

## כּוּשֵׁר ייצור ויעילות ניצול מים בסורגום למספוא

דו"ח סופי למחקר מס' 811-253 לשנים 2003-05

מוגש לקרן המחקרים - הנהלת ענף הבקר

מאת: יהושע סרנגה

המכון למדעי הצמח וגנטיקה בחקלאות, הפקולטה לחקלאות, רחובות

### תוכן העניינים:

#### עמוד

1	שער
2	תקציר בעברית
3	תקציר באנגלית - Abstract
4	מבוא
5	מטרות המחקר
5	תאור הניסויים
7	תוצאות ודיון
13	סיכום ומסקנות
13	הבעת תודה
14	ביבליוגרפיה נבחרת

## כושר ייצור ויעילות ניצול מים בסורגום למספוא

### תקציר:

המחסור במים מהווה גורם מכריע בקביעת הרכבו של ענף המספוא בישראל. כושר הייצור של סורגום דומה לזה של התירס, אולם יתרונו המרכזי של הסורגום הוא עמידותו לתנאי עקה. בעשור האחרון התרחב גידול הסורגום בישראל כתחליף לתירס. לאור הפוטנציאל הרב הטמון בגידול הסורגום בולט במיוחד המחסור בידע אודות תגובתו למשטרי השקיה שונים בתנאי ישראל ויעילות ניצול המים שלו יחסית לתירס.

מטרותיו של מחקר זה הן: (1) אפיון כושר הייצור ויעילות ניצול המים של סורגום בהשוואה לתירס, (2) אפיון תגובת סורגום למנות מים ומשטרי השקיה שונים. במהלך מחקר זה בוצעו ארבעה ניסויי שדה במהלך שלוש שנים, שלושה ניסויים במזרע קיצי ואחד במזרע אביבי. בכל ניסוי נבחנו 4-6 זנים של תירס וסורגום בשלושה משטרי השקיה ובחמש חזרות.

תוצאות שלושת הניסויים שנערכו בקיץ מעידות כי בגידול מספוא קייצי לאחר חיטה לתחמיץ אין כל הבדל משמעותי בייצור החומר היבש בין תירס לסורגום. לעומת זאת במזרע האביבי ניכר יתרון ברור של הסורגום על פני התירס ברמות היבול וביעילות ניצול המים (ראוי להדגיש כי בוצע רק ניסוי אחד במועד זה). בתנאי יובש (בעל והשקיית עזר) ירד שיעור הקלחים ביבול התירס במידה משמעותית יחסית לתנאי השקיה, בעוד שהסורגום שמר על שיעור מכבדים גבוה, ולכן עשוי להיות לסורגום יתרון באיכות בתנאים אלה.

## **Productivity and Water Use Efficiency in Forage Sorghum**

### **Abstract**

Water deficiency is a major factor influencing forage production in Israel. Productivity of sorghum is comparable to that of maize, however the major advantage of sorghum relative to maize is its multiple stress resistances. In the last decade, forage sorghum cultivation in Israel has expanded as a substitute to maize. However, there is shortage of knowledge regarding sorghum responses to various irrigation regimes and its water use efficiency relative to maize.

The objectives of this study were: (1) characterize productivity and water use efficiency of sorghum relative to maize, and (2) characterize sorghum responses to various irrigation regimes.

Four field experiments were conducted during three years, three of them sown in summer and one sown in spring. Each experiment consisted of 4-6 cultivars of sorghum and maize, grown under three irrigation regimes in 5 replicates.

The results of the three summer sown experiments indicated no difference between the productivity and water use efficiency of sorghum and maize. In the spring season, however, the sorghum exhibited a clear advantage over maize in terms of productivity and water use efficiency (it worth noting that only one experiment was conducted at this season). Under drought conditions the number of ears produced by the corn was reduced considerably while the sorghum maintained its grain production, therefore sorghum might produce better forage quality under such conditions.

## מבוא ותאור הבעיה

מים הם הגורם העיקרי המגביל התפתחות צמחים ויבולי גידולים חקלאיים בעולם כולו. בעיה זו אף צפויה להחריף בשל הדרישה הגוברת למים לשימוש ביתי ותעשייתי והשינוי האקלימי הגלובלי. אחת הדרכים המבטיחות להתמודדות עם המחסור במים בחקלאות היא אימוץ גידולים וממשקים בעלי יעילות ניצול המים (היחס בין היבול או כלל חומר יבש לצריכת המים של הגידול) גבוהה.

המחסור במים מהווה גורם מכריע בקביעת הרכבו של ענף המספוא בישראל. ייצור מספוא גס בישראל מבוסס בעיקרו על גידולי בעל חורפיים שהבולט ביניהם הוא החיטה (כ- 260,000 דונם ב-2008). אולם, לצד החיטה מגדלים גם מספר גידולי קיץ בהשקיה שהבולט ביניהם הוא התירס (כ- 70,000 דונם ב-2008) לתחמיץ וגרגרים. ייצור תירס מספוא, תוך שימוש במי השקיה יקרים, נועד לספק את הדרישה למספוא כשר לפסח ולשם ויסות ממשק בורות התחמיץ. לפני כעשר שנים החלו לייצר בישראל סורגום לתחמיץ בתנאי בעל או בהשקיית עזר כתחליף לתירס. היקף גידול הסורגום הגיע בשנה האחרונה לכ- 20,000 דונם.

פוטנציאל הייצור של הסורגום דומה לזה של התירס ולפי מחקרים מסוימים אף עולה עליו (Fribourg, 1995), אולם יתרונו המרכזי של הסורגום בא לידי ביטוי בתנאי עקה. לעומת צמח התירס שהוא רגיש מאוד לעקות מים, מצטיין הסורגום בעמידותו לעקות יובש ומליחות וביעילות ניצול מים גבוהה (Saeed and El-Nadi, 1998; Farah et al., 1997). בישראל גידול תירס על גבי כרב שחור צורך כ- 350 מ"מ מים ומניב כ- 1.7 טון ח"י לדונם, ולעומתו צורך הסורגום בין אפס (גידול בעל) ל- 100 מ"מ בלבד ומניב כ- 1.3 טון ח"י לדונם (לאחר חיטה לתחמיץ נדרשת בשני הגידולים תוספת של כ- 150 מ"מ). בנוסף, ניתן גדל את הסורגום גם כגידול דו-קצירי ולחסוך בכך את תשומות העיבוד והזריעה.

מבחינת איכות המספוא, אין הסורגום נופל מן התירס ויש הטוענים כי הוא עולה עליו. זני סורגום מטיפוס BMR שנבחנו לאחרונה בארץ, מאופיינים בתכולת ליגנין נמוכה דבר המשפר את נעילותם (Gerhardt et al., 1994). מספוא סורגום BMR עולה באיכותו על סורגום נורמלי ומשתווה למספוא תירס בנעילות החומר היבש ובייצור חלב בתחלובה ממושכת (Aydin et al., 1999). זני סורגום BMR נמצאו מתאימים לגידול בתנאי הארץ, למעט בעיה של רביצה אותה ניתן לפתור באגרוטכניקה מתאימה (קיפניס, 2001).

לאור הפוטנציאל הרב הטמון בגידול הסורגום בולט במיוחד המחסור בידע אודות תגובתו למשטרי השקיה שונים בתנאי ישראל ויעילות ניצול המים שלו יחסית לתירס. כימות מאזן המים, יבול המספוא, ואיכותו בגידולים ובממשקים השונים יאפשרו החלטה מושכלת לגבי האפשרות לשלב סורגום בסל גידולי המספוא.

## מטרות המחקר

- יעדו הכללי של מחקר זה הוא בחינת האפשרות לשיפור ממשק גידולי המספוא וחסכון במים באמצעות שילוב סורגום כגידול מספוא קיצי חלופי לתירס.
- להשגת יעד זה נקבעו המטרות הבאות:
- א. אפיון כושר הייצור ויעילות ניצול המים של סורגום בהשוואה לתירס.
  - ב. אפיון תגובת סורגום למנות מים ומשטרי השקיה שונים.

## תאור הניסויים

במסגרת מחקר זה נערכו 4 ניסויים: רבדים- קיץ 2003, נגבה- קיץ 2004, נגבה- אביב 2005, נגבה- קיץ 2005 (שני הניסויים האחרונים נערכו באותה חלקה). ניסויים אלה כללו ארבעה (רבדים) או שישה (נגבה) זני תירס וסורגום שנבחנו ב- 3 משטרי השקיה במתכונת דו גורמית בחלקות מפוצלות (השקיה בחלקה ראשית) ב- 5 חזרות. כל חלקת ניסוי כללה 6 שורות באורך של 10 מ', מהן שתי זוגות השורות הקיצוניות שמשו כשוליים והזוג המרכזי שימש לבדיקות וקטיף. כל הניסויים נזרעו על גבי כרב חיטה לתחמיץ באמצעות מזרעה פנאומטית. עומד הצמחים בחלקות היה 6-9 צמחים למ' שורה. הניסויים דושנו בחנקן בכמות של 15-21 ק"ג לדונם. טיפולי הדברת מזיקים בוצעו כמקובל בגידול מסחרי.

לאחר הזריעה יושמו 2-3 השקיות הנבטה והרוויה בכמות כוללת של כ- 130 מ"מ ובהמשך יושמו מנות מים שונות בהתאם לטיפול. כל משטרי ההשקיה קיבלו מנות מים מוגבלות כמקובל בגידול סורגום - טיפול בעל שקיבל את השקיות ההרוויה בלבד, השקיית עזר כ- 80-100 מ"מ והשקיה מלאה כ- 160-200 מ"מ. כל יתר פרטי הניסוי ופרטים אגרוטכניים אחרים מופיעים בטבלה 1.

בסיום העונה נקצרו הצמחים מ- 5 מ"ר מכל חלקה, כל החומר הטרי שנקצר נשקל (בתירס - קלחים וחלק הוגטטיבי נפרד) וממנו נלקח מדגם של שני צמחים שנשקלו לפני ואחרי ייבוש בתנור. יבול החומר הטרי ואחוז החומר היבש במדגם שמשו לחישוב יבול החומר היבש. דגימות קרקע שנלקחו בתחילת הניסוי ובסיומו שימשו לאמדן רטיבות הקרקע ועל פיה חושבה כמות מי הקרקע שנוצלה ובתוספת מי ההשקיה חושבה גם סך צריכת המים (טבלה 2).

טבלה 1: טיפולים ופרטים אגרוטכניים של הניסויים.

נגבה, 2005 ב	נגבה, 2005 א	נגבה, 2004	רבדים, 2003	
FS-5 – סורגום 101 – סורגום 301 – סורגום SS-20 – סורגום 9220 – תירס 32P75 – תירס	FS-5 – סורגום 101 – סורגום 301 – סורגום SS-20 – סורגום 9220 – תירס 32P75 – תירס	FS-5 – סורגום 101 – סורגום 301 – סורגום SS-20 – סורגום 9220 – תירס 32P75 – תירס	FS-5 – סורגום 101 – סורגום 301 – סורגום 9220 – תירס	<b>מינים / זנים</b>
בעל השקיית עזר - 80 מ"מ השקיה מלאה - 160 מ"מ	בעל השקיית עזר - 80 מ"מ השקיה מלאה - 160 מ"מ	בעל השקיית עזר - 90 מ"מ השקיה מלאה - 180 מ"מ	בעל השקיית עזר - 100 מ"מ השקיה מלאה - 200 מ"מ	<b>טיפולי השקיה וכמות מים מתוכננת</b>
8/7/2005	4/5/2005	26/7/2004	7/7/2003	<b>מועד זריעה</b>
80 + 50 מ"מ (המטרה)	80 + 50 מ"מ (המטרה)	50 X 3 מ"מ (בקו-נוע)	50 X 3 מ"מ (המטרה)	<b>הנבטה והרוויה</b>
54, 47, 40, 35 ימים מהנבטה, 20-50 מ"מ בהשקיה (לפי הטיפול)	63, 56, 49, 42 ימים מהנבטה, 20-50 מ"מ בהשקיה (לפי הטיפול)	58, 49, 42 ימים מהנבטה, 35-65 מ"מ בהשקיה (לפי הטיפול)	70, 55, 40 ימים מהנבטה, 35-65 מ"מ בהשקיה (לפי הטיפול)	<b>מועדי השקיה וכמויות</b>
10/10/2005	15/8/2005	28/10/2004	15/10/2003	<b>קציר</b>

**תוצאות ודין****צריכת מים:**

כמויות המים שיושמו בשני הניסויים היו דומות לכמויות שתוכננו מראש (טבלה 2). כמות מי הקרקע (מים שאריתיים + השקיות הרויה) שנוצלה על ידי הצמחים הלכה וקטנה עם הגדלת מנת המים שיושמה בטיפטוף. סך צריכת המים של טיפולי הניסוי היתה 191-250 מ"מ בטיפול הבעל, 267-303 מ"מ בטיפול השקיית העזר, ו- 345-382 מ"מ בטיפול ההשקיה המלאה.

**טבלה 2: השקיות וצריכת מים של טיפולי הניסויים.**

נגבה 2005 ב	נגבה 2005 א	נגבה 2004	רבדים 2003	
0	0	0	0	<u>כמות מתוכננת, מ"מ (לא כולל</u> <u>הרויה)</u> בעל
85	85	90	100	השקיית עזר
170	170	180	200	השקיה מלאה
0	0	0	0	<u>כמות בפועל, מ"מ (לא כולל הרויה)</u> בעל
84	84	90	99	השקיית עזר
160	167	176	198	השקיה מלאה
200	193	250	191	<u>ניצול מי הקרקע, מ"מ</u> בעל
190	183	213	172	השקיית עזר
186	178	206	154	השקיה מלאה
200	193	250	191	<u>סך צריכת מים, מ"מ</u> בעל
274	267	303	271	השקיית עזר
346	345	382	352	השקיה מלאה

ייצור חומר יבש:

יבול החומר היבש בשלושת הניסויים שבוצעו בעונת הקיץ היה 500-1300 גר' למ"ר בטיפול הבעל, 700-1500 גר' למ"ר בהשקיית עזר, ו- 1000-1900 גר' למ"ר בהשקיית מלאה (איור 1). לעומת זאת הניסוי שבוצע בעונת האביב (2005) הניב יבול חומר יבש גבוה יותר, היה 500-1000 גר' למ"ר בטיפול הבעל, 1000-2500 גר' למ"ר בהשקיית עזר, ו- 1000-2900 גר' למ"ר בהשקיית מלאה. בניסוי רבדים- 2003 ובניסוי נגבה- אביב 2005 נמצאו השפעת גומלין מובהקות זנים X משטרי השקיה ולכן מוצגים ההבדלים בתוך כל משטר בנפרד. בתוצאות ניסוי נגבה- 2004 ונגבה- קיץ 2005 נמצאה השפעת מובהקת של משטר ההשקיה בלבד ואילו הזנים ויחסי הגומלין זנים X משטרי השקיה נמצאו קרובים למובהקות אך לא עברו את הסף הסטטיסטי המקובל.

עקום תגובה למים

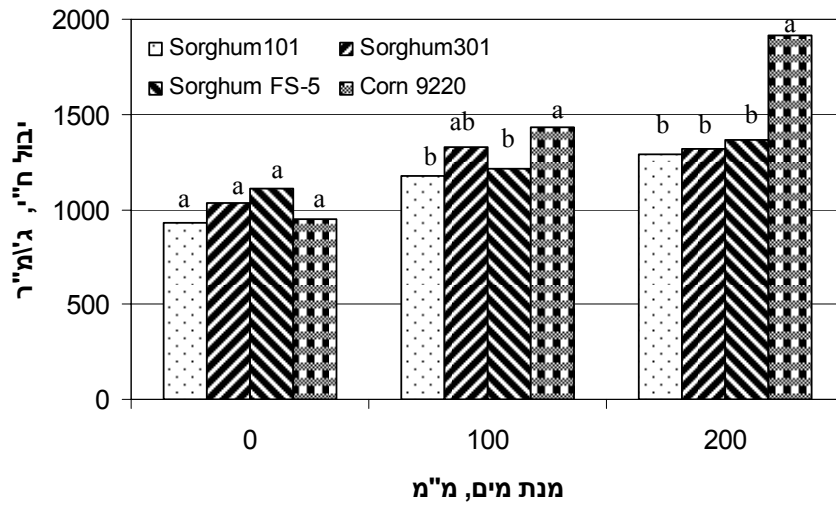
עבור כל אחד מן הניסויים חושבו עקומי התגובה של תירס וסורגום למי השקיה ולכלל צריכת מים (איור 2). במרבית המקרים נמצאו עקומי תגובה מובהקים סטטיסטית. לפי עקומי התגובה של ניסוי רבדים-2003, לא נמצא הבדל בין סורגום לתירס בתנאי בעל (הרוויה בלבד), אולם, ככל שעלתה מנת המים בהשקיה גדל יתרונו של התירס יחסית לסורגום. לעומת זאת בשני הניסויים הנוספים שנערכו בקיץ בנגבה (2004-5) הראו הסורגום והתירס עקומי תגובה דומים. שינוי משמעותי יחסית לניסויי הקיץ נראה בעקומי התגובה של ניסוי נגבה- אביב 2005, המראים יתרון ברור לסורגום על פני כל טווח משטרי ההשקיה שנבדקו.

יעילות ניצול המים

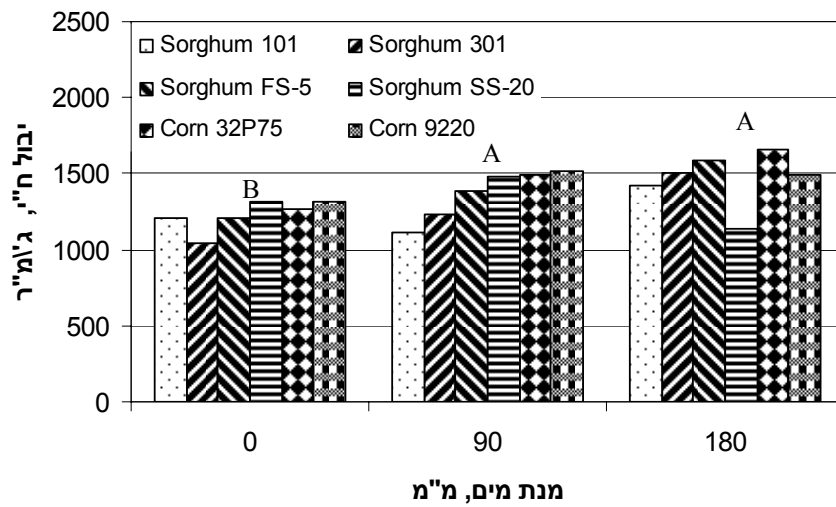
עבור כל אחד מן הניסויים חושבו יעילות ניצול המים של תירס וסורגום ביחס בין יבול הח"י לכלל צריכת מים (טבלה 3). בהתאמה לעקומי התגובה למים מראים ערכי יעילות ניצול המים דמיון רב בין התירס לסורגום בעונת הקיץ (למעט יתרון קל לתירס בניסוי רבדים- 2003). לעומת זאת, בעונת הגידול האביבית נימצא יתרון בולט לסורגום על פני התירס ביעילות ניצול המים.



א. רבדים 2003

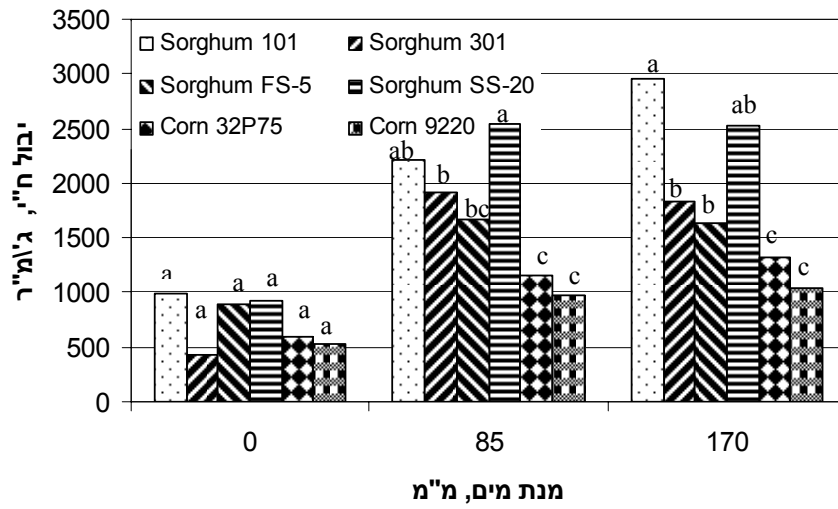


ב. נגבה 2004

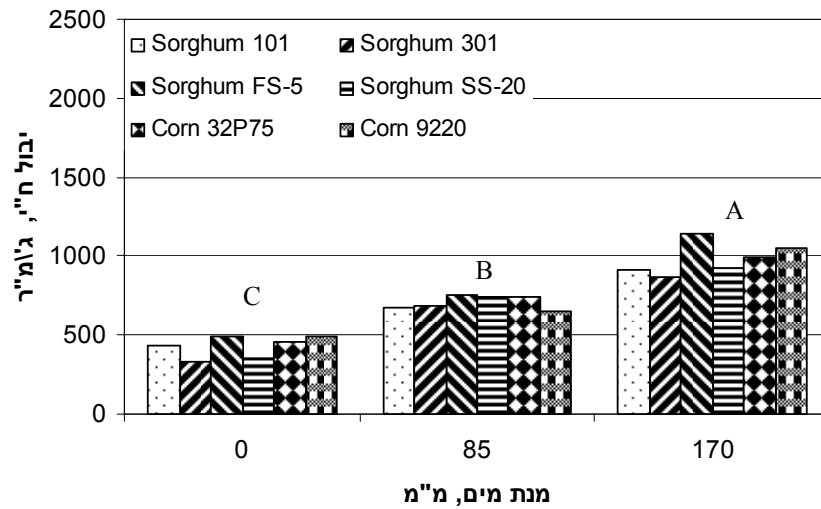


איור 1 א' ב': יבול חומר יבש של תירס וסורגום למספוא ברבדים 2003 ונגבה 2004. השוואת ממוצעים לפי מבחן תחום ברמת מובהקות של 5% בין זנים בתוך כל משטר השקיה (a,b, במקרה של השפעת גומלין מובהקת) או בממוצע בין משטרי השקיה (A,B, במקרה של השפעה עיקרית מובהקת), ערכים המסומנים באות זהה אינם נבדלים זה מזה. (המשך האיור בעמוד הבא)

ג. נגבה 2005A (אביב)

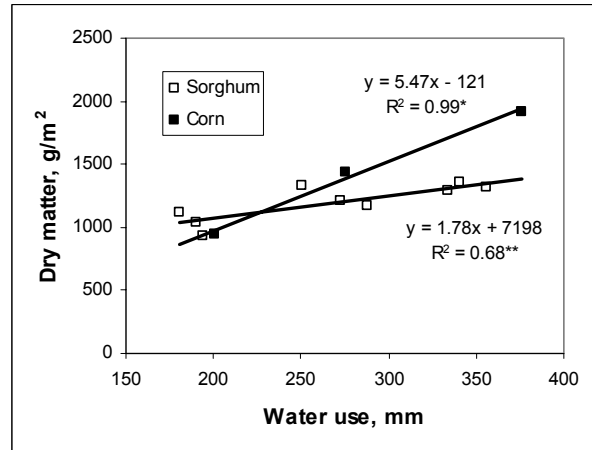
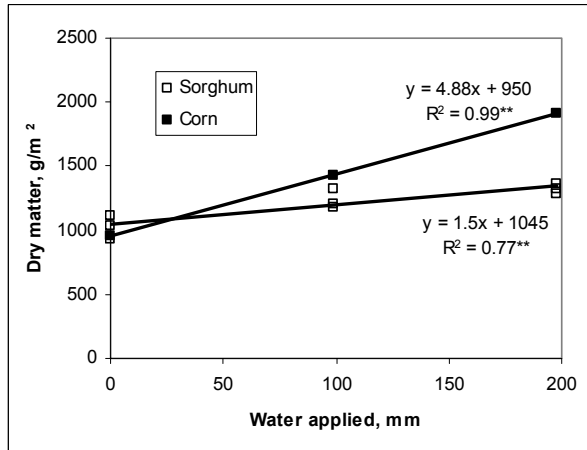


ד. נגבה 2005B (קיץ)

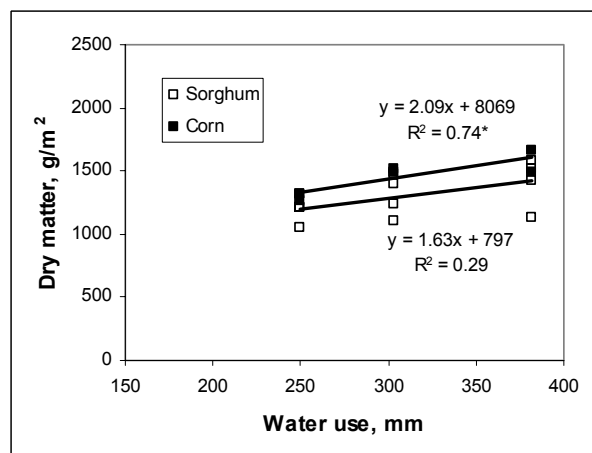
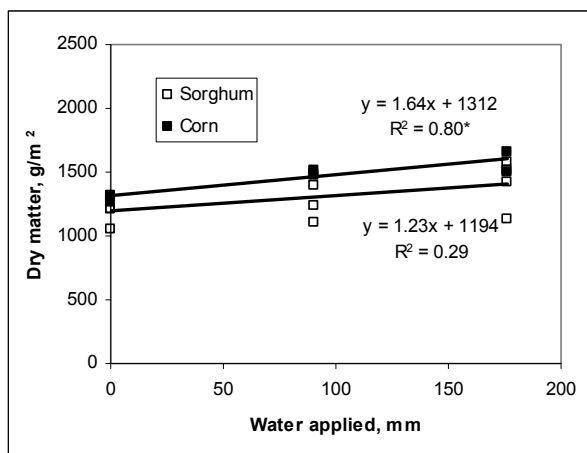


איור 1 ג'ד' (המשך מעמוד קודם): יבול חומר יבש של תירס וסורגום למספוא בנגבה 2005 בזריעה אביבית וקייצית. השוואת ממוצעים לפי מבחן תחום ברמת מובהקות של 5% בין זנים בתוך כל משטר השקיה (a,b) במקרה של השפעת גומלין מובהקת) או בממוצע בין משטרי השקיה (A,B) במקרה של השפעה עיקרית מובהקת), ערכים המסומנים באות זהה אינם נבדלים זה מזה.

## א. רבדים 2003

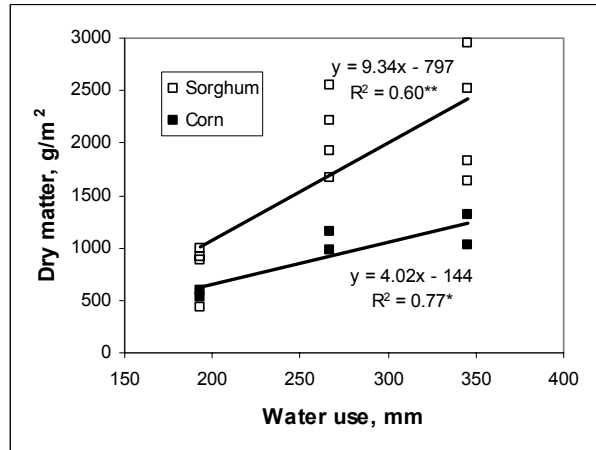
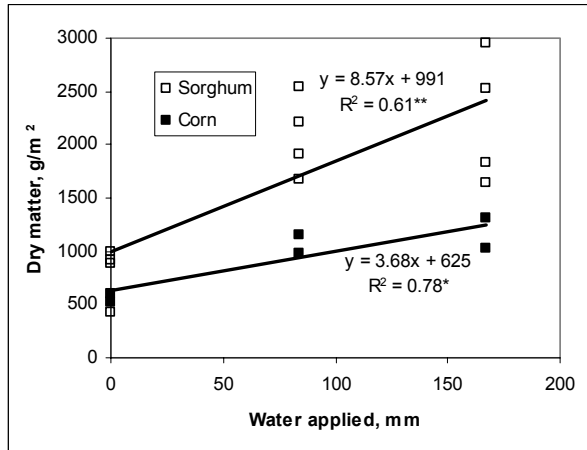


## ב. נגבה 2004

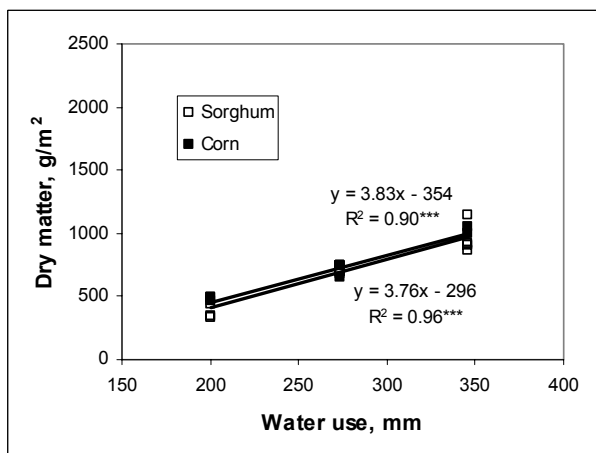
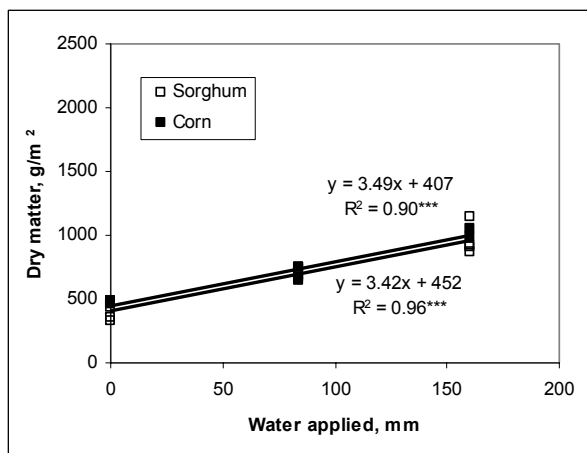


איור 2 א' ב': עקומי תגובה של יבול חומר יבש לכמות המים בהשקיה ולכלל צריכת המים שחשוב עבור תירס וסורגום למספוא שנבחנו ברבדים 2003 ונגבה 2004. \*, \*\* ו-\*\*\* מציינים מובהקות של מקדמי הרגרסיה ( $R^2$ ) ברמת של 0.05, 0.01, ו-0.001, בהתאמה. (המשך האיור בעמוד הבא).

## ג. נגבה 2005A (אביב)



## ד. נגבה 2005B (קיץ)



איור 2 ג' ד' (המשך מעמוד קודם): עקומי תגובה של יבול חומר יבש לכמות המים בהשקיה ולכלל צריכת המים שחושבו עבור תירס וסורגום למספוא שנבחנו בנגבה 2005 בזריעה אביבית וקייצית. \*, \*\* ו- \*\*\* מציינים מובהקות של מקדמי הרגרסיה ( $R^2$ ) ברמת של 0.05, 0.01, ו- 0.001, בהתאמה.

**טבלה 3:** יעילות ניצול המים (יבול ח"לכלל צריכת המים) של סורגום ותירס למספוא בארבעה ניסויי שדה. הערכים המוצגים הם ממוצעים של כל הזנים והטיפולים שנכללו בכל ניסוי.

יעילות ניצול מים, גר' ח"לליטר מים		ניסוי
תירס	סורגום	
5.01	4.64	רבדים, קיץ 2003
4.75	4.26	נגבה, קיץ 2004
3.43	6.15	נגבה, אביב 2005
2.62	2.46	נגבה, קיץ 2005

### **סיכום ומסקנות:**

תוצאות שלושת הניסויים שנערכו בקיץ מעידות כי בגידול מספוא קייצי לאחר חיטה לתחמיץ אין כל הבדל משמעותי בייצור החומר היבש בין תירס לסורגום (למעט יתרון לתירס בניסוי אחד בטיפולי ההשקיה). לעומת זאת במזרע האביבי ניכר יתרון ברור של הסורגום על פני התירס ברמות היבול וביעילות ניצול המים. בתנאי יובש (בעל והשקיית עזר) ירד שיעור הקלחים ביבול התירס במידה משמעותית יחסית לתנאי השקיה, בעוד הסורגום שמר על שיעור מכבדים גבוה, ולכן עשוי להיות לסורגום יתרון באיכות בתנאים אלה. מן הראוי להדגיש כי בשל סיום תקופת המחקר יש בידינו תוצאות של ניסוי אחד בלבד מעונת האביב ויש לבצע ניסוי נוסף על מנת לבסס את התוצאות לגבי עונה זו. כמו כן, בשל מגבלה תקציבית לא נבדקה איכות המספוא וזהו כמובן גורם שיש להתייחס אליו בטרם ניתן יהיה להגיע למסקנות סופיות.

### **הבעת תודה:**

ברצוני להודות לכל אלו אשר סייעו לביצוע המחקר:

- להנהלת ענף בקר על מימון המחקר.
- ליגב קילמן וצוות גד"ש "צבר קמה" ולישראל שי וצוות גד"ש "דגנים" על אירוח הניסויים והסיוע הרב בביצועם.
- לאפריים צוקרמן, אריה בוסק, טל קיפניס ועופר גורן על הסיוע בעצה ובמעשה.
- לחברות "אחים מילצן", "עדן זרעים" ו"תרסיס" על אספקת הזרעים לניסויים.
- לצוות עוזרי המחקר והסטודנטים במעבדתי בפקולטה לחקלאות שסייעו בביצוע העבודה.

**ביבליוגרפיה נבחרת:**

- קיפניס ט., 2002. סורגום: מספוא קיצי חלופי לתירס להזנת בקר לחלב. בתוך: א. צוקרמן (עורך), סיכום ניסויי שדה ותצפיות במספוא, בהוצאת מ. החקלאות, שה"מ, עמ' 91-105.
- Aydin G., R.J. Grant and J. O'Rear, 1999. Brown midrib sorghum in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82:2127-2135.
- Farah S.M., A.A. Salih, A.M. Taha, Z.I. Ali and I.A. Ali, 1997. Grain sorghum response to supplementary irrigation under post-rainy season conditions. *Agric. Water Mamage.* 33:31-41.
- Fribourg H.A., 1995. Summer annual grasses. In: R.F. Barnes, D.A. Miller and C.J. Nelson (eds.), *Forages, Vol. I, An Introduction to Grassland Agriculture.* Iowa State University Press, Ames, IA, USA, pp. 463-472.
- Gerhardt R.L., J.O. Fritz, K.J. Moore and E.H. Jaster, 1994. Digestion kinetics and composition of normal and brown midrib sorghum morphological components. *Crop Sci.*, 34:1353-1361.
- Saeed I.A.M. and A.H. El-Nadi, 1998. Forage sorghum yield and water use efficiency under variable irrigation. *Irrig. Sci.* 18:67-71.