

דו"ח לתכנית מחקר מספר 20-10-0066 (277059416)

שנת המחקר: 1 מתוך 3 שנים

נושא המיזם: שיפור יבול חיטה ישראלית והבטחת איכותה תחת תנאי תנודתיות אקלים

Towards sustainable wheat productivity and grain quality under climatic instability

דו"ח שנתי לשנת 2016 (שנה א) מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

חוקר ראשי: דוד י. בונפיל – bonfil@volcani.agri.gov.il

בונפיל דוד י.: (מינהל המחקר החקלאי) - חוקר ראשי, אגרונומיה ואיכות חיטה;

בן-דוד רואי: (מינהל המחקר החקלאי) - מטפח וחוקר תבואות חורף roib@volcani.agri.gov.il;

דיסטלפלד אסף: (אונ' תל אביב) - גנטיקה של חיטה adistel@tauex.tau.ac.il;

וולף שמואל: (הפקולטה לחקלאות) - פחמימות ותנועת מוטמעים swolf@agri.huji.ac.il;

טס ערן: (הפקולטה לחקלאות) - אגרונומטאורולוגיה, אוזון eran.tas@mail.huji.ac.il;

לנסקי איתמר: (אונ' בר אילן) - אגרונומטאורולוגיה, אקלים itamar.lensky@gmail.com;

מוסקונה אסף: (הפקולטה לחקלאות) - הורמונים וביוכימיה של הצמח
assaf.mosquna@mail.huji.ac.il;

סרנגה יהושע: (הפקולטה לחקלאות) - פיזיולוגיה של גידולים בתנאי עקה saranga@agri.huji.ac.il;

עבו שחל: (הפקולטה לחקלאות) - גנטיקה ואגרונומיה של גידולי שדה abbo@agri.huji.ac.il;

פלג צבי: (הפקולטה לחקלאות) - גנטיקה וגנומיקה של גידולי שדה zvi.peleg@mail.huji.ac.il;

קוסטיוקובסקי משה: (מינהל המחקר החקלאי) - פשפש הקמה inspect@volcani.agri.gov.il;
ארגון עובדי הפלחה; מדריכי שה"מ.

תקציר

הצגת הבעיה

החיטה היא הגידול הנרחב ביותר בישראל וחשופה לתנאי גידול המשפיעים על יבול ואיכות הגרגרים לאפיה. הסביבה החקלאית בישראל מצריכה מחקר לפיתוח אמצעים שיקנו לחקלאים יציבות בייצור חיטה ואיכותה וישפרו את יכולת הגידול להתמודד עם עקת סביבה. הנושאים הבאים הוגדרו כחיוניים להבטחת המשך ייצור רווחי של חיטה איכותית בישראל: 1- כושר יצור (פיסילוגיה של היבול); 2- אגרונומטאורולוגיה (מאזן מים, טמפ', אוזון); 3- גורמים המשפיעים על איכות הגרגר (סביבה, פשפש הקמה).

מטרות המחקר כפי שהופיעו בהצעת המחקר

מטרת המחקר הכללית היא שיפור יציבות יבול והבטחת איכות החיטה הישראלית במטרה לשמור על יבולים גבוהים ואיכותיים חרף התנודתיות האקלימית הגוברת.

שיטות העבודה

במיזם שולבו חמש קבוצות עבודה בתחומים: 1- אגרוטכניקה והדרכה; 2- אגרונומטאורולוגיה; 3- פשפש הקמה; 4- פיסילוגיה של היבול; 5- איכות אפיה, אשר יאפשר הבנה טובה יותר של השפעת הגומלין זן

X סביבה ויאפשרו הנבט יכול רב ואיכותי יותר. המחקר מתבסס על שילוב נתונים מניסויים מבוקרים, ניסויי שדה, נתוני שדות מסחריים ונתונים זמינים מליונים ותחנות ניטור.

תוצאות עיקריות לתקופת הדוח הנידון

התקבלה שונות בין הזנים בהתפתחות, בכושר היצור, באיכות, בתגובה לעקת חום, בתגובה למתן ABA ועוד, ושונות זו היתה שונה בניסויים שונים. פותחו אלגוריתמים להורדת דימותי לוויין באופן אוטומאטי, ועיבודים להפקת מידע רלוונטי על דיות וטמפרטורה. פשפש הקמה כמעט שלא הזיק השנה ומערכת לזיהוי נגיעות מפותחת לפי תוכנית העבודה.

מסקנות והמלצות לגבי יישום התוצאות.

עדיין לא ניתן להסיק מסקנות ממחקר זה וכמובן שלא ניתן להמליץ. אולם, בחלק מתוצרי המחקר, כמו תגובת הזנים למועד ההצצה והשפעת מתן דשן ראש מאוחר החקלאים כבר נעזרים.

מבוא:

שינויי אקלים, הנגרמים עקב ההתחממות הגלובלית צפויים לפגוע קשות ברווחת האדם בכלל וביצור החקלאי בפרט. בשנים האחרונות אנו עדים להחמרה בתנאי הסביבה, שלה השפעה ישירה על כושר היצור של הגידולים החקלאיים ואיכות התוצרת. שכיחות בצורות, שינוי פרופיל עונת הגשמים, ושינוי פרופיל הטמפרטורה של עונות הגידול בישראל הם חלק מתהליכים עולמיים. ההערכה העדכנית היא שבקצב הנוכחי, הטמפרטורה הממוצעת על פני כדור הארץ תעלה עד סוף המאה הנוכחית ביותר מארבע מעלות צלסיוס. התחזית לעליית הטמפרטורה עשויה להיטיב עם המגדלים ולהעלות את היבול בקווי רוחב גבוהים (קנדה, וצפון אירו-אסיה) אך עתידה לגרום לפחיתת יבול באזורינו. גידול דגנים בארץ ובעיקר גידול החיטה חשוף למזג אוויר הפכפך (כמויות משקעים נמוכות ולא סדירות וגלי חום) אשר משפיע על יבול ואיכות החיטה לאפיה. סביבה חקלאית זו מצריכה מחקר לפיתוח אמצעים אשר יקנו לחקלאים יציבות בייצור חיטה ואיכותה וישפרו את יכולת הגידול להתמודד עם עקות סביבה. אינטראקציות גנוטיפ X סביבה ותורשתיות נמוכה של יבול בתנאי עקה מקשים על הטיפול לעמידות לתנאים אלו. למרות הקושי, מערכת המחקר חייבת להכין הכלים שיעמדו לרשות מגדלי החיטה גם בעתיד. לשם כך מיזם מולטידיסציפלינרי זה משלב חמש קבוצות עבודה בתחומים: 1- אגרוטכניקה והדרכה; 2- אגרוטאורולוגיה; 3- פשפש הקמה; 4- פיסיוולוגיה של היבול; 5- איכות אפיה. המחקר יאפשר הבנה טובה יותר של השפעת הגומלין זן X סביבה והנבט יבול רב ואיכותי יותר. סקירת הידע בספרות המדעית אשר הובילה לתכנון מחקר זה ומעט מתוצאותיו זמינים באתר האינטרנט של המיזם <http://israel-wheat.wix.com/mizam>.

מטרות המחקר:

המידע הקיים כיום על השפעת תנאי סביבה אביוטיים (כגון, טמפרטורה, זמינות מים ורמת אוזון אטמוספרי) וביוטיים (פשפש הקמה) על כושר ייצור, מילוי הגרגר המתפתח ואיכות גרעיני חיטה לאפיה בזני החיטה הישראלית הנזרעים כיום, מצומצם. כיוון שכך ברור כי השונות הגנטית בזנים שבמזרע לא נוצלה עד עתה באופן ישיר, וגם כלי ניטור בקנה מידה נרחב טרם פותחו. **השערת המחקר** היא שבחירת הזן לזריעה תוך התחשבות בידע על השפעת הגומלין זן X סביבה (כגון: מיקום השדה, ממשק ועוד) יאפשרו הנבט יבול רב ואיכותי יותר. לכן אנו מציעים לחקור כמכלול אחד היבטים שונים של השפעת הסביבה (טמפ', אוזון, ופשפש) על הזנים הקיימים כתשתית להיערכות לשינויי האקלים. שילוב נתונים מניסויים מבוקרים, ניסויי שדה ונתוני שדות מסחריים יאפשר ללמוד הן על שינויים קצרי זמן חריגים בעוצמתם והן על השפעות מתונות אך ארוכות טווח. בהתאם, **מטרת המחקר** הכללית הינה שיפור יציבות היבול והבטחת איכות החיטה הישראלית במטרה לשמור על יבולים גבוהים ואיכותיים חרף תנודתיות אקלימית גוברת. לשם כך נקבעו המטרות הפרטניות הבאות (לפי קבוצות העבודה):

א- אגרוטכניקה והדרכה

[1] בחינת השפעת הגומלין גנוטיפ X סביבה על איכות חיטה מזנים ישראליים. [2] קביעת מדרג של זני חיטת לחם המצויים במזרע על פי איכותם (שקלול הבדיקות ויציבות). [3] קביעת ממשק הגידול המיטבי

המשלב הבטחת איכות גבוהה. [4] קביעת מדדים לבדיקת איכות חיטה מקומית בקבלתה לאחסון כמלאי חירום של ישראל. [5] הפצת הידע לחקלאים.

ב- אגרוטטאורולוגיה

[1] אפיון של תנאי האקלים העתידיים איתם יידרש גידול החיטה בישראל להתמודד, זאת על בסיס חישה מרחוק וניתוח סדרות זמן של נתונים היסטוריים. [2] מיון שדות גידול החיטה בישראל לתת אזורים אגרו-אקלימיים, על בסיס ניתוח רב עיתי החל משנת 2000 של צימוח וטמפרטורת קמת חיטה על בסיס נתוני מודיס, לנדסט ונתונים מטאורולוגיים. [3] אומדן דיות והשפעת תבנית חום על פוטנציאל יצור ואיכותו על בסיס חישה מרחוק. [4] בחינת ההשפעה הפיזיולוגית של חשיפה לאוזון אטמוספרי על היבול בזני החיטה המובילים במזרע בישראל. [5] קביעת מדרג של זני חיטת לחם המצויים במזרע על פי תגובתם לרמות אוזון משתנות וסבילותם לרמות אוזון גבוהות. [6] הערכת פוטנציאל הפחיתה ביבול חיטה בישראל כתוצאה מחשיפתו לאוזון אטמוספרי על בסיס ניסויי השדה ועקומות הרגרסיה שבין שטף האוזון בפיוניות של אוזון והפחיתה ביבול.

ג- פשפש הקמה

[1] שיפור איכות חיתת המאכל בישראל על ידי נטרול נזקי פשפש הקמה ע"י עדכון ממשק הדברת פשפש הקמה ויישומו. [2] בחינת השפעת נזק מפשפש הקמה על איכות הגרגרים מזני חיטה העיקריים במזרע.

ד- פיסיוולוגיה של היבול

ד1- אפיון שלבי קדם פריחה בחיטה ישראלית, צבירת חומר יבש באברי הפרח ויבול [1] אפיון פנולוגי בשדה של שלבי קדם הפריחה בזנים הישראליים, תוך התמקדות בשני תת שלבים: מוקדם-מזריעה ועד התארכות קנה, מאוחר- מהתארכות קנה ועד פריחה. [2] ניטור צבירת משקל יבש בשיבולת המתפתחת בשלב קדם הפריחה המאוחר בזנים ישראליים כפונקציה של ימי מעלה וזמן כרונולוגי.

ד2- התפתחות בתר חנטה [1] בירור השפעת עקות חום בשלבים שונים של מילוי הגרגר על זמינות המוטמעים, הובלתם לשיבולת וצבירתם בגרגר. [2] איתור סמנים פיסיוולוגיים וביוכימיים ככלי לזיהוי גנוטיפים בעלי עמידות ולאו סבילות לחום בשלבי מילוי הגרגר.

ד3- מאזן הורמונלי [1] בירור מעורבות חומצה אבציסית במימוש רכיבי היבול בחיטה ישראלית. [2] אפיון ההשפעה של חומצה אבציסית על חיוניות אבקה ועל מילוי גרגר תחת תנאי תנודתיות אקלימית.

ה- איכות לאפיה [1] קביעת המתאם בין מדדים שונים הניתנים להיבדק בתחנות קבלה ואיכות חיטה בישראל. [2] איפיון גורמים (זן, תנאי גידול ועוד) המשפיעים על רמת המתאם.

פירוט עיקרי הניסויים ותוצאות המחקר (לפי קבוצות עבודה)

א- אגרוטכניקה והדרכה אחראי- דוד בונפיל.

חומר גנטי: המחקר מתמקד בתשעה זנים (יובל, זהיר, גדרה, ברניר, גליל, רותה, בנימין, נגב ועמית) המהווים את עיקר מזרע החיטה בישראל. זנים אלו מייצגים את מירב השונות בפנולוגיה וכושר ייצור. בחלק מהניסויים ובמבחני זנים נטרו גם זנים וקווים נוספים.

ניסויי שדה לבחינת השפעת ממשקי גידול וסביבה על איכות חיטה:

גילת: לשם בחינת ה"ג גנוטיפ X סביבה על איכות חיטה מזנים ישראליים הוצבו במרכז מחקר גילת (פרט למבחן זנים של שה"מ) 6 ניסויי השדה הבאים המפורטים בטבלה 1. הניסויים הוצבו בארבע חזרות בחלקות מפוצלות בפסים בבלוקים באקראי. גודל תת חלקה מינימלי כ 20 מ"ר. בבדיקת כרב תפוא"א והרטבת שיבולים, נזרעו חזרות של הזן בתוך הכרב/טיפול המים.

טבלה 1. פירוט הטיפולים בניסויי השדה בגילת תשע"ו

חלקה	טיפולים נוספים	מספר זנים	חנקן יסוד	אוריה מוצקה, בהשתבלות	זרחן יסוד	עיבוד	כרב	זריעה	הצצה
פרדס מזרח	זריעה מוקדמת, דשן ראש	15	5	0, 5	1	CT	כרב נע	08/11/15	16/11/15
פרדס מזרח	זריעה מאוחרת, דשן ראש	15	5	0, 5	1	CT	כרב נע	07/12/15	18/12/15
יהודית	כרב, זרחן	13	3	0	0, 2	CT	כרב נע ותפוא	16/11/15	24/11/15
זיתים	זרחן	11	10	0	0, 2	CT	חיטה	23/11/15	10/12/15
מערב	הרטבת שיבולים	11	10	0	0	CT	חיטה	23/11/15	10/12/15
מזרח	עיבוד, דשן ראש	10	3	0, 5	0	CT, NT	כרב נע	26/11/15	10/12/15

בכל החלקות נטר מועד ההשתבלות, החלקות נקצרו ונתוני יבול ואיכות ראשוניים (טבלה 2) מעידים כי בעונה זו, השונות הרבה במועדי זריעה, דישון, כרב ועוד הביאו להנבת יבול גרגרים עם תחום רחב מאוד הן של יבול והן כושר מילוי הגרגר כפי שהתבטא במשקל הנפחי ובאחוז החלבון.

טבלה 2. נתוני יבול ואיכות הגרגרים (ממוצע ותחום בין הזנים) בניסויי השדה בגילת תשע"ו

חלקה	טיפולים נוספים	יבול ק"ג/ד'	משקל נפחי	אחוז חלבון
פרדס מזרח	זריעה מוקדמת, היקש	664 (558-744)	82.2 (80.0-83.7)	11.8 (11.0-12.5)
פרדס מזרח	זריעה מוקדמת, דשן ראש	680 (588-737)	82.1 (79.9-83.6)	12.1 (11.6-12.7)
פרדס מזרח	זריעה מאוחרת, היקש	434 (334-467)	76.3 (69.8-80.4)	14.4 (13.3-15.3)
פרדס מזרח	זריעה מאוחרת, דשן ראש	459 (393-495)	76.4 (69.0-80.6)	14.5 (13.6-15.5)
יהודית	כרב תפוא	557 (506-614)	לא נבדק	12.4 (11.5-13.2)
יהודית	כרב נע	568 (526-617)	80.1 (75.1-82.3)	12.5 (11.8-13.8)
יהודית	כרב נע מדושן בזרחן	516 (408-634)	79.2 (74.2-82.4)	12.8 (11.9-13.8)
זיתים	היקש	380 (334-465)	טרם נבדק	טרם נבדק
זיתים	זרחן	367 (321-426)	טרם נבדק	טרם נבדק
מערב	הרטבת שיבולים	294 (257-325)	80.9 (77.8-83.3)	12.6 (11.8-13.5)
מזרח	מדוסקס, היקש	284 (161-381)	80.6 (75.6-83.5)	12.6 (11.5-14.5)
מזרח	מדוסקס, דשן ראש	270 (189-365)	80.3 (75.5-83.3)	12.8 (11.8-14.6)
מזרח	אי פליחה, היקש	414 (299-512)	81.8 (77.4-83.8)	11.7 (10.8-12.8)
מזרח	אי פליחה, דשן ראש	384 (255-519)	81.7 (77.8-83.8)	11.9 (11.1-13.0)

מבחני זנים של שה"מ: 6 אתרים באזורי גידול שונים כשבעה עשר זנים וקווים בכל אתר. בכל אתר 4-6 חזרות במבנה ניסוי של בלוקים באקראי. תוצאות היבול ואיכות גרגרי החיטה ממבחנים אלו פורסמו (נפתליה וחב' 2016). בצמוד למבחנים אלו בארבע אתרים (חוות עדן, עמק יזרעאל, גת, בארי) נזרעו 12 זנים בשתי חזרות, כאשר אחת החזרות קיבלה תמיסת אוריה כדשן ראש בהשתבלות. בדומה

לתוצאות המבחן הארצי, התקבלה שונות ביבול ובאיכותו בניסויים השונים, כאשר המאפיינים המרכזיים היו: בארי- יבול גבוה מהצפוי וחוסר חלבון מודגש; גת- יבול גבוה עם רמת חלבון נמוכה; חוות עדן- תנאים מיטביים אך רביצה קשה עקב המטרה; עמק יזרעאל- הצצה מאוד מאוחרת ורמות משקעים נמוכות יחסית לאזור. ניתן לראות שבכל האתרים הדשן הוריד את המשקל הנפחי במעט ובאופן לא משמעותי. באתרים שבהם היה מספיק חנקן, חוות עדן ועמק יזרעאל, דשן הראש הפחית יבול והעלה עוד את רמת החלבון מעט. מנגד, היכן שהיה חסר חנקן התקבלה תרומה מאוד משמעותית הן ביבול והן רמת החלבון עקב דשן הראש.

טבלה 3. נתוני יבול ואיכות הגרגרים (ממוצע ותחום בין הזנים) בניסויי תוספת תמיסת אוריאה כריסוס עלוותי לקראת השתבלות במבחני הזנים תשע"ו

חלקה	טיפול נוספים	יבול ק"ג/ד'	משקל נפחי	אחוז חלבון
בארי	היקש	527 (468-580)	84.0 (83.1-85.2)	9.1 (8.3-10.1)
בארי	תמיסת אוריאה	613 (503-689)	83.6 (82.1-84.8)	10.2 (9.4-11.9)
גת	היקש	547 (420-678)	83.5 (81.5-85.0)	10.8 (9.8-12.0)
גת	תמיסת אוריאה	569 (477-730)	82.7 (80.9-84.1)	11.6 (10.7-12.4)
חוות עדן	היקש	560 (482-752)	82.8 (80.9-84.6)	12.9 (11.7-13.6)
חוות עדן	תמיסת אוריאה	513 (409-711)	82.4 (80.9-84.1)	13.2 (11.8-14.2)
עמק יזרעאל	היקש	515 (427-601)	82.0 (79.9-83.9)	13.3 (12.6-14.0)
עמק יזרעאל	תמיסת אוריאה	480 (382-622)	81.8 (80.0-83.3)	13.5 (12.3-14.6)

סעד: חלקות גד"ש סעד נבחרו ללמוד על השפעת הכרב ברמה משקית, ובחלק מהשדות גם על השפעת דשן ראש עלוותי, תמיסת אוריאה או אוראן ודוגמאות גרגרים נאספו בקציר מ-30 חלקות. התפלגות הכרבים: 10 חיטה, 5 תפוא, 5 גזר, 3 בצל, 3 קצח, והשאר על חמנית, טף וכרבים מעורבים. התפלגות הזנים: 13 עמית, 6 כיתאין, 5 רותה, 3 זהיר והשאר גדיש עומר ורותם. היבול הממוצע היה כ 570 ק"ג (תחום 400-700) וחלבון 11.4 (תחום 9.5-13.8), כך שגם ברמה המשקית התקבל יבול גרגרים הכיל בתוכו שונות רבה בדומה לניסויים המבוקרים. מבחינת דשן ראש (טבלה 4), אוראן פגע ביבול והעלה איכות שכמעט ולא נראה בחיטוש חלבון; בעוד שלא נמצאה השפעה למתן אוריאה מוצקה. יתכן שבכל זאת היה שיפור באיכות, אילו היינו דוגמים ידנית היתה מתקבלת מובהקות.

טבלה 4. נתוני יבול ואיכות הגרגרים בניסויי תוספת אוראן כריסוס עלוותי או אוריאה מוצקה לקראת השתבלות בשדות גד"ש סעד תשע"ו

דשן ראש	יחידות חנקן	מספר שדות	יבול	חלבון חיישן	אחוז חלבון	גלוטן רטוב	
אוראן	0	10	636	א 10.8	א 11.0	ב 21.4	ב
אוראן	4	10	607	ב 10.9	א 11.6	א 23.2	א
אוריאה מוצקה	0	5	488	א 9.9			
אוריאה מוצקה	5	5	495	א 10.3			

גרגרים מניסויים שונים שבוצעו ע"י גורמים אחרים שהגיעו לבדיקה בגילת הוספו אף הם למאגר הגרגרים לבדיקת האיכות. במקביל נאספים כל הנתונים האגרוטכניים והסביבתיים בכדי לאפשר ניתוח נתונים מושכל.

הדרכה- אתר אינטרנט ייעודי למיזם הוקם <http://israel-wheat.wix.com/mizam>. אתר זה משמש להעברת מידע לחקלאים ולמטפחים. המיזם הוצג בשני כנסים אזוריים ובכנס ארצי בנוסף לכנס ייעודי במסגרת תערוכת "משוב" ושיתפנו חקלאים, מדריכים ומטפחים במחקר ובמצאים ראשוניים. עדכון הספר "גידול חיטה הלכה ומעשה" (זוהר ופנואל 1992) והתאמתו לימים אלו החל. רוב הפרקים כבר נכתבו מחדש וצוות מצומצם (אברום גלבוע, עידן ריצ'קר ודוד בונפיל) פועל לקידום העדכון, בתקווה לסיים זאת בשנת 2017.

ב- אגרוטאורולוגיה

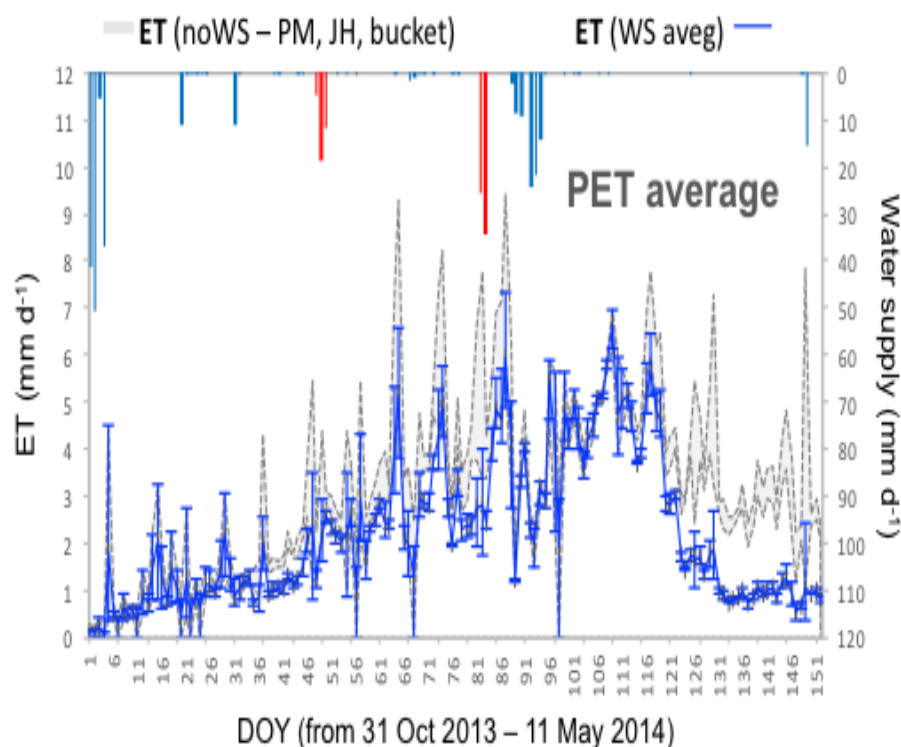
ממ"ג: צוות המחקר החליט וקיבל לכך אישור מהמחלקה לממ"ג במשרד החקלאות להשתמש בשכבת החלקות החקלאיות הקיימת ומתוחזקת על ידם. בנוסף, הושגה הסכמה כי תוצרי המיזם יוגשו לציבור על הפלטפורמה הקיימת באתר המפות הממשלתי <http://www.govmap.gov.il>. בכך נחסוך משאבים רבים ותהיה אחידות עם שכבות מידע "ציבוריות".

טמפרטורה ודיות בשדות מסחריים: אחראי- איתמר לנסקי.

הערכת אידוי-דיות בשדות חיטה בעזרת חישה מרחוק

החיטה מגיעה בדרך כלל לשלב מילוי הגרגר רק עם תום עונת המשקעים, שלב בו החיטה נסמכת על מים הזמינים בקרקע שעדיין לא נצרכו (או שנאגרו בקרקע בשנים קודמות). הערכת כמות המים בקרקע בשלב זה, חשובה ביותר לצורך הערכת כדאיות הקציר ליבול או לתחמיץ. מאזן המים הפשוט בקרקע הוא: כמות המים האגורים בקרקע (dS) שווים לגשם (P) פחות אידוי-דיות (ET) ונגר (R), כאשר לרוב $R=0$, ולכן $dS=P-ET$. ניתן למדוד את כמות הגשם, אך טרם נמצאה שיטה יעילה להערכת כמות המים המתאדים במהלך העונתי, דבר שיאפשר לחשב את כמות המים הזמינים בקרקע. במחקר הנוכחי, פיתחנו והתאמנו מודל להערכת אידוי-דיות (ET) יומי, עבור שדות חיטה בארץ. השתמשנו במודל FAO-56, המבוסס על האידוי הפוטנציאלי (ET_o) ומקדם היבול (k_c), כך: $ET=ET_o*k_c$. כאשר המקדם k_c מבטא את המהלך העונתי של צריכת המים, ביחס לאידוי הפוטנציאלי הנוכחי. כיוון ש- k_c משתנה בין גידול לגידול, וכן במהלך העונתי, הוצע להחליפו בפונקציה של מדד הצומח ה-NDVI, הניתן לחישוב ממידע המתקבל מלוויינים. המשוואה החילופית, אם כן, הינה: $ET=ET_o*f(NDVI)$. במקום ב-NDVI, השתמשנו בפרקציית כיסוי הצומח (fVC), זאת על מנת לקחת בחשבון אף את האידוי מן הקרקע, שהינו משמעותי באזורים צחיחים וצחיחים למחצה: $ET=ET_o(fVC k_c+(1-fVC)k_s)$, כאשר k_s הינו מקדם האידוי מהקרקע (במקרה זה $k_s=0.2$). בנוסף, נעשה שימוש במקדם "עקה" (f_{ws}) המתחשב בתנאי לחות הקרקע (f_{wa}), וזאת על סמך נתוני גשם ו- ET_o יומיים: $ET=ET_o(fVC k_c f_{ws}+(1-fVC) k_s f_{wa})$. תוצאות שהתקבלו מהמודל עבור ממוצע על 60 חלקות מוצגות באיור 1. במודלים נעשה שימוש ב- ET_o המחושב בעזרת שיטות שונות (טבלה 5, השונות המוצגת בגרף). כמות המים הזמינה הנותרת בקרקע בתום עונת הגידול, כפי שנמדדה באמצעות קידוחים בשדות השונים, הייתה: 77 מ"מ למ"ר, קרוב מאוד לכמות המחושבת בעזרת המודל עם מקדם העקה. ניתן לראות כי ערכי ET המחושבים בעזרת המודל

ללא מקדם העקה, גבוהים למדי בסוף עונת הגידול. זאת, לעומת הערכה ריאלית יותר של המודל המשופר עם ה f_{WS} .



איור 1. מהלך אידוי-דיות משדות חיטה (ממוצע 60 שדות) המראה את תרומת מקדם העקה (f_{WS}) ל ET (בכחול), לעומת המודל ללא מקדם העקה (בשחור).

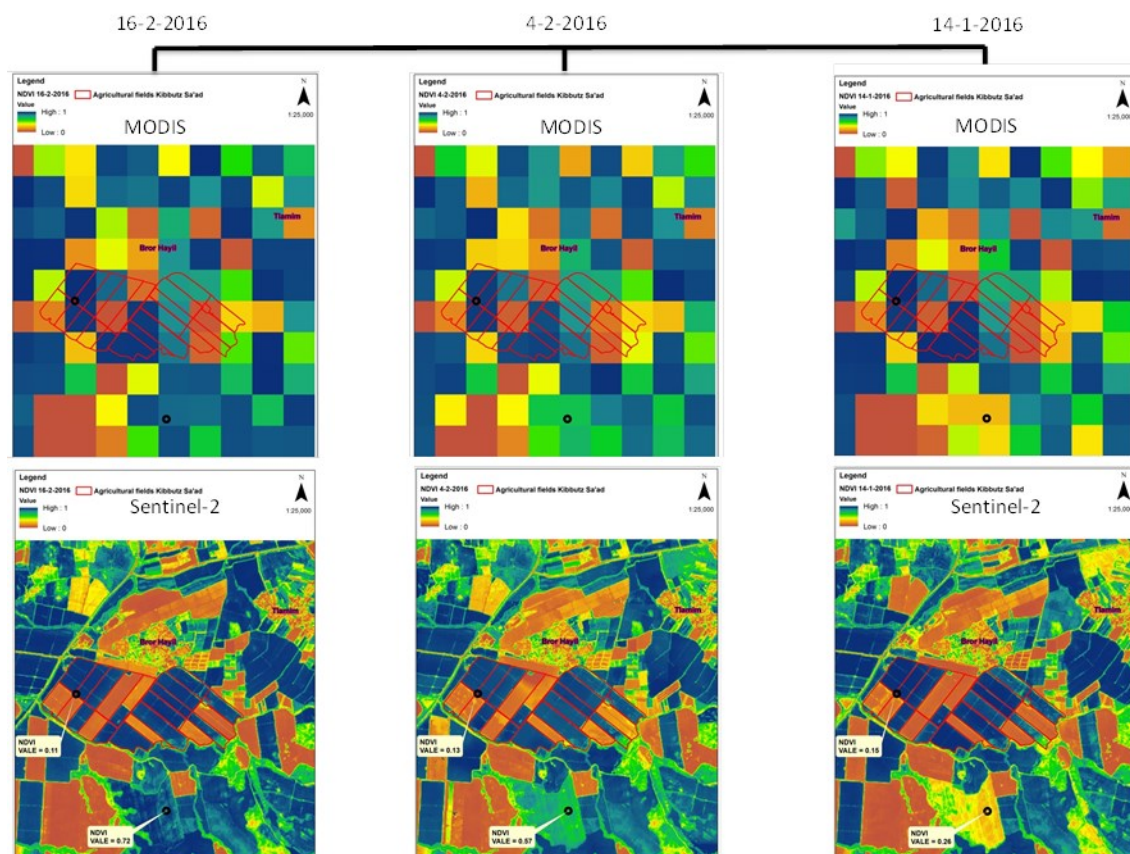
טבלה 5. הערכת האידוי דיות השנתית וכמות המים שנותרה זמינה בקרקע (במ"מ למ"ר), לאחר האידוי-דיות, בעונת הגידול 2013/14, כפי המחושב מהמודל עם (WS) וללא (noWS) מקדם העקה.

PET	noWS	$\Delta(\text{model-}[\text{rain+irrig}])$	WS	$\Delta(\text{model-}[\text{rain+irrig}])$
Monteith-Penman	380	+24	329	74
Heise & Jensen	351	+53	310	93
bucket	456	-52	376	28
AVG	396	+8	338	65

בניית בסיס נתונים ברזולוציה עיתית ומרחבית גבוהה

נבנה בסיס נתונים לנתוני הלוויינים: MODIS LANDSAT ו SENTINEL-2 נכתבו תכניות מחשב (קוד) בשפת PYTHON להורדה אוטומטית של נתונים אלה דרך API של USGS. הקוד להורדת נתוני הלוויין SENTINEL-2 עוד לא בשימוש בשל שני צפוי בעתיד הקרוב בפורמט הנתונים. נכתב קוד PYTHON שמחלץ אחוז כיסוי עננות בנתוני הלוויינים LANDSAT ו

SENTINEL-2. קודים אלה פועלים דרך Google Earth Engine python api וישמשו להיתוך אוטומטי של נתוני לוויין. תוצאות מספקות התקבלו מהיתוך נתוני MODIS ו LANDSAT ונתוני MODIS ו SENTINEL2 בעזרת מודל ESTARFM הכתוב בשפת IDL (Zhu et al. 2010) לצורך הפקת מדד הצמחייה NDVI. דוגמא לתוצר היתוך עבור SENTINEL-2 ניתן לראות באיור 2.



איור 2. דוגמת היתוך נתוני האינדקס NDVI, על בסיס MODIS עבור SENTINEL-2 לתאריך 4/2/16.

אוזון: אחראי- ערן טס.

על פי תוכנית המחקר, בשנת המחקר הראשונה כל המאשבים שהוקצו לפרק זה של המחקר יועדו לרכש ובניית תאי גידול. כל הציוד הוזמן והתאים הוכנו, ובשנת כתיבת הדו"ח ניסוי של שנה ב החל לגדול (איור 3). הקמנו שני תאי מדידה פתוחים בצדם העליון (Open Top Chambers; OTCs) שהינם כיום האמצעי המקובל ביותר למדידת השפעה מבוקרת של אוזון על צמחים בכלל וגידולים חקלאיים בפרט, תחת תנאי שדה. היות וה OTCs פתוחים בצדם העליון ההפרה שלהם של תנאי השדה אליהם חשופים הצמחים שבתוכם הינה מינמלית. בתחתית ה OTCs ממוקמת מערכת הזרקת אוזון שנבנתה עבור הפרויקט ושתאפשר חשיפה של זני החיטה השונים לריכוזים מבוקרים ואחידים של אוזון. שני ה OTC שגבנו הינם זהים, אחד מהם ישמש כתא הניסוי והשני כביקורת. ביקורת נוספת היא השוואה עם זני החיטה הגדלים באותו השדה, בצמוד לתאים. חיישני אוזון קומפקטיים אותם רכשנו יוצבו בתוך תא הניסוי לטובת ניטור רציף של ריכוזי האוזון במספר נקודות מדידה. חיישנים מטאורולוגיים שנרכשו יוצבו בתוך

תא הניסוי לטובת מדידה רציפה של הלחות והטמפרטורה. כתחליף למערכת הזרקת האוזון בתא הניסוי נבנתה מערכת דומה עבור הזרקת אוויר לתא הביקורת. בנוסף לתוכנית המקורית, עקב קליטת פוסט דוקטורנטית, נבדקת כעת האפשרות להקמת התשתית הדרושה לצורך ביצוע מבחני חשיפה מבוקרים נוספים של אוזון בתנאי חממה בפקולטה לחקלאות. נדבר נוסף זה יוכל להוות בסיס לחזרה, השוואה ואימות של תוצאות ניסויי השדה. במקביל, נאספו נתוני אוזון מתחנות ניטור רציפות של אוזון ברחבי ישראל עבור שנת 2016 המופעלות על ידי מערכת ניטור ארצית (מנ"א) של המשרד להגנת הסביבה. נתונים אלו יושוו עם תוצאות מבחני זנים שבוצעו בקרבת מקום.



איור 3. שני תאי מדידה פתוחים בצדם העליון (בשעת הצילום הדפנות מפורקות), בתוך הארגז מוצב מחולל האוזון ומשאבות.

ג- פשפש הקמה- אגרוטכניקה: אחראי- משה קוסטיוקובסקי.

סקר התפשטות פשפש הקמה באזורים שונים בישראל: בוצעו ספירות אוכלוסיות הפשפש באופן שיטתי במשך העונה, משלב השתבלות החיטה ועד הקציר. ברוב אזורי הארץ נמצא כי הפשפש בדפרסיה. בשדות בנגב (בארי, גילת) ובעמק יזרעאל (כפר ברוך, מגדל העמק) אוכלוסיות הפשפש היו נמוכות: 0.1-0.2 בוגרים חורפים למ"ר ו-0.1-0.7 נימפות דרגת 5 ובוגרים צעירים למ"ר. רק באזור תל צפית (שפלה) נמצא מוקד עם אוכלוסית הפשפש גבוהה של 10.1 בוגרים צעירים למ"ר.

פגיעת פשפש בגרגרי חיטה במבחני זנים: נגיעות טבעית נוטרה בשלושה מבחני זנים: בנגב (בארי, גילת) ובעמק יזרעאל. אוכלוסיות הפשפש היו נמוכות כמו בשדות המסחריים. נגיעות הגרגרים הייתה נמוכה בכל הזנים: בעמק יזרעאל 0-0.5%, בבארי 0-1.2%, בגילת 0-1.1%. ברמת הנגיעות הנמוכה לא ניתן לראות ההבדלים בין הזנים. עם זאת בדוגמאות שהגיעו מחלקות מטפחים על יד תל נוף נמצאה נגיעות גבוהה יותר של עד 6.2%. בדוגמאות אלו נפגעה האיכות בצורה קשה.

פגיעת פשפש בגרגרי חיטה במחסני חירום ובחיטה פסולה לקמח: בעונת הקציר, נדגמו גרגרי חיטה באופן אקראי בשלוש תחנות קבלת הגרעינים בנגב ובעמק יזרעאל. במחסני חירום ביושיביה, נתיבות ומנפטת העמק הנגיעות בפשפש נעה בין 0.1-1.5%. ביושיביה מכלל 1700 טון חיטה פסולה, 70 טון (4.1%) נפסלו בגלל פגיעת הפשפש. 200 טון חיטה בנתיבות ו-600 טון במנפטת העמק נפסלו מנסיבות אחרות. יש לציין שבשנת 2015 כחצי מהפסילות היו בגלל הפשפש.

תגובת זנים שונים לפגיעת הפשפש: בשלב פלישת הבוגרים של פשפש הקמה לשדות חיטה נאספו כ- 200 בוגרים. בשלב פריחת החיטה בוצע אילוח חלקות בגודל 2 מ"ר בבוגרים של פשפש הקמה ברמה של 10 פרטים למ"ר כאשר היחס בין הנקבות לזכרים הוא 1:1. החלקות בודדו על ידי רשת של 50 מש. הניסוי בוצע במבחן זנים בגילת בשלושה זנים בעלי פנולוגיה שונה (זהיר-בכיר, בר ניר-בינוני, ורותה-אפיל) בשלוש חזרות. לקראת הקציר החלקות נפתחו, נספרו הפשפשים של הדור החדש והחלקות נקצרו. נבדקה פגיעת הגרעינים בפשפש. בכלובים מאולחים התקבלה נגיעות בפשפש גבוהה מאד (טבלה 6). כעת מסתיים מיון את הגרעינים לפגועים בפשפש ולא פגועים בשלושת הזנים הנבדקים על מנת לצור דוגמאות הגרעינים ברמות שונות של נגיעות לבדיקות איכותם.

טבלה 6. פגיעת גרעיני חיטה בפשפש הקמה ואיכות הגלוטן. ניסוי שדה בגילת, 2016.

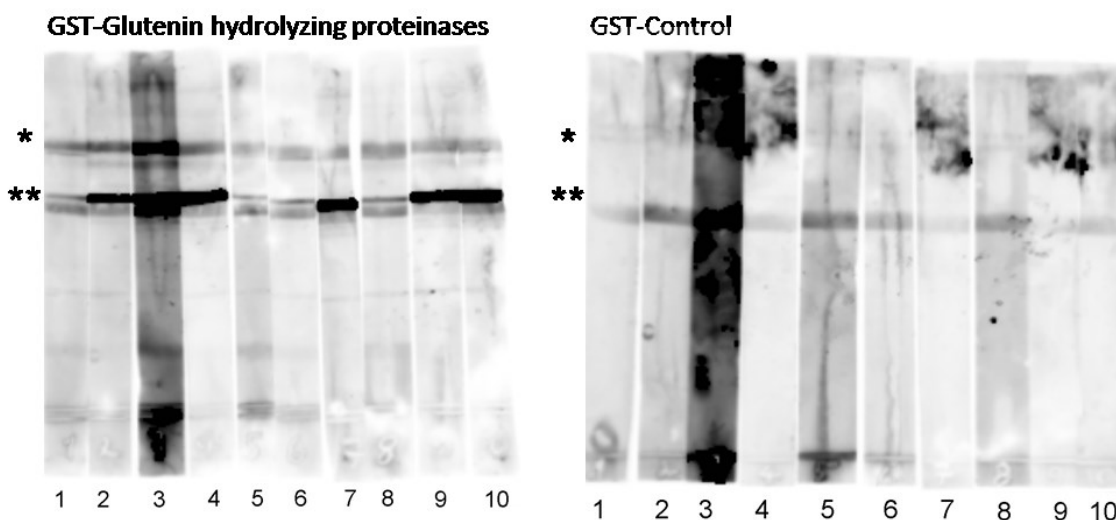
מדי	גרגרים פגועים	התפתחות החיטה	מספר בוגרים	טיפול	זן
איכות	בפשפש %	28.2.16	פולשים		
בעבודה	13.6	פריחה - תחילת מילוי	10+10	אילוח	זהיר
	0.8		0	בקורת	
	16.8	השתבלות - תחילת פריחה	10+10	אילוח	בר ניר
	1.1		0	בקורת	
	20.8	השתבלות	10+10	אילוח	רותה
	1.2		0	בקורת	

פשפש הקמה- זיהוי: אחראי- אסף מוסקונה.

על פי התוכנית החלה פיתוחה של ערכה לזיהוי גרגרי חיטה וקמח שניזוקו מפשפש הקמה. כאמור אנו מיצרים ערכה ניסויית שמטרתה לזהות חלבון (GHP) Glutenin hydrolyzing proteinases מפשפש הקמה בדוגמאות גרגרי חיטה. לחלבון זה פעילות אנזימתית של פפטידאז אשר פוגע באיכות הקמח לאפיה על ידי חיתוך פרוטאוליטי של חלבוני גלוטנין. לשם יצור נוגדנים חד שבטיים בחרנו שני פפטידים הנגזרים מהחלבון GHP. הפפטידים נבחרו על סמך בדיקה של הפוטנציאל להפעיל את המערכת החיסונית (antigenicity scale welling). תערובת של הפפטידים הוזרקו לעכברים והופק סרום ראשוני.

לשם זיהוי GHP על ידי הסרום יצרנו בחידקים חלבון GHP רקומביננטי מאוחה לחלבון GST (GST-HPB). תוספת זו מאפשרת בידוד וניקוי החלבון. GST-ו-GST-HPB נקיים הופרדו על ידי SDS ג'ל אלקטרופורזה, הועברו לממברנת ניטרצולוז. אנליזה westernblot התבצעה על ידי 10 נוגדנים חד שבטיים שונים. נמצא כי שישה נוגדנים זיהו בהצלחה את ה-GHP (איור 4), המשכנו עם שניים ליצור נוגדנים בקנה מידה גדול.

במקביל נעשה מיון וויזואלי של גרעיני חיטה פגועים בפשפש ושאינם פגועים. כעת אנו מרכיבים דוגמאות גרעינים ברמות שונות של נגיעות. הדוגמאות ישמשו בפיתוח ואימות מערכת ניטור גרגרי וואו קמח חיטה נגועים בפשפש הקמה.



איור 4. בדיקת זיהוי Glutenin hydrolyzing proteinases על ידי נוגדנים חד שבטיים. לשם הבדיקה יצרנו חלבון GHP רקומביננטי מאוחה לחלבון GST (GST-GHP). GST-ו-GST-GHP נקיים הופרדו על ידי SDS ג'ל אלקטרופורזה, הועברו לממברנת ניטרצולוז. אנליזה westernblot התבצעה על ידי 10 נוגדנים חד שבטיים שונים (מספרים בתחתית התמונה) ולאחר שטיפות התבצע זיהוי על ידי נוגדן שניוני מאוחה ל-horseradish peroxidase (Anti-Mouse IgG Jackson immuno research). *האזור בו צפוי להמצא GST-Glutenin hydrolyzing proteinases מלא, ** GST-Glutenin hydrolyzing proteinases חלקי.

ד- פיסיוולוגיה של היבול

ד1- שלבי קדם פריחה בחיטה ישראלית, צבירת חומר יבש באברי הפרח ויבול: אחראי- רואי בן-דוד.

הזנים מזרעו בתנאי שדה בשני אתרים: בגילת (חלקה מטאורולוגית 16/11/2015) ובית דגן (26/11/2015) במבנה של תצפית בחלקות גדולות. האפיון הפנולוגי של שלבי קדם הפריחה התבצע ע"י דיגום חמשה צמחים מכל זן בכל אתר על בסיס שבועי. מכל צמח חולצה השיבולת המרכזית ואופיינה- בשלבים הראשונים בבניקולר ומיקרוסקופ ובהמשך במצלמה. אפיון זה אפשר להגדיר באופן מדויק בכל זן את משך הזמן מזריעה לפריחה ואת תתי השלבים הבאים. לכל שלב מצורף הניקוד המקובל של : (Z#) Zadok scale

א. מזריעה להצצה (Emergence, Z09)

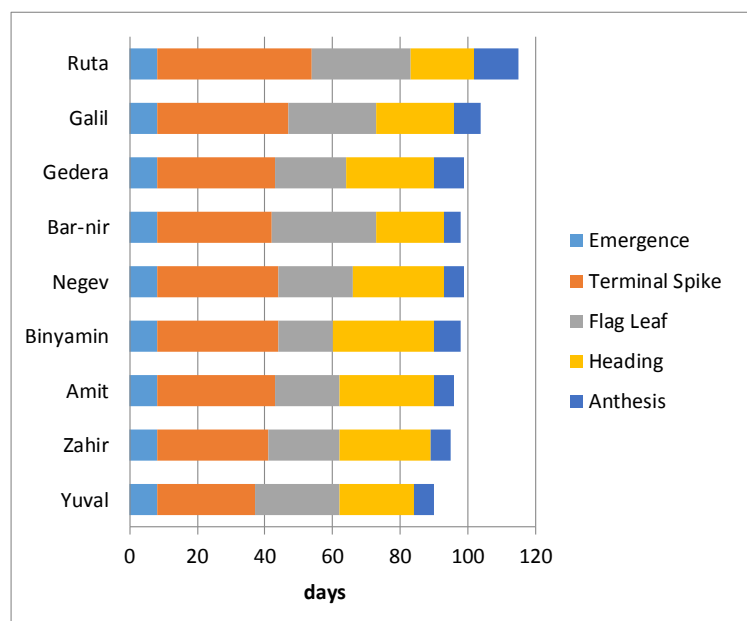
ב. מהצצה לתחילת התארכות קנה (Terminal spikelet, Z31)

ג. מתחילת התארכות קנה לשליפת עלה דגל (Flag leaf, Z47)

ד. משליפת עלה דגל להשתבלות (Heading, Z58)

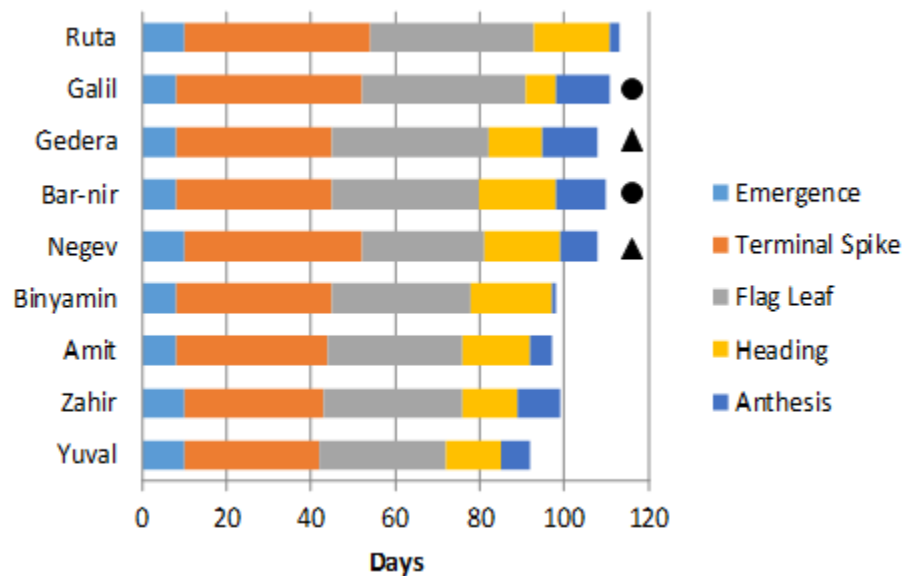
ה. מהשתבלות לפריחה (Anthesis, Z65)

אפיון הפנולוגיה בניסויים אלו של שלבי קדם הפריחה: פאנל זנים ישראלים המייצגים את המזרע: יובל, זהיר ועמית (בכיר), ברנר, גדרה, בנימין ונגב (בינוני) גליל, רותה (אפיל). בניסוי בגילת פרחו כל הזנים בטווח של 90-115 יום מזריעה. בהעדר יובל (הבכיר ביותר) ורותה וגליל (האפילים ביותר), יתר הזנים פרחו בטווח זמן מצומצם שבין 95-99 ימים מזריעה לפריחה. שונות נמוכה התקבלה גם בעיתוי שלבי קדם הפריחה. הבדלים של 1-3 ימים בהיווצרות שיבולת טרמינאלית הינם קטנים מדי בכדי להצביע על הבדל מובהק בין הזנים בסביבה זאת (איור 5). בניסוי בבית דגן פרחו כל הזנים בטווח של 92-113 יום מזריעה. זהו טווח זמן צר במעט בהשוואה לניסוי בגילת. הקטנת השונות תואמת תוצאות שהתקבלו בניסויים אחרים במיזם שכללו מועדי זריעה שונים והראו שזריעה מאוחרת מפחיתה את השונות במועדי הפריחה בין הזנים. הזנים עמית זהיר ובנימין פרחו בטווח של 97-99 ימים לפריחה. זהיר הגיע לשיבולת טרמינאלית כארבעה ימים לפני בנימין. הזנים גדרה ונגב פרחו לאחר 108 ימים מזריעה. גדרה יצר שיבולת טרמינאלית כשבוע מוקדם מהזן נגב. הבדל דומה נמדד גם בין הזנים בר-נר וגליל שפרחו לאחר 110-111 יום מזריעה כשהראשון מקדים את השני בהיווצרות שיבולת טרמינאלית (ראה איור 6-7).

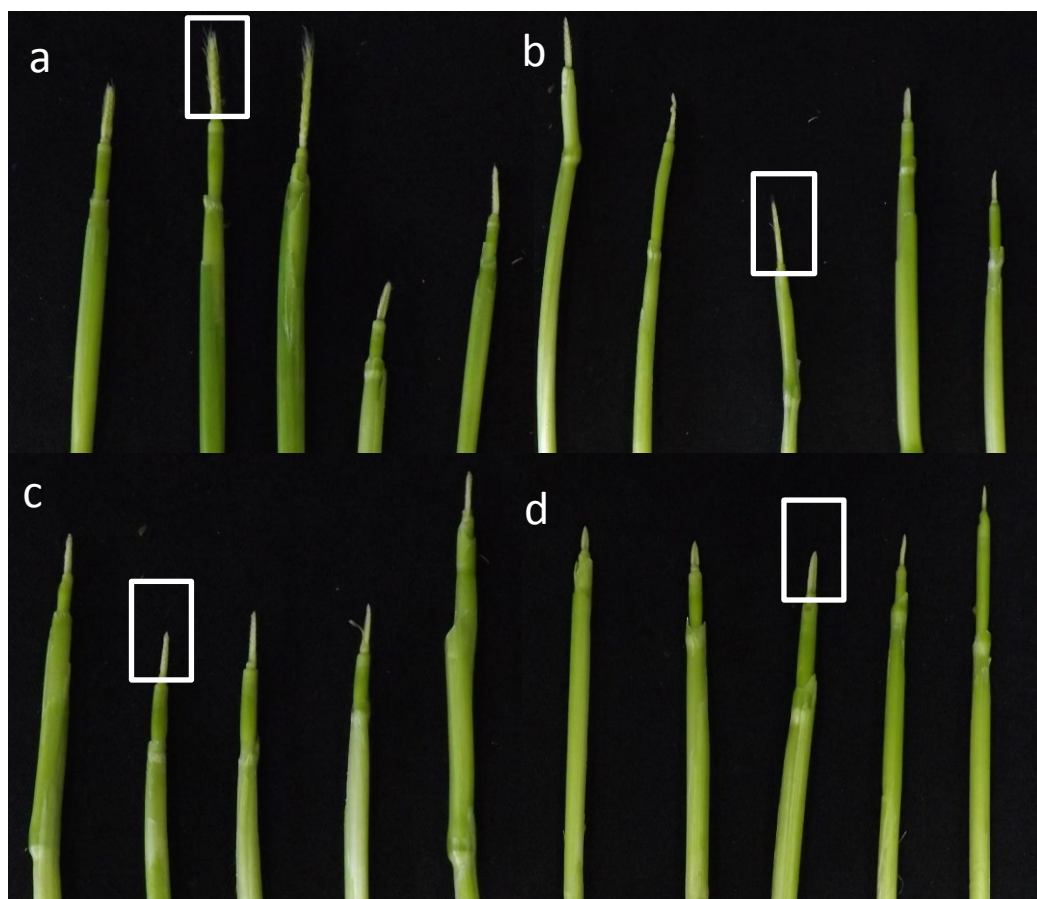


איור 5. אפיון שלבי קדם פריחה בתשעה זנים ישראלים, גילת 2015-6. בכל זן האפיון של שלבי ההתפתחות השונים התבסס על בדיקה הרסנית של חמישה צמחים שבוצעה בכל שבוע.

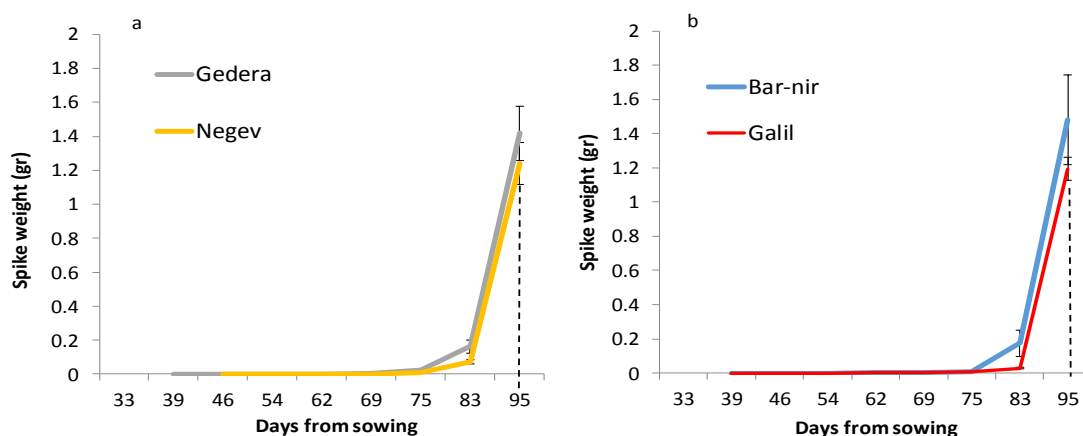
מהלך צבירת חומר יבש בשיבולת, השוואה בין זנים: בכל מועד דיגום, השיבולים שחולצו ובודדו עבור כל זן ייבושו ב- 60 מעלות צלזיוס למשך 48 שעות ונשקלו. במטרה לנטרל הבדלים בצבירת חומר יבש בשיבולת המתפתחת הקשורים בבכירות-אפילות של הקווים נערכה השוואה בין זנים בעלי מועד פריחה דומה (איור 8). צבירת חומר יבש בשיבולת מתחילה למעשה משלב הטבעות הכפולות, אך



איור 6. אפיון שלבי קדם פריחה בתשעה זנים ישראלים, בית דגן 2015-6. מסומנים זנים שפרחו באותו זמן אך הראו הבדל בעיתוי יצירת השיבולת הטרמינאלית. גדרה ונגב (משולש שחור) בר-נר וגליל (עיגול שחור).



איור 7. אפיון שלבי קדם פריחה בזנים ישראלים, בית דגן 2015-6. שני זוגות זנים שפרחו באותו זמן הראו הבדל בעיתוי יצירת השיבולת הטרמינאלית: גדרה (a) ונגב (c) פרחו שניהם 108 יום מזריעה; בזן גדרה הופיע שיבולת טרמינאלית כשבוע מוקדם מאשר בזן נגב. בר-נר (b) וגליל (d) פרחו שניהם 110-111 יום מזריעה; בזן בר-נר הופיע שיבולת טרמינאלית כשבוע מוקדם מאשר בזן גליל.



איור 8. צבירת חומר ייבש בשיבולת, בית דגן 2015-6. השוואה שני זוגות זנים שפרחו באותו זמן והראו הבדל בעיתוי יצירת השיבולת הטרימינאלית: גדרה ונגב (a) פרחו שניהם 108 יום מזריעה. בר-ניר וגליל (b) פרחו שניהם 110-111 יום מזריעה. בזן בר-ניר הופיע שיבולת טרימינאלית כשבוע מוקדם מאשר בזן גליל. קו אנכי מקווקו מסמן את מועד הפריחה של הזנים.

למעשה ניתן להגדיר זאת באופן ברור החל משלב התמיינות השיבולת הטרימינאלית (ומכאן חשיבותו). באיור 8 ניתן לראות יתרון קל בצבירת ח"י בשיבולת לגדרה ובר-ניר להם משך התארכות קנה ממושך יותר (שיבולת טרימינאלית מוקדמת). אם כי יתרון זה אינו מובהק בזמן הפריחה. יתכן והוספת מועדי דיגום תוך התמקדות בשלב שלאחר שיבולת טרימינאלית ועד פריחה (התארכות קנה) והגדלת המדגם עשויים לשפר את איכות הניטור של תהליך זה, וכך מתוכנן לביצוע בעונה הבאה.

במקביל החילונו בריכוז ועיבוד מידע ממבחני זנים שונים בכדי למדל את ההתפתחות הפנולוגית של הזנים השונים. כיוון שבמרבית הניסויים נרשמים רק שלושה תאריכים (זריעה, הצצה והשתבלות), וכיוון שהתקופה מזריעה ועד הצצה תלויה בעיקר ברטיבות הקרקע, עיבוד נתונים זה מתמקד בתקופה הצצה עד השתבלות. בשלב ראשון נאספו הנתונים מכל הניסויים בגילת מאז 2008 וחושבו ימי המעלה הנדרשים לכל זן בכדי להגיע להשתבלות כתלות במועד ההצצה (טבלה 7). נתונים אלו הוגשו לחקלאים (כנסים ואתר המיזם), אך בעקבות בקשתם ההנגשה בוצעה כימים ולא כימי מעלה. ניתן לראות שככל שההצצה מוקדמת יותר ההפרש בהשתבלות בין זנים בכירים לאפילים גדול יותר. אולם יש מקרים ובהם במיוחד עקב הצצה מוקדמת מאוד יש זנים שבהם ההשתבלות מואצת. יש גם נתונים מעט מוזרים הנובעים בדרך כלל ממספר רשומות נמוך, הפוגם במהימנות יציבות הנתון בשנים שונות. בשנה הקרובה נצרף את הנתונים ממבחני הזנים ונתונים אלו יתווספו לניתוח העתידי של תוצאות האיפיון המולקולארי (להלן).

טבלה 7. צפי השתבלות על פי מועד הצצה בימי מעלה לפי עשרת של יום ההצצה: ימים מהראשון לנובמבר, גילת 2008-2016.

ממוצע ימים	30/01 08/02	20/01 29/01	10/01 19/01	31/12 09/01	21/12 30/12	11/12 20/12	01/12 10/12	21/11 30/11	11/11 20/11	01/11 10/11	n	זן
961	974	929	897	903	933	980	1007	1022	978	987	55	יובל
964	969		896	919	903	991	1031	1059		947	21	אפיק
1018	1030		943	987	1047	1051	1059	1041	985	1020	33	זהיר
1050	1057				1088	1054	1045	1067	1068	974	14	כנרת
1024	1040		936	1029	1054	1057		1086	997	996	27	עמית
1104	1109				1133	1060	1139	1161		1024	8	זיו
1033	1038		936	1021	1023	1074		1122		1016	14	שפיר
1034	1057	911	948	1037	1103	1076	948	1088	1125	1043	27	עומר
1064	1054		929	967	1054	1085	1180	1198		1043	11	בית השיטה
1072	1073		1009		1045	1087	1162	1177	946	1076	16	כיתאין
1065	1072		966	1037	1088	1088	1118	1116	1073	1026	19	רותם
1077	1097	980	944	1037	1079	1092	1125	1149	1134	1129	52	גדרה
1055	1067			1121	822	1095		1138		1087	8	בית שאן
1048	1072	988	940	1021	1047	1097	1005	1111	1085	1114	42	בר ניר
1104	1113		1043		1088	1116		1171	1071	1124	18	בנימין
1069	1072		958	1058	1133	1118		1156		991	9	נרית
1152	1152					1118			1186		2	אתי
1200	1200					1136		1395		1068	3	תשרי
1161	1158					1150		1165	1172		9	גדיש
1162	1168		1030	1102	1133	1155		1201	1233	1276	25	נגב
1179	1201	988	1032	1175	1186	1203	1238	1274	1241	1254	42	גליל
1286	1286					1222		1395		1241	3	דר
1293	1293					1237	1259	1383		1291	4	שפע
1287	1312		1146	1244	1210	1304		1383		1414	14	דאריאל
1314	1332		1146	1373	1161	1309	1369	1371	1373	1394	24	רותה

אפיון מולקולארי (ע"י סמני דנ"א) של הזנים הישראליים: – לאחר שהושלמה הפקת דנ"א גנומי באיכות גבוהה אוסף הזנים אופיין באמצעות סמנים ספציפיים לגנים ממשפחות VRN1 ו-VRN2 ולרגישות לאורך יום על מנת לבדוד מוטציות ידועות המשפיעות על האינדוקציה לפריחה. כרגע, נעשה מאמץ לתכנן מערכת רבת תפוקה (high-throughput) על סמך המידע הגנומי מפיענוח גנום חיסת הלחם שתאפשר אפיון כלל גנומי של הזנים הישראליים. המערכת תתוכנן כך שתהיה בעלת רגישות גבוהה לזהות אינטרוגרסיות והפלוטיפים יחודיים ברזולוציות גבוהות.

2- התפתחות בתר חנטה, השפעת עקת חום על מילוי הגרגר: אחראי יהושע סרנגה.

בוצע ניסוי עציצים במתכונת תלת-גורמית שכלל שני טיפולי עקת חום מוקדמת (עם ובלי עקה), שני טיפולי עקת חום מאוחרת (עם ובלי עקה) ו-9 זנים (בנימין, ברנר, גדרה, גליל, זהיר, יובל, נגב, עמית, רותה) ב-5 חזרות (בסה"כ 180 עציצים). הניסוי נזרע בתאריך 21/2/16 וגודל בחממת בתנאי אקלים מבוקרים בטמפרטורה קבועה של 16/22 מ"צ (יום/לילה). עציצים הועברו במועדים שנקבעו לפי תכנית הניסוי למשך 48 שעות לתנאי עקת חום בטמפרטורה של 28/34 מ"צ (יום/לילה). בכל עציץ של 4 ליטר, נזרעו כ-15 זרעים שלאחר כשבועיים דוללו ל-12 נבטים. השקיה ניתנה מידי יום באמצעות

טפטפות עציץ, דישון וחומרי הדברה ניתנו בהתאם לצורך על מנת להבטיח התפתחות תקינה של הצמחים וניקיון מגורמי מחלה ומזיקים.

השתבלות נצפתה לראשונה בתאריך 11/4. מיום זה ואילך בוצע מעקב השתבלות 3 פעמים בשבוע, כל צמח שהשתבל סומן בצבע ייחודי לאותו יום ותועד. בסיום ההשתבלות אותו בכל עציץ 9 צמחים שהשתבלו בחלון זמן צר ככל האפשר אשר שימשו לניסוי ויתר הצמחים קוצצו סמוך לפני הקרקע. כל זן טופל ונדגם באופן עצמאי בהתאם ליום ההשתבלות הממוצע שלו על פי המהלך הבא (איור 9):

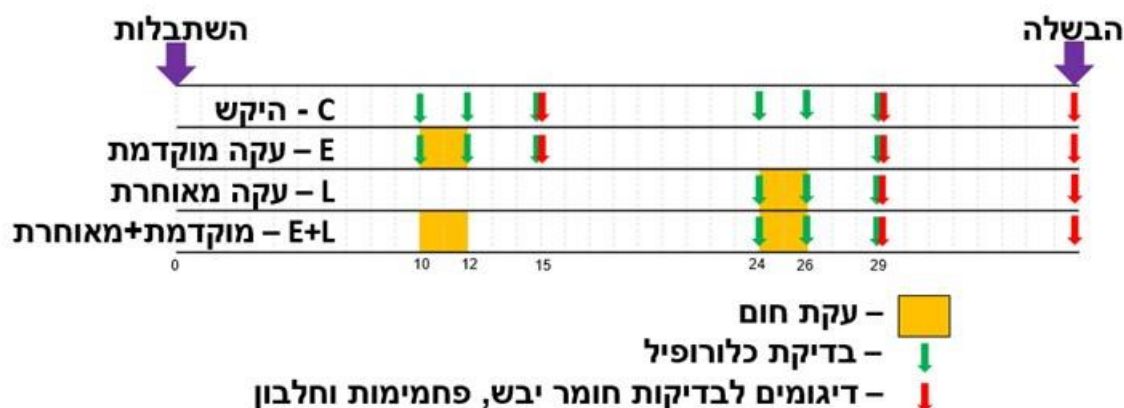
השתבלות + 10 ימים – הכנסה לטיפול חום מוקדם למשך 48 שעות.

השתבלות + 15 ימים – דיגום עלה דגל, גרגרים וצמחים שלמים.

השתבלות + 24 ימים – הכנסה לטיפול חום מאוחר למשך 48 שעות.

השתבלות + 29 ימים – דיגום עלה דגל, גרגרים וצמחים שלמים.

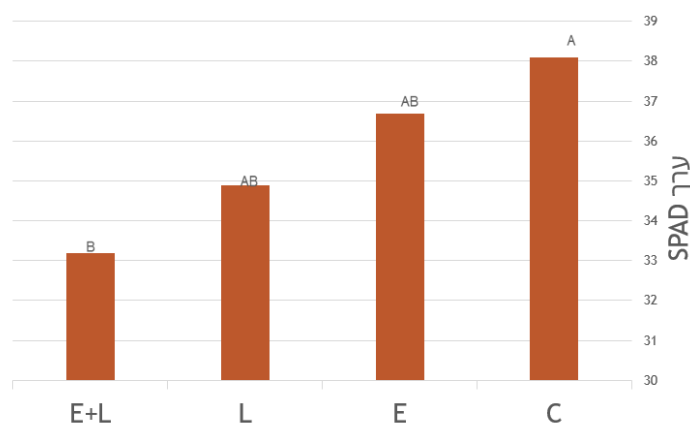
הבשלה – דיגום גרגרים וצמחים שלמים.



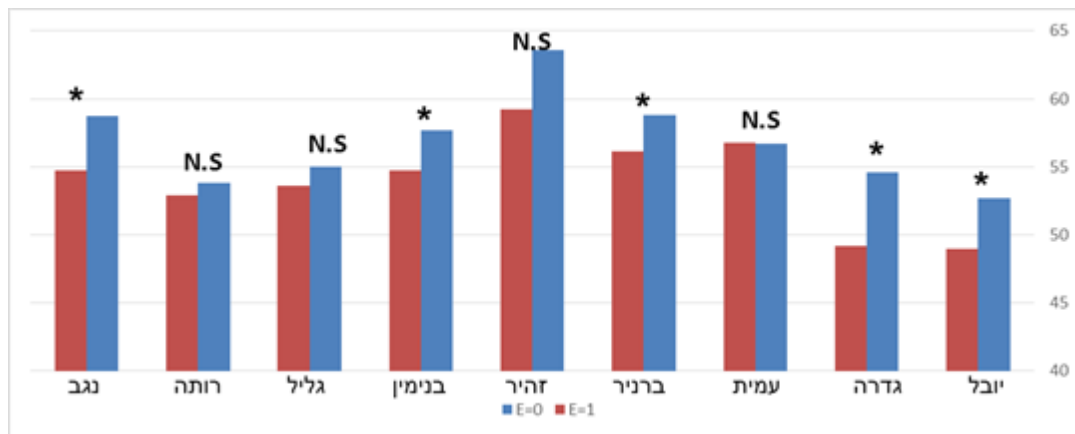
איור 9: מועדי יישום טיפולי החום וביצוע הדיגומים בניסוי. כל זן טופל ונדגם לפי מועד השתבלותו.

בדיקות כלורופיל בוצעו באמצעות מכשיר SPAD בשעות הבוקר לפני תחילת העקה, מיד לאחריה וביום הדיגום (3 ימים לאחר העקה). לכל יום דיגום נבחרו באקראי 3 מתוך 9 הצמחים בעציץ. מהעיקר של כל צמח נדגמו בשעות 07:00 - 16:00 3 דיסקיות מעלה הדגל ו- 4 גרגרים ממרכז השיבולת. החומר שנדגם משלושת הצמחים של אותו עציץ אוחד לדגימה אחת של עלים (9 דיסקיות) ואחת של גרגרים (12 גרגרים), כל דגימה הוכנסה למבחנת אפנדורף והוקפאה מיידית בחנקן נוזלי. מיד בתום דיגום אחר הצהריים נקצרו שלוש הצמחים סמוך לפני הקרקע, הופרדו לחלקים וגטטיביים (עלים וקנים) ורפרודוקטיביים (שיבולת) ואלו הוכנסו לשקיות ויובשו בתנור (70 מ"צ למשך 48 שעות). ניתוח שונות של ריכוזי הכלורופיל שנמדדו במועדים השונים הראה השפעה מובהקת של טיפולי העקה על ריכוז הכלורופיל הממוצע (של כל הזנים) לאחר העקה המאוחרת. ריכוז הכלורופיל בתנאי ביקורת היה הגבוה ביותר ונבדל באופן מובהק מהריכוז בטיפול העקה המוקדמת ומאוחרת (איור 10), בעוד שכל עקה לחוד השפיעה במידה מתונה יותר ולא נבדלה מביקורת או מטיפול שתי העקות.

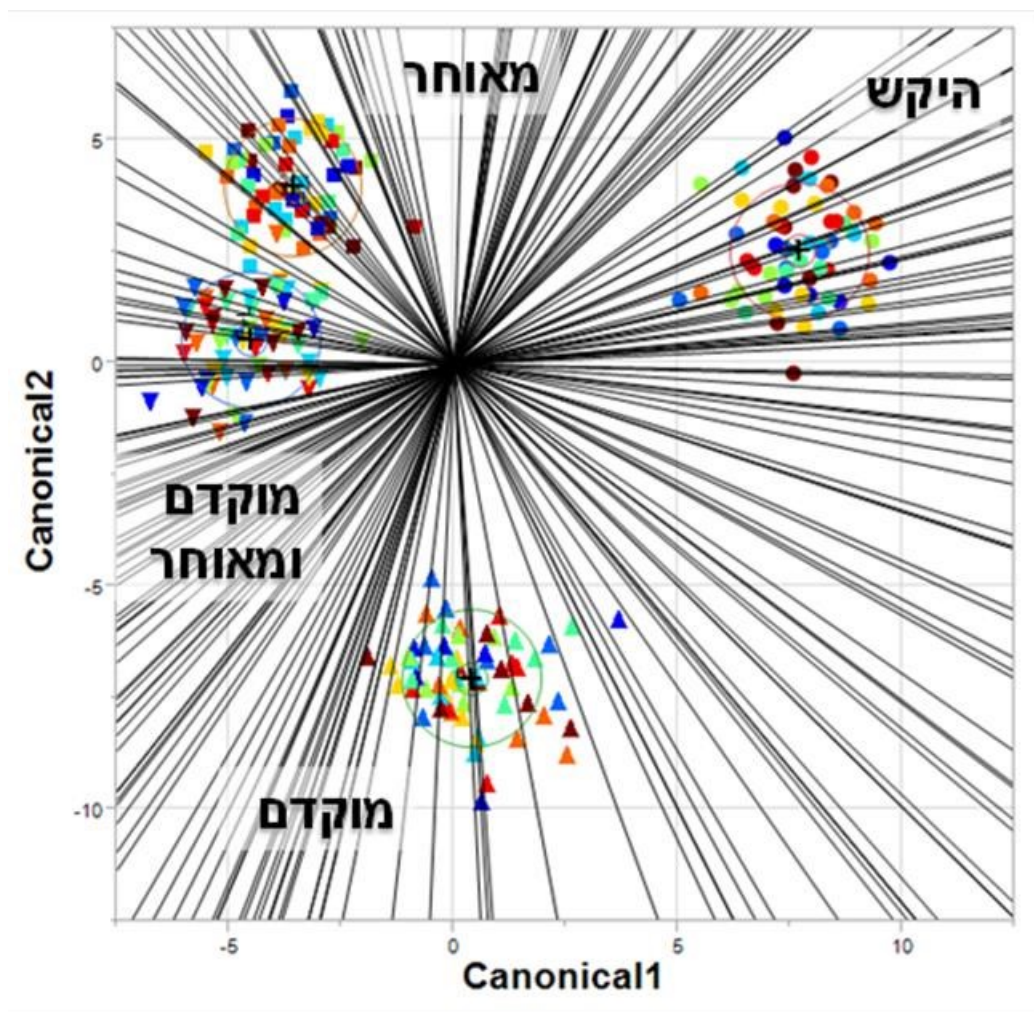
כ-1000 דוגמאות של עלים וגרגרים שנאספו במהלך הניסוי נמצאות כיום בבדיקות של ריכוזי הסוכרים והעמילן. ניתוח שונות של כושר הייצור ורכיבי היבול הראה כצפוי השפעה מובהקת של הזנים על כל המדדים. עקה מוקדמת השפיעה באופן מובהק על מספר מדדים ואילו עקה מאוחרת וכן השפעות הגומלין בין טיפולי העקה לזנים לא נמצאו מובהקות. משקל הגרגר שהושפע מעקה מוקדמת במובהקות גבוהה ביותר ולכן הוא כנראה הגורם הראשוני שהושפע מהעקה, לעומתו משקל הגרגרים לשיבולת ומשקל השיבולת הראו השפעה במובהקות נמוכה יותר וכלל הנראה משקפים בעקיפין את הירידה במשקל הגרגר. ניתוח מפורט של השפעת עקה מוקדמת על משקל הגרגרים בכל זן בנפרד מראה השפעה מובהקת בחמישה זנים (יובל, גדרה, ברנר, בנימין נגב), מגמה דומה לא מובהקת נמצאה בשלושה זנים נוספים (זהיר גליל רותה) וזן אחד (עמית) לא הראה כל שינוי (איור 11). עוד ראוי לציין שעקת חום מוקדמת גרמה לעליה מובהקת באחוז החלבון בגרגר (12.5% בעקה מוקדמת לעומת 12.1% בביקורת). הגרגרים מניסוי זה נסרקו ונתוני ההחזר שלהם איפשרו לבצע קלסיפיקציה לפי טיפולי החום שאליהם היו הגרגרים חשופים בזמן מילוי הגרגר (איור 12). למרות שההבדלים בתכולת החלבון היו מזעריים עם חפיפה רבה בתחום של כל טיפול התקבלה הפרדה יפה של הטיפולים. דבר זה יכול לבוע מאיכות חלבון/גלוטן שונה, מההשפעה על העמילנים ו/או הקשר בינם. תוצאה מעניינת זו תבחן שוב בעונה ב', בניסוי חוזר ובשילוב ניסויים אחרים.



איור 10: השפעת עקות חום בשלב מילוי הגרגר על ריכוזי הכלורופיל בעלה הדגל לאחר עקה מאוחרת. סימון הטיפולים כמצויין באיור 9.



איור 11: השפעת עקת חום מוקדמת על משקל הגרגר (מ"ג) בזנים השונים.



איור 12: מיון גרגרי חיטה ע"י NIR על פי החלובן בעקת חום שונות. הצבעים מייצגים זנים.

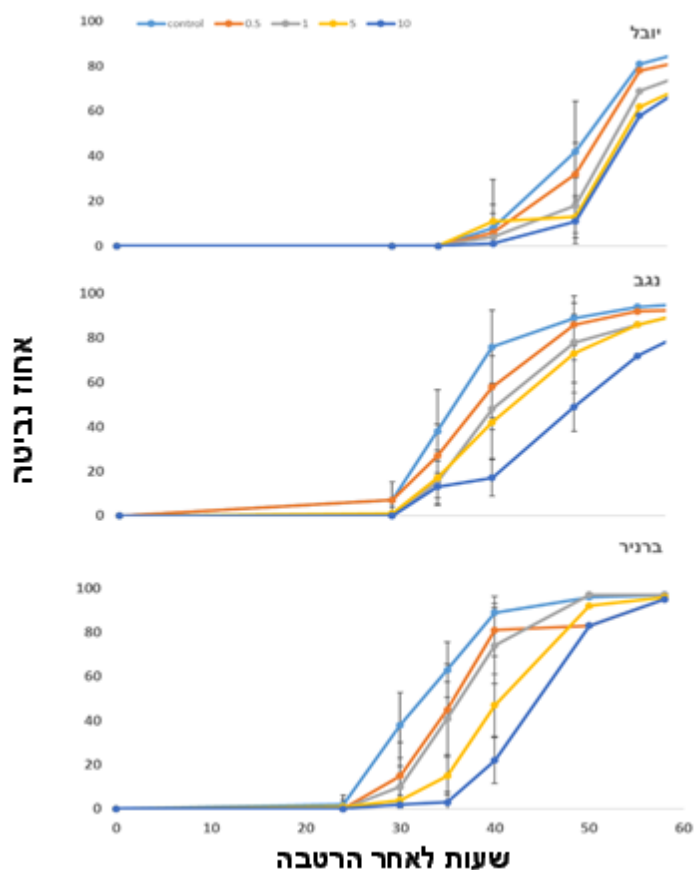
ד-3 מאזן הורמונלי: אחראי צבי פלג.

בחינת רגישות זני החיטה הישראליים לחומצה אבסיסית בשלבי הנביטה

על מנת לאפיין את הקשר בין רגישות בשלב מוקדם לרגישות לעקות סביבתיות (יובש וחום) בשלבי הגידול המתקדמים (חנטה ומילוי גרגר) נבדקה תגובת הנבט ל-ABA כסמן פיסיולוגי. ע"י בחינת רגישות הנבט ל-ABA ניתן יהיה להעריך את מידת הנזק לגידול בשלבים מאוחרים.

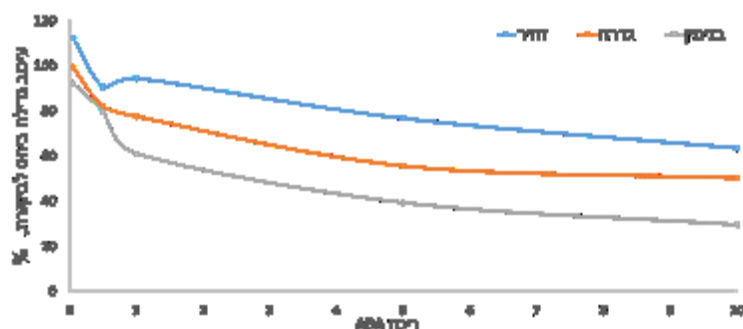
ניסוי נביטה דו-גורמי עם 9 זנים (זהיר, יובל, בנימין, גדרה, ברנר, גליל, נגב, עמית, רותה) וריכוזים עולים של ABA (0, 0.5, 1.0, 5.0, 10.0 μM) הועמד באקראיות גמורה (10 חזרות לכל צרף). הניסוי הועמד באינקובטור מבוקר טמפרטורה (16 מ"צ) בחושך ונערך אפיון יומי של נביטה. הועמד ניסוי נוסף לבחון את השפעת ההורמון על הגדילה. זרעים של כל הקווים הונבטו במים מזוקקים ולאחר 48 נבטים זהים בגודלם הועברו לריכוזים עולים של ABA (0, 0.5, 5.0, 10.0, 50.0, 100.0 μM) ונערך אפיון של אורך החותלת והשורשון הראשי במטרה לחשב את אינדקס הרגישות של כל זן.

בבחינה ראשונית של רגישות זני החיטה הישראליים לחומצה אבסיסית נמצאו הבדלים ברגישות הקווים (איור 13). כל הזנים הגיעו לרוויה בזמן דומה, 60 עד 70 שעות לאחר התפחה. זנים מסוימים הראו תגובה יותר חריפה להורמון, וללא תלות בזמן פריחה (בכירות). השפעת ה-ABA על הנביטה התבטאה בעיכוב ההגעה לרוויה אך לא במניעת ההגעה גם בריכוז הגבוה. ע"י מדידת הדינמיקה של העיכוב ניתן יהיה להעריך את מידת הנזק הפוטנציאלי שכן עיכוב במועד ההצצה יכול להשפיע על יכולת הצמח למצות את הפוטנציאל בשלבים מאוחרים יותר.



איור 13: עקום רגישות של זרעי חיטה לריכוזים עולים של ההורמון חומצה אבסיסית. זרעים של זני החיטה הונבטו תחת ריכוזים משתנים של ABA (0, 0.5, 1.0, 5.0, 10.0 μM) ונערך אפיון יומי של מספר הזרעים שהוציאו שורשון.

בבחינת ההשפעה של ABA על גידול הנבט, כמדד לרגישות נמצא כי השפעת ההורמון גרמה לעיכוב מצטבר. באופן מפתיע, גם בריכוזים גבוהים מאוד כל הזנים שימרו גידול מינימלי אולם, נצפתה פגיעה במבנה השורש. התמקדות בנקודת זמן של 96 שעות לאחר יישום ההורמון מראה שרק בריכוזים גבוהים הייתה פגיעה משמעותית כאשר ההבדל בין הזנים מתבטא ברמת העיכוב ביחס לביקורת (איור 14).



איור 14: עקום רגישות של שורשון העובר בחיטה לריכוזים עולים של ההורמון חומצה אבססיטית.

בחינת תגובת זני החיטה הישראליים לעקות חום בשלב החנטה

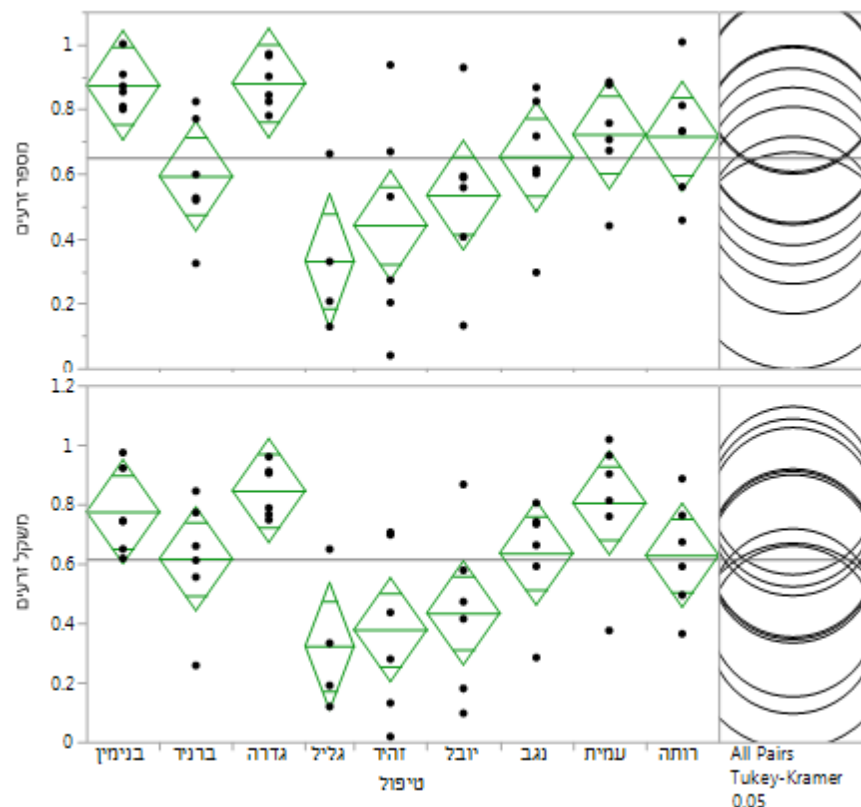
כל תשעת זני החיטה גודלו בתנאים אופטימליים (בחדר גידול מבוקר טמפ', 16/22 מ"צ יום/לילה). בכל עציץ (4 ליטר) היו שני צמחים האחד לדיגומים והשני לאומדן רכיבי יבול. כשבוע לפני שליפה של הזן הבכיר ביותר הועברו הצמחים לפיטוטרון לחדר 16/22 מ"צ להסתגלות. עבור כל זן כאשר הצמחים הגיעו לשליפת שיבולת, הועברו חצי מהעציצים לחדר החם (28/34 מ"צ). עבור כל שילוב של זן X טמפ' היו 6 עציצים. לאחר 10 ימים בחום הועברו כל צמחי הזן בחזרה לחממה עד להבשלה (איור 15). במקרים מסוימים, כמו בזן זהיר, הייתה התמיינות משנית של השיבוליות, דבר שגרם לאיבוד מוחלט של היבול (איור 16). במהלך הניסוי נלקחו דוגמאות לאנליזות של ההורמון ABA (הבדיקות טרם הושלמו). בסיום הניסוי נלקחו מדדים של רכיבי היבול כגון משקל שיבולת, מספר שיבוליות, מספר גרגרים בשיבולית, משקל גרגרים ויבול גרגרים סופי. תוצאות הניסוי הראו כי עקת החום הביאו בחלק מהמקרים לאובדן יבול משמעותי, עקב חוסר חנטה (איור 17). על מנת לבחון אם השינויים ברגישות לחומצה אבססיטית קשורים לתופעה ולרגישות גרגרי האבקה מתבצעת אנליזה של דוגמאות עלים ושיבוליות שנלקחו מהצמחים בטיפולים השונים.



איור 15: תמונה מייצגת של צמחי החיטה בסיום הניסוי (זן נגב) תחת טיפול הביקורת (ימין) וטיפול חום (שמאל).



איור 16: תמונה מייצגת של צמחי החיטה בסיום הניסוי (זן זהיר) תחת טיפול חום. ניתן לראות התמיינות לא מסיימת של השיבוליות בתגובה לעקת חום.



איור 17: ניתוח של (א) מספר גרגרים ו- (ב) משקל גרגרים תחת תנאי חום בהשוואה לטיפול הביקורת (הערכים הם ערכים יחסיים).

ה- איכות אפיה: אחראי- דוד בונפיל.

בשנת המחקר הראשונה רכשנו והכנסנו לפעולה מכשיר פארינוגרף. במהלך השנה ביצענו בדיקות איכות לגרגרים מעונת תשע"ה ועיקרי הממצאים מובאים להלן, רק לקראת סוף השנה החילוננו בבדיקות איכות מעונת תשע"ו אבל את תוצאותיהם נסכם כמתוכנן בדו"ח של שנה ב' (תוצאות ראשונות משולבות באתר המיזם).

ניסויי שדה: 12 ניסויים הועמדו בעונת תשע"ה לבחינת השפעת דשן ראש על איכות החיטה (טבלה 8). הניסויים הועמדו בשבע חלקות במרכז מחקר גילת ובצמוד למבחני הזנים. במבחני הזנים בחוות עדן ובנגבה נזרעו שני בלוקים נוספים ובהם זנים מובילים במזרע המסחרי, זנים אחידים בכל האתרים. הזנים שנבחרו למטרה זו הינם: יובל, זהיר, גדרה, ברניד, גליל, רותה, עמית, נגב, בנימין, עומר והזנים החדשים גדיש וכיתאין. עקב בעיות בשדה, הניסוי בנגבה הושמד. בשלב עלה דגל-השתבלות החלקות נוטרו בחיפוש קרקעי ולאחר מכן ניתן לבלוק אחד דשן ראש חנקני בריסוס 4.7 יחידות חנקן כתמיסת אוראה בריסוס עלוותי ללא תלות בהערכת חסר (נפח תרסיס 20 ל"ד' באופן שמאפשר פיזור אחיד תוך הקטנת סיכון צריבה) והבלוק השני שימש כהיקש ללא דישון נוסף. בשובל, בארי, וגת הניסוי בוצע בזן המסחרי הזרוע בצמוד למבחן הזנים, בסעד בשתי חלקות מסחריות ובגילת בחמש חלקות בחלקות הזרועות בזן יחיד, לכל טיפול 4-6 חזרות. הזנים שנזרעו בחוות עדן נזרעו גם בגילת (חלקת מרכז) בארבע חזרות בחלקות מפוצלות בבלוקים באקראי, כאשר בתוך כל זן הוצבו טיפולי דשן ראש

חנקני בשלב ההשתבלות, חנקן בצורת אוריאה מוצקה או אוראן דרך טפטוף. בניסויים השונים יושם הדשן החנקני כדשן ראש באופנים שונים. אוריאה מוצקה (4.6 יחידות חנקן לדונם) פוזרה בעזרת מזרעת פיונה (רוחב 4 מ') שהוסבה למדשנת. יישום עלוותי בוצע ע"י מרסס גב מוטורי, מוט ריסוס ברוחב 2 מ', נפח ריסוס 20 ליטר לדונם, דיזה T.J. באופן זה ביישום תמיסת אוריאה ייושמו 4.7 יחידות חנקן לדונם (דשן לא מהול). יישום אוראן דרך הטפטוף בוצע בראשית ההשקיה של יום מתן הדשן, מרווח בין שלוחות 1 מ', 50 ס"מ בין טפטפות, פרישת שלוחות הטפטוף נעשתה בניצב לכיוון זריעת החיטה. אורך תתי החלקות בניסויים השונים היה 8 מ'; רוחב קציר- בכל הניסויים בגילת נקצרו 3 מטר מרכזיים מ 4 מטר מטופלים, בניסויים הצמודים למבחני הזנים ובסעד נקצרה כל החלקה בדומה לקציר מבחן הזנים.

טבלה 8. ניסויי דשן ראש חנקני בעונת תשע"ה

תאריך דשן ראש	דשן ראש כללי	דשן יסוד N	דשן יסוד P	השתבלות	הצצה	זריעה	זן	כרב	ניסוי חלקה
8/1/15	3.7	6.0	לא ניתן	6/2-11/3	28/11/14	20/11/14	מעורב	עגבניות לתעשייה	חוות עדן
	לא ניתן	4.5	לא ניתן	10/3/15	10/12/14	3/12/14	עומר	חיטה	שובל
	לא ניתן	8.0	לא ניתן	10/3/15	15/12/14	7/12/14	רותם	בקיה לשחת	גת
?	4.0	5.0	4.0	2/3/15	10/12/14	3/12/14	יובל	תלתן לשחת	בארי
	לא ניתן	15.0	לא ניתן	6/2/15	22/11/14	16/11/14	עמית	גזר	סעד 12 מערב
	לא ניתן	11.0	לא ניתן	24/2/15	3/12/14	21/11/14	עמית	חיטה	סעד 16 מערב
	לא ניתן	2.5	לא ניתן	20/1-20/2	19/11/14	11/11/14	מעורב	כרב נע	מרכז
	לא ניתן	5.0	לא ניתן	22/1/15	16/11/14	9/11/14	בנימין	כרב נע	חוחובה
	לא ניתן	5.0	לא ניתן	28/1/15	16/11/14	9/11/14	כנרת	כרב נע	לימון
	לא ניתן	10.0	1.0	4/2/15	28/11/14	20/11/14	יובל	כרב נע	אדליס
	לא ניתן	5.0	לא ניתן	6/2/15	28/11/14	19/11/14	זהיר	כרב נע	זיתים
	לא ניתן	5.0	לא ניתן	1/3/15	9/12/14	2/12/14	גדרה	כרב נע	מערב

כלל הגרגרים מחלקות אלו נאספו בקציר ואיכות הגרגרים נבחנה בנוסף לגרגרים מחלקות המבחן הרגילות בגילת. גרגרי חיטה מניסויים אלו, משדות מסחריים (בעיקר חיטה פסולה ממגן), מניסויי מבחני הזנים ונוספים נאספו ונסרקו במכשיר NIR. איכות הגרגרים נקבעה בעזרת המדדים הבאים (או חלקם) על פי פרוטוקול הבדיקה המקובל: משקל נפחי, משקל אלף, אחוז חלבון, אחוז גלוטן רטוב, בדיקת אלוואוגרף ונפח מאפה. אחוז גלוטן רטוב נבדק בקמח מלא שמתקבל ממטחנת פרטן. בדיקות אלוואוגרף ונפח מאפה נבדקים בקמח לבן שמתקבל בעזרת מטחנת ברבנדר.

דשן ראש: ברוב הניסויים יישום הדשן בוצע ללא תלות במשקעים, ובשדות רבים הדשן חיכה ימים רבים להפעלתו, פרט לחלקת מרכז שבה האוראן יושם בטפטוף. יישום דשן הראש בוצע בחוות עדן ב-2/2/15 ובשלושת החלקות האחרות ב-26/2/15. יישום דשן ראש כריסוס עלוותי של תמיסת אוריאה בוצע בהעדר השקיה. בכל החלקות למעט חוות עדן לא ירד גשם משמעותי בימים שלאחר היישום. בכל החלקות פרט לבארי יישום הדשן העלה את אחוז החלבון. אולם תרומה במדדי איכות נוספים נצפתה רק בשובל (טבלה 9), החלקה שבה היו גם מחסורי החנקן הגדולים ביותר. סביר שחוסר התגובה בחלקות האחרות ובמיוחד בחוות עדן נבע מרמות תקינות של חלבון וגלוטן. תוצאות אלו מצטרפות לתוצאות מניסויים שנערכו בעשור הקודם ואשר הראו שניתן להעלות את אחוז החלבון בעזרת דשן ראש מאוחר גם בחיטת בעל. אולם מנגד ניתן לראות כי לא תמיד עליה זו באחוז החלבון משפרת את האיכות. בסעד

התקבלה תוצאה הפוכה, בשדה אחד התקבלה פגיעה ביבול ובחלבון ובשדה השני עליה ביבול ובחלבון אולם הדברת העשבים בחלקות ניסוי אלו לקתה בחסר. גם בגילת בארבע חלקות שבוצעה שם תצפית של מתן אוריאה מוצקה כדשן ראש התקבלו תוצאות לא אחידות הממסכות אפשרות הסקת מסקנות. לכן, ועקב עומס העבודה במעבדה, הוחלט שלא להמשיך בבדיקת גרגרים אלו בבדיקות איכות נוספות.

טבלה 9. השפעת דשן ראש בשלב עלה דגל בחלקות מבחני זנים (שה"מ - תשע"ה). הדשן תמיסת אוריאה 4.7 יחידות בריסוס עלוותי, חוות עדן 2/2/15 ערוב כל הזנים שבמבחן בבולוק נוסף; שאר החלקות הזן המסחרי בצמוד למבחן זנים 26/2/15.

ניסוי		חוות עדן		בארי		שובל		גת	
זן		מעורב		יובל		עומר		חתם	
דשן ראש	היקש	מדושן	היקש	מדושן	היקש	מדושן	היקש	מדושן	היקש
אינדקס גלוטן	24.5	26.8	21.6	24.8	21.4	41.3	83.3	78.8	
אחוז גלוטן	28.5	28.0	23.0	23.5	21.0	23.0	24.0	26.0	
קמח לבן GI	85.3	70.0	50.9	64.8	89.2	63.0	85.0	76.3	
קמח לבן WET	30.5	30.0	27.5	25.5	23.0	27.0	26.5	29.5	
חלבון	12.7	13.4	11.6	11.7	10.4	10.8	11.5	12.0	
נפח מאפה	1500	1500	1400	1420	1400	1500	1380	1400	
P	65	65	76	73	85	85	85	84	
L	100	101	89	89	60	80	82	84	
W	223	224	207	196	180	214	235	238	
P/L	0.65	0.64	0.85	0.82	1.42	1.06	1.04	1	

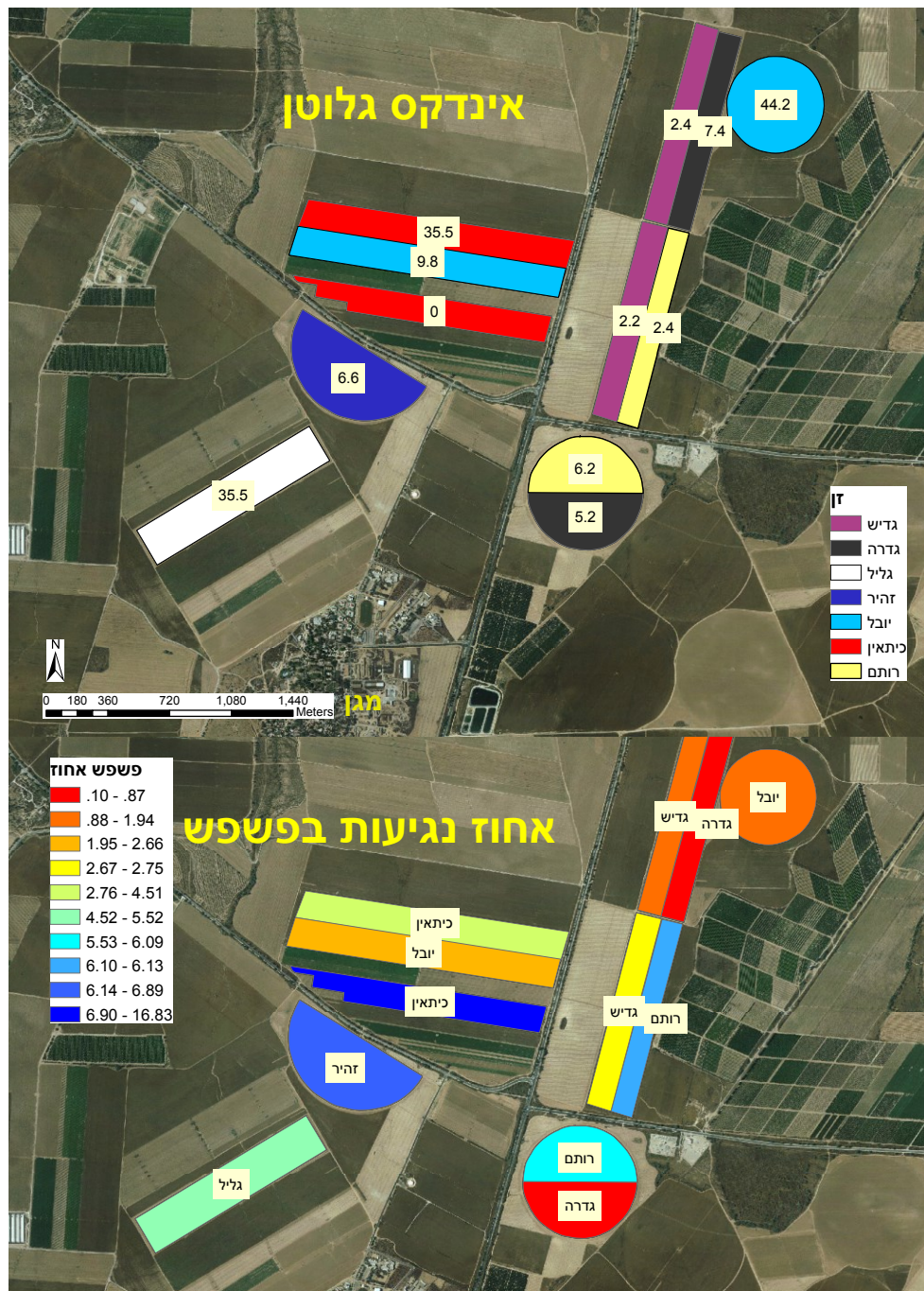
בניסוי דשן ראש ב"טפטוף", בחלקת מרכז, עקב תחזית לגשם משמעותי יישום האוריאה המוצקה בוצע ערב מערכת הגשמים המשמעותית של תחילת ינואר, בעוד שהאוראן ניתן לאחר מערכת הגשם. כיוון שהקרקע היתה רוויה מאוד לא ניתן היה להחדיר לעומק הקרקע את האוראן בפעם אחת, ובגלל הערכת אובדנים גבוהים של חנקן לאויר טיפול אוראן ייושם השלוש פעמים עוקבות בכמות המסתכמת בכ- 22 יחידות חנקן. בחלקה שבה בוצע ניסוי זה התקבלה השפעה מובהקת של הזן והדשן על המדדים השונים ללא כל השפעת גומלין (טבלה 10). הדשן גרם לעליה באחוז החלבון ובתכולת הגלוטן במידת מה. טיפול של יישום אוריאה גרם לשיפור איכות הבצק כפי שנבדקה באלוואוגרף ובנפח מאפה. עם זאת אין התאמה יפה בין מדדי האיכות השונים ודבר זה צריך להמשיך ולהיבחן בבסיס נתונים גדול יותר. מבחינת הזנים, נפח המאפה הטוב של הזן גליל אינו מוסבר, אך יתכן לכך שזו תוצאה של עבודה לא אחידה עם הבצק. ראוי לציין כי הבצק של הזן רותה (וגדרה) הראה ערכי יחס חוזק לאלסטיות (P/L) גבוה בעוד שהזנים גדיש נגב וזהיר הראו יחס נמוך מאוד. תוצאות אלו מצטרפות לתוצאות מעונת תשע"ד למסקנה כי לא כדאי להמשיך לבצע ניסוי דשן ראש מאוחר בטפטוף, אלא רצוי להתמקד במתן אוריאה מוצקה או תמיסת אוריאה כריסוס עלוותי.

טבלה 10. השפעת דשן ראש שיישם כאוריאה מגורען או כאוראן בטפטוף, 4.6 ו 22.7 יחידות חנקן

בהתאמה, חלקת "מרכז" - גילת תשע"ה

נפח כיכר	P/L	W	אינדקס גלוטן	גלוטן רטוב	אחוז חלבון	משקל נפחי	יבול	
1393 a	1.29 abc	245 abc	98.5 a	23.0 d	11.4 abc	80.0 g	540 bcd	בנימין
1487 a	0.83 def	258 ab	84.2 ab	24.7 abcd	11.5 abc	80.6 fg	547 bc	בר ניר
1447 a	0.56 f	252 abc	58.4 cdef	26.3 ab	11.9 a	81.6 cde	612 ab	גדיש
1387 a	1.41 ab	265 a	52.7 defg	26.7 a	11.9 ab	81.2 def	541 bcd	גדרה
1433 a	1.00 cde	170 e	6.5 h	20.2 e	11.0 c	83.1 a	635 a	גליל
1363 a	0.70 ef	210 bcde	64.8 cde	24.0 cd	10.9 c	81.9 bcde	513 cde	זהיר
1380 a	1.16 abcd	261 a	52.7 defg	26.1 ab	11.8 ab	82.4 abc	426 f	יובל
1450 a	0.79 def	214 abcde	42.5 fg	25.5 abc	11.5 abc	82.0 bcd	445 ef	כיתאין
1500 a	1.11 bcd	240 abcd	68.1 bcd	24.6 abcd	11.2 c	82.4 abc	465 def	כנרת
1420 a	0.67 ef	204 cde	48.2 efg	25.2 abc	11.4 abc	81.7 cde	555 abc	נגב
1467 a	1.25 abc	191 de	34.6 g	24.5 bcd	11.3 bc	82.8 ab	580 abc	עומר
1460 a	1.04 bcde	205 cde	50.3 defg	24.3 bcd	11.4 abc	81.0 ef	579 abc	עמית
1340 a	1.56 a	242 abc	74.1 bc	24.6 bcd	11.2 c	79.7 g	500 cdef	רותה
1501 a	1.00 ab	249 a	56.6 ab	24.6 ab	11.4 a	81.4 b	579 a	אוריאה
1392 b	0.97 b	213 b	51.6 b	25.0 a	11.6 a	81.4 b	528 b	אוראן
1377 b	1.11 a	220 b	61.6 a	24.1 b	11.2 b	81.9 a	494 c	היקש

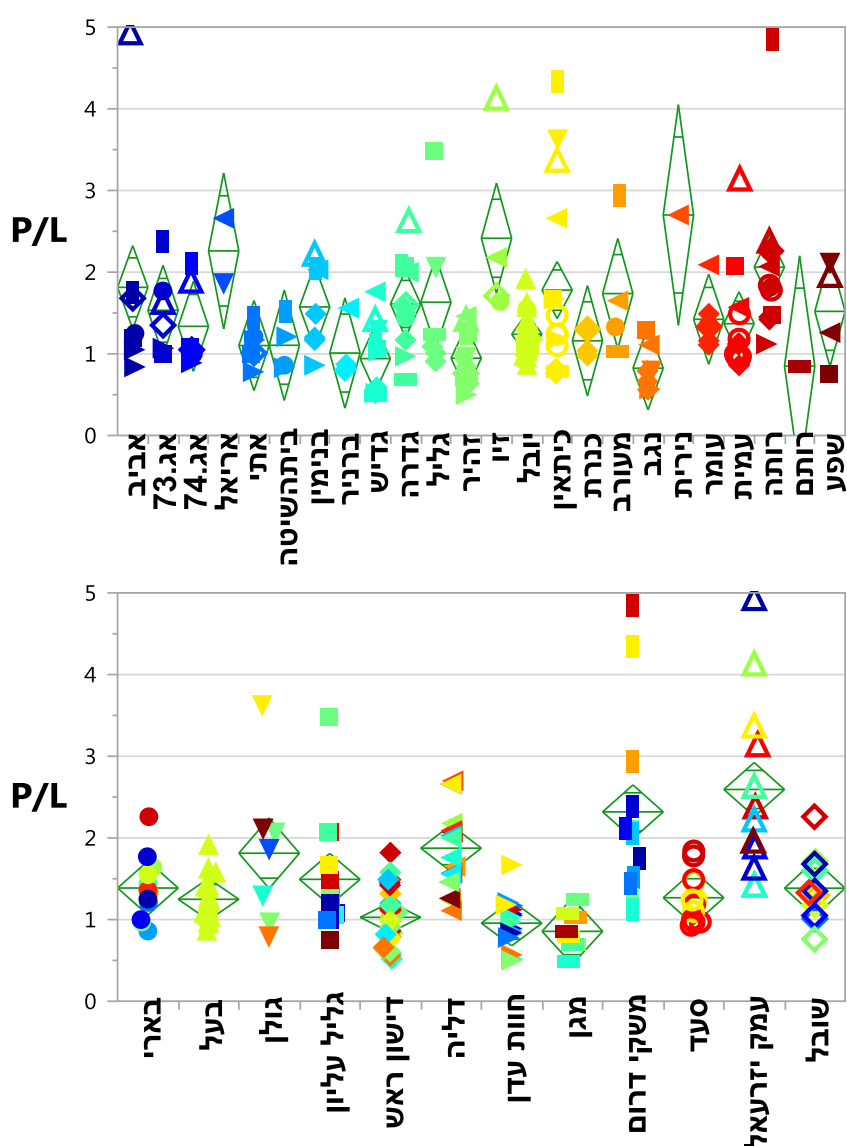
חיטה פסולה: בעונת תשע"ה נפסלו לשיווק משלוחי חיטה מועטים יחסית, אולם באופן נקודתי כשליש מיבול שדות גד"ש מגן נפסלו. דוגמאות מהמשלוחים שנפסלו הגיעו לבחינת האיכות בגילת. לדוגמאות אלו בוצעו כל הבדיקות כולל אלוואוגרף ונפח אפיה. באופן ברור נמצא כי הפסילות היו מוצדקות והגורם לכך היה פשפש הקמה (איור 18). כל ניסיון לייצור בצק ולמדוד נפח מאפה העלה כי פעילות הפרוטאזות מתעוררת ומתקבל בצק שנהרס מעצמו. נפח המאפה היה נמוך מאוד, בתחום 880 ועד 1360 סמ"ק, כאשר הנפח הגבוה בדוגמא של הזן גדרה שבה אחוז הנגיעות בפשפש היה רק חצי אחוז, והנמוך בדוגמא של הזן גליל עם 5.5% נגיעות בפשפש. יש לציין שרמת הנגיעות המירבית שנמצאה עלתה על 16%!!! דוגמאות אלו מדגישות כי חשוב לדאוג שחיטה כזו תיפסל בתהליך השיווק ולא תתערבב עם החיטה הטובה האחרת המשווקת בישראל.



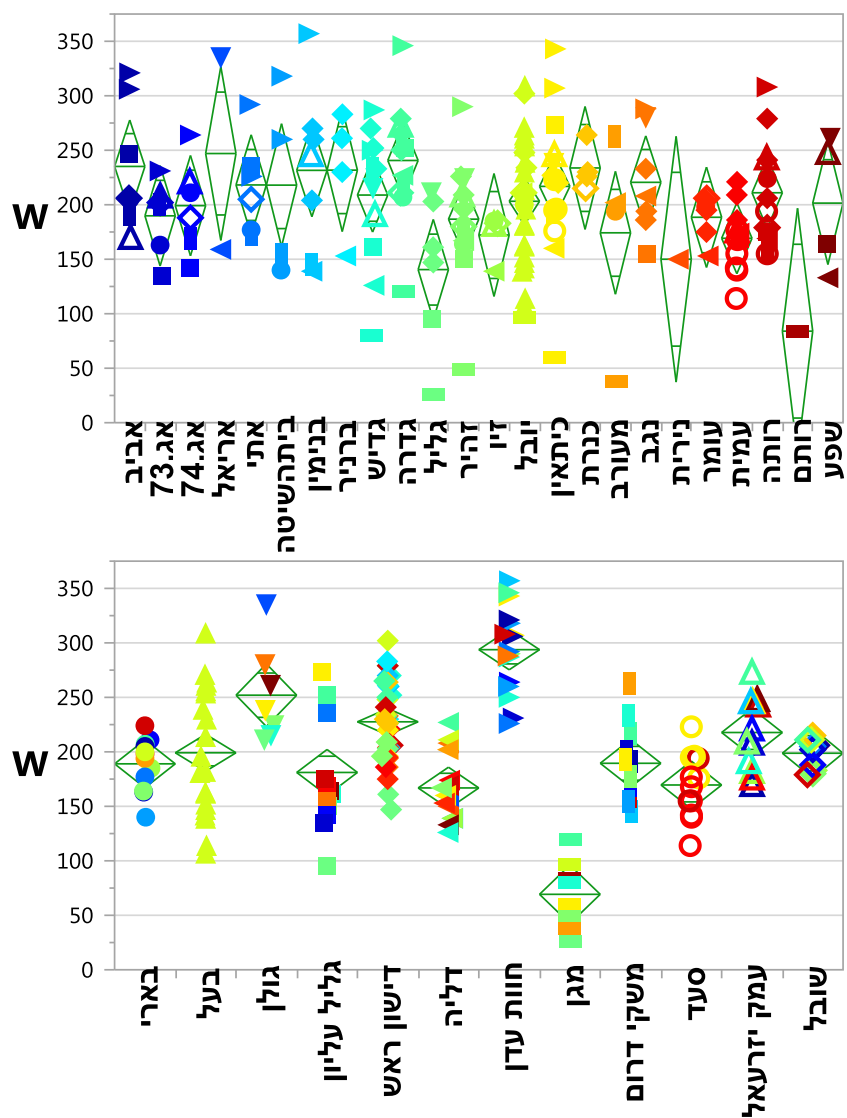
איור 18. אינדקס גלוטן ורמת הנגיעות בפשפש בגרגרי חיטה, גד"ש מגן עונת תשע"ה.

בדיקות איכות: בדיקות אלוואוגרף נערכו בדוגמאות הגרגרים והראו שונות בין הזנים ובין מקורות הגרגרים (איורים 19, 20). נתוני החלבון והגלוטן מפורטים ממבחני הזנים ניתן למצוא בסיכום (ניר ותלם, ספטמבר 2015), בקצרה ניתן להגיד ששובל ובארי מייצגים ניסויים שבהם רמת חלבון וגלוטן הנמוכה ביותר בעוד שבחוות עדן רמתם הגבוהה ביותר. יחס P/L היה נמוך במיוחד במגן (פשפש), טוב בחוות עדן, ובשאר הארץ היחס היה בעל ערכים גבוהים יותר כאשר לפחות בארבעה אתרים התקבלו ערכים גבוהים מאוד. בעמק יזרעאל ובמשקי דרום הערכים הגבוהים הינם תוצאה משולבת של חוזק גבוה (P) ואלסטיות נמוכה (L). לגבי הזנים, נראה שהגורם העיקרי היה מקום הזריעה, כך זנים שנזרעו רק בארבעת האתרים הגבוהים (או חלקם) מציגים יחס גבוה. כפוי, החיטה ממגן הנגועה בפשפש מציגה

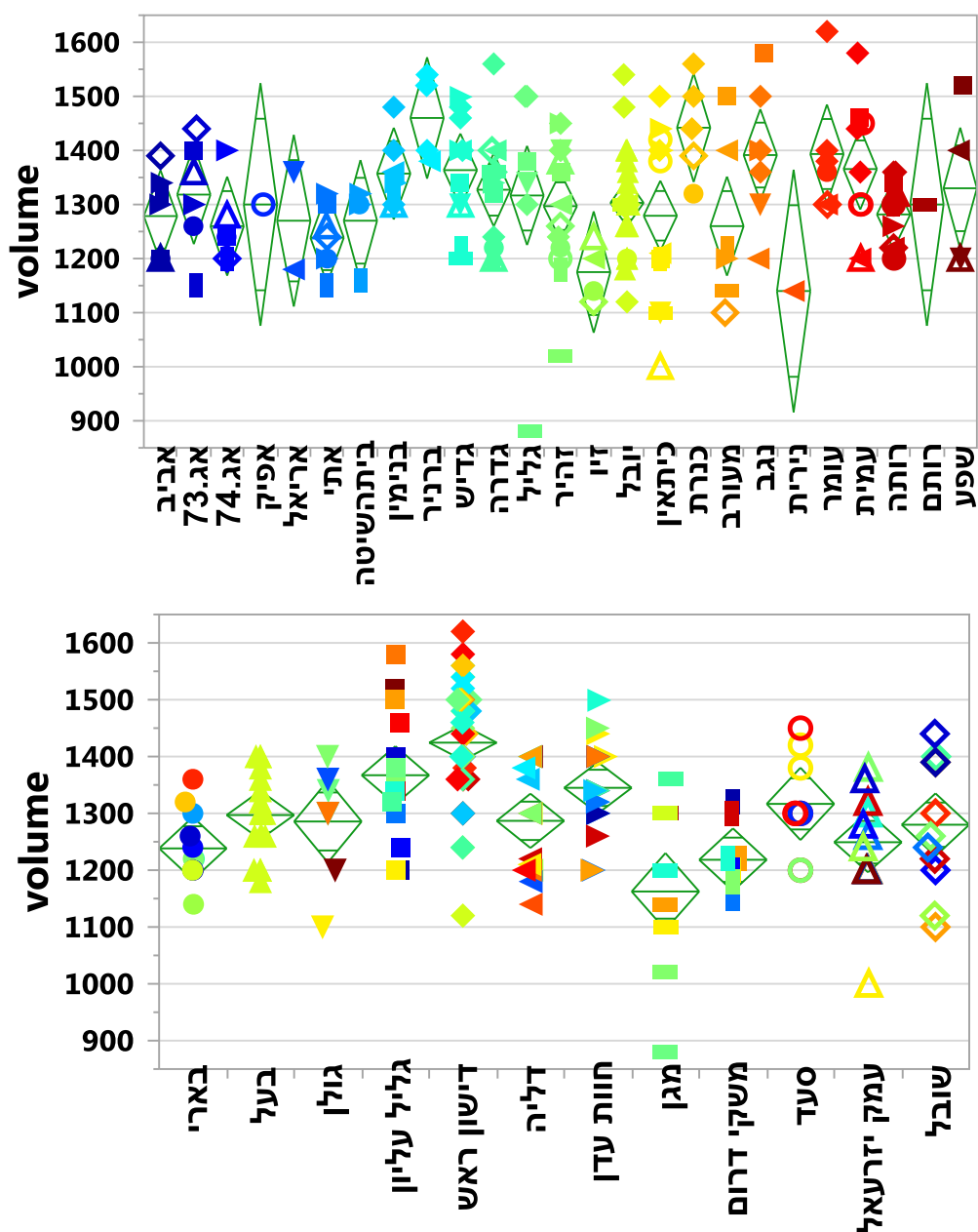
ערכי W נמוכים מאוד, בעוד שחיטה שגדלה בחוות עדן קיבלה ערכים גבוהים וטובים עם ממוצע קרוב ל 300. במרבית מבחני הזנים האחרים ערכי W נעו סביב ממוצע של כ 200, ערך נמוך יחסית שנבע כנראה מתנאי גידול טובים ומיהול החלבונים בגרגר. למרות ערכים יחסית נמוכים אלו, נפח המאפה (איור 21) במרבית המבחנים הצליח להניב ערכים לא נמוכים במיוחד. ניתן לראות ערכים גבוהים מהניסוי בגילת ובגליל עליון, רק אחריהם מגיעים הגרגרים מחוות עדן; במקביל נפח המאפה שהתקבל במשקי דרום היה נמוך אף משובל. ממצאים אלו מרמזים שיש כאן פרמטרים נוספים שמשפיעים על האיכות. למרות מספר הדוגמאות הקטן, ערכי נפח המאפה שהניב הזן זיו צריכים להדליק נורה אזהרה. שלושת הקווים החדשים שבמבחן, אביב, אג73 ואג74, הציגו תכונות איכות סבירות בדומה לזנים שבמזרע, זאת במיוחד כאשר משווים רק בין הזנים שנזרעו בכל ששת אתרי מבחני הזנים (טבלה 11).



איור 19. יחס P/L על פי בדיקות אלוואגרף בגרגרים מזנים ושדות שונים, עונת תשע"ה.



איור 20. ערכי W על פי בדיקות אלואוגרף בגרגרים מזנים ושדות שונים, עונת תשע"ה.



איור 21. נפח כיכר על בסיס 250 גר' קמח מגרגרי זנים ושדות שונים, עונת תשע"ה.

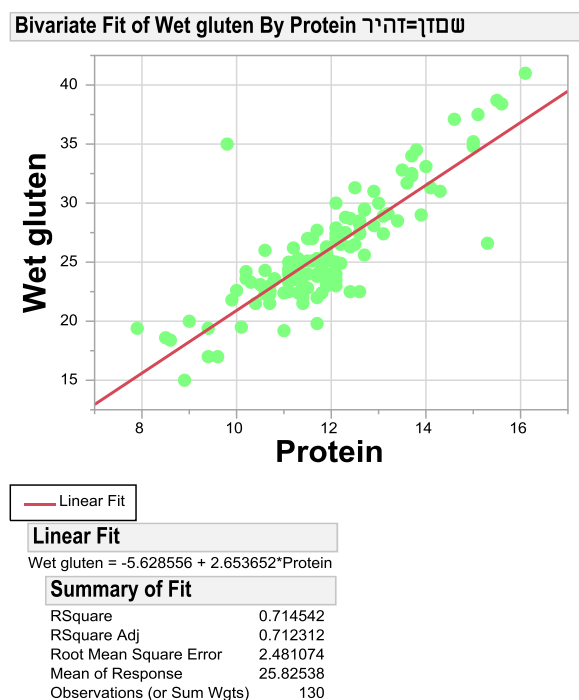
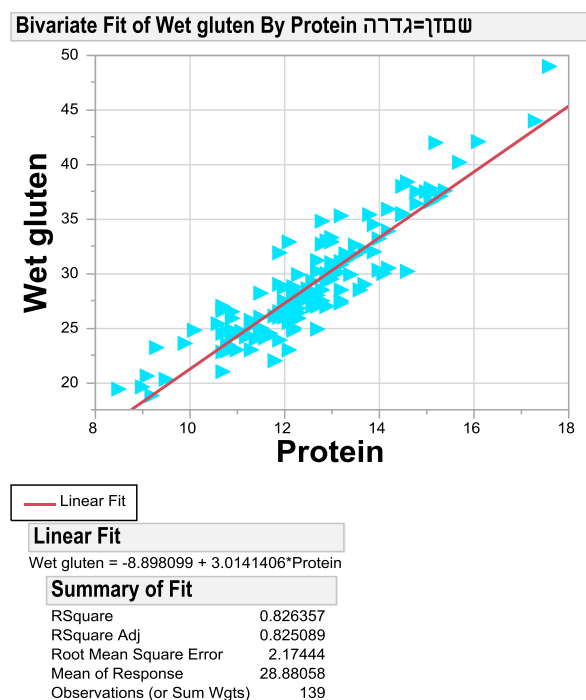
טבלה 11. השפעת הזן על מדדי איכות בששת מבחני הזנים תשע"ה.

זן	חלבון	אחוז גלוטן	נפח כיכר	W	P/L	P	L
אביב	11.5 ^{bc}	23.1 ^{ab}	1275 ^a	221 ^{ab}	1.98 ^{ab}	101.3 ^{ab}	63.5 ^{ab}
אג.73	11.7 ^{abc}	22.1 ^b	1318 ^a	190 ^b	1.53 ^{ab}	92.3 ^{abc}	63.5 ^{ab}
אג.74	12.1 ^a	23.8 ^{ab}	1260 ^a	199 ^b	1.34 ^{ab}	85.2 ^{bcd}	69.0 ^{ab}
אתי	11.8 ^{abc}	23.4 ^{ab}	1245 ^a	217 ^{ab}	1.09 ^{ab}	77.6 ^{cd}	74.4 ^{ab}
גדרה	11.9 ^{ab}	25.6 ^a	1280 ^a	251 ^a	1.80 ^{ab}	108.5 ^a	64.8 ^{ab}
זהיר	11.2 ^c	23.1 ^{ab}	1308 ^a	195 ^b	1.03 ^b	72.3 ^d	77.8 ^a
רותה	11.4 ^{bc}	23.7 ^{ab}	1273 ^a	215 ^{ab}	2.39 ^a	109.7 ^a	54.2 ^b

בשנה האחרונה הושם דגש על מדד גלוטן רטוב כמדד לאיכות. לכן חשוב לראות האם ישנו מתאם קבוע בין אחוז חלבון ואחוז הגלוטן הרטוב בזנים שבמזרע. ניתן להתרשם מטבלה 12 כי בהינתן אותם תנאי גידול, כאשר היבול מכיל את אותו אחוז חלבון כמות הגלוטן הרטוב שונה. במילים אחרות היחס בין החלבון הנמדד לגלוטן הנמדד שונה בין הזנים. חשוב להדגיש כי לא כל הזנים נבחנו בכל האתרים בכל השנים כפי שמוצג על ידי מספר הרשומות. אשר על כן יש לקרוא את הנתונים בזהירות רבה. אולם, ניתן להתייחס לנתוני שני הזנים המובילים במזרע, גדרה וזהיר, אשר עבורם יש נתונים כמעט מכל אתר ושנה ומספר רשומות גבוה ודומה. ניתן לראות בבירור כי בהינתן אחוז חלבון מסוים גרגרי הזן גדרה מכילים יותר גלוטן רטוב, ולאור הקשר הישיר לאורך כל תחום תכולת החלבון (איור 22) ניתן להגיד כי זו תוצאה ישירה וקבועה של ההבדל בין הזנים. יתכן שהדבר נובע מהרכב חלבוני גלוטן שונה, אשר גורמים ליחס השונה. לא ברור האם יש לכך משמעות עבור איכות החיטה, נקודות אלו דורשות אימות והתייחסות בהמשך המחקר.

טבלה 12. תכולת חלבון וגלוטן רטוב בזנים שבמזרע, על פי מבחני זנים 2007-2015.

זן	מספר רשומות	אחוז גלוטן רטוב כאשר חלבון = 11	אחוז חלבון כאשר גלוטן רטוב = 24
רותם	40	25.4	10.2
דאריאל	61	24.7	10.7
עומר	75	24.4	10.9
גדרה	139	24.2	10.9
רותה	64	23.9	11.0
יובל	66	23.7	11.1
אפיק	45	23.8	11.1
בנימין	31	23.8	11.1
כנרת	34	23.7	11.1
נגב	105	23.6	11.1
זהיר	130	23.6	11.2
שפע	45	23.6	11.2
בית השיטה	46	23.3	11.3
עמית	68	23.4	11.3
גליל	87	23.2	11.3
בר ניר	92	23.2	11.3
כיתאין	57	22.7	11.5
גדיש	50	22.2	11.6
זיו	30	21.6	11.7
אתי (16-1)	26	21.2	12.1
כללי, לא רק מבחני זנים	5042	23.4	11.2



איור 22. הקשר שבין גלוטן רטוב ואחוז חלבון בגרגרי הזנים גדרה וזהיר, מבחני זנים 2007-2015.

דיון

במסגרת המיזם שמרוכז ע"י דוד בונפיל נבדקת השונות ביבול ובאיכות גרגרים מזנים שונים כתגובה לתנאי גידול שונים בשדות ישראל ובניסויים מבוקרים. זאת במטרה להבין את מורכבות השפעת הזן, הסביבה והשפעת הגומלין על כושר ייצור ואיכות החיטה. בשנת המחקר הראשונה הנחנו את היסודות למספר מחקרים והמשכנו בביצוע ניסויים ואיסוף נתונים אשר בהמשך המחקר יאפשרו את מימוש התוצאות, כך שניתן יהיה להתאים את הזנים לאזורי גידול והממשקים המתאימים להם ולשפר את איכות החיטה. העבודה בוצעה תוך שילוב אנשי הדרכה וגידול, חוקרים בתחומים רלוונטיים והפעלת מעבדה לאיכות חיטה במרכז מחקר גילת.

המחקר משלב חוקרים ממוסדות ומתחומי מחקר שונים. בכדי לשפר ולהבטיח אינטגרציה מירבית בין החוקרים השונים המידע הפיסיולוגי, והגנטי נאסף מאותם ניסויים מאותו חומר צמחי בשיתוף פעולה. יתר על כן, גרגרים מניסויים מבוקרים ומניסויי שדה הועברו לבדיקה ע"י חברי צוות שלא היו מעורבים ישירות בניסוי אך מתמחים באיפיון מדד ספציפי. לדוגמא, גרגרים מניסויי שדה שונים הועברו לבדיקת פשפש, וגרגרים מניסויים מבוקרים הועברו לסריקת NIR ולהערכת מדדי איכות כמו תכולת גלוטן רטוב. בנוסף קלטנו 5 תלמידי מוסמך, תלמיד אחד לדוקטורט, 2 תלמידי בתר-דוקטורט, קונדיטור, טכנאית מעבדה ועוד שני טכנאים בחלקי משרה. רוב התלמידים מונחים ע"י שני חוקרים (לפחות) מצוות המחקר ישירות או בעקיפין. אין ספק כי לשילוב הכוחות במיזם זה יש השפעה סינרגיסטית רבה התורמת להשגת היעדים שהוצבו בתחילת המחקר.

בבסיס המחקר קיימת הנחה כי קיימת השפעת גומלין גנוטיפ סביבה על כושר הייצור ועל איכות החיטה. התוצאות מהניסויים המבוקרים מאששים הנחת יסוד זו והתוצאות מניסויי השדה מרחיבים את היריעה ומאפשרים עיבוד נתונים על בסיס שונות שהתקבלה מגידול בתנאים שונים. בשעת כתיבת הדו"ח

אין בידינו את תוצאות האיכות מכלל הניסויים השונים ולכן עדיין לא בוצע עיבוד נתונים משולב, אשר על כן עדיין לא הגענו לשלב הסקת המסקנות. אולם, במקביל לניסויים אלו, המחקר החל להניח את היסודות לשימוש בתוצרים שיהיו. זאת ע"י יצירת בסיס אחיד לאיסוף ועיבוד נתונים מטאורולוגים, נתונים מלווינים ושדות ישראל. נוסף על כל זאת, כיחידה נפרדת יש התקדמות טובה בפיתוח שיטת האבחון של גרגרים הנגועים בפשפש, דבר אשר יאפשר למנוע שיווק חיטה נגועה כחיטה לאפיה ובכך תעלה איכות החיטה המשוקת בישראל.

כיוון שזו רק העונה הראשונה, אין להסיק מסקנות יישומיות רק על בסיס תוצאות המחקר עד עתה. אולם במידה ובוצע עיבוד נתונים שמתבסס גם על נתוני עבר, לדוגמא יחס חלבון גלוטן בזנים השונים, המידע הועבר למדריכים ולחקלאים. אין ספק כי המחקר צריך להמשיך על פי התוכנית בכדי שיהיה אפשר להשלים את מטרות המחקר ולבסס מסקנות יישומיות ממחקר זה. למרות הקיצוץ בתקציב שאושר (לעומת המבוקש) צוות המחקר ניסה למזער את הקטנת נפח העבודה, עד עתה בהצלחה אם כי הגדלת תקציב המחקר היה מאפשר לבחון דברים נוספים ולבסס טוב יותר את הממצאים. דוגמא לכך היא העמדת הניסוי המבוקר באוזון הדורש ציוד וחיישנים רבים. נכון לעכשיו, צוות המחקר לא מצא לנכון לבצע כל שינוי מתוכנית המחקר הבסיסית. צוות המחקר נפגש בהרכב חלקי פעמים רבות, ובהרכב מלא ארבע פעמים במהלך השנה. במפגשים אלו הוצגו הניסויים והמחקרים עד כה, באופן שאיפשר לכולם לתרום מנסיונם גם בחלקים שאין להם במ חלק. לאור חשיבות נושא המחקר לחקלאות ישראל, הוא הוצג גם בכינוסים ייעודיים, בכנס "משוב" ובוועידת ישראל לחקלאות.

ברצוני להודות לחברי ועדות ההיגוי והמקצועית על תרומתם למחקר, ובמיוחד למרק פרל אשר מסייע גם בנתונים מפרי עמלו.