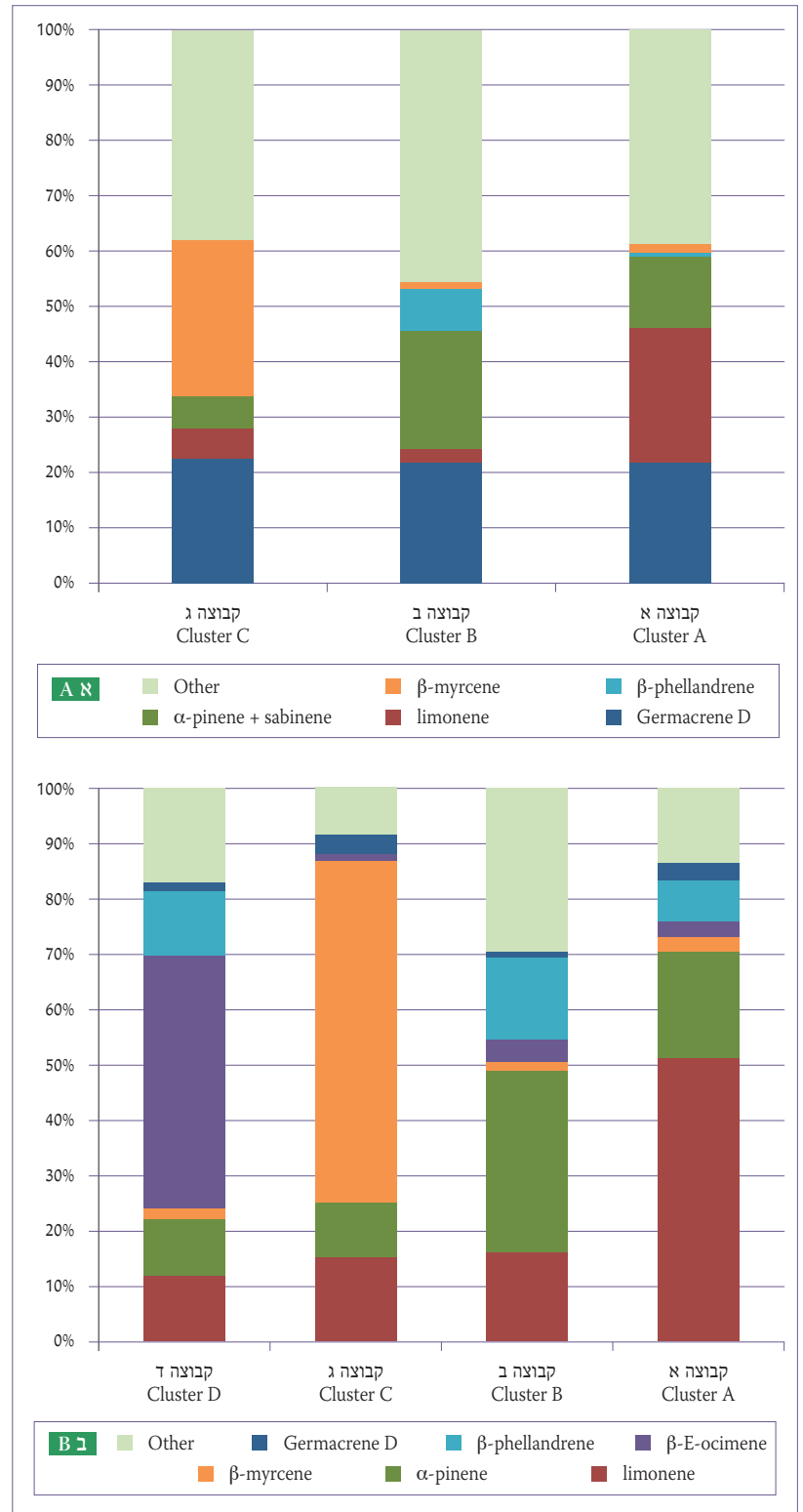
על אף הדמיון המסוים בהרכב הנדיפים בין הפרטים באוכלוסייה, השיחים נחלקים בצורה ברורה לארבעה כימוטיפים שונים, המאופיינים בעיקר על ידי הרכיב המרכזי הנוסף ל-germacrene D, ומדובר באחד מארבעת המונו-טרפנים הבאים:  $\beta$ -myrcene,  $\alpha$ -pinene, limonene,  $\beta$ -ocimene-1.

**איור 2:** (א) הרכב הנדיפים המצויים בעלווה לפי שלושת קבוצות השיחים שהוגדרו בניתוח ה-UPGMA. בגרף מוצג משקלם היחסי הממוצע של הרכיבים המרכזיים. שיח 21 (המהווה לבדו את קבוצה ד' בניתוח התנדיף) הוצא מהניתוח בגלל תקלה במדידה. (ב) הרכב הנדיפים שמקורם בעלווה המצויים באווירת מרחב השיחים, לפי ארבעת הקבוצות שהוגדרו בניתוח ה-UPGMA. בגרף מוצג משקלם היחסי הממוצע של הרכיבים המרכזיים בתנדיף.

**Fig. 2:** (A) Volatiles composition in the leaves, presented according to the three shrub clusters defined in the UPGMA analysis. The graph presents the average proportions of the main compounds. Shrub 21 (The only member of cluster D in the evaporated-volatiles analysis) was excluded from analysis due to instrument failure. (B) The composition of volatiles evaporated from the leaves into the airspace surrounding the shrub, presented according to the four clusters defined in the UPGMA analysis. The graphs present the average proportions of the main compounds in the evaporated volatiles.

### דיון

כימות של פרופיל הרכיבים הנדיפים באוכלוסייה מקומית של אלת המסטיק (חלקת כבארה) נערך על בסיס שתי שיטות שונות: בשיטת המיצוי נמדדו ההרכב והריכוז של הרכיבים



הם מובחנים בבירור האחד מהשני ומוגדרים היטב. הערכים המובאים בדנדרוגרם (איור 1) ובדיוק רב יותר בהיסטוגרמת מטריצת המרחקים (איור 4) מלמדים, כי המרחק הממוצע בין



**איור 3:** תפרוסת בשטח של 25 השיחים שנבחרו למדגם בחלקת כבארה. השיחים מסווגים לארבעת הכימוטיפים לפי הרכב התנדיף. בצהוב: 13 השיחים מטיפוס ה-limonene (קבוצה א' בניתוח ה-UPGMA). בירוק: 10 השיחים מטיפוס ה- $\alpha$ -pinene (קבוצה ב'), באדום: השיח הבודד מטיפוס  $\beta$ -myrcene (קבוצה ג') ובכחול: השיח הבודד מטיפוס  $\beta$ -ocimene (קבוצה ד'). זוהי גם חלוקת השיחים לכימוטיפים בהתאם להרכב הנדיפים בעלים (מלבד שיח 21 שבו הייתה תקלה במדידה).

**Fig. 3:** Fine-scale spatial locations of the 25 shrubs chosen for the sample taken from Kabara plot. The shrubs were classified into four chemotypes according to the evaporated-volatiles composition in the airspace surrounding the shrub. Yellow: the 13 shrubs of type limonene (cluster A in the UPGMA analysis); Green: the 10 shrubs of type  $\alpha$ -pinene (cluster B); Red: the single shrub of type  $\beta$ -myrcene (cluster C); Blue: the single shrub of type  $\beta$ -ocimene (cluster D). The same classification is valid also for the chemotypes defined according to volatiles compositions in the leaves (excluding shrub 21 that was not examined).

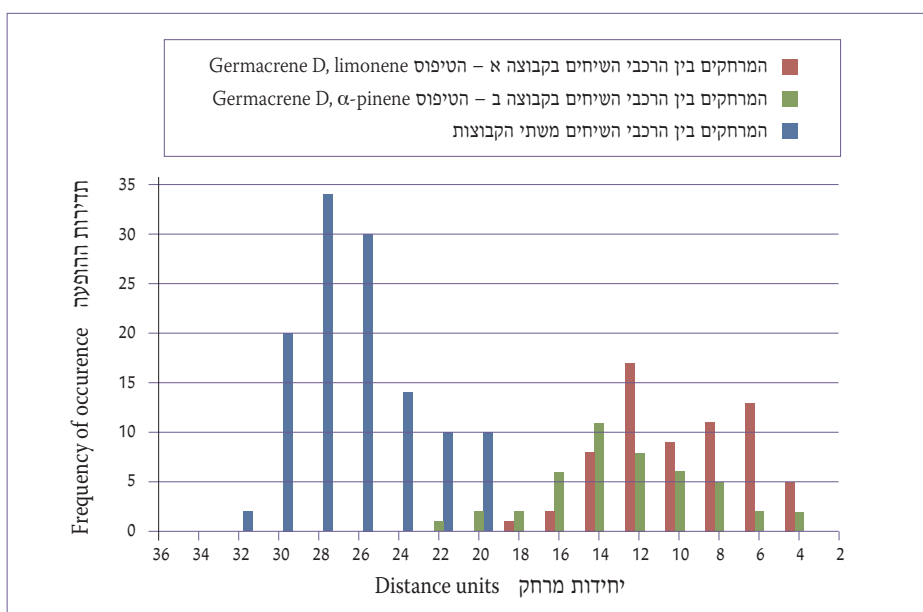
**איור 4:** היסטוגרמת המרחקים האוקלידיים שבין הרכבי הנדיפים המצויים בעלווה עבור 22 השיחים השייכים לקבוצות א' (מלבד שיח 1) ו-ב', כפי שאלו הוגדרו בניתוח ה-UPGMA. אלו הם שני הטיפוסים הכימיים העיקריים בחלקת כבארה. בגרף מופיעות תדירויות המרחקים שבין כל זוגות השיחים האפשריים בתוך הקבוצות ובין הקבוצות.

**Fig. 4:** Histogram of the euclidian distances between the volatiles compositions in the leaves of the 22 shrubs belongs to clusters A (excluding shrub 1) and B, as were defined in the UPGMA analysis. These two are the prominent chemotypes in Kabara plot. The graph presents the frequencies of distances between all possible shrub pairs within (red for cluster A and green for cluster B) and between (blue) the two clusters.

88% משיחי אלת המסטיק בחלקת כבארה משתייכים לאחד משני הכימוטיפים: [Germacrene D, limonene] ו-[Germacrene D,  $\alpha$ -pinene] (קבוצות א' ו-ב' באיור 2, בהתאמה). יש לציין, כי שיחי הטיפוס האחרון מתאפיינים גם בערכי limonene נמוכים מאוד. בחלקה ישנם שני טיפוסים כימיים נוספים בעלי נציג בודד: שיח אחד (שיח 53 המהווה את קבוצה ג' באיורים 1 ו-2), שבו הרכיב הבולט הוא  $\beta$ -myrcene ושיח נוסף (שיח 21 המהווה את קבוצה ד' באיורים 1 ו-2), שבו אחד הרכיבים המרכזיים הוא  $\beta$ -ocimene. נציין כי בקבוצה א' (הטיפוס [Germacrene D, limonene]) קיים שיח חריג (שיח 1), המתייחד במשקל גבוה במיוחד של ססקוויו-טרפנים, ובפרט בערכי  $\beta$ -caryophyllene גבוהים במיוחד. שיח זה מהווה מקרה גבולי ולמעשה ניתן לראותו כפרט חריג בקבוצה א' או כטיפוס בפני עצמו.

ההבדלים בהרכב הנדיפים בין השיח הבודד מטיפוס [Germacrene D,  $\beta$ -myrcene] (שיח 53) לבין שלושת הטיפוסים הכימיים הנוספים שבחלקה הם גדולים וחד-משמעיים. ביטוי כמותי לכך הוא המרחק בין ההרכבים, כפי שמתבטא בדנדרוגרם (איור 1) ובמטריצת המרחקים (נבון, 2014). ניתוחים אלו מלמדים כי כימוטיפ זה הוא הטיפוס החריג ביותר מבין שיחי החלקה. בהקשר זה ראוי לציין, כי בעבודתנו באתרים אחרים נתקלנו במספר שיחים נוספים בהם שולט  $\beta$ -myrcene, וכי לשיחים מטיפוס זה ריח אופייני ובולט אשר ניתן בדרך כלל לזהותו בנקל.

בעוד שהשוני בין הטיפוס הנ"ל לבין שאר השיחים בחלקה הוא חד וברור, ההבדלים בין שני הטיפוסים הכימיים העיקריים: 12 שיחי קבוצת [Germacrene D, Limonene] ו-10 שיחי קבוצת [Germacrene D,  $\alpha$ -pinene] הם מתונים יותר. ההבדלים בין שני טיפוסים אלו אמנם אינם קיצוניים, אך





תיכוני. ניתן להעריך כי פוטנציאל דומה לשונות כימית משמעותית קיים גם במינים מעוצים נוספים בחורש. משמעות ממצאים אלו על התנהגות שיחור המזון של הרביבורים תיבחן בניסוי נפרד.

הממצאים מעבודה זו שבים ומזכירים, כי בביצוע תצפיות על צמחי הבר תיתכן לעתים תועלת רבה בחידוד המבט אל תוך רמת המין, עד כדי התייחסות לפרטים עצמם. שיח או עץ בשטח לא יהיה בהכרח דומה לגמרי לשכניו הקרובים וראוי להיות ערניים לכך. גישה זו יכולה להיות מועילה במגוון יישומים ותחומי עניין, ובניהם: חיפוש רכיבים לרפואה בצמחים, איתור גנוטיפים מצטיינים לריבוי, ליקוט צמחי בר למאכל, רפואה מסורתית מצמחי בר, ומחקר על התנהגות שיחור המזון של בעלי החיים אוכלי הצמחים.

## תודות

ברצוננו להודות לפארק הטבע רמת הנדיב על הסיוע במימון הבדיקות הכימיות.

## מקורות

- נבון, ש. (2014). מבט מקרוב על התנהגות הרעייה של עזים בחורש ים-תיכוני. עבודת גמר לתואר מוסמך, האוניברסיטה העברית, רחובות, ישראל.
- פרבולוצקי, א., פולק, ג. ולחמן, א. (1992). החורש הים-תיכוני בעולם. יד הנדיב, החברה להגנת הטבע.
- שביב, ע. (1978). אוטאקולוגיה של אלת המסטיק (*Pistacia lentiscus* L.). עבודת דוקטורט, טכניון, חיפה, ישראל.
- שמדיע, א. ודרום, ד. (1992). מדריך העצים והשיחים בישראל. הוצאת כתר.
- Avrani, S., Ben-Shlomo, R. & Inbar, M. (2012). Genetic structure of a galling aphid *Slavum wertheimae* and its host tree *Pistacia atlantica* across an Irano-Turanian distribution: from fragmentation to speciation? *Tree Genetics & Genomes*, 8: 811–820.
- Barazani, O., Dudai, N. & Golan-Goldhirsh, A. (2003). Comparison of Mediterranean *Pistacia lentiscus* genotypes by random amplified polymorphic DNA, chemical, and morphological analyses. *Journal of Chemical Ecology*, 29: 1939–1952.
- Barra, A., Coroneo, V., Dessi, S., Cabras, P. & Angioni, A. (2007). Characterization of the volatile constituents in the essential oil of *Pistacia lentiscus* L. from different origins and its antifungal and antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 7093–7098.
- Castola, V., Bighelli, A. & Casanova, J. (2000). Intraspecific chemical variability of the essential oil of *Pistacia lentiscus* L. from Corsica. *Biochemical Systematics and Ecology*, 28: 79–88.
- Castro-Diez, P., Montserrat-Marti, G. & Cornelissen, J.H.C. (2003). Trade-offs between phenology, relative growth

הרכבי הנדיפים של השיחים בתוך טיפוס [Germacrene D, Limonene] כמו גם בתוך טיפוס [Germacrene D,  $\alpha$ -pinene] קטנים בצורה מובהקת וחד-משמעית מהמרחק הממוצע בין ההרכבים בשיחים משני הטיפוסים. בנוסף לכך, נמצא כי משקלם היחסי של 78% מהמונו-טרפנים המצויים בעלווה ושל 71% מהמונו-טרפנים שבתנדיף שונה בצורה מובהקת בין שני הטיפוסים, זאת בעוד שמבין הססקווי-טרפנים לא נמצא אף לא רכיב אחד בו קיים הבדל בין הטיפוסים. בדיקות אלו ואחרות (נבון, 2014) מאפשרות להסיק בביטחון, כי שני הטיפוסים הכימיים העיקריים שנמצאו בחלקה הם כימוטיפים שונים ומובחנים היטב. מכלול הממצאים מלמד, כי בחלקת כבארה – חלקה מקומית ששטחה 9.2 דונם – קיימים ארבעה כימוטיפים שונים של אלת המסטיק, שביניהם קיימים בו-זמנית הן דמיון (פרקציית הססקווי-טרפנים), אך גם שוני משמעותי (פרקציית המונו-טרפנים).

ניתוח השונות הכימית ביחס להרכב הנדיפים באוכלוסייה המקומית ראוי היה להידון תחילה לגבי תכולת הרכיבים הנדיפים בעלים, משום שזו גם מהווה את הבסיס לתנדיף המצוי באווירת מרחב השיח. בדיקה מקבילה שבוצעה על הרכב הנדיפים באווירת השיחים מצאה, כי השיחים נחלקים בדיוק לאותן הקבוצות (למעט שיח 21 שלא נבדק), אך עצמת ההבדלים בין הקבוצות הייתה הפעם גבוהה בצורה משמעותית (איורים 1ב ו-2ב). הסיבה לכך היא נדיפותם הגבוהה יותר של המונו-טרפנים ביחס לססקווי-טרפנים. כתוצאה מכך, הרכיב המרכזי המשותף לכלל השיחים – הססקווי-טרפן germacrene D – הופך להיות בתנדיף לגורם שולי, ואילו ההבדלים הקיימים ממילא בין השיחים ביחס להרכב המונו-טרפנים שבעלווה, מתעצמים אף עוד יותר בתנדיף. השלכה מעניינת של תוצאות אלו היא, כי ייתכן שההבדלים בריח של הכימוטיפים הנ"ל יהיו חדים יותר מההבדלים בטעם ביניהם.

הממצא כי בשטח כה מצומצם קיימים ארבעה כימוטיפים שונים ומוגדרים היטב (וזאת להבדיל ממשרעת רציפה של שונות כימית, אשר הייתה צפויה להימצא במידה והגורמים לשונות באוכלוסייה היו רק משתני סביבה) מהווה תוצאה בעלת עניין אשר לה השלכות אפשריות על הדינמיקה הפנימית בבית הגידול המצומצם בחורש. בבחינת הפיזור-המרחבי של שני הכימוטיפים העיקריים בשטח (איור 3) מתקבל הרושם, כי הם אינם מפוזרים באקראי בשטח החלקה אלא מופיעים בצורה מקובצת יחסית. ייתכן שהדבר מעיד על חדירת זרעים לבית הגידול במקבצי הזרעות שמקורם באתרים שונים ובתקופות שונות, אך נכון לשלב זה אין בידינו האפשרות לאשש או להפריך טענה זו.

בעבודה זו הודגם לראשונה קיומם של כימוטיפים באוכלוסייה מקומית של מין בולט מבין שיחי החורש הים-

- rate, life form and seed mass among 22 Mediterranean woody species. *Plant Ecology*, 166: 117–129.
- Copolovici, L.O., Filella, I., Llusà, J., Niinemets, Ü. & Peñuelas, J. (2005). The capacity for thermal protection of photosynthetic electron transport varies for different monoterpenes in *Quercus ilex*. *Plant Physiology*, 139: 485–496.
- Decandia, M., Sitzia, M., Cabiddu, A., Kababya, D. & Molle, G. (2000). The use of polyethylene glycol to reduce the anti-nutritional effects of tannins in goats fed woody species. *Small Ruminant Research*, 38: 157–164.
- Glasser, T.A., Landau, S.Y., Ungar, E.D., Perevolotsky, A., Dvash, L., Muklada, H. & Walker, J.W. (2012). Foraging selectivity of three goat breeds in a Mediterranean shrubland. *Small Ruminant Research*, 102: 7–12.
- Gomez-Aparicio, L., Valladares, F. & Zamora, R. (2006). Differential light responses of Mediterranean tree saplings: linking ecophysiology with regeneration niche in four co-occurring species. *Tree Physiology*, 26: 947–958.
- Heil, M. & Karban, R. (2010). Explaining evolution of plant communication by airborne signals. *Trends in Ecology & Evolution*, 25: 137–144.
- Kappers, I.F., Aharoni, A., Van Herpen, T.W., Luckerhoff, L.L., Dicke, M. & Bouwmeester, H.J. (2005). Genetic engineering of terpenoid metabolism attracts bodyguards to *Arabidopsis*. *Science*, 309: 2070–2072.
- Knudsen, J.T., Eriksson, R., Gershenzon, J. & Ståhl, B. (2006). Diversity and distribution of floral scent. *The Botanical Review*, 72: 1–120.
- Korol, L., Shklar, G. & Schiller, G. (2004). Tabor oak in Israel, genetic diversity within and between populations. *Forest Genetics*, 11: 317–323.
- Landau, S., Dvash, L., Decandia, M., Cabiddu, A., Shapiro, F., Molle, G. & Silanikove, N. (2004). Determination of poly (ethylene glycol)-binding to browse foliage, as an assay of tannin, by near-infrared reflectance spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 638–642.
- Landau, S., Muklada, H., Markovics, A. & Azaizeh, H. (2014). Traditional Uses of *Pistacia lentiscus* in Veterinary and Human Medicine. *Medicinal and Aromatic Plants of the Middle-East*, 163–180. Springer Netherlands.
- Lee, S., Badiéyan, S., Bevan, D.R., Herde, M., Gatz, C. & Tholl, D. (2010). Herbivore-induced and floral homoterpene volatiles are biosynthesized by a single P450 enzyme (CYP82G1) in *Arabidopsis*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107: 21205–21210.
- Nahum, S., Inbar, M., Ne'eman, G. & Ben-Shlomo, R. (2008). Phenotypic plasticity and gene diversity in *Pistacia lentiscus* L. along environmental gradients in Israel. *Tree Genetics & Genomes*, 4: 777–785.
- Naveh, Z. & Whittaker, R.H. (1980). Structural and floristic diversity of shrublands and woodlands in northern Israel and other Mediterranean areas. *Vegetatio*, 41: 171–190.
- Ne'eman, G. (1993). Variation in leaf phenology and habit in *Quercus ithaburensis*, a Mediterranean deciduous tree. *Journal of Ecology*, 81: 627–634.
- Ogaya, R. & Peñuelas, J. (2003). Comparative field study of *Quercus ilex* and *Phillyrea latifolia*: photosynthetic response to experimental drought conditions. *Environmental and Experimental Botany*, 50: 137–148.
- Perevolotsky, A., Landau, S., Kababia, D. & Ungar, E.D. (1998). Diet selection in dairy goats grazing woody Mediterranean rangeland. *Applied Animal Behaviour Science*, 57: 117–131.
- Said, S.A., Fernandez, C., Greff, S., Torre, E., Derridj, A., Gauquelin, T. & Mevy, J.P. (2011). Inter-population variability of terpenoid composition in leaves of *Pistacia lentiscus* L. from Algeria: A chemoeological approach. *Molecules*, 16: 2646–2657.
- Schiller, G. & Grunwald, C. (1987). Resin monoterpenes in range-wide provenance trials of *Pinus halepensis* Mill. in Israel. *Silvae Genetica*, 36: 109–114.
- Schiller, G., Herr, N., Shklar, G. & Korol, L. (2005). Diversity assessment of leaf phenology variation in *Quercus ithaburensis* Decne by RAPD. *Israel Journal of Plant Sciences*, 53: 75–78.
- Zrira, S., Elamrani, A. & Benjlali, B. (2003). Chemical composition of the essential oil of *Pistacia lentiscus* L. from Morocco—a seasonal variation. *Flavour and Fragrance Journal*, 18: 475–480.