

דו"ח מסכם לתכנית מחקר מספר 820-0348-20

תקופת המחקר: ינואר 2020 – יוני 2023 (כולל הארכה)

בחינת טף כגידול מספוא חדש לרפת החלב בישראל

Examination of Tef as a New Forage Crop for Dairy Cows in Israel

מוגש לקרן המחקר של מועצת החלב

ע"י

יהושע סרנגה - חוקר ראשי, פיזיולוגיה וגנטיקה של גידולי שדה, ניהול המחקר, ניסויי שדה -משטרי קציר והשקיה

סמיר מבגיש – חוקר משנה, הזנת מעלי גירה, בדיקות איכות המספוא, ניסויי הזנה

שירן בן זאב - דוקטורנט, פיזיולוגיה וגנטיקה של טף, ניסויי שדה -משטרי קציר והשקיה

פיליפ ווגלי - דוקטורנט, הזנת מעלי גירה, בדיקות איכות המספוא, ניסויי הזנה

האוניברסיטה העברית בירושלים, הפקולטה לחקלאות מזון וסביבה, רחובות

תוכן עניינים:

1	תוכן עניינים
2	תקציר
	גוף דו"ח המחקר
3	1. מבוא
3	2. מטרות המחקר
4	3. משימות המחקר וביצוען
4	4. תיאור הניסויים, תוצאות, דיון ומסקנות
11	5. דיון מסכם
11	6. רשימות ספרות מצוטטת
11	7. מאמרים הנובעים מעבודה זו
12	8. טבלאות ואיורים

בחינת טף כגידול מספוא חדש לרפת החלב בישראל

Examination of Tef as a New Forage Crop for Dairy Cows in Israel

מוגש לקרן המחקר של מועצת החלב

ע"י

יהושע סרנגה - חוקר ראשי, פיזיולוגיה וגנטיקה של גידולי שדה, ניהול המחקר, ניסויי שדה

סמיר מבגיש – חוקר משנה, הזנת מעלי גירה, בדיקות איכות המספוא, ניסויי הזנה

שירן בן זאב - דוקטורנט, פיזיולוגיה וגנטיקה של טף, ניסויי שדה-משטרי קציר והשקיה

פיליפ ווגלי - דוקטורנט, הזנת מעלי גירה, בדיקות איכות המספוא, ניסויי הזנה

האוניברסיטה העברית בירושלים, הפקולטה לחקלאות מזון וסביבה, רחובות

תקציר

בן-חילף טף (*Eragrostis Tef*, להלן: טף) הוא דגן שמוצאו מאתיופיה המשמש לייצור גרעינים ומספוא. הטף ידוע בעולם כצמח רב-קצירי בעל כושר ייצור גבוה ומצטיין באיכותו כמספוא, ממצאים שאומתו גם בעבודותינו הקודמות.

מטרות: מטרתו העיקרית של המחקר היא לבחון ולבסס את הטף כגידול מספוא קיצי רב-קצירי חדש עבור חקלאי ישראל כחלופה לגידולים הקיימים. מטרות משנה: (א) בחינת התאמתם של זני טף שונים לגידול כמספוא קיצי רב-קצירי בישראל, (ב) בחינת השפעת עיתוי הקציר, בהתאם לשלבים פנולוגיים של הצמח, על יבול ואיכות טף למספוא, (ג) אפיון כושר הייצור, יעילות ניצול המים ואיכות המספוא במשטרי השקיה שונים, (ד) בחינה של השפעת הזנה בשחת או קש טף על ביצועי פרות גבוהות תנובה. **משטרי קציר:** 12 קווי טף בעלי רמות בכירות שונות נבחנו בתנאי שדה במהלך שנתיים (2020-21) ונקצרו בשלושה מועדים - תחילת פריחה, מילוי גרגר והבשלה. גנוטיפים שונים נקצרו במהלך הניסוי 2-4 פעמים בשלב תחילת הפריחה, 1-2 פעמים בשלב מילוי גרגרים ופעם אחת בשלב הבשלת הגרגרים. סך היבול שנקצר בשלב הפריחה לאורך כל הניסוי הגיע בזנים מסוימים עד כ- 1800 גר' למ"ר ובשלב מילוי הגרגר עד כ- 2500 גר' למ"ר. תכולת החלבון בחומר היבש הגיע בשלב הפריחה עד כ- 18%.

תגובה למנות מים: בסדרה של 3 ניסויים בשיטת קו יחיד שבוצעו בעמק החולה (2020-2021) ובקבוצת שילר (2021) נבחנה תגובתם של 4 קווי טף למנות מים בהשקיה בטווח של 190-340 מ"מ. תוצאות הניסויים מעידות על פוטנציאל ייצור של מעל 1500 ק"ג לדונם בקציר יחיד בשלב מילוי הגרגר תוך שימוש במנות מים של כ- 300-350 מ"מ ותמורה ממוצעת של 2.27 ק"ג חומר יבש לכל מ"מ מי השקיה. **הזנה במנות מזון המכילות מספוא טף:** ניסוי הזנה של פרות גבוהות תנובה במנות מזון המכילות טף מצביע על יתרון מובהק של שחת טף כמקור למזון גס במנות חולבות מבחינת תנובות חלב ורכיביו. כמו כן, מטבוליטים בכרס במיוחד ריכוזי חומצות שומן נדיפות מצביעות על תסיסה מיקרוביאלית כרסית לכיוון יצור מוגבר של חומצה פרופיונית המהווה פריקורסור לסינתזה של אנרגיה זמינה בגוף הפרה המנותבת למסלולים אנבוליים וסינתזה.

שימור ירק טף כתחמיץ: ניסוי נוסף שלא היה כלול בתוכנית המקורית עסק בבחינת האפשרות לשמר את ירק הטף כתחמיץ. התוצאות הראו לראשונה שניתן להחמיץ את הטף למרות העובדה שתכולת פחמימות מסיסות (WSC) נמוכות במיוחד בהשוואה לצמח התירס שנחשב למספוא האידיאלי להחמצה.

סיכום: התוצאות של המחקר הנוכחי מעידות על הפוטנציאל של הטף כגידול מספוא קיצי באיכות גבוהה למעלי גירה בכלל ובמיוחד לרפת החלב.

בחינת טף כגידול מספוא חדש לרפת החלב בישראל

1. מבוא

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 גידול דגן עיקרי הנזרע על שטח של כ-3 מיליון הקטר (כ-30% משטח גידולי הדגן במדינה) ומהווה מוצר יסוד המספק חלק ניכר מהתזונה היומית של האוכלוסייה ומזון לבעלי חיים. בזכות יתרונותיו התזונתיים, גדל בעשורים האחרונים הביקוש לטף בקרב שוחרי בריאות וספורטאים וגרם להתעניינות גוברת בגידול טף מחוץ לאתיופיה ובהתאמת הגידול לחקלאות מודרנית (2).

הטף שייך, כאמור, למשפחת הדגניים, הוא צמח חד שנתי בעל גבעול זקוף (2). התפרחת בצורת מכבד אשר יכול להיות חופשי או קומפקטי (דמוי שיבולת), מורכב משיבוליות המכילות 12-2 פרחים. הפרח דו-מיני, בעל האבקה עצמית כמעט מוחלטת. 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 פוטוסינתטי C4, מותאם לתנאי קרינה חזקה, לניצול יעיל של מים ולגידול במגוון תנאי עקה, בהם הטף מצליח לשגשג. הטף ידוע בהתאמתו לתנאי עקה כגון מחסור במים, מליחות וקרקעות קרקעות דלות. הטף נחשב לצמח יום קצר, אולם, קיימת שונות גנטית רבה בתגובה לאורך יום שאפשרה התאמת הטף לגידול אפילו בקיץ של צפון אירופה (3).

הטף ידוע בעולם כצמח רב-קצירי בעל כושר ייצור גבוה המצטיין באיכותו כמספוא (4). במדינות המערב התיכון בארה"ב הטף מוכר מתחילת שנות התשעים כגידול מספוא רב קצירי (2-6 קצירים, בתנאי ארה"ב) המשמש להזנת סוסים ובקר (5, 6).

2. מטרות העבודה

מטרתו העיקרית של מחקר זה היא לבחון ולבסס את הטף כגידול מספוא קיצי רב-קצירי חדש עבור חקלאי ישראל כחלופה לגידולים הקיימים. על מנת להשיג את מטרה זו הוגדרו למחקר מטרות משנה כדלהלן:

א. בחינת התאמתם של זני טף שונים כגידול מספוא קיצי רב-קצירי לתנאי חקלאות ישראל ואפיון פרופיל התכונות של הזנים המתאימים ביותר. התאמת הזנים תיבחן על פי פוטנציאל יבול ואיכות המספוא.

ב. בחינת השפעת עיתוי הקציר, בהתאם לשלבים פנולוגיים של הצמח, על יבול ואיכות טף למספוא.

ג. אפיון כושר הייצור, יעילות ניצול המים ואיכות המספוא תחת שני משטרי השקיה.

ד. בחינה של השפעת הזנה בשחת או קש (תוצר הלואוי של ייצור הגרעינים) טף על ביצועי פרות גבוהות תנובה.

3. משימות המחקר וביצוען

להלן פרוט משימות המחקר כפי שהוצגו בתוכנית המקורית ופרטים עיקריים לגבי ביצוען:

שנה ומס' משימה	תיאור המשימה	ביצוע/הערות
2019 – עבודה מקדימה במימון מדען ראשי חקלאות		
1.	בחינת כושר הייצור וההתחדשות של אוסף קווי טף בתנאי שדה ובמסטר רב-קצירי.	המשימה בוצעה
2.	גידול למטרת ריבוי של הקווים הנבחרים לצורך המשך המחקר.	המשימה בוצעה
3.	אפיון האיכות התזונתית של אוסף קווי טף במספר קצירים במהלך העונה.	הושלמה בשנת 2020
2020 - שנה א'		
1.	בחינת התאמת קווי טף נבחרים בתנאי שדה למשטרים רב-קציריים המבוסס על מדדים פנולוגיים לקביעת עיתוי הקציר.	המשימה בוצעה
2.	אפיון האיכות התזונתית של קווי טף נבחרים שגודלו במשטרים רב-קציריים שונים.	הושלמה בשנה 2021
2021 - שנה ב'		
1.	ביסוס תוצאות שנה ב' בנושא בחינת תגובת קווי טף נבחרים בתנאי שדה למשטרים רב-קציריים על פי מדדים פנולוגיים.	המשימה בוצעה (ניסוי עם מספר קווים כפול מהמתוכנן)
2.	בחינת כושר הייצור ויעילות ניצול המים של זני טף נבחרים בתנאי שדה בהשקיה מלאה ומופחתת.	המשימה בוצעה (שלושה ניסויים במקום ניסוי אחד שתוכנן)
3.	בחינת שימור ירק טף כתחמיץ	<u>משימה שלא נכללה בתוכנית המקורית</u> , בוצעה
2022 - שנה ג'		
1.	אפיון האיכות התזונתית של קווי טף נבחרים שגודלו במשטרים רב-קציריים ומשטרי השקיה שונים.	משימה בוצעה
2.	בחינת ההשפעה הזנה במנות מזון המכילות מספוא טף על ביצועי פרות גבוהות תנובה.	בדיקות מעבדה הושלמו בשנה ד (2023)

4. תיאור הניסויים תוצאות ודין

4.1. בחינת קווי טף במשטרי קציר שונים (מטרות א+ב)

4.1.1 חומרים ושיטות: בשנה הראשונה למחקר (2019) נבחנו בשדה 21 גנוטיפים בשני משטרי קציר. הגנוטיפים חולקו לשלוש קבוצות בכירות לפי נתונים מניסויים קודמים. כל קבוצה נזרעה בפס במתכונת של חלקות מפוצלות (קבוצת בכירות בחלקה ראשית, גנוטיפים בחלקות משנה) על מנת לאפשר קציר מכני של החלקות. מבנה ניסוי זה יצר קושי בתזמון אופטימלי של ההשקיות והקצירים

לכל קבוצת בכירות. תוצאות הניסוי הוצגו בדו"חות קודמים ואינן כלולות להלן. הניסויים שבוצעו בשנים 2020-21 תוכננו באופן שיאפשר להימנע מבעיות.

שנים עשר קווי טף נבחנו בשני ניסויי שדה שבוצעו בשנתיים הראשונות למחקר, 2020 ו- 2021 (בהצעה המקורית תוכננה בחינת של 10 ו- 5 קווים בשנים אלו, בהתאמה). כל הניסויים נזרעו בבולקים באקראי ב- 6 חזרות בחלקות ברוחב 2 מ' ואורך 8 מ' (2020) או 10 מ' (2021). כל חלקת ניסוי חולקה ל-3 תת-חלקות, תת-חלקה A יועדה לקצירים בתחילת פריחה, תת-חלקה B לקצירים במילוי גרגר ותת-חלקה C לקציר בהבשלה. ביום בו הגיעו לפחות 4 מתוך 6 החזרות של זן מסוים לפריחה, נקצרו מתת-חלקה A של כל החזרות של אותו זן דגימות ביומסה משטח של 0.25 מ"ר, ואילו יתר השטח של תת-חלקה A נקצר ע"י חרמש מוטורי והביומסה פונתה מן החלקה על מנת לאפשר התחדשות הצמחים. קצירים נוספים בתת-חלקה A בוצעו לפי הצורך בכל פעם שהצמחים הגיעו לשלב הפריחה. באופן דומה נקצרה תת-חלקה B של כל חלקת ניסוי 3 שבועות לאחר תחילת הפריחה, ואילו תת-חלקה C נקצרה בהבשלת גרגר (כ- 6 שבועות לאחר פריחה), לצורך בחינת איכותו של קש הטף כמספוא. במהלך הגידול בוצע פעם או פעמיים בשבוע (לפי הצורך) מעקב אחר מועד הפריחה (הופעת מכבד) והרביצה של חלקות הניסוי. יבול הביומסה שנאסף בכל קציר (מ- 0.25 מ"ר) יובש ונשקל ושימש בהמשך לבדיקות איכות המספוא.

תוצאות הניסויים נותחו בשתי צורות: (א) ניתוח במודל דו-גורמי (קווים, משטרי הקציר, והשפעות הגומלין ביניהם) שמטרתו העיקרית לאפיין השפעות עיקריות של משטרי הקציר, (ב) ניתוח במודל מקונן (גנוטיפים בתוך קבוצת בכירות) שמטרתו לאפיין השפעות עיקריות של קבוצת הבכירות בכל משטר קציר בנפרד ולערך השוואה מפורטת בין הקווים. בשל מגבלת מספר העמודים של דו"ח זה יוצגו להלן תוצאות של השפעות משטרי הקציר וקבוצת הבכירות, ללא תוצאות מפורטות של הקווים.

4.1.2 ניסוי משטרי קציר - רבדים 2020: הניסוי נזרע בתאריך 19.4.2020. השקיה בוצעה בהמטרה, במהלך כשבועיים ראשונים ניתנה השקיה מידי יומיים לצורך נביטה והתבססות, ובהמשך מידי שבוע. סך כמות המים בהשקיות היה 446 מ"מ. קציר אחרון בוצע בכל תת החלקות בתאריך 30/8/2020, זאת לאחר שהתרשמו שמרבית הגנוטיפים כבר אינם מתחדשים כראוי.

מועד הקציר הראשון שבוצע בשלב הפריחה (קציר A1) משקף ישירות את מועד הפריחה של הקווים השונים. בהתאם למועד הפריחה חולקו הקווים שנבחנו לשתי קבוצות בכירות, שבעה קווים שפרחו מ- 46 עד 51 ימים לאחר הזריעה הוגדרו בכירים ואילו חמישה קווים שפרחו מ- 57 עד 70 ימים לאחר הזריעה הוגדרו אפילים (טבלה 1). הקווים הבכירים נקצרו במהלך הניסוי 3-4 פעמים ואילו האפילים נקצרו 2-3 פעמיים בלבד. כל הגנוטיפים נקצרו בשלב מילוי הגרגר פעמיים במהלך הניסוי, למעט הגנוטיפ האפיל ביותר (RTC-266) שנקצר פעם אחת בלבד. קציר בשלב הבשלת גרגר בוצע פעם אחת בלבד לכל קו, בין 87 ל- 113 ימים לאחר הצצה. יש לציין כי במקרים רבים הקציר האחרון בשלב פריחה או מילוי גרגר בוצע מבלי שהגנוטיפים הגיעו לשלב הפנולוגי שנקבע לקציר, למרות שחלף זמן רב מהקציר הקודם.

הניתוח הדו-גורמי הראה השפעה מובהקת של הקווים ומשטרי הקציר על כל מדדי האיכות והיבול ובמרבית המקרים גם השפעת גומלין (קווים x משטרי קציר) מובהקת (טבלה 2). סך היבול שנקצר בשלב מילוי הגרגר לאורך כל הניסוי היה כ- 2100 גר למ"ר ועלה באופן מובהק על היבול שנקצר בשלב הפריחה (כ- 1700 גר למ"ר) או בשלב ההבשלה (כ- 1100 גר למ"ר). קציר בשלב מילוי הגרגר (B) הראה יתרון קל באחוז החומר האורגני, ואילו קציר בשלב הפריחה (A) הראה בכל מדדי האיכות ערכים טובים יותר ומובהקים יחסית לשני משטרי הקציר האחרים.

הניתוח המקונן של השפעות זנים בתוך קבוצת בכירות בוצע עבור כל משטר קציר בנפרד והראה בחלק מהמקרים השפעה מובהקת של הבכירות (טבלה 3). יבול המספוא בקציר בשלב הפריחה לא הושפע מן הבכירות, היבול המרבי התקבל בקווים בכירים שנקצרו בשלב מילוי הגרגר (כ- 2300 גר למ"ר) ואילו בקציר בהבשלה היה יתרון לזנים אפילים לעומת הבכירים. במדדי האיכות הראו הזנים הבכירים יתרון במרבית המדדים ומשטרי הקציר, אם כי לא תמיד נמצא ההבדל מובהק. השפעת קווים בתוך קבוצות בכירות נמצאה מובהקת במרבית המקרים (תוצאות אינן מוצגות), אולם ההבדלים במרבית המקרים לא היו גדולים.

4.1.3 ניסוי משטרי קציר - קבוצת שילר 2021: הניסוי השני במסגרת זו בוצע במתכונת דומה לזו של הניסוי הקודם ואם אתם 12 קווים, למעט הקו RTC-266 שהוחלף בגלל מחסור בזרעים בקו RTC-55. הניסוי נזרע בתאריך 22.4.2021. השקיה בוצעה בהמטרה, במהלך כשבועיים ראשונים ניתנה השקיה מידי יומיים לצורך נביטה והתבססות, ובהמשך מידי שבוע. סך כמות המים בהשקיות היה 381 מ"מ. קציר אחרון בניסוי בוצע בתאריך 30/8/2021, זאת לאחר שמרבית הגנוטיפים כבר חדלו להתחדש כראוי.

גם בניסוי זה חולקו הקווים לשתי קבוצות בכירות, שישה קווים שפרחו 48-52 ימים לאחר הזריעה הוגדרו בכירים ושישה אחרים שפרחו 55-59 ימים לאחר הזריעה הוגדרו אפילים (טבלה 4). מרבית הקווים השתייכו לאותה קבוצת בכירות בשני הניסויים, למעט RTC-304 שהוגדר בכיר ב- 2020 ואפיל ב- 2021. כל הקווים נקצרו 3 פעמים בשלב הפריחה במהלך הניסוי, פעם אחת בלבד בשלב מילוי הגרגר ופעם אחת בשלב הבשלת גרגר, בין 92 ל- 104 ימים לאחר הצצה.

הניתוח הדו-גורמי הראה השפעה מובהקת של הקווים, משטרי הקציר והשפעת הגומלין ביניהם על יבול (טבלה 5). סך היבול שנקצר בקציר אחד בשלב הבשלת הגרגר היה כ- 3160 גר למ"ר ועלה באופן מובהק על היבול שנקצר בשלב הפריחה (כ- 1820 גר למ"ר) או בשלב מילוי הגרגר (כ- 1950 גר למ"ר). גם בניסוי זה הקציר בשלב הפריחה (A) הראה יתרון במרבית מדדי האיכות יחסית לשני משטרי הקציר האחרים, למעט המי-צלולוז וליגנין שלא הושפעו ממשטרי הקציר.

בהשוואה בין זנים בכירים לאפילים (ניתוח דו-גורמי) יבול המספוא בקציר בשלב הפריחה (A) לא הושפע מן הבכירות, בקציר במילוי גרגר (B) הראו הזנים בכירים יתרון ביבול ואילו בקציר הבשלה הצטיינו הזנים האפילים (טבלה 6). במדדי האיכות לא נמצאו הבדלים עקביים לטובת קבוצת זנים מסוימת.

4.1.4. דיון ומסקנות - ניסויים במשטרי קציר: קציר במילוי גרגר הניב יבול מספוא גבוה יותר מקציר בפריחה (לא מובהק ב- 2021). אם מביאים בחשבון את מספר הקצירים הגדול יותר הנדרש בפריחה, הרי שלקציר במילוי גרגר יש יתרון על פני הקציר המוקדם יותר מבחינת יבול המספוא. קציר בשלב הבשלת גרגר הניב בעונת 2020 את היבול הנמוך מבין משטרי הקציר ואילו בעונת 2021 את היבול הגבוה ביותר. הירידה המובהקת ביבול בין קציר במילוי גרגר לקציר בהבשלה בעונה ראשונה נבעה ככל הנראה מהתייבשות וריקבון של חומר צמחי בשלב המאוחר של העונה, תופעות שכנראה השפיעו במידה פחותה בעונה השנייה.

בהשוואה בין היבולים של שתי קבוצות הבכירות הראה גם כן התאמה חלקית בין שני הניסויים. בקצירים שבוצעו בשלב הפריחה לא נמצאו הבדלים ביבול הביומסה בין קבוצות הבכירות בשתי השנים, בקציר בשלב מילוי הגרגר נמצא יתרון מובהק לקווים הבכירים בשני הניסויים, ובקציר בשלב ההבשלה היה יתרון מובהק לקווים האפילים בשתי השנים. מבחינת מדדי האיכות נמצא יתרון ברור לקציר בשלב הפריחה, כאשר זנים בכירים הראו יתרון קל בשנה הראשונה ואילו בשנה השנייה לא נמצאה מכמה ברורה.

בניסוי הראשון יש יתרון ברור מבחינת יבול לקציר של זנים בכירים בשלב מילוי גרגר. לעומת זאת בניסוי השני יש יתרון ברור לקציר של זנים אפילים בשלב ההבשלה, אולם מדובר ביבול קש נחות באיכותו. לסיכום, הניסויים מעידים על הפוטנציאל הגלום בטף לייצור של 2-3 טון שחת בעונה תוך שימוש במנות מים סבירות 350-450 מ"מ). קציר לשלב הפריחה מניב איכות מספוא מעולה אבל כרוך בהפסדי יבול, לעומת קציר מאוחר יותר המניב יבול גבוה באיכות מספוא טובה פחות, לכן ממשק הקציר המועדף תלוי בשיקולים של העדפת יבול או איכות.

4.2 תגובת טף למנות מים

4.2.1 חומרים ושיטות: בשנת 2021 בוצע במסגרת מחקר זה ניסוי שעסקו בתגובת טף למספוא למנות מים, בעמק החולה. שני ניסויים נוספים באותה מתכונת בוצעו במסגרת תוכניות מחקר אחרות, הראשון בעמק החולה בשנת 2020 והשני בקבוצת שילר בשנת 2021. על מנת לתת תמונה רחבה המבוססת על כל הידע המצוי ברשותנו, כולל הדוח שלהלן סיכום של כל שלושה ניסויי השקיה. הניסויים נזרעו בתאריך 7/4/2020 (על כרב חיטה) בעמק החולה, בתאריך 18/11/21 (כרב שחור) בעמק החולה ובתאריך 21/4/21 (כרב חיטה לתחמיץ) בקבוצת שילר. בכל הניסויים נזרע הטף בשיעור זריעה של 400 גר' לדונם. בניסויים אלה נבחנו ארבעה קווי טף (2, 119, 360, 400 – RTC) המייצגים טיפוסים צמח שונים בעלי טווח צר של מועדי פריחה (ע"מ למנוע הטיית התוצאות ע"י הפנולוגיה). הניסויים בוצעו בשיטת קו יחיד, בה מתבצעת השקיה ע"י קו המטרה יחיד (ללא חפיפה עם קו סמוך) תוך ניצול כמות המים הפוחתת עם המרחק מקו ההמטרה לצורך קבלת מנות מים שונות. שיטה זו מאפשרת יישום מספר גדול של טיפולי השקיה (מנות מים) בהמטרה על פני שטח קטן, אולם היא אינה מאפשרת הצבת ניסוי במבנה אקראי קלאסי.

חלקות הניסוי ברוחב ערוגה (1.93 מ') ובאורך 10 מ' נזרעו ב-4 חזרות (3 חזרות בעמק החולה 2021, עקב מגבלת שטח) על גבי 9 ערוגות מקבילות לקו ההמטרה היחיד המייצגות 9 טיפולי השקיה, החל מטיפול 1 שבו מרכז הערוגה היה במרחק 2 מ' מקו ההמטרה ועד לטיפול 9 במרחק 18 מ'. לאחר הזריעה הושקו החלקות באופן אחיד (2 קווי המטרה עם חפיפה) על מנת לאפשר נביטה מלאה והתבססות, בהמשך ניתנה השקיה אחת לשבוע בקו יחיד. בממוצע בשלושת הניסויים, כמות המים שניתנה בהשקיות בטיפולים השונים, עד לשלב מילוי הגרגר (קציר השחת) הייתה בין 190-340 מ"מ. במהלך הניסויים התבצע מעקב אחרי מספר ימים לפריחה ואינדקס רביצה. בשלב מילוי הגרגר (כ-3 שבועות לאחר פריחה), נקצרו מטיפולים 2, 4, 6 ו-8 דגימות בשטח 0.25 מ² לצורך קביעת משקל הביומסה (יבול שחת למספוא) ואיכות השחת.

4.2.2. תוצאות: יבול הביומסה הממוצע בשלושת הניסויים היה בממוצע בין 900 ל-1900 גר' למ"ר (כתלות במנות המים) בקציר יחיד. למרות ההבדלים בין האתרים והשנים ניתן להבחין במגמה כללית של עליה ביבול הביומסה עם העלייה במנות המים, אולם היבול המרבי התקבל במנה שבין 300 ל-360 מ"מ אשר מעבר לה ניתן לזהות מגמה של ירידה ביבול (איור 1a). עקום התגובה שחושב עבור נתוני שלושת הניסויים מראה עליה ממוצעת של 2.27 ק"ג חומר יבש עבור תוספת של 1 מ"מ השקיה בטווח הערכים שנבדק (איור 1b). נתוני מנות המים ויבול הביומסה שימשו גם לחישוב יעילות ניצול המים של הגידול (כמות ביומסה למ"ק מים). ערכי יעילות ניצול המים שחושבו בניסוי היו בטווח שבין 3 עד 7 ק"ג חומר יבש למ"ק, ערכים גבוהים יחסית לאלו המוכרים במרבית הצמחים, עם מגמת ירידה ככל שעולה מנת המים בהשקיה (איור 1c).

עקומי התגובה של מדדי איכות המספוא למנות מים הם ברוב המקרים אופקיים, כלומר לא מראים כל השפעה של מנת המים (איור 2). למרות שאין אפשרות סטטיסטית להשוות בין בניסויים השונים, ניתן להתרשם כי תכולת החומר האורגני (בין 90-96%, איור 2a) ותכולת החנקן (בין 13-16%, איור 2b) לא נבדלו בין הניסויים בעוד שבתכולות ה-NDF (איור 2c), NDF (איור 3d), המיצולוז (איור 2e), צלולוז (איור 2f) וליגנין (איור 2g), התקבלו בניסוי החולה 2020 ערכים גבוהים מאשר בשני הניסויים האחרים על פני כל טווח מנות המים.

4.2.3. דיון ומסקנות - תגובה למנות מים: שלושה ניסויי השקיה (החולה 2020, 2021 ושילר 2021) שבוצעו בשיטת קו יחיד אפשרו לקבל מגוון רחב של מנות מים בהשקיה וליצור עקומי תגובה המתארים את השתנות יבול השחת כתלות במנות המים בהשקיה. סיכום של שלושת הניסויים מעיד על פוטנציאל ייצור ממוצע של כ-1500 ק"ג לדונם בקציר יחיד בשלב מילוי הגרגר, תוך שימוש במנות מים של כ-300-350 מ"מ ותמורה ממוצעת של 2.27 ק"ג חומר יבש לכל מ"מ מי השקיה. לא נמצאה השפעה של מנות המים על מדדי איכות השחת.

4.3 השפעת הזנה במנות מזון המכילות מספוא טף

4.3.1 חומרים ושיטות: בוצע ניסוי שמטרתו להעריך את השפעת שחת טף במנות של פרות גבוהות תנובה. השערת המחקר היתה שהחלפת שחת חיטה בטף עשויה לשפר את תנובת החלב ואיכותו בגלל איכות תכולות הסיבים והחלבון בחציר הטף. בניסוי השתתפו 34 פרות חולבות, באמצע התחלובה ברפת הפרטנית של מנהל המחקר החקלאי, מכון וולקני. הפרות חולקו לשתי קבוצות שוות בהתאם לתנובות החלב, משקל גוף, מספר תחלובה ומרחק מההמלטה. הניסוי נמשך 6 שבועות מיולי עד ספטמבר 2022. שבועיים ראשונים שימשו להסתגלות ואיסוף נתונים בסיסיים (covariate period). המנה הבסיסית (בליל ביקורת) תוכננה בהתאם לדרישות פרות חולבות לאנרגיה נטו לחלב, חלבון מטבולי וסיבים ממקור מזון גס. מקור מזון גס במנת הביקורת היה תחמיץ ושחת חיטה. מנת הטיפול הכילה שחת טף צעירה שהחליפה באופן כמותי את כל החציר במנת הביקורת ואוזנה בהתאמה לתכולת חלבון, סיבים ו-NDF ממקור גס. הפרות נחלבו 3 פעמים ביום וכמות החלב נרשמה באופן אוטומטי במכון החליבה. המנה הוגשה לפרות בשעה 1100 בבוקר ובמהלך אחר הצהריים מצב האיבוס נבדק והוסף מזון באופן פרטני לכל פרה בהתאם לצורך. במהלך הניסוי המנות נדגמו פעמיים בשבוע, שאריות מכל פרה כומתו על בסיס יומי לחישוב כמות המזון המוגשת עם חישוב של 5% שאריות. שאריות מכל פרה נדגמו 3 פעמים בשבוע. דוגמאות חלב מכל הפרות נשלחו למעבדת החלב המרכזית לאנליזה של הרכבו על בסיס שבועי. כמו כן, בוצעו אנליזות של הרכב ופרופיל חומצות השומן בחלב. בשבוע האחרון של הניסוי ביצענו איסוף של דוגמאות צואה מכל פרה במשך 3 ימים רצופים (4 פעמים בכל יום על מנת לכסות את כל שעות היממה) לצורך חישוב נעכלות המנות באמצעות סימן פנימי INDF. ביום האחרון של הניסוי נדגמו דם ומיץ כרס (באמצעות צינור קיבה תוך נקיטת צעדים מתאימים למניעת זיהום הדגימה ברוק) לפני ארוחת בוקר ו-3 שעות לאחר מכן. דגימות דם שנאספו ושימשו לאנליזה של β -Hydroxybutyrate (BHB), חומצות שומן לא מאסטריות (NEFA) ו-Blood Urea Nitrogen (BUN). נוזל הכרס שימש למדידת pH ואנליזה של חומצות שומן נדיפות ו-NH₃-N. הנתונים שנאספו נותחו באמצעות תוכנת JMP Pro. המודל הסטטיסטי הכיל את ההשפעה העיקרית של הטיפול התזונתי (ביקורת לעומת מנת טף) והשפעה אקראית של פרות שקוננו בטיפול. נתוני הייצור (תפוקת החלב והרכב החלב) באמצעות repeated measures על בסיס ממוצע שבועי. מדדי הנעכלות, פרופיל חומצות השומן בחלב, מטבוליטים בדם ובנוזל הכרס נותחו באמצעות ANOVA חד גורמי. הבדלים סטטיסטיים בין הממוצעים נחשבו כאשר $P \leq 0.05$ ונטייה להבדל כאשר $0.05 < P \leq 0.10$.

4.3.2 תוצאות: טבלה מס' 7 ו-8 מסכמות את ההרכב הכימי של שחת הטף והמנות של הניסוי. בטבלה מס' 7 ניתן להבחין שלטף יש תכולת חלבון גבוהה יחסית ואילו רמות נמוכות של ליגנין ועמילן. טבלה מס' 9 מסכמת את ביצועי הפרות בפרמטרים ומטבוליטים נבחרים. צריכת החומר היבש הממוצע היתה 26.1 ק"ג ליום לפרה ודמתה בין שתי המנות ואילו נעכלות לכאורה של חלבון כללי של כלל מערכת העיכול היה גבוה יותר במנת הטף (62.0%) לעומת הביקורת (59.2%). בליל הטף העלה את תנובת החלב ב-1.5 ק"ג ליום בהשוואה למנת הביקורת. מגמה דומה נצפתה בתנובת חלבון ולקטוז

החלב ללא שינוי בתכולות. פרופיל חומצות שומן רב בלתי רוויות וחומצות שומן אומגה 3 היו גבוהות יותר בטיפול הטף בהשוואה למנת הבקורות. כמו כן, ריכוז NEFA ו-BHB בדם היו גבוהים יותר במנת הביקורת לעומת הטף. ריכוז חומצה אצטית בנוזל הכרס היה גבוהה יותר במנת הביקורת בהשוואה למנת הטיפול ואילו ריכוז חומצה פרופיות היה גבוהה יותר במנת הטף. היחס בין אצטית לפרופיונית בנוזל הכרס היה נמוך יותר במנת הטף לעומת הביקורת. ריכוז חנקן אמוניה בנוזל הכרס היה גבוהה יותר במנת הטף לעומת הביקורת. מגמה דומה התקבלה לריכוזי חנקן אוראה בדם (BUN; 27.8 vs. 24.4 mg/ dL).

4.3.3. דיון ומסקנות - ניסוי הזנה: תוצאות הניסוי מצביעות על יתרון מובהק של שחת טף כמקור למזון גס במנות חולבות מבחינת תנבות חלב ורכיביו. כמו כן, מטבוליטים בכרס במיוחד ריכוזי חומצות שומן נדיפות מצביעות על תסיסה מיקרוביאלית כרסית לכיוון יצור מוגבר של חומצה פרופיונית המהווה פריקורסור לסנתזה של אנרגיה זמינה בגוף הפרה המנותבת למסלולים אנבוליים וסינתזה. ריכוז גבוהה של חנקן אמוניה בכרס ואוראה בדם מצביע על חוסר איזון בהרכב המנה במיוחד בין היחס אנרגיה זמינה בת תסיסה בכרס וחלבון זמין. נתון זה כרוך באופן ישיר להרכב שחת הטף שמצטיינת בתכולות גבוהות של NDF וחלבון כללי המאופיינים בנעכלות גבוהה. שחת הטף מצטיינת בריכוזים נמוכים במיוחד (< 1%) של פחמימות לא מבניות וסוכרים. תוצאה בולטת בפרופיל חומצות שומן החלב שהצטיין במנת הטף בריכוזים גבוהים יותר של חומצות רב בלתי רוויות. בימים אלו אנו עמלים על הרכב חומצות השומן של המנות על מנת לתת הסבר אפשרי לתופעה הנ"ל.

תוצאות מחקר זה פורסמו לאחרונה במאמר מדעי המצורף לדוח זה ונמצא בכתובת:

<https://doi.org/10.3389/fanim.2023.1260787>

4.4. שימור ירק טף כתחמיץ

ניסוי נוסף שלא היה כלול בתוכנית המקורית עסק בחינת האפשרות לשמר את ירק הטף כתחמיץ. ארבעה גנוטיפים של טף שגודלו תחת משטרי השקיה שונים (השקיה מלאה 100% ומופחתת 75%), נקצרו בשלב מילוי הגרעין. בניסוי החמצה שהתבצע במעבדה בשקי וואקום ייעודיים יצרנו ארבעה טיפולים: ירק טף ללא תוספת כל שהיא (בקורת, CTL), עם תוסף חיידקים הטורפרמנטטיבי (HI), מולסה (MOL), או MOL + HI. התוצאות הראו לראשונה שניתן להחמיץ את הטף למרות העובדה שתכולת פחמימות מסיסות (WSC) נמוכות במיוחד בהשוואה לצמח התירס שנחשב למספוא האידיאלי להחמצה. רוב הפרמטרים האיכותיים של תחמיץ טף היו טובים יותר בהשקיה מופחתת. תוספים HI או MOL או MOL + HI שיפרו גם את פרמטרי החמצה, למשל, הורידו את ערכי ה-pH ותכולת החנקן אמוניה, אך הגבירו את נעכלות במבחנה של חומר יבש, תכולת חומצת החלב והחלבון הכללי ואת ספירת חיידקי חומצת החלב בתחמיץ.

תוצאות מפורטות של ניסוי זה אינן כלולות בדו"ח, תוצאות פורסמו במאמר מדעי המצורף לדוח זה
ונמצא בכתובת: <https://doi.org/10.3390/ani13030470>

5. דיון מסכם:

מחקר זה עסק במגוון היבטים של התאמת גידול הטף כגידול מספוא לתנאי ישראל. בחלקו הראשון נבחנו 12 קווי טף בעלי רמות בכירות שונות בתנאי שדה ונקצרו בשלושה מועדים - תחילת פריחה, מילוי גרגר והבשלה. סך היבול שנקצר בשלב הפריחה לאורך כל הניסוי הגיע בזנים מסוימים עד 2500 גר למ"ר ותכולת החלבון בחומר היבש הגיע בשלב הפריחה עד כ- 18%. בסדרת ניסויים נבחנה תגובתם של 4 קווי טף למנות מים בהשקיה בטווח של 190-340 מ"מ. תוצאות הניסויים מעידות על פוטנציאל ייצור של מעל 1500 ק"ג לדונם בקציר יחיד בשלב מילוי הגרגר תוך שימוש במנות מים של כ- 300-350 מ"מ. ניסוי הזנה של פרות גבוהות תנובה במנות מזון המכילות טף הצביע על יתרון מובהק של שחת טף כמקור למזון גם במנות חולבות מבחינת תנובות חלב ורכיביו. ניסוי נוסף שלא היה כלול בתוכנית המקורית הראה שניתן להחמיץ את הטף למרות התכולה נמוכה של פחמימות מסיסות ולשמרו כתחמיץ איכותי.

תוצאות המחקר בכללותן מעידות על היתכנות גידול הטף בישראל מבחינה אגרוטכנית, תזונתית וטכנולוגיית שימור המספוא. לפיכך שילוב הטף כגידול מספוא חדש בישראל יכול לתרום לגיוון סל גידולי השדה ושיפור איכות המזונות הגסים ברפת החלב.

6. רשימת ספרות מצוטטת:

1. D'Andrea A.C. 2008. Tef (*Eragrostis Tef*) in ancient agricultural systems of highland Ethiopia. *Economic Botany*. 62:547-566.
2. Seyfu K. 1997. Tef, *Eragrostis Tef* (Zucc.) Trotter. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 12. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
3. 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. *Europ. J. Agron.* 37:105-114.
4. Miller, D. "Teff Grass: Crop overview and forage production guide." *Cal/West Seed Company. Woodland, CA 95695* (2010).
5. Norberg, Steve, et al. *Teff: a new warm-season annual grass for Oregon*. Corvallis, Oregon: Extension Service, Oregon State University, 2008.
6. Staniar, W. B., et al. "Voluntary intake and digestibility of teff hay fed to horses." *Journal of animal science* 88.10 (2010): 3296-3303.

7. מאמרים הנובעים מעבודה זו:

1. Wagali P. S, C. Sabastian T, Y. Saranga PI, S. Ben-Zeev S, S.J. Mabeesh PI. 2023. The Effects of Irrigation, Genotype and Additives on Tef Silage Making. *Animals* 13:470.
2. Wagali P., G. Ngomuo, J. Kilama, C. Sabastian, S. Ben-Zeev, Y.A. Ben-Meir, N. Argov-Argaman, Y. Saranga, S.J. Mabeesh. 2023, Effect of tef (*Eragrostis tef*) hay inclusion on feed intake, digestibility, and milk production in dairy cows. *Front. Anim. Sci.* 4:1260787. doi: 10.3389/fanim.2023.1260787
3. Wagali P., C. Sabastian, S. Ben-Zeev, Y. Saranga, S.J. Mabeesh. 2023#, Effect of harvest regime on tef forage production and quality (*Eragrostis tef*). 2023#. (In prep.)

8. טבלאות ואיורים:

טבלה 1 – השפעת משטרי קציר על טף למספוא, רבדים 2020. מועדי קציר של 12 גנוטיפים של טף בעלי רמות בכירות שונות. קצירים A1-A4 בוצעו בשלב תחילת הפריחה, קצירים B1-B2 בוצעו בשלב מילוי הגרגר וקציר C בוצע בשלב הבשלת הגרגר. המספרים בסוגריים מציינים את מספר הימים מזריעה עד קציר (DAS) או מקציר קודם (DAH). * מציינת קציר במועד סיום הניסוי שבוצע מבלי שהגנוטיפ הגיע לשלב הפנולוגי שנקבע לקציר.

בכירות	גנוטיפ	קצירים בתחילת פריחה				קצירים במילוי גרגר		קציר בהבשלה
		Har. A1, Date (DAS)	Har. A2, Date (DAH)	Har. A3, Date (DAH)	Har. A4, Date (DAH)	Har. B1, Date B (DAS)	Har. B2, Date (DAH)	Harv. C, Date (DAS)
Early (E)	RTC-275	04.6.20 (46)	28.6.20 (24)	19.7.20 (21)	30.8.20 (42)*	24.6.20 (66)	16.8.20 (53)	15.7.20 (87)
Early (E)	RTC-304	04.6.20 (46)	28.6.20 (24)	26.7.20 (28)	30.8.20 (35)*	24.6.20 (66)	16.8.20 (53)	15.7.20 (87)
Early (E)	RTC-13	09.6.20 (51)	05.7.20 (26)	16.8.20 (42)		28.6.20 (70)	23.8.20 (56)	19.7.20 (91)
Early (E)	RTC-17b	09.6.20 (51)	05.7.20 (26)	10.8.20 (36)		28.6.20 (70)	16.8.20 (49)	19.7.20 (91)
Early (E)	RTC-290b	09.6.20 (51)	28.6.20 (19)	26.7.20 (28)	30.8.20 (35)*	28.6.20 (70)	23.8.20 (56)	19.7.20 (91)
Early (E)	RTC-276	09.6.20 (51)	28.6.20 (19)	19.7.20 (21)	30.8.20 (42)*	28.6.20 (70)	23.8.20 (56)	19.7.20 (91)
Early (E)	RTC-313b	09.6.20 (51)	05.7.20 (26)	10.8.20 (36)	30.8.20 (20)*	28.6.20 (70)	30.8.20 (63)	19.7.20 (91)
Late (L)	RTC-58	15.6.20 (57)	09.7.20 (24)	30.8.20 (52)*		05.7.20 (77)	30.8.20 (56)*	27.7.20 (99)
Late (L)	RTC-168	15.6.20 (57)	09.7.20 (24)	30.8.20 (52)*		05.7.20 (77)	30.8.20 (56)*	27.7.20 (99)
Late (L)	RTC-100b	21.6.20 (63)	02.8.20 (42)			12.7.20 (84)	30.8.20 (49)*	02.8.20 (105)
Late (L)	RTC-406	21.6.20 (63)	02.8.20 (42)			12.7.20 (84)	30.8.20 (49)*	02.8.20 (105)
Late (L)	RTC-266	28.6.20 (70)	10.8.20 (43)			19.7.20 (91)		10.8.20 (113)

טבלה 2 – השפעת משטרי קציר על למספוא על 12 קווי טף, רבדים 2020. ניתוח שונות דו-גורמי עבור השפעת הגנוטיפים ומשטרי הקציר (A קציר בתחילת הפריחה, B קציר במילוי הגרגר, C קציר בהבשלת הגרגר) על יבול הביומסה שיוצר במהלך העונה ומדדי איכות המספוא: חומר אורגני, חלבון, NDF, ADF, המי-צלולוז, צלולוז וליגנין. ** ו- *** מציינים מובהקות של ערכי F ברמה של $P < 0.01$, 0.001, בהתאמה. אותיות שונות (a,b,c) מציינות הבדל מובהק בין הערכים הממוצעים של משטרי הקציר לפי מבחן Tukey HSD.

		Forage Yld, g/m ²	% OM	% CP	% NDF	% ADF	% Hemicellulose	% Cellulose	% Lignin
Source	DF	F value and probability							
Genotype	11	4.02***	3.79***	6.04***	6.93***	5.15***	4.06***	18.04***	5.73***
Harvest Regime	2	201.71***	64.41***	274.85***	71.12***	55.64***	18.46***	32.5***	479.36***
G*HR	22	10.2***	0.82	3.67***	3.68***	1.94*	6.22***	3.84***	5.55***
Block	5	1.02	0.76	3.63**	0.55	0.68	0.35	0.59	0.47
Main effect of harvest regime									
A - Harvest at heading		1689.74 b	91.85 c	14.33 a	74.38 a	34.42 a	39.95 a	30.85 a	3.04c
B - Harvest at grain filling		2098.61 a	93.47 a	10.83 c	72.02 b	33.06 b	38.96 b	29.47 b	4.82a
C - Harvest at maturity		1070.56 c	92.81 b	13.78 b	69.66 c	30.62 c	38.58 b	29.28 b	4.60b

טבלה 3 – השפעת משטרי קציר למספוא על 12 קווי טף, רבדים 2020. ניתוח שונות מקונן עבור השפעת הבכירות והגנוטיפ (מקונן בתוך בכירות) בכל משטר קציר (A קציר בתחילת הפריחה, B קציר במילוי הגרגר, C קציר בהבשלת הגרגר) על יבול הביומסה יבול הביומסה שיוצר במהלך העונה, יבול הגרגרים (במשטר קציר C בלבד) ומדדי איכות המספוא: תכולת חומר אורגני, חלבון, NDF, ADF, המי-צלולוז, צלולוז וליגנין. *, **, *** מציינים מובהקות של ערכי F ברמה של 0.05, 0.01, 0.001, בהתאמה. אותיות שונות (a,b) מציינות הבדל מובהק בין הערכים הממוצעים של קבוצות הבכירות לפי מבחן t.

		Forage Yield, g/m2			Grain, g/m2	% OM		
		Har. Reg. A	Har. Reg. B	Har. Reg. C	Har. Reg. C	Har. Reg. A	Har. Reg. B	Har. Reg. C
Source	DF	F value and probability						
Earliness	1	1.95	33.55***	54.12***	61.18***	1.63	2.83	0.43
Gen [Earlin.]	10	2.08*	3.14**	10.21***	2.44*	1.04	2.57*	1.75
Rep	5	0.82	0.91	1.85	3.41**	0.65	0.83	0.47
Earliness Group		Main Effect of Earliness						
E (Early)		1662.2 a	2317 a	839.8 b	116.2 a	91.9 a	93.6 a	92.7 a
L (Late)		1728.3 a	1792.8 b	1393.6 a	29.5 b	91.7 a	93.3 a	92.9 a

		% CP			% NDF			% ADF		
		Har. Reg. A	Har. Reg. B	Har. Reg. C	Har. Reg. A	Har. Reg. B	Har. Reg. C	Har. Reg. A	Har. Reg. B	Har. Reg. C
Source	DF	F value and probability								
Earliness	1	49.87***	0.51	3.03	46.56***	1.44	2.63	55.96***	4.08*	0.4
Gen [Earlin.]	10	3.21**	4.01***	1.14	6.46***	4.4***	4.8***	6.53***	3.88***	1.66
Rep	5	1.35	1.65	1.36	0.76	0.37	2.26	0.91	0.44	1.79
Earliness Group		Main Effect of Earliness								
E (Early)		15.1 a	10.8 a	14 a	73.5 b	71.8 a	69.2 a	33.5 b	32.7 b	30.8 a
L (Late)		13.3 b	10.9 a	13.5 a	75.6 a	72.4 a	70.4 a	35.7 a	33.6 a	30.4 a

		% Hemicellulose			% Cellulose			% Lignin		
		Har. Reg. A	Har. Reg. B	Har. Reg. C	Har. Reg. A	Har. Reg. B	Har. Reg. C	Har. Reg. A	Har. Reg. B	Har. Reg. C
Source	DF	F value and probability								
Earliness	1	0	1.72	4.17*	35.64***	12.21***	4.36*	32.66***	0.73	0.06
Gen [Earlin.]	10	2.88**	4.82***	6.5***	8.73***	6.19***	10.59***	4.76***	3.4**	6.72***
Rep	5	0.57	0.07	0.82	0.93	1.55	1.07	0.59	0.6	0.77
Earliness Group		Main Effect of Earliness								
E (Early)		40 a	39.1 a	38.2 b	30.3 b	28.8 b	29.2 b	2.8 b	4.9 a	4.6 a
L (Late)		39.9 a	38.8 a	39.2 a	31.6 a	30 a	29.9 a	3.3 a	4.8 a	4.6 a

טבלה 4 – השפעת משטרי קציר על טף למספוא, קבוצת שילר 2021. מועדי קציר של 12 גנוטיפים של טף בעלי רמות בכירות שונות. קצירים A1-A3 בוצעו בשלב תחילת הפריחה, קציר B בוצעו בשלב מילוי הגרגר וקציר C בוצע בשלב הבשלת הגרגר. המספרים בסוגריים את מספר הימים מזריעה עד קציר (DAS) או מקציר קודם (DAH). * מציינת קציר במועד סיום הניסוי שבוצע מבלי שהגנוטיפ הגיע לשלב הפנולוגי שנקבע לקציר.

בכירות	גנוטיפ	קציר במילוי				
		קצירים בתחילת פריחה			גרגר	קציר בהבשלה
		Har. A1, Date (DAS)	Har. A2, Date (DAH)	Har. A3, Date (DAH)	Har. B2, Date (DAH)	Harv. C, Date (DAS)
Early (E)	RTC-17b	09.06.21 (48)	06.07.21 (27)	30.08.21 (55)	30.06.21 (72)	20.07.21 (92)
Early (E)	RTC-13	13.06.21 (52)	06.07.21 (23)	30.08.21 (55)	06.07.21 (78)	25.07.21 (97)
Early (E)	RTC-275	13.06.21 (52)	06.07.21 (23)	30.08.21 (55)	06.07.21 (78)	25.07.21 (97)
Early (E)	RTC-276	13.06.21 (52)	11.07.21 (28)	30.08.21 (50)	06.07.21 (78)	25.07.21 (97)
Early (E)	RTC-290b	13.06.21 (52)	11.07.21 (28)	30.08.21 (50)	06.07.21 (78)	25.07.21 (97)
Early (E)	RTC-313b	13.06.21 (52)	06.07.21 (23)	30.08.21 (55)	06.07.21 (78)	25.07.21 (97)
Late (L)	RTC-304	16.06.21 (55)	11.07.21 (25)	30.08.21 (50)	08.07.21 (80)	28.07.21 (100)
Late (L)	RTC-406	16.06.21 (55)	15.07.21 (30)	30.08.21 (46)	08.07.21 (80)	28.07.21 (100)
Late (L)	RTC-55	16.06.21 (55)	06.07.21 (21)	30.08.21 (55)	08.07.21 (80)	28.07.21 (100)
Late (L)	RTC-100b	20.06.21 (59)	27.07.21 (37)	30.08.21 (34)	11.07.21 (83)	01.08.21 (104)
Late (L)	RTC-168	20.06.21 (59)	20.07.21 (30)	30.08.21 (41)	11.07.21 (83)	01.08.21 (104)
Late (L)	RTC-58	20.06.21 (59)	01.08.21 (42)	30.08.21 (29)	11.07.21 (83)	01.08.21 (104)

טבלה 5 – השפעת משטרי קציר על למספוא על 12 קווי טף, קבוצת שילר 2021. ניתוח שונות דו-גורמי עבור השפעת הגנוטיפים ומשטרי הקציר (A קציר בתחילת הפריחה, B קציר במילוי הגרגר, C קציר בהבשלת הגרגר) על יבול הביומסה שיוצר במהלך העונה ומדדי איכות המספוא: חומר אורגני, חלבון, NDF, ADF, המי-צלולוז, צלולוז וליגנין. ** ו- *** מציינים מובהקות של ערכי F ברמה של P<0.01, 0.001. בהתאמה. אותיות שונות (a,b,c) מציינות הבדל מובהק בין הערכים הממוצעים של משטרי הקציר לפי מבחן Tukey HSD.

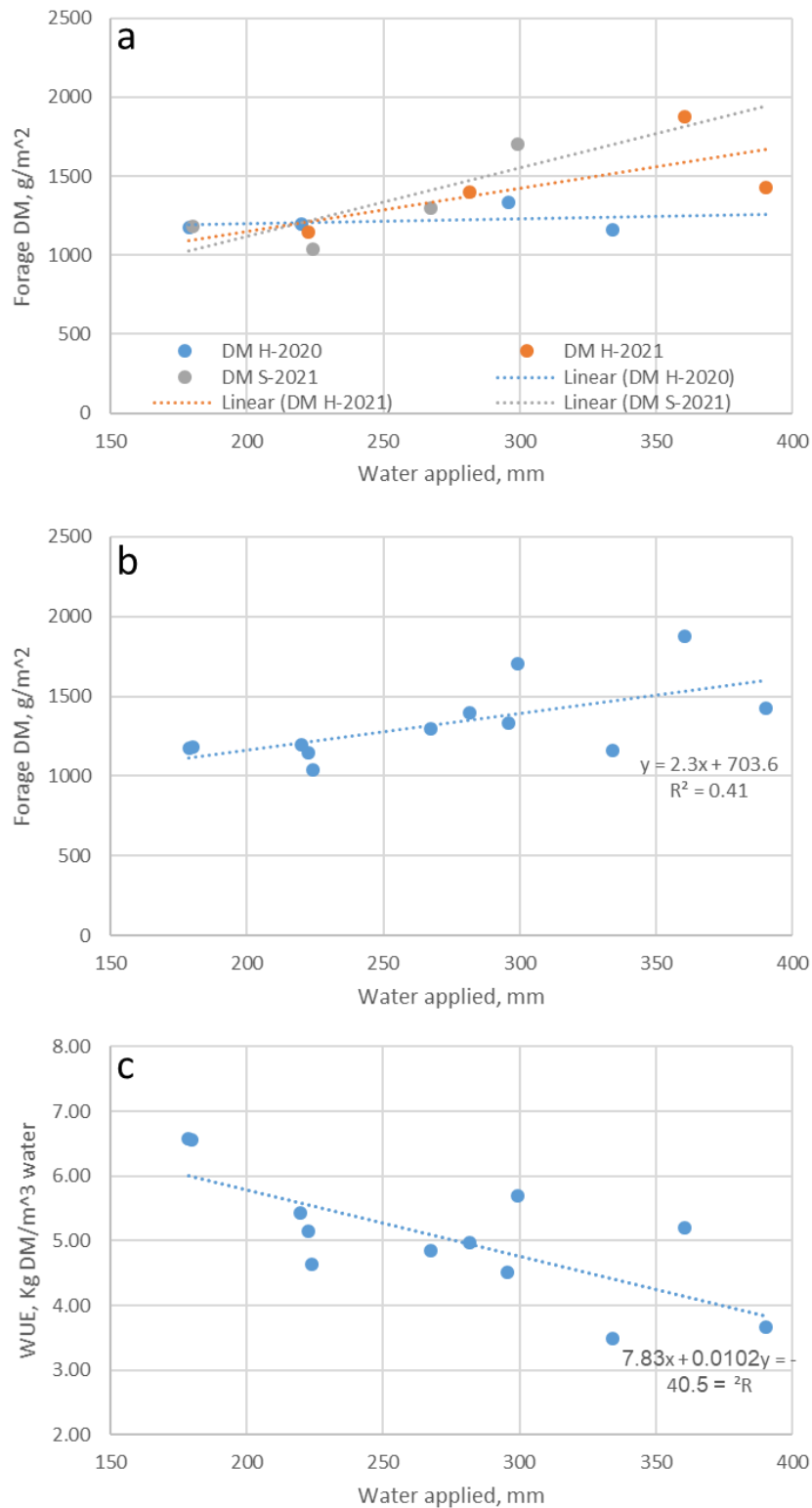
		Forage Yld, g/m ²	% OM	% CP	% NDF	% ADF	% Hemicellulose	% Cellulose	% Lignin
Source	DF	F value and probability							
Genotype	11	13.86***	3.86***	2.58**	4.77***	1.91*	2.61**	3.1***	2.14*
Harvest Regime	2	201.28***	61.14***	407.66***	90.85***	148.62***	6.09**	165.5***	2.81
G*HR	22	4.5***	1.92*	1.69*	3.07***	2.76***	2.88***	2.55***	1.88*
Block	5	4.95***	1.03	2.74*	0.88	2.06	0.42	1.6	1.49
Main effect of harvest regime									
A - Harvest at heading		1825 b	92.2 b	12.1 a	70.9 c	33.8 c	37.1 a	29 c	4.2 a
B - Harvest at grain filling		1904.8 b	93.3 a	7.7 c	74.1 b	36.9 b	37.2 a	32.4 b	4.2 a
C - Harvest at maturity		3140.1 a	93.6 a	8.7 b	75.3 a	39.1 a	36.2 b	34.1 a	4.4 a

טבלה 6 – השפעת משטרי קציר למספוא על 12 קווי טף, קבוצת שילר 2021. ניתוח שונות מקונן עבור השפעת הבכירות והגנוטיפ (מקונן בתוך בכירות) בכל משטר קציר (A קציר בתחילת הפריחה, B קציר במילוי הגרגר, C קציר בהבשלת הגרגר) על יבול הביומסה יבול הביומסה שיוצר במהלך העונה, יבול הגרגרים (במשטר קציר C בלבד) ומדדי איכות המספוא: תכולת חומר אורגני, חלבון, NDF, ADF, המי-צלולוז, צלולוז וליגנין. *, **, *** מציינים מובהקות של ערכי F ברמה של 0.05, 0.01, 0.001, בהתאמה. אותיות שונות (a,b) מציינות הבדל מובהק בין הערכים הממוצעים של קבוצות הבכירות לפי מבחן t.

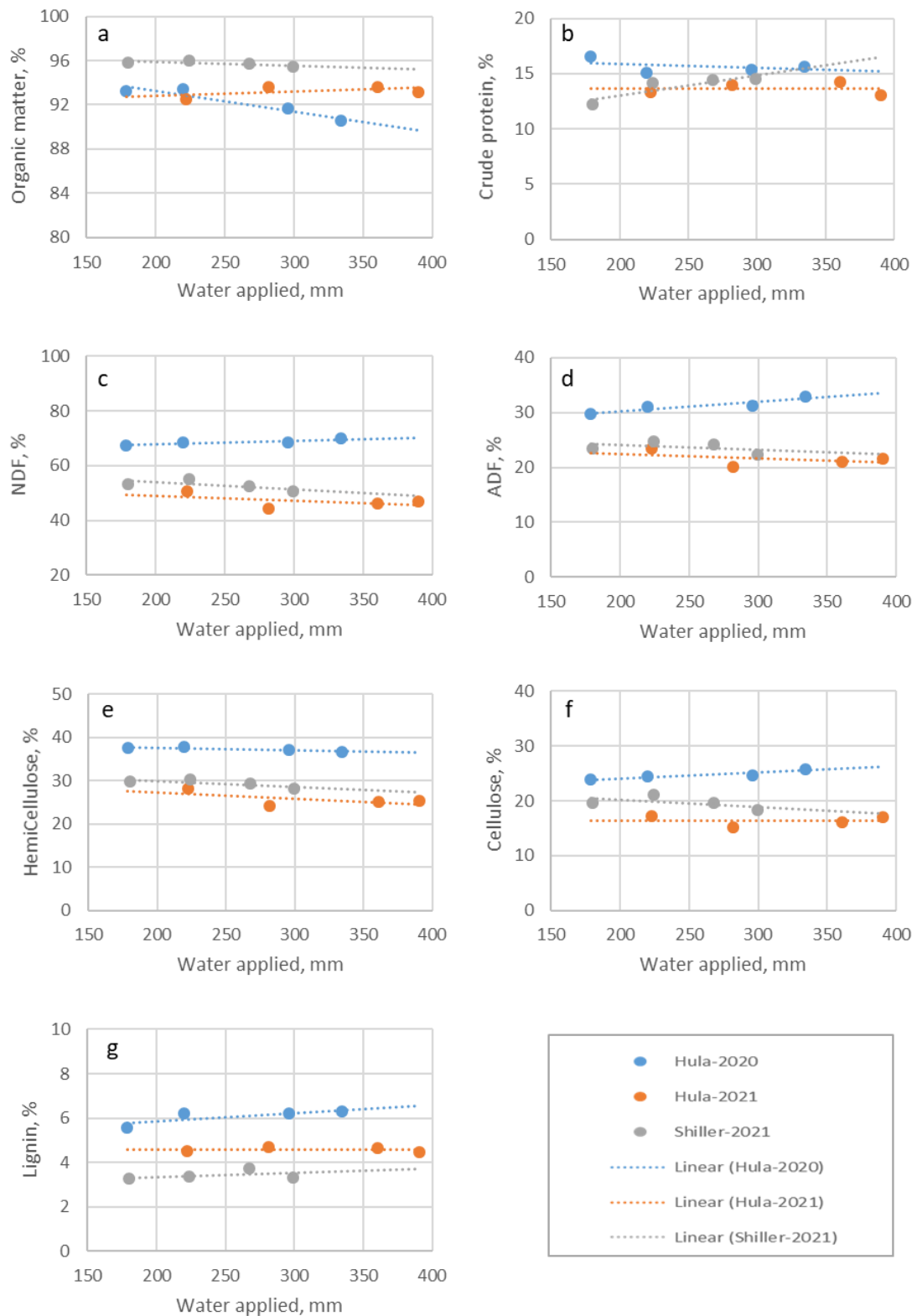
		Forage Yield, g/m2			Grain, g/m2	% OM		
		Har. Reg. A	Har. Reg. B	Har. Reg. C	Har. Reg. C	Har. Reg. A	Har. Reg. B	Har. Reg. C
Source	DF	F value and probability						
Earliness	1	3.4	116.92***	18.4***	26.96***	3.96	9.33**	0.23
Gen [Earlin.]	10	8.06***	5.13***	2.86**	5.95***	5.77***	0.75	2.1*
Rep	5	6.65***	0.95	2.49*	1.99	1.59	0.62	0.35
Earliness Group		Main Effect of Earliness						
E (Early)		1765.9 a	2411.3 a	2839.1 b	626.2 a	92.4 a	93 b	93.6 a
L (Late)		1884 a	1399.2 b	3432.7 a	409.4 b	92 a	93.7 a	93.6 a

		% CP			% NDF			% ADF		
		Har. Reg. A	Har. Reg. B	Har. Reg. C	Har. Reg. A	Har. Reg. B	Har. Reg. C	Har. Reg. A	Har. Reg. B	Har. Reg. C
Source	DF	F value and probability								
Earliness	1	1.11	0.92	5.46*	20.05***	2.48	12.9***	16.64***	0.21	11.02**
Gen [Earlin.]	10	2.9**	2.01*	1.8	5.65***	2.8**	4.39***	9.15***	1.84	1.94
Rep	5	2.72*	0.97	0.29	4.68**	1.06	1.25	3.41**	2.68*	0.44
Earliness Group		Main Effect of Earliness								
E (Early)		12.2 a	7.8 a	8.9 a	71.3 a	73.4 a	74.6 b	34.2 a	36.7 a	38.5 b
L (Late)		12.0 a	7.6 a	8.5 b	70.4 b	74.6 a	75.9 a	33.4 b	37 a	39.6 a

		% Hemicellulose			% Cellulose			% Lignin		
		Har. Reg. A	Har. Reg. B	Har. Reg. C	Har. Reg. A	Har. Reg. B	Har. Reg. C	Har. Reg. A	Har. Reg. B	Har. Reg. C
Source	DF	F value and probability								
Earliness	1	0.38	1.51	0.58	18.78***	0.71	8.14**	2.81	0.49	0.41
Gen [Earlin.]	10	7.56***	1.94	6.07***	5.47***	1.45	3.42**	1.61	1.93	2.65*
Rep	5	0.76	0.7	1.03	1.2	2.74*	1.06	1	2.21	0.22
Earliness Group		Main Effect of Earliness								
E (Early)		37.1 a	36.7 a	36.1 a	29.7 a	32.1 a	33.7 b	4.1 a	4.2 a	4.4 a
L (Late)		37 a	37.6 a	36.3 a	28.5 b	32.6 a	34.6 a	4.4 a	4.1 a	4.5 a



איור 1: עקומי תגובה של טף לסך כמות המים בהשקיות בשלושה ניסויים בשיטת קו יחיד, החולה 2020-21 וקבוצת שילר 2021. (a) משקל יבש של הביומסה למספוא (שחת) בשלב מילוי הגרגר בכל ניסוי בנפרד (n=4), (b) עקום תגובה של משקל הביומסה משותף לכל שלושה הניסויים (n=12), (c) עקום תגובה של יעילות ניצול המים משותף לכל שלושה הניסויים (n=12). בכל ניסוי נבחנו 4 קווים ב-4 רמות השקיה, כל נקודה מציינת ממוצע של 4 קווים ב-4 חזרות (3 חזרות בחולה 2021).



איור 2: עקומי תגובה של איכות שחת הטף לסך כמות המים בהשקיות בשלושה ניסויים בשיטת קו יחיד, החולה 2020-21 וקבוצת שילר 2021 בכל ניסוי בנפרד (n=4). (a) תכולת החומר האורגני, (b) תכולת החלבון, (c) תכולת NDF, (d) תכולת ADF, (e) תכולת המיצלולוז, (f) תכולת צלולוז, (g) תכולת ליגנין. בכל ניסוי נבחנו 4 קווים ב- 4 רמות השקיה, כל נקודה מציינת ממוצע של 4 קווים ב- 4 חזרות (3 חזרות בחולה 2021).

טבלה מס' 7 . הרכב שחת טף שימשה לניסוי פרות חלב (תכולות באחוזים על בסיס חומר יבש למעט תכולת אנרגיה נטו לחלב).

רכיב	ערך
חומר יבש	88.2
חומר אורגני	91.2
חלבון כללי	14.4
חלבון כללי מסיס	34.0
NDF	64.4
ADF	28.4
המיצילולוזה	36.0
צילולוזה	24.7
ליגנין (ADL)	3.55
מיצוי אתרי	1.92
עמילן	2.10
Ca	0.42
P	0.28
Mg	0.2
K	1.78
Na	0.044
Cl	0.84
אנרגיה נטו לחלב שלול כפולות קיום, Mcal/Kg	1.04

טבלה מס' 8. מרכיבי והרכב מנות הניסוי שימשו לניסוי פרות חלב.

מנות הניסוי		רכיב, % בחומר יבש
מנת הטף	מנת ביקורת	
20.0	19.7	גרעיני תירס גרוסים
1.9	1.9	כוספת סויה
3.5	2.9	גרעיני חיטה גרוסים
0.1	0.1	שמן סופסטוק
11.9	0	שחת טף
0	12.6	שחת חיטה
22.7	23.3	תחמיץ חיטה
11.0	11.0	כוספת לפתית
6.6	6.6	DDGs
4.2	4.2	סובין חיטה
12.4	12.4	גלוטין פייד
3.3	3.1	שומן מוגן
0.4	0.4	חומצה פלמטית
0.7	0.7	סודה לשתיה
0.3	0.2	סידנית
0.8	0.8	מי לקטוז
0.05	0.05	פרימקס וטמינים
0.04	0.04	אוראה
		הרכב כימי, % על בסיס חומר יבש
66.0	66.0	חומר יבש
17.0	16.5	חלבון כללי

32.4	31.8	NDF
17.9	17.5	גס NDF
23.2	24.0	עמילן
5.3	5.2	מיצוי אתרי
0.9	0.9	Ca
0.7	0.5	P
14.5	11.4	חלבון כללי פריק, RDP
4.9	5.2	חלבון כללי שרידי, RUP
1.78	1.78	אנרגיה נטו לחלב שלול
		Mcal/Kg, קיום, כפולות
4.10	4.05	אנרגיה כללית, Mcal/Kg

טבלה מס' 9: השפעת שחת טף במנות בהשוואה למנת ביקורת מקובלת על ביצועי פרות גבוהות תנובה בפרמטרים ומטבוליטים נבחרים.

	טיפולים			P value		
	בקורת	טף	SEM	מנה	זמן	מנהXזמן
תנובות חלב ומרכיביו						
תנובת חלב, ק"ג/יום	43.1 ^b	44.6 ^a	0.432	0.045	<.0001	0.941
תכולת חלבון, %	3.32	3.27	0.030	0.565	0.348	0.760
תנובת חלבון, ק"ג/יום	1.42 ^b	1.51 ^a	0.016	0.009	<.0001	0.133
תכולת שומן, %	3.96	3.76	0.052	0.172	0.414	0.664
תנובת שומן, ק"ג/יום	1.71	1.72	0.024	0.911	<0.001	0.094
תכולת לקטוז, %	4.86	4.88	0.377	0.723	0.078	0.625
תנובות לקטוז, ק"ג/יום	2.10 ^b	2.26 ^a	0.181	0.003	<.0001	0.235
יעילות ייצור חלב						
תנובת חלב: צריכת ח"י	1.74	1.74	0.024	0.991	0.067	0.003
חלב מושווה אנרגיה: צריכת ח"י	1.71	1.76	0.030	0.427	0.145	0.086
פרופיל חומצות שומן בחלב						
C16:0	40.1	39.20	1.468	0.073*		
C18:1, trans 9	1.73 ^b	1.93 ^a	0.298	0.051		
C18:2N6cis	3.34 ^b	3.62 ^a	0.341	0.019		
C20:0	0.34	0.37	0.040	0.078*		
PUFA	4.36 ^b	4.77 ^a	0.451	0.013		
Omega-3	3.43 ^b	3.71 ^a	0.340	0.022		
כלל חומצות רוויות	72.2	70.8	2.077	0.067*		
כלל חומצות טרנס	2.26 ^b	2.53 ^a	0.356	0.033		
מטבוליטים בדם						
בטא-הידרוקסי בוטירט מילימולר	1.02	0.83	0.253	0.072*	<.0001	0.414
כלל חומצות שומן לא מאוסטרות, מיליאקוולנט/ליטר	201.8 ^a	166.1 ^b	59.883	0.015	0.024	0.252

שתנן, מ"ג/ד"ל	24.4 ^b	27.8 ^a	3.477	0.046	0.011	0.921
מטבוליטים במיץ כרס						
חנקן אמוניה, מ"ג/ד"ל	15.8 ^b	18.5 ^a	3.509		0.040	<.0001
pH	6.89	6.75	0.231		0.075	<.0001
חומצות שומן נדיפות (מילימול/100 מילימול						
חומצה אציטית	61.7 ^a	58.8 ^b	2.728		0.040	<.0001
חומצה פרופיונית	22.5 ^b	26.2 ^a	2.092		0.001	<.0001
יחס אציטית:פרופיונית	2.90 ^a	2.43 ^b	0.494		0.014	<.0001
נתוני מנות						
צריכת חומר יבש, ק"ג/יום	25.7	26.4	2.566	0.447	0.022	0.010
נעכלות לכאורה של חלבון כללי %	59.2 ^b	61.9 ^a	3.176	0.042		

ממוצעים בשורה עם אות עילית שונה נבלדים.
 PUFA = כלל חומצות שומן רב בלתי רוויות.