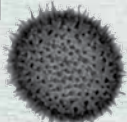
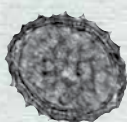


דפנה לנגוט

# תרומת חקר גרגרי אבקת פרחים (פולן) למחקר הארכאולוגי

הדגמה של שחזור הגן המלכותי הפרסי  
ברמת-רחל



# תרומת חקר גרגרי אבקת פרחים (פולן) למחקר הארכאולוגי הדגמה של שחזור הגן המלכותי הפרסי ברמת-רחל

## מבוא

### מהם גרגרי אבקת פרחים?

גרגרי אבקת פרחים (פולן, pollen<sup>1</sup>) הם חומר אורגני צמחי, והם בעלי יכולת השתמרות גבוהה מאוד: הגרגרים עשויים להשתמר כמאובנים במשך מאות ואף אלפי שנים, ועל כן הם יכולים לסייע בפתרון תעלומות ארכאולוגיות. המדע העוסק בחקר גרגרי האבקה של פרחים ונבגים<sup>2</sup> קרוי פְּלִינולוֹגְיָה.

בשער המאמר:  
גרגרי אבקה  
מאובנים של צמחים  
ושחזור הצמחייה  
בגן המלכותי  
ברמת-רחל  
(הכינו: נירית קדם)

גרגרי האבקה של הצמח נוצרים באבקנים, איברי המין הזכריים של הפרחים, ונושאים את תאי המין הזכריים. הם מועברים באמצעות רוח, בעלי חיים (בעיקר חרקים) או מים אל העלי, איבר המין הנקבי של הפרח,<sup>3</sup> וכך מתרחשת ההפריה. לכל צמח צורת גרגר אבקה האופיינית לו, ועל כן משמשים הגרגרים מעין תעודת זהות של הצמחים (איור 1).<sup>4</sup> זיהויו של גרגר האבקה נעשה בעיקר באמצעות מיקרוסקופ אור ובהשוואה לאוסף גרגרי אבקה של ימינו ולמגדירי פולן ונבגים. הגרגרים הם זעירים, וגודלם ממיקרוניס (אלפית המילימטר) אחדים עד כמה עשרות מיקרוניס.

לגרגרי האבקה המופצים באמצעות הרוח תפוצה רחבה מזו של אלו המופצים על ידי חרקים. הגרגרים מואבקי הרוח מגיעים ביתר קלות למרחקים ניכרים, ונוסף על כך כדי להעלות את סיכויי ההאבקה הצמחים מואבקי הרוח מייצרים מלכתחילה גרגרי אבקה בכמויות גדולות יותר מאלו שמייצרים הצמחים המואבקים על ידי חרקים.

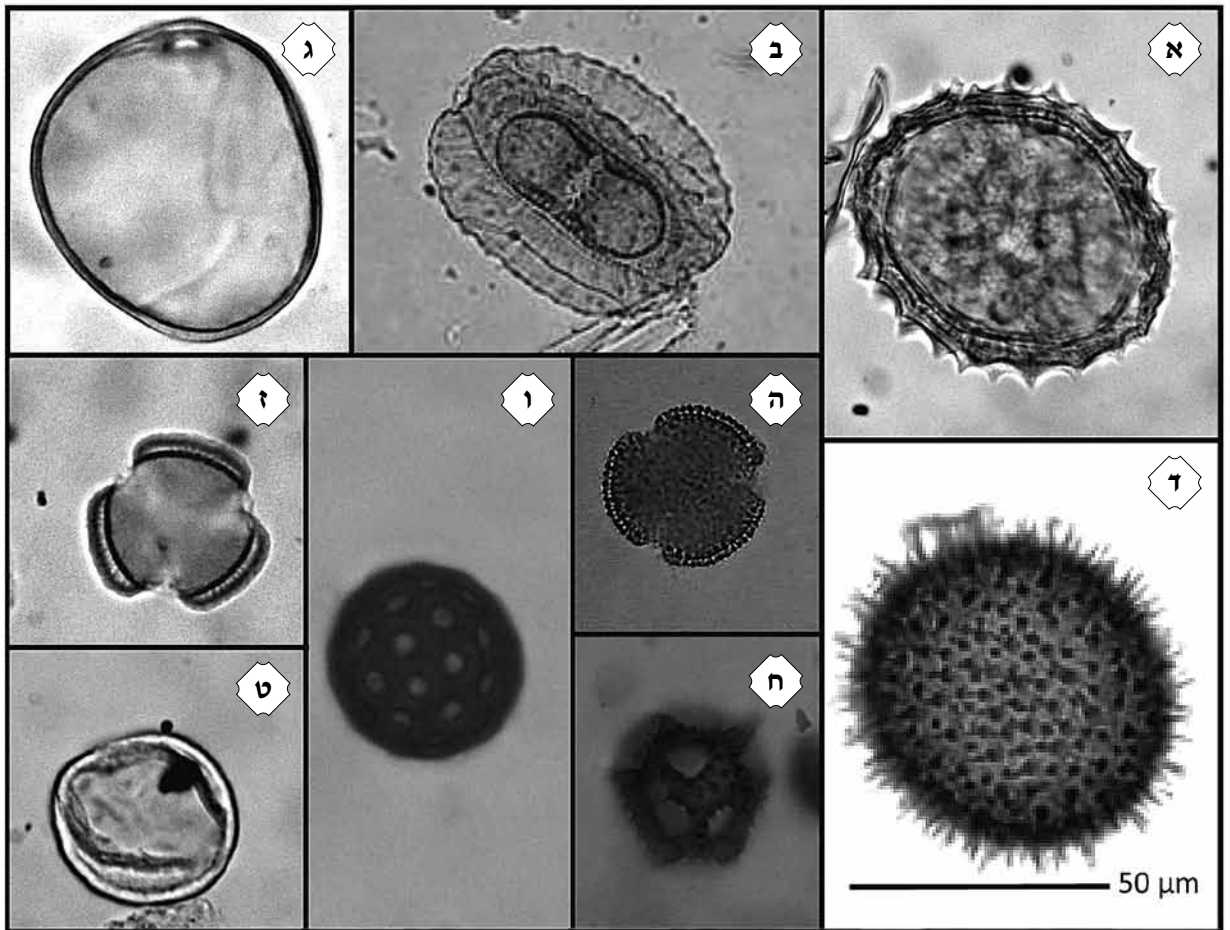
תנאי שימור טובים במיוחד לגרגרי אבקה שוררים במקומות שתהליכי החמצון בהם אטיים מאוד או נעדרים, כגון במשקעים (סדימנטים) שמצטברים בקרקעית ימים, אגמים וביצות וכן בסביבה מדברית. לגרגר האבקה דופן המורכבת מן החומר האורגני העמיד ביותר בטבע (ספורופולין), ולכן עשויים הגרגרים להשתמר כמאובנים. ראוי להדגיש כי תוכו הפלזמטי של גרגר האבקה מתחמצן ונעלם בתוך שנים מעטות גם בתנאי השתמרות טובים, ורק דופן התא, העשויה כאמור מחומר עמיד במיוחד, משתמרת.

1 מקור המילה pollen בלטינית, ופירושה אבק עדין (fine dust).

2 נבגים הם גופי רבייה חד-תאיים של פטריות ואצות.

3 או לאיבר דומה בעצי מחט.

4 הזיהוי של גרגרי האבקה מתבצע עד הרמה השיטתית המרבית: משפחה, סוג או טיפוס פלינולוגי, ובמקרים נפוצים פחות עד רמת המין.



איור 1: גרגרי אבקה מאובנים של צמחים שונים שזוהו בדגימות מאתר רמת-רחל, ושולמו באמצעות מיקרוסקופ אור. הזיהוי נעשה עד לרמה השיטתית המרבית: משפחה, סוג, טיפוס פלינולוגי או מין.

- א קורטם, *Carthamus* (משפחת מורכבים)
- ב קיפודן, *Echinops* (משפחת מורכבים)
- ג דגניים, *Poaceae*
- ד חלמית, *Malva* (משפחת חלמיתיים)
- ה זית, *Olea europaea* (משפחת זיתיים)
- ו סלקיים, *Chenopodiaceae*
- ז לענה, *Artemisia* (משפחת מורכבים)
- ח מורכבים מטיפוס לשוניים, *Asteraceae Cichorioideae* type
- ט אלון מצוי, *Quercus calliprinos* (משפחת אלוניים)

## פולן וארכאולוגיה

זיהויים של גרגרי אבקה מאובנים עשוי להאיר שתי סוגיות עיקריות בתחום הארכאולוגיה:  
 א. חקר הסובב הקדום – מחקרים אלה מבוססים לרוב על חומר המופק בקידוחים בסביבת מים (ימים, אגמים, ביצות).<sup>5</sup> מכל שכבה בקידוח נלקחת דגימה של משקע,<sup>6</sup> ובתהליך כימי-פיזיקלי במעבדה מופרדים גרגרי האבקה המאובנים משאר מרכיבי המשקע. הגרגרים מזוהים במיקרוסקופ; מכל דגימה מזוהים ונספרים לפחות 500 גרגרים לצורכי מהימנות סטטיסטית. תוצאות ספירת גרגרי האבקה מוצגות באחוזים בדיאגרמה פלינולוגית. דיאגרמה זו משקפת את השתנות מרכיבי הצומח באופן יחסי לאורך התקופות השונות. באזורנו אחוזים גבוהים של עצים ושל שאר מרכיבי החורש והיער הים תיכוניים מעידים על לחות גבוהה הזמינה לצמחים, כלומר על תקופה שכמויות המשקעים בה היו גדולות יחסית. לעומת זאת אחוזים גבוהים של שיחים נמוכים ועשבים מעידים על התייבשות, כלומר על ירידה בכמות הגשמים. נוסף על כך יש צמחים שהם סמן לדרישות בית הגידול, למשל טמפרטורה מסוימת, סוג קרקע וכיוצא באלה. מספר פלינולוגים שחזרו בעשורים האחרונים את תנאי הסובב במרחב הישראלי הן בתקופות היסטוריות והן בתקופות פרהיסטוריות, והם מהווים את תשתית המחקר הפלאוסביבתי באזורנו.<sup>7</sup> בניתוח הממצאים יש להתחשב גם בהשפעת האדם על הצמחייה.

5 רוב גרגרי האבקה עשויים להינשא על ידי הרוח למרחק 50-100 ק"מ, ולכן בקידוחים יבשתיים משקפים מאספי גרגרי האבקה שחזור של צמחייה ואקלים במרחב גאוגרפי של כמה עשרות קילומטרים. ראו למשל: V.M. Bryant. 'Pollen: Nature's Fingerprints of Plants', *Yearbook of Science and the Future*, Chicago 1989, pp. 92-111. לעומת זאת מאספי פולן של קידוחים ימיים מייצגים לרוב רדיוס גאוגרפי נרחב הרבה יותר: נוסף על הסעה על ידי הרוחות יש גם הסעת סחף על ידי נחלים ונהרות. כך למשל מוצאים בקרקעית האגן המזרחי של הים התיכון לא רק גרגרי אבקה שמקורם בצמחיית האזור אלא גם גרגרים שמוצאם במזרח אפריקה, בחגורת הצומח הטרופי, ושנישאו על ידי הנילוס אלפי קילומטרים. ראו למשל: D. Langgut et al., 'Vegetation and Climate Changes in the South Eastern Mediterranean during the Last Glacial-Interglacial Cycle: New Marine Pollen Core Evidence for the Last 86 ka', *Quaternary Science Reviews*, 30 (2011), pp. 3960-3972.

6 השכבות השונות בקידוחים מתוארכות באמצעים שונים כגון השיטות הרדיומטריות כדוגמת תיארוך פחמן 14.  
 7 המחקרים הפלינולוגיים מבוססים על דגימות שהוצאו בקידוחים בבקע ים המלח, בביצות החוף ומדרום האגן הלונטיני. ראו: M. Rossignol, 'Analyse pollinique de sédiments quaternaires dans la plaine de Haifa - Israël', *Israel Journal of Earth Sciences*, 12 (1963), pp. 207-214; idem, 'Sedimentation Palynologique dans la Domaine Marin Quaternaire de Palestine: Etude de paléo-Environnement', *Notes et memoires sur le Moyen-Orient*, X, Paris 1969, pp. 1-160; M. Weinstein, 'The Late Quaternary Vegetation and Climate of Northern Golan', *Pollen et Spores*, 18 (1976), pp. 553-562; A. Horowitz, *The Quaternary of Israel*, New York 1979; idem, *Palynology of Arid Lands*, Amsterdam 1992; M. Weinstein-Evron, 'The Paleocology of the Early Würm in the Hula Basin, Israel', *Paléorient*, 9, 1 (1983), pp. 5-19; U. Baruch, 'The Late Holocene Vegetational History of Lake Kinneret (Sea of Galilee), Israel', *ibid.*, 12, 2 (1986), pp. 37-48; idem, 'Palynological Evidence of Human Impact on the Vegetation as Recorded in Late Holocene Sediments in Israel', S. Bottema, G. Entjes-Nieborg & W. Van Zeist (eds.), *Man's Role in the Shaping of the Eastern Mediterranean Landscape*, Rotterdam 1990, pp. 283-293; U. Baruch & S. Bottema, 'A New Pollen Diagram from Lake Hula', H. Kawanabe, G.W. Coulter & A.C. Roosevelt (eds.), *Ancient Lakes: Their Cultural and Biological Diversity*, Ghent 1999, pp. 75-86; R. Cheddadi & M. Rossignol-Strick, 'Eastern Mediterranean Quaternary Paleoclimates from Pollen and Isotope Records of Marine Cores in the Nile Cone Area', *Paleoceanography*, 10, 2 (1995), pp. 291-300; D. Kadosh et al., 'A Late Quaternary Paleoenvironmental Sequence from Dor, Carmel Coastal Plain, Israel', *Palynology*, 28 (2004), pp. 143-157; F. Neumann et al., 'Holocene Vegetation and Climate History of the Northern Golan Heights (Near East)', *Vegetation History and Archaeobotany*, 16 (2007), pp. 329-346; F. Neumann et al., 'Vegetation History

למשל ירידה באחוז גרגרי האבקה של החורש והיער הים תיכוניים יכולה לרמז גם על כריתת עצים על ידי האדם ולא רק על ירידה בכמות המשקעים. כדי להבין את חלקו של האדם בעיצוב הצומח משווים לרוב את מסקנות המחקר הפלינוולוגי לממצאי שחזור אקלים במתודות אחרות<sup>8</sup> ומנסים לבודד את חלקו של האדם בעיצוב הצומח. הדבר אמור בעיקר כאשר ל-5,000 השנים האחרונות ועד ימינו, אזי ניכרת השפעת האדם על הצמחייה והסובב הטבעי.

ב. ארכאובוטניקה – לקיחת דגימות גרגרי אבקה מאובנים משכבות, ממתקנים ומפריטים ארכאולוגיים.<sup>9</sup> באמצעות זיהוי גרגרי אבקה מאובנים באתר אפשר לענות על מגוון רחב של שאלות הנוגעות לאורחות חייהם של תושבי האזור הקדומים, כגון עונתיות האתר (באיזו עונה יושב), תזונה, תרבות צמחים, אסטרטגיות קיום (חקלאות, רעייה), מנהגי פולחן, קשרי מסחר, גנים עתיקים ועוד.<sup>10</sup> את הפולן המאובן באתר אפשר לדגום מרצפות, מפלים קרמיים תמימים (הכוונה לפולן שנצמד לרפנות הפנימיות של כלי החרס<sup>11</sup>), מטיח שטויה על מתקנים ומכנים ארכאולוגיים, ממשקעים בהקשר ברור (למשל דגימות קרקע מקבר), מגללי בעלי חיים (מייצגים את הפולן שעבר במערכת העיכול ולכן את התזונה הקדומה, או פולן שנדבק לגללים טריים מהסכיבה) וכיוצא באלה.<sup>12</sup> לאחרונה ערכתי בשיתוף פעולה עם פרופ' ישראל פינקלשטיין בדיקות ראשוניות של פולן שהשתמר בלבני בניו. הלבנים נלקחו מתל מגידו (תקופת הברונזה התיכונה) ומאתר הרועה שבנגב (תקופת הברזל א). המגוון הפלינוולוגי כלל גרגרי אבקה רבים של סביבת מים מתוקים. מכאן שהלבנים הוכנו ככל הנראה ליד מקורות מים ולאחר ייבושן הובאו לאתרים. כמו כן קיומם של גרגרי האבקה מלמד כי הלבנים לא נצרפו, כלומר השתמרות הפולן בלבנים מעידה גם על טכנולוגיית הייצור – על אי שרפתן של הלבנים בתנורים.

and Climate Fluctuations on a Transect along the Dead Sea West Shore and their Impact on Past Societies W. Van-Zeist, over the Last 3500 Years', *Journal of Arid Environments*, 74 (2010), pp. 756–764  
 U. Baruch & S. Bottema, 'Holocene Palaeoecology of the Hula Area, Northeastern Israel', E. Kaptijn & L.P. Petit (eds.), *A Timeless Vale: Archaeological and Related Essays on the Jordan Valley*, Leiden 2009, pp. 29–64;  
 W. Van-Zeist & S. Bottema, 'A Palynological Study of the Acheulian Site of Gesher Benot Ya'aqov, Israel', *Vegetation History and Archaeobotany*, 18 (2009), pp. 105–121; T. Litt et al., 'Holocene Climate Variability and the Late Bronze Collapse: New Evidence from the Southern Levant', *Tel-Aviv*, 40 (2013), pp. 147–175  
 8 כגון שחזור מפלסי אגמים ומדידת ערכי איזוטופים קדומים (בחומרים שונים בטבע, כדוגמת קרחונים, שלדי בעלי חיים ומשקעי מערות יש איזוטופים (למשל פחמן או חמצן) המקבעים את הרכבם הכימי הקדום של המים שמהם נבנו. ערכי האיזוטופים הנמדדים מספקים מידע על האקלים ששרר בעבר).

9 תחומי מחקר נוספים בארכאובוטניקה עוסקים בעיקר בזיהוי שרידי עצים, חומר מפוחם, זרעים ופיטוליטים (מינרלים היוצרים מבנים צורניים בתוך תאי הצמח).

10 סיכום חלקי של עבודות פלינוולוגיות באתרים ארכאולוגיים בארץ ראו: הורוביץ, הרביעון של ישראל (לעיל, הערה 7), עמ' 256–242; M. Weinstein-Evron, 'Biases in Archaeological Pollen Assemblages: Case Studies from Israel', *American Association of Stratigraphic Palynologists Contributions*, 29 (1994), pp. 193–205

11 כך למשל אפשר לזהות תכולת כלי חרס שהיה בהם מזון שהכיל גרגרי אבקה, כגון דבש, יין, שמן זית. למשל באחת מבדיקותי מצאתי כלי חרס נאטם ככל הנראה בחלקו הפנימי על ידי שרף של אורן.

12 בעת לקיחת דגימת פולן באתר ארכאולוגי יש למנוע את זיהומו של החומר בגרגרי אבקה בני זמננו הנישאים באוויר בעת האיסוף. כמו כן יש לקחת את דגימות הפולן מהקשר סטרטיגרפי ברור לחלוטין.

לאחרונה נתגלו ממצאי פולן ייחודיים השופכים אור חדש על חקר גנים מלכותיים קדומים באזורנו. בחפירות המחודשות באתר רמת-רחל שליד ירושלים<sup>13</sup> נחשף סביב המבנה הארכיטקטוני המפואר שבמרכז האתר, גן מלכותי קדום.<sup>14</sup> מובן שהחופרים היו סקרנים עד מאוד לדעת מה גדל בגן מלכותי ומושקע זה, שאין לו מקבילה בכל רחבי הלוונט בתקופות הקדם-קלסיות.<sup>15</sup> דגימות קרקע נלקחו לשם זיהוי ממצאים מקרו-בוטניים ומיקרו-בוטניים, אולם נמצא כי לא השתמרו בקרקע חומרים בוטניים, וחידת הצומח בגן נותרה ללא מענה. לפיכך ברור היה כי יש לנקוט טכניקות ארכאובוטניות שגרתיות פחות. הוחלט לנסות לזהות אם נלכדו בטיח של מבני הגן גרגרי אבקת צמחים. המבנים טויחו במהלך השנים בכמה שכבות טיח למטרות תחזוקה. הנחת העבודה הייתה שאם טויחה אחת השכבות בעונת האביב, בעת שהגן עמד בשיא פריחתו, אזי עשויים היו גרגרי אבקה שריחפו באוויר באותה העת להידבק לטיח הרטוב ולהיחתם בו.

## אתר רמת-רחל

### הארמון

בחפירותיו המקיפות באתר רמת-רחל בסוף שנות החמישים ובתחילת השישים של המאה העשרים גילה יוחנן אהרוני מבנה ארכיטקטוני מפואר ותיארכו לתקופת הברזל. אהרוני זיהה את המבנה ההדור כארמון של אחד ממלכי יהודה. בחפירות המחודשות שנעשו באתר בשנים האחרונות חשפו החופרים מסביב לארמון זה גן מיוחד.<sup>16</sup> חופרי האתר זיהו את המבנה המלכותי כמקום מושבם של שליטים אימפריאליים במהלך תקופת הברזל ב ועד שלהי התקופה הפרסית, קרי כשיהודה הייתה בהגמוניה של אשור, ככל ופרס. הן בחפירות אהרוני והן בחפירה המחודשת זוהו פריטים ארכיטקטוניים המעידים על חשיבות המקום ופארו:<sup>17</sup> באתר זוהתה חומת סוגרים באורך 35 מ' הבנויה בחלקה המרכזי מאבני גזית באיכות מעולה, ונמצאו כותרות אבן מעוטרות<sup>18</sup> ועמודונים מעוטרים של סורגי חלונות (איור 2). נוסף על כך נמצא מכלול מרשים של יותר מ-600 טביעות חותם שונות על ידיות של קנקני אגירה, שתוארכו למן תקופת הברזל ועד התקופה ההלניסטית, ואלה עשויים להעיד גם על חשיבותו המנהלית של האתר.<sup>19</sup>

13 החפירות התקיימו בשנים 2004-2011, בניהולם של פרופ' עורד ליפשיץ, פרופ' מנפרד אומינג וד"ר יובל גדות.

14 ע' ליפשיץ ואחרים, 'רמת רחל וצפונותיה', קדמוניות, 138 (תש"ע), עמ' 58-77.

15 בפרס נמצאו מספר גנים מלכותיים. בהקשר זה אזכיר את גנו של כורש הגדול בפסג'רה, שנמצאו בו תעלות אבן אשר נחצבו מאבן גיר והונחו כך שייצרו מתחם רבוע התחום במים. במתחם הגן זוהו אגני אבן. אין עדות ישירה לצמחייה שגדלה בגן זה. ראו: D. Stronach, 'The Royal Garden at Pasargadae: Evolution and Legacy', L.D. Meyr & E. Haerinck (eds.), *Archaeologia Iranica et Orientalis: Miscellanea in Honorem Louis Venden Berghes*, Gent 1989, pp. 475-502.

16 ליפשיץ ואחרים (לעיל, הערה 14).

17 'אהרוני, 'החפירות ברמת רחל', ידיעות החברה לחקירת ארץ ישראל ועתיקותיה. יט (תשט"ו), עמ' 147-174; ליפשיץ ואחרים (שם).

18 פרוטו-איליות, או פרוטו-יווניות כפי שכינה אותן אהרוני בפרסומיו הראשונים.

19 ליפשיץ ואחרים (לעיל, הערה 14).



כותרת אבן מעוטרת



סורג חלון



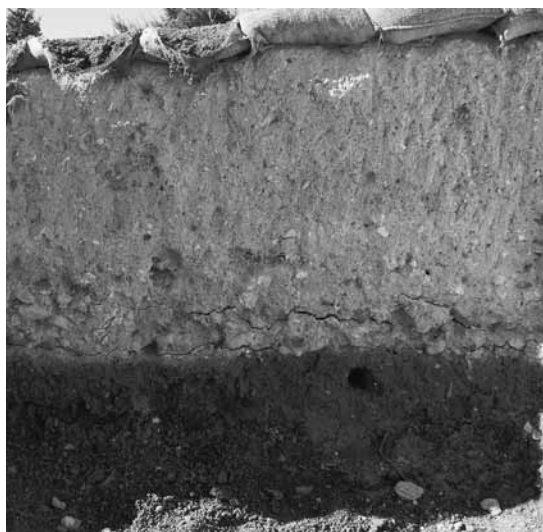
שינית

## הגן המלכותי

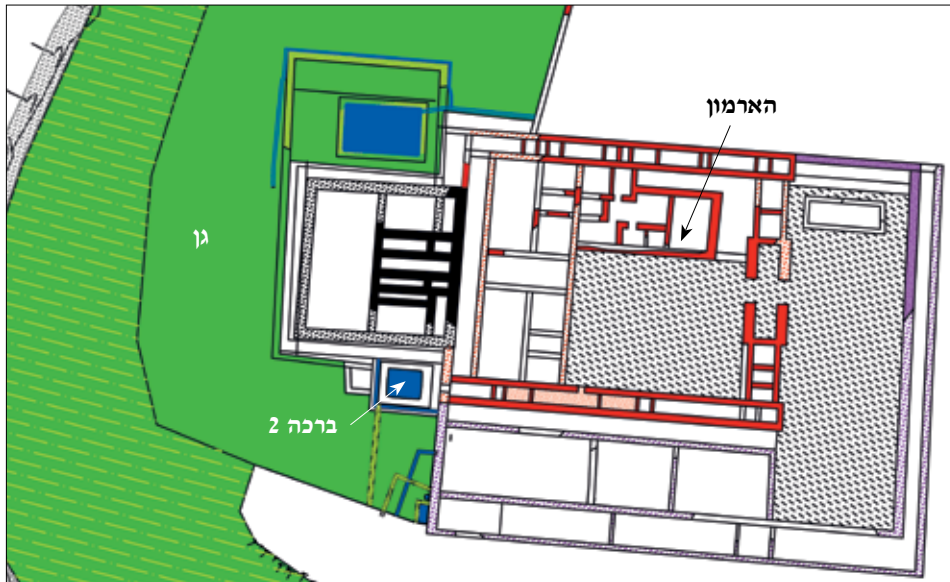
סלע הקרטון שסביב הארמון הוחלק ופולס, והונחה עליו אדמה שאיננה אדמת המקום, ושהובאה במכוון לאתר;<sup>20</sup> עובייה 50 ס"מ וגונה חום אדמדם (איור 3). החופרים מעריכים כי הגן השתרע על שטח של 5 דונמים לפחות (איור 4). בתוך השטח האחיד שנוצר הותקנו חלקות וערוגות, והן שולבו במערכת מים שכללה ברכות מים, תעלות מקורות ופתוחות ומרזבים מוקפדים בעיצובם (איור 5). מתקני הגן המגוונים טויחו בקפדנות ובאיכות נדירה ביחס לטיוח המוכר מממלכת יהודה בתקופת הברזל ומפחוות יהודה בתקופה הפרסית. בהסתמך על הממצא הארכאולוגי תיארכו החופרים את הגן למאה השביעית עד המאה הרביעית לפסה"נ. על פי תאריכים שהתקבלו בשיטת הלומיניסנציה<sup>21</sup> הגן יצא מכלל שימוש בשלהי המאה הרביעית לפסה"נ, במעבר מן התקופה הפרסית לתקופה ההלניסטית.<sup>22</sup>

איור 2: פריטים אדריכליים מתקופת הברזל ב שמשצאו בחפירות אהרוני, והמעידים על בניית פאר (עיבוד גרפי: עידו קוד)

איור 3: חתך באדמת הגן. מימין אפשר להבחין בסלע הקרטון אשר הוחלק ופולס, ושעליו הונחה אדמת הגן, שאיננה האדמה המקומית, ואשר הובאה במכוון ממרחב אחר. מן החור שבתמונה השמאלית נלקחה דגימה מאדמת הגן לתיארוך בשיטת הלומיניסנציה (צילום: פבל שרגו ונעמי פורת)



20 ליפשיץ ואחרים (לעיל, הערה 14).  
 21 הגילים נקבעו על ידי ד"ר נעמי פורת מן המכון הגאולוגי בירושלים. לומיניסנציה היא מדידה של שטף הפוטונים (פליטת האור) שהצטברו בגוף מסוים (כגון קרקע, סלע או כלי חרס) על ידי חשיפה לאור בעצמה חזקה. השיטה מודדת למעשה את מועד כיסויו של הגוף המתוארך, כלומר את מועד החשיפה האחרונה לאור.  
 22 להרחבה בנוגע לתיארוך הגן ראו: D. Langgut et al., 'Fossil Pollen Reveals the Secrets of Royal Persian Garden at Ramat Rahel (Jerusalem)', *Palynology*, 37, 1 (2013), pp. 115–129



איור 4 (משמאל):  
תכנית סכמטית  
של הארמון והגן  
שסביבו, אתר  
רמת-זרחל  
(הכין: בנימין ארובס)

איור 5 (למטה):  
מרזב דקורטיבי,  
מעוצב בקפידה,  
ברכה 2  
(צילום: פבל שרגו)

### שחזור צמחיית הגן

זיהוי הצמחים שגדלו בגן מבוסס על בידודם של גרגרי אבקה מאובנים מטיח שכיסה את ברכה 2 (איורים 4, 6א). הוחלט לדגום טיח דווקא מברכה זו משום שזהו המתקן שהשתמר בצורה הטובה ביותר מכל מתקני הגן. תבניתה של הברכה רבועה, ומידותיה הפנימיות כ-7x7 מ'. קירותיה בנויים אבן, ובמהלך השנים טויחו בטיח הידראולי (טיח עמיד למים) נוקשה במספר שכבות, ככל הנראה לצורכי תחזוקה. שכבות הטיח נמשכות ברציפות מן הקירות לרצפת הברכה על ידי עיגול הפינות. לא נמצאה עד כה עדות למקור המים ולאופן כניסתם לברכה, לעומת זאת ניכרים ברופנותיה לפחות שלושה פתחי יציאה. המרזבים המנקזים את הברכה (איור 5) והאגן הצמוד לה, אשר שרדו באתרם, עוצבו בהקפדה רבה כאבן גיר גבישית לבנה וקשה למדי, כנראה מסוג האבן של הכותרות ושל העמודונים המעוטרים של סורגי החלונות (איור 2). אבן זו אינה מצויה בסביבה הקרובה, אלא הובאה במיוחד ממחצבות מרוחקות, והשימוש בה מלמד שהמתכננים ביקשו שהמערכת תהיה לא רק פונקציונלית אלא גם נאה ומעודנת בצורתה.<sup>23</sup>

23 ליפשיץ ואחרים (לעיל, הערה 14).







איור 6:  
 (א) תצלום אוויר של שטחי הגן המלכותי:  
 (1) ברכה 2 מהתקופה ההלניסטית  
 (3) תעלת מים פתוחה  
 (4) תעלת מים מקורה  
 (תצלום אוויר: חברת Sky-View)  
 (ב) המחברת דוגמת טיח לבדיקות פולן



לאחר התקופה הפרסית לא נעשה עוד שימוש בברכה למטרות אסתטיות, ובתקופה ההלניסטית היא הוסבה לאתר לשפיכת פסולת של סיד כבוש. הסיד הופק בכבשן שנמצא מדרום לברכה (איור 6). כאשר חשפו החופרים את הברכה היא הייתה מלאה כולה שפכי סיד כבוש. למצאא זה חשיבות רבה מבחינת שחזור צמחיית הגן, משום שהוא מעיד שהטיח לא היה חשוף לפולן מתקופות מאוחרות יותר, ולכן נשללת באופן מוחלט אפשרות של זיהום פולן (איור 7).

### מהלך המחקר

במרכה 2 נדגמו שתי שכבות הטיח שהיו השמורות ביותר (איור 7).<sup>24</sup> במעבדה הוסרה שכבת הטיח העליונה על ידי גירוד עדין. ממשקע זה, המייצג את פני השטח העליונים של הטיח, בודדו גרגרי

איור 7: שתי שכבות הטיח שנלקחו מהן דגימות לצורך בידוד גרגרי האבקה: שכבת הטיח הפנימית (I) ושכבת הטיח החיצונית (II), אשר בעת גילוייה הייתה מכוסה בסייד כבוש

24 מכל שכבה נבדקו שתי דגימות, ובכל דגימה נספרו כל גרגרי האבקה שבודדו מהמשקע. סך כל גרגרי האבקה שזוהו בדגימה מסוימת הם 100 אחוז (לא כולל את צמחי המים). הביטוי באחוזים המופיע לצד הצמחים השונים מייצג את חלק היחסי של גרגרי האבקה של צמח מסוים בדגימה הפלינולוגית. האחוזים אינם מייצגים את חלקם האמתי של הצמחים בגן אלא מושפעים מכיוון הרוחות הדומיננטי ששרר בעת ייבוש הטיח, ממרחק הצמח מן הברכה ומשלב הפריחה שבו היה הצמח. לצד כל צמח הנזכר במאמר זה נרשם הערך המרבי שזוהה עבורו בדגימות שנבדקו.

האבקה בתהליך כימי. תחילה הושרה המשקע בחומצת מלח כדי להרחיק את המרכיבים הפחמניים ואת הסידן. לאחר מכן הופרד החומר האורגני מן החומר המינרלוגי (הלא-אורגני) בתהליך הצפה בתמיסת אבץ ברומידי ( $ZnBr_2$ ) במשקל כבידה 1.95. החומר הצף סונן בנפה בעלת מפתח של 150 מיקרון. בהמשך עבר המשקע האורגני תהליך אצטוליוזה (שטיפות בחומצה אצטית וחימום בתמיסת חומצה גופריתית ואנהידריט ביחס של 1:9). שארית הדגימה נשטפה באלכוהול והושמה בשמן סיליקון לצורכי שימור. בתחילת תהליך ההפקה הוספה לכל דגימה טבלית של נבגי ליקופודיום במספר ידוע, כדי לחשב את ריכוזי הפולן.<sup>25</sup> זיהוי גרגרי האבקה נעשה באמצעות מיקרוסקופ אור.<sup>26</sup>

### תוצאות

בשכבת הטיח הראשונה שנדגמה (השכבה הפנימית, איור 7, שכבה I) נמצא מאסף של צמחיית חורש ים תיכוני טיפוסית, האופייני לבית הגידול של הרי יהודה. במאסף זוהו גרגרי אבקה של עצים כגון אלון, אורן וזית וכן של שיחים ועשבים השייכים למשל למשפחות דגניים, ציפורניים וסלקיים, שגם הם ממרכיבי החורש הים תיכוני (או צמחיית בתה). יוצאי הדופן במאסף זה היו צמחי מים; זוהו גרגרי אבקה של ערשת מים (*Lemna*) ושושנת מים (*Nymphaea*). צמחים אלה מואבקים באמצעות זרמי מים, ועל כן יכלו גרגרי האבקה לחדור לטיח רק משום שהיו במים. לפיכך ההשערה היא שלצורכי הכנת הטיח השתמשו במי המתקנים של הגן, שצמחי מים אלו גדלו בהם. העונה שבה פורחים כל הצמחים שזוהו במאסף היא עונת האביב, ומכאן שהברכה טויחה בעונה זו.<sup>27</sup>

גם בשכבת הטיח השנייה (השכבה החיצונית, איור 7, שכבה II) נמצאו גרגרי אבקה המייצגים את החורש הים תיכוני, בדומה למרכיבים שזוהו בשכבת הטיח הפנימית. נוסף על כך זוהו מאסף ייחודי ומפתיע של עצי פרי, צמחי נוי ועצים שאינם גדלים בר באזורנו, ואשר הובאו ממרחק רב.<sup>28</sup>

### עצים מיובאים

הממצא המפתיע ביותר שזוהה במאסף גרגרי האבקה מן הגן ברמת-רחל הוא האתרוג (*Citrus medica*). זוהי העדות הבוטנית הישירה הקדומה ביותר לגידולו של עץ זה במרחב הלוונטיני (איור 8). מוצא האתרוג במזרח הודו ובדרום סין, והוא המין הראשון במשפחת ההדרים שהתפשט מערבה, ככל הנראה דרך פרס.<sup>29</sup> שמו העברי אף מרמז על מוצאו: בפרסית נקרא האתרוג אתרונג'. האתרוג לא נזכר במקורות בשמו אלא נאמר: 'ולקחתם לכם ביום הראשון פרי עץ הדר' (ויקרא כג, מ). רק

25 נבגים אלה אינם גדלים בר באזורנו. מאחר שמשקל הדגימה ידוע, וכן ידוע מספר הנבגים שבכל טבלית, אפשר לחשב את ריכוז גרגרי האבקה בדגימות השונות.

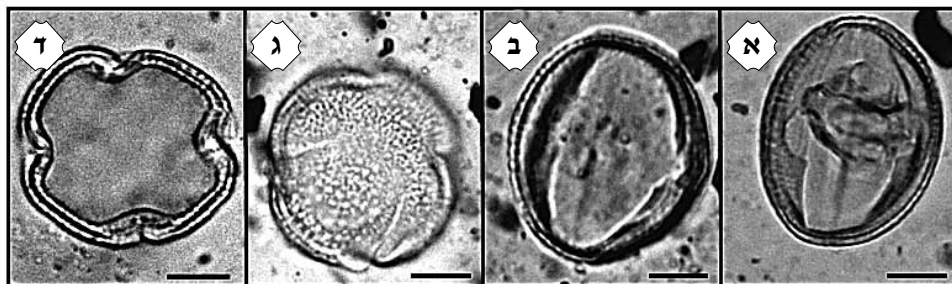
26 הזיהוי נעשה במכון לארכאולוגיה באוניברסיטת תל-אביב, במעבדה לארכאובוטניקה וחקר הסובב הקרום. הזיהוי התבסס על שימוש במגדירי פולן של האזור ובאוסף גרגרי אבקה ונבגים בני זמננו השייכים למוזאון לביולוגיה אנתרופולוגית, 'משכן אוספי הטבע על שם שטיינהארט', אוניברסיטת תל-אביב.

27 לנגוט ואחרים (לעיל, הערה 22), עמ' 120.

28 למידע נוסף ומקורות ראו: שם, עמ' 122-127.

29 D. Zohary, M. Hopf & E. Weiss, *Domestication of Plants in the Old World: The Origin and Spread of Domesticated Plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin*, Oxford 2012, p. 146

איור 8: גרגרי אבקה של אתרוג (*Citrus medica*); הזיהוי של גרגרים מאובנים אלה במאסף הפולן מרמת-רחל הוא העדות הבוטנית הקדומה ביותר לגידול האתרוג במרחב הארץ-ישראלי. הסרגל השחור שבתחתית התמונות מייצג 10 מיקרונים. א-ב מבט משווני; ג-ד מבט קוטבי



בתרגומי התנ"ך מן המאה הראשונה לסה"נ ואילך נזכר האתרוג בשמו המפורש. מאחר שלקראת סוף המאה הרביעית לפסה"נ יצא הגן מכלל שימוש,<sup>30</sup> הרי זיהוי גרגרי האבקה של האתרוג בגן מלמד שבתקופה הפרסית לכל המאוחר כבר גודל האתרוג בארץ-ישראל, בגן המלכותי של נציג האימפריה הפרסית באזור. נראה כי עץ האתרוג המיוחד, ששליטי האזור נהגו להתהדר בו בגניהם המפוארים,<sup>31</sup> נכנס אט אט למסורת היהודית. חלקו היחסי של האתרוג מגיע לכ-32 אחוז ממאסף הפולן. מאחר שהעץ מואבק חרקים ועל כן בעל יכולת תפוצה מוגבלת, הופעתו באחוזים כה ניכרים מרמזת כי גדל בסמיכות לברכה 2.

עץ נוסף שאינו גדל בר בישראל, ואשר זוהה במאסף גרגרי האבקה מן הגן, הוא ארוז הלבנון (*Cedrus libani*), וחלקו היחסי מגיע לכ-0.4-0.6 אחוזים. כיום עדיין אפשר למצוא עצי ארוז הגדלים בהרי הלבנון, ככל הנראה שריד לתפוצה נרחבת בהרבה. פרטים של ארוז גדלים גם בצפון-מערב סוריה וברכסי ההרים שבדרום תורכיה.<sup>32</sup> הארוז היה בשימוש בבנייה ממלכתית ומפוארת ברחבי המזרח הקדום.<sup>33</sup> העדויות שהצטברו עד כה מחפירות רבות העידו רק על ייבוא עצת הארוז לצורכי בניית מבני פאר. זיהויים של גרגרי האבקה של הארוז בגן ברמת-רחל מעיד כי הוא גודל בגן.<sup>34</sup> גם בימינו נעשה שימוש בארוז כבעץ נוי בשל יופיו, חוסנו ויכולתו להאריך ימים.

אגוז המלך (*Juglans regia*) אף הוא אינו גדל בר במרחב הישראלי. מוצאו של אגוז המלך בכתב גידול ממוזגים וקרירים במערב אסיה, ושם ככל הנראה תורכת לראשונה, למשל בצפון איראן, כבלקן ובמזרח תורכיה.<sup>35</sup> שמו של האגוז מרמז ככל הנראה על מוצאו הפרסי.<sup>36</sup> שרידים של עצי אגוז המלך

30 לנגוט ואחרים (לעיל, הערה 22), עמ' 126.  
 31 באופן דומה למחקר זה וזהו בניתוח דגימות פולן מגינת בית עשירים בפומפי (המאה הראשונה לסה"נ) גרגרי אבקה של סוג של הדר. ראו: M. Mariotti-Lippi, 'The Garden of the "Casa delle Nozze di Ercole ed Ebe" in Pompeii (Italy): Palynological Investigations', *Plant Biosystems*, 134 (2000), pp. 205-211  
 32 E.W. Beals, 'The Remnant Cedar Forest of Lebanon', *Journal of Ecology*, 53 (1965), pp. 679-694  
 33 בארוז הלבנון נעשה שימוש בבניית בית המקדש הראשון והשני. בספר עזרא צוין כי כורש מלך פרס התיר לגולי בבל ששבו לארצם להשתמש לצורכי בניית בית המקדש בארוז הלבנון: 'להביא ארוזים מן הלבנון אל ים יפוא כרשיון כורש מלך פרס עליהם' (עזרא ג, ז).  
 34 כמו גם זיהויים של גרגריי האבקה של האתרוג, שמעידים על גידול ישיר ולא רק על הימצאות הפרי או העצה, שעשויים היו להגיע גם בדרכים אחרות.  
 35 זהרי, הופף ווייס (לעיל, הערה 29), עמ' 149.  
 36 העץ נקרא אגוז המלך על שם מלכי פרס שדאגו לטיפוח העץ והפרי. ראו: י' פליקס, עולם הצומח המקראי: תיאורם

נדירים מאוד בישראל. העדות הקדומה ביותר נמצאה במגידו בשכבה מן הכרונזה התיכונה.<sup>37</sup> עדות ישירה לגידולו של העץ בהרי יהודה יש במאספי הפולן מים המלח החל מתקופת הברזל ב, לערך מהמאה התשיעית לפסה"נ.<sup>38</sup> האגוז נזכר פעם אחת בתנ"ך: 'אל גנת אגוז ירדתי, לראות באבי הנחל, לראות הפְּרָחָה הגפן הַנְּצוּ הַרְמָנִים' (שיר השירים ו, יא). חלקו היחסי במאסף הפולן מן הגן ברמת-רחל מגיע לכ-1.4 אחוזים.

### צמחיית פרי ונוי מקומית

מעצי הפרי הגדלים באופן טבעי באזור, ואשר זהו בגן ברמת-רחל, יש להזכיר את הגפן (*Vitis vinifera*) והתאנה (*Ficus carica*). קיומם של עצים אלה במאסף צמחי הגן הוא ייחודי, משום שלגרגרי האבקה של מינים אלה יכולת תפוצה מוגבלת, כי הם אינם נישאים למרחק רב כמו למשל צמחים המואבקים על ידי הרוח. הגפן המתורבתת היא לרוב מואבקת עצמית,<sup>39</sup> וקיומה במאסף מעיד שככל הנראה גדלה בסמיכות לברכה 2, שממנה נלקחו הדגימות.<sup>40</sup> חלקה היחסי של הגפן במאסף הפולן מגיע לכ-1.2 אחוזים. התאנה מואבקת על ידי מיין מסוים של צרעה (*Blastophaga psenes*) בתוך הפרי, כחלק מתהליך סימביוטי, ולכן גרגרי האבקה אינם משתחררים מפרי התאנה;<sup>41</sup> ייתכן שגרגרי האבקה של התאנה חדרו לטיח באופן דומה לאבקת צמחי המים – פרות התאנה נפלו לברכות ולתעלות אשר בגן ונרקבו שם, ומאוחר יותר חדרו גרגרי האבקה לטיח באמצעות המים ששימשו להכנתו. חלקה היחסי של התאנה במאסף הפולן מגיע לכ-2.3 אחוזים.

בבדיקות זוהו גם גרגרי אבקה של הצפצפה (*Populus euphratica*), וחלקם היחסי במאסף מגיע לכ-0.9 אחוזים. העץ הוא רם ונישא וגדל במהירות, ועל כן רווח בגינות נוי. לצפצפה מערכת שורשים פולשנית העשויה לפגוע בתשתית בניינים, ולכן סביר להניח שעצי הצפצפה ניטעו במרחק מה מהארמון, ואולי שימשו ליצירת גדר היקפית. במאסף זוהה גם הסוג ערבה (*Salix*) באחוזים גבוהים יחסית – עד 9.3 אחוזים – אולם לא היה אפשר לאבחן באמצעים מיקרוסקופיים באיזה מין של ערבה מדובר. נוסף על כך נמצאו גרגרי אבקה של הרס מצוי (*Myrtus communis*). שיח זה נפוץ בגינות נוי בשל ריחו הנעים, פריחתו הממושכת והאפשרות לגזום אותו בקלות יחסית בעיצוב המושך

72. זוהויים של הצמחים שנזכרו בתנ"ך על רקע הכתובים, ספרות חז"ל ויוון, וטבע הארץ,<sup>2</sup> רמת-גן תשכ"ח, עמ' 72. ברומה לכך שמו האנגלי של העץ, Persian walnut, משמר ככל הנראה את מוצאו מפרס. N. Liphshitz, 'Archaeobotanical Finds', I. Finkelstein, D. Ussishkin & B. Halpem (eds.), *Megiddo III: The* 37 1992-1996 Seasons (Monograph Series, 18), Tel Aviv 2000, pp. 487-495

38. לנגוט ואחרים (לעיל, הערה 7).

39. זהרי, הופף ווייס (לעיל, הערה 29), עמ' 126. האבקה עצמית נעשית באותו הפרח או באותו הצמח, להבדיל מהאבקה זרה, הנעשית בין צמחים שונים. האבקה עצמית יכולה להתבצע הן באמצעות רוח והן באמצעות בעלי חיים.

40. ממצא נוסף התומך בכך שהגפן גדלה בסמיכות לברכה 2 הוא הופעתם של גרגרי אבקה של הגפן בתצביר (גרגרי אבקה מלוכדים) של שלושה גרגרים. בתוך המַאֲבָק (ראש האבקן) של הפרח גרגרי האבקה מחוברים זה לזה, ובעת הפצתם הם נפרדים. על כן הופעתם בתצביר כזה מעידה על קרבה לפרח האם.

41. זהרי, הופף ווייס (לעיל, הערה 29), עמ' 126. התאנה פורחת בצורת פגה, וזו הופכת בהמשך לפרי התאנה. צרעת הבלסטופגה נכנסת לפגה ומאבקה את התאנה. סוג זה של צרעות נמשכות לתאנה על מנת להטיל את ביציהן בתוך השטח המוגן. במקומות שהצרעה אינה נמצאת בהם לא תתבצע הפריה של פגות התאנה.

את העין. פרחי ההרס מואבקים על ידי חרקים, ולכן גרגרי האבקה שלהם אינם נפוצים למרחק רב, ומכאן שגודלו ככל הנראה בסמיכות לברכה 2.2<sup>42</sup> חלקו היחסי של ההרס במאסף הפולן מגיע לכ-2.2 אחוזים.

במאסף משכבת הטיח החיצונית, כמו בזה משכבת הטיח הפנימית, וזהו גם גרגרי אבקה של צמחי מים: ערשת המים ושושנת המים, שגודלו בברכות הגן למטרות נוי. נראה כי שכבת הטיח החיצונית טויחה, כמו השכבה הפנימית, בעונת האביב: בעונה זו פורחים כל הצמחים שגרגרי אבקה שלהם נמצאו במאסף משכבה זו.<sup>43</sup>

### ארבעת המינים

בגן המלכותי המפואר שברמת-רחל וזהו שלושה מארבעת המינים שנוטלים בחג הסוכות: האתרוג, הערבה וההרס. האתרוג לא נזכר בתנ"ך. המסורת היהודית זיהתה את האתרוג עם 'פרי עץ הדר' (ויקרא כג, מ), שנזכר במקרא פעם אחת בין ארבעת המינים שיש לקחת בחג סוכות. בתרגום השבעים תורגם 'פרי עץ הדר', ורק בתרגומים מאוחרים יותר (לאחר המאה הראשונה לסה"נ) נזכר האתרוג בשמו המפורש (למשל בתרגום אונקלוס לארמית ובתרגום לסורית פשיטתא). אחת התפיסות המקובלות בקרב חוקרים היא שהיהודים הכירו לראשונה את האתרוג בכבל בימי גלותם שם, ובשובם מהגלות הביאו אותו לארץ-ישראל,<sup>44</sup> אולם אין לכך סימוכין מדעיים או אזכור בכתובים. עזרא ונחמיה, בני המאה החמישית לפסה"נ, ששבו מגלות בבל, לא הזכירו כלל את עניין 'פרי הדר'. הם פעלו בין היתר להחזיר לחג הסוכות את זוהרו מלפני החורבן (עזרא ג, א-ו; נחמיה ח, ב-יח), ובהקשר זה ציוו על העם: 'צאו ההר והביאו עלי זית ועלי עץ שמן ועלי הדס ועלי תמרים ועלי עץ עבת לעשת סכת ככתוב' (נחמיה ח, טו).

בספרו של יוסף בן מתתיהו (38-100 לסה"נ בערך) 'קדמוניות היהודים', שנכתב ביוונית, כמו בתרגומי המקרא המתוארכים למאה הראשונה לסה"נ ואילך, וזהו הצמחים הנזכרים בוויקרא כג, מ עם ארבעה סוגי צמחים מוגדרים: כף תמר, ערבה, אתרוג והרס. תיאור ארבעת המינים ב'קדמוניות היהודים' דומה למדי לתיאור שבמשנה ובתלמוד. האתרוג נזכר ב'קדמוניות היהודים' כ'פרי פרסי' המכונה קיטריון (Κίτριον). בספר תואר גם מעשה רגימתו של ינאי המלך באתרוגים בחג סוכות.<sup>45</sup> השינוי שחל במהלך המאה הראשונה לסה"נ לא היה טקסטואלי בלבד אלא גם חזותי: הייצוג החזותי הקדום ביותר של ארבעת המינים מופיע על מטבעות השנה הרביעית של המרד הגדול (ניסן 69 – אדר 70 לסה"נ). אחרי כן הופיעו הצמחים על מטבעות מרד בר כוכבא (131/2-136 לסה"נ). גרגרי אבקה של תמר לא וזהו במאסף גרגרי האבקה של רמת-רחל, אך ייתכן שיש רמז לתמר בכותרות האבן המעוטרות שנמצאו בגן (איור 2).

42 בדומה לתצביר של הגפן, וזהה תצביר של ההרס שמנה ארבעה גרגרי אבקה. וזהו עדות נוספת לכך ששיח (או שיחי) הרס גדלו בסמיכות לברכה 2.

43 לנגוט ואחרים (לעיל, הערה 22), עמ' 120.

44 ראו למשל: פליקס (לעיל, הערה 36), עמ' 66.

45 קדמוניות היהודים ג, יד; יג, ה; תלמוד בבלי, סוכה לא ע"א.



## סיכום

איור 9: שחזור  
צמחיית הגן  
ברמת־רחל  
(הכנייה: נירית קדם)

המחקר מראה כיצד זיהוי גרגרים מאובנים של אבקת פרחים עשוי להאיר סוגיות ארכאולוגיות שהיו עד היום נסתרות מן העין. שיטת הדגימה הייחודית אפשרה לשחזר לראשונה באופן מדויק את מרכיבי הצומח של גינת פאר אימפריאלית. מתוך הבנת מנגנוני ההאבקה ופרמטרים בוטניים נוספים של הצמחים השונים שזוהו בגן, אפשר לדמיין כיצד נראה הגן (איור 9) והיכן גדלו בו הצמחים ביחס לברכה 2.

מאסף גרגרי האבקה שזוהה בגן המלכותי שבאתר רמת־רחל בולט בהרכבו הנדיר ומעיד על רצונו של השליט המקומי, יושב הארמון, שהיה ככל הנראה נציגה של האימפריה הפרסית במרחב, להתהדר בגן מפואר לצורכי תעמולה – למען יראו מבקרי הגן ונתיני האזור את יכולותיו המופלגות. לכן ייבא עצים ממקומות מרוחקים בממלכה, כדוגמת האתרוג, ארז הלבנון ואגוז המולך, ושתל בגן צמחים הדורשים השקיה וטיפול – הערבה, הצפצפה והגפן, אשר בסביבתם הטבעית גדלים לרוב ליד מקווי מים, ונוכחותם באתר העידה על השקייתם.<sup>46</sup> יש לזכור כמובן שהאתר קרוב לספר המדבר, והגן הפורח בו ודאי בלט מאוד על רקע סביבתו הטבעית. הגן נועד אפוא להציג את יושב המקום כשליט כול יכול, השולט בטבע ומעצבו כרצונו, כשם שהוא שולט בנתיניו.

46 גם האתרוג והאגוז זקוקים להשקיה, בעיקר בקיץ.