

**משרד החקלאות - דו"ח לתוכניות מחקר  
לקרן המדען הראשי**

<b>קוד זיהוי</b>	<b>א. נושא המחקר (בעברית)</b>
837 - 0117 - 14	אפיון גנטי ופיסילוגי של אפוני בר ככלי לגיבוש מדניות שימור וכמקור לטפוח עתידי של קטניות לשחת וגרורים

ג. צוות החוקרים			
שם פרטי	שם משפחה	עבו	שם פרטי
חוקר ראשי	שחל	עבו	
חוקרים משניים			
1	ערמיר	שרמן	
2	יהושע	סרנגה	
3			
4			
5			
6			

ד. מקורות מימון עבורם מיועד הדו"ח			
שם מקור המימון	קוד מקור מימון	סכום שאושר למחקר בשנת תיקצוב הדו"ח בשקלים	תאריך משלוח הדו"ח למקורות המימון
קרן המדען	02-4682	220,000	1 / 2016

ה. תקציר שים לב - על התקציר להיכתב בעברית לפי סעיף ה' שבהנחיות לכתיבת דיווחים 300 מילים			
<p>מטרות המחקר: [1] איסוף זרעים מאוכלוסיות אפון מצוי בכל טווח הגידול של המין בארץ. [2] אפיון פיסילוגי של מגוון גנוטיפים של אפון מצוי בתנאי יובש. [3] הערכת הפולימורפיזם (DNA) באפון מצוי ובחינת הקשר בין מאפייני בתי הגידול לדגם הפולימורפיזם. [4] גיבוש המלצות לשימור <i>in situ</i> על פי דגם התפוצה והמגוון הגנטי. שיטות העבודה: [1] סקר באתרי גידול פוטנציאליים על סמך נתוני עישביה וידע מוקדם. [2] העתקת נבטים בודדים מכל אוכלוסיה, וגידול במשתלת ריבוי. [3] בחינת התגובה לתנאי יובש על ידי גידול מגוון גנוטיפים במגבלת מים בתקופה הרפרודוקטיבית. [4] בחינת SNP ע"י פלטפורמת Fluidigm. ניתוח אקו-פיסילוגי משולב של ביצועי הגנוטיפים, ומאפיינים אקוגיאוגראפיים של בתי הגידול שנדגמו. תוצאות: נבנה אוסף המכיל כ- 135 גנוטיפים המכסים בתי גידול מהחרמון ועד ליער יתיר ומשפלת החוף ועד לשולי בקעת הירדן. על פי ניתוח אקוגיאוגראפי של מאפייני בתי הגידול שנדגמו סווגו האתרים ל- 6 קבוצות. לא נמצאה מתאם בין דגם ה-SNP ב- 90 פרטים מתוך האוסף לבין הפיזור הגיאוגראפי או להקבצה על פי מאפייני בתי הגידול. 53 קוים גנטיים המייצגים את 6 הקבוצות האקולוגיות שבאוסף נבחנו בתנאי יובש במשך שנתיים. נמצאה שונות רחבה בתכונות מורפולוגיות, פנולוגיות, ופיסילוגיות.</p> <p>מסקנות: ההנחה בדבר מגוון אקוטיפי כתוצאה של המשרעת האקולוגית של מין זה בישראל אומתה. טיפוסים מצטיינים בתנאי מיגבלת מים נמצאו במספר בתי גידול, בעיקר מאזורי ביניים אקלימיים. מומלץ לפעול להגנה על חלק מהאוכלוסיות על ידי הקטנת לחץ הרעיה באתרים אלו.</p>			

**ו. אישורים**

הנני מאשר שקראתי את ההנחיות להגשת דיווחים לקרן המדען הראשי והדו"ח המצ"ב מוגש לפיהן

חוקר ראשי	מנהל המחלקה	מנהל המכון (פקולטה)	אמרכלות (רשות המחקר)	רשות המחקר	תאריך (שנה) (חודש) (יום)
-----------	-------------	---------------------	----------------------	------------	--------------------------

**אפיון גנטי ופיסיולוגי של אפוני בר ככלי לגיבוש מדיניות שימור וכמקור  
לטיפוח עתידי של קטניות לשחת וגרגרים**

**Genetic and physiologic evaluation of wild pea germplasm as a tool for developing  
conservation policies and as a resource for future improvement of legume crops**

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

שחל עבו, יהושע סרנגה – המכון למדעי הצמח וגנטיקה, הפקולטה לחקלאות, מוזן וסביבה, רחובות  
עמיר שרמן – המחלקה לגנומיקה, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן

Shahal Abbo, Faculty of Agriculture, Food & Environment, PO Box 12, Rehovot 76100. E-mail: shahal.abbo@mail.huji.ac.il

Yehoshua Saranga, Faculty of Agriculture, Food & Environment, PO Box 12, Rehovot 76100. E-mail: shuki.saranga@mail.huji.ac.il

Amir Sherman, ARO, Volcani Center, PO Box 6, Bet-Dagan 50250. E-mail: asherman@volcani.agri.gov.il

דצמבר 2015

טבת תשע"ו

**הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.**

**הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: כן/לא מחק את המיותר \***



**חתימת החוקר**

\*

**תוכן העניינים**

**מספר עמוד**

3	תקציר
3	מבוא
5	פרוט עיקרי הניסויים
5	תוצאות
11	דיון ומסקנות
16	פירסומים

**תקציר****מטרות המחקר:**

[1] איסוף זרעים מאוכלוסיות אפון מצוי בכל טווח הגידול של המין בארץ. [2] אפיון פיסיולוגי של מגוון גנוטיפים של אפון מצוי בתנאי יובש. [3] הערכת הפולימורפיזם (DNA) באפון מצוי ובחינת הקשר בין מאפייני בתי הגידול לדגם הפולימורפיזם. [4] גיבוש המלצות לשימור *in situ* על פי דגם התפוצה והמגוון הגנטי.

**שיטות העבודה:**

[1] סקר באתרי גידול פוטנציאליים על סמך נתוני עישיבה וידע מוקדם. [2] העתקת נבטים בודדים מכל אוכלוסיה, וגידול במשתלת ריבוי. [3] בחינת התגובה לתנאי יובש על ידי גידול מגוון גנוטיפים במגבלת מים בתקופה הרפרודוקטיבית. [4] בחינת SNP ע"י פלטפורמת Fluidigm. ניתוח אקו-פיסיולוגי משולב של ביצועי הגנוטיפים, ומאפיינים אקווגיאוגראפיים של בתי הגידול שנדגמו.

**תוצאות:**

נבנה אוסף המכיל כ- 135 גנוטיפים המכסים בתי גידול מהחרמון ועד ליער יתיר ומשפלת החוף ועד לשולי בקעת הירדן. על פי ניתוח אקווגיאוגראפי של מאפייני בתי הגידול שנדגמו סווגו האתרים ל- 6 קבוצות. לא נמצאה מתאם בין דגם ה-SNP ב- 90 פרטים מתוך האוסף לבין הפיזור הגיאוגראפי או להקבצה על פי מאפייני בתי הגידול. 53 קוים גנטיים המייצגים את 6 הקבוצות האקולוגיות שבאוסף נבחנו בתנאי יובש במשך שנתיים. נמצאה שונות רחבה בתכונות מורפולוגיות, פנולוגיות, ופיסיולוגיות. **מסקנות:** ההנחה בדבר מגוון אקוטיפי כתוצאה של המשרעת האקולוגית של מין זה בישראל אומתה. טיפוסים מצטיינים בתנאי מיגבלת מים נמצאו במספר בתי גידול, בעיקר מאזורי ביניים אקלימיים. מומלץ לפעול להגנה על חלק מהאוכלוסיות על ידי הקטנת לחץ הרעיה באתרים אלו.

**מבוא**

מאגרי הגנים של קיטניות הבר מישראל נחקרו אך במעט, ומעולם לא אופיינו בכלים גנטיים ופיסיולוגיים מתקדמים. בהעדר אפיון גנטי או פנוטיפי כלשהו לא ניתן לקבוע מדיניות שימור למינים וסוגים אלו. חשיבות מאגרי הגנים המדוברים נובעת מהיות הקיטניות חלק אינטגרלי במערכות הפלחה בארץ ובעולם. הקיטניות במחזור הפלחה שוברות את מחזור המחלות של הדגניים, מקבעות חנקן אטמוספרי, משפרות את מבנה הקרקע וכך תומכות ביבול הדגניים המהווים את עמוד השדרה החקלאי והכלכלי של המערכת. הקיטניות גם מאפשרות לגוון את רפרטואר קוטלי העשבים בשנת המחזור ובכך להקטין את רמת האילוח בעשבים רעים ולהפחית את ההסתברות להתפתחות עמידויות לקוטלי עשבים. בישראל קיטניות הגרגרים העיקרית היא החימצה, לצד אפונה לתעשיה בהיקף מוגבל וקיטניות המספוא המסורתיות בקיה, תלתן, אספסת, חילבה ואפונה לשחת. בניגוד למצב בצפון הארץ ובמרכזה, מאזור לכיש ודרומה האופציות לגידול קיטניות בפלחה מוגבלות. בדרום הארץ, יבול האפונה, התלתן והבקיה לשחת נמוך, ובמקרים רבים אינו כלכלי. בעשור האחרון ירד מאד היקף גידול האפונה לשחת בדרום עקב בצורות שגרמו הפסדים חוזרים ונשנים בשל יבול נמוך.

עיקר גידול האפונה (*Pisum sativum*) בעולם, ובהתאמה גם רוב המחקר בגידול, מתבצע באזור הממוזג (אירופה, ארה"ב, רוסיה, קנדה) ולכן זנים מאזורים אלו אינם מתאימים לארץ. גם זנים אוסטרליים שטופחו לסביבות חצי יבשות אינם מתאימים לדרום הארץ. חשיבות האפונה באזור הממוזג, עיקר הטיפוח בעולם באזור זה, והעובדה כי מקור האפון התרבותי ממזרח טורקיה (אזור בעל אקלים יבשתי, חורף קר מאד, כ- 450 מ"מ בשנה) יצרו מצב שמאגר הגנים התרבותי של האפונה חסר התאמות לתנאי גידול של חורף קצר ועקת יובש טרמינלית.

לפי Ben-Ze'ev & Zohary (1973) בישראל מצויים שלושה מיני אפון בר, א. מצוי (*P. fulvum*), א. קיפח (*P. elatius*), וא. נמוך (*P. humile*). יש החושבים את האפון הקיפח והאפון הנמוך כשני אקוטיפים של מין אחד, ומגדירים בסוג שני מינים בלבד, האחד *P. fulvum*, והשני *P. sativum* הכולל את המין התרבותי, ושני האקוטיפים לעיל (טיפוסי הבר א. נמוך וא. קיפח) כתת מינים (Mumtaz et al. 2006). כך או כך, אין חולק כי המדובר בשלושה טיפוסי בר שונים (א. מצוי, א. נמוך וא. קיפח) בעלי אפיניות אקולוגית שונה, ובנוסף המין התרבותי. ישראל היא טריטוריה יוצאת דופן מבחינת תפוצת שלושת מיני הבר, בכך שהם גדלים באתרים קרובים זה לזה ולעיתים באותו בית הגידול ממש (Abbo et al. 2008). הדרישות האקולוגיות של האפון הקיפח והנמוך יחודיות, ואוכלוסיותיהם קטנות. לעומת זאת, אפון מצוי גדל בארץ בטווח רחב מאד של בתי גידול, מיתיר בדרום ועד לגולן והחרמון בצפון, וכן מנחל כזיב בגליל המערבי ועד נחל עמוד סמוך לכנרת.

בחינה מוקדמת בהיקף מוגבל של אפוני בר מישראל ב- common garden experiments, מרמזת על כך שבמין אפון מצוי מתקיימת שונות אקוטיפית בהתאמה לגרדיאנט האקולוגי אותו מאכלס מין זה. בניסויים אלו זו נמצא כי הטיפוסיים הצפוניים (מהר מירון למשל) הם בעלי משך צימוח ארוך ופריחה אפילה (ולכן כושר יצור ביומסה רב יחסית) ולעומתם פריחת טיפוסיים מחבל לכיש מבכירה (והם מסיימים את הגידול מוקדם יחסית גם בתנאי השקייה). על כן היפותיזת העבודה של מחקר זה היא כי המשרעת האקולוגית שתופסים מיני אפון הבר בישראל משקפת מגוון גנטי, ופיסילוגי בתכונות אדפטיביות רבות בעלות חשיבות חקלאית. בהתאם להנחה זו הגדרנו את המטרות להלן.

### מטרת המחקר (כללי)

אפיון גנטי ופיסילוגי של אפון בר מישראל ככלי לגיבוש מדיניות שימור ולאיתור תכונות מועילות לטיפוח.

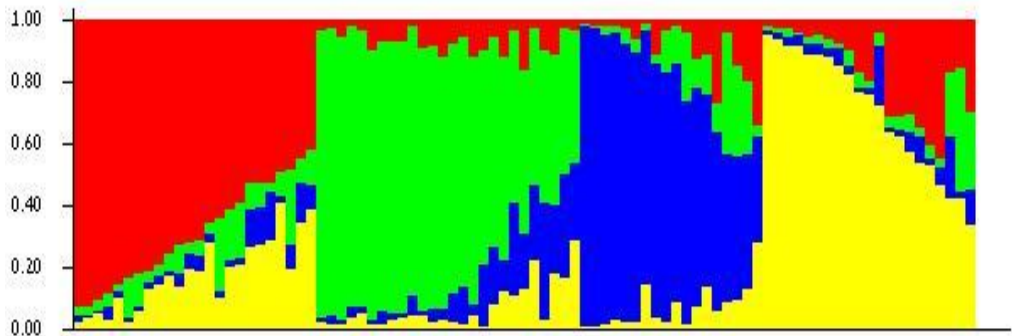
מטרותיו הפרטניות של המחקר היו:

- 1] איסוף זרעים מאוכלוסיות אפון מצוי בכל טווח הגידול של המין בארץ. [2 אפיון פיסילוגי של מגוון גנוטיפים של אפון מצוי בתנאי יובש. [3 הערכת הפולימורפיזם (DNA) באפון מצוי ובחינת הקשר בין מאפייני בתי הגידול לדגם הפולימורפיזם. [4 גיבוש המלצות לשימור *in situ* על פי דגם התפוצה והמגוון הגנטי.

### פרוט הניסויים בשלוש שנות המחקר:

בשנת העבודה הראשונה השלמנו את בניית האוסף, ובוצע ניתוח אקו-גיאוגרפי של כל בתי הגידול מהן נדגמו צמחי בר לצורך בניית אוסף האפונים. בניתוח זה הוגדרו 6 קבוצות אקווגיאוגרפיות על פי מאפייני בתי הגידול. קבוצה שביעית הכילה אתרי דיגום להם לא נמצא מידע מתחנה מטאורולוגית סמוכה ולכן לא ניתן היה לסווגם (טבלה 1). במקביל גודלה משתלת ריבוי לצורך יצור זרעים מכל אחד מהגנוטיפים שבאוסף, והועמד ניסוי שדה בחזרות לבחינה פיסיוולוגית ראשונית של 9 גנוטיפים של אפון מצוי זני תרבות בתנאי מחסור במים.

בשנת המחקר השניה בחנו את אוסף האפון המצוי בעזרת סמני SNP שפותחו לאפון תרבותי (Deulvot et al. 2010) כדי לברר את מבנה האוכלוסיה של מין זה על פני בתי הגידול השונים. בעזרת הסמנים הוגדרו בניתוח Structure 4 קבוצות גנוטיפיות (איור 1) ואלו שימשו כמשתנה מיון בניתוח הנתונים הפיסיוולוגיים שנתקבלו בניסויי היובש. במקביל לעבודת ה-DNA בשנת העבודה השניה הגדלנו את היקף הבחינה הפיסיוולוגית בתנאי מחסור במים ל-53 גנוטיפים של אפון מצוי.



**איור 1:** המבנה הגנטי של אוכלוסית האפון המצוי בישראל כי שנאמד על ידי שכיחויות האללים במבחני ה-SNP. נתקבלו ארבע קבוצות המוצגות בצבעים שונים ( $K=4$ ) כאשר כל גנוטיפ מיצג על ידי קו אנכי המציג את ההסתברות לשייכו לאחת מארבע הקבוצות (ראה טבלה 3).

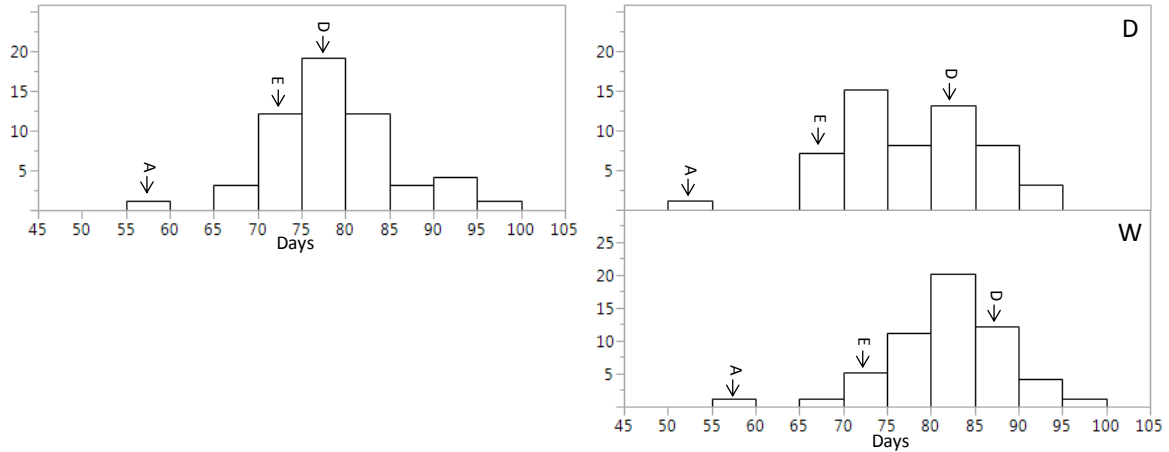
בשנת המחקר השלישית חזרנו ובחנו 53 גנוטיפים של אפון מצוי בתנאי מגבלת מים במתכונת דומה ככל האפשר למה שבוצע בשנה ב'. הניסוי הוצב בחוות הפקולטה לחקלאות ברחובות כאשר כל גנוטיפ נבחן בשלוש חזרות בתנאי השקיה מלאה, ובשלוש חזרות בהשקיה מוגבלת. כביקורת שמשו 3 זני אפון תרבותי (דן D, אריתריאה E, ואלסקה A) שהוצבו בשש חזרות בכל טיפול השקיה.

### תוצאות

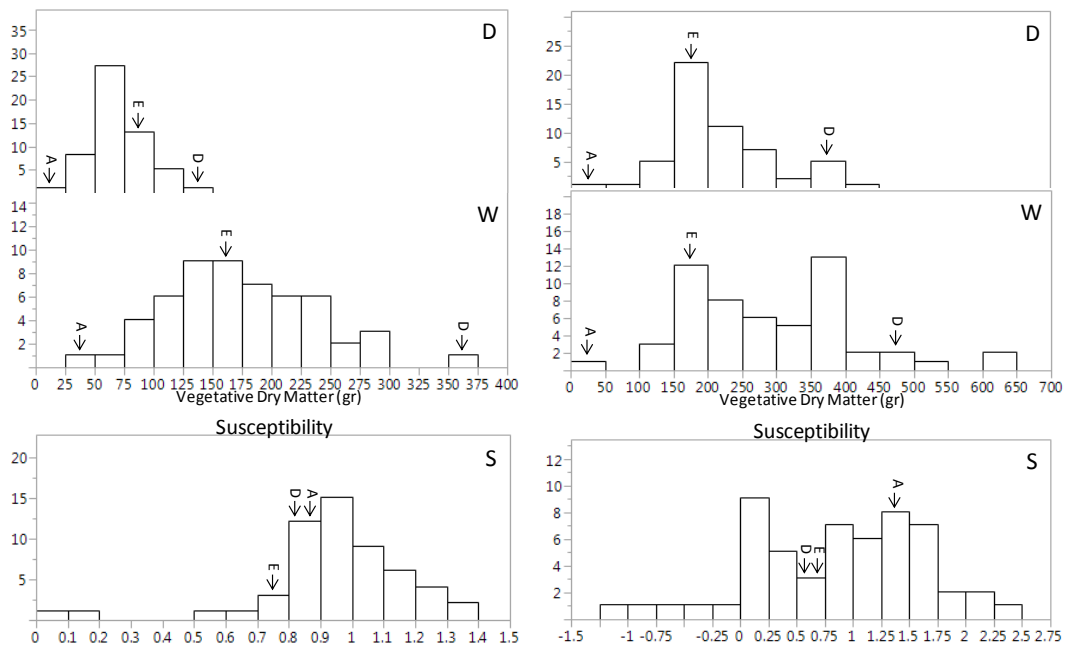
תוצאות הניסויים של שנים א' וב' דוחו במלואן בדוחות השנתיים. מפאת היקף הנתונים בחרנו להתרכז בדו"ח המסכם בעיקר בתוצאות העבודה הפיסיוולוגית של שנים ב' ו-ג' ובדיון המסכם של כלל המימצאים.

טווח התגובה למיגבלת ההשקיה באוסף האפון המצוי

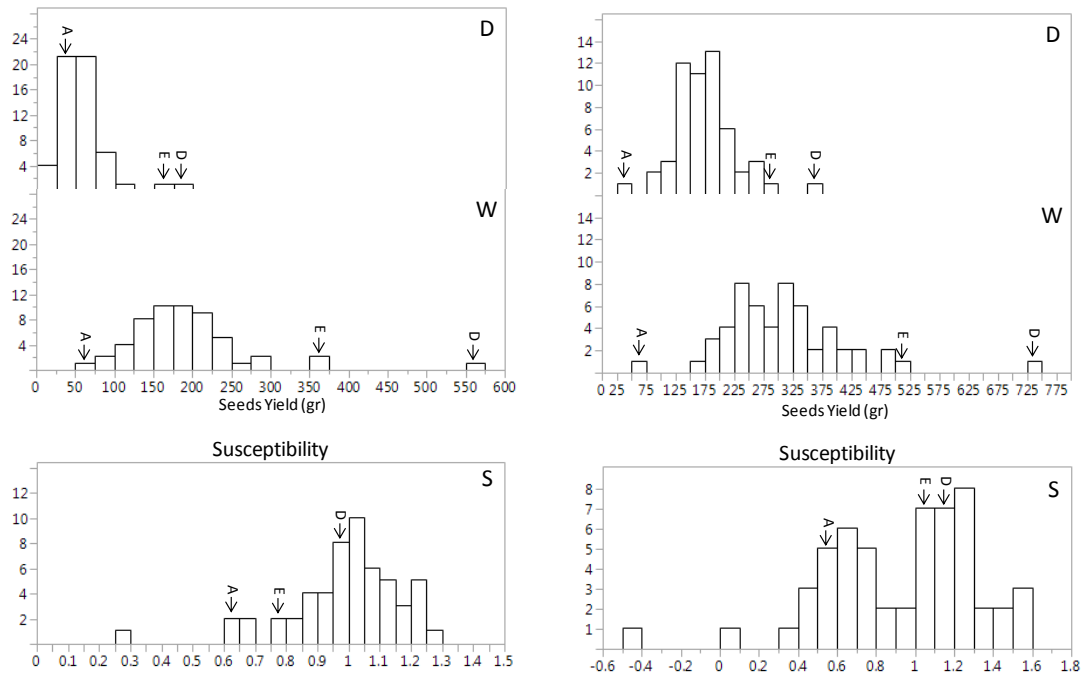
להלן מוצגות התפלגויות הערכים הממוצעים של טיפוס האפון המצוי שנבחנו בשנות העבודה 2013-14 ו-15. ערכי קווי הביקורת התרבותיים (אלסקה A, אריתריאה E, ודן) מצויינים בחיצים.



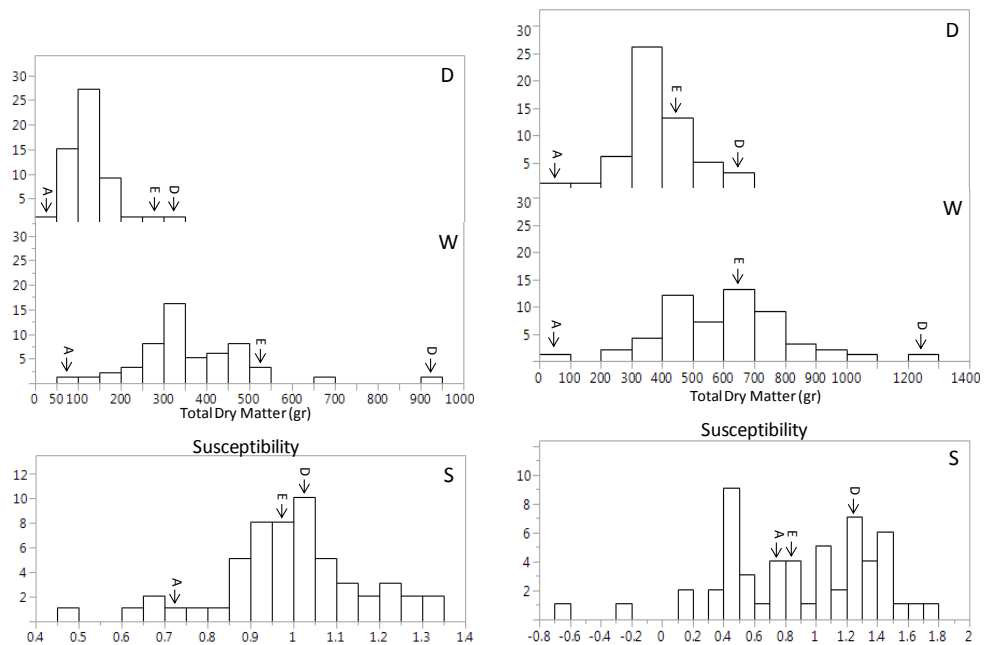
**איור 2:** התפלגות מס' ימים ממוצע מהצצה לפריחה באוסף האפון המצוי. שנת 2014 משמאל, שנת 2015 מימין. ב- 2014 מגבלת ההשקיה הופעלה לאחר תחילת הפריחה, לכן מוצגת היסטוגרמה יחידה.



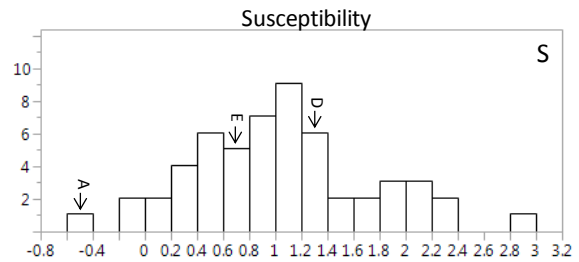
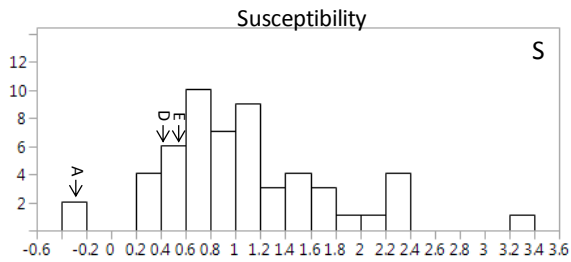
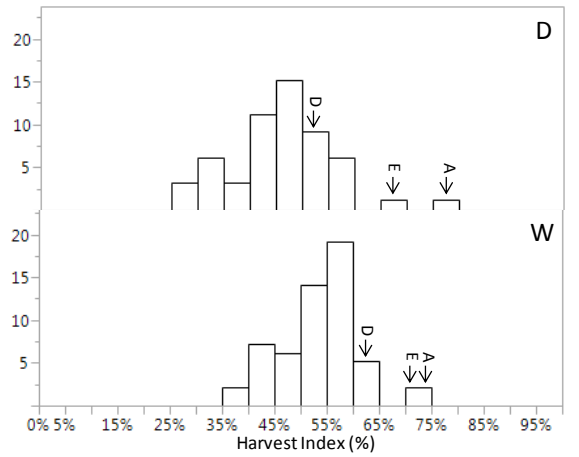
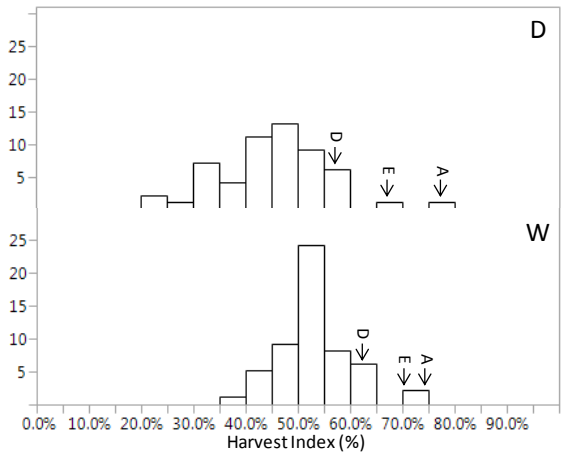
**איור 3:** התפלגות משקלי החומר היבש הוגטיבי ליחידת ניסוי וערכי אינדקס הרגישות שלהם בשנת 2014 (שמאל) ובשנת 2015 (ימין) באוסף האפון המצוי. גנוטיפים בעלי אינדקס רגישות נמוך, משמאל לזני התרבות, נפגעו פחות מזני התרבות ממגבלת ההשקיה.



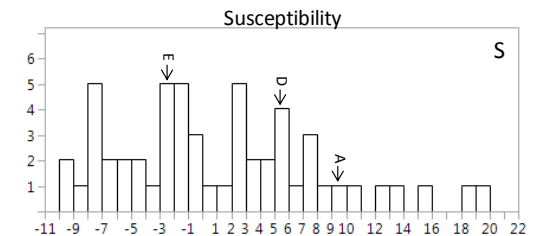
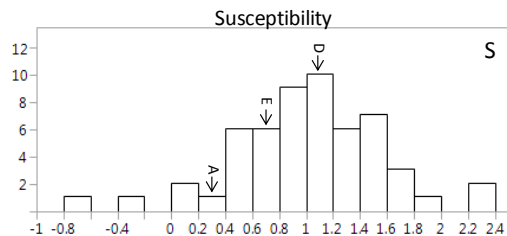
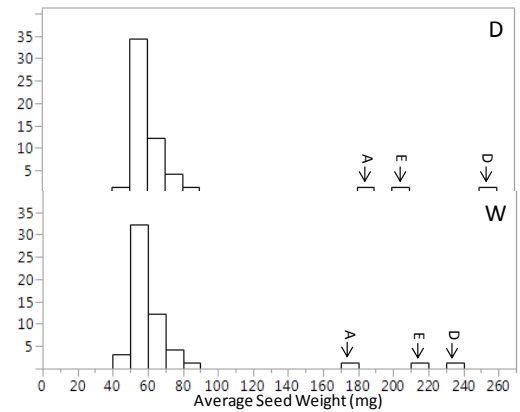
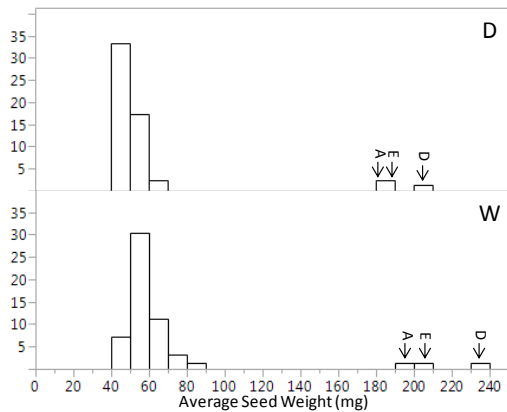
**איור 4:** התפלגות ערכי יבול הזרעים ליחידת ניסוי וערכי אינדקס הרגישות שלהם בשנת 2014 (שמאל) ובשנת 2015 (ימין) באוסף האפון המצוי. גנוטיפים בעלי אינדקס רגישות נמוך, משמאל לזני התרבות, נפגעו פחות מזני התרבות ממגבלת ההשקיה.



**איור 5:** התפלגות ערכי חומר יבש כללי בגר' ליחידת ניסוי וערכי אינדקס הרגישות שלהם בשנת 2014 (שמאל) ובשנת 2015 (ימין) באוסף האפון המצוי. גנוטיפים בעלי אינדקס רגישות נמוך, משמאל לזני התרבות, נפגעו פחות מזני התרבות ממגבלת ההשקיה.

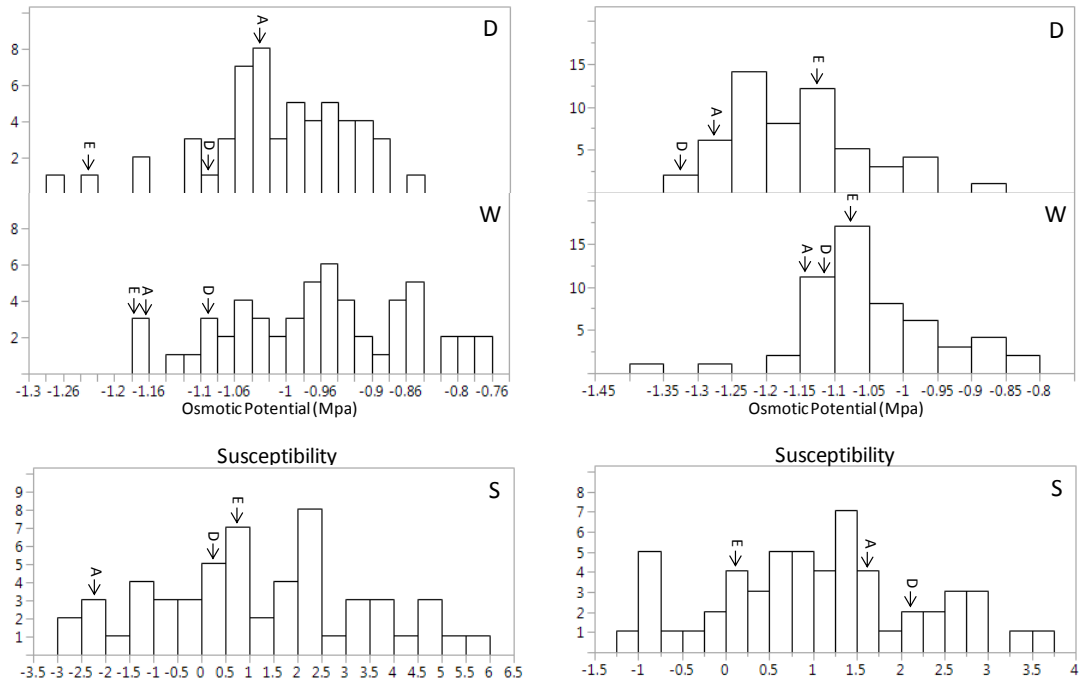


**איור 6:** התפלגות ערכי אינדקס הקציר וערכי אינדקס הרגישות שלהם בשנת 2014 (שמאל) ובשנת 2015 (ימין) באוסף האפון המצוי. גנוטיפים בעלי אינדקס רגישות נמוך, משמאל לזני התרבות, נפגעו פחות מזני התרבות ממגבלת ההשקיה.

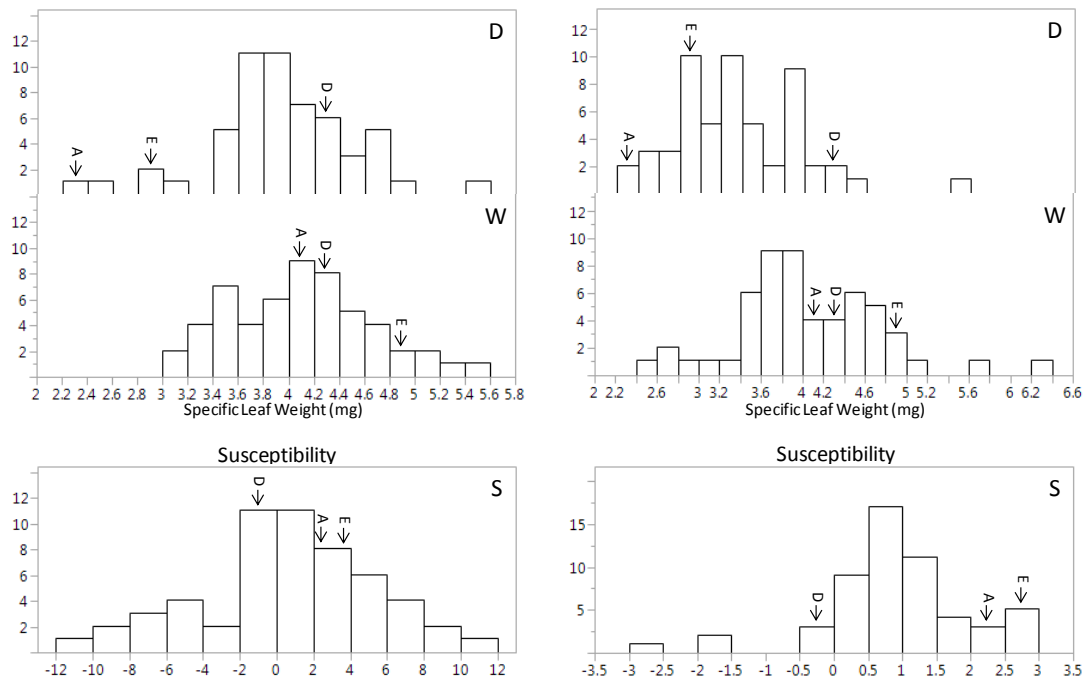


**איור 7:** התפלגות משקל הזרע הממוצע וערכי אינדקס הרגישות שלהם בשנת 2014 (שמאל) ובשנת 2015 (ימין) באוסף האפון המצוי. גנוטיפים בעלי אינדקס רגישות נמוך, משמאל לזני התרבות, נפגעו פחות מזני התרבות ממגבלת ההשקיה.

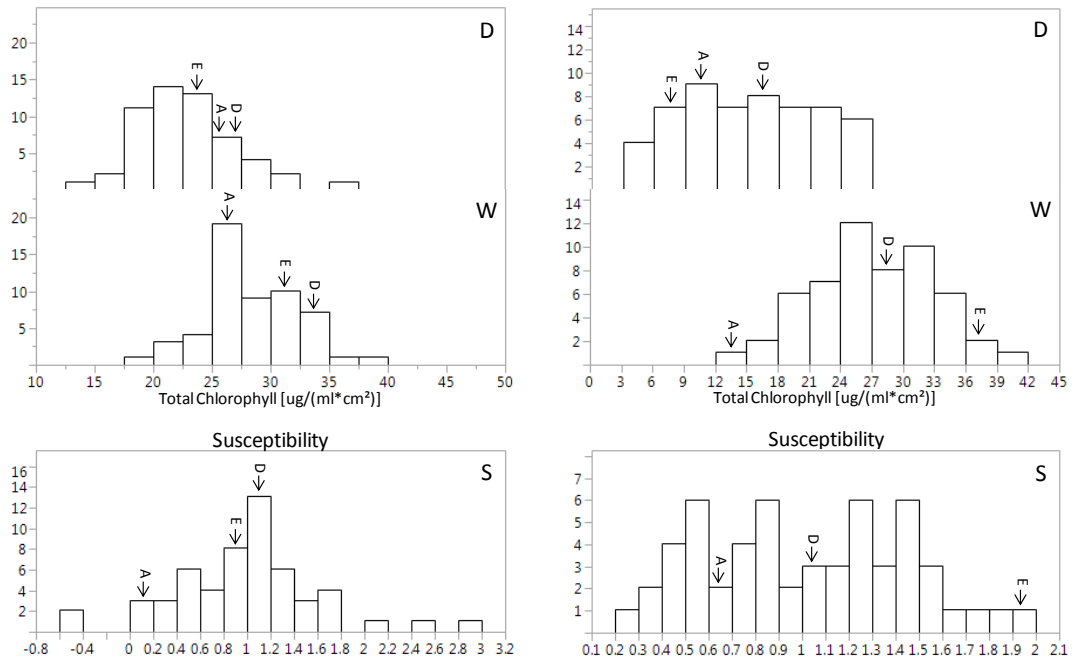




**איור 8:** התפלגות ערכי הפוטנציאל האוסמוטי וערכי אינדקס הרגישות שלהם בשנת 2014 (שמאל) ובשנת 2015 (ימין) באוסף האפון המצוי. גנוטיפים בעלי אינדקס רגישות נמוך, משמאל לזני התרבות, נפגעו פחות מזני התרבות ממגבלת ההשקיה.



**איור 9:** התפלגות ערכי משקל עלה סגולי וערכי אינדקס הרגישות שלהם בשנת 2014 (שמאל) ובשנת 2015 (ימין) באוסף האפון המצוי. גנוטיפים בעלי אינדקס רגישות נמוך, משמאל לזני התרבות, נפגעו פחות מזני התרבות ממגבלת ההשקיה.



**איור 10:** התפלגות ערכי תכולת הכלורופיל בעלים וערכי אינדקס הרגישות שלהם בשנת 2014 (שמאל) ובשנת 2015 (ימין) באוסף האפון המצוי. גנוטיפים בעלי אינדקס רגישות נמוך, משמאל לזני התרבות, נפגעו פחות מזני התרבות ממגבלת ההשקיה.

#### בחינה פיסיולוגית של קווי האפון המצוי במיגבלת השקיה

כאמור 53 גנוטיפים המייצגים מיגוון בתי גידול הנבדלים זה מזה בפרמטרים אקולוגיים נבחנו בשני טיפולי השקיה בשנים 2014 ו- 2015. נתוני היצור של הגנוטיפים השונים והפרמטרים הפיסיולוגיים (שהוצגו לעיל) נותחו במודל שכלל את השנה (עונה), הטיפול (השקיה מלאה, מול מיגבלת מים), הגנוטיפ (53 טיפוסים) וכל השפעות הגומלין ביניהם. הבחינה נעשתה על טיפוס האפון המצוי בלבד ולא כללה את קווי הביקורת התרבותיים. זאת מכיוון שלא ציפינו לקבל קווי בר הטובים מזני התרבות בכושר הייצור. וגם מפני שניתוח יחד עם זני התרבות ימסך על הבדלים בין טיפוס הבר ויקשה על מציאת הבדלים מובהקים ביניהם. בבחינה של מספר רב כל כך של גנוטיפים במשך שתי עונות צפוי שגורם הגנוטיפ יהיה בעל אפקט מובהק על התוצאות. בגלל ההבדלים העונתיים בין השנים, גם השפעות הגומלין גנוטיפ שנה וגנוטיפ טיפול בדרך כלל נמצאו מובהקות. מכיוון שמטרתנו לא היתה להשוות בין השנים, או בין הטיפולים (ברור שיצור נפגע במגבלת מים) אלא לאתר מקורות גנטיים הנושאים תכונות המקנות יתרון בתנאי מגבלת מים פעלנו על פי המתווה הבא. לאחר שהוברר כי אמנם יש הבדלים גנטיים בין קווי האפון המצוי חזרנו וניתחנו את נתוני בתי הגידול מהם נידגמו טיפוס הבר כדי לבחון האם ניתן לזהות הבדלים בין בתי הגידול השונים בפרמטרים אקולוגיים הרלבנטיים לכושר יצור צמחי. ניתוח ראשוני כזה נעשה כבר בשנת המחקר הראשונה (ראה דו"ח שנה א'). ביצענו שוב cluster analysis בעזרת ד"ר רואי בן-דוד ונתקבלו שתי גישות לקיבוץ האתרים על פי מאפייני הסביבה שלהם (טבלאות 1, 2). לאחר מכן שבנו וניתחנו את נתוני הייצור והפרמטרים הפיסיולוגיים במודל ניתוח שונות שכלל את השנה (2014, 2015) והקבוצה

הגנוטיפית. מכיוון שגורם השנה היה מעורב בהשפעות גומלין חזרנו וביצענו את הניתוח לטיפול היבש ולטיפול הרטוב בנפרד בכל שנה. הגורם האחרון (קבוצה גנוטיפית) שימש כמשתנה מיון לפי חמש גירסאות שונות, להלן. [1] שישה צברים, כפי שדווחו בשנה א', [2] ארבעה צברים לפי נתוני ה-SNP (טבלה 3), [3] שישה צברים (טבלה 1), [4] שבעה צברים (טבלה 2). כדי לנסות ולקבל אמדן לגבי טיב החלוקה לצברים והאם זו אמנם מבדילה את טיפוס האפון השונים על פי כושר היצור שלהם בתנאי מחסור במים בחנו את מובהקות גורם ה"צבר" בטיפול היבש בלבד על ממוצעי הגנוטיפים. כפי שעולה מהנתונים בטבלה 4 החלוקה לשבעה מקבצים נותנת את כושר ההפרדה הטוב ביותר מבחינת נתוני כלל הביומסה ויצור הגרגרים. בשלב הבא ניסינו לאתר מיהם הגנוטיפים המייצגים כושר יצור גבוה בתנאי מחסור מים ומיהם הגנוטיפים הנפגעים בצורה הקשה ביותר במחסור מים. זיהינו שלושה טיפוסים הנראים בעלי ביצועים עדיפים בתנאי מחסור (בקוע, מיגדל, רמות יששכר) ושלושה נחותים (נחל אורן, יפתח-כפר גלעדי, כסלון). בחורף 2016 בדעתנו לדגום צמחים נוספים מאתרים אלו לצורך בחינה מעמיקה במסגרת תכנית מחקר שהוגשה ל-BSF.

### **דין ומסקנות**

כפי שנראה מתוצאות הבחינה של אוסף האפון המצוי מישראל, האוכלוסיות שנידגמו מחזיקות מיגוון אללי הן ברמת ה-DNA והן מבחינת כושר היצור והפרמטרים הפיסיולוגיים שנמדדו. העובדה שלא נמצא מיתאם בין הקבוצות הגנוטיפיות (ע"פ סמני ה-SNP) לבין הקבוצות האקו-גיאוגרפיות (על פי נתוני בתי הגידול) מעניינת ומתמיהה כאחד. מעולם לא נערכה בחינה של מגוון גנטי בין ובתוך אוכלוסיות של אפוני בר ולכן אין כל דרך לבחון את התוצאה שלנו לאור מידע קודם מהספרות. כאמור לעיל פנינו בבקשה למענק מחקר מקרן ה-BSF בין היתר כדי לבחון שאלה זו. אין לנו כרגע כל הסבר משוער לתופעה זו.

בעבודות קודמות (Peleg et al. 2005, 2008) נמצא כי בחיטת בר אוכלוסיות מאזורי ביניים ולא מאזורים שחונים הן המבטיחות ביותר מבחינת כושר היצור שלהם בתנאי מחסור במים. גם בעבודתנו זו, נראה דגם דומה. נמצא כי שלושה קווי אפון מצוי מקבוצה אקו-גיאוגרפית 4 (בקוע, ירידה למיגדל, רמות יששכר, ראה טבלה 2) בלטו לטובה בכושר היצור שלהם בתנאי מחסור. יש לזכור כי בעבודה זו התאפשר לנו לבחון רק פרט יחיד מכל בית גידול. לכן כדי לבסס מסקנה זו יש להגדיל את הדגימה מבתי גידול מנוגדים ולבחון מספר רב יותר של פרטים. בחינה כזו אם תעשה הן ברמת ה-DNA והן בתנאי מחסור במים תוכל גם לפתור את השאלה שנתרה בדבר הקשר בין מאפייני בית הגידול ופרופיל ה-DNA במין זה.

ראוי לזכור כי בניגוד למצב בחיטה, שעורה, סורגום, תירס ואורז שטיפוסי בר ותרבות שלהם נחקרו לעומק על ידי קבוצות רבות בעולם עד כה מעולם לא דווחה עבודה דומה בקיטניות המזרח תיכוניות (אפון, חימצה, עדשה, בקיה). מעולם לא נבנה אוסף מקיף ממיגוון בתי גידול מסוגים אלו, ולא הועמד לבחינה גנטית ופיסיולוגית דומה. לכן, נקודת הייחוס היחידה שעומדת לרשותינו היא העבודה על חיטת הבר מישראל (Peleg et al. 2005, 2008). למיטב הבנתנו המימצאים בעבודה מצדיקים

המשך התעמקות במין זה כמו גם בקרובי בר של קיטניות אחרות. הדרישה הגוברת לחלבון מן הצומח, והתחזיות לשינוי בפרופיל המשקעים הגלובלי רק מקנים יתר תוקף למסקנתנו זו. במהלך תקופת המחקר נוצר קשר עם קבוצה בצרפת המרכזת את פרוייקט הגנום של האפונה התרבותית. אנו מקווים שבמהלך שנת 2016 יפורסם הגנום המלא וניתן יהיה להשתמש במידע זה ככלי למיפוי השוואתי של תכונות פיסולוגיות רצויות בין מין התרבות למין הבר שבחנו.

### **In situ גנטי ושימור בתי גידול ושימור גנטי**

על פי משרעת בתי הגידול בה הצלחנו לאתר את המין *אפון מצוי* ברחבי ישראל לא נראה כי מין זה זקוק להגנה מיוחדת בהשוואה למיני צמחים בר אחרים. ואולם בסיורים הרבים שעשינו באתרים שונים ניכר היטב הבדל בין בתי גידול בהם המין נפוץ מאד וניתן למצוא בקלות יחסית (כרמל, גליל עליון, הרי יהודה), לבין אתרים בהם מספר הפרטים שנמצאו זעום ביותר (יער יתיר, מורדות הגלבע המזרחי, רמות יששכר). ניכר קושי רב למצא פרטים של מין זה באתרים מעוטי מישקעים המשמשים לרעהי אינטנסיבית של עדרי בקר (רמות יששכר, קרוב למיגדל, גלבע) זאת בניגוד למציאותם של פרטים רבים גם בתנאים של בקר במרעה באתרים רבי מישקעים (אזור יפתח – מנרה, גולן צפוני, חרמון).

לאור בחינת סמני ה-SNP לא נראה שיש עדיפות לשימור אתרים מסוימים, ואולם ההתפלגות הדיפרנציאלית של התאמות הפיסולוגיות למחסור במים על פני אתרי הדיגום בהחלט מצביעות על אתרים חשובים הראויים להגנה יותר אפקטיבית. בשלב זה לדעתנו יש להעמיק את הדגימה מהאוכלוסיות שאותרו גם לצורך בחינת מגוון ברמת ה-DNA וגם לצורך בחינה פיסולוגית. ואולם כבר כעת ניתן להמליץ על הקטנת לחץ הרעהי בחלק מהאתרים, זאת באי התאמה מסויימת לרוח המימצאים של קבוצות מחקר אחרות שבחנו את השפעת לחץ הרעהי על מינים שונים בישראל (Sternberg et al. 2015).

טבלה 1: אתרי הדגימה של אפון מצוי (*Pisum fulvum*) עפ"י הקבוצות שנתקבלו מניתוח Hierarchical cluster analysis לפי 6 אשכולות

גנוטיפים ללא סיווג לקבוצה		קבוצה 6		קבוצה 5		קבוצה 4		קבוצה 3		קבוצה 2		קבוצה 1	
צומת סעיר	42	שתולה- זרעית	31	אביבים	24	הר צפייה	19	יתיר	10	סלעית	5	יער גלעד	1
טורבינות רוח	65	אקרית	32	עיקול מתחת ליראון	25	נחל משגב	20	יער יתיר	11	צלפון	9	אום אל פחם	2
חרמון	68	מנות- עבדון	37	מול ברעם	26	יפתח- כ. גלעדי	22	סנסנה	12	צור נתן	16	ריחן	3
בלד א-שייח'	74	מחצבות קדומים	104	יער ברעם	27	פילבוקס - מלכיה	23	בית מרסם	13	חורשים	17	אום ריחן	4
בורג' אל מליח	84	צומת דמון	105	יער ברעם (משונן)	28	הר יערן	51	צפון לנטע- מרשם	14	יער חרובית	46	חניון אדמית	35
צומת מעלה אפרים	86	עין חוד	109	הר מירון	29	צור הדסה	52	מנרה- יפתח	21	גפן- תירוש	47	אדמית	36
עוגיה	88			הר אדיר	30	נחל שורק	54	גבעות	44	שדות מיכה	48	שיירת יחיעם	38
מטמנת סירין	95					הר טייסים	55	אל גיבעה	45	ליד לוזית	49	כפר קרע	71
כנרת	97					כסלון	56	עין קאבו	53	פארק בריטניה	50	כרמיאל	75
שיח' בילאל	123					יער תימן	57	מחסיה	67	מצפה הראל	59	חניון סורסוק	78
הר גריזים	126					יער הנשיא	58	לכיש- רמת חרוב	72	בקוע	60	יעד	100
						גלבוע	77	צמת עתניאל	112	משמר איילון	61	ואדי מילק	102
								תלם	114	פארק קנדה	64	מושב עופר	103
								יער מראשה	115	שריד	66	יערות הכרמל	106
										יער שילת	70	נחל אורן ד.	107
										ירידה למגדל	73	נחל אורן צ.	108
										חרבת שר	81	כרם מהר"ל	110
										גלבוע- צומת נבות	92	רמת הנדיב	111
										רמות יששכר	93		
										מחנה נעורה	98		
										דומיידה	99		
										שהם	101		
										עלייה מכביש 646	116		
										דיר אבו משעל	117		
										נבי צלח	118		

**טבלה 2: אתרי הדגימה של אפון מצוי (*Pisum fulvum*) עפ"י הקבוצות שנתקבלו מניתוח Hierarchical cluster analysis לפי 7 אשכולות**

גנוטיפים ללא סיווג לקבוצה		קבוצה 7		קבוצה 6		קבוצה 5		קבוצה 4		קבוצה 3		קבוצה 2		קבוצה 1	
צומת סעיר	42	הר יערן	51	הר צפייה	19	יתיר	10	סלעית	5	אביבים	24	שתולה- זרעית	31	יער גלעד	1
טורבינות רוח	65	צור הדסה	52	נחל משגב	20	יער יתיר	11	צלפון	9	עיקול מתחת ליראון	25	אקרית	32	אום אל פחם	2
חרמון	68	נחל שורק	54	מנרה- יפתח	21	סנסנה	12	צור נתן	16	מול ברעם	26	מנות- עבדון	37	ריחן	3
בלד א-שייח'	74	הר טייסים	55	יפתח- כ. גלעדי	22	בית מרסם	13	יער חרובית	46	יער ברעם	27	מחצבות קדומים	104	אום ריחן	4
בורג' אל מליח	84	כסלון	56	פילבוקס- מלכיה	23	צפון לנטע- מרשם	14	גפן- תירוש	47	יער ברעם (משונן)	28	צומת דמון	105	חורשים	17
צומת מעלה אפרים	86	יער תימן	57	גלבע	77	גבעות	44	שדות מיכה	48	הר מירון	29	יערות הכרמל	106	חניון אדמית	35
עוגיה	88	יער הנשיא	58			אל ג'בעה	45	ליד לוזית	49	הר אדיר	30	עין חוד	109	אדמית	36
מטמנת סירין	95					עין קאבו	53	פארק בריטניה	50					שיירת יחיעם	38
כנרת	97					מחסיה	67	מצפה הראל	59					שריד	66
שיח' בילאל	123					לכיש- רמת חרוב	72	בקוע	60					כפר קרע	71
הר גריזים	126					צמת עתניאל	112	משמר איילון	61					כרמיאל	75
						תלם	114	פארק קנדה	64					חניון סורסוק	78
						יער מראשה	115	יער שילת	70					דומיידה	99
								ירידה למגדל	73					יעד	100
								חרבת שר	81					שהם	101
								גלבע- צומת נבות	92					ואדי מילך	102
								רמות יששכר	93					מושב עופר	103
								מחנה נעורה	98					נחל אורן ד.	107
								עלייה מכביש 646	116					נחל אורן צ.	108
								דיר אבו משעל	117					כרם מהר"ל	110
								נבי צלח	118					רמת הנדיב	111

\*הקוים המסומנים בצהוב נבחנו בתנאי מחסור במים

**טבלה 3:** השייך לקבוצות הגנוטיפיות של קוי האפון המצוי כפי שנתקבל בנתוח ה- Structure. הצבעים בראש הטורים מייצגים את הצבע השליט בכל אחת מ- K הקבוצות שנתקבלה בניתוח (ראה איור 1).

קבוצה 1	קבוצה 2	קבוצה 3	קבוצה 4
2 – אום אל פחם	2 – ריחן	1 – יער גלעד	11 – יתיר
10 – יער יתיר	3 – יער אום ריחן	5 – סלעית	32 – איקרית
12 – סנסנה	19 – הר צפיה	9 – צלפון	35 – אידמית
17 – חורשים	23 – מלכיה	13 – בית מירסים	36 – אידמית
20 – נחל משגב	43 – כפר עציון	14 – נטע מירשם	46 – חרובית
21 – מנרה	44 – גבעות	16 – צור נתן	47 – גפן-תירוש
25 – יראון	45 – ג'בע	18 – נחל מערות	60 – בקוע
29 – הר מירון	50 – פרק בריטניה	22 – יפתח-כ גלעדי	61 – משמר אילון
31 – שתולה	52 – צור הדסה	27 – ברעם	71 – כפר קרע
37 – עבדון	56 – כסלון	41 – צומת מיצד שמעון	74 – בלד א-שיח' (ירדן)
38 – שירת יחיעם	58 – יער הנשיא	73 – מיגדל	78 – חרבת סורסוק
40 – אפרת	59 – מצפה הראל	77 – גלבע, אירוסים	84 – בורג' אל מליח
42 – סעיר	64 – פרק קנדה	86 – מעלה אפרים	87 – דומא
53 – עין קאבו	70 – שילת	88 – ואדי עוג'ה	92 – ירידה לצומת נבות
54 – נחל שורק	79 – נחל עמוד תחתון	90 – עמק שילה	93 – רמות יששכר
57 – מערב לכיסלון	80 – גבל ערייטיס	98 – נעורה	95 – מטמנת סירין
65 – טורבינות גולן	81 – חרבת שר	101 – שהם	97 – מטעי כנרת
68 – חרמון	91 – מגדלים	103 – עופר	99 – דומידה
72 – לכיש, רמת חרוב	102 – ואדי מילק	110 – כרם מהר"ל	104 – מחצבות קדומים
75 – כרמיאל	105 – דאמון		109 – עין חוד
76 – נחל אורן מפנה צפוני	106 – יערות הכרמל		118 – נבי צלח
82 – עין שימן	114 – תלם		
115 – מראשה	122 – נחל קנה		
117 – דיר אבו-משעל	123 – אלון מורה		
	126 – הר גריזים		

**טבלה 4:** ערכי P(F) של גורם ה"צבר" בניתוח שונות של ערכי הביומסה הכללית ויבול הגרגרים בטיפול ה"יבש" בשנים 2014 ו- 2015.

כלל ביומסה 2015	יבול גרגרים 2015	כלל ביומסה 2014	יבול גרגרים 2014	
0.005	0.27	0.3	0.17	<b>7 צברים 2015</b>
0.03	0.71	0.73	0.27	<b>6 צברים 2015</b>
0.57	0.005	0.41	0.2	<b>4 צברי SNP</b>
0.016	0.41	0.22	0.03	<b>6 צברים 2013</b>

**רשימת פרסומים**

עד להגשת דו"ח זה אין כל פרסומים מדעיים ממחקר זה.

**ביבליוגרפיה**

- Abbo S, Zezak I, Schwartz E, Lev-Yadun S, Gopher A (2008) Experimental harvesting of wild peas in Israel: implications for the origin of Near Eastern farming. *J Archaeol Sci* 35: 922-929.
- Ben-Zeev N, Zohary D (1973) Species relationship in the genus *Pisum* L. in Israel. *Isr J Bot* 22: 73-91.
- Deulvot C, Charrel H Marty A, Jacquin F, Donnadiou C, Lejeune-Henaut I, Burstin J, Aubert G (2010) Highly-multiplexed SNP genotyping for genetic mapping and germplasm diversity studies in pea. *BMC Genomics* 11: 468.
- Mumtaz AS, Shehadeh A, et al. (2006) The collection and ecogeography of non-cultivated peas (*Pisum* L.) from Syria. *PGR Newslt* 146: 3-8.
- Peleg Z, Fahima T, Abbo S, Krugman T, Nevo E, Yakir D, Saranga Y (2005) Genetic diversity for drought resistance in wild emmer wheat and its ecogeographical associations. *Plant, Cell & Environment* 28: 176-191.
- Peleg Z, Saranga Y, Krugman T, Abbo S, , Nevo E, Fahima T (2008) Allelic diversity associated with aridity gradient in wild emmer wheat populations. *Plant, Cell & Environment* 31: 39-49.
- Sterenberg M, Golodets C, Gutman M, Perevolotsky A, Ungar ED, Kigel J, Henkin Z (2015) Testing the limits of resistance: a 19-year study of Mediterranean grassland response to grazing regimes. *Global Change Biology* 21: 1939-1950.



### סיכום עם שאלות מנחות

נא להתייחס לכל השאלות בקצרה ולעניין, ב-3 עד 4 שורות לכל שאלה (לא תובא בחשבון חריגה מגבולות המסגרת המודפסת).  
שיתוף הפעולה שלך יסייע לתהליך ההערכה של תוצאות המחקר.  
**הערה:** נא לציין הפנייה לדו"ח אם נכללו בו נקודות נוספות לאלה שבסיכום.

מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה.
כללי- אפיון גנטי ופיסילוגי של אפון מצוי לצורך שימור וככלי לטפוח עתידי.
[1] בניית אוסף גנטי של אפון מצוי ממגוון בתי גדול בישראל.
[2] ניתוח אקו-גיאוגרפי של בתי הגידול ובחינת הפולימורפיזם ברמת ה-DNA באוסף האפון המצוי
[32] בחינה פיסילוגית בתנאי יובש של פרטים המכסים משרעת אקולוגית רחבה מתוך אוסף האפון המצוי.
[3] גיבוש המלצות לשימור על סמך תוצאות הבחינה הגנטית והפיסילוגית.
עיקרי הניסויים והתוצאות.
נבנה אוסף המיזג את מגוון בתי הגידול בישראל (כ- 135 פרטים) ונערך ניתוח אקו-גיאוגרפי של מאפייני בתי הגידול שנדגמו.
ערכנו בחינה פיסילוגית מקדימה בשנה א' ובחינה מעמיקה בשנים ב' ו ג' של תגובה למחסור במים בניסויי שדה. דגם ה-SNP נבחן ב- 90 קווי אפון ולא נמצא מתאם בין דגם השונות האקו-גיאוגרפית לדגם ה-SNP.
נמצא טווח מורפו-פיסילוגי רחב בתגובה למחסור במים ואותרו טיפוסים שתגובתם שונה מקווי הביקורת של האפון התרבותי שנבחנו.
מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדוח?
אותרה שונות גנטית רחבה יותר מהמוכר באפון תרבותי. השערת העבודה שלנו שדגימת מגוון של בתי גידול תאתר קווי אפון המכסים משרעת גנטית רחבה אומתה. דגם הצימוח וצבירת היבול בקיטניות בלתי מסימות מחייב שינוי הפרוטוקולים הקיימים לבחינת התגובה למחסור במים. רוב מטרות המחקר הושגו.
בעיות שנתרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנתרה לביצוע תוכנית המחקר?
לא רלבנטי לדו"ח המסכם
הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: <b>פרסומים בכתב</b> – <b>ציטט</b> ביבליוגרפי כמקובל בפרסום מאמר מדעי; <b>פנטטים</b> – יש לציין שם ומס' פטנט; <b>הרצאות וימי עיון</b> – יש לפרט מקום, תאריך, ציטוט ביבליוגרפי של התקציר כמקובל בפרסום מאמר מדעי.
אין פרסומים בשלב זה
פרסום הדוח: אני ממליץ לפרסם את הדוח: (סמן אחת מהאופציות)
רק בספריות
ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט) – ללא הגבלה
חסוי – לא לפרסם
האם בכוונתך להגיש תוכנית המשך בתום תקופת המחקר הנוכחי? כן* - לא -

\*יש לענות על שאלה זו רק בדוח שנה ראשונה במחקר שאושר לשנתיים, או בדוח שנה שניה במחקר שאושר לשלוש שנים