

# בחינת טף בעמק החולה כגידול חדש רב-קצירי לגרגרים ומספוא

## Examination of Tef in Hula Valley as a New Crop for Grain and Forage

דו"ח שנתי לתקופה 2018-1/2019, מוגש למו"פ צפון, ע"י:

יהושע סרנגה<sup>1</sup>, שירן בן-זאב<sup>1</sup> און רבינוביץ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>האוניברסיטה העברית, הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה, רחובות, <sup>2</sup>מו"פ צפון

### 1. רקע

בן-חילף טף (*Eragrostis Tef*, להלן: טף) הוא צמח ממשפחת הדגניים המוכר לאדם כגידול חקלאי כבר למעלה מ-2000 שנה (1). מקור הטף באתיופיה, שם הוא מהווה מוצר יסוד המספק חלק ניכר מהתזונה היומית של האוכלוסייה. קמח הטף הוא רכיב המפתח בהכנת הלחם האתיופיה הנקרא אינג'רה. הטף מכיל את כל שמונה חומצות האמינו החיוניות לגוף האדם, עשיר בסיבים ונוטריינטים (2). בנוסף לכך הטף נטול גלוטן ולכן מתאים ולמתנזרים ממנו (2,3).

הטף הוא צמח חד שנתי בעל גבעול זקוף (2). התפרחת היא מכבד רפוי או קומפקטי (דמוי שיבולת), מורכב משיבוליות המכילות 12-2 פרחים. הפרח דו מיני, בעל האבקה עצמית כמעט מוחלטת (כ-99%). גרגירי הטף קטנים מאד, משקל 1000 זרעים נע בין 0.25 ל-0.35 גרם, וצבעם בזנים שונים לבן עד חום כהה. צמח הטף הוא בעל מסלול פוטוסינטטי C<sub>4</sub>, מותאם לתנאי קרינה חזקה, לניצול יעיל של מים ולגידול במגוון תנאי עקה (2). כמות המשקעים האופטימלית במהלך עונת הגידול היא 450-550 מ"מ, אולם יבולים גבוהים מתקבלים גם בתנאים של 300 מ"מ משקעים. טווח הטמפרטורות האופטימלי של הצמח הוא 10-27 מ"צ. כצמח שמוצא מאזור משווני, בו אורך היום הוא כ-12 שעות במשך כל השנה, נחשב הטף לצמח יום קצר (4), אולם, קיימת שונות גנטית רבה בתגובה לאורך יום שאפשרה התאמת זני טף לגידול אפילו בקיץ של צפון אירופה (4).

בשנים האחרונות החל הטף לצבור תאוצה כגידול לגרגרים ו/או למספוא במספר מדינות בעולם. במדינות המערב התיכון של ארה"ב מוכר הטף מתחילת שנות התשעים כגידול מספוא איכותי המיועד בעיקר להזנת סוסים ובקר (3, 5).

ניסויים ראשונים בגידול טף בישראל למטרות מספוא נערכו בשנים 1936-1939 ע"י פרופ' שמואל הורוביץ ופרופ' מרדכי וולקני. החוקרים הסיקו כי ישנה היתכנות וכדאיות לגידול הטף בפלשתינה (6), אולם מסיבות שאינן ברורות לא התבסס הטף כצמח מספוא. בשנות ה-90 עם הגעת העלייה מאתיופיה התגלה עניין מחודש בגידול טף בישראל ונערך מחקר ע"י פרופ' אברהם בלום במנהל

המחקר החקלאי לבדיקת היתכנות גידול טף לגרגירים בישראל, עבודה שהופסקה בעקבות יבוא של טף מאתיופיה לישראל. כיום יש עניין מחודש בגידול הטף המונע ממספר סיבות. ראשית, דרישה של כ- 8,000 טון לשנה מצד אוכלוסיית יוצאי אתיופיה. שנית, הצורך להרחיב ולגוון את סל גידולי השדה בישראל, ובהקשר זה הטף נראה גידול אטרקטיבי הן בזכות מחירם הגבוה של הגרגרים והן בזכות איכותו הגבוהה כמספוא.

להערכתנו גודלו בישראל בשנת 2018 בין 2,000-3,000 דונמים של טף לגרגירים. סיכום כלל המחקרים וידע המעשי בשדות החקלאים מעיד כי הטף מניב בישראל כ- 200-250 ק"ג גרעינים לדונם (במקרים מסוימים עד 300 ק"ג) וכן 1000-1500 ק"ג קש לדונם בעונה הנמשכת בין 70 ל-80 יום בלבד, תוך שימוש בכ- 300 מ"מ מים (7). עוד ממצא רלבנטי להצעה הנוכחית הוא כי לצמחי הטף כושר התחדשות מעולה לאחר הקציר.

## 2. מטרות המחקר

מטרתו הכללית של מחקר זה היא בחינת ההיתכנות לגידול הטף בעמק החולה כגידול רב קצירי לגרגרים ולמספוא כחלופה רווחית לגידולים הקיימים.

על מנת להשיג את מטרה זו הוגדרו למחקר מטרות משנה כלהלן:

(א) בחינת כיסוי השטח, כושר ייצור, רביצה והתחדשות של טף בעומדים שונים ובמשטר רב-קצירי.

(ב) בחינת השפעת משטרי השקיה על היצרנות ויעילות ניצול המים של צמחי טף.

(ג) אפיון תגובת הטף למשטרי דישון שונים באדמות הכבול בעמק החולה.

(ד) בחינת היתכנות כלכלית של גידול טף בעמק החולה.

בתקופה המדווחת להלן התמקדה העבודה במטרה א' בהתאם לתכנית המחקר המקורית.

## 3. שיטות וחומרים

הניסוי בוצע במוקד המחקרים שבעמק החולה וכלל ארבעה קווי טף (ITC-2, 400, 119, 361) בשלושה שיעורי זריעה המקבילים ל-300, 600, ו-900 גר' לדונם, בסה"כ 12 טיפולים במבנה דו-גורמי ב-6 חזרות. הניסוי נזרע ב-9 לאפריל 2018 בחלקות בגודל 12 מ"ר בעזרת מזרעת ניסויים, הנבטה והשקיה בוצעו בהמטרה. החלקות נקצרו לגרעינים פעמיים במהלך הקיץ, בחודשים יולי, ונובמבר. למחזור הגידול הראשון נדרשו 378 מ"מ השקיה. למחזור השני נדרשו 300 מ"מ נוספים. החלקות הושארו במהלך החורף על מנת לעקוב אחר שרידות הצמחים בתנאי החורף והתחדשותם באביב הבא, לבחינת אפשרות של גידול דו- או רב-שנתי.

הצצה מלאה נצפתה כעשרה ימים לאחר הזריעה וכשלושה לאחר מכן בוצעה ספירת נבטים. בהמשך בוצע מעקב שבועי אחר מועד התחלת הפריחה, אשר הוגדרה כשליפה מלאה של המכבד ב- 50% מהחלקה. בנוסף נערך מעקב שבועי ויזואלי אחרי חומרת הרביצה (דרוג בין 1 לצמח זקוף ל- 9 לצמח רובץ צמוד לקרקע) ושכיחותה הרביצה (אחוזים משטח החלקה). נתונים אלו שימשו לחישוב אינדקס הרביצה של כל חלקה כמכפלת שני הגורמים הנ"ל. לפני הקציר נמדד גובהם של 3 צמחים בכל חלקה מהקרקע עד בסיס המכבד. מכל חלקה נדגמו צמחים משטח של 0.4 מ"ר, ולאחר כשבוע של ייבוש באוויר נשקלה כלל הביומסה הצמחית, נמדד אורך המכבד ואופיין סוג המכבד (דרוג מ-1 קומפקטי ל-5 רפוי). הגרגרים הופרדו מהביומסה בעזרת מכונת דייש מעבדתית, יבול הגרגרים נשקל ודגימה של 500-1000 גרגרים נספרה ונשקלה לקביעת משקל 1000 גרגרים.

תוצאות מחזור הגידול השני לא נותחו בגלל הפרעות ותקלות טכניות בקציר ובהשקיה. עם זאת, מחזור גידול זה מעיד על כך שניתן לגדל את הטף בממשק רב קצירי.

#### 4. תוצאות

##### 4.1 גידול טף לגרגרים

**עומד הנבטים** הממוצע שהתקבל בעקבות שיעורי הזריעה המקבילים ל- 300, 600, ו-900 גר' לדונם (1000, 2000, ו-3000 זרעים למ"ר, בהתאמה) היה 432, 847, ו-1183 נבטים למ"ר, בהתאמה.

**ניתוח שונות (ANOVA)** הראה השפעה מובהקת של הקו על אורך המכבד, סוג המכבד, משקל 1000 גרגרים ואינדקס הרביצה, השפעה מובהקת של שיעור הזריעה על אורך המכבד ואינדקס הרביצה והשפעת גומלין (קו \* שיעור זריעה) מובהקת על סוג המכבד בלבד (טבלה 1).

**יבול הגרגרים** הממוצע לטיפול (שילוב של גנוטיפ ושיעור זריעה) נע בין 109 גר' למ"ר (קו 119 שיעור זריעה 600) לבין 201 גר' למ"ר (קו 400 שיעור זריעה 600). לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הקווים (איור 1א') ובין שיעורי הזריעה (איור 2א').

**יבול הביומסה** הממוצע לטיפול נע בין 2.06 ק"ג למ"ר (קו 361 שיעור זריעה 600) לבין 2.9 ק"ג למ"ר (קו 400 שיעור זריעה 600). כמו ביבול הזרעים, גם במקרה זה לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הקווים (איור 1ב') ובין שיעורי הזריעה (איור 2ב').

**מספר ימים לפריחה** הראה טווח צר למדי, בין 55 ל- 59 ימים, ללא השפעות מובהקות של הקו (איור 1ג') ושיעור הזריעה (איור 2ג').

**גבה הצמחים** הממוצע לטיפול נע בין 78 ס"מ (קו 400 שיעור זריעה 900) לבין 88 ס"מ (קו 2 שיעור זריעה 600). לא נמצאו השפעות מובהקות של הקו (איור 1ד') או שיעור הזריעה (איור 2ד').

**אורך המכבד** הממוצע לטיפול נע בין 38 ס"מ (קו 361 שיעור זריעה 600) לבין 48 ס"מ (קו 400 שיעור זריעה 300). נמצאו הבדלים מובהקים בין קווים, כאשר קו 361 הראה אורך מכבד קצר במובהק מכל האחרים (איור 1ה'). כמו כן, נמצא הבדל בין שיעורי הזריעה 600 ו-300 אשר לא נבדלו זה מזה לבין שיעור זריעה 900 (איור 2ה').

**סוג המכבד** הראה הבדלים מובהקים בין הקווים 361 ו-119 בעלי מכבד קומפקטי בדרגה 2 לבין קווים 119 ו-2 עם מכבד רפוי בדרגות 4-5 (איור 1ו'). לא נמצאו השפעות של שיעור הזריעה על סוג המכבד (איור 2ו').

**משקל 1000 גרגרים** הממוצע לטיפול נמצא בין 276 מ"ג (קו 2 שיעור זריעה 900) לבין 312 מ"ג (קו 119 שיעור זריעה 900). קו 119 הראה משקל 1000 גרגרים גבוה במובהק מכל הקווים האחרים (איור 2ז'), לא נמצאו הבדלים בין שיעורי הזריעה (איור 2ז').

**אינדקס הרביצה** הממוצע לטיפול בשבועיים האחרונים לפני קציר היה בין 343 (קו 119 שיעור זריעה 600) לבין 807 (קו 400 שיעור זריעה 300). אינדקס הרביצה היה נמוך ביותר בקו 119 (מובהק מכל יתר הקווים) וגבוה ביותר בקווים 400 ו-2 ובערכי ביניים בקו 361 (איור 1ח'). שיעור זריעה 900 הראה אינדקס רביצה גבוה במובהק משני שיעורי הזריעה האחרים (איור 2ח').

**ניתוח גורמים ראשיים של תוצאות הניסוי הסביר** בסך הכל 63% מהשונות בין טיפולי הניסוי (קווים ושיעורי זריעה) (באיור 3). ניתן לראות כי יבול הגרגרים גבוה היה במתאם לערכי גובה צמח וביומסה גבוהים (וקטורים בכיוון דומה). אינדקס רביצה גבוה נמצא בקשר חיובי עם מכבד רפוי ופריחה מאוחרת (וקטורים בכיוון דומה) ובמתאם שלילי עם משקל 1000 גרגרים (וקטורים בכיוון מנוגד).

#### 4.2 תצפית טף למספוא

תצפית גידול המספוא כללה 4 קווי טף (ITC-406, 405, 113, 187) אשר גודלו על שטח של 96 מ"ר כל אחד (ללא חזרות). החלקה נקצרה שלוש פעמים במהלך העונה, כשבועיים לאחר פריחה בכל מחזור. יבול הביומסה בכל אחד מקווים בכל קציר ובסה"כ מוצג בטבלה 2. משך הגידול הכולל היה כ-7 חודשים, הקציר הראשון בוצע אחרי בין 60-80 יום (לפי מועד הפריחה) הקציר השני בוצע לאחר ב-40 יום נוספים והקציר השלישי כ-90 יום לאחר מכן. תוצאות אלו, יחד עם הנתונים ממחקר אחר בישראל (ס. מבג'יש, טרם פורסם) ונתונים מהספרות (3) אודות איכותו של הטף כדגן מספוא מצביעות על היתכנות לגידול רווחי של טף למספוא בעמק החולה.

## 5. דיון ומסקנות

תוצאות הניסוי שבוצע בשנת 2018 מעידות על היתכנות לגידול טף בעמק החולה. ערכי יבול הגרגרים וכמויות הביומסה מצביעים על אפשרות לגדל טף בהחולה כגידול דו תכליתי- לגרגרים ולמספוא בקציר אחד או שניים.

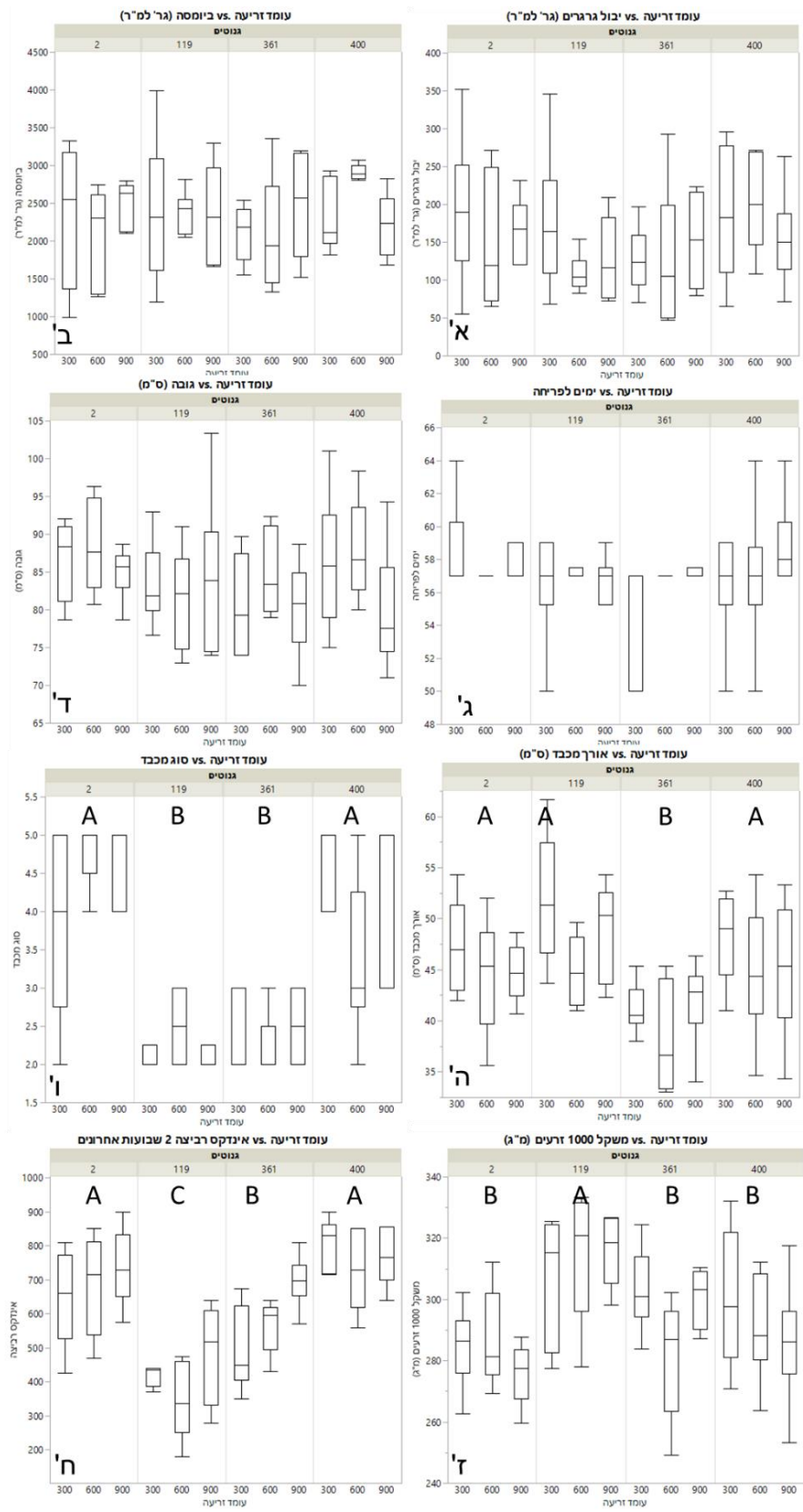
אחת הבעיות המרכזיות הניצבות בפני גידול הטף בעולם היא רביצה הגורמת לאובדן של עד 60% מיבול הגרגרים ופגיעה באיכותם (4). השקיה בהמטרה גורמת להחלשת עגינת ציפת השורשים בקרקע ולעליית משקל הנוף ולכן עלולה להחמיר את בעיית הרביצה בגידול הטף בישראל. בניסוי בעמק החולה, בדומה לניסויים אחרים, התקבלה רביצה משמעותית ברוב חלקות הניסוי (איור 4). תוצאות הניסוי הראו כי הפחתת שיעור הזריעה מ- 900 גר' לדונם כמקובל, ל-300-600 גר' לדונם, הפחיתה חומרת הרביצה (איור 2ח'), כנראה בזכות הפחתת התחרות בין הצמחים שאפשרה התפתחות דורים נוספים של שורשים אדבנטיביים. חשוב לציין, כי הפחתת שיעור הזריעה לא גרמה כל פגיעה ביבול הגרגרים או בכמות הביומסה. מה שמעיד על כושר הפיזיו של צמחי הטף.

דרך נוספת להתמודד עם בעיית הרביצה היא ע"י שימוש בזנים בעלי עמידות יחסית לרביצה. בהקשר זה בלט קו 119 אשר הראה בכל שיעורי הזריעה אינדקס רביצה נמוך יחסית לזנים אחרים (איור 1ח', איור 5).

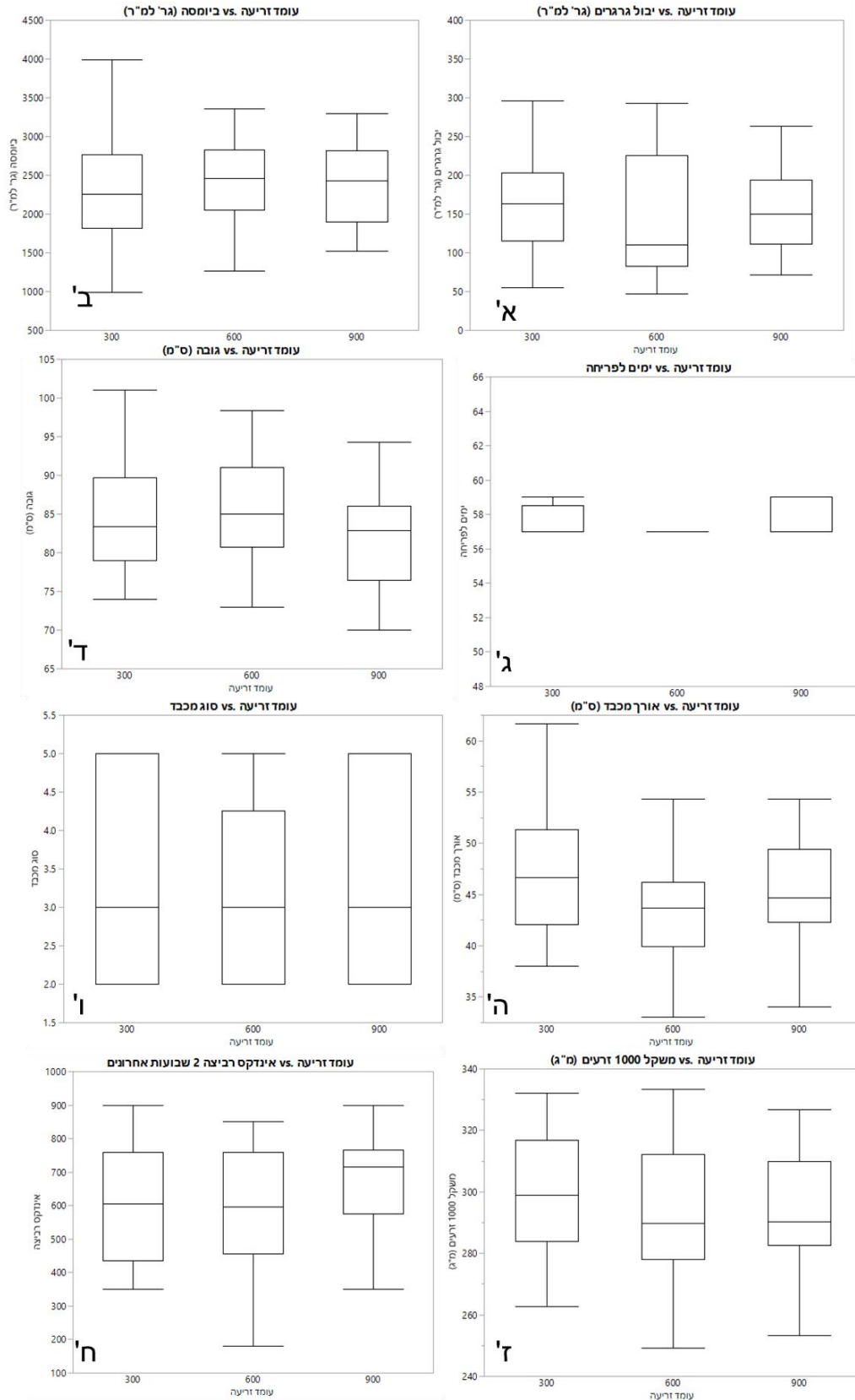
בהמשך המחקר ישנו צורך לזהות האם ניתן לצמצם את כמויות המים מבלי לפגוע ביצרנות הגידול, זאת במטרה לחסוך במים ולהקטין את השפעתם על הרביצה. הנושא יבחן בשנת המחקר השניה (2019).

טבלה 1: טבלת ניתוח שונות של תוצאות מחזור הגידול הראשון (אפריל עד יולי) בניסוי בעמק החולה בעונת 2018. \*\* - \*\*\* מייצגים מובהרות ברמה של  $p < 0.05$ ,  $P < 0.01$  ו-  $P < 0.001$  בהתאמה. אינדקס הרביצה הוא ממוצע שני השבועות האחרונים למחזור הגידול.

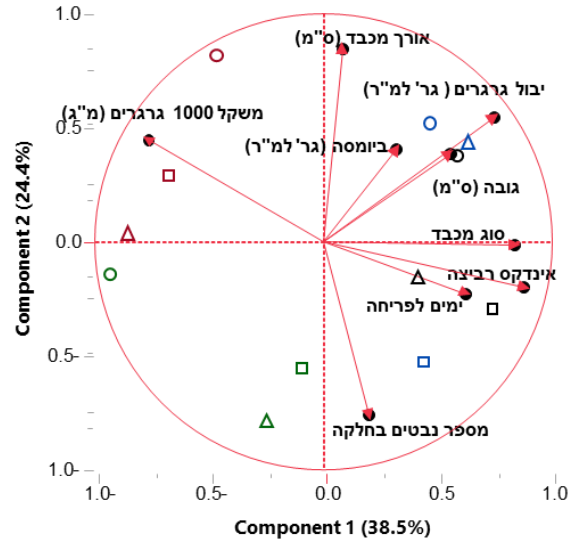
F יח									
מקור השונות	ד"ח	ימים לפריחה	יבול גרגרים	יבול ביומסה	גובה הצמח	אורך מכבד	סוג מכבד	משקל 1000 רביצה	אינדקס רביצה
גנוטיפ	3	1.41	2.29	0.68	2.07	***7.95	***45.1	***9.94	***32.05
עומד	2	0.93	1.10	0.19	2.08	*3.80	0.51	0.68	*4.83
ה"ג	6	1.15	0.83	1.35	1.14	0.44	*3.02	1.47	1.47
בלוק	5	*3.03	*3.19	2.01	***5.6	0.74	1.26	1.16	0.74



איור 1: השפעת הקו-ציר X ראשי (2, 119, 361, 400 ITC-2) ושיעורי הזריעה-ציר X משני, על 8 תכונות שנבחנו בניסוי: (א) יבול גרגרים למ"ר, (ב) ביומסה למ"ר, (ג) ימים מזריעה לפריחה, (ד) גובה צמח, (ה) אורך מכבד, (ו) סוג מכבד (-1 קומפקטי, -5 רפוי), (ז) משקל 1000 גרגרים, (ח) אינדקס הרכיבה בשבועיים האחרונים לגידול.



איור 2: השפעת עומדי זריעה שונים (מקבילים ל-300, 600 ו-900 גר' לדונם) על 8 תכונות פנוטיפיות שבחנו בניסוי (א') יבול גרגרים למ"ר, (ב') ביומסה למ"ר, (ג') ימים מזריעה לפריחה, (ד') גובה צמח, (ה') אורך מכבד, (ו'), סוג מכבד (1- קומפקטי, 5- רפוי), (ז') משקל 1000 גרגרים, (ח') אינדקס הרביצה בשבועיים האחרונים לגידול.

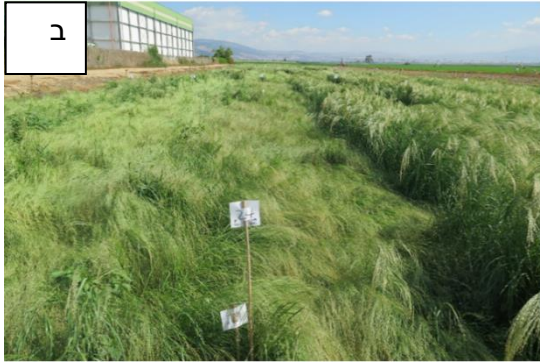


איור 3: ניתוח גורמי שונות עיקריים בניסוי. וקטורים בעלי כיוון דומה מצביעים על קשר חיובי בין תכונות. וקטורים אנגיים מצביעים על היעדר קשר ווקטורים מנוגדים מצביעים על קשר שלילי בין התכונות.



איור 4: חלקת טף רובצת בניסוי בהחולה 2018





איור 5: חלקת טף זקופה של קו ITC-119 (א') ורובצת של קו ITC-400 (ב') שלושה שבועות לפני תום הניסוי בהחולה 2018

טבלה 2: משקל ביומסה שנקצרה מ-4 קווים שנבחנו בתצפית גידול טף למספוא בהחולה, בכל אחד משלושת הקצירים וסה"כ במשך העונה.

מס' קו	ביומסה יבש אוויר קציר 1 (ג'מ"ר)	ביומסה יבש אוויר קציר 2 (ג'מ"ר)	ביומסה יבש אוויר קציר 3 (ג'מ"ר)	סה"כ חומר יבש (ג'מ"ר)
<b>ITC-187</b>	1169.4	1449.8	258.7	2877.9
<b>ITC-405</b>	1339.4	1181.4	397.1	2917.9
<b>ITC-406</b>	1945.9	1099.0	313.5	3358.3
<b>ITC-113</b>	2025.1	1497.5	337.8	3860.4

## 6. ספרות מצוטטת

1. D'Andrea, A. C. (2008). T'ef (*Eragrostis tef*) in ancient agricultural systems of highland Ethiopia. *Economic Botany*, 62(4), 547-566.
2. Tana, T., Assefa, K., & Kibebew, S. (2018). *Effect of Rates of Blended NPSB and N Fertilizers on Yield Components and Yield of Tef Eragrostis tef (Zucc.) Trotter in Hidhebu Abote District, Central Ethiopia* (Doctoral dissertation, Haramaya University).
3. Miller, D. (2010). Teff Grass: Crop overview and forage production guide. *Cal/West Seed Company*. Woodland, CA, 95695. .

4. van Delden, S. H., Vos, J., Stomph, T. J., Brouwer, G., & Struik, P. C. (2012). Photoperiodism in *Eragrostis tef*: Analysis of ontogeny and morphology in response to photoperiod. *European journal of agronomy*, 37(1), 105-114.
5. Stallknecht, G. F., Gilbertson, K. M., & Eckhoff, J. L. (1993). Teff: Food crop for humans and animals. *New crops*. Wiley, New York, 231-234.
6. Horowitz S. (1940) Jewish agency for Palestine. Agricultural research station Rehovot. Bulletin 26. New field crops for Palestine. 1. Forage pasturage and green manure.
7. Ben-Zeev, S., Bimro, J., Barak, V., & Saranga, Y. (2018). Phenotypic diversity and heritability in *Eragrostis tef* under irrigated Mediterranean conditions. *Israel Journal of Plant Sciences*, 65(3-4), 222-231.