

דו"ח מסכם למחקר 261-1647-23 בנושא: השפעת תכונות קנה החיטה על

יצרנות ואיכות מספוא

דניאל ביקל¹, סימון נטאוגרנה², מולה גרמה טאיה², מיכל זילברברג², כמאל נאשף², דוד מלדה², מארינה זיידרמן², רואי בן-דוד².

1- תחום בקר לחלב, אגף בע"ח, שה"מ, משרד החקלאות.

2- המחלקה לגד"ש וירקות, המכון למדעי הצמח, מנהל המחקר החקלאי, מכון וולקני.

תקציר:

בעונות החולפות (2018, 2019) מעל 60% משטחי החיטה שנקצרו ייעדו למספוא, עליה של בין 20%-30% בהשוואה להתפלגות ייעוד שדות החיטה בשנים 2014 ו-2015 (מידע אישי, יואב גולן). הירידה בהיקף הכללי של שטחי העיבוד (ירידה של 7.5% מ 2014 ל- 2019) כמו גם הביקוש הקבוע למזון גס של ענף הרפת מאיצים מגמה זו ומדגישים את תלות משק מעלי הגרה בגידול מספוא חיטה מקומי. בעולם, נזקי היבול כתוצאה מרביצה מוערכים בין 31%-80%. גם בארץ גורמת הרביצה לנזקי יבול כבדים בעיקר בעונות עתירות משקעים. מחקר מקדים מצא שגם תכונת קוטר הקנה וגם תכונת עובי הדופן (קנה מלא) עשויים לתרום לעמידות צמח החיטה לרביצה. בעולם קיימים זנים בעלי קנה מלא, תולדה של טיפוח מכון לעמידות כנגד מזיקים. מאז ומתמיד כל זני החיטה בארץ הם חלולי קנה. לא זו אף זו, זנים בעלי קנה מלא לא נבחנו מעולם בתנאים של ממשק חקלאי אינטנסיבי בישראל מה גם שמידת ההשפעה של תכונת הקנה המלא וקוטר הקנה על יבול הביומסה (ח"י), הרכבו והאיכות ההזנתית לפרות חלב נחקרה מעט מאד. המחקר הנוכחי כוון בין השאר לסגירת פער זה ומציע בפעם הראשונה לבחון את השפעת תכונות הקנה על יבול ואיכות המספוא הגס. זאת במטרה להשתמש בשונות הקיימת בקווי טיפוח של חיטה לשיפור יבול ואיכות מספוא בתנאי הארץ.

במחקר הנוכחי, מכיוון שכל צמד קווים חלק דמיון פנוטיפי בתכונות אגרוטכניות מרכזיות (גובה קמה, מועד השתבלות וכו'), התאפשר לנו להתמקד בהשפעת התכונה הנבחנת העיקרית (דחיסות הקנה) על יצרנות הביומסה והאיכות ההזנתית. סיכום הממצאים של מחקר זה מצביע כי החדרת תכונת קנה דחוס ע"י הכלאות עם זני חיטה מקומיים אינה פוגעת ביבול ובאיכות ההזנתית לפרות חלב. ממצא זה מרמז על הפוטנציאל הקיים בשילוב תכונה זו בטיפוח זני חיטה דו תכליתיים. לסיכום - נדרש המשך בחינה של

קווים מצטיינים וסביבות גידול נוספות, בכדי לבסס את הערך התזונתי והכלכלי של חיטה בעלת תכונות קנה משופרות, וגם בכדי לענות על שאלות רבות בנוגע ליישומיות של שילובה בממשק ההזנה ברפת החלב הישראלית.

רקע:

מרבית החיטה בארץ גדלה בתנאי בעל, מצב בו קיימת תלות גדולה בין כמות המשקעים ליבול. כושר הייצור החקלאי נפגע בשנים האחרונות עקב השינויים אקלימיים המעורבים בתהליכי התחממות גלובליים, ומתנודתיות בכמות ופיזור המשקעים. בנוסף, תהליכי התחממות גלובלית עשויים להביא לקיצור ניכר באורך עונת הגידול ולהציב אתגרים חדשים בפני חקלאי הגד"ש (Lelieveld et al. 2016).

מטרת הטיפוח למספוא היא לאתר זנים מבטיחים מבחינת יבול, תוך דגש עיקרי על הערך התזונתי לבע"ח של התחמיצים והשחתות. יצרנות ביומסה גבוהה בשדות דגן חושפת לעיתים את הגידול לסכנת רביצה בעיקר עקב סופות רוח ומשקעים בשלבים המאוחרים של עונת הגידול בהם משקל השיבולים והביומסה גבוה. לאחר אירועי הרביצה יש סכנה להתעפשות הקמה על פני הקרקע ולפגיעה באיכות המספוא כמו גם קושי בפעולה האגרוטכניות של הקציר. המהפכה הירוקה והמעבר לשימוש בזני חיטה חצי-מנונסים (Amram et al. 2015) צמצם את נזקה אך הרביצה עדין נחשבת לגורם מגביל יבול (הן ביומסה והן גרעינים). בעולם, נזקי היבול כתוצאה מרביצה מוערכים בין 31%-80%. גם בארץ רביצת הקמה גורמת לנזקי יבול כבדים בעיקר בעונות עתירות משקעים. Pinera-Chavez et al. 2016 מצא שגם תכונות קוטר הקנה וגם תכונות עובי הדופן (קנה מלא) הנם הגורמים העיקריים התורמים לעמידות צמח החיטה לרביצה. קנה הוא השלד של צמח החיטה הנושא עליו עלים ושיבולים וככזה הוא חשוף ללחצים פיזיקאליים. קנה חזק יכול להוות גורם מאזן ללחצים אלו ולתרום לעמידות הזן כנגד רביצה (Tripathi et al. 2003; Berry et al. 2007).

רובם המוחלט של זני החיטה המודרניים בעולם, וכל זני החיטה המגודלים בארץ הינם בעלי קנה חלול. מאידך קיימים זנים עם קנה מלא וגם כאלה הנמצאים על הרצף בין קנה חלול לקנה מלא לחלוטין, כאשר עיקר המסה בקנה המלא נתרמת מתאי פרנכימה בלתי ממוינים (Ford et al. 1979). קנה מלא מקנה לחיטה עמידות שדה לצרעת הדגן

(*Cephus cinctus*), ומהווה שיטה יעילה להתמודדות עם המזיק (Hayat et al. 1995). זאת גם הסיבה שתכונה זו שולבה בתוכניות הטיפול של חיטה בארה"ב ועיקר המחקר המתועד בספרות הנו מחקר מתחום הגנת הצומח. עם זאת, מחקרים מוקדמים מלפני כעשרים שנה ויותר, ייחסו לתכונה זו ירידה בפוטנציאל יבול הגרגירים (Weiss and Morrill 1992; McNeal and Berg, 1979), ועד היום זנים בעלי קנה מלא נזרעים בעיקר באזורים בהם צרעת הדגן מהווה מזיק משמעותי (Sherman et al. 2015). מחקרים מהשנים האחרונות השוו בין שושלות מתפצלות של צאצאי הכלאות בין הורים בעלי קנה מלא עם הורים בעלי קנה חלול ומחקר נוסף השווה בין קווים כמעט-איזוגניים הנבדלים בתכונה זו (Sherman et al. 2015). במחקרים אלו, לא נמצא קשר בין יבול גרעינים לבין מלאות הקנה בתנאי גידול נאותים. כמו כן, נמצא קשר הפוך בין מלאות הקנה לגובה הצמח, וכי חיטה בעלת קנה מלא הינה אכן עמידה יותר לרביצה. מידת ההשפעה של תכונת הקנה המלא וקוטר הקנה על יבול הביומסה (ח"י) והרכבו נחקרה מעט מאד וכמעט שלא נבדקה. כיצד משפיעה השקעת צמח החיטה בקנה דחוס ברקמת תאי פרנכימה או להבדיל בהרחבת קוטר הקנה על הרכב הרקמות הוגטטיבי של הגידול? האם צמח בעל קנה דחוס יהיה "גס" יותר מבחינת העלאת הגירה ושמירה על תנאי כרס? כיצד שינויים אלו בהרכב הרקמה יתרמו לאיכות הסיב ולנעילות המספוא? האם שינויים פיזיקאליים ברקמת הצמח ישפיעו על פוטנציאל ההחמצה ועל יכולת הידוק הירק בבור התחמיץ? והאם ניתן יהיה לייבש את השחת בעל הקנה המלא כראוי ובזמן סביר ובאיזו מידה תאכל שחת כזו?

ברור כי קיים בספרות העולמית פער ידע בדבר ההשפעה אפשרית של תכונת הקנה המלא ותכונות קנה אחרות (כגון קוטר הקנה) על רכיבי היבול בחיטה ועוד יותר על צבירת הביומסה ועל פוטנציאל יבול ואיכות השחת או התחמיץ. המחקר הנוכחי מכוון בין השאר לסגירת פער זה ומציע בפעם הראשונה לבחון את השפעת תכונות הקנה על ייצרנות חיטה בארץ. בבסיס הצעה זו אנו מניחים שניתן לטפח לזני חיטה עתירי יבול ביומסה בעלי תכונות קנה משופרות. העובדה שלא אותר עד כה מתאם בולט (שלילי או חיובי) בין תכונות הקנה לתכונות אגרוטכניות אחרות בספרות תומך בהשערתנו (Hayat et al. 1995, Saint Pierre et al. 2010).

מטרות המחקר:

יעדו הכללי של מחקר זה הוא בחינת ההשפעה של מבנה הקנה (דחיסות וקוטר) בחיטה על יבול ואיכות המספוא הגס. זאת במטרה להשתמש בשונות הקיימת בקווי טיפוח של חיטה לשיפור יבול ואיכות מספוא בתנאי הארץ. להשגת יעד המחקר נקבעו המטרות הבאות:

1. בחינה פנוטיפית רחבה ליצרנות מספוא של אוסף קווים בעלי שונות במאפייני קנה: קנה מלא מול קנה חלול.
2. בחינה אגרוטכנית של יצרנות מספוא בקווים מצטיינים בעלי קנה משופר. בהקשר זה יבחן: כושר הייצור (יבול ח"י), עמידות לרביצה והאיכות (הרכב כימי ונעילות NDF) של גידולי המספוא.

שיטות וחומרים:

מבנה הניסוי – ניסוי השדה התבצע בעונת הגידול 2021-2022 בחוות צפריה בסמוך לבית דגן (חוות מרכז). לצורך מחקר זה נבחר פאנל של קווי חיטת לחם ($n=16$) המייצג שונות גבוהה בתכונות קנה: קנה מלא מול קנה חלול, קוטר קנה רחב וצר. בפאנל נכלל זן מסחרי כביקורת. הזנים נבחנו במתכונת 7 צמדים של קווים הומוזיגוטים מיוצבים (החולקים הורים משותפים), כאשר כל צמד חולק רקע גנטי ופנוטיפי משותף (גובה ופנולוגיה דומים) אך הקווים המרכיבים אותו נבדלים בתכונת הקנה: אחד בעל קנה חלול וקו בשני בעל תכונת קנה דחוס.

הניסוי נזרע במתכונת של הסתכלויות צמודות בבלוקים באקראי ($n=4$) בחלקות של כ- 12 מ"ר. מדידות הקנה, היבול ובדיקות המעבדה בוצעו לכל זן בכל בלוק, והם מוצגים כממוצע הבלוקים לכל זן.

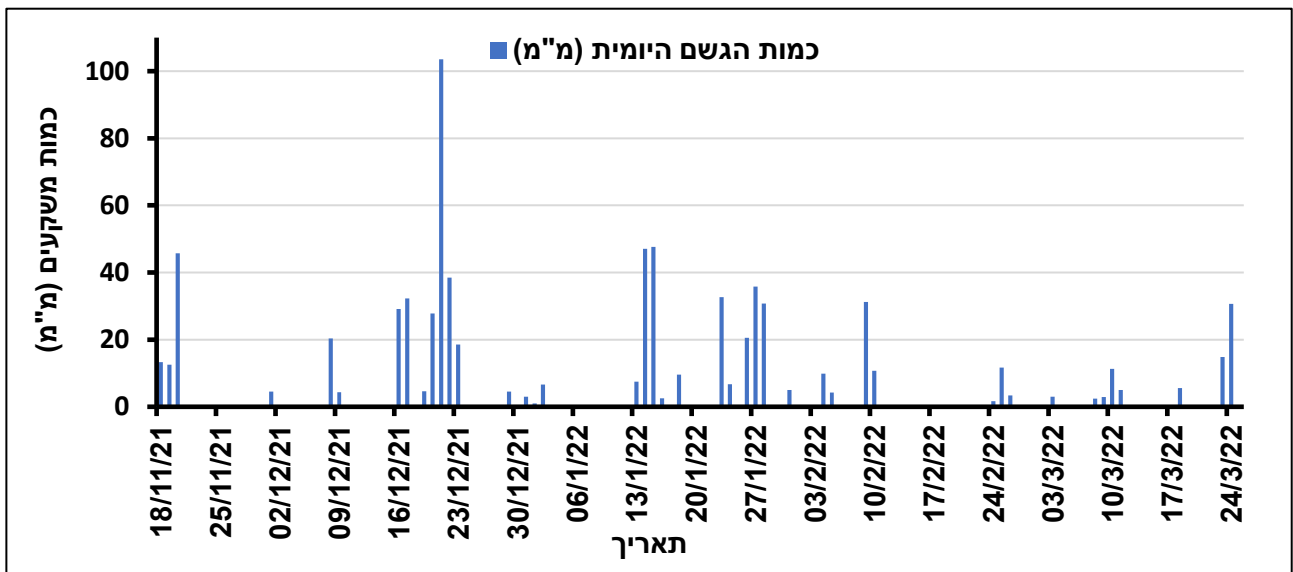
מאפיינים אגרוטכניים של הזנים – חלוקת הקווים לצמדים, והמאפיינים האגרוטכניים שלהם מוצגים בטבלה 1.

טבלה 1. מאפיינים אגרוטכניים של קווי הניסוי וחלוקתם לצמדים.

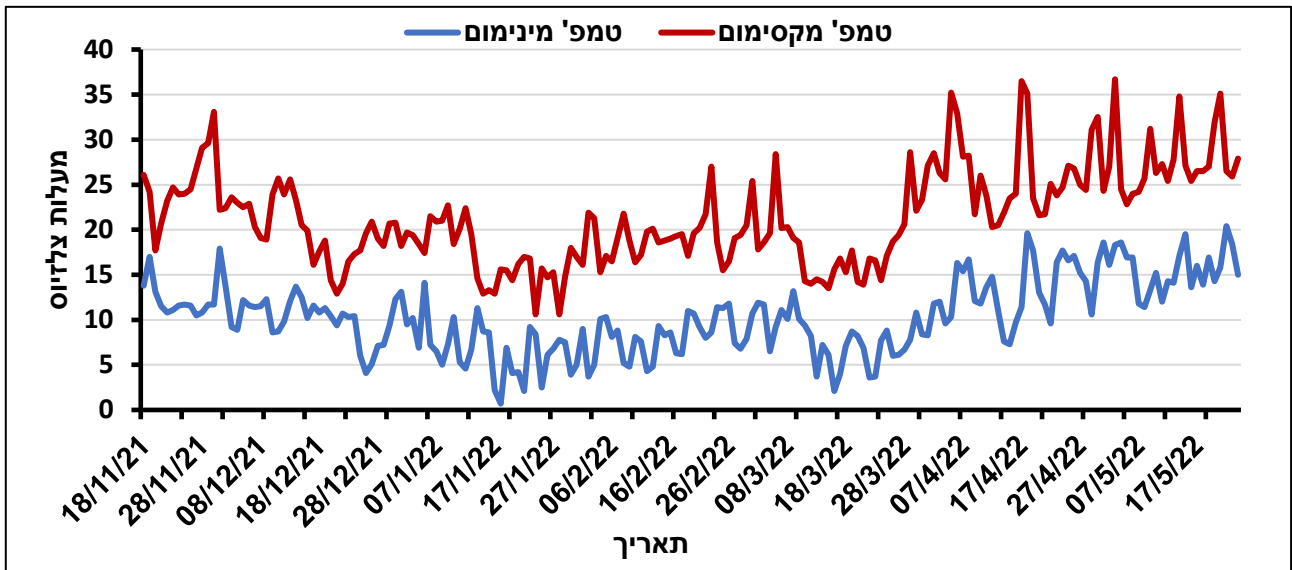
מועד השתבלות	מלען	דור	הורים	דחיסות הקנה	שם הקו	מספר צמד
10/2/22	ק	Dihaploid	Binjamin X Fortuna	חלול	DH7	1
12/2/22	ק	Dihaploid	Binjamin X Fortuna	דחוס	DH6	1
8/3/22	ק	זן מסחרי	Tishrey	חלול	תשרי	2
28/2/22	ק	F ₆	Tishrey X Fortuna	דחוס	TF4	2
10/4/22	ק	F ₆	Tishrey X Fortuna	חלול	TF1	3
8/4/22	ק	F ₆	Tishrey X Fortuna	דחוס	TF7	3
19/3/22	ק	Dihaploid	Ruta X Fortuna	חלול	DH25	4
30/3/22	ק	Dihaploid	Ruta X Fortuna	דחוס	DH28	4
10/3/22	ק	זן מסחרי	Ruta	חלול	רותה	6
2/3/22	ללא	Dihaploid	Ruta X Fortuna	דחוס	DH22	6
8/4/22	ק	F ₆	Yuval X Fortuna	חלול	YF5	7
8/4/22	ק	F ₆	Yuval X Fortuna	דחוס	YF9	7
16/4/22	ק	Dihaploid	Ruta X Fortuna	חלול	DH27	8
10/4/22	ק	F ₆	Ruta X Fortuna	דחוס	RF4	8

אנליזות מעבדתיות לאיכות השחת- החומר הנקצר הוכנס לתנור ייבוש ב- 60 מעלות ל- 48 שעות ונטחן במטחנה ייעודית עם נפה של 1 מ"מ כהכנה לתחילת אנליזה. כלל דגימות החומר הטחון נשלחו לביצוע אנליזות במעבדת (Ithaca, NY) Dairy One. בין האנליזות הכימיות נכללו הבאים: חלבון כללי, אפר, שומן (מיצוי אתרי) עמילן, סוכרים מסיסים ומקטעי דופן התא: NDF, ADF ולגנין. בנוסף התבצעו בדיקות לקביעת הנעכלות in vitro של מקטע ה- NDF.

סביבת הגידול – סה"כ כמות משקעים עונתית של 775 מ"מ לעונת הגידול. פיזור אירועי הגשם וכמות המשקעים היומית מוצגים באיור 1. טמפרטורת הסביבה היומית לאורך עונת הגידול מוצגת באיור 2.



איור 1. כמות המשקעים היומית (מ"מ) לאורך עונת הגידול 2022-21 בחוות צפריה.



איור 2. טמפ' הסביבה היומית (מקסימום ומינימום) לאורך עונה הגידול 2021-2022 בחוות צפריה.

אפיון פנוטיפי של תכונות קנה ואומדני יבול - הערכת היבול הסופי התבצעה לכל קו חיטה במועדו, כאשר הגיע לשלב סוף מילוי חלב/תחילת הבשלת דונג (חלד"ג). האומדן התבסס על דיגום ידני של 1/8 מ"ר בגובה 10 ס"מ מהקרקע. כאמצעי חיזוי לאומדן חוזק הביומסה המבנית של הקמה נעשה שימוש במד כח IIAXIS, לו תוכן מתאם ייעודי לאפיון בשדה (יוסי קשתי, המכון להנדסה מנהל המחקר החקלאי). המדידות המתבצעות ע"י מד הכח מדמות את התנגדות הקמה בבסיס השיבולים ונמצאו במתאם שלילי גבוה ומובהק לרביצת קווי חיטה תחת תנאים מעודדי רביצה. תיאור מדידות הקנה ע"י דוגמאת שני סוגי קנה מוצגים באיור 3, להלן פירוט:

1. אדום – עובי דופן הקנה (מ"מ); כתום – קוטר הקנה (מ"מ);
2. שטח הקנה ברוטו חושב ע"י משוואת שטח עיגול: $3.14 \times \text{רדיוס}^2$
3. שטח חתך הקנה הוא השטח הריק (החלול) שבמרכז הקנה, שחושב באופן הבא: הפחתת עובי דופן הקנה (בכל אחד מקצוות הקוטר), לאחר מכך חלוקת קוטר חתך הקנה לשני רדיוסים, ולבסוף חושבה משוואת שטח עיגול מנתונים אלו.
4. אחוז דחיסות הקנה חושב ע"י היחס בין שטח חתך הקנה לבין שטח הקנה ברוטו.

מדד זה מבטא את שטח הקנה ברוטו בהפחתת שטח הקנה החלול.

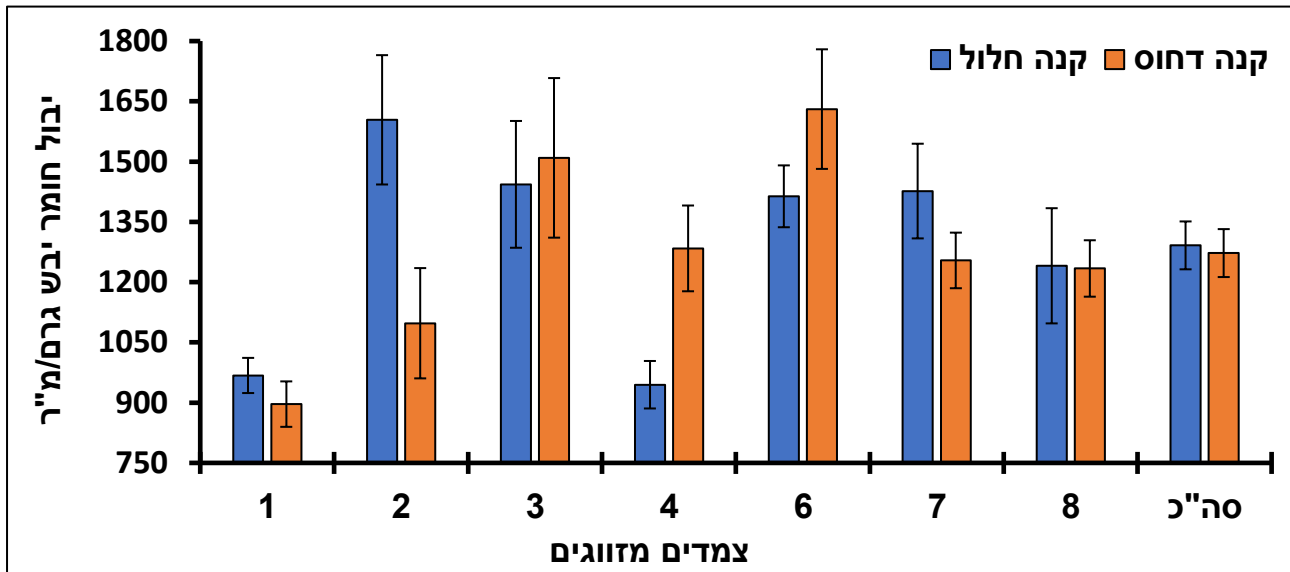
* הערה: בקנים בעלי קנה דחוס לגמרי, עובי דופן הקנה = לרדיוס.



תוצאות:

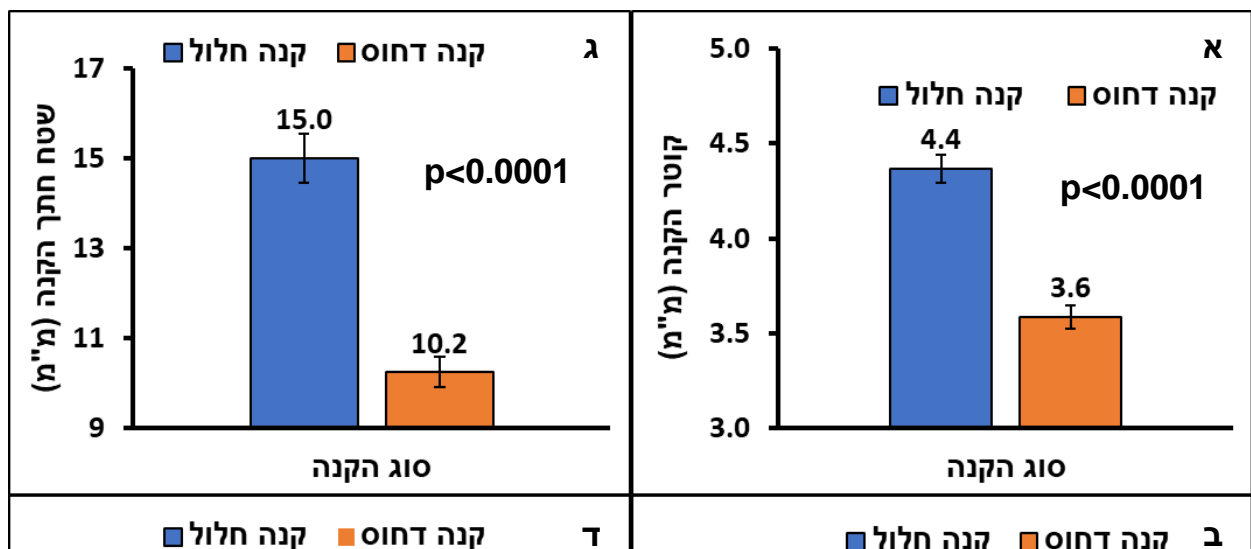
צמדי הקווים נזרעו בחלקות סמוכות, מה שאפשר השוואה אגרוטכנית רציפה בהסתכלות צמודה לאורך עונת הגידול. התכונות האגרוטכניות המרכזיות מוצגות באיורים 4-7. מכיוון שכל צמד קווים חולק דמיון פנוטיפי בתכונות אגרוטכניות מרכזיות (גובה קמה, מועד השתבלות וכו'), התאפשר לנו להתמקד בהשפעת התכונה הנבחנת העיקרית (דחיסות הקנה) על יצרנות הביומסה והאיכות ההזנתית.

יבול – אומדן כושר היבול של הזנים הנבחנים מוצג באיור 4. מלבד שני צמדים בהם היבול של אחד מהזנים היה גבוה יותר באופן מובהק (צמד 2 ו-4), בתוך שאר הצמדים יבול הח"י בקציר לא נבדל באופן מובהק בין הקווים בעלי הקנה המלא והחלול. בנוסף, ניתן לראות כי קיימת שונות בין הצמדים בכמות הח"י המושגת בשלב חלד"ג, כמות זו יכולה להיות מוסברת בצורה חלקית ע"י אפילות ובכירות של הזנים.

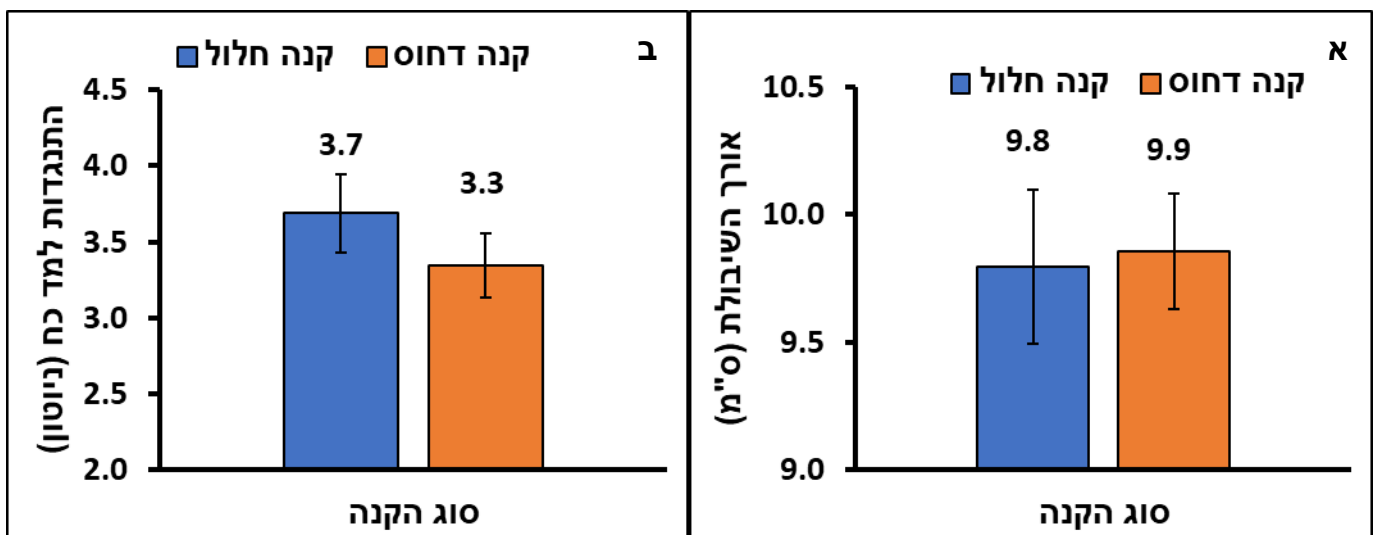


איור 4. אומדן יבול החומר היבש (גרם/מ"ר) בהשוואה בתוך הצמדים וממוצע לטיפול (קנה חלול מול דחוס).

תכונות פיזיקאליות של הקנה – ממצאי המדידות הפיזיות של הקנה מוצגות באיור 5
 (א-ד). מדידות הקנה כוללות את קוטר הקנה (5א), עובי דופן הקנה (5ב), שטח חתך הקנה (5ג) ואחוז דחיסות הקנה (5ד). מדידות הקנה מראות כי הקנה הדחוס הינו בעל קוטר צר יותר, עובי דופנו רחב יותר ושטח החתך שלו קטן יותר. כתוצאה משילוב פרמטרים אלו, אחוז הדחיסות שלו גבוה משמעותית (93.6%) מאשר הקנה החלול (36.8%).



השפעה על רביצה – במטרה לקבוע את העומס הפיזיקאלי הקיים על רום צמח החיטה בהקשר של יכולת התמודדות עם רביצה נמדדו הפרמטרים אורך השיבולת (איור 6א) ומידת ההתנגדות למד כח (איור 6ב). לא התקבלו הבדלים באורך השיבולת ובמידת ההתנגדות למד-כח בהשוואה בין חיטה בעלת קנה חלול לבין קנה דחוס.



איור 6. פרמטרים פוטנציאליים להשפעה על רביצה: א. אורך השיבולת; ב. התנגדות למד כח.

מדדי איכות:

הרכב כימי – ממוצעי ההרכב הכימי של זני חיטה בעלי קנה דחוס וחלול מוצגים בטבלה 2. ניתן לראות כי סוג הקנה לא השפיע על ההרכב הכימי של זני החיטה. מלבד ערך חלבון נמוך למקובל (ביחס לערכי סטנדרט של חיטה ישראלית המכילה כ- 10% חלבון), שאר הרכיבים הכימיים נמצאים בטווח התואם ערכי סטנדרט לירק חיטה. ניתן לראות את השפעת מועד הקציר (שהיה שלב חלד"ג בכל הזנים) בכך שקיימת תכולת עמילן גבוהה המעיד על הימצאות גרעין מפותח בדוגמה הנבדקת.

נעכלות דופן התא – ממוצעי נעכלות דפנות התאים בזמני הדגרה שונים של זני חיטה בעלי קנה דחוס וחלול מוצגים באיור 7. לא התקבלו הבדלים בנעכלות ה- NDF באף אחד מזמני ההדרגה, בין חיטה בעלת קנה דחוס לבין חיטה עם קנה חלול.

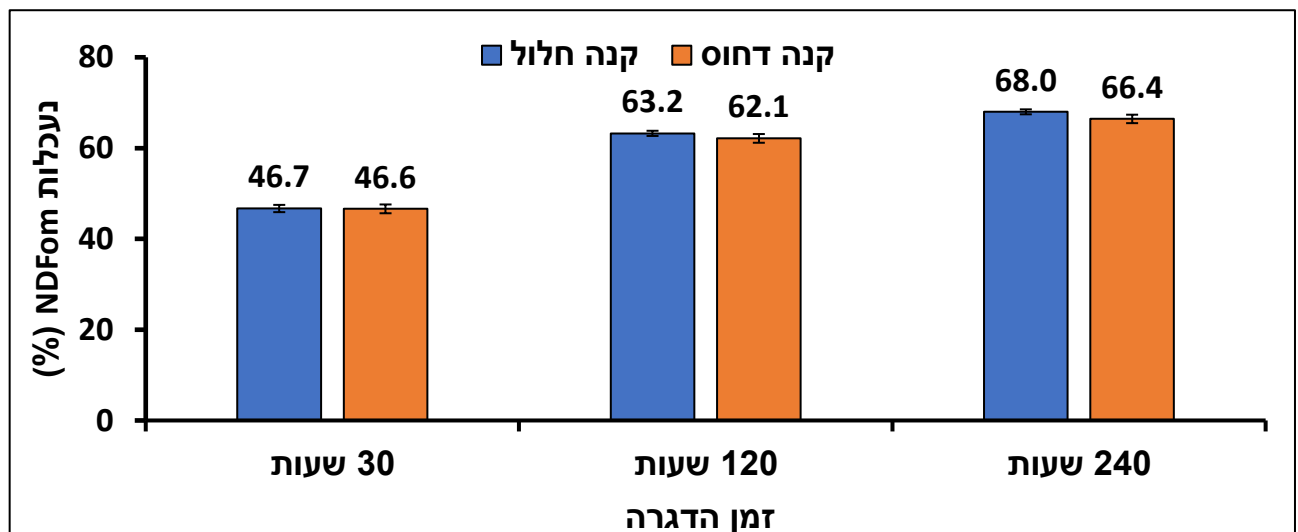
בוצע גם מבחן החמצה מדגמי של חומר שנקצר מקווים בעלי קנה מלא וקנה חלול בצנצנות במכון וולקני. המטרה הינה לבחון האם השינויים בהרכב הרקמה הוגטטיבית משפיעים על פוטנציאל ההחמצה של הקווים. ניסוי בוצע על שני קווי חיטה בעלי קנה מלא וחלול (ביקורת). לא אותר כל הבדל ביכולת הדחיסה של נפח הביומסה המוחמץ של קווים עם קנה דחוס וקנה חלול. נציין בזהירות המתבקשת שהמבחן בוצע באופן איכותי כתצפית. ההנחה היא שמבחן האמיתי ראוי לו שיתבצע בעתיד בבור מסחרי.

טבלה 2. ממוצע הרכיבים הכימיים* של זני חיטה בעלי קנה דחוס ובעלי קנה חלול.

פרמטר	קנה דחוס	קנה חלול	SEM	P(t)-value
אפר	8.92	8.96	0.175	ל"מ**
מיצוי אתרי	2.23	2.17	0.090	ל"מ
חלבון כללי	6.49	6.45	0.144	ל"מ
NDICP	0.84	0.79	0.041	ל"מ

ל"מ	0.019	0.33	0.37	ADICP
ל"מ	0.867	54.5	55.0	aNDFom
ל"מ	0.512	18.2	18.5	המיצלולוז
ל"מ	0.496	36.3	36.5	ADF
ל"מ	0.451	31.3	31.5	צלולוז
ל"מ	0.114	5.01	4.96	ליגנין
ל"מ	0.817	27.9	27.3	פל"מ
ל"מ	0.700	10.9	11.7	עמילן
ל"מ	1.405	12.7	12.2	WSC

* הנתונים מוצגים כאחוז על בסיס חומר יבש
 ** ל"מ – ללא מובהקות



איור 7. ממוצעי נעכלות דפנות התאים בזמני הדגרה שונים של זני חיטה בעלי קנה דחוס וחלול.

דיון וסיכום:

מחקר זה עוסק באופן מעשי בפן האגרוטכני בשאלה העיקרית כיצד משפיעות תכונות הקנה על מדדי יצרנות חיטה למספוא ועל פוטנציאל איכותה להזנת פרות חלב בפרט ומעלי גירה יצרניים בכלל. המחקר נמצא אמנם בראשיתו, אך הוא מאופיין בראשוניות וחדשנות (בוודאי בארץ וייתכן גם בעולם) בכל הנוגע לביומסה מבנית בקנה והשפעתה

על יבול ואיכות מספוא. קביעה זו נתמכת בעובדה שנכון ליום כתיבת דו"ח זה לא נמצאו עבודות בנושא זה בספרות העולמית.

במחקר הנוכחי, מכיוון שכל צמד קווים חלק דמיון פנוטיפי בתכונות אגרוטכניות מרכזיות (גובה קמה, מועד השתבלות וכו'), התאפשר לנו להתמקד בהשפעת התכונה הנבחנת העיקרית (דחיסות הקנה) על יצרנות הביומסה והאיכות ההזנתית. סיכום הממצאים של מחקר זה מצביע כי החדרת תכונת קנה דחוס ע"י הכלאות עם זני חיטה מקומיים אינה פוגעת ביבול ובאיכות ההזנתית לפרות חלב. ממצא זה מרמז על הפוטנציאל הקיים בשילוב תכונה זו בטיפוח זני חיטה דו תכליתיים. לכאורה, במידה ותכונת דחיסות הקנה הייתה מועילה לייצור גרעינים אך בו בזמן גורעת מאיכות המספוא היינו עלולים להעמיק את בעיית המספוא הגס לרפת החלב. נקודה זו הינה חשובה ומכרעת ומדגישה את הצורך המתמיד בשיתוף הפעולה הצמוד בין רפת וגד"ש, מכיוון שהזדמן לנו לבחון במקביל את ההשפעה הן על ייצור גרעינים והן על ייצור מספוא איכותי בשלבי מחקר ראשוניים ביותר שרק לאחריהם מתחילה מלאכת הטיפוח. במחקר הנוכחי לא הצלחנו לענות באופן חד משמעי על השפעת תכונת הקנה הדחוס על עמידות בפני אירועי רביצה של הקמה. יתכן והמיקוד במחקרי המשך צריך להיות גם בבחירת זנים עם קנה רחב- תכונה שאותרה כמרכזית בתרומתה לעמידות בפני רביצה (Piñera-Chavez et al. 2016).

קיימות עדיין שאלות רבות ומעניינות בנוגע לחיטה בעלת קנה דחוס: כיצד משפיעה השקעת צמח החיטה בקנה דחוס ברקמת תאי פרנכימה או להבדיל בהרחבת קוטר הקנה על הרכב הרקמות הוגטטיבי של הגידול? האם צמח בעל קנה דחוס יהיה "גס" יותר מבחינת העלאת הגירה ושמירה על תנאי כרס? האם שינויים פיזיקאליים ברקמת הצמח ישפיעו על פוטנציאל ההחמצה ועל יכולת הידוק הירק בבור התחמיץ? והאם ניתן יהיה לייבש את השחת בעל הקנה המלא כראוי ובזמן סביר ובאיזו מידה תאכל שחת כזו?

לסיכום - נדרש המשך בחינה של קווים מצטיינים וסביבות גידול נוספות, בכדי לבסס את הערך התזונתי והכלכלי של חיטה בעלת תכונות קנה משופרות, וגם בכדי לענות על שאלות רבות בנוגע ליישומיות של שילובה בממשק ההזנה ברפת החלב הישראלית. השנה נבחנו קווי מספוא אפילים ומצטיינים ממחקר זה בניסויי שדה במכון וולקני ובחוות עדן.

רשימת ספרות:

- Amram A., Fadida-Myers A., Golan G., Nashef K., **Ben-David R.**, Peleg Z. (2015). Effect of GA-sensitivity on wheat early vigor and yield components under deep sowing. *Front. Plant. Sci.* 6: 487.
- Berry, P.M., Sylvester-Bradley, R., Berry, S. (2007). Ideotype design for lodging-resistant wheat. *Euphytica*, 154, 165-179.
- Blum, A., (1998). Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization. *Euphytica* 100, 77-83.
- Blum A. (2011). Plant Breeding for Water-Limited Environments. Springer Berlin.
- Fischer, R.A., Maurer R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. I grain yield responses *Aust. J. Agric. Res.* 29, 897-912.
- Fischer, R.A. (2011) Wheat physiology: a review of recent developments. *Crop Past. Sci.* 62: 95-114.
- González, F.G., Miralles, D.J., Slafer, G.A. (2011). Wheat floret survival as related to pre-anthesis spike growth. *J. Exp. Bot.* 62: 4889-4901.
- Hayat, M.A., Martin, J.M., Lanning, S.P., McGuire, C.F., Talbert, L.E. (1995). Variation for stem solidness and its association with agronomic traits in spring wheat. *Can. J. Plant Sci.* 75, 775-780.
- McNeal, F.H., Berg, M.A. (1979). Stem solidness and its relationship to grain yield in 17 spring wheat crosses. *Euphytica*, 28, 89-91.
- Piñera-Chavez, F.J., Berry, P.M., Foulkes, M.J., Molero, G. and Reynolds, M.P., 2016. Avoiding lodging in irrigated spring wheat. II. Genetic variation of stem and root structural properties. *Field Crops Research*, 196, pp.64-74.
- Richards, R.A., Rebetzke, G.J., Watt, M., Condon, A.G., Spielmeyer, W., Dolferus, R. (2010). Breeding for improved water productivity in temperate cereals: phenotyping, quantitative trait loci, markers and the selection environment. *Funct. Plant Biol.* 37, 85-97.
- Saint Pierre, C., Trethowan, R., Reynolds. M. (2010). Stem solidness and its relationship to water-soluble carbohydrates: association with wheat yield under water deficit. *Funct. Plant Biol.* 37, 166-174.

- Sherman, J. D., Blake, N. K., Martin, J. M., Kephart, K. D., Smith, J., Clark, D. R., ... Talbert, L.E. (2015). Agronomic impact of a stem solidness gene in near-isogenic lines of wheat. *Crop Sci.* 55, 514-520.
- Tripathi, S.C., Sayre, K.D., Kaul, J.N., Narang, R.S. (2003). Growth and morphology of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) culms and their association with lodging: effects of genotypes, N levels and ethephon. *Field Crops Res.* 84(3), 271-290.
- Wang, Z., Liu, X., Li, R., Chang, X. and Jing, R. (2011). Development of near-infrared reflectance spectroscopy models for quantitative determination of water-soluble carbohydrate content in wheat stem and glume. *Anal. Lett.* 44(15), 2478-2490.
- Weiss, M. J., W.L. Morrill (1992). Wheat stem sawfly revised American Entomologist (Winter), 241-245.