על הסוג חמצה (חומוס) Cicer וחמצת יהודה Cicer judaicum בישראל

אבי שמידע – המחלקה לאבולוציה ואקולוגיה והמרכז לרציונליות, האוניברסיטה העברית ירושלים avi.shmida@gmail.com

שחל עבו – החוג לגידולי שדה וירקות, הפקולטה לחקלאות מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית', , האוניברסיטה העברית, רחובות shahal.abbo@mail.huji.ac.il

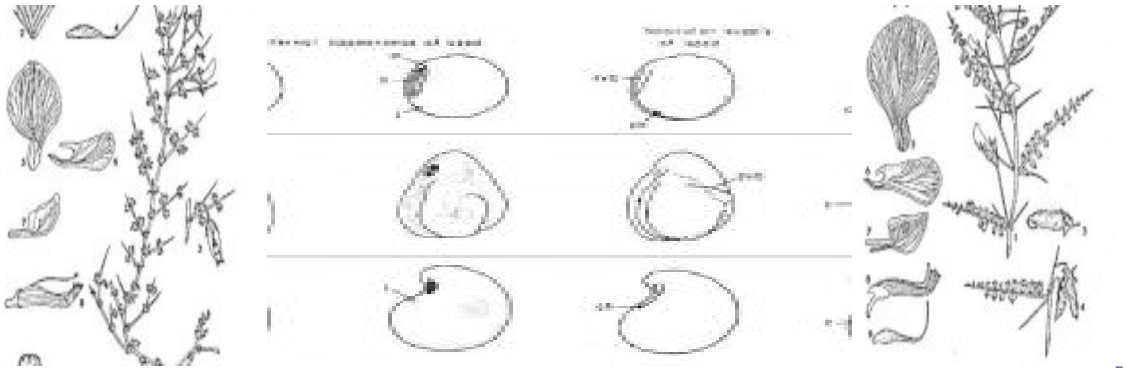
לעומת שאר הסוגים בשבט הבקיים (בקיה, טופח, אפון,ועדשה) מיוחד הסוג חמצה בשערות בלוטיות "חמוצות" על אבריו. כל סוגי השבט מאופיינים על ידי קנוקנות ודווקא אלה של החמצה קטנות או חסרות לחלוטין(במרבית המינים). השערות הבלוטיות מכילות חומצה ונותנות לעלווה את הטעם החמוץ. בישראל מוכר רק מין יחיד של חמצה –**חמצת יהודה** *Cicer judaicum*, מין ויקרי ל**חמצה שסועה** הגדלה צפונה לישראל. המין התרבותי, חמצה תרבותית (חומוס), בוית בדרום-מזרח תורכיה ממין חד-שנתי הקרוב לח.יהודה. סביר שהזרעים הגדולים של שלושת מיני החומוס החד-שנתיים המוכרים מדרום מזרח טורקיה ותכונת התרמיל הבלתי מתבקע ואשר לעיתים נשאר על הצמח היבש, היו בין התכונות אשר משכו את תשומת ליבם של בני-האדם כפרלוד לביות החימצה במקביל לעדשה, אפון ובקיה. לחובבי הטבע אתגר לחפש את **החימצה המחורצת** *C. incisum* מין ר-שנתי אשר נאסף לפנים בחרמון הגבוה.

על הסוג חמצה

הסוג **חמצה** כולל 43 מינים מהם 8 חד-שנתיים והשאר ביני-שיח או צמחים עשבוניים רב-שנתיים. בעוד התפוצה של המינים החד-שנתיים מצומצמת למזרח-התיכון (עם מחדר באתיופיה) הרי התפוצה של המינים הרב-שנתיים רחבה, ממרוקו והאיים הקנריים במערב ועד מרכז אסיה,מורדות ההימלאיה בהודו ואפגניסטן במזרח. המספר היסודי של הכרומוסומים במיני החמצה הוא 8 (2n=16) בעוד המספר היסודי של הכרומוסומים ב**עדשה אפון** וחלק ממיני ה**טופח והבקיה** הוא 7 (2n=14).

החמצה נמצאת פורמלית בשבט הבקיים אך כבר דיוויס (Davis 1970) הצביע על הזיקה

שלה לשבט **השברקיים**; לחמצה שערות בלוטיות השכיחות בשברקיים, וגם עלעלי מיני החמצה משוננים בדומה למיני **השברק**. מוכר מין חד-שנתי יחיד של חמצה בעל עלה תלתני (3-עלעלים) תכונה האופיינית לעלי השברק, אך כל שאר מיני החמצה בעלי מספר עלעלים רב. מאידך מיוחד פרח השברק בטבעת אבקנים מאוחה לגמרי ובפרח המציע למאביק רק אבקה; זאת לעומת פרח החמצה אשר זהה למבנה פרח הבקיה; תשעה אבקנים מאוחים,אחד חופשי ויצור צוף בבסיס צינור הפרח. מחקר בודד מיקם את החמצה בסקציה עצמאית של שבט "חמציים" (Kupicha 1977) כיוון שתכונות מיני החמצה מראים לדעת חוקרת זו קרבה לשבט הבקיים, לשבט השברקיים וגם לשבט התלתניים. חוקרת זו מדגישה את מבנה הזרע המיוחד הפחוס מצד תפר הגב ויש לו מבנה מיוחד בהשוואה לזרעי הבקיה, העדשה והתלתן.



במרכז: השוואת צורת הזרע בסוגים בקיה(השורה העליונה-A), חמצה (שורה אמצעית-B) ושברק (שורה תחתונה-C) , מתוך Maersen 1972
מימין: חמצה מקראקנטום Cicer makracanthum בעלת עלי-לוואי קוצניים מאזור קבול באפגניסטן, מתוך Maersen 1972
משמאל: חמצה "דוקרנית" Cicer pungens בעלת עלי-לוואי קוצניים מאזור קבול באפגניסטן, מתוך Maersen 1972
להגדלה – לחצו על התמונות

כל המינים החד-שנתיים של החמצה למעט אחד משתייכים לסקציה מיוחדת "מונוציצר" **Section Monocicer**, אשר מרכז תפוצתה בסהר הפורה של המזרח-התיכון. רוב מיני הסוג חמצה הם עשבוניים רב-שנתיים אשר לפעמים החלק הבסיסי של הנוף העל-קרקעי מעוצה (ננוכמפיטים). מרכז המגוון של הסוג נמצא בהרים הגבוהים של אירן, אפגניסטן ומרכז אסיה (אוזבקיסטן, טג'יקיסטן וקירגיסטן). באזורים אלה יוצרים מיני החמצה בני שיח אשר גובהם לעיתים למעלה ממטר. זאת בניגוד ל"כרים קוצניים" הנמוכים יחסית המוכרים לנו ממרום החרמון. במספר ניכר של מיני חמצה יש נטיה לקוצניות המתבטאת בשלושה אברי צמח שונים: ציר העלה מחודד לרוב בראשו והופך קוצני (במקום לשאת קנוקנות כאופייני לשבט הבקיים); יש ועלי הלוואי הופכים אשונים,יש וזיף עוקץ הפרח הופך קוצני ; ויש מינים בהם עמוד העלי נותר כמין זיף קוצני בקצה התרמיל היבש. שני מינים של חמצה הם בעלי צורת-חיים כר-קוצית וגדלים כבני-שיח קוצניים בחגורה האלפינית-יובשנית של אירן ואפגניסטן. בתורכיה גדלים כעשרה מיני חמצה אשר חלקם צמחים חד-שנתיים וחלקם

צמחים רב-שנתיים מעוצים בבסיסם (ננוכמפיטים). אחד מהם, **חמצה מחורצת *Cicer incisum*** הוא רחב תפוצה וגדל גם בגיאורגיה, יוון, כרתים ובהרי-הלבנון עד החרמון. הוא נאסף מספר פעמים ברום החרמון אך אף ישראלי לא הצליח עדיין למצוא אותו.

מאפיין את כל מיני החמצה מספר מועט של פרחים על עוקץ תפרחת; מספר הפרחים לא עולה בדרך כלל על שלושה כאשר דווקא למינים החד-שנתיים אופייני פרח יחיד בתפרחת. מעניין כי גודלו של הפרח היחיד בצמחים החד-שנתיים קטן (6-13 מ"מ) ולא מתקיים כאן "משחק חילופין" (trade off) של מספר פרחים בתפרחת לעומת גודל פרח וגודל פרי – דגם הידוע מגרגרנית ובקיה. פרחי המינים החד-שנתיים קטנים, אורכם 6-9 מ"מ ולרוב אין רואים בהם ביקורי מאביקים. לכולם יכולת האבקה עצמית ולפחות בחלק מהפרחים האבקה משתחררת על הצלקת טרם פרישת הכותרת (קליסטוגמיה, תכונה זו שכיחה גם בסוגי קטניות חד-שנתיים אחרים). יש בכך יתרון בתנאי אקלים קשים בשעה שאין מאביקים אך מאידך דגם זה של האבקה יוצר אוכלוסיות בהן מתקיימים קוים טהורים (הומוזיגוטים). בדרך כלל שעור החנטה בטבע רב יותר בפרחים התחתונים ופוחת ככל שהעונה מתקדמת ומשאבי המים העומדים לרשות הצמח מתמעטים.

שלוש תכונות מיוחדות במיני החמצה מבקשות הסבר אקולוגי אדפטיבי: השערות הבלוטיות, צורת הזרע והנביטה ההיפוגאית. השערות הבלוטיות על כל מיני החמצה מפרישות חומצה אוקסלית המשאירה טעם חמצמץ בפה אך איננה רעילה. על פי הספרות עשוי החומר החמצמץ לשמש כחומר הגנה בפני חרקים ובעלי-חוליות אוכלי עשב אך אנו לא נוכחנו בהגנה זו בשדה; צמחי חמצה נאכלים בשקיקה על ידי צבאים (ידע אישי) ; יתכן והשעירות הבלוטית מהווה הגנה פיזית-כימית טובה כנגב חרקים הרביבוריים דוגמת חגבים וזחלי פרפרים אך חמצת התרבות רגישה מאד לזחלי פרפרים הנוברים בזרעים. קרוב לוודאי כי השם העממי של החמצה התרבותית – "חמצי" בארמית ו"חומוץ" בערבית נובע מהטעם החמוץ של העלים והפרי הירוק (פליקס ושלו , ויקיפדיה בערך חומוס וחמצה) .

לגבי צורת הזרע המיוחדת למיני החמצה לא העלנו כל הסבר אדפטיבי מדוע הזרעים נראים כה מוזרים. לעומת כל שאר מיני הקטניות להן זרעים עגולים, שטוחים בעלי פנים מעוגלות, הזרע של חמצה בעל צורה מגובנת מגובששת שונה מאוד מכל שאר סוגי הקטניות הצפוניים והים-תיכונים. בזרע של כמה מיני חמצת בר ובזה של המין התרבותי , שהוא גדול במיוחד, ניכר תפר גב החוצה את הזרע. משני צידי תפר הגב מתבלטים שני גבנונים אחד על כל פסיג ובליטה דמוית מקור הפונה קדימה אשר ממנה מגיח שורש הנבט .בליטה דמוית אף זו, היא

כנראה המקור לדעתו של י.פליקס כי שמה של החמצה במקורות הוא "אפון" (כיום מיוחס השם אפון לסוג- Pisum , פליקס 1968, 1990). זיהוי זה אפשרי לאור כך שהרמב"ם מזהה במקורות את האפונה בשם "חמץ" כלומר את הצמח חמצה תרבותית(משה ענבר,פרויקט הדף היומי).

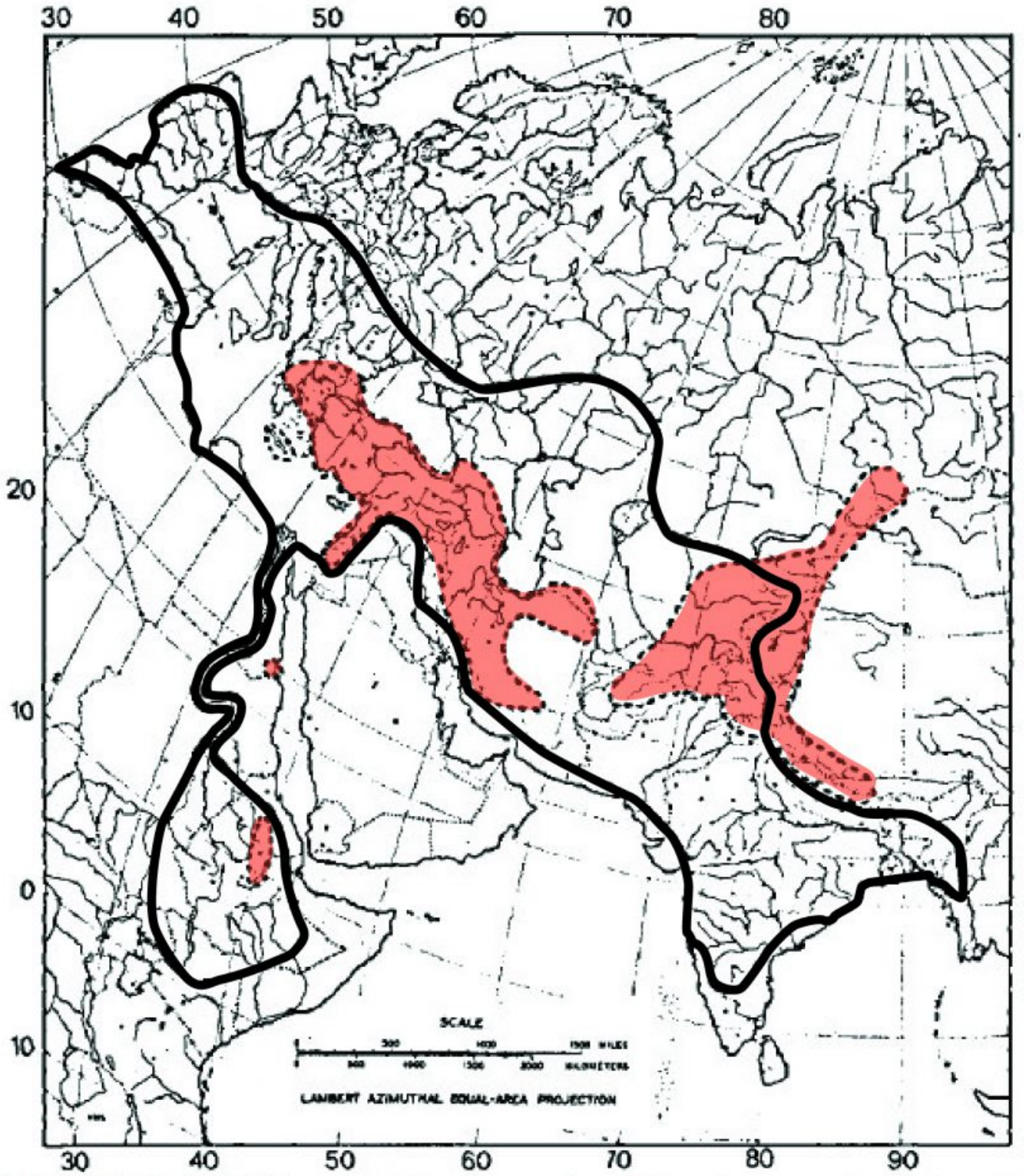
פני קליפת הזרע יכולים להיות חלקים או מגוממים או מגובששים ובמינים מסוימים אף קוצניים. צורת הזרע קשה מאוד לתאור: בציורים של מיני החמצה במונוגרפיה על הסוג (Maesen 1972) הוא נראה בצורת כד או פכית בעלת חרטום בולט דמוי זיז(שם יבקע השרשון). במינים אחרים הזרע בעל מתאר רומבואידי עם גבשושיות מוזרות אך בעל סימטריה דו-צדדית. לא בכדי המדען אשר תאר את החמצה התרבותית למדע נתן לחומוס את השם המדעי **C.arietinum** , שפרושו "כתפי האייל" כאשר הוא דמיין את החרטום הבולט ללסתות האייל ואת שני הגבנונים הבולטים לקרניים מעוגלות.



מימין: חמצת יהודה, מודיעין, 26.3.09 צילם ליאור אלמגור ©
במרכז: השוואה בין עלה של חמצת יהודה לעלה של חמצה שסועה, צילם שחל עבו ©
משמאל: חמצת יהודה, שומרון, 20.3.09 צילמה ערגה אלוני ©
להגדלה – לחץ על התמונה

ומה לגבי תכונת הנביטה ההיפוגאית? תכונה זו ידועה בכל שבט הבקיים (Mattatia 1976) וקשורה אולי לעובדה כי לרבים ממיני **האפון, הטופח והבקיה** זרעים יחסית גדולים בעלי מאגר מזון גדול. מקובל בספרות האקולוגית כי לזרע גדול יתרון בתחרות עם זרעים אחרים ויכולת לנבוט מעומק קרקע רב (Baker 1972, Stebbins 1971). מאגר מזון גדול בזרע מתבטא בשני הפסיגים הגדולים הנפרשים ברוב הצמחים עם הנביטה ומשמשים כעלים ראשונים ירוקים העושים פוטוסינתזה. בעדשה, באפון ובשאר מיני הבקיים נשארים הפסיגים מתחת לפני הקרקע, הם אינם מוריקים ומשמשים לבניית שורשן ונצרון ארוכים טרם פרישת העלים הראשונים. איננו מבינים מהו היתרון של תכונת הנביטה ההיפוגאית ואיך היא קשורה דווקא לאסטרטגית מהלך-החיים של בני הבקיים. אולי אפשר להסביר תכונה זו

לגבי מין החמצה באופן הבא: חמצת יהודה (וכמוה מינים חד ורב שנתיים אחרים) גדלה בערמות חצץ דרדרות ובתי גידול אבנוניים דלי קרקע. העדפה אקולוגית לנישות אבנוניות עם כיסוי קרקע דל ניכרת גם בכל שאר מיני העדשה באגן הים התיכון ועד למרכז אסיה.יתכן שהזרע הגדול והנביטה ההיפוגיאית מעניקים יתרון משום שרבים מהזרעים נופלים לסדקים עמוקים ומעומק רב זה עליהם להצמיח שורש ארוך עד להגעה לפיסת אדמה וגם להצמיח גבעול עד להגעה לפני הקרקע. מקובל כי לזרע גדול עדיפות בתחרות על פני זרעים קטנים אך מדוע לא להשתמש בפסיגים גם כמכונה פוטוסינטתית? יתכן וכאשר הזרעים נותרים עמוק מפני הקרקע יש יתרון לנצל את משאבי הפסיגים ולא להעלותם על פני הקרקע. אספקט נוסף של תכונת הנביטה ההיפוגאית בשבט הביקיים הוא השכיחות היחסית של מינים גיאוגרפיים (מייצר פירות תת-קרקעיים) ואמפיקרפיים בעלי יכולת לפתח פרחים ופירות תת-קרקעיים (Mattatia 1976). אולם תכונה זו טרם נמצאה בסוג חמצה.



MAP 2. Distribution of the genus *Cicer* (- - - - -) and the main areas of cultivation of *C. arietinum* in the Old World (———)

מפת התפוצה העולמית של הסוג חמצה. הקו השחור מסמן את אזור גידולה המסורתי של החמצה התרבותית- החומוס. השטח האדום מסמן את תפוצת מיני הבר החד-שנתיים. מתוך Maesen 1972

חמצת יהודה וחמצה שסועה

במגדיר לצמחי בר בארץ ישראל (פינברון ודנין 1991) נכתב כי מין החמצה הגדל בר בישראל הוא **חמצה *שסועה*** ***Cicer pinnatifidum*** Jaub.et Spach–. באתר "צמח השדה" שם המין בעברית ובלטינית זהים לזה של "המגדיר הצהוב". באתר "צמחי ישראל ברשת" שם הטקסון בעברית הוא **חמצה *שסועה*** אולם השם בלטינית הוא – ***Cicer ..judaicum Boiss***הן המונוגראף של הסוג (Maesen 1972) והן חוקרי החמצה הישראלים, אשר מחקריהם מקובלים בקהילה הסיסטמטית והחקלאית (Abbo et al. 2011, Ladizinsky and Adler 1976a) מפרידים בין שני הטקסונים, חמצה שסועה וח.יהודה: בעוד **חמצת יהודה** היא המין הגדל בר בישראל, צפ.ירדן,לבנון ודר.מע.סוריה – הרי **חמצה *שסועה*** הוא מין תקף (ראה אתר EM-2019 ואתר TPL-2019 בספרות) ונפרד מחמצת יהודה, הגדל בתורכיה, סוריה וקפריסין. החוקרים עבו ולדזניסקי מצאו בניסויי הכלאה כי שני המינים יוצרים בני כלאיים לא פוריים. בנוסף הם סוברים כי לכל מין ייחוד מורפולוגי (ראה טבלה). מעניין שגם אהרון אהרונסון שנתקל בחימצת יהודה במסעותיו בישראל העיר ביומנו שמספר זוגות העלעלים במין שמצא בישראל רב יותר מזה המתואר בספרות (ככל הנראה החמצה השסועה). בעקבות מחקרים ותצפיות אלו וכדי למנוע בלבול בשמות העבריים בהם אנו משתמשים, אנו מעדיפים להשתמש בשמות הבאים: המין הגדל בישראל וירדן יקרא **חמצת יהודה** ואילו המין הגדל בסוריה-לבנון, קפריסין ותורכיה יקרא **חמצה *שסועה***.



מפה מס 1: מפת התפוצה של המין חמצה שסועה: המין גדל בתורכיה, קפרוסין, ואגן דמשק בסוריה. בלבנון ישראל וירדן הוא מוחלף על ידי חמצת יהודה . המפה מתוך אתר EM website . (תחום התפוצה מראה את המדינות שבהן המין נפוץ ואינו מראה את התפוצה הגיאוגרפית האמיתית). להגדלה – לחץ על התמונה

מיכאל זהרי בפלורה פלסטינה (1972) איחד את שני מיני החמצה הנידונים לעיל ומיקם את "חמצת יהודה" כזן של חמצה שסועה – *C. Pinnatifidum* var.*judaicum* (Boiss)Pop. . זהרי כותב כי זן יהודה לא יכול להיות מופרד מהטיפוס האופייני כיוון ש"הוא מוצא טיפוסי ביניים בין שניהם בהרי יהודה, במיוחד על פי גודל הפרי". מעקב אחרי מאות אוכלוסיות בישראל ועשרות רבות של אתרים בטורקיה, של כותב שורות אלה, מראה כי קיימים

הבדלים מורפולוגיים עקביים בין ח.שסועה לח.יהודה, ומעולם לא נתקלנו בטיפוסי ביניים אליבא דזהרי. כאמור מספר רב של ניסויי הכלאה בין שני המינים הניבו בני-כלאים לא פוריים. המינים חמצה שסועה לעומת ח.יהודה נבדלים בשלוש תכונות עיקריות: מספר העלעלים בעלה המורכב, צורת שינון העלעל ובתכונות הפרח (ראה טבלה).



חמצת יהודה (מימין) לעומת חמצה שסועה (משמאל), איורים מתוך Maesen 1972
במרכז: חמצת יהודה , עלה ופרח אופייניים, שומרון, 15.3.09, צילמה ערגה אלוני ©
להגדלה – לחצו על התמונות

לאורך ההיסטוריה המחקרית השתנתה הדעה – האם לטקסון חמצת יהודה מגיע מעמד של מין עצמאי או כזן של ח.שסועה. כאמור המונוגרף של הסוג חמצה ((Maesen 1972 נתן לח.יהודה מעמד של מין עצמאי וציין, פרט להבדלים המסוכמים לעיל בטבלה, כי עוקץ העלעל של ח.יהודה יותר קצר מזה של ח.שסועה(1-1.5 מ"מ לעומת 2-3 מ"מ בהתאמה). התפוצה של שני המינים אלופטרית ברובה: חמצה שסועה גדלה באגן הפרת העליון של דר.מז.תורכיה וסוריה כאשר כלפי דרום, בדר.מע.סוריה מערב לבנון, ישראל וצפ.ירדן (סביב אירביד) מחליפה אותה ח.יהודה. לדברי Maesen באגן דמשק ניתן למצא את שני המינים אך לנו נותר רק לייחל ליום בו נוכל בעזרת בדיקה נוספת לאשש הגדרה זו.

טבלה משווה של התכונות הדיאגנוסטיות בין חמצה שסועה, ח.יהודה וח.תרבותית(חומוס)

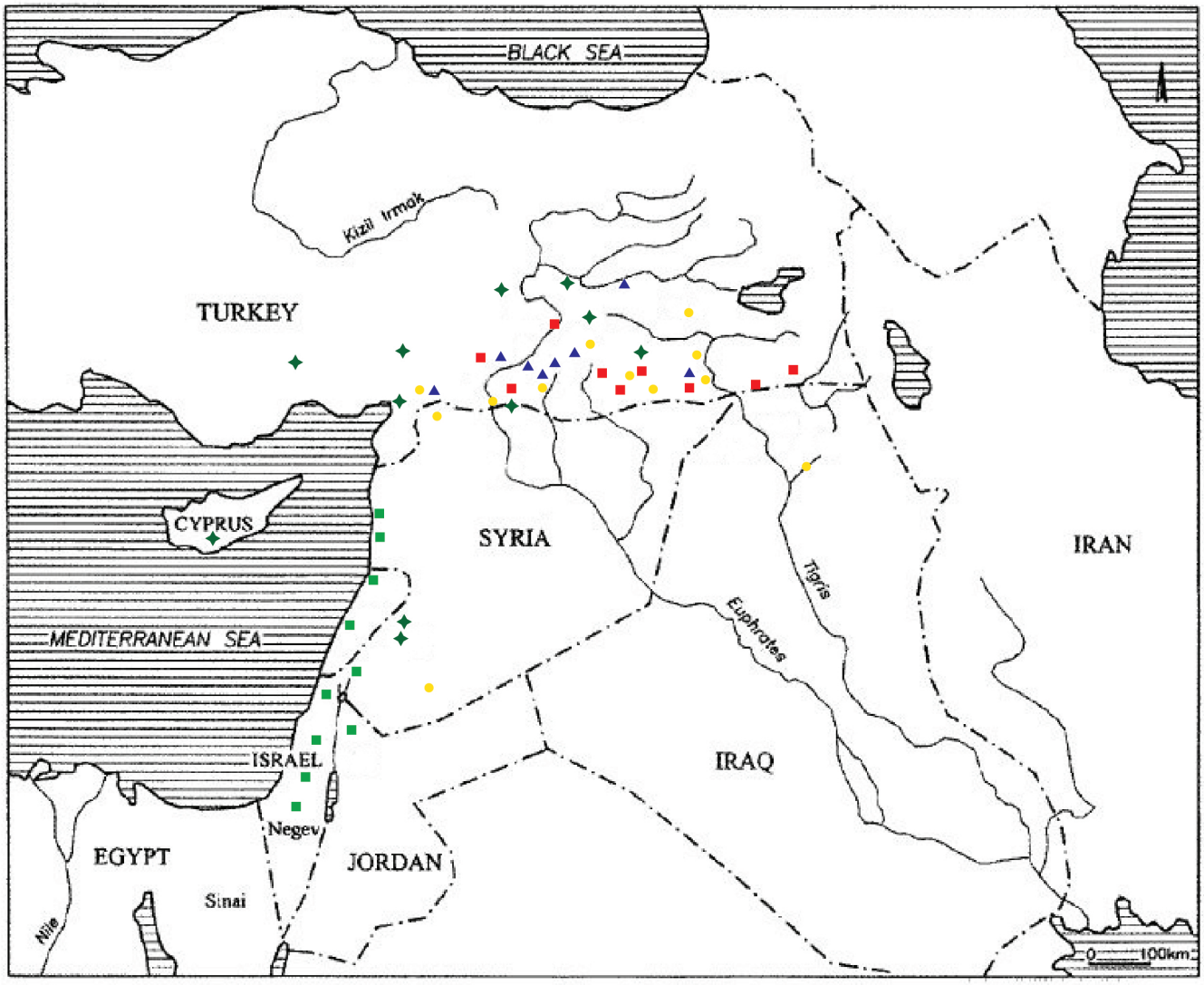
התכונה	חמצת יהודה	חמצה שסועה	חמצה תרבותית (חומוס)
מספר זוגות העלעלים	4-6 זוגות עלעלים	פחות	3-7 זוגות, צורת העלעל אליפטית ופחות יתדית
שינון העלעל	שינון שפת העלעל פשוט, השיניים פחות עמוקות	משונן יותר; ראשו בעל שינון שניוני	
גודל הפרח		גדול במעט	
צבע הפרח	ורוד חוור	סגול או ורוד, עז יותר מאשר ח.יהודה. צבע הפרח דוהה לאחר ההפריה	

גודל הזרע	3-4 מ"מ	4-6 מ"מ	6-12 מ"מ
עלי לוואי (בבסיס פטוטרת העלה)	קצרים מאוד 2-3 מ"מ	ארוך יחסית 5-7 מ"מ	

מציאת מין הבר הקרוב לחמצה התרבותית

שני המינים, **חמצה יהודה וח.שסועה** שייכים בתוך הסוג חמצה לסקציה של צמחים חד-שנתית**Section Monocicer** בת 8 מינים אשר חלקם דומים מאוד לחמצה התרבותית – החומוס. שנים רבות ניסו חוקרים למצוא את אב הבר של החמצה התרבותית אולם העלו חרס; שכן ניסויים גנטיים הראו שהכלאות בין 7 המינים החד-שנתיים, אשר היו ידועים עד ראשית שנות השבעים של המאה הקודמת, לבין המין התרבותי– לא הניבו בני כלאיים פוריים. העובדה כי ניסיונות הכלאה בין החמצה התרבותית לבין חמצת יהודה העלו חרס נתנו אינדיקציה כי החומוס לא בוית באזור הדרומי של הסהר הפורה וזרזו את המומחים לחפש את אבות הבר במקום אחר ((Ladizinsky and Adler 1976b.

והנה בשנת 1976 גילה הבוטנאי הישראלי גדעון לדזינסקי מין חמצה חד-שנתי חדש למדע באזור הפרת העליון בדרום מזרח תורכיה (ראה מפה מס.2) **חמצה מרושתת – *Cicer reticulatum*** ((Ladizinsky and Adler 1976b). באזור הפרת העליון היו ידועים 3 מיני חמצה חד-שנתיים (*C.pinnatifidum, C.ecinospermum and C.bijugum* , Davis 1970) ורוב חוקרי מוצא צמחי התרבות העריכו כי אזור זה הוא מוצא תרבות החומוס, אך הם לא הצליחו לקבל בני כלאים פוריים בין המינים הללו לבין המין התרבותי. והנה התברר כי דווקא המין החדש אשר מצא לדיז'ינסקי–**חמצה מרושתת *C.reticulatum*** מכליא חופשי עם החמצה התרבותית ועל כן הוא "אם החמצה" מין המוצא של החומוס. בדיקות נוספות שערך גדעון לדזינסקי העלו כי בני הכלאים של שני המינים פוריים, בבחינה ציטולוגית רואים צימוד מושלם של זוגות הכרומוזומים ההומולוגיים וגם הפרופיל של חלבוני התשמורת בזרעים זהה. בכך נוסף עוד מין קטנית לקבוצת הגידולים אשר בויתה באזור הסהר הפורה: אפון , עדשה, וכרשינה.



מפה מס.2 מפת מיני החמצה החד-שנתיים במזרח-התיכון, באזור הלבנט והפרת העליון (דר.מז.תורכיה). המפה מראה כי באזור הפרת העליון גדלים 4 מיני חמצה סינפטריים , באזור סוריה המערבית לבנון וישראל גדלים שני מינים אלופטריים; חמצת יהודה וח.שסועה. האתר של חמצת – C.bijugum בג'בל דרוז ואתרי ח.שסועה באגן דמשק מצריכים בדיקה חוזרת. חמצה שסועה היא המין החד-שנתי היחידי שיש לו תפוצה חופפת חלקית (פראפטרית) עם חמצת יהודה מחד ושלושת מיני החמצה של אגן הפרת העליון מאידך. מתוך Abbo et al. 2008.
סימון ירוק מרובע- חמצת יהודה, ירוק צלב- חמצה שסועה, אדום- חמצה מרושתת C.reticulatum, סגול- חמצה C.echinospermum, צהוב- חמצה C.bijugum



מימין: השוואת פרי של חמצת מרושתת וח.תרבותית, צילם שלח עבו ©
במרכז: צמח יבש של חמצת ביגוגום (מין ח"ש מדר.מז.תורכיה) עם פרי שלא מתפרק, צילם שלח עבו ©
משמאל: חמצה מרושתת, "אם הבר" של החמצה התרבותית, כפי שצולמה באתר טבעי ליד מרדין בדר.מז.תורכיה, צילם שלח עבו ©
להגדלה – לחצו על התמונה

סקציית מונוציצר – **Mnonocicer** של קבוצת החמצות החד-שנתיות מאופיינת בפרחים קטנים (6-13 מ"מ), למעט מין אחדחסרי קנוקנות, ובעלי פרי בעל 1-2 זרעים בפרי אשר בחלק מהמינים אינו מתבקע במלואו, זאת בשונה מכל מיני העדשה והאפון בהם התבקעות

התרמילים מלאה. המינים מסקציה זו גדלים במזרח-התיכון כאשר רק מין אחד, **חמצה יתדית *C.cuneatum*** גדלה מחוץ למזה"ת ברמות אתיופיה ומוכרת גם מגבול מצריים סודאן (גבל עלבה). מעניין כי למין זה קנוקנות, פרח גדול מבין המינים החד-שנתיים, מספר פרחים רב בתפרחת (לעיתים 4 ויותר) וארבעה זרעים בפרי – לעומת כל השאר להם רק 1-2 זרעים בפרי.למיני החמצה הרב-שנתיים פרחים גדולים בהרבה (16-25 מ"מ) לעומת המינים החד-שנתיים והפרי שלהם בעל 3-4 זרעים אשר עם הבשלתו נפתח ומתבקע תוך התזת הזרעים, תכונה המאפיינת את שבט הבקיים. במשפחות רבות של צמחים קיימת מגמה אשר בה פרי רב-זרעי, כמו למשל קציץ המצליבים או תרמיל הקטניות נפתח ומפזר זרעיו אך אם מספר הזרעים בפרי רק 1-2 התרמיל איננו נפתח (Ellner and Shmida 1982). במקרה של מציאות שני זרעים בפרי לא נפתח, דוגמת **כליינית** או **כרבולת**,הראו מחקרים כי הזרעים נובטים בתנאים שונים. טרם נעשה מחקר בפירות של מיני חמצה דו-זרעיים בלתי נפתחים לקשר האקולוגי אדפטיבי של תכונות אלה.

תצפיות באוכלוסיות טבעיות של מיני החמצה החד-שנתיים העלו כי בחלק מהאוכלוסיות בטבע – יש פרטים באוכלוסיה אשר אצלם הפרי מתבקע בהבשלה, יש שבהם הפרי נותר סגור אך נושר, ויש כאלו שבהם הפרי נותר סגור אך אינו נושר וממשיך להיות קשור לצמח היבש תקופה ארוכה. לא ברור האם הבדלים אלו הם גנטיים, או תוצאה של תנאי הסביבה בעת ההבשלה. מכל מקום, תכונה זו של הימנעות הפרי מלהיפתח בעת הבשלתו מהווה פרה-אדפטציה מצוינת לביות, זאת משום שהדבר מקל את איסוף הזרעים לעת ההבשלה. במין המוצא של החומוס, **החמצה המרושתת**, התרמילים מכילים לרוב זרע יחיד ובחלק מהקווים שנבחנו, התרמילים מתבקעים רק חלקית לעת ההבשלה.

בהשוואה להורה הבר היא חמצה מרושתת, ביות החומוס הצריך שינוי בשתי תכונות עיקריות:

- א. נביטה חפשית, כמו באפון עדשה ובבקיה, שכן ללא קליפת זרע חדירה למים המאפשרת נביטה בשעור גבוה, אין כל אפשרות לקבל חלקות שדה מניבות.
- ב. חוסר תגובה לקיוט (תקופת קור בשלב הנבט) המתזמנת את הפריחה לאביב; שכן ללא תכונה זו, לא ניתן היה לגדל את החמצה במזרע אביבי, ממשק החיוני להתחמקות ממחלה פטרייתית הרסנית (אסקוכיטה Ascochita) המופצת על ידי טיפות גשם.

כל התכונות האחרות הקשורות בדרך כלל עם מופע של מיני תרבות בהשוואה להורי הבר, דוגמת זרע גדול יותר, תרמיל שאינו מתבקע, צימוח זקוף יותר ועוד, נצברו ככל הנראה על ידי החקלאים הקדמונים במהלך התרבות בנוסף לשתי התכונות העיקריות. נדגיש את תכונת

האבקה העצמית המיוחדת למינים החד-שנתיים אשר בויתו במזרח הקרוב: במיני חמצה אלה יש האבקה עצמית כמעט מלאה כאשר בניסויים בבתי רשת ללא מאביקים מקבלים שעור חנטה גבוה בפרחים. אופן האבקה עצמית זה מקטין מחד את השונות הגנטית אך גם מאפשר יצירת קווים המותאמים מקומית לתנאים ספציפיים, והיא גם מאפשרת שימור של גנוטיפים אשר עברו סלקציה מכוונת כך שלא יכליאו ימהלו עם זני הבר.

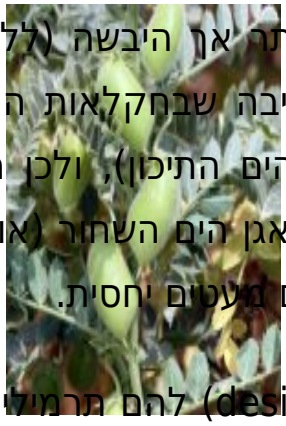
נחזור ונדגיש כי גם בחמצה , כמו בסוגים אחרים אשר בויתו באזורנו עבר הפרי תהליך של סלקציה לאי-פתיחת התרמיל ואי שבירת עוקץ הפרי בעת ההבשלה; וכן, סלקציה להגדלת נפח הזרע. ואולם תכונות אלו ככל הנראה היו תולדה של אבולוציה בתנאי תרבות (crop evolution) ולא נכון לקשרן עם אפיזודת הביות הניאוליתית. בנושא מספר הזרעים בפרי וגדלם, החמצה התרבותית מראה מהלך אבולוציוני מורכב. בזני ה- desi (הנחשבים פרימיטיביים יותר, ראה בהמשך) אין רואים עליה במשקל הזרע, אך יש עליה בשעור החנטה והם מכילים לרוב 2-4 זרעים בפרי בניגוד להורה הבר בו בדרך ככלל אין יותר מזרע יחיד. משקל זרעי ה- desi דומה מאד למשקל זרעי הבר בטווח של 90-120 מ"ג לזרע. זני ה- kabuli הנחשבים מתקדמים יותר (ראה בהמשך) הם בעלי תרמילים גדולים בהרבה, זרעים גדולים יותר (בטווח של כ- 150-650 מ"ג לזרע) אך יש לרוב בפרי זרע יחיד, ורק לעיתים רחוקות (שברי אחוזים) שניים או שלושה זרעים. במקרה כזה, יהיה משקל הזרעים נמוך יותר, שכן התפתחות הזרע מוגבלת על ידי דופן התרמיל.



החמצה התרבותית (חומוס), שדה חקלאי על חמרא ליד עתלית, צילמה ערגה אלוני ©
להגדלה - לחץ על התמונה

החמצה התרבותית כגידול בחקלאות המסורתית והמודרנית

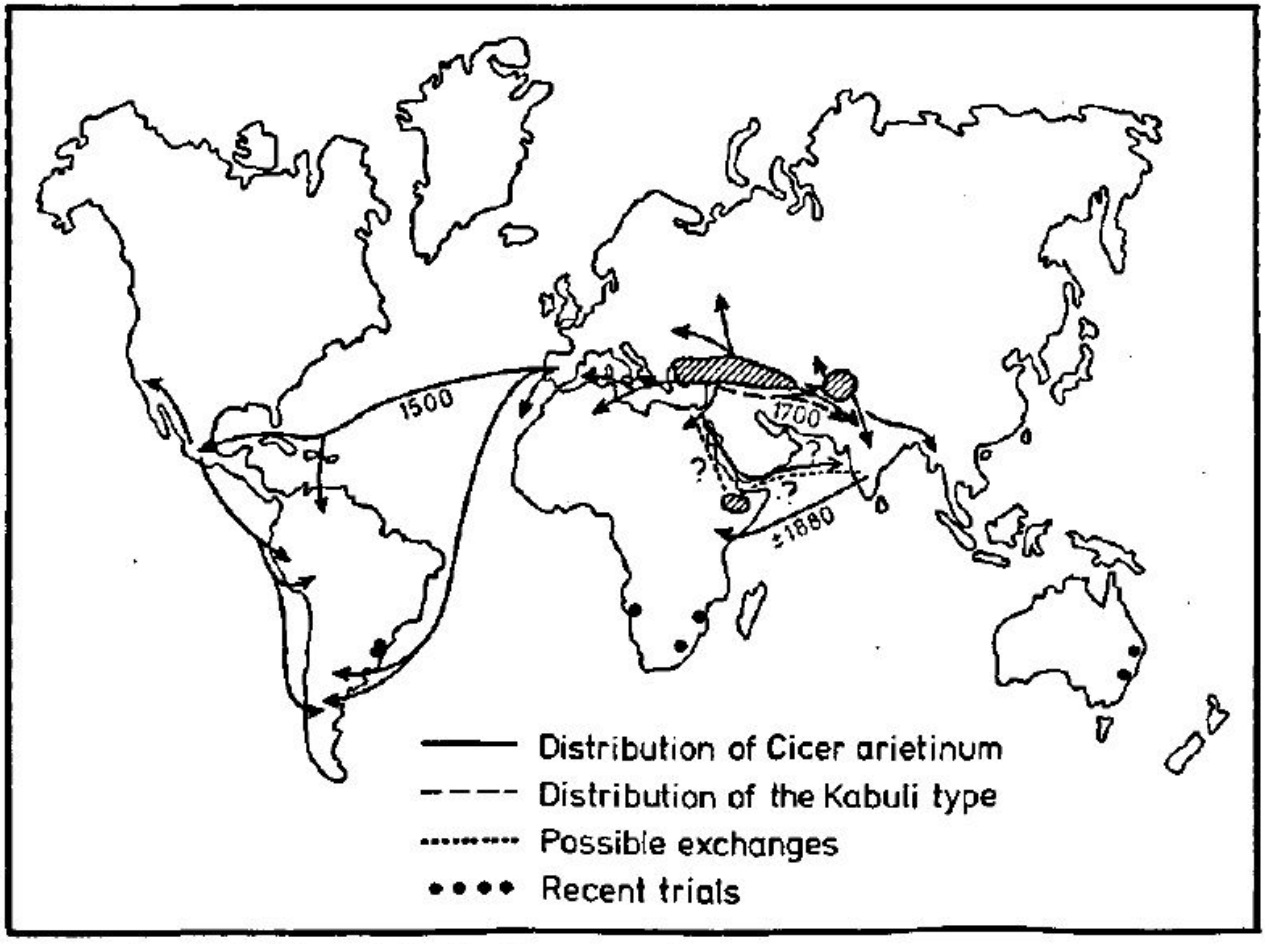
לאחר ביותו בדרום מזרח טורקיה נפוץ החומוס התרבותי יחד עם שאר גידולי הגרגרים שמוצאם במזרח הקרוב (חיטה, שעורה, אפון, עדשה, פישתה) זאת יחד עם מאפיינים תרבותיים וחומריים אחרים שהיוו חלק אינטגראלי של התפשטות ה"חזית הניאוליתית" מהמזרח הקרוב לאירופה, לאסיה ולאפריקה (גופר ועבו 2016). במערכות מסרתיות וגם מודרניות, **הדגניים** מהווים את עמוד השדרה של המערכת ומכסים כ- 70% משטחי הגידול, בעוד **הקטניות** גדלות רק על כ- 20% מהשטחים. למרות ש**האפון והעדשה** ליוו ומלווים גם היום את גידול **החיטה** באזורים הממוזגים של מרכז וצפון אירופה, **החמצה התרבותית** מעולם לא התבססה במערכות אלו ומעולם לא חרגה באופן משמעותי צפונה מאגן הים התיכון. בתת היבשת ההודית, שם נמצאים עיקר שטחי הגידול (כ- 80% מהמזרע בעולם) החמצה היא בעיקרה גידול פוסט-מונסונאלי, בעונה הקרה יותר אן היבשה (ללא גשם). רגישותה של החמצה למחלת האסקוכיטה (ראה לעיל) מכתיבה שבחקלאות המסורתית היא נזרעת לקראת סיום עונת הגשמים (מרץ-אפריל, באגן הים התיכון), ולכן הצלחתה העצומה בהודו כגידול שלאחר המונסון. גם במרכז אסיה, או באגן הים השחור (אוקראינה, בולגריה) החמצה נזרעת באביב וגדלה אל תוך הקיץ בו הגשמים מעטים יחסית.



מסווגים את זני החמצה התרבותית לשתי קבוצות: א- **זני דזי** (desi) להם תרמילים קטנים יחסית הנושאים 2-3 זרעים בתרמיל. זרעי הדזי קטנים יחסית, זוויתיים, ובעלי קליפת זרע בגוונים שונים (שחור, חום, ירוק, כתום, צהוב) והצמחים בעלי צימוח שיחי ופרח ורוד. זנים אלו נחשבים קרובים יותר למין הבר ולכן, 'פרימיטיבים יותר'. זרעיהם של זנים אלו בדרך כלל מבושלים לאחר שבירה והסרת הקליפה (בדומה לעדשים אדומות) ומשמשים בין היתר להכנת דאהל. ב- הקבוצה השניה הם **זני הקבולי** (kabuli) בעלי הזרע הגדול יחסית, בצבע בז' המוכרים בישראל ומהם מכינים את ממרח החומוס הפופולארי. זנים אלו נחשבים

'מתקדמים' יותר מבחינה אבולוציונית, בעלי צימוח זקוף יותר, פרח לבן, ותרמילים גדולים יותר מאשר לזני הדזי המכילים לרוב זרע יחיד. נראה שמקור השם קבולי בעובדה שזנים אלו הגיעו להודו דרך אפגניסטן. מקובל שטיפוסי קבולי הופיעו מספר פעמים (מוצא פוליפילטי) ברקעים גנטיים שונים מקרב אוכלוסיות של זני דזי ובאתרים שונים בעולם הישן.

לא ניתן לתאר את הכלכלה של הודו ללא החימצה (כמו גם הקטניות האחרות המגודלות שם), היות ומאות מלוני הינדים הם צמחונים ולכן תלויים כמעט לחלוטין בקטניות כמקור חלבון. אשר על כן קיימים במסורות המקומיות אלפי מתכונים למזונות שונים (כולל ממתקים) המשתמשים בזרעי חמצה.



MAP 1. Areas of origin and distribution routes of chickpea

מפה מס.3 התפשטות גידול החומוס בעולם, מתוך Maesen 1972

ביות החמצה ומה ניתן ללמוד ממנו על האגרו-אקולוגיה של הגידול

כאמור, הורה הבר של חמצת התרבות הוא המין חמצה מרושתת המוכר רק מאזור מצומצם בין הפרובינציות של אדיאמאן והקארי בדרום מזרח טורקיה. מטבע הדברים, לא

ניתן היה לביית את החמצה אלא באזור תפוצתו של מין הבר. ואמנם האתרים הארכיאולוגים ובהם שרידי דגני תרבות בעלי תאריכי פחמן 14 המוקדמים ביותר (למשל צ'איונו, מצפון לדיארבקיר) נמצאים בתוך תחום התפוצה של הורה הבר (ראה מפה מס.4).למעט הקורטם (אשר בויית מאוחר יחסית) הורי הבר של כל גידולי הגרגרים שבויתו במזרח הקרוב הם צמחים הנובטים לאחר גשמי הסתיו הראשונים, פרחים בסוף החורף או ראשית האביב ומפזרים את זרעיהם בראשית הקיץ. כטיפוסי תרבות, שמרו הגידולים השונים על מחזור חיים זה של תבואות חורף למעט החמצה שהפכה לגידול הנזרע באביב. ואולם יש עוד סיבות בגללן החמצה היא יוצאת דופן בקרב גידולי הגרגרים שבויתו במזרח הקרוב, כמו גם בהשוואה להורי הבר של גידולים אלו. ראשית, היא בויתה ממין בר חמצה מרושתת, שתפוצתו מאד מוגבלת, ולכן בהתאם להורה הבר, גם חמצת התרבות בעלת טווח התאמה אקולוגית מצומצם. טווח תפוצה של הורי הבר במינים אחרים שבויתו באזורנו רחב ביותר: שעורת הבר למשל נפוצה מקירנאיקה בלוב ועד למרכז אסיה; עדשת הבר נפוצה מהלבאנט ועד למרכז אסיה ובדומה לאלו, תפוצתם של הורי הבר של החיטה, הפשתה והכרשינה רחבה יחסית. שנית, לאחר ביותה (השגת סטוק בעל נביטה חפשית) עברה החמצה סלקציה חריפה לטובת אדישות לקיוט. בניגוד למוכר משעורה, חיטה, אפון או עדשה תרבותיים בהם מוכרים הן טיפוסי חורף והן טיפוסי אביב, כל זני חמצת התרבות שנבחנו הם אביביים.

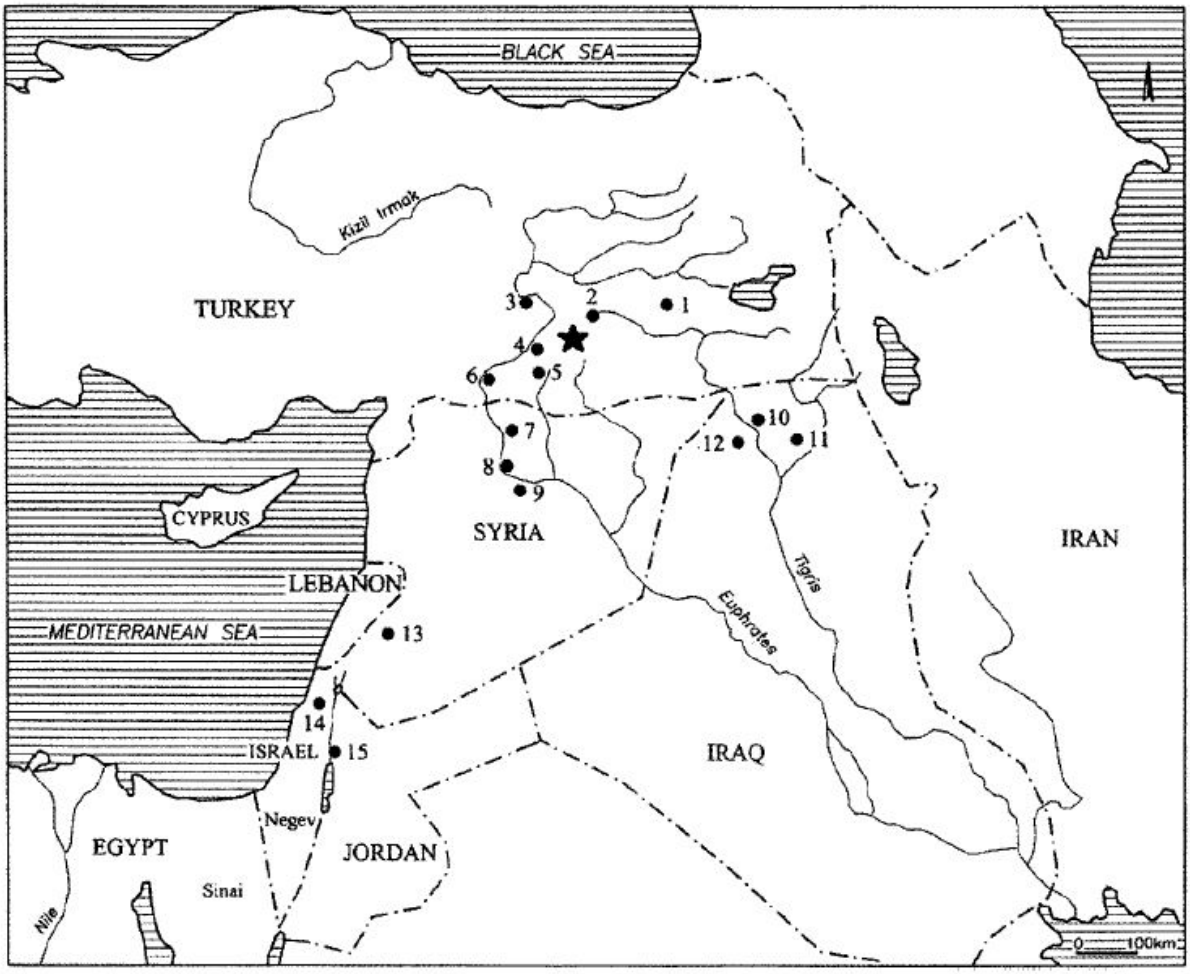
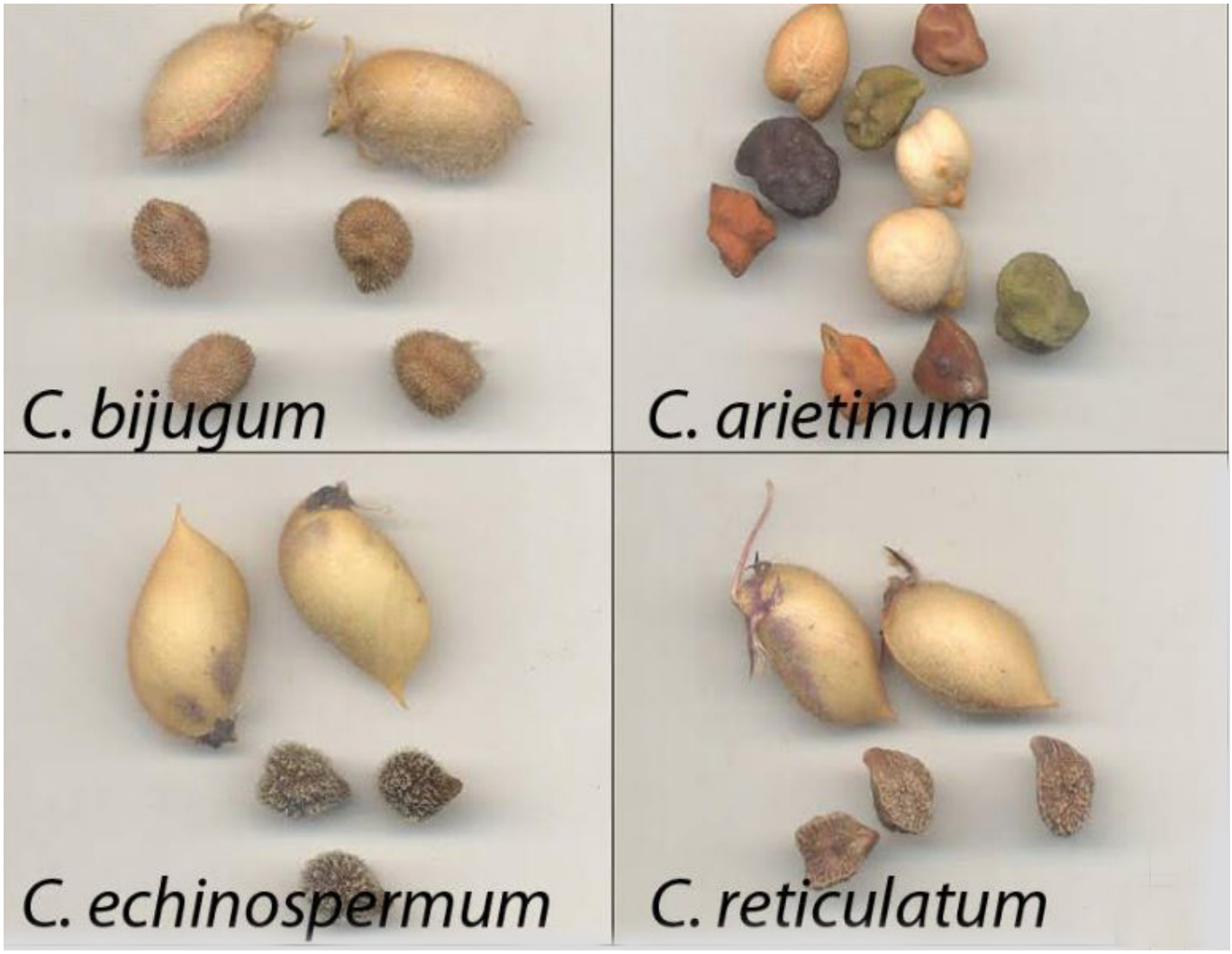


FIGURE 1. MAP OF THE NEAR EASTERN ARCHAEOLOGICAL SITES MENTIONED IN THE TEXT
1. Hallan Çemi Tepesi; 2. Çayönü; 3. Cafer Höyük; 4. Nevalli Çori; 5. Göbekli Tepe; 6. Dja'de; 7. Jerf el Ahmar; 8. Mureybet; 9. Tell Abu Hureyra; 10. Nemrik; 11. M'lefaat; 12. Qermez Dere; 13. Tell Aswad; 14. Yiftahel; 15. Jericho, Netiv Hagdud, and Gilgal. Large asterisk for Karacadag, within the suggested core area for the origin of Near Eastern agriculture.

מפה מס.4 מפת אתרים ניאוליתיים בהם נמצאו שרידים ארכיאובוטניים של מיני דגן וקיטנית , מתוך Abbo 2003A



השוואת הפירות והזרעים בין ארבעת מיני החמצה החד-שנתיים הגדלים בדרום מזרח תורכיה. מימין למעלה בסיבוב השעון: חמצה תרבותית, ח.ביגוגום, ח.מרושתת וח.מדוקרנת. צילם שחל עבו ©
להגדלה – לחץ על התמונה

אחד המאפיינים הבולטים של צמחי תרבות הוא המגוון הגנטי המצומצם בהשוואה להורי הבר שלהם (Ladizinsky1998), תוצאה של אפקט מייסדים, או במילים אחרות, תולדה של 'טעות הדגימה' מבין טיפוסי הבר של המביית הקדמון. בנוסף, החל ממחצית המאה העשרים ואילך, הרבה מהגידולים החשובים כיום עברו שחיקה נוספת במגוון הגנטי עקב החלפתם של זני מורשת בזנים מודרניים. בהקשר לחיטה התהליך מוכר כאחת התוצאות הלא רצויות של "המהפכה הירוקה", פיתוח זני חיטה חצי-ננסית במכון CIMMYT במקסיקו. מכאן עולה שהחמצה נושאת על גבה חטוטרת גנטית של ארבעה צווארי בקבוק גנטים של הקטנת השונות הגנטית בניגוד בהשוואה לשניים בלבד המאפיינים את כל שאר גידולי התרבות.

בהקשר זה נראה כי יש מתאם טוב בין טווח ההתאמה של הורי הבר לבין הטווח האגרו-אקולוגי של זני התרבות בגידולים רבים. למשל, החיטה, השעורה, האפון, הבקיה והפשתה שהם בעלי טווח נרחב כמיני בר, ובעלי טווח אגרו-אקולוגי רחב כטיפוסי תרבות. גידולים אלו

נפוצים החל מסביבות משווניות, דרך אזורים סוב-טרופיים, האזור הממוזג ועד לקווי רוחב גבוהים ממש. לעומת זאת החמצה כאמור לא הפכה לגידול חשוב באזור הממוזג וגם באזורים בהם היא גדלה בהצלחה היבולים הממוצעים נמוכים יחסית. לדעתנו ,מגבלות ההתאמה והיבול של חמצת התרבות הנם תוצאה ישירה של הטווח האקולוגי המוגבל של הורה הבר ושל השחיקה הגנטית החזקה במהלך האבולוציה בתנאי תרבות שהתרחשה כתגובה נלווית לסלקציה שמטרתה היתה לאפשר גידול במזרע אביבי (Abbo, Berger & Turner, 2003B).



טיפוסים שונים של זרעי חמצה תרבותית, צילם שחל עבו ©

ספרות:

גופר א ועבו ש 2016 ביות הצמחים וראשית החקלאות במזרח הקרוב. הוצאת רסלינג, תל אביב.

ענבר מ 2014 לא תמלא אשה קדרה עסיסות ותורמסין – אפון תרבותי, פורטל הדף היומי https://daf-yomi.com/DYItemDetails.aspx?itemId=19360

פינברון-דותן נ ודנין א 1991, 1998 המגדיר לצמחי בר בארץ ישראל, כנה ירושלים.

צמחיית ישראל ברשת – המין חמצה שסועה http://flora.org.il/plants/CICJUD/

צמח השדה – המין חמצה שסועה http://www.wildflowers.co.il/hebrew/plant.asp?ID=2099

Abbo S Steinberg D Lichtenzveig J Lev-Yadun S et al. 2003 The chickpea, summer cropping, and a new model for pulse domestication in the ancient Near East. Q. Rev. Biol. 78: 435-448.

Abbo S Berger J and Turner NC 2003 Evolution of cultivated chickpea: four bottlenecks limit diversity and constrain adaptation, Functional Plant Biology, 30: 1081-1087.

Abbo S Gopher A Rubin B and Lev-Yadun S 2005 On the origin of Near Eastern founder crops and the 'dump-heap hypothesis'. Gen. Res. Crop.Evol. 52, 491-495.

Abbo S Mesghenna YT and van Oss H 2011 Interspecific hybridization in wild *Cicer* sp. Plant Breeding 130: 150-155.

Allard RW 1960 Principles of Plant Breeding. Wiley & Sons, New-York.

Baker HG 1972 Seed weight in relation to environmental conditions in California. Ecology 53: 997-1010.

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

Davis PH 1970 Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. 3. Edinburgh Univ. Press, Edinburgh.

Euro+Med Plant Base website: the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity, 2019
– http://www.emplantbase.org/home.html

Kupicha FK 1977 The delimitation of the tribe Vicieae (Legurninosae) and

the relationships of *Cicer* L., Bot.J.of the Linn.Soc. 74: 131-162.

Ladizinsky G and Adler A 1976 Genetic relationships among the annual species of *Cicer* L. Theoretical and Applied Genetics 48: 197-203.

Ladizinsky G 1980 Seed dispersal in relation to the domestication of MiddleEast legumes. Econ. Bot. 33, 284-289.

Ladizinsky G 1995 Chickpea. In: Smartt J and Simmonds NW (eds.) Evolution of Crop Plants. Longman Scientific & Technical, Harlow, UK. pp. 258-261.

Ladizinsky G 1998 Plant Evolution under Domestication. Kluwer AcademicPublishers, Dordrecht, NL.

Maersen van der LJG 1972 *Cicer* L., A Monograph of the Genus, with special reference to the Chickpes (*Cicer arientum* L.) its ecology and cultivation. Mededelingen Landbouwhogeschool Wageningen 72-10 (Communications Agricultural University Wageningen), H. Veenman & Zonen N.V., Wageningen.

Mattatia J 1976 The relationships between Amphicarpic plants and their environment. PhD thesis, The Hebrew University of Jerusalem, Jerusalem.

Stebbins GL 1971 Adaptive radiation of reproductive characteristics in angiosperms, II: Seeds and seedlings. Ann. Rev. Ecol. Syst. 2: 237-259.

Stebbins GL 1974 Flowering Plants: Evolution above species level.Belnap Press, Cambridge, Mass.

Stebbins GL 1975 Self-fertilization and population variability in the higher plants. American Naturalist 91: 337 – 354.

The Plant List website, 2019 – http://www.theplantlist.org

Zohary M 1972 Flora Palaestina, Vol. II. The Israel Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem.

==========

כל הזכויות שמורות ל"כלנית" ©

ציטוט: שמידע א ועבו ש 2019 על הסוג חמצה (חומוס) וחמצת יהודה בישראל, כתב-עת "כלנית" מספר 6.

על הסוג חמצה (חומוס) Cicer וחמצת יהודה Cicer judaicum בישראל