האם חרוב Ceratonia siliqua דו-מיני גדל בר בישראל?

אבי שמידע – המחלקה לאבולוציה, אקולוגיה והתנהגות והמרכז לרציונליות, האוניברסיטה העברית ירושלים, והחוג ללימודי ארץ-ישראל במכללת כנרת **–**
avi.shmida@gmail.com

יצחק תור– כורם, מדריך טבע ישראל וחוקר ריאליה במקורות היהודיים, מצפה נטופה – tornetofa@gmail.com

בעקבות מציאתו של עץ **חרוב** דו-מיני ליד הררית בגליל התחתון עולה השאלה האם חרובים דו-מיניים גדלים בר בישראל. עד כה נמצאו בישראל רק חרובי בר דו-ביתיים, כלומר עצים חד-זוויגיים אשר הם זכר או נקבה. בספרות המדעית ובחקלאות נכתב על החרוב כי הוא 'תלת-טיפוסי' (Trioecy), כלומר האוכלוסיה כוללת פרטים זכריים, פרטים נקביים וכמו כן עצים הרמפרודיטיים בעלי פרחים דו-מיניים. במשך 45 שנה חיפשנו באוכלוסיות הבר של **החרוב המצוי** הגדל בישראל ולא מצאנו עצים הנושאים פרחים דו-מיניים, בעלי צלקת ואבקנים. עד שנת 2014 נמצאו בצומת הבר של ישראל רק עצים חד-מיניים אך במערב הים-התיכון מוכרים עצים בעלי פרחים דו-מיניים. לאחרונה, גילה אחד מאתנו (י.ת.) גילה במבדד הנוצרי 'נטופה', ליד הישוב הררית, עץ בודד אשר כל תפרחותיו נושאות פרחים דו-מיניים. על תגלית זו, על הקשר שלה לתרבות החרוב באזור הים-תיכוני מחד, והקשר לאבולוציוני של טיפוסי מיניות וכרומוסומי סקס מאידך, נרחיב במאמר זה.

על החרוב – הקדמה

חרוב מצוי *Ceratonia siliqua* הוא עץ גדול ממדים ירוק-עד מתת-משפחת הכליליים Caesalpinaceae במשפחת הקטניות. זהו כמעט העץ היחידי במשפחה גדולה זו הגדל באזור הים תיכוני, כאשר כל קרוביו גדלים באזור הטרופי או בחבלי אסיה בהם אקלים גשום יותר ובעל תקופת לחה גם בקיץ ובסתיו. רבות הן 'מוזרויותיו' של החרוב: זהו עץ דו-ביתי (בישראל), הוא מין העץ היחידי הפורח בסתיו, הפרחים גדלים ישירות על גזעיו (קאוליפלורה) והפרי גדול ועסיסי. המוזרה שבתכונותיו הוא הפרח חסר הכותרת,זאת לעומת שאר מיני העצים ממשפחת הקטניות שלהם פרחים גדולים וצבעוניים (שמידע 2016

א, ב). השם הלטיני של הסוג *Ceratonia* נגזר מיוונית ופירושו קרן, רמז לצורת הפרי. שמו העברי נגזר, מהמילה "חרב" אף זאת בשל צורת הפרי (שוורצמן 1934).





עץ חרוב דו-מיני אשר מצא יצחק תור במבדד נטופה ליד הררית בשנת 2014 צלם: י.תור 2.11.15 ©
משמאל – תפרחת דו-מינית של עץ החרוב במבדד נטופה בעל זירי אבקנים קצרים, 23.10.16, הררית, צלם: יוסי סלבצקי ©
להגדלה – לחצו על התמונות

הפריחה הסתווית, תכונת הקאוליפלורה והיות החרוב בן לתת משפחת הכליליים, הביאו את הבוטנאים למסקנה שמוצאו של **החרוב המצוי** הוא טרופי-סודני, מהרי תימן (כסלו 1982, ליפשיץ וביגר 1998). ההשערה היא שהפריחה הסתווית היא תכונה שרידית שהייתה מותאמת בעבר לתנאים של גשמי מונסון, ונשארה מאז תקופת המיוקן עת שלטה הצמחיה הטרופית-סודנית באגן הים-התיכון ועד היום (זהרי 1955). אולם מחקרים סיסטמטיים חדשים מורים כי הסוג חרוב שייך לשבט Umtiza clade בתת-שמפחת הכליליים (Lewis et al. 2005) אשר מרכז תפוצתם בדרום מזרח אסיה שגם שם מרובים גשמי סתיו. אופייני לשבט זה תפרחות צפופות של פרחים קטנים עם נטייה, של חלק מהמינים, לדו-ביתיות. אפשר לראות בחרוב מצוי מין רליקטי טרופי, אך את תכונות עונת הפריחה, מבנה התפרחת ושיטת האבקה אפשר לנסות להסביר גם בהתאמה אקולוגית עכשיוית לפריחה בסתיו עונה דלה יחסית במאביקים. כדי להתגבר על הבעיה, התפתחה בחרוב שיטת האבקה דואלית: האבקה רוח וגם האבקת חרקים (Dafni et al.2012).תכונה אשר אפשרה לו לוותר על אברי הפרסומת הויזואלית על ידי ניוון הכותרת, ולחסוך משאבים. יתכן שמצב זה והיות החרוב עץ עתיר-שנים בעל פרי עסיסי המופץ למרחק, הפעיל על החרוב ללחץ סלקציוני (ברירתי) להפרדת הזוויגים ולהפיכתו לעץ דו-מיני (שמידע 1994, Jong ,Charnov 1982 et al. 2008).

כאמור, גדלים בבר בישראל רק עצי חרוב דו-ביתיים, כלומר כל העצים נפרדים נושאים תפרחות רק מזוויג אחד, נקביות או זכריות (שמידע 2016 א, ב). לפרח הזכרי חמישה אבקנים בולטים, ואילו לפרח הנקבי עמוד עלי הנראה כמו הפרי הבשל בזעיר אנפין ומסביבו חמש בליטות קטנות. הפרח חסר כותרת והוא בעל מצעית ירקרקה מפותחת המפרישה צוף (Custódio et al.2004, Custódioet et al. 2006). ריחם של הפרחים,

המזכיר ריח זירמה גברית, נחשב לרבים מטרד, אך הוא חרקים מאביקים גם ביום וגם בלילה (Dafni et al. 2012). הפרי תרמיל ארוך דמוי סהר פחוס, עסיסי ואיננו נפתח וטעים למאכל אדם ובהמה. אורכו כ 8-12 ס"מ, ורוחבו כ 2.-2.5 ס"מ. זרע החרוב נקרא גרה, וזהו מקור המילה היוונית קראט (KARAT), המציינת יחידת משקל של זהב. השם המדעי של החרוב *(Ceratonia)*, גם הוא בעל צליל דומה.

תעלומה גדולה היא העדרו של החרוב, אחד ממיני הבר הבודדים בעל פרי אכיל ומזין, מספר התנ"ך. גם לא מתואר עץ אחר בעל תכונות דומות שניתן לזהותו כחרוב. כהסבר לכך, הועלתה ההשערה כי החרוב הגיע לאזורנו לאחר תקופת הברזל, אך השערה זו עומדת בסתירה לגרגירי אבקה של חרוב שנמצאו באתרים ארכאולוגיים מתקופות קדומות בהרבה (Zohary et al. 2012). מאידך, אין עדויות מוצקות של מציאת זרעי חרוב בחפירות ארכיאולוגיות טרם התקופה הנאוליתי. עדות חזקה של זרעים ועצה מפוחמת נמצאו באתר עתלית-ים בתקופת הנאולית קרמית לפני 10000 שנה בערך (Glili et al. 1993).

החרוב שכיח למדי בכל רחביי החבל הים-תיכוני בישראל שכמות המשקעים השנתית הממוצעת בהם עולה על 400 מ"מ (Meikle R. D. 1977 , Zohary 1973). הוא מרכיב, יחד עם אלת המסטיק, חברת צמחים אופיינית למרגלות ההרים על גבי סלעי גיר, קרטון או חול חמרה (באזור קיסריה). תצוין חברת החרוב המזרחית: באזור טובאס-הגלבוע שולט החרוב באשדות המזרחיים של השומרון המזרחי בכמות משקעים של 300-400 מ"מ (אורשן וחב. 1975). מקובל כי החרוב גדל בר בעיקר מתחת לרום של 400 מ', אך בעקבות הריסת החורש פלש החרוב לגבהים והוא גדל במפוזר עד רום של 800 מ' (Zohary and Orshan 1959). העז השחורה, חזירים ושאר בהמות אוכלים את פריו ומפיצים את זרעיו. על הניסיון של "חקלאות חרובים" בתחילת שנות המדינה, ראו בחוברת החשובה של משה שוורצמן 1934.



פירות של עץ החרוב ממבדד הררית, 23.10.2016 הציפה של פרי החרוב נאכלת לעומת רוב מיני הקטניות בה קליפת הפרי יבשה וקשה. הזרעים נראים דומים מאוד זה לזה בגודלם שמשו למידת הקארט בתקופה הרומאית. צלם יוסי סלבצקי ©
להגדלה - לחצו על התמונות

סיפור התגלית

מספר אחד מאתנו (י.ת.): "לפני כארבע שנים, בחודש אוקטובר של שנת 2014 (תשע"ה), נתקלתי בסיורי במבדד הנוצרי נטופה אשר ליד הישוב הררית, בעץ חרוב פורח הנראה נורמלי לחלוטין כמו חרובי בר רבים אחרים הפזורים. העץ ניצב בצידי השביל הראשי המקיף את גבעת מבדד נטופה, כעשרים מטר מזרחית לכנסיה המרכזית התת-קרקעית של האתר. כאשר הסתכלתי מקרוב בפריחתו של החרוב ראיתי שפריחתו מוזרה, כל הפרחים הם דו-מיניים כלומר לכל פרח גם שחלה וצלקת וגם אבקנים. העץ היה בפריחה מלאה, כל התפרחות היו מורכבות מפרחים דו-מיניים, ועל העץ היו פירות משנה שעברה. אספתי מספר פירות והנבטתי אותם בגינתי במצפה נטופה הנמצא באזור. הפירות של העץ המיוחד נראו מעט שונים מהרגיל, הם מאד פריכים עוד טרם נפילתם מהעץ – כאילו היו פירות משנה קודמת. חלק מהזרעים נבטו ולאחר שנה גדלים בגינתי 4 שתילים צעירים של החרוב הדו-מיני".

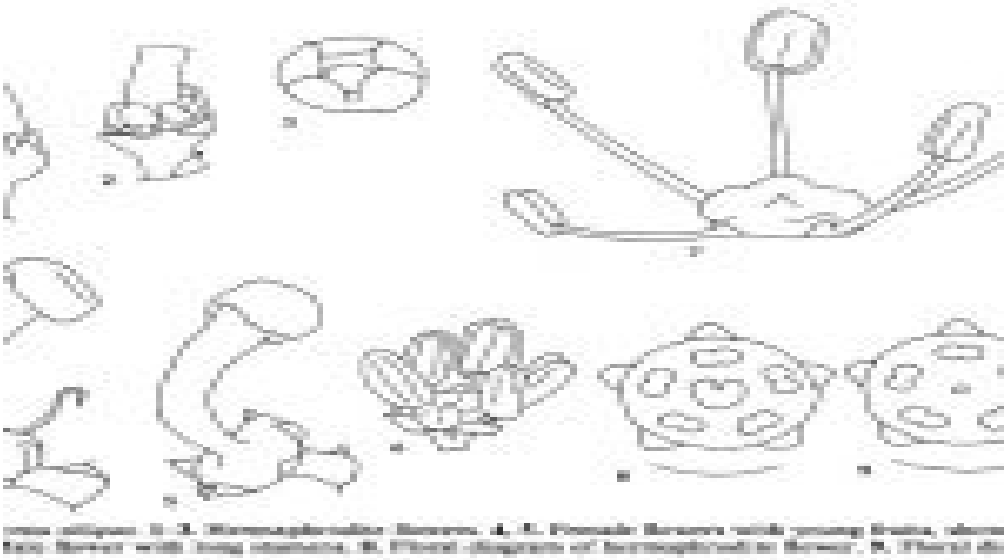




מימין: תפרחת דו-מינית של "חרוב הררית" בעל פרחים בעלי זירי אבקנים ארוכים,23.10.16, הררית, צלם: יוסי סלבצקי ©
משמאל : תפרחת דו-מינית של "חרוב הררית" בעל פרחים בעלי זירי אבקנים קצרים כנראה עקרים, 23.10.16, הררית, צלם: יוסי סלבצקי ©
להגדלה – לחצו על התמונות

מבדד נטופה או "לאורה נטופה" ליד הררית בגליל התחתון
מבדד נטופה הינו אתר נוצרי הממוקם על גבעת נישאת במרחק 400 מטר צפונית לקצה המזרחי של הישוב הררית ברכס יוטבת אשר בגליל התחתון. מבדד, או לאורה, הינו מקום התבודדות לנזירים נוצריים שרוצים להתנתק מהעולם. צורת חיים כזו היתה נפוצה בתקופה הביזנטית במדבר שומרון ויהודה ונמשכת עד היום הזה. מבדד נטופה הוקם בשנת 1965 על ידי האב ההולנדי יעקב וילברנט בהשראת סיפור דודו, שתמך ביהודים בזמן השואה, נלקח למחנה דכאו ועבר מסכת התעללויות. הנזירים רובם הולנדים, גרים במקום בבקתות ישנות, ללא חשמל, ואת מי הגשמים הם אוספים בעצמם לבורות. שביל מסודר מעגלי מקיף את המתחם ללא גדר ולאורכו מספר מבנים ובמרכזם – כנסייה תת קרקעית (שיועדה בהתחלה להיות בור מים),הבנויה על בסיס מערה, ויש בה גם ספרייה וחדר אוכל. את היום יום מעבירים הנזירים בתפילות בחקלאות, בגינון ובמלאכות בית.
בפינה הצפון מערבית עובר השביל ליד מבנה עץ מוזר "מגדל השובך" (ראה תמונה בעמוד ענן), כנראה מקום התבודדות מודרני של הנזירים. הגישה ל"מבדד נטופה" מהקצה המזרחי של הישוב הררית המוקף כולו בגדר. בפינה הצפון מזרחית יש בגדר שער להולכי רגל, ממנו יוצאת שביל עפר נוח החוצה אוכף עם מטע זיתים ולאחר 200 מטר מגיע לגבעת המבדד.
הצומח הטבעי במקום מורכב מחברת חרוב מצוי ואלת מסטיק ועליו נטעו הנזירים צמחי תרבות רבים שכנראה הביאו מארצות מוצאם. העץ הנפוץ הוא אורך ירושלים אשר התבסס בגבעה באופן טבעי ומקור זרעיו, כנראה מיערות קק"ל סמוכים.





ציור טיפוסי פרחים של חרוב מצוי על בסיס תמונות מיקרוסקופ סורק של ניצנים. מתוך Tucker-1996
1,2,3 – פרח דו-מיני.4,5 – פרח נקבה עם שריד של אבקן. 8 – דיאגרמת פרח דו-מיני.

משנת 2014 חזרנו כל שנה אל עץ החרוב הדו-מיני במבדד נטופה אשר ליד הררית בגליל-התחתון ובדקנו את התפרחות. באותה תפרחת ניתן לראות פרחים הנקביים אבקנים בעלי אבקה פוריה, ופרחים נקביים בעלי זירי אבקנים חסרי מאבקים (סטמינודים). ניתן למצוא בתפרחת פרחים עם דרגות שונות של אבקנים מנוונים: מאבקים הנראים שלמים עם שתי לשכות ובגודל נורמלי אך ללא זיר, ומאבקים קטנים בעלי לשכות מעוותות. כמו כן ניתן לראות פרחים בעלי 5 אבקנים היושבים בחיק שרידים של חמישה עלי העטיף מנוונים, ובפרחים אחרים בעלי שרידים של 5-10 אבקנים עקומים בדרגות שונות של ניוון. כל ניסיונותנו למצוא עצים נוספים של חרוב דו-מיני באזור מבדד נטופה או ברכס הררית-יודפת ובקעת סחנין עלו בתוהו.

מציאת החרוב הדו-מיני רתקה את תשומת לבנו, שכן כל חרובי הבר אשר בדקנו בישראל במשך 38 השנים האחרונות היו תמיד עצים "חד-זוויגיים", שנשאו רק פרחיים זכריים או רק פרחים נקביים. מאידך נושא מיניות החרוב והקשר שלו לכתוב במקורות ובמיוחד לסיפור החרוב וחוני המעגל (ראה מסגרת) קשרו אותנו לתיאוריה האבולוציוניות על שינויי מיניות בעולם החי והצומח ולנושא קיום כרומוסומי מין בחיות וצמחים (שמידע 1994, שמידע וברנדייס 2016). חובבי צמחים רבים קושרים את סיפור 'תעלומת חוני המעגל' לאפשרות כי החרוב עשוי להחליף את זוויגו בגיל מבוגר מזכר לנקבה. הידיעות בישראל לגבי עצי חרוב דו-מיניים או עצי זכר אשר יש להם באופן חלקי גם אברי נקבה והם עושים פירות, רתקו שוחרי בוטניקה ותנ"ך רבים וניתן לקרוא על כך בספרות ובאתרי המרשתת. האם אכן דגם זה קיים בשדה?



תפרחת דו-מינית של 'חרוב הררית' החונטת פרי רק בחלק מפרחיה. כל הפרחים היו בעלי אבקנים ארוכי זיר אך כנראה עקרים. הררית, 23.10.2016
צלם: יוסי סלבצקי ©
להגדלה – לחצו על התמונות

"אגדת חוני המעגל אודות החרוב"
בתלמוד (תענית, כג ע"א, ראה הדף היומי על חרוב מאת משה רענן), מספרים על חוני המעגל: "יום אחד הלך בדרך, ראה אדם שנוטע עץ חרוב, אמר לו: עץ זה, עד כמה שנים טוען פרי. ענה לו: עד שבעים שנה (כלומר חרוב זה יניב פרי לאחר שנים רבות). אמר לו האם פשוט לך שאתה חי שבעים שנה, שאתה נוטע העץ ודעתך ליהנות ממנו? ענה לו אותו אדם: עולם מלא בחרובים מצאתי, כפי ששתלו לי אבותיי, כך שותל אני גם כן לבני".
תלי תילים של פרושים לפסוק זה כאשר לענייננו עולה השאלה (רענן , הדף היומי – "חרוב- נטע חרובא"): האם החרוב עשוי לשנות את זוויגו ולהפוך בבגרותו או במשך חייו מזכר לנקבה? שכן בסיפור של רבי יוחנן במסכת תענית אומר הנוטע לחוני המעגל שהחרוב יתחיל להניב פירות רק לאחר שבעים שנה. כלומר חלק מהמפרשים מציעים כי עץ החרוב המדובר היה זכר וכי קיימת תופעה בחרובים בה עצי זכר הופכים בבגרותם או בזקנותם לעצי נקבה. לצערנו, אין כל עדות לתופעה זו בחרוב.

אחד מאתנו (א.ש.) מדגיש בהדרכותיו שנים רבות כי בהשוואה לכתוב בספרות (אלון 1982 ,1988, כסלו 1982, ליפשיץ וביגר 1998) אין בישראל עץ בר של חרוב מצוי דו-מיני וכל מי שיגלה עץ חרוב זכר בעל פרחי נקבה ו/או פירות "יזכה לפרס גדול". מאז 1970 מחפש כותב שורות אלה פרט של חרוב דו-מיני הגדל בר ומעלה חרס. ניתן לבדוק זאת רק בעונת הפריחה של החרוב בחודשי ספטמבר- נובמבר. חרוב הנושא פירות ברור שזוויגו הוא נקבי אך האם יש לפרחיו גם אברי זכר, או האם יש לו פרחים זכריים נוספים?
במשך שנים קבלנו ידיעות מחברים שמצאו "חרוב דו-מיני" אך שבדקנו את העצים התברר

לנו כי התצפיות לא היו מדויקות. במרבית המקרים, היו אלה שני עצים סמוכים שענפיהם צמודים זה לזה, אך כל עץ היה חד-זוויגי. במיוחד זכור לנו סיפור החרוב הדו-מיני מנחל בוסתן. בשביל השחור היורד מרכס יערות הכרמל למזלג נחל בוסתן – לנחל אורן היה ידוע על קיומו של חרוב דו-מיני. בסתיו שנת 2001 לקח אותנו פרופ' אמוץ דפני לבדוק את העץ בזמן פריחה. לאחר בדיקת העץ התברר שאלה הם שני עצים שגזעיהם צמודים זה לזה, אחד בעל תפרחות נקביות בלבד והשני בעל תפרחות זכריות בלבד.

עצים אחרים של חרוב "דו-מיני" שדווח עליהם כעצי בר, היו חרובים נטועים שנשתלו במטעים ולאורך שדרות בשנות החמישים-שישים של המאה הקודמת (שוורצמן 1934). חרובים אלה, שנועדו לייצור פירות משובחים, היו לרוב צמחי נקבה אשר הורכבו על כנות זכריות. ברבות הימים הוציאו עצי-תרבות אלה "חזירים" מהכנות הזכריות שעליהם התפתחו תפרחות זכריות. חרובים אלה תועדו בצדק על ידי חובבי הטבע כעצים דו-מיניים. בפריחתם הם מכילים הן תפרחות זכריות והן תפרחות נקביות (אך לא פרחים דו מיניים). כאשר באנו ובדקנו אותם התברר כי מקורם נטע אדם. חובבי הטבע מוזמנים לבדוק לדוגמא את חורשות החרוב בעמק האלה, בכניסה לטירת-צבי וברחבי פארק מרשה ולהבחין בעצים נותני פרי (היינו נקבות) אשר בגזע המרכזי שלהם ענפים נושאי תפרחות זכריות.



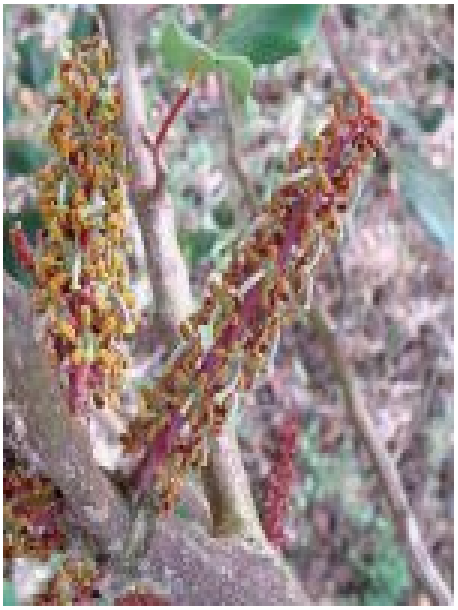
מימין: פרח דו-מיני של "חרוב הררית" בעל זירי אבקנים ארוכים אך עקרים. צלם: יוסי סלבצקי ©, 23.10.16, הררית.
במרכז: פרח דו-מיני של עץ "חרוב הררית" בעל זירי אבקנים קצרים. בספרות מדווח על פרחים דומים בספרד שהם "עקר-זכרי" כלומר המאבקים אינם נושאים אבקה פוריה. צלם: יוסי סלבצקי, ©23.10.16, הררית.
משמאל: תפרחת דו-מינית של "חרוב הררית" בו נראית תחילת גדילת הפרי כאשר רוב הפרחים אינם חונטים ורק מיעוטן גדל לפרי בשל. דגם זה קורה גם בתפרחת נקבית "נורמלית" בה בממוצע 107 פרחים ובתפרחת פורה רק 2-6 פירות. הררית, 23.10.2016 צלם: יוסי סלבצקי ©
להגדלה – לחצו על התמונות

מה נוכל ללמוד מהסיפורים אודות מיניותו של החרוב?

בטיולנו בטבע, ברחבי אגן הים-התיכון, כשאנו רואים עץ חרוב פורח החשוד כדו-מיני, אנו ממליצים להתבונן לבדוק ביסודיות ולסווגו לאחד חמישה טיפוסים (תמונות 13,14,15,16,17,18):

1. **טיפוס 'דו-מיני כפול'** – כל הצמח הוא דו-מיני וגם כל פרחיו הם דו-מיניים ,כלומר בכל פרח גם אבקנים וגם עלי וצלקות. מקרים כגון אלה תוארו מעצים בספרד ובאיי מיורקה (Leshem Y and Ophir D 1977, Tucker SC 1992, Arista M, Ortiz P and Talavera S 1999, Custódio et al. 2004).
2. **טיפוס 'חד-ביתי חד-מיני' (Monoecious)** – העץ הוא דו-מיני אך תפרחותיו חד-מיניות. כלומר, הפרחים הם חד-זוויגיים ונישאים על תפרחות נקביות בנפרד מהתפרחות הזכריות הגדלות על אותו העץ (בדומה לאלון, אגוז, אורן וברוש). הידיעות על קיום טיפוס מיניות זה מבוססות פחות (Tucker SC 1992) אך מצאנו אותם במטעי חרוב נטועים בשפלה וגם במשתלת קק"ל בצומת גולני.
3. **טיפוס 'פוליגמי' (Polygamous)** – העץ נושא תפרחות שונות ומעורבבות גם פרחים זכריים גם פרחים נקביים וגם פרחים דו-מיניים. טיפוס זה קרוי בספרות הבוטנית הקלסית בשם "צמח פוליגמי" וידוע למשל במיני הסוג מילה ואדר (Wallander 2001, 2008, Dommée et al. 1999, Tal 2003). הוא מתואר גם בספרות המדעית מספרד.
4. **טיפוס 'דו-מיני עקר זכרי'** – עץ אשר פרחיו דו-מיניים אך האבקנים שלו אינם פוריים. טיפוס זה קרוי בספרות "עקר זכרי" והוא קיים בחרובים הגדלים במערב הים-התיכון, בספרד, פורטוגל ובאיי מדרה Arista M Ortiz P and Talavera S 1999, Custódio et al. 2004).
5. **טיפוס 'דו-ביתי בלעדי'** (**Dioecious**) – לאוכלוסיית העץ שני טיפוסי זוויג הכוללים עצי זכר טהורים ועצי נקבה טהורים. אין טיפוסי ביניים בין שני טיפוסי הזוויג. אוכלוסיה מטיפוס זה מתוארת מכל ארצות מזרח-הים התיכון: קפריסין (Meikle 1977), לבנון-סוריה (Post 1932) תורכיה (Davis 1965-88) . בישראל נתון החרוב בפלורה ובמגדירים כעץ דו-ביתי, נדיר פוליגמי (זהרי 1976). ככל שבדקנו בשטחים פתוחים בעלי צומח טבעי בישראל, אמתנו את הכתוב בפלורות כי החרוב המצוי הגדל בר באגן המזרחי של הים-התיכון מכיל רק צמחים חד-זוויגיים, היינו הוא מטיפוס המיניות של "דו-ביתי בלעדי".

טיפוס המיניות השלישי "פוליגמי", נדיר מאוד בטבע וידוע בישראל רק בסוגים מועטים של צמחים: אולמוס, כותלית, פורסקולאה ולובד. הטיפוס הרביעי שכיח למדי בקרב צמחים דו-ביתיים אך טרם נחקר היטב בארצנו: בצמח הנקבי מופיעים בנוסף לעמוד העלי והצלקות גם אבקנים מנוונים בצורת זירים מעוותים (דוגמת **שבטן לבן**, **אספרג החורש**, **ער אציל**) או אבקנים בעלי מאבקים חלקיים עקרים (דוגמת **רכפתן מדברי**). כאשר אנו בודקים אוכלוסיה טבעית בת פרטים רבים של עצים בני אותו המין מטיפוס המיניות השלישי או הרביעי, היא עשויה לכלול רצף של טיפוסי מיניות. למשל בסוג רכפתן מדברי (וולף ושמידע 1995), נמצא באותה אוכלוסיה שיחים מטיפוס זכר-בלעדי, נקבה-בלעדית וטיפוס שלישי של תפרחות בעלות פרחים דו-מיניים לא מושלמים; כאלה שהם בעלי טיפוס מס.4 או פרחי זכר בעלי עלי מנוון בחלקו. בדיקה של מאות חרובים ברחבי ישראל העלתה כי באוכלוסיות הבר בארץ קיים רק הטיפוס מס.5, מצאנו אך ורק עצים "טהורי זוויג" כלומר זכר-בלעדי או נקבה-בלעדית ולא מצאנו בחרובי הבר בישראל עצים דו-מיניים או עצים שהם לכאורה בעלי פרחים דו-מיניים הנושאים בפרחיהם את שני הזוויגים אלא שאחד מהם איננו פורה (נקראים בספרות המדעית בשם – " נקבה פונקציונלית" כלומר מכילה גם אברי זכר אלא שאלה אינם פוריים). לכן כאשר מצאנו את העץ של חרוב דו-מיני בהררית חזרנו ובדקנו אותו ביסודיות. שכן מחד נכתב רבות בספרות העולמית על 'חרובים דו-מיניים' אך מאידך אנו לא הצלחנו למצוא עץ כזה בחברת-צומח טבעית במשך 36 שנה.




תפרחת ופרח דו-מינית של חרוב מצוי מהאי מיורקה. מקור: אינטרנט
להגדלה – לחצו על התמונות

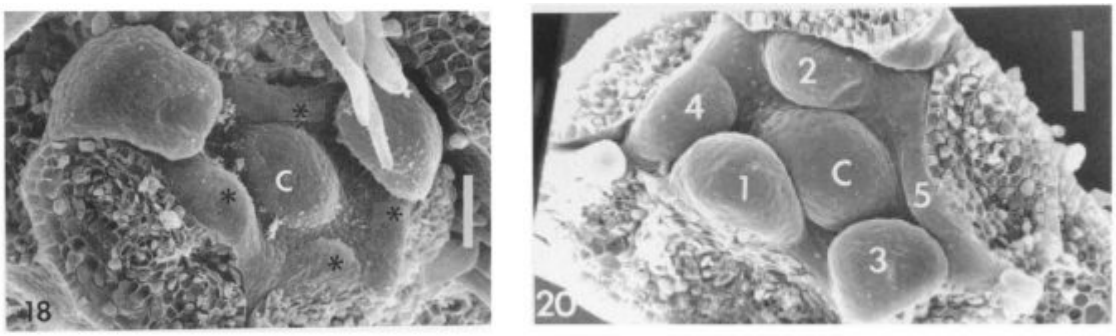
מה ידוע בספרות המדעית על תורשת הזוויג בחרוב?

לחרוב יש 24 כרומוסומים (Custódio et al. 2004, Batlle and Tous 1997), כלומר 12 זוגות של כרומוזומים כאשר על פי המחקר הספרדי, קביעת הזוויג היא גנטית אך איננה ממוקמת על כרומוסומים מיוחדים הם כרומוסומי המין. במקרה זה נאמר כי הגנים האחראים על טיפוס המיניות של החרוב ממוקמים על האוטוסומים, שהם כרומוסומים רגילים. הבדל זה, בין מיקום תכונת הזוויג על האוטוסומים לבין מיקומה על כרומוסומי מין מיוחדים נראה לכאורה עניין מילולי גרידא אולם יש לו היבט מהותי.

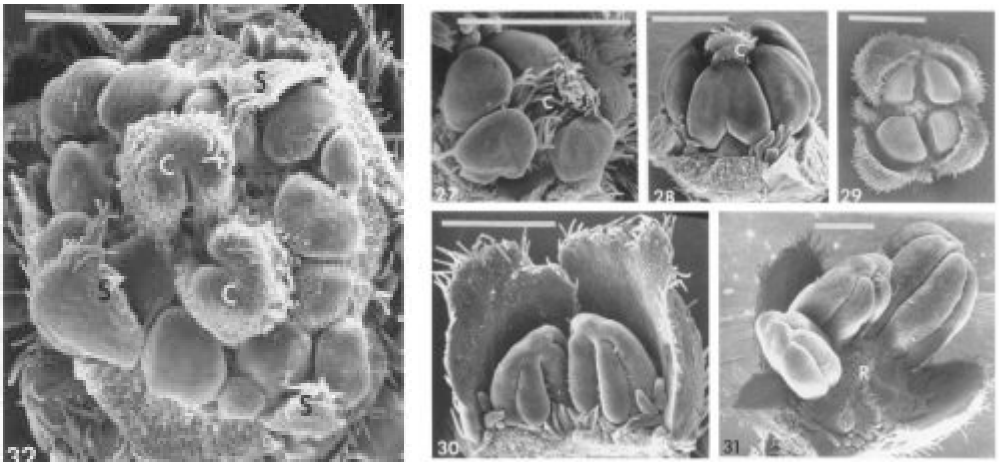
מדוע בכלל נתנו שם מיוחד לזוג הכרומוסומים הנושא את תכונות הזוויג ולכל שאר זוגות הכרומוסומים קראו בשם אוטוסומים? התופעה התגלתה במערכת הכרומוסומים של האדם: כרומוסום יחיד היה ארוך מכל השאר ולא נמצא לו בן-זוג. לכן קרא לו מגלהו בשם כרומוסום Y ולכרומוסום בן-זוגו אשר טרם התגלה קרא בשם X. עם השנים התגלה כי זהו דגם התורשה הזוויגית השכיח בין כל מיני היונקים והסימון התאזרח במחקר המדעי. ההכללה החשובה היא שאורכו של כרומוסום Y שונה מאוד מגודלו של כרומוסום X. רק בשנות השמונים, בעקבות המחקר המולקולרי-גנומי, התבררה הסיבה מדוע כרומוסום Y שונה בדרך כלל בגודלו מכרומוסום X . הסיבה היא שהוא לא עובר רקומבינציה ועל כן מתרחשים בו תהליכים של הכפלות קטעי ד.נ.א. או זריקת קטעי ד.נ.א. אשר התקלקלו. לעומת כרומוסום Y, כרומוסום X ממשיך לעבור רקומבינציה כל דור שני בממוצע (כאשר הוא נמצא בזוויג נקבי) ואז תהליך הרקומבינציה מתקן את קטעי ד.נ.א. הפגומים והוא נפטר מכפילויות מיותרות (Bernstein et al. 2010). במצב בו תכונת הזוויג ממוקמת על

אחד האוטוסומים הרי מתבצע רקומבינציה בין כל זוגות הכרומוסומים בכל חלוקת הפחתה ולפיכך לא נקבל תהליך אבולוציוני המביא ליצירת כרומוסומי מין (ראו הערה 1).

עד כה גילו בצמחים מספר מינים מועט ביותר (40) שהם בעלי כרומוסומי מין, כאשר חלקם התגלו בצמחים דו-ביתיים (Barrett and Hough 2013, Charlesworth 2018). מסתבר כי קביעת הזוויג לא נעשית על ידי מנגנון גנטי פשוט באמצעות מערכת "XX , XY " אלא על ידי מערכת גנים היושבים על האוטוסומים ומדכאים את התפתחותו של זוויג מסוים (Charlesworth 2018). החוקר טאקר מצא כבר בשנות התשעים של המאה הקודמת (Tucker 1996) כי פרחי החרוב לעומת מינים אחרים הקרובים אליו במשפחת הקטניות הם חסרי כותרת כבר בתחילת דרכם האונטוגנטית (ההתפתחותית). בתחילת התפתחותם, כל פרחי החרוב הם דו-מיניים ורק בהמשך התפתחות ניצני הפרחים מדוכא אחד הזוויגים. Tucker מצא פלסטיות רבה מאוד בהתפתחות התכונות של ניצני פרח החרוב של כל זוויג (ראה תמונות): במספר אברי דור הגביע והאבקנים, בהופעת חפה הפרח, בצורת התפרחת, בהעדר אבקנים או שחלה בפרח התחילי, בהתפתחות הפרח האפיקלי, וכמו בעץ במבדד נטופה, בהופעת פרחים הרמפרודיטים ופרחים נקביים בעלי אבקנים מנוונים. טאקר לא שם לב למקור החרובים וציין שהדגימות נלקחו מהגן-הבוטני בקליפורניה, מגן-בוטני במיאמי ומעשביית האוניברסיטה העברית בירושלים. טאקר לא היה מודע לאפשרות כי בגנים הבוטניים שתולים זנים תרבותיים השונים מזני הבר.



צילום מיקרוסקופי בטכנולוגית SEM של ניצני פרח חרוב מצוי דו-מיני. מתוך Tucker 1996
מימין: ניצן פרח פנטמרי בעל 5 אבקנים, ממנו הוסרו רוב עלי הגביע, האבקנים ממוספרים בסדר התפתחותם והשחלה מסומנת C.
משמאל: ניצן פרח הקסמרי בעל דור של 6 אבקנים המסומנים בכוכב) ו 6 עלי גביע אשר חלקם הוסרו כדי לחשוף את השחלה המסומנת C במרכז.
להגדלה – לחצו על התמונות



צילום מיקרוסקופי בטכנולוגית SEM של ניצני פרח חרוב מצוי. מתוך Tucker 1996
מימין: פרחים הרמפרודיטים של חרוב אשר חלק מאבריהם הוסרו כדי לחשוף אברים מסויימים. 27,28- פרח פנטמרי בעל חמישה אבקנים. 29- פרח הרמפרודיט בעל 4 אבקנים. 31- פרח אשר 2 אבקנים הוסרו כדי לחשוף את השחלה.
משמאל: פרח טרמינלי בתפרחת חרוב בעל שתי שחלות (פרי רודימנטרי), 8 עלי גביע ו-15 אבקנים.
להגדלה – לחצו על התמונות

כתוצאה מברור שערכנו במסגרת עבודה זו, מתברר כי בישראל גדלה אוכלוסיה 'דו-ביתית בלעדית' ולעומת זאת במערב הים-התיכון, ובמיוחד בספרד ובאיים הבליאריים, גדלים בתרבות ובבר טיפוסי חרוב בעלי מיניות "הרמפרודיטית" בני הטיפוסים 1, 2, 3, או 4. מקור החרובים במחקרו של טאקר הגיע ככל הנראה ממערב הים-התיכון ולכן הוא קיבל ספקטרום רחב של טיפוסי מיניות תוך כדי התפתחות הפרחים. מצב זה מתאים למערכת מיניות גנטית אוטוסומלית בעלת טיפוסי ביניים, המושפעת גם מתנאי הסביבה. לעומת זאת במזרח הים התיכון מצב של "טיפוס מיניות דו-ביתי בלעדי" קשור אולי למנגנון קביעת זוויג גנטית הכולל כרומוסומי מין (שמידע וברנדייס 2016). במצב כזה יחס הזוויגים בטבע בין זכרים לנקבות הוא 1:1 ואכן זהו היחס שאנו מקבלים בספירת אוכלוסיות בר של חרוב ברחבי ישראל.

מצב של מיניות שונה בתוך אותו המין בין מזרח הים-התיכון למערבו נמצאה עד כה בשני צמחים באזור הים-תיכוני (Thompson 2005). החוקר פאנל מצא כי בעוד אוכלוסיות המרקולית בספרד ובמרוקו הן בעלות טיפוס מיניות חד-בייתי חד-מיני , הרי בישראל מרקולית מצויה היא 'דו-ביתית בלעדית' (וייסמן ושמידע כתב-יד). אוכלוסיות המין ירוקת-חמור מצויה מציגה דגם הפוך: בישראל כל פרטי ירוקת-החמור הם 'חד-ביתי חד-מיני' (Monoecious), ובצפון אפריקה ובדרום ספרד האוכלוסיות הן 'דו-ביתיות בלעדיות'.

על טיפוסי מיניות בחרוב בר ובחרובים תרבותיים

באנציקלופדיה החי והצומח (אלון 1988) תארה סלביה גפט-רייך את החרוב כבעל שלושה טיפוסים. את הטיפוס השלישי הדו-מיני תארה "כנושא פרחי זכר, פרחי נקבה ופרחים דו-

מיניים" ולא פרטה איך הם מחולקים בין ובתוך כל תפרחת. כסלו (1982) מתאר את טיפוס המינית השלישי כעצים דו-מיניים הנושאים הן תפרחות זכריות והן תפרחות נקביות (נפרדות). תאור זה נאמן למציאות אך מצוי כנראה באזורנו רק בעצים שתולים. בישראל גדלים עצים מוברים (פליטי תרבות) רבים, כלומר כאלה אשר מקורם מזרעים של עצים שתולים והזרעים נבטו והצליחו בשטחים טבעיים. מעניין לבדוק מהו טיפוס המיניות של עצים אלה?

במשך שנים רבות חיפשנו בחרובי הבר את הטיפוס השלישי הדו-מיני והעלו חרס. בשנת 2004 בדקנו מטעי חרוב עזובים בעמק האלה ושם מצאנו עצים רבים העונים לתיאור של כסלו: אפשר למצוא תפרחות נקביות "טהורות" ובנפרד להן גדלות על אותו עץ תפרחות זכריות "טהורות". בדיקה נוספת העלתה כי אלה הם עצים מורכבים, כלומר היו אלה במקור עצי זכר אשר הרכיבו עליהם נוף נקבי כדי לקבל יבול פרי. דגם מיניות כזה לא מצאנו אף פעם בחרובי בר. ההרכבה נעשתה כדי שכל העצים במטע ישאו פרי וכדי להבטיח פירות משובחים בעלי משקל גבוה ותכולת סוכר גבוהה.



תפרחת נקבית (מימין) ותפרחת זכרית (משמאל) בשני עצי חרוב נפרדים ליד יד-מורדכי. צילם: קוצי 2.11.2015
להגדלה – לחצו על התמונות

לאחר קום המדינה, בשנות החמישים-שישים של המאה הקודמת, נטעו אלפי דונם של מטעי חרובים בעיקר באזור השפלה בתקווה להפכם לענף כלכלי משגשג (שורצמן 1953). בשתיל החרוב לא ניתן לזהות האם הוא זכר או נקבה ועל כן את עצי החרוב אשר עם הגיל התברר שהם זכרים הרכיבו עליהם נקבות. כמו כן מספר שוורצמן (1934) כי היו נוהגים להרכיב ענפי זכר על עצי הנקבה לשם הצלחת ההפריה בדומה לנעשה במטעי הבוטנה. זהו ההסבר לדעתנו לידיעות המופיעות חליפות לבקרים על "חרובים דו-מיניים" ברחבי ישראל. לדוגמא נצטט את אמירתו של יובל עברון באתר "בוטניקה לאוהבים- צמחי א"י" מתאריך 13.10.2013 : "החרוב הוא תלת-ביתי כלומר יש עצים שיש עליהם רק פרחים זכריים ישנם עצים שיש עליהם רק פרחים נקביים וישנם עצים שיש עליהם גם פרחים זכריים וגם פרחים נקביים....תקרא בחי והצומח בא"י ותצא לטייל בנחל עמוד ותחפש ותמצא פרטים נקביים עם ענף זכרי. כשיודעים מחפשים ומוצאים".



לסיכום, מהו טיפוס המיניות של החרוב? לעניות דעתנו לא מוצדק לקרוא לחרוב הבר בישראל 'תלת-זוויגי' אלא הוא 'דו-ביתי בלעדי'. כפי שנראה להלן חרובים בני הטיפוס השלישי הדו-מיני שכיחים בתרבות ו/או גדלים רק במערב הים-התיכון (Batlle and Tous 1997).

סוף דבר – עם פנים לעתיד

שאר התגליות והסיפורים בהקשר של חרובים הרמפרודיטים, תלויים בכם הקוראים. החרוב פורח כל שנה מספטמבר ועד סוף נובמבר. ממחקר שערכנו באוכלוסיות הטבעיות בישראל עולה כי הפריחה מקדימה ברום טופוגרפי גבוה ומתאחרת במעונות הנמוכים (כנראה גם

למין זה יש 'היפוך פריחה', ראה דפני וחב. 1975). זה הזמן לבדוק ולדווח לנו על חרובים בעלי 'סקס גמיש', היינו שפרט לעצים בעלי פרחים חד-זוויגיים בלעדיים מוצאים עצים בעלי תפרחות מעורבות או אף פרחים דו-מיניים. השאלות רבות ומעניינות ולא צריך ציוד מתוחכם כדי לבודקן:

1. האם בישראל ישנם עצי בר של חרוב דו-מיני ? האם אלה, לפי מיטב ידיעתכם אלה עצי בר ?
2. האם אלה הם עצים דו-מיניים בעל תפרחות נפרדות של פרחי נקבה ופרחי זכר או לכל התפרחות יש פרחים דו-מיניים?
3. האם בתפרחות הנקביות אפשר למצוא באופן קבוע אבקנים מנוונים או אבקנים בעלי אבקה לא פוריה?
4. האם תמיד עצי הזכר מקדימים לפרוח לפני עצי הנקבה? (יש בידנו מקור אחד הטוען לדגם הפוך!).
5. האם עצי החרוב מקדימים לפרוח ברום טופוגרפי גבוה?
6. האם באוכלוסיות רבות יחס הזוויגים באוכלוסיה הוא בקרוב 1:1, כלומר מחציתם זכרים-ומחציתפ נקבות (אנא ספרו 50 ו-100 עצים בלבד) ?

"***רק אתם המטיילים, עם סקרנותכם ואהבת הטבע תוכלו לעזור ולענות על שאלות מעניינות אלה***".

ספרות:

אורשן ג שמידע א ונוי-מאיר ע 1975 סקר מרעה טבעי בשומרון המזרחי. חוברת המחלקה לבוטניקה, האוניברסיטה העברית ירושלים. 36 עמודים.

אלון ע 1988 החי והצומח של ארץ-ישראל, אנצקלופדיה שימושית מאוירת. כרך 12, עמ' 118-117. הוצאת משרד הביטחון.

דנין א 1979 החרוב המצוי בהר-הנגב – שריד מתקופות גשומות. טבע וארץ, כ"א (3): 123-122.

דפני א שמידע א ואבישי מ 1975 הפריחה של מבשרי הגשם בצמחיית א"י. "טבע וארץ", י"ז: 6, 269-281.

וולף ל אריאלי א ברנס ג ושמידע א 1995 טיפוסי מיניות והאבקה ברכפתן מדברי. אקולוגיה וסביבה 2: 71-78.

זהרי מ 1955 גיאובוטניקה, ספריית פועלים מענית, הוצאת הקיבוץ הארצי השומר הצעיר, מרחביה, 590 עמ'.

זהרי מ 1976 מגדיר חדש לצמחי ישראל, הוצאת עם עובד, תל-אביב.

כסלו מ 1982 חרוב מצוי. בתוך: החי והצומח של ארץ ישראל – כרך 10: צמחים בעלי

פרחים א'. עורכים: דוד הלר ומיכה לבנה. עורך האנציקלופדיה: עזריה אלון.

ליפשיץ נ וביגר ג 1998 כי האדם עץ השדה – עצי ארץ-ישראל, מאפייניהם, תולדותיהם ושימושיהם. אריאל וקק"ל.

שוורצמן מ 1934 עץ החרוב וגידולו בפלשתינה (א"י). חוברת יעור 1. מחלקת החקלאות והיערות. ממשלת פלשתינה.

שמידע א וכהן ד 1983 זכר ונקבה ברא אותם – אבל למה? על המיניות בצמחים ובבעלי חיים. טבע וארץ כ"ו (1): 19-28.

שמידע א 1992 מדריך העצים והשיחים בישראל. הוצאת כתר, ירושלים.

שמידע א 1994 טיפוסי מיניות בעצים ובשיחים. "אקולוגיה וסביבה" מס' 1:3 עמ' 177-186.

שמידע א 2016 א. פריחת החרוב: מדוע חרוב זכר פורח מוקדם מהנקבה ? כלנית 2 https://www.kalanit.org.il/ceratonia-news/#more-8733

שמידע א 2016 ב. חרוב מצוי – פורח בנובמבר בחבל הים-תיכוני. כלנית 2 https://www.kalanit.org.il/ceratonia-siliqua-nov-16/#more-9119

שמידע א וברנדייס מ 2016 מדוע נכחדו הדינוזאורים: על אסטרטגיות של קביעת הזוויג וההשלכות שלהן על האבולוציה של צמחים וחיות. טבע הדברים 245: 14-24.

——

Arista M Ortiz P and Talavera S 1999 Apical pattern of fruit production in the racemes of *Ceratonia siliqua* (Leguminosae: Caesalpinioideae): role of pollinators. American Journal of Botany, 86: 1708–16.

Batlle I and Tous J 1997. Carob tree. *Ceratonia siliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 17. Institute of

Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben. Rome, Italy.

Barrett SCH and Hough J 2013 Sex dimorphism in flowering plants. Journal of Experimental Botany 6.

Bernstein H and Bernstein C 2010 Evolutionary origin of recombination during meiosis. Bioscience, 60: 498-505.

Charlesworth D 2018 Does sexual dimorphism in plants promote sex chromosome evolution? Environmental and Experimental Botany 146: 5-12.

Charnov EL 1982 The Theory of Sex Allocation. Princeton University Press, Princeton New Jersey.

Custódio L Nogueira JMF and Romano A 2004 Sex and developmental stage of carob flowers affects composition of volatiles. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 75: 689–92.

Custódio L Serra H Nogueira JMF Gonçalves S et al. 2006 Analysis of the volatiles emitted by whole flowers and isolated flower organs of the carob tree using HS–SPME–GC/MS. Journal of Chemical Ecology, 32: 929–42.

Dafni A Maron-Levi T Jurgen A Dttel S et al. 2012 Ambophily and “super generalism” in *Ceratonia siliqua* (Fabaceae) pollination. In (S. Patiny ed.): Evolution of Plant–Pollinator Relationships. Cambridge University Press, Cambridge.

Davis PE 1965-1988. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vols. 1-11. Edinburgh Univ. Press, Edinburgh.

de Jong T Thuijsman F Shmida A 2008 Optimal sex allocation in plants and the evolution of Monoecy. Evolutionary Ecology Research, 10: 1082-1109.

Galili E et al. 1993 Atlit-Yam – a prehistoric site on the sea-floor off the Israeli coast. J.of Field Archaeology, 20: 133-157

Lewis G Schrire B Mackinder B and Lock M 2005 Legumes of the world. The Royal Botanical Gardens, Kew.

Liphschitz N 1987 Ceratonia siliqua in Israel: an ancient element or a newcomer? Israel Journal of Botany 36: 191-197.

Meikle RD 1977 Flora of Cyprus. Royal Botanic Gardens Kew, London. vol I, pp. 589-591.

Post GE 1932-1933 Flora of Syria, Palestine and Sinai, 1883-1896 2nd Dinsmore JR (ed.) 2 Vols. American Uni. Press, Bierut.

Thompson JD 2005 Plant Evolution in the Mediterranean. Oxford University Press.

Tucker SC 1992 The developmental basis for sexual expression in *Ceratonia siliqua* (Leguminosae: Caesalpinioideae: Cassieae). American Journal of Botany 79: 318-327.

Zohary M and Orshan G 1959 The Maquis of Ceratonia siliqua in Israel. Vegetatio 8: 285-297.

Zohary D Hoff M and Weiss E 2012 Domestication of Plants in the Old World – The origin and spread of domesticated plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin. Fourth Edition.

==========

הערות:

[1] אם היינו מנסים להיות עקביים במינוח העברי היה עלינו לכנות את הכרומוסומים

האחראים על טיפוס הזוויג באורגניסמים בשם "כרומוסומי הזוויג" ובכך יהיה קל להבדיל בעברית בין המונח מין – Species לבין המונח "מין"- Sex. אך איננו הולכים הפעם כנגד הזרם, זאת לאחר שלפני שנים (שמידע וכהן 1983) ניסינו להפיץ בעברית את המונח "חד-זוויגי" ולא הצלחנו – נכנה את הכרומוסומים האחראים על המיניות בשם "כרומוסומי מין".

==========

כל הזכויות שמורות ל"כלנית" ©

ציטוט: שמידע א ותור י 2018 האם החרוב בישראל הוא דו-ביתי? כתב-עת "כלנית" מספר 5.

האם חרוב Ceratonia siliqua דו-מיני גדל בר בישראל?