מו"פ אזורי מזרח
יו"ש ובקעת הירדן

הגדרת מיני עצים השולחים שורשים למערות בגן לאומי בית שערים

בעזרת מאפיינים מורפו-אנטומיים

ד"ר אילנה שטיין

מבוא ושיטות העבודה

מסמך זה מסכם את העבודה שנעשתה על-מנת לזהות את מיני העצים היוצרים סדקים בקרטון ושולחים שורשים לתקרה ולקירות של 4 מערות. דו"ח זה הינו דו"ח המשך, וכולל את הממצאים הנוגעים ל מערות הבאות: מערת המוזיאון, מערת יהודה הנשים, מערת הארונות ומערה 4 (מערת ארון הקודש).

השורשים יוצרים את הסדקים בסלע ומרחיבים אותם באמצעות הפרשות חומצות אורגניות ויצירת לחץ מכני הנובע מהתרחבות השורש. כתוצאה מכך נופלים חלקים מהתקרה והקירות שעלולים, בסופו של התהליך, לגרום לקריסת המערה. זיהוי העצים ששורשיהם מגיעים לתוך המערה יאפשר הסרתם מבלי שיהיה צורך להשמיד את כל הצומח שמעל למערות.

זיהוי המינים של צמחים בשיטות של אנטומיה קלאסית של חלקי הנוף מקובלות בעולם מזה עשרות רבות של שנים. תהליך הזיהוי פשוט יחסית. על מנת לזהות את מין הצמח ממנו נלקחה הדוגמה, צריך לעשות חתכים דקים מאוד של הרקמה- בעובי של כ-20 מיקרון (0.02 מילימטר), לצבוע בצבעים ייעודיים שצובעים באופן שונה את הרקמות השונות ולהשוות את החתך שהתקבל לחתכים של אותו אבר במינים ידועים. זיהוי כזה אפשרי, מכיוון שישנם מאפיינים גסים, שמאפיינים קבוצות טקסונומיות שלמות- כגון רקמת עצה שבנויה מטרכאידים צרים בחשופי זרע (אורנים, ברושים וכו'- איור A1)- לעומת עצה שמכילה צינורות טרכאה רחבים וסיבים צרים וקשים במכוסי זרע (אלון, זית, רוזמרין, חרוב - איור F-B1). בנוסף, לכל מין של צמח ישנם מאפיינים מבניים ייחודיים כגון סידור התאים, גודלם, מספרם, מבנים ייחודיים כגון מערכות להפרשות ארומטיות או שרף. גם המורפולוגיה של השורש עוזרת בזיהוי במקרים רבים (צבע, עובי, מרקם, ריח, מראה ההסתעפויות). אם קיים מגדיר מסודר, זיהוי לפי המבנה הוא ודאי כמעט לחלוטין.

הבעיה בזיהוי שורשים היא שאין מגדיר קיים למיני הצמחים של ישראל. אמנם קיים מגדיר אחד קצר לשורשים של מיני עצים של אירופה, שכולל מעט מאוד מינים. אמנם הוא כולל כמה עצים ממינים קרובים למיני הארץ, הוא לא מתאים לשימוש במינים שאינם כלולים בו. מנגד, לזיהוי עצת הגבעול ישנם מדריכים מאוד מסודרים עם מפתח אנטומי. אך לא ניתן להשתמש בזיהוי שורשים במגדיר גבעולים, כי מבנה השורש לעתים קרובות שונה מאוד ממבנה הגבעול.

במערות המצב עוד יותר מורכב היות והצורה והמבנה של שורשים שגדלים באוויר שונים ממצבם הטבעי בקרקע, אבל פרטיו כמובן לא ידועים ברוב המינים. לכן, לצורך הזיהוי של מיני העצים הפוגעים במערות בבית

שערים נדרשנו להכין מגדיר ייחודי למינים שמצאנו בשטח תוך כדי העבודה (איור מס' 1). לאחר הדיגום השני אף הרחבנו אותו יותר, עם יותר חזרות לכל מין והכנסת מינים נוספים.

בעבר דגמנו את שורשים של מגוון מינים שגדלים בבית שערים, כאשר בהמשך הסתבר כי בדיגום בשטח הדגימות אינן טהורות. לכן בהמשך נלקחו גם שתילים של מיני עצים של אוניברסיטת תל אביב ומקק"ל לצורך ההגדרה. מכיוון שקיימת שונות בין פרטים, היינו חייבים לדגום מספר פרטים של כל מין. הוכן מגדיר למיני העצים העיקריים בבית שערים, אשר בעזרתו ניתן להגדיר את השורשים בצורה סבירה ברמת הסוג. תובנה נוספת מהעבר הייתה לעשות צביעות דיפרנציאליות לכל החתכים (בהתחלה עשינו רק צביעות פשוטות בעזרת הצבען טולואידין כחול, אשר צובעות את הכל בגווני כחול, ראו איור 1 E,A). כעת הצביעות נעשות על ידי שילוב ספרנין עם אלציאן כחול, אשר צובעים רקמה מלוגננת כגון סיבים ועצה באדום, ותאית בכחול (איור 1 G,F,D,C,B). בצורה זו מתקבלים חתכים עם מאפיינים מודגשים יותר. כמובן שמגדיר זה אינו מושלם. במצב אופטימלי בניית מגדיר נרחב הכולל את כל המינים העיקריים תדרוש עבודה רבה. בקרוב תתחיל במעבדתי עבודת פרויקט להתחלת הכנת מגדיר מסודר.

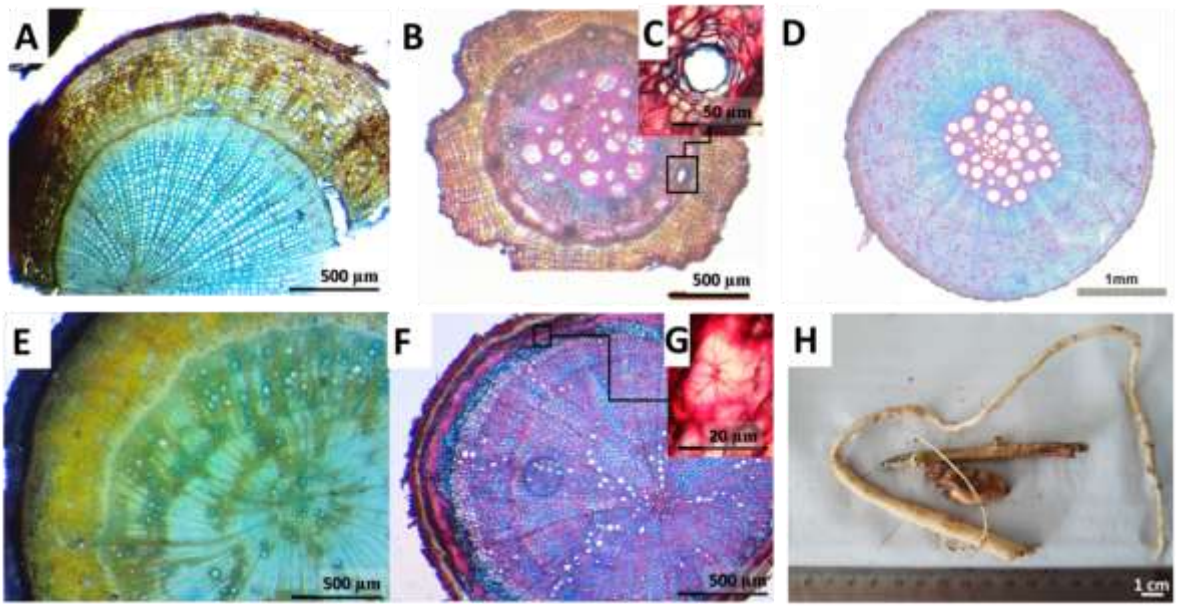


Figure 1 – Tree species identification based on morpho-anatomical characters of the root. A- sample from Sidon synagogue entrance, identified as *Cupressus*. Note the tracheids (a clear feature of gymnosperm wood) and the lack of resin canals (resin canals are a prominent feature of pine anatomy). B,C – sample from Museum cave, identified as *Pistacia*. Note the secretory cavities in the phloem (C), a typical characteristic of Anacardiaceae family. D – sample from Museum cave, identified as *Bryonia*. E – *Rhamnus* root (was not found in the caves)- note the undulating vessels and the yellow root colour. F,G- *Quercus ithaburensis* root, note The extremely thick fibres in the root periphery (G). H- thick *Bryonia* root with a typical morphology. A,E- Hand sections, TBO stain. B,C,D,F,G- Hand sections, Safranin-alcian blue stain.

באיור מס׳ 1 מוצגות דוגמאות של חתכים אנטומיים בכמה שורשים. 1A - שורש של ברוש שנלקח מהפתח של מערת בית בכנסת הצידוני. בחתך העצה נראה שהיא מורכבת מטרכאידים, תכונה המאפיינת צמחים חשופי הזרע. העדרם של ביבי שרף הוא מאפיין של שורשי ברוש. בשונה משורשי האורן, שהוא חשוף-הזרע האחר שישנו בשטח. B, C דוגמה של שורש של אלה שנלקח ממערת המוזיאון. ביבי השרף בשיפה הם מאפיין של משפחת האלתיים. D שורש מהתקרה של מערת המוזיאון שזוהה כשייך לצמח דלעת-נחש. H מראה תמונה של שורש של דלעת-נחש סורית ששימש להכנת חתכים להשוואה שאיפשרו את הזיהוי של דוגמה זאת. E חתך בשורש של אשחר רחב-עלים, מאופיין ע"י סידור תאים מסולסל בעצה וצבע צהוב של הקליפה. שורשים דומים לו לא נמצאו במערת המוזיאון. F, G חתך בשורש של אלון תבור מאופיין בקבוצות הסיבים העבים בקליפה.

סיכום ביניים - דיגום ראשון –חורף 2018

תוצאות של הגדרת המינים במערת המוזיאון

במערת המוזיאון נדגמו שורשים מ-7 נקודות. השורשים נדגמו למבחנה, סומנו ואתר הדיגום סומן על המפה (ראו איורים מס'2,3). במעבדה השורשים צולמו לצורך תיעוד הצבע, ולאחר מכן השורשים הועברו לתמיסת אתנול לצורך שימור המבנה להמשך הבדיקות. צבע השורשים נמצא כמאפיין מאוד חשוב. כך, שורשי אלונים היו שחורים-אפורים, ואילו של אלות – חומים. לאשחר יש שורשים צהובים אופייניים.

בסופו של דבר זוהו רוב המינים (טבלה מס'1, איור מס'2). במערת המוזיאון רוב השורשים התבררו כשייכים לאלות (דוגמאות 1,2,3,4,7C). דוגמא מס' 5 הייתה שייכת לדלעת הנחש. דוגמא 6 לא הצלחתי לזהות באופן ודאי, אך היא ללא ספק שייכת לשורש של צמח מכוסה זרע (לא ברוש). נראה כי דוגמא 6 שייכת למין שלא נכלל עדיין במגדיר, ולכן לא הצלחתי לזהות את המבנה. הדוגמאות 7A,7B שייכות כנראה לכליל החורש. מכיוון שההגדרה נעשתה לפי שורשים שנדגמו בשטח ולא משורשים מעציצים, ההגדרה לא ודאית.

תוצאות של הגדרת המינים במערת רבי יהודה הנשיא

במערה זו נדגמו 17 שורשים באופן זהה למערה הקודמת. כמעט כל השורשים זוהו (איור מס' 4). 15 שורשים היו שייכים לאלות (כפי הנראה חלק של אלה ארץ ישראלית, וחלק של אלת המסטיק). דוגמא מס' 12 כנראה שייכת לרוזמרין- השורש היה במצב מפורק ובעל קוטר קטן מדי בשביל זיהוי ודאי. דוגמא מס' 17 שייכת למין שעדיין נמצא במגדיר ולכן לא זוהה.

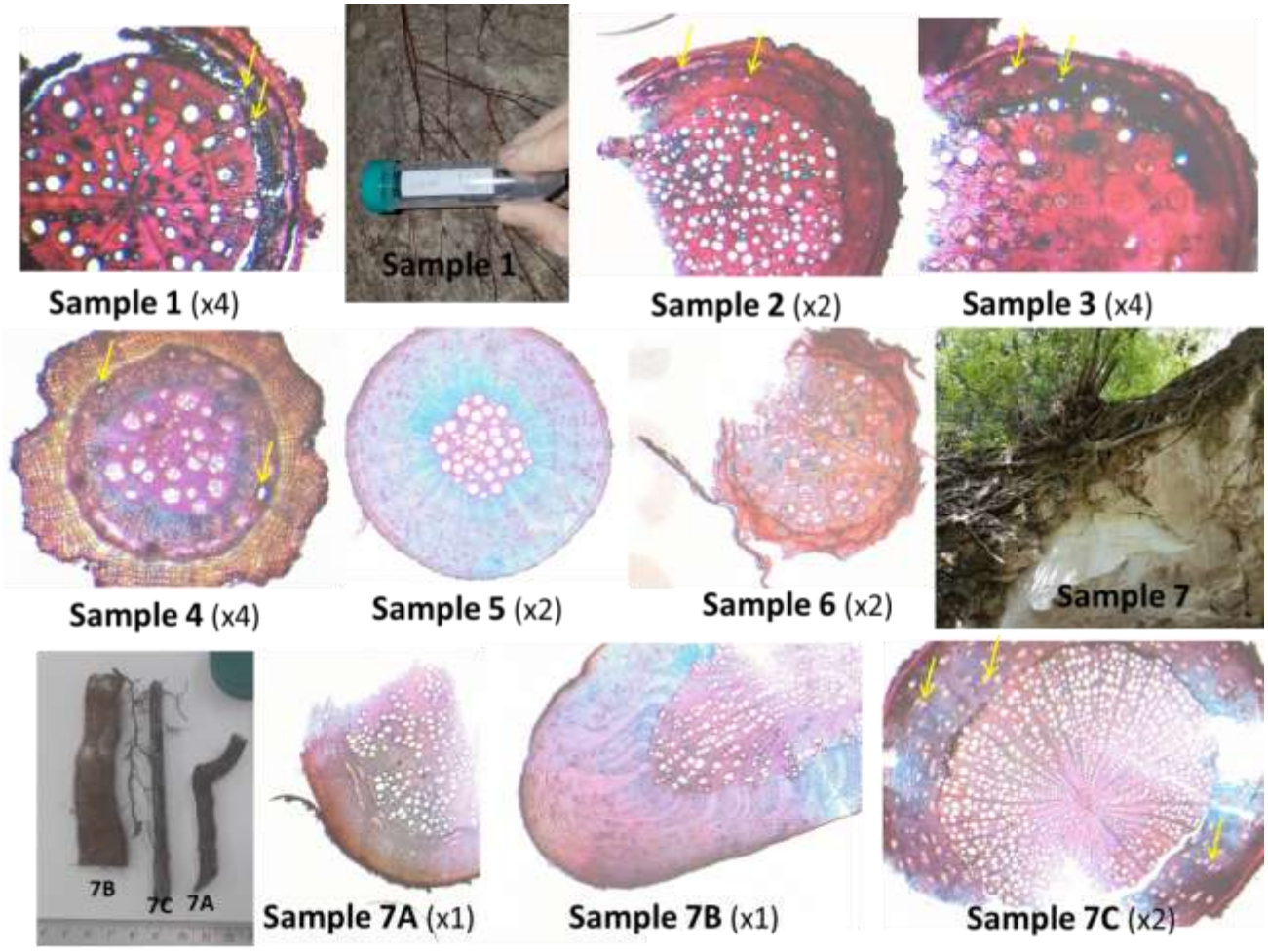


Figure 2 – Species identification from Museum cave. Arrows point the resin canals, a prominent feature of *Pistacia*. Samples 1,2,3,4,7C- *Pistacia*. Sample 5- *Bryonia*. Sample 6-unidentified (definitely an angiosperm). Samples 7A,B- most probably *Cercis*.

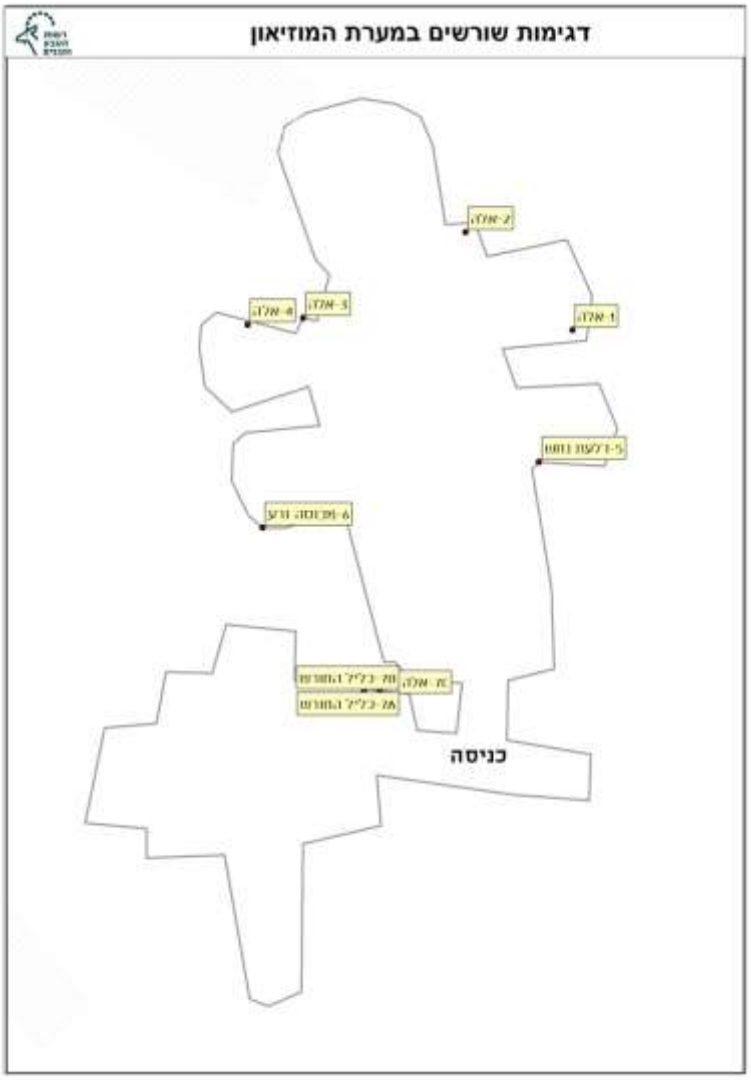


Fig. 3 – The map of the cave with the position of the samples, and the samples.

טבלה מס' 1- זיהוי דגימות השורשים ממערת המוזיאון

מיקום הדיגום	זיהוי
.1	אלה
.2	אלה
.3	אלה
.4	אלה
.5	דלעת הנחש
.6	לא זוהה
.7	A- כליל (?), B- כליל (?), C- אלה

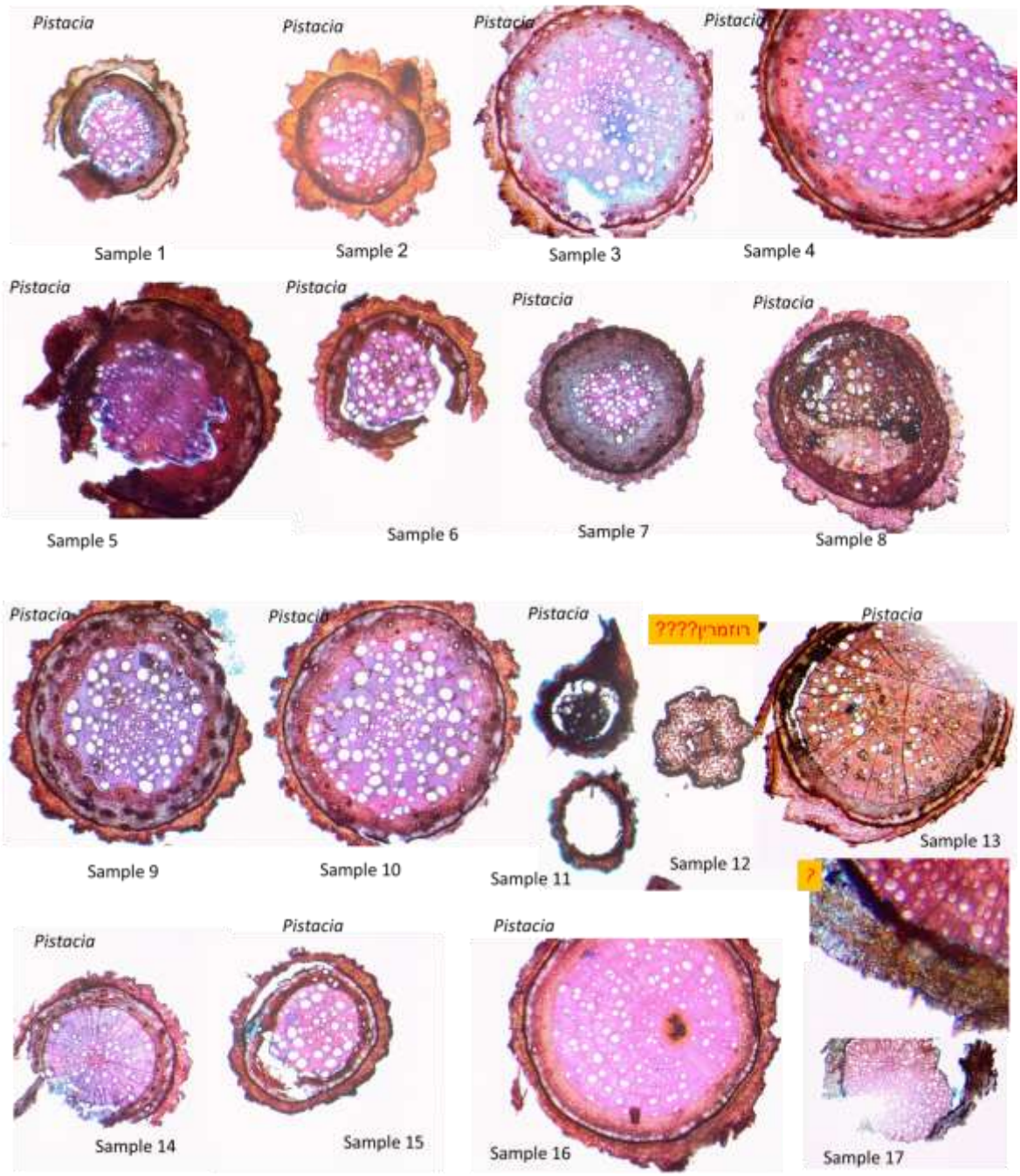
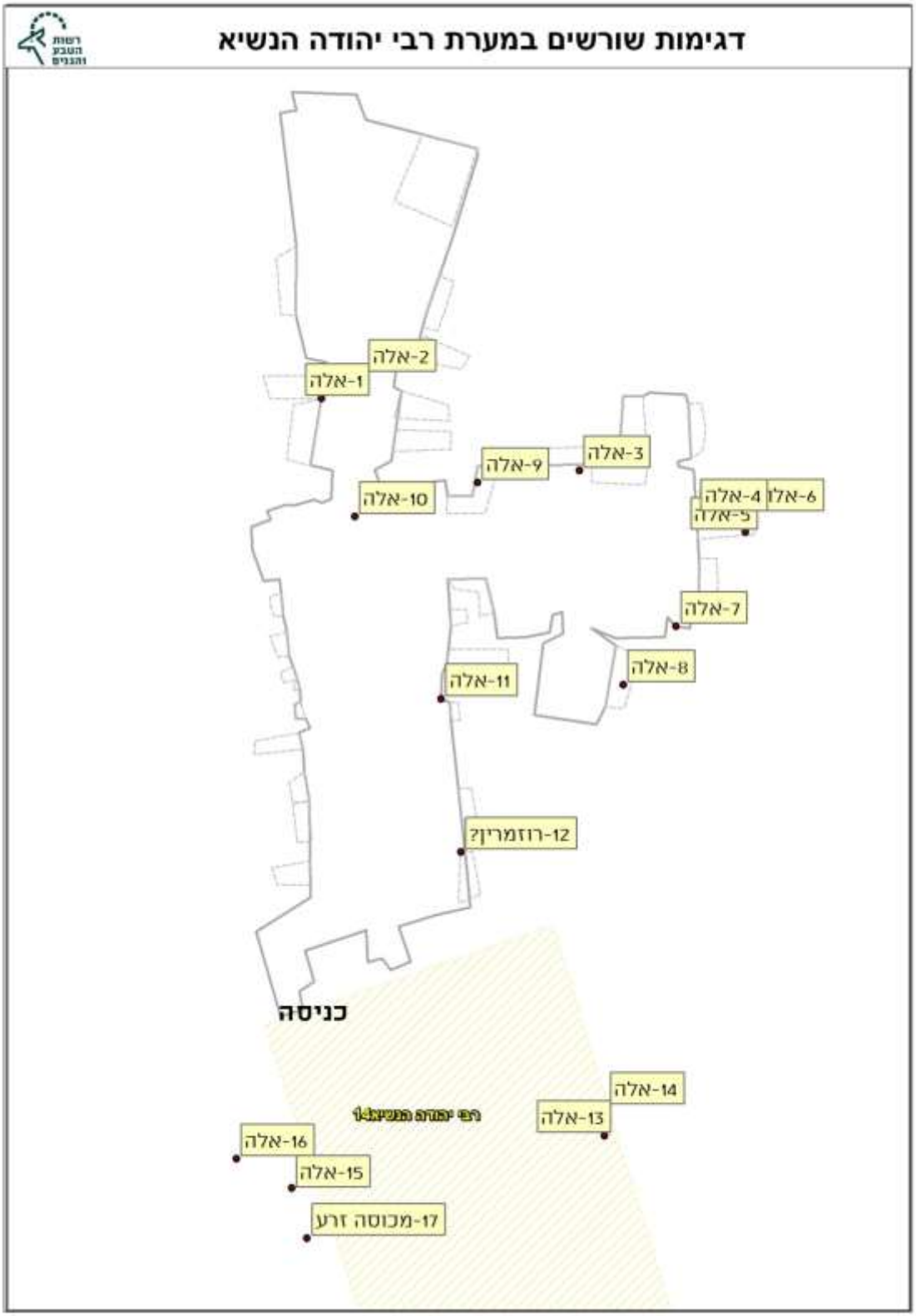


Figure 4 – Species identification from Rabbi Judah the Prince cave. Samples 1-11, 12-16- *Pistacia*. Sample 12- probably Rosemary (the root was mostly rotten and very small). Sample 17-unidentified (definitely an angiosperm).


דגימות שורשים במערת רבי יהודה הנשיא
רשות הטבע והגנים
1-אלה
2-אלה
3-אלה
4-אלה
5-אלה
6-אלה
7-אלה
8-אלה
9-אלה
10-אלה
11-אלה
12-רוזמרין?
כניסה
13-אלה
14-אלה
15-אלה
16-אלה
17-מכוסה זרע

טבלה מס' 2- זיהוי דגימות השורשים ממערת רבי יהודה הנשיא

מיקום הדיגום	זיהוי
.1	אלה
.2	אלה
.3	אלה
.4	אלה
.5	אלה
.6	אלה
.7	אלה
.8	אלה
.9	אלה
.10	אלה
.11	אלה
.12	אולי רוזמרין (שורש קטן ורקוב)
.13	אלה
.14	אלה
.15	אלה
.16	אלה
.17	לא זוהה (מכוסה זרע)

סיכום המשך - דיגום שני – דצמבר 2019

תוצאות של הגדרת המינים במערה 4 (ארון הקודש)

מערה זו נבחרה מכיוון שאין מסביבה עצי אלה. אלות נמצאו כמין העצים המזיק ביותר במערות שנדגמו בפעמים הקודמות. במערה 4 יש הרבה שורשים שסדקו את התקרה למרות שאין אלות בסביבה. מסביב למערה ומעליה גדל המון רוזמרין, והוא היה "החשוד" העיקרי.

במערה 4 נדגמו שורשים מ-20 נקודות, הכל נלקח לבדיקות מולקולריות, אבל רק מתוכן 8 נלקחו לאנטומיה. השורשים נדגמו למבחנה, סומנו ואתר הדיגום סומן על המפה (ראו איורים מס'5,6). במעבדה השורשים צולמו לצורך תיעוד הצבע, ולאחר מכן השורשים הועברו לתמיסת אתנול לצורך שימור המבנה להמשך הבדיקות.

בסופו של דבר זוהו רוב המינים (טבלה מס'1, איור מס'2). במערה 4 בהחלט לא נמצאו שורשים של אלה. רק שורש אחד כנראה שייך לרוזמרין לפי מבנה הקליפה המיוחד (דוגמא מס' 4, איור 5). נמצאו שורשים של אלונים, וכן כמה דוגמאות שורש ששייך כפי הנראה לדלעת הנחש (המבנה הינו ייחודי ומאוד שונה מהשאר, ולפי הזיהוי המולקולרי הקודם זהו צמח מהדלועיים. המבנה בהחלט דומה לזה של דלעת הנחש. עם זאת, לא מצאנו דלעת נחש בשטח).

במערה זו נתקלתי במספר בעיות. שורש אחד לא זוהה כלל- היה לו מבנה אנטומי ומורפולוגיה שעוד לא נתקלתי בהם, והוא לא קיים במגדיר (דוגמא 10, איור 5). בנוסף, לא הצלחתי לזהות דוגמא 8 בגלל שזהו שורש צעיר מדי ודק, ללא מאפיינים ייחודיים עדיין- אך אני משערת שזה יכול להיות שורש של זית או אלון. דוגמא 9 הייתה במצב מפורר, קשה לי לקבוע האם זה אלון או אלה. כנ"ל שורש 18 – אני משערת שזה אשחר.

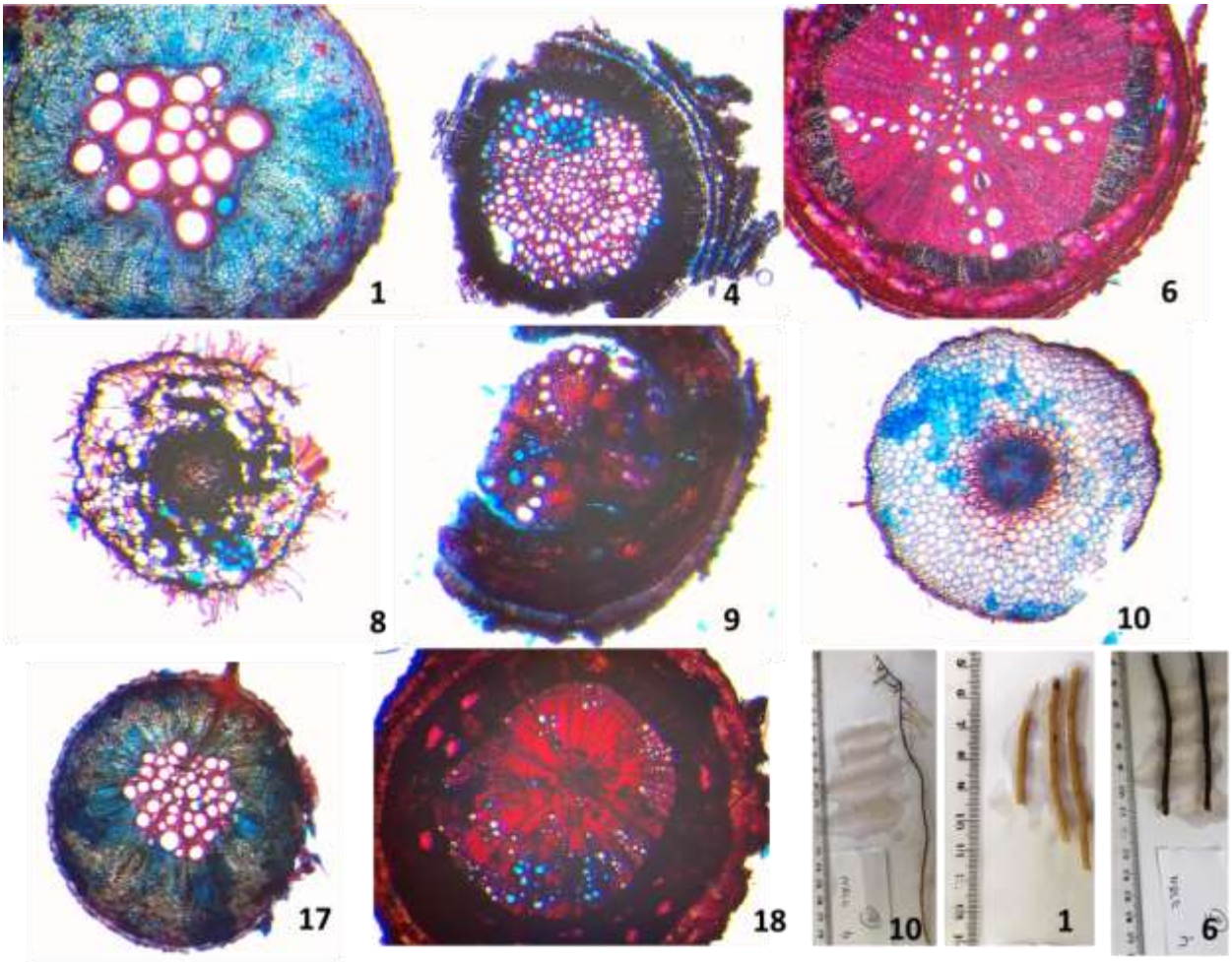


Figure 5 – Species identification from Cave 4.

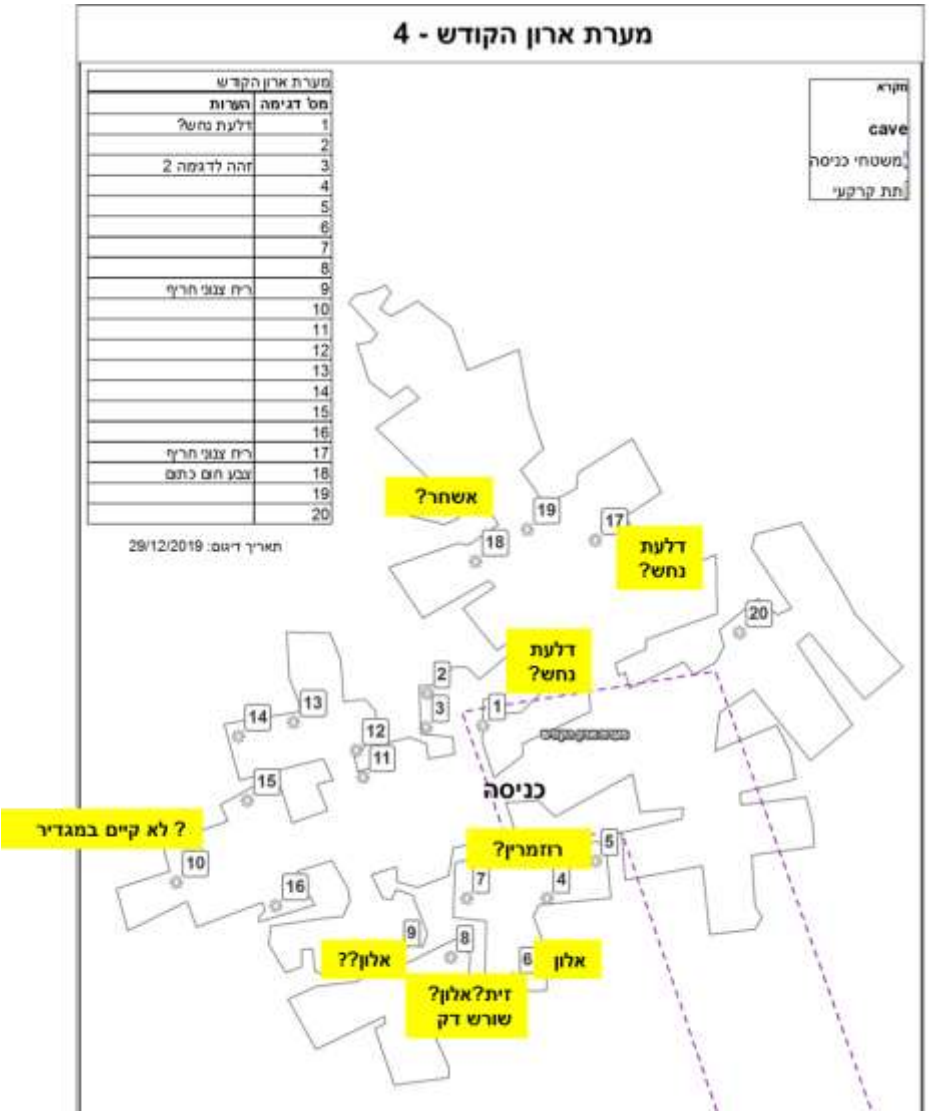


Fig. 6 – The map of the cave with the position of the samples, and the samples.

טבלה מס' 3- זיהוי דגימות השורשים ממערה 4

מיקום הדיגום	זיהוי
.1	"דלעת נחש"
.4	רוזמרין
.6	אלון
.8	זית? אלון? שורש צעיר ודק מדי
.9	אלון/אלה? שורש במצב לא טוב
.10	שורש לא מזוהה – המין לא קיים במגדיר
.17	"דלעת נחש"
.18	אשחר?

<u>תוצאות של הגדרת המינים במערת הארונות</u>

במערה זו נדגמו שורשים מ-12 נקודות, הכל נלקח לבדיקות מולקולריות, אבל רק מתוכן 7 נלקחו לאנטומיה. שורשים נדגמו וטופלו באופן זהה למערה הקודמת. כמעט כל השורשים זוהו (איורים מס' 8,7). במערה זו נמצאו שורשים של אלות, של אלון ודוגמאות שורש ששייך כפי הנראה לדלעת נחש (ראו הסבר בפיסקא הקודמת). שורש של אלת המסטיק היה ארוך מאוד ונמשך מעל לעשרה מטרים בתוך המערה. שורש אחד לא זוהה בגלל גודלו (דוגמא 5, איור מס' 7).

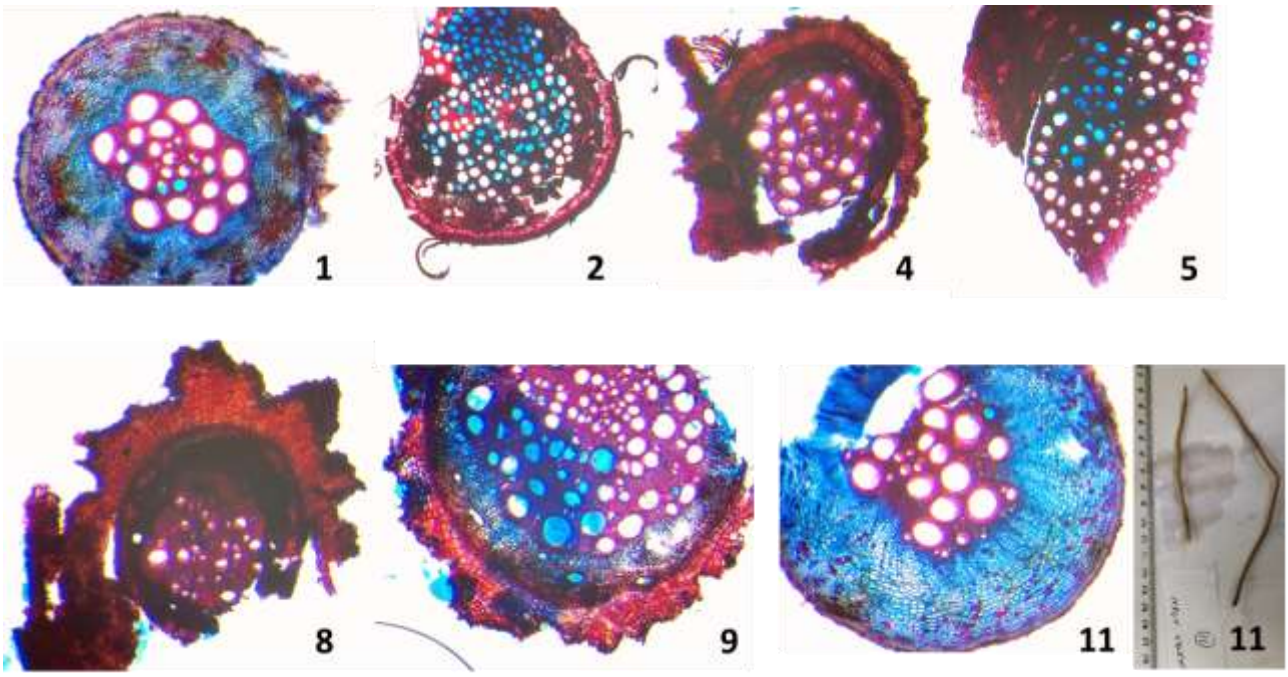


Figure 7 – Species identification from Aronot cave.

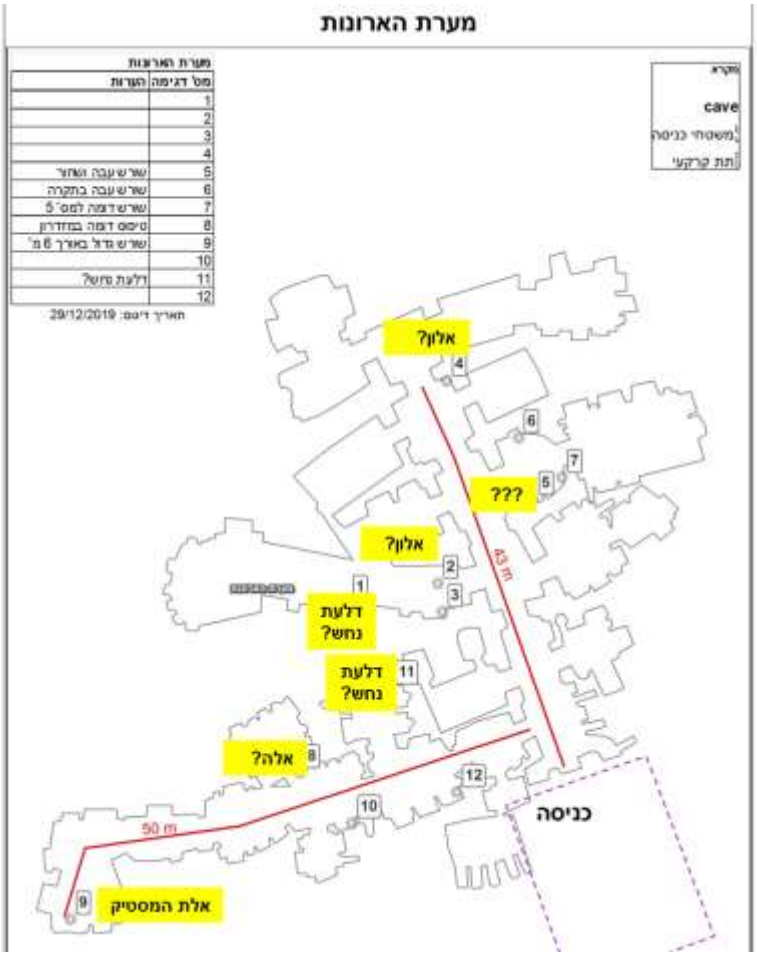


Fig. 8 – The map of the cave with the position of the samples, and the samples.

טבלה מס' 4- זיהוי דגימות השורשים ממערת הארונות

מיקום הדיגום	זיהוי
.1	"דלעת נחש"
.2	אלון
.4	אלון?
.5	לא מזוהה, דוגמא מפוררת
.8	אלה
.9	אלת המסטיק
.11	"דלעת נחש"

מו"פ אזורי מזרח
יו"ש ובקעת הירדן

<u>לסיכום:</u>

חוץ מכמה דוגמאות ייחודיות או הדוגמאות המפורקות/צעירות מדי, נעשה זיהוי של כל השורשים.

מרבית השורשים בדיגום הראשון (במערת המוזיאון ובמערת יהודה הנשיא) היו שייכים לאלות, ואף שורש לא היה של ברוש. גם במערת הארונות נמצאו שורשים גדולים של אלות באחת המערות. אחד השורשים הגיע לאורך של מטרים רבים. הייתי ממליצה להתחיל בכריתת האלות בכל האתר.

עם זאת, לא כל הנזק נגרם על ידי האלות. למשל, מסביב למערה 4 אין אלות, ועם זאת הנזק למערה על ידי חדירת השורים הוא עצום. אכן, בעת הדיגום השני (במערה 4 ובמערת הארונות), נמצאו מינים נוספים (אלונים) ושוב נמצאו דוגמאות רבות של השורש הבשרני והארוך השייך כנראה לדלעת הנחש. מצאנו מין זה גם בדיגום הראשון במערת המוזיאון. כלומר, ישנם מינים נוספים החודרים לתוך המערות בצורה נרחבת.

בנוסף, שורש אחד של רוזמרין שנמצא במערה 4 אמנם לא נפוץ, אך בהתחשב בכמות שיחי הרוזמרין מעל המערה זה צריך להדאיג אותנו. יתכן כי השורשים לא חודרים דרך כל עובי הסלע לתוך חלל המערה, אך חודרים לתוך הסלע בצורה רדודה ומפוררים אותו.

השורשים שלא זוהו שייכים לפחות בחלקם למינים שלא קיימים במגדיר הראשוני שבניתי. כאמור, על מנת לזהות את כל הצמחים השולחים שורשים למערות באתר בית-שערים יש צורך להכין מגדיר יותר נרחב, ולכלול בו יותר מינים. אני מקווה לקדם את הנושא החשוב הזה בקרוב.

בברכה,

ד"ר אילנה שטיין

13.7.2020