

השפעת ההשקיה בקולחים על הערך התזונתי ועל תכולת המינרלים בצמחי מספוא

מוגש להנהלת ענף בקר על ידי:

אדית יוסף, מירון יהושע, משה נקבחת, דני בן-גדליה
מינהל המחקר החקלאי

ואפרים צוקרמן
שה"מ

תקציר

השימוש במי קולחים לגידול צמחי מספוא קיציים הולך וגובר עקב בצורות מחד, והצורך להפטר מעודפים של קולחים אורבנים מאידך. לפי תקנון שמירת איכות הסביבה, בארץ מי הקולחים מטוהרים עד דרגה שניונית לפני הזרמתם לנחלים או לים. איכות מי הקולחים המטוהרים בדרגה זאת, נמוכה יחסית, אך מתאימה להשקיית צמחי מספוא, באם בודקים לאורך זמן את השפעת הקולחים על איכות הסביבה והמספוא. מטרות העבודה הנוכחית היו לבחון את השפעת השקיה בקולחים בהשוואה להשקיה במים שפירים על: 1. צבירת המינרלים בצמחי המספוא; 2. הרכב הצמח וערכו התזונתי עבור מע"ג, תוך דגש על איכות דופן התא (NDF) ונעכלותה ע"י חיידקי הכרס בכרס מלאכותית (כרמ"ל). בשנה הראשונה נבחנה השפעת השקיה בקולחים על שני זני תירס מסחריים למספוא: אורופסה ממקור ארופאי והזן 32P75 שפותח בארה"ב ע"י חברת "פאיוניר". בשנה השנייה נבחנה השפעת השקיה במי קולחים על זן סורגום מסחרי למספוא FS5. בשנה השלישית נבחנה השפעת השקיה בקולחים על צמחי המספוא: סיטריה והמכלוא סורגום- עשב סודני (סורגוסודן). בחוות ניסיונות עכו גודלו בשנים 2007-2009 צמחי המספוא הנ"ל שהושקו במי קולחים או במים שפירים. כל טיפול גודל בחמש חזרות בבוקים באקראיות גמורה. המוליכות במים שפירים ובמי קולחים הייתה 0.81 ו בתחום 1.4-1.7 ד"ס/מ', בהתאמה. מבחן השפעת ההשקיה במי קולחים בהשוואה להשקיה במים שפירים על איכות צמחי מספוא קיציים: תירס, סורגום, סיטריה וסורגוסודן הצביע על מסקנות הבאות: 1. לא נמצאה השפעה להשקיה בקולחים על היבול ועל המאפיינים הפנולוגים של הצמחים. בצמחים דו-קציריים נמצא יתרון מובהק לגידול הקיצי הראשון בפרמטרים הפנולוגים וביבולים. בדרך כלל הצמחים מהקציר השני מאופיינים בנעכלות הח"י וה- NDF נמוכה ובריוזים נמוכים של חלבון וניטרטים, בהשוואה לצמחים מהקציר הראשון; 2. הייתה מגמה של עליה בריוזי NDF בהשפעת ההשקיה בקולחים; 3. השפעת השקיה בקולחים על הנעכלות במבחנה של כלל הח"י וה- NDF הייתה כדלקמן: א. בתירס אורופסה נמצאה השפעה חיובית ובזן 32P75 השפעה שלילית; ב. בסורגום FS5 הייתה השפעה שלילית; ג. בסורגוסודן - השפעה שלילית; ד. בסיטריה לא נמצאה השפעה. 4. למרות שמי קולחים מכילים מספר רב של מינרלים בריכוזים גבוהים בסדרי גודל בהשוואה למים שפירים, לא נמצאו הבדלים מובהקים בין שני טיפולי ההשקיה בתכולות המינרלים בכל הצמחים שנבחנו. 5. נראה שהריכוזים הגבוהים של המינרלים בקולחים מטוהרים בדרגה שניונית, שבהם נעשה שימוש בניסויים אלו היו מתחת לרמות סף הנזק לגידול הצמחים. 6. השקיה במי קולחים חוסכת דשן יקר. לפי החישובים מניסויים אלו נמצא שמי הקולחים מספקים את כל הכמות של הזרחן, כ 80% מצריכת החנקן וכ 25% מצריכת האשלגן, הנדרשים לגידול צמחי המספוא הקיציים שנבחנו.

מבוא

השימוש במי קולחים לגידול צמחי מספוא קיציים הולך וגובר עקב בצורות מחד, והצורך להפטר מעודפים של מי קולחים אורבנים מאידך. לפי תקנון שמירת איכות הסביבה, מי הקולחים בארץ חייבים לעבור טיהור עד דרגה שניונית לפני הזרמתם לנחלים או לים. איכות מי הקולחים המטוהרים בדרגה זאת, נמוכה יחסית, ומתאימה להשקיית צמחי מספוא. לגידול המספוא על קולחים יש פוטנציאל רב ויתרונות רבים, כולל: הזלת עלויות ההשקיה עקב העלות הנמוכה של מי קולחים בהשוואה למים שפירים; המספוא הגדל על קולחים מהווה מזון גם איכותי עבור מע"ג; גידול המספוא ממלא גם את הפונקציה של יצירת מרחבי חיץ ירוקים בין הגושים העירוניים ומשפר את איכות הסביבה; השימוש במי קולחים יכול לחסוך דשן יקר, כפי שנראה בעבודה זו. צמחי המספוא, בעיקר ממשפחת הדגניים עמידים יחסית למליחות ולבורון. בשנת 2002 בחנו את

ההשפעה של ההשקיה בקולחים על גידול סורגום ותירס למספוא (Ben-Ghedalia et al., 2003). לפי עבודה ראשונית זאת, התירס הגיב טוב יותר מהסורגום להשקיה בקולחים, ויבול התירס ונעילותו עלו בהשפעת השקיה בקולחים בהשוואה להשקיה במים שפירים. ראוי לציין כאן, שבניסוי תירס וסורגום משנת 2003, איכות מי הקולחים שהגיעו מקלקיליה, הייתה מאד ירודה. יבולי הסורגום המושקה בקולחים ירדו בכ 35% ונעילות החומר היבש בכ 7% בהשוואה לצמחים שהושקו במים שפירים.

בניסוי אחר, בו בחננו השפעת השקיה בקולחים על גידול זון בערבה, נמצא שיבול החומר האורגני של הזון שהושקה בקולחים ירד בכ 30% בהשוואה לזון שגדל על מים שפירים (Ben-Ghedalia et al., 2001). אך ראוי לציין שמליחות המים בניסוי הזון היתה גבוהה בהרבה מזו של מי הקולחין שבהם השתמשנו בניסוי הנוכחי (ערכי מוליכות המים בניסוי הזון היו 3, 6 ו-9 ד"ס/מ'). בעקבות פיתוח שיטות מתקדמות לטיהור מים, איכות מי הקולחים השתפרה במהלך השנים. התירס מהווה את צמח המספוא הקיצי העיקרי המשמש להזנת מע"ג והוא מגודל בממוצע רב שנתי בארץ על שטח של כ 40 אלף דונם. מבחן של ערך התזונתי עבור מע"ג ואיכות דפנות התאים בזנים החדשים של תירס וסורגום המצויים בארץ, נערך על ידנו בשנים האחרונות (Miron et al., 2005 ; Yosef et al., 2003, 2007).

סורגום למספוא מגודל בארץ על שטח כ 25 אלף דונם לשנה ותופס מקום שני לאחר התירס בהיקף גידולי המספוא הקיציים. מבחן של ערך התזונתי עבור מע"ג ואיכות דפנות התאים בזנים החדשים של סורגום למספוא, נערך על ידנו בשנים האחרונות (Yosef et al., 2003 ; Miron et al., 2005 , 2007).

בין מחזורי הגידול של מספוא קיצי וחורפי הרווחים בארץ, ניתן לנצל את השטחים לגידול מחזור קצר נוסף של מספוא שמשלב כחלק ממחזור הגידולים השנתיים. צמחי מספוא כגון: סיטריה, פנסילריה, מכלא סורגום-עשב סודני (סורגוסודן), הם גידולים עשבוניים ללא שבולים, הדורשים מחזור גידול קצר יחסית של חודשיים.

הגברת השימוש בקולחים להשקיית מספוא מעלה מספר רב של שאלות הקשורות להשפעה המצטברת לאורך זמן על איכות הקרקע וזיהום מי התהום. כמו כן, מתעוררות שאלות ביחס להשפעת מי הקולחים על איכות צמחי המספוא, מרכבי הצמח, הערך התזונתי של הצמח, תכולת המינרלים בצמח, אספקטים מיקרוביאליים ותברואתיים ועוד.

איכות צמחי המספוא המגודלים בארץ נמוכה בהשוואה לאלו המגודלים באזורים ממוזגים. עקב תנאי האקלים בארץ, צמחי המספוא הם עתירי דופן תא, בעלי ריכוז גבוה יחסית של ליגנין, ולכן הגורמים המשפיעים על ערכם התזונתי עבור מע"ג, הם תכולה ואיכות הדופן ופריקותה ע"י חיידקי הכרס

מטרות העבודה היו לבחון השפעת השקיה בקולחים על:

1. צבירת המינרלים בצמחי מספוא;
2. איכות הצמח וערכו התזונתי עבור מע"ג, תוך דגש על איכות דופן התא ונעילותה בכרס מלאכותית (כרמ"ל) ע"י חיידקי הכרס.

בשנה הראשונה 2007 נבחנה השפעת השקיה **במי קולחים בהשוואה להשקיה במים שפירים על שני זני תירס מסחריים למספוא**: אורופסה ממקור ארופאי והזן 32P75 שפותח בארה"ב ע"י חברת "פאיוניר".

בשנה השנייה 2008 נבחנה השפעת השקיה במי קולחים על זן סורגום מסחרי למספוא FS5.
בשנה השלישית 2009 נבחנה השפעת השקיה בקולחים על צמחי המספוא: סיטריה והמכלוא סורגום-עשב סודני (סורגוסודן).

דו"ח מדעי לשנת 2007

השפעת ההשקיה בקולחים על הערך התזונתי ועל תכולת המינרלים בצמחי תירס למספוא

תקציר

התירס מהווה את הצמח המספוא הקיצי העיקרי המשמש להזנת מע"ג ומגודל כל שנה על שטח של כ 40 אלף דונם.

בחוות ניסיונות עכו גודלו בשנת 2007 שני זני תירס מסחריים למספוא: הזן אורופסה ממקור אירופאי, והזן 32P75 שפותח בארה"ב ע"י חברת 'פאיוניר'. כל זן גודל בחמש חזרות בבלוקים באקראיות גמורה שהושקו לאחר הנבטה בטפטוף ב 338 קוב לדונם מים שפירים או כמות זהה של מי קולחים מטיהור שניוני. לצורך ממשק הדישון נלקחה בחשבון תכולת החנקן במי הקולחים. המוליכות במים שפירים ובמי

קולחים הייתה 0.81 ו 1.41 ד"ס"מ, בהתאמה. החלקות נקצרו כאשר הגרעינים הגיעו להבשלת חלב דונג, שהוא השלב האופטימאלי להחמצה (כ 30% תכולת ח"י בזן אורופסה ו 33% בזן 32P75). באפיון הפנוטיפ של הצמח כולל: גובה הצמח, קוטר הגבעול, מספר הקלחים והעלים לגבעול, וגובה הקלח, לא נמצאו הבדלים מובהקים בין שני טיפולי ההשקיה. ביחס לתכולת NDF, וריכוזי מרכבי הדופן הצלולזה והליגנין נמצאה מגמה של עליה קלה (לא מובהקת) בהשפעת ההשקיה קולחים. יבולי שני זני התירס היו כ 2,400 ק"ג ח"י"ד' ולא נמצאו הבדלים מובהקים ביבול בין שני הטיפולים. השקיה בקולחים השפיעה באופן שונה על הנעכלות בכרמ"ל של הח"י וה NDF בשני זני התירס, כאשר בזן אורופסה השקיה בקולחים שיפרה את הנעכלות ואילו בזן 32P75 היא הפחיתה את הנעכלות בהשוואה להשקיה במים שפירים.

במי ההשקיה ובצמחי התירס נבדקו 22 סוגי מינרלים. מי קולחים הכילו מספר רב של מינרלים בריכוזים גבוהים בסדרי גודל בהשוואה למים שפירים, כולל: נתרן (פי 5.4), גופרית (פי 2.6), אשלגן (פי 14), זרחן (פי 473), אלומיניום (פי 5.6), בורון (פי 2.4), מגנזיום (פי 24.3), נחושת (פי 31.9), סיליקה (פי 1.8). למרות זאת, בשני זני התירס לא נמצאו הבדלים מובהקים בין שני הטיפולים בתכולת המינרלים שנבחנו. העבודה הנוכחית מראה שכנראה בצמחי התירס קיימים מנגנונים המאפשרים לצמח להתמודד עם רמות המינרלים המצויים במי הקולחים מטיהור שניוני. מאזן המינרלים שסופקו במי ההשקיה במשך כל הגידול ותכולת המינרלים בכלל יבול הצמח, מראה שישנם אלמנטים המצויים בעודף במי ההשקיה בהשוואה לצורכי הצמח כגון: Cu, Mg, Na, Ca, עודפים אלו נאגרים כנראה בקרקע. אלמנטים אחרים כגון: K, Mn, Fe, Al מצויים בחוסר אפילו במי הקולחים, וצמחי התירס חייבים לקלוט אלמנטים אלו מהקרקע תוך דילול הקרקע מאלמנטים אלו.

בתכולת הניטראטים, לא נמצאו הבדלים מובהקים בצמחי התירס משני הטיפולים. מצא שתירס אורופסה צובר פי 2-3 ניטראטים בהשוואה לזן 32P75.

מהלך העבודה

ניסוי גידול התירס בשדה

בחוות הניסיונות גליל מערבי-עכו גודלו בשנת 2007 שני זני תירס מסחריים למספוא: הזן אורופסה ממקור אירופאי, והזן 32P75 שפותח בארה"ב ע"י חברת פאינור. כל זן גודל בחמש חזרות בבלוקים באקראיות גמורה. החזרות היו חלקות בגודל 6 מ' x 10 מ'. בכל חלקה היו 3 ערוגות ובכל ערוגה נזרעו שתי שורות צמחים במרחק של 1 מ' בין השורות. שני זני התירס נזרעו ב 5.4.2007 והונבטו בהשקיה בהמטרה ב 21 קוב לדונם מים שפירים וב 45 קוב לדונם מי גשם. לאחר הנבטה, בתאריך 17.5.2007 החלה השקיה בטפטוף, בסה"כ 338 מ"ק מים שפירים לדונם או כמות זהה של מי קולחים במשך כל הגידול. מי קולחים לאחר טיהור שניוני סופקו ממאגר קבוע 'שומרת'. לצורך ממשק הדישון נלקחה בחשבון תכולת החנקן במי הקולחים, ועל מנת ששני הטיפולים יקבלו דישון חנקני זהה, החלקות שהושקו במים שפירים דושנו ב 30 ק"ג חנקן צרוף ל'ד' והחלקות שהושקו בקולחים קיבלו רק 13 ק"ג חנקן צרוף ל'ד'. במשך הגידול נדגמו כל שבועיים שני סוגי מי ההשקיה. החלקות נקצרו בתאריך 27.6.2007, כאשר הגרעינים הגיעו להבשלת חלב דונג, שהוא השלב האופטימאלי להכנת תחמיץ.

שיטות העבודה

הדגימות של צמחי התירס מ 10 מ' שורה נקצרו ידנית מכל חלקה מהערוגה האמצעית, על מנת למנוע השפעות של הטיפול על החלקות השכנות. נבחנו איפיונים פנולוגים של הצמחים ומדדי היבול למ"ר לאחר יבוש ב 105 מ"צ. דגימות נוספות יובשו ב 65 מ"צ למשך 72 שעות, נטחנו דרך נפה בעלת חורים בקוטר 1 מ"מ מהדגימות שימשו לבדיקת ההרכב הכימי והנעכלות של הח"י וה NDF בכרמ"ל, ותכולת המינרלים כמפורט בהמשך. תכולת החומר האורגני נקבעה ע"י שריפה ב 550 מ"צ, למשך שעותיים. עקב תנאי האקלים בארץ, צמחי המספוא הם עתירי דפנות תאים, ולכן ערכם התזונתי תלוי רבות בתכולת ובאיכות דפנות התאים. תכולת דופן התא ומרכיביה נקבעו על פי שיטת הפרקציונציה בדטרנגנטים של Van Soest et al., (1991). המיצוי בדטרנגנט נויטראלי בצמחי התירס (המכילים גרעינים), נעשה תוך שימוש בעמילאזות לפי שיטתם של Nsereko et al. (1998). הנעכלות בכרמ"ל של החומר היבש בצמחי המספוא נקבעה לפי השיטה הדו-שלבית של Tilley and Terry, (1963). תכולת החלבון בצמחים נקבעה לפי שיטת Kjeldahl (AOAC, 1984). נעכלות ה NDF של צמחי המספוא בכרמ"ל נקבעה ע"י שילוב שיטתם של Tilley and Terry, (1963) ו Van Soest et al., (1991). תכולת המינרלים במי ההשקיה ובצמחים נקבעה במכשיר ICP מתוצרת SPECTRA, לאחר שריפה בחומצה ניטרית בכלים סגורים הרמטית במיקרוגל CEM מדגם 2000. ניתוח השונות של התוצאות נעשה במתכונת של Anova על פי Tukey & Kramer בתוכנה Jmp-5.

תוצאות ודין

1. יבולים ואספקטים פנולוגיים

היבול, תכולת חומר היבש וחומר האורגני בשני זני התירס שגודלו על מים שפירים או מי קולחים מוצגים בטבלה 1. בכל הפרמטרים אלו לא נמצאו הבדלים מובהקים בין שני הטיפולים. בעת הקציר, תכולת חומר היבש בזן אורופסה היתה נמוכה בהשוואה לזן 32P75.

טבלה 1. היבול (ק"ג ח"י/ד'), תכולת חומר יבש (%), וחומר אורגני (% ע"ב ח"י) של זני התירס שהושקו במים שפירים או במי קולחים.

פרמטר	אורופסה			32P75		
	שפירים	קולחים	שח"מ	שפירים	קולחים	שח"מ
יבול	2422	2314	68.6	2450	2348	55.6
ח"י	29.6	30.6	0.93	32.5	34.5	0.72
ח"א	95.0	94.6	0.25	95.0	94.6	0.32

הערכים באותה שורה לא נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$.

בטבלאות 2 ו 3 מוצגת השפעת סוג מי ההשקיה (קולחין לעומת שפירים) על איפיונים פנולוגיים של שני זני התירס. בפרמטרים שנבחנו לא נמצאו הבדלים מובהקים בין שני הטיפולים, פרט לעליה מובהקת בתכולת העלים על חשבון הקלחים בזן 32P75 (טבלה 3). הריכוז הגבוה של הקלחים כולל הגרעינים (כ 60%) בשני הזנים מצביע על איכות טובה של צמחי התירס.

טבלה 2. השפעת השקיה בקולחים על איפיונים פנולוגיים: גובה הצמח, מספר הקלח והמיקום בגבעול, קוטר הגבעול ומספר העלים בגבעול בצמחי התירס מזן אורופסה ו 32P75.

זן	אורופסה			32P75		
	שפירים	קולחים	שח"מ	שפירים	קולחים	שח"מ
פרמטר						
גובה הצמח (ס"מ)	278	275	0.04	292	298	0.05
גובה הקלח (ס"מ)	137	132	2.41	139	141	2.47
מס. קלח/צמח	1.02	0.98	0.01	1.01	0.99	0.01
קוטר הגבעול (מ"מ)	27.3	27.5	0.46	23.0	23.3	0.41
מס. עלים וגבעול	12.3	12.4	0.17	10.6	10.9	0.21

הערכים באותה שורה לא נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$.

טבלה 3. התפלגות משקל אברי צמחי התירס מזן אורופסה ו 32P75 שהושקו במי קולחים או במים שפירים (% מכלל הח"י בצמח)

אברי הצמח	אורופסה			32P75		
	שפירים	קולחים	שח"מ	שפירים	קולחים	שח"מ
עלים	15.1	15.4	0.17	15.2 [*]	16.6 ^ב	0.34
גבעולים	25.0	24.6	0.48	21.2	21.4	0.30
קלחים	59.9	60.0	0.43	63.6 [*]	62.0 ^ב	0.38

^{א,ב} ערכים באותה שורה המסומנים באותיות שונות נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות

$P < 0.05$.

2. איכות הצמח וערכו התזונתי עבור מע"ג

הזן אורופסה עשיר יותר בחלבון בהשוואה לזן 32P75. ביחס לתכולת NDF, וריכוזי מרכבי הדופן הצלולוזה והליגנין נמצאה מגמה של עליה קלה ולא מובהקת בהשפעת ההשקיה קולחים לעומת השקיה בשפירים (טבלה 4).

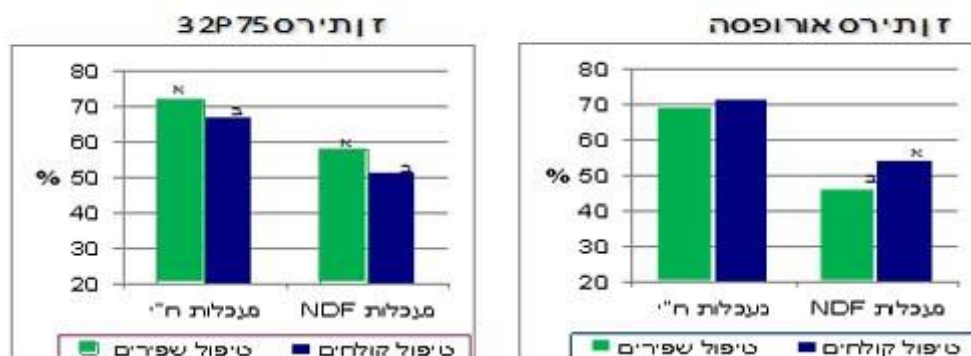
טבלה 4. תכולת החלבון, דופן התא ומרכיביה בשני זני התירס שהושקו במים שפירים או במי קולחים (% ע"ב ח"י)

פרמטר	32P75			אורופסה		
	שפירים	קולחים	שח"מ	שפירים	קולחים	שח"מ
חלבון	7.20	7.07	0.14	6.83	6.54	0.23
NDF	48.0	51.6	1.98	50.8	55.3	1.93
צלולזה	22.7	24.7	1.22	24.3	28.4	1.32
חמיצלולוזה	21.4	22.4	0.68	22.0	22.1	0.47
ליגנן	3.89	4.48	0.20	4.47	4.82	0.17

הערכים באותה שורה לא נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$.

ביחס לנעכלות, שני זני התירס הגיבו באופן שונה להשקיה בקולחים. בגרף 1 מוצגים ערכי הנעכלות בכרמ"ל של ח"י וה NDF בשני זני התירס שגודלו על קולחים או על מים שפירים. השקיה בקולחים שיפרה את נעכלות ח"י וה NDF בזן אורופסה אבל גרמה לירידה מובהקת בנעכלות ח"י והדופן בזן 32P75.

גרף 1. נעכלות in vitro של ח"י ו NDF של זני תירס שגודלו על מי קולחים או מים שפירים (% ע"ב ח"י)



3. תכולת המינרלים במי ההשקיה ובצמחי התירס

מי קולחים מאופיינים ב pH ובמוליכות גבוהה בהשוואה למים שפירים, וזאת כתוצאה מהתכולה הגבוהה של המינרלים. במידגמים האינדיבידואליים של מי ההשקיה (ובמידגמי צמחי התירס מהחלקות השונות נבדקו 22 סוגי מינרלים. נמצאו ריכוזי אניונים גבוהים מאד במי קולחים בהשוואה למים שפירים (טבלה 5).

טבלה 5. ערכי pH, המוליכות ותכולת האניונים הממוצעים במי ההשקיה:

פרמטר	מים שפירים	מי קולחים	שח"מ
pH	6.98 ^a	7.84 ^b	0.04
מוליכות (ds/m)	0.81 ^b	1.48 ^a	0.02
Cl (מ"גול")	51.0 ^b	129 ^a	1.00
S (מ"גול")	5.66 ^b	14.7 ^a	0.62
P (מ"גול")	0.03 ^b	14.2 ^a	0.38
N כללי (מ"גול")	2.89 ^b	57.3 ^a	1.32

^{a,b} ערכים באותה שורה חסומים באותיות שונות נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$.

בטבלה 6 מוצגות תכולות המקרו והמיקרו-אלמנטים הממוצעים בשני סוגי מי ההשקיה. מי קולחים הכילו מספר רב של מינרלים בריכוזים גבוהים בסדרי גודל בהשוואה למים שפירים, כולל: נתרן (פי 5), גופרית

(פי 2.5), אשלגן (פי 14), זרחן (פי 460), אלומיניום (פי 4), בורון (פי 2.4), מנגן (פי 12), נחושת (פי 2), סיליקה (פי 2) (טבלה 5 & 6).

טבלה 6. תכולת המקרו ומיקרו-אלמנטים במי ההשקיה:

אלמנט	מים שפירים	מי קולחים	שת"מ
מקרו-אלמנטים (מ"ג/ל):			
Ca	^a 102	^b 95.9	1.35
Mg	35.9	34.9	0.62
Na	^b 21.9	^a 119	1.07
K	^b 1.61	^a 22.6	0.19
Si	^b 4.60	^a 8.24	0.21
P	^a 0.03	^b 14.2	0.38
S	^a 5.66	^b 14.7	0.62
מיקרו-אלמנטים (µg/l):			
B	^a 35.9	^b 87.7	2.02
Al	^a 8.34	^b 47.0	7.02
Cu	^a 11.6	^b 370	6.16
Fe	195	229	113
Mn	^a 2.68	^b 65.2	3.73
Ba	58.7	43.1	4.69
Pb	107	93.4	7.41
Zn	105	38.1	23.1
Sr	^a 233	^b 279	2.91
Cd	0.60	0.13	0.17
Co	^a 0.17	^b 0.61	0.07
Cr	^a 0.06	^b 1.18	0.26
Ni	^a 0.03	^b 3.91	0.58
Ti	3.41	7.19	1.03
Mo	0	0.54	0.28

^{a,b} ערכים באותה שורה המסומנים באותיות שונות נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$.

למרות ההבדלים בריכוז המינרלים במי ההשקיה, בצמחים משני זני התירס לא נמצאו הבדלים מובהקים בתכולת המינרלים בין שני טיפולי ההשקיה פרט לאשלגן בזן 32P75, וקדמיום וניקל בזן אורופסה (טבלאות 7 ו 8).

ניסויים קודמים שעשינו בגידול זון בערבה הצביעו על שינויים במטבוליטים בצמח בהשקיה במים שהכילו ריכוזי מלח גבוהים יותר מאלו שנבדקו בעבודה הנוכחית (ערכי מוליכות המים בניסוי זון היו 3, 6 ו 9 ד"ס/מ'). הזון שגודל בערבה הגיב בהתחלה בסינטוז מוגבר של סוכרים בצורה פולימרים כנגד הלחץ האוסמוטי של מלחי מי ההשקיה, וכאשר המליחות עלתה צמחי הזון קלטו ריכוז גבוה של מלח. יכול חומר האורגני של הזון שהושקה בקולחים-מליחים ירד בכ 30% בהשוואה לזון שגדל על מים שפירים (Ben-Ghedalia et al., 2001). בשנים אחרונות איכות מי ההשקיה השתפרה ומוליכות מי הקולחים מטיהור שניוני היא כ 1.5 dS/m. הניסוי הנוכחי מראה שכנראה בצמחי התירס קיימים מנגנונים המאפשרים לצמח להתמודד עם רמת המינרלים והאניונים המצויה במי קולחים מטיהור שניוני ברמת מוליכות של 1.5 dS/m הנפוצים כיום בארץ.

טבלה 7. תכולת המקרו-אלמנטים בצמחי זני תירס אורופסה ו 32P75 שהושקו במים שפירים או במי קולחים (% ע"ב ח"י)

	32P75			אורופסה		
אלמנט	שפירים	קולחים	שח"מ	שפירים	קולחים	שח"מ
K	1.11	1.25	0.09	[*] 1.07	1.36 [†]	0.04
Ca	0.27	0.26	0.03	0.17	0.22	0.02
Mg	0.19	0.20	0.01	0.15	0.16	0.01
Si	0.51	0.45	0.03	0.49	0.45	0.05
P	0.23	0.24	0.01	0.24	0.21	0.01
S	0.12	0.12	0.004	0.10	0.10	0.004

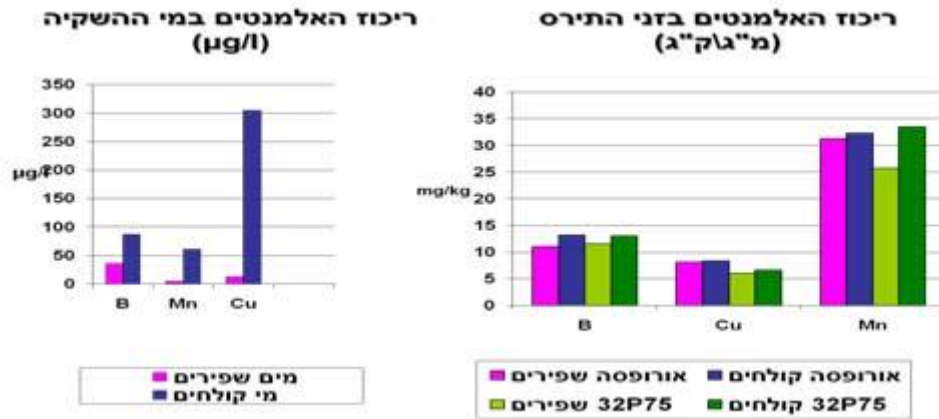
^{אב} ערכים באותה שורה המסומנים באותיות שונות נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$.

טבלה 8. תכולת המיקרו-אלמנטים בצמחי תירס מהזנים אורופסה ו 32P75 שהושקו במים שפירים או במי קולחים (מ"ג/ק"ג ח"י)

	32P75			אורופסה		
אלמנט	שפירים	קולחים	שח"מ	שפירים	קולחים	שח"מ
Na	45.1	58.7	10.8	54.9	83.8	13.2
Al	126	141	31.1	119	118	8.43
Fe	151	142	23.7	112	120	6.16
Pb	9.68	9.61	0.80	6.82	7.57	0.91
Zn	11.5	12.9	0.63	11.2	9.29	0.96
Ba	2.95	3.64	0.41	2.46	2.99	0.22
Sr	17.1	19.1	1.54	12.5	15.8	0.96
Mo	0.42	0.38	0.05	0.30	0.24	0.03
Cd	[*] 0.02	[*] 0.17	0.02	0.07	0.10	0.01
Co	0.12	0.18	0.03	0.15	0.23	0.02
Cr	0.98	1.05	0.17	0.91	0.84	0.12
Ni	[*] 0.85	[†] 1.21	0.08	1.15	0.97	0.06
Ti	3.58	4.51	1.44	5.62	4.07	1.39

^{אב} ערכים באותה שורה המסומנים באותיות שונות נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$.

בגרף הבא מוצגים להמחשה ריכוזי האלמנטים: בורון, מנגן ונחושת בשני סוגי מי ההשקיה ובזני התירס. למרות הפער בריכוזים של האלמנטים במים, בצמחים משני הזנים לא נמצאו הבדלים בין שני טיפולי ההשקיה.



סיכום המאזן של המינרלים שסופקו ב338 מ"ק"ד' מי ההשקיה במשך כל הגידול ותכולת המינרלים שנקלטו בכל היבול של הצמחים שגדלו על מי השקיה אלו מוצג בטבלאות 9 ו 10. מקדם הספיגה מוגדר כיחס בין כמות של המינרל בצמחים בכל היבול והכמות של אותו מינרל שסופקה ב338 מ"ק"ד' מי ההשקיה. כל האלמנטים בעלי מקדם ספיגה קטן מאוד בצמח היו בעודף במי ההשקיה. כנראה שהעודפים שנמצאו במים ולא נקלטו בצמחים, אלא מגיעים בקרקע. אלמנטים אחרים בעלי מקדם ספיגה בצמח גבוהים מאוד נמצאו בכמות גדולה בצמחים מאשר במי ההשקיה, לכן הצמחים היו חייבים לקלוט את האלמנטים האלו מן הקרקע.

טבלה 9. כמות המינרלים שסופקו ב338 מ"ק"ד' מי ההשקיה במשך כל הגידול, תכולת המינרלים ביבול תירס מהזן אורופסה ומקדם ספיגת המינרלים בצמח (%)

טיפול קולחים			טיפול שפירים			אלמנט
מקום ספינה	תירס	מים	מקום הספינה	תירס	מים	
מקרו-אלמנטים (ק"ג):						
0.19	6.05	32.4	0.19	6.49	34.5	Ca
0.39	4.58	11.8	0.38	4.65	12.1	Mg
<0.01	0.14	40.2	0.01	0.11	7.40	Na
3.78	28.8	7.62	49.5	26.9	0.54	K
0.37	1.04	2.78	0.80	1.25	1.55	Si
0.56	2.80	4.98	1.53	2.93	1.91	S
1.17	5.63	4.80	649	5.57	0.01	P
מיקרו-אלמנטים (ג'):						
1.03	30.6	29.6	2.19	26.6	12.1	B
20.6	326	15.9	108	305	2.82	Al
0.15	19.3	125	5.00	19.5	3.90	Cu
4.24	328	77.4	5.54	365	65.9	Fe
3.39	74.7	22.1	83.4	75.7	0.91	Mn
0.58	8.43	14.6	0.36	7.14	19.8	Ba
0.70	22.3	31.6	0.65	23.5	36.1	Pb
2.32	29.8	12.9	0.78	27.9	35.6	Zn
0.47	44.2	94.4	0.53	41.3	78.6	Sr
9.05	0.39	0.04	0.30	0.06	0.20	Cd
2.04	0.42	0.21	4.83	0.28	0.06	Co
6.11	2.44	0.40	114	2.37	0.02	Cr
2.12	2.81	1.32	-	2.06	-	Ni
4.30	10.5	2.43	7.53	8.67	1.15	Ti
4.80	0.88	0.18	26.1	1.03	0.04	Mo

אג ערכים באותה עמודה המסומנים באותיות שונות נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$.

טבלה 10. כמות המינרלים שסופקו ב338 מ"ק מי ההשקיה במשך כל הגידול, תכולת המינרלים ביבול תירס 32P75 ומקדם ספיגת המינרלים בצמח (%).

טיפול קולחים			טיפול שפירים			אלמנט
מקום ספינה	תירס	מים	מקום הספינה	תירס	מים	
מקור-אלמנטים (ק"ג):						
0.16	5.25	32.4	0.12	4.19	34.4	Ca
0.32	3.73	11.8	0.30	3.68	12.1	Mg
<0.01	0.20	40.2	0.02	0.13	7.40	Na
4.18	31.9	7.62	48.0	26.1	0.54	K
0.38	1.06	2.78	0.78	1.21	1.55	Si
0.46	2.28	4.98	1.23	2.35	1.91	S
1.03	4.97	4.80	680	5.84	0.01	P
מיקור-אלמנטים (ג'):						
1.03	30.6	29.6	2.32	28.1	12.1	B
17.5	278	15.9	103	291	2.82	Al
0.12	15.4	125	3.72	14.5	3.90	Cu
3.63	281	77.4	4.17	275	65.9	Fe
3.57	78.7	22.1	69.4	63.0	0.91	Mn
0.48	7.03	14.6	0.30	6.02	19.8	Ba
0.56	17.8	31.6	0.46	16.7	36.1	Pb
1.70	21.8	12.9	0.77	27.5	35.6	Zn
0.39	37.1	94.4	0.39	30.5	78.6	Sr
5.72	0.25	0.04	0.90	0.18	0.20	Cd
2.57	0.53	0.21	6.05	0.36	0.06	Co
4.92	1.96	0.40	107	2.23	0.02	Cr
1.72	2.27	1.32	-	2.82	-	Ni
3.94	9.57	2.43	12.0	13.8	1.15	Ti
3.07	0.56	0.18	18.4	0.73	0.04	Mo

אג ערכים באותה עמודה המסומנים באותיות שונות נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$.

בטבלה 11 מוצגים ריכוזי הניטרטים בשני זני התירס שהושקו במים שפירים או במי קולחים. הניטרטים בריכוזים מעל 0.3% בחומר יבש גורמים להרעלת מע"ג. ביחס לתכולת הניטרטים בצמחי התירס לא נמצאו הבדלים מובהקים בין שני טיפולי ההשקיה. הזן אורופסה צובר יותר ניטרטים מזן 32P75 (טבלה 11).

טבלה 11. תכולת הניטרטים בצמחי התירס שהושקו במים שפירים או במי קולחים (ג'ק"ג ח"י)

דוגמא	טיפול שפירים	טיפול קולחים	שט"מ
תירס אורופסה	3.52	2.66	0.25
תירס 32P75	1.20	1.23	0.17

הערכים באותה שורה לא נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$.

סיכום

- השפעת השקיה במי קולחים בהשוואה להשקיה במים שפירים על שני זני תירס אורופסה והזן 32P75: בשני הזנים לא נמצאה השפעה להשקיה בקולחים על היבול ועל המאפיינים הפנולוגיים של הצמח.
2. בשני הזנים נמצאה מגמה של עליה קלה ולא מובהקת בתכולת ה NDF ומרכיביו בהשפעת ההשקיה בקולחים.
3. ההשפעה של השקיה בקולחים על נעכלות כלל הח"י וה NDF בצמחי התירס תלויה כנראה בזן הנבחן כאשר באורופסה השפעתם חיובית ואילו בזן 32P75 השפעתם שלילית. בהסתמך על מימצאי היבול, ההרכב הכימי והנעכלות של הצמח נראה שיש יתרונות (מעבר למחיר הזול יותר של המים) לגידול של תירס אורופסה על מי קולחין.
4. למרות שמי קולחים מכילים מספר רב של מינרלים בריכוזים גבוהים בסדרי גודל בהשוואה לריכוזם במים שפירים, לא נמצאו הבדלים מובהקים בין שני הטיפולים בתכולות המינרלים בשני זני התירס. מסקנה: כנראה שבצמחי התירס משני הזנים קיימים מנגנונים המאפשרים לצמח להתמודד עם רמת המינרלים העודפת המצויה במי קולחים מטיהור שניוני.
5. מאזן המינרלים שנקלטו בכל יבול הצמח משני הזנים ביחס לכמות המינרלים שסופקו במי ההשקיה במשך כל הגידול מראה שישנם אלמנטים בעודף במי ההשקיה ביחס לצורכי הצמח כגון: Cu, Mg, Na, Ca, ועודפים אלו נאגרים בקרקע. אלמנטים אחרים כגון: Mn, Fe, K, Al מצויים בחוסר אפילו במי הקולחים וצמחי התירס חייבים לקלוט אותם מהקרקע תוך דילול הקרקע או מדישון מוסף. ממצאים אלו מצביעים על כך, ששימוש במי קולחין לגידול תירס אכן חוסך בדישון כימי של אלמנטים רבים החיוניים לצמח.
6. לא נמצאו הבדלים מובהקים בתכולת הניטראטים בצמחי התירס משני הטיפולים, אם כי נמצא שתירס אורופסה צובר פי 2-3 ניטראטים בהשוואה לזן 32P75.

דוח מדעי לשנת 2008

השפעת ההשקיה בקולחים על הערך התזונתי ועל תכולת המינרלים בצמחי סורגום למספוא

תקציר

סורגום למספוא מגודל בארץ על שטח כ 25 אלף דונם לשנה ותופס מקום שני לאחר התירס בהיקף גידולי המספוא הקיימים. בחוות ניסיונות עכו גודל בשנת 2008 סורגום למספוא דו קצירי מין מסחרי FS5. הסורגום גודל בחמש חזרות בכל טיפול, בבולקים באקראיות גמורה במשך 110 יום במחזור הגידול הראשון. לאחר הקציר חל מחזור הגידול השני במשך 88 ימים נוספים בסתיו. בשני מחזורי הגידול, לאחר הנבטה הצמחים הושקו בטפטוף במים שפירים או בכמות זהה של מי קולחים שעברו טיהור שניוני, בשיעור של 189 קוב לדונם במחזור הגידול הקיצי (הראשון) ו 240 קוב לדונם במחזור הגידול הסתוי (השני). לצורך ממשק הדישון נלקחה בחשבון תכולת החנקן במי הקולחים, ולכן החלקות שהושקו במים שפירים דושו ב 15 ק"ג חנקן צרוף לדונם והחלקות שהושקו במי קולחים קיבלו רק 7 ק"ג חנקן צרוף לדונם. במהלך הגידול נדגמו תקופתית שני סוגי מי ההשקיה. המוליכות במים השפירים ובמי הקולחים הייתה 0.80 ו 1.41 ד"ס/מ', בהתאמה. החלקות נקצרו כאשר הגרעינים הגיעו להבשלת חלב דוג, שהוא השלב האופטימאלי להחמצה (כ 25% בקציר הראשון ו- 31% בקציר השני). איכות מי ההשקיה לא השפיעה על אפיוני הצמח: גובה הצמח, קוטר הגבעול, מספר העלים לגבעול והתפלגות משקלי אברי הצמח (עלים, גבעולים ומכבדים). כמו כן, ביבול משני הקצירים לא נמצאו הבדלים מובהקים בין שני טיפולי ההשקיה. בכל הפרמטרים שהוזכרו לעיל נמצאו הבדלים מובהקים בין הקצירים לטובת הקציר הקיצי: היבולים היו בכ 33% יותר גבוהים, הצמחים יותר גבוהים (בכ 26%), הגבעולים יותר עבים (בכ 24%), ותכולת המכבדים מכלל מסת הצמח הייתה גבוהה יותר (בכ 15%). ביחס לתכולת החלבון, ה NDF ומרכיביו הדופן לא נמצאו הבדלים מובהקים בין שני טיפולי ההשקיה. נמצאה מגמת עליה קלה בריכוזי NDF וירידה בריכוז החלבון בסורגום מקציר הסתוי בהשוואה לקציר הקיצי. איכות מי ההשקיה לא השפיעה בצורה מובהקת על נעכלות צמחי הסורגום בכרמ"ל. יחד עם זאת, נעכלות צמחי הסורגום מהקציר הסתוי הייתה נמוכה בהשוואה לנעכלות הצמחים מהקציר הקיצי. מי הקולחים ששימשו להשקיה אופיינו בריכוזים גבוהים של מגוון מינרלים, בהשוואה למים השפירים. ביניהם: נתרן (פי 5.1), גופרית (פי 2.5), אשלגן (פי 14), זרחן (פי 460), אלומיניום (פי

(3.7), מגנן (פי 12.8), נחושת (פי 24.8), סיליקה (פי 1.8). למרות זאת, בצמחי הסורגום לא נמצאו הבדלים מובהקים בין שני הטיפולים בתכולת המינרלים שנבחנו. לסיכום, בתנאי העבודה הנוכחית נראה שההשקיה בקולחים לא השפיעה על איכות ונעילות צמחי הסורגום מזן FS5. הריכוזים הגבוהים של המינרלים במי הקולחים ששימשו בניסוי היו מתחת לרמות סף הנזק לגידול צמחי הסורגום בשני הקצירים.

מהלך העבודה

ניסוי גידול הסורגום בשדה

בחוות הניסיונות גליל מערבי-עכו גודל בשנת 2008 סורגום למספוא דו קצירי מזן FS5. בניסוי נבחנה השפעה של שני סוגי מי השקיה על גידול צמחי הסורגום: מי קולחים בהשוואה למים שפירים. מי קולחים לאחר טיהור שניוני סופקו ממאגר קבוץ 'שומרת'. הסורגום גודל בחמש חזרות בכל טיפול, בבולקים באקראיות גמורה. החזרות היו חלקות בגודל 6 מ' x 10 מ'. בכל חלקה היו 3 ערוגות ובכל ערוגה נזרעו שתי שורות צמחים במרחק של 1 מ' בין השורות. החלקות נזרעו בתאריך 5.4.2008 והונבטו בהשקיה בהמטרה ב 21 קוב לדונם מים שפירים. בתאריך 17.5.2008 החלה השקיה בטפטוף. מחזור הגידול הראשון נמשך 110 יום. לאחר הקציר חל מחזור הגידול השני במשך 88 ימים נוספים בסתיו והקצר נערך בתאריך 22.10.2008. בשני מחזורי הגידול, לאחר הנבטה הצמחים הושקו בטפטוף במים שפירים או בכמות זהה של מי קולחים שעברו טיהור שניוני, בשיעור של 189 קוב לדונם במחזור הגידול הקיצי הראשון ו-240 קוב לדונם במחזור הגידול הסתיו השני. לצורך ממשק הדישון נלקחה בחשבון תכולת החנקן במי הקולחים, ועל מנת ששני הטיפולים יקבלו דישון חנקני זהה, החלקות שהושקו במים שפירים דושו 15ב ק"ג חנקן צרוף ו-15ב ק"ג חנקן צרוף ו-15ב ק"ג חנקן צרוף ו-15ב ק"ג חנקן צרוף. במשך הגידול נדגמו כל שבועיים שני סוגי מי ההשקיה. החלקות נקצרו כאשר הגרעינים הגיעו להבשלת חלב דונג, שהוא השלב האופטימאלי להכנת תחמיץ.

דיגומים, מדידות ושיטות העבודה היו דומות לאלו שהשתמשו במבחן זני התירס למספוא בשנת 2007.

תוצאות ודין

4. יבולים ואספקטים פנולוגיים

היבול הכללי, תכולת חומר היבש, חומר האורגני בצמחי סורגום מזן FS5 בשני הקצירים מוצגים בטבלה 1. בכל הפרמטרים שצוינו, פרט לתכולת חומר היבש בקציר הראשון, לא נמצאו הבדלים מובהקים בין שני הטיפולים.

טבלה 1. היבול, תכולת חומר היבש, חומר האורגני של צמחי סורגום FS5 שהושקו במים שפירים או במי קולחים.

קציר 2			קציר 1			פרמטר
שט"מ*	קולחים	שפירים	שט"מ*	קולחים	שפירים	
83.7	1384	1325	48.9	2017	1996	יבול (ק"ג ח"ט/ד')
1.04	31.3	32.0	0.33	25.8 ^א	24.5 ^א	ח"י (%)
0.24	92.5	92.6	0.25	92.6	92.3	ח"א (%) בח"י

^א הבדלים באותה שורה המסומנים באותיות שונות נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$. *שט"מ – שגיאת תקן ממוצעת

איכות מי ההשקיה לא השפיעה על אפיוני הצמח: גובה הצמח, קוטר הגבעול, מספר העלים לגבעול (טבלה 2) והתפלגות משקלי אברי הצמח (עלים, גבעולים ומכבדים) (טבלה 3).

טבלה 2. השפעת השקיה בקולחים על אפיונים פנולוגיים של הצמחים: גובה הצמח, קוטר הגבעול ומספר העלים בגבעול בצמחי הסורגום מזן FS5.

קציר 2			קציר 1			פרמטר
שח"מ	קולחים	שפירים	שח"מ	קולחים	שפירים	
0.14	2.27	2.12	0.06	2.97	2.96	גובה הצמח (מ')
0.75	20.0	18.5	1.46	24.5	25.1	קוטר גבעול (ס"מ)
0.32	10.5	9.93	0.25	10.4	10.8	מס. עליסוגבעול

הערכים באותה שורה לא נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$.

טבלה 3. התפלגות משקל אברי צמחי הסורגום מזן FS5 שהושקו במים שפירים או במי קולחים (%) בח"י

קציר 2			קציר 1			אברי הצמח
שח"מ	קולחים	שפירים	שח"מ	קולחים	שפירים	
0.77	15.1	16.8	0.33	16.2	15.9	עלים
4.58	71.7	64.2	2.80	53.7	53.6	גבעולים
5.23	13.2	19.0	2.69	30.1	30.5	מכבדים

הערכים באותה שורה לא נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$.

איכות הצמח וערכו התזונתי עבור מע"ג

איכות מי ההשקיה לא השפיעה באופן מובהק על תכולת החלבון, NDFn, וריכוזי מרכבי הדופן: צלולזה, המיצלולוזה וליגנין בכל אחד משני הקצירים (טבלה 4). ביחס לתכולת NDFn בצמחי הסורגום נמצאה מגמה של עליה קלה בקציר הסתווי בהשוואה לקציר הקיצי, ואילו ביחס לתכולת החלבון נמצאה מגמה הפוכה- היה פחות חלבון בגידול הסתווי.

טבלה 4. השפעת השקיה בקולחים על תכולת החלבון, דופן התא ומרכביה בצמחי סורגום מזן FS5 שהושקו במים שפירים או במי קולחים (%) בח"י

קציר 2			קציר 1			פרמטר
שח"מ	קולחים	שפירים	שח"מ	קולחים	שפירים	
0.36	4.91	4.98	0.35	6.97	6.28	חלבון
1.16	55.5	55.3	0.88	53.1	53.8	NDF
0.52	28.0	27.5	0.43	27.2	27.9	צלולזה
0.54	20.9	21.7	0.93	19.9	19.4	חמיצלולוזה
0.27	6.18	5.71	0.24	6.67	6.38	ליגנין

הערכים באותה שורה ביחס לאותו קציר לא נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$.

לא נמצאו הבדלים מובהקים בין שני הטיפולים ביחס לנעכלות חומר היבש וחומר האורגאני בכל אחד משני הקצירים. יחד עם זאת, נעכלות צמחי הסורגום בקציר הסתווי הייתה נמוכה בהשוואה לנעכלות הצמחים מהקציר הקיצי (טבלה 5). נעכלות NDF בסורגום מקציר הראשון שהושקה בקולחים הייתה נמוכה בהשוואה לסורגום שהושקה במים שפירים.

טבלה 5. השפעת השקיה בקולחים על נעכלות ח", ח"א ושל NDF בצמחי סורגום מזן FS5 (%) בח"י).

קציר 2			קציר 1			
שח"מ	קולחים	שפירים	שח"מ	קולחים	שפירים	פרמטר
0.74	59.1	60.7	0.93	61.5	62.9	נעכלות ח"י
0.82	58.6	60.6	0.94	60.5	61.8	נעכלות ח"א
1.53	42.1	42.8	1.83	43.1	47.4	נעכלות NDF

^{אב} הערכים באותה שורה המסומנים באותיות שונות נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות

$P < 0.05$. *שח"מ – שגיאת תקן ממוצעת

תכולת המינרלים במי ההשקיה ובצמחי הסורגום

מי קולחים מאופיינים ב pH ובמוליכות גבוהה בהשוואה למים שפירים, וזאת כתוצאה מהתכולה הגבוהה של המינרלים במי הקולחים. ריכוזי היסודות הנמצאים באניונים היו גבוהים מאד במי קולחים בהשוואה למים שפירים (טבלה 6).

טבלה 6. ערכי pH, המוליכות ותכולת היסודות (non-metals) במי ההשקיה:

פרמטר	מים שפירים	מי קולחים	שח"מ
pH	^א 6.98	^ב 7.78	0.04
מוליכות (ds/m)	^א 0.81	^א 1.48	0.02
Cl (מ"טל)	^ב 51.0	^א 129	1.00
S (מ"טל)	^ב 5.92	^א 14.7	0.54
P (מ"טל)	^א 0.03	^א 13.8	0.36
N כללי (מ"טל)	^ב 2.90	^א 62.3	1.32

^{אב} ערכים באותה שורה המסומנים באותיות שונות נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות

$P < 0.05$.

בטבלה 7 מוצגות תכולות המאקרו והמיקרו-אלמנטים הממוצעים בשני סוגי מי ההשקיה. מי קולחים הכילו מספר רב של מינרלים בריכוזים גבוהים בסדרי גודל בהשוואה למים שפירים, כולל: נתרן (פי 5), גופרית (פי 2.5), אשלגן (פי 14), זרחן (פי 460), אלומיניום (פי 3.7), בורון (פי 2.4), מנגן (פי 12.8), נחושת (פי 24.8), סיליקה (פי 1.8) (טבלה 6 & 7).
טבלה 7. תכולת המאקרו ומיקרו-אלמנטים במי ההשקיה.

אלמנט	מים שפירים	מי קולחים	שת"מ
מאקרו-אלמנטים ((מ"ג/ל):			
Ca	^a 104	^b 95.8	1.68
Mg	36.7	35.2	0.74
Na	^b 23.2	^a 119	1.25
K	^b 1.65	^a 23.0	0.28
Si	^b 4.56	^a 8.36	0.18
מיקרו- אלמנטים (µg/l):			
B	^a 35.8	^b 87.3	2.02
Al	^a 11.0	^b 40.4	5.00
Cu	^a 12.3	^b 305	140
Fe	263	198	100
Mn	^a 4.80	^b 61.2	4.00
Ba	57.2	39.8	5.00
Pb	108	93.5	6.00
Zn	116	40.4	16.7
Sr	^a 237	^b 279	4.00
Cd	0.50	0.20	0.10
Co	^a 0.10	^b 0.60	0.07
Cr	0	1.20	0.30
Ni	^a 0.03	^b 3.71	2.00
Ti	3.51	6.60	1.03
Mo	0	0.54	0.20

^aג ערכים באותה שורה המסומנים באותיות שונות נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$.

טבלה 8. תכולת המאקרו- אלמנטים בצמחי הסורגום מזן FS5 שהושקו במים שפירים או במי קולחים (%בח")

אלמנט	שפירים	קולחים	שת"מ	שפירים	קולחים	קציר 2
K	1.53	1.16	0.13	1.23	1.33	0.09
Ca	0.25	0.21	0.04	0.25	0.25	0.01
Mg	0.15	0.17	0.01	0.16	0.15	0.01
^a Si	0.39	0.42	5.40	0.41	0.41	0.008
P	0.19	0.22	0.01	0.14	0.15	0.02
S	0.06	0.06	0.01	0.06	0.06	0.002

^aג ערכים באותה שורה בכל קציר בנפרד לא נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$.

^aSi מצוי בצמחים הנבדקים בריכוזים חמים למאקרו-אלמנטים.

טבלה 9. תכולת מיקרו-אלמנטים בצמחי הסורגום מזן FS5 שהושקו במים שפירים או במי קולחים (מ"ג/ג ח")

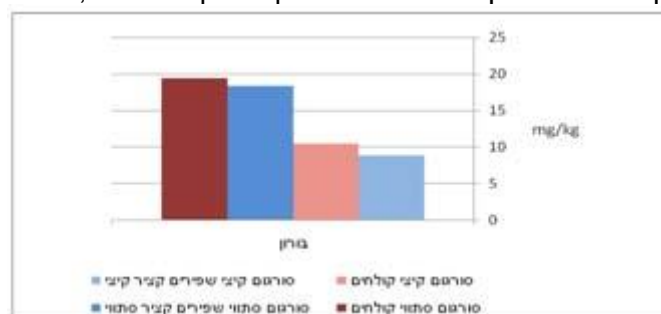
אלמנט	קציר 1			קציר 2		
	שפירים	קולחים	שח"מ	שפירים	קולחים	שח"מ
B	8.75	10.4	1.21	18.3	19.4	3.74
Na	75.3	56.5	4.40	128	148	2.10
Al	111	97.2	13.3	117	90.6	14.1
Fe	160	133	21.3	136	102	19.5
Mn	29.6	28.7	1.88	31.2	31.2	2.81
Pb	7.56	9.53	0.81	8.79	9.16	0.70
Zn	11.8	15.0	1.31	13.6	7.75	1.53
Cu	8.24	6.64	0.75	5.67	5.85	0.26
Ba	10.3	9.76	0.44	9.92	10.3	0.30
Sr	20.3	21.3	1.42	23.1	23.4	1.43
Mo	0.51	0.50	0.10	0.79	0.69	0.10
Cd	0.37	0.24	0.05	*0.38	*0.17	0.04
Co	0.18	0.30	0.02	0.24	0.25	0.12
Cr	0.74	0.65	0.13	0.74	0.46	0.02
Ni	0.96	0.90	0.09	1.01	0.71	0.07
Ti	1.47	1.38	0.08	2.09	1.16	0.03

* ערכים באותה שורה המסומנים באותיות שונות נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות

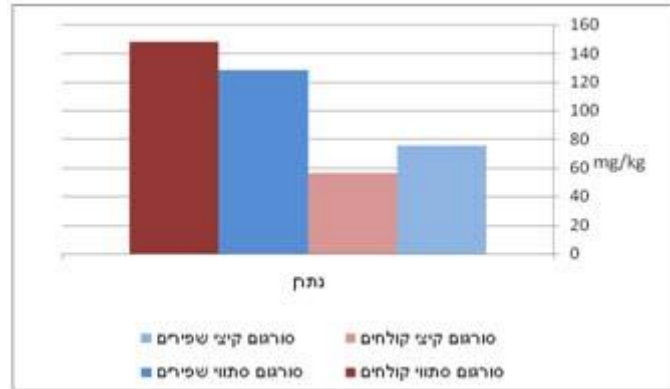
$$P < 0.05$$

למרות ההבדלים בריכוז המינרלים בשני סוגי מי ההשקיה, בצמחים הסורגום לא נמצאו הבדלים מובהקים בתכולת המינרלים בין שני טיפולי ההשקיה. ניתן לציין שהאלמנטים בורון ונתרן הצטברו בצמחי הסורגום הסתווי בריכוזים גבוהים ב 85% ו 109% בהתאמה, בהשוואה לריכוזם בסורגום הקיצי בשני הטיפולים. בגרף 1 ו 2 מוצגים להמחשה ריכוזי בורון ונתרן ברקמה הצמחית.

גרף 1. ריכוזי בורון בצמחי הסורגום מקציר הקיצי והסתווי, שהושקו במים שפירים ובמי קולחים



גרף 2. ריכוזי נתרן בצמחי הסורגום מקציר הקיצי והסתווי, שהושקו במים שפירים ובמי קולחים



סה"כ כמות מי ההשקיה שניתנה במהלך גידול הקיצי והסתווי הייתה 189 ו 240 מ"ק'ד', בהתאמה. כמות המינרלים שסופקה במי ההשקיה במשך כל אחת משתי עונות הגידול, ותכולת המינרלים שנקלטו בצמחי הסורגום בכל אחת מעונות הגידול מוצגים בטבלאות 10 ו- 11. מקדם הקליטה של מינרל לצמח מוגדר כיחס בין סה"כ כמות המינרל בצמחים בכל היבול והכמות של אותו מינרל שסופקה ב189 או 240 מ"ק'ד' מי ההשקיה. על פי הגדרה, כל האלמנטים אשר מקדם הקליטה המחושב שלהם בצמח קטן מ-1 ריכוזם במי ההשקיה גבוה מדרישת הצמח. העודפים שנמצאו במים ולא נקלטו בצמחים, עשויים להגיע לקרקע או להישטף. אלמנטים אשר מקדם הקליטה המחושב עבורם היה גבוה מ-1 נמצאו בכמות גדולה יותר בצמחים מאשר הכמות שסופקה במי ההשקיה. מכאן שהצמחים היו חייבים לקלוט את האלמנטים האלו מהקרקע.

טבלה 10. כמות המינרלים שסופקו ב189 מ"ק מי ההשקיה במשך כל הגידול הראשון, תכולת המינרלים ביבול סורגום מזן FS5 ומקדם קליטת המינרלים בצמחי הסורגום.

אלמנט			טיפול שפירים			טיפול קולחים		
			במים	ברקמת	מקדם	במים	ברקמת	מקדם*
			הקליטה	הצמחית	הקליטה	הקליטה	הצמחית	הקליטה
מאקרו-אלמנטים								
ק"ג (ב 189 מ"ק מי ההשקיה) ובצמחי הסורגום (ק'טדונסולעונת הגידול)								
Ca	19.6	4.89	0.25	18.1	4.25	0.23		
Mg	6.93	3.04	0.44	6.65	2.88	0.43		
Na	4.39	0.15	0.03	22.4	0.11	0.005		
K	0.31	30.5	97.5	4.34	23.4	5.39		
Si	0.86	0.78	0.90	1.58	0.84	0.53		
S	1.12	1.27	1.14	2.78	1.19	0.43		
P	0.01	3.84	794	2.60	3.75	1.44		
מיקרו-אלמנטים								
גרם (ב 189 מ"ק מי ההשקיה) ובצמחי הסורגום (ק'טדונסולעונת הגידול)								
B	6.76	17.5	2.58	16.5	21.0	1.28		
Al	2.07	222	107	7.63	196	25.7		
Cu	6.76	17.5	2.58	16.5	21.0	1.28		
Fe	49.7	319	6.42	37.5	269	7.18		
Mn	0.91	59.1	64.9	11.6	58.0	5.01		
Ba	10.8	20.5	1.90	7.52	19.7	2.62		
Pb	20.5	15.1	0.74	17.7	19.2	1.09		
Zn	59.6	23.5	0.39	7.63	30.2	3.96		
Sr	44.7	40.6	0.91	52.8	42.9	0.81		
Cd	0.09	0.75	8.03	0.03	0.49	16.7		
Co	0.02	0.18	7.21	0.11	0.60	5.27		
Cr	-	1.49	-	0.23	1.31	5.58		
Ni	0.42	1.92	4.61	0.71	1.81	2.56		
Ti	0.67	2.92	4.39	1.24	2.79	2.25		
Mo	0.04	1.03	24.8	0.10	1.00	9.66		

* ערכים באותה שורה לא נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$.

* מקדם קליטת המינרלים בצמח = היחס בין סה"כ כמות המינרל בצמחים בכל היבול והכמות של אותו מינרל שסופקה ב 189 מ"ק מי ההשקיה.

טבלה 11. כמות המינרלים שסופקו ב 240 מ"ק מי ההשקיה בכל עונת הגידול הסתווי, תכולת המינרלים ביבול הסורגום מין FS5 ומקדם קליטת המינרלים בצמח.

אלמנט			טיפול שפירים			טיפול קולחים		
			במים	ברקמת	מקדם	במים	ברקמת	מקדם
			הצמחית	הקליטה	הקליטה	הצמחית	הקליטה	הקליטה
מאקרו-אלמנטים ק"ג (ב 240 מ"ק מי ההשקיה) ובצמחי הסורגום (ק"ג דונס לעונת הגידול)								
Ca	24.9	3.76	0.15	23.0	3.43	0.15		
Mg	8.80	2.39	0.27	8.44	2.12	0.25		
Na	5.58	0.17	0.03	28.5	0.20	0.01		
K	0.40	16.6	41.8	5.51	18.4	3.33		
Si	1.09	0.54	0.49	2.01	0.57	0.28		
S	1.42	0.77	0.54	3.53	0.80	0.23		
P	0.01	1.52	248	3.31	2.06	0.62		
מיקרו-אלמנטים גרם (ב 240 מ"ק מי ההשקיה) ובצמחי הסורגום (ק"ג דונס לעונת הגידול)								
B	8.58	24.2	2.82	20.9	26.9	1.28		
Al	2.63	155	58.8	9.69	125	12.9		
Cu	2.96	7.51	2.54	73.2	8.10	0.11		
Fe	63.1	181	2.86	47.6	141	2.96		
Mn	1.16	41.3	35.7	14.7	43.2	2.94		
Ba	13.7	13.2	0.96	9.55	14.2	1.49		
Pb	26.0	11.7	0.45	22.5	12.7	0.56		
Zn	75.7	18.0	0.24	9.69	10.7	1.11		
Sr	56.8	30.6	0.54	67.1	32.4	0.48		
Cd	0.12	0.50	4.23	0.04	0.24	6.46		
Co	0.03	0.31	9.89	0.14	0.34	2.36		
Cr	-	0.98	-	0.30	0.63	2.13		
Ni	0.53	1.34	2.54	0.90	0.99	1.10		
Ti	0.84	2.77	3.28	1.58	1.60	1.02		
Mo	0.05	1.04	1908	0.13	0.96	7.29		

^{a,b} ערכים באותה שורה לא נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$.
^{*} מקדם קליטת המינרלים בצמח = היחס בין סה"כ כמות המינרל בצמחים בכל חיבול והכמות של אותו מינרל שסופקה ב 240 מ"ק מי ההשקיה.

ניסויים קודמים שעשו בגידול זון בערבה שהושקה במים שהכילו ריכוזי מלח גבוהים הצביעו על שינויים במטבוליטים בצמח. צמחי הזון קלטו ריכוז גבוה של מלח (Ben-Ghedalia et al 2001). בשנים אחרונות איכות מי ההשקיה השתפרה ומוליכות מי הקולחים מטיהור שניוני בניסוי הנוכחי הייתה כ- 1.5 dS/m. הניסוי הנוכחי מראה שסף התגובה של צמחי הסורגום למליחות ולשאר מרכיבי המינרלים הספציפיים שזוהו בקולחים גבוה מהערכים שנמדדו בקולחים ששמשו להשקיה בפרויקט זה.

סיכום

השפעת השקיה במי קולחים בהשוואה להשקיה במים שפירים על גידול צמחי סורגום דו-קצירי מזן FS5:

- איכות מי ההשקיה לא השפיעה על אפיוני הצמח: גובה הצמח, קוטר הגבעול, מספר העלים לגבעול והתפלגות משקלי אברי הצמח. ביבול משני הקצירים לא נמצאו הבדלים מובהקים בין

- שני טיפולי השקיה. בכל הפרמטרים הפנולוגים וביבולים נמצא יתרון מובהק לגידול הקיצי.
- בתכולת החלבון, ה-NDF ומרכיבי הדופן לא נמצאו הבדלים מובהקים בין שתי טיפולי השקיה. יחד עם זאת, נמצאה מגמת עליה קלה בריכוזי NDF וירידה בריכוז החלבון בסורגום מקציר הסתווי בהשוואה לקציר הקיצי.
- איכות מי ההשקיה לא השפיעה בצורה מובהקת על נעכלות חומר היבש וחומר האורגני בצמחי הסורגום בכרמ"ל. יחד עם זאת, נעכלות צמחי הסורגום מהקציר הסתווי הייתה נמוכה בהשוואה לנעכלות הצמחים מהקציר הקיצי.
- בתכולות המינרלים בצמחי הסורגום בשני הקצירים לא נמצאו הבדלים מובהקים בין שני הטיפולים, למרות שמי קולחים מכילים מספר רב של מינרלים בריכוזים גבוהים בסדרי גודל בהשוואה לריכוזם במים שפירים. נמצאה עליה בריכוז נתן ובורן בסורגום מגידול הסתווי בהשוואה לסורגום מגידול הקיצי. יחד עם זאת, נראה שהריכוזים הגבוהים בקולחים ששימשו בניסוי היו מתחת לרמות סף הנזק לגידול בצמחי התירס משני הזנים.
- מהשוואה בין כמות המינרלים שנקלטו לצמח בכל תקופת משני מחזורי הגידול, לבין כמות המינרלים שסופקו במי ההשקיה במשך כל אחת מתקופות הגידול, ניתן לראות שישנם מינרלים חיוניים לצמח כגון: Mn, Cu, P, S, K שסופקו במי קולחים בכמויות גדולות באופן משמעותי בהשוואה למים שפירים. ממצאים אלו מצביעים על כך, ששימוש במי קולחים לגידול סורגום אכן חוסך בדישון כימי של אלמנטים רבים החיוניים לצמח.

דוח מדעי לשנת 2009

השפעת ההשקיה בקולחים על הערך התזונתי, הרכב הצמח ותכולת המינרלים בצמחי מספוא: סיטריה ומכלוא סורגום- עשב סודני

תקציר

בין מחזורי הגידול של מספוא קיצי וחורפי הרווחים בארץ, ניתן לנצל את השטחים לגידול מחזור קצר נוסף של מספוא שמשותלב כחלק ממחזור הגידולים השנתיים. צמחי מספוא כגון: סיטריה, פנסילריה, מכלוא סורגום-עשב סודני (סורגוסודן), הם גידולים עשבוניים ללא שבולים, הדורשים מחזור גידול קצר יחסית של חודשיים. נכון להיום, מרבית צמחי המספוא בארץ מושקים במי קולחים. הקף היבולים של צמחי המספוא קיציים לשחת בשנת 2009 היה כ-5,175 טון ח"י, יבולים שנקצרו מ-5,500 ד'. מטרת העבודה הנוכחית היא לבחון את השפעת השקיה בקולחים בהשוואה להשקיה במים שפירים על: 1. איכות הצמח וערכו התזונתי עבור מע"ג, תוך דגש על איכות דופן התא (NDF) ונעכלותה בכרס מלאכותית (כרמ"ל); 2. צבירת המינרלים בצמחי סיטריה ובמכלוא סורגום-עשב סודני. באביב 2009, בחוות ניסיונות עכו גודלו על מים שפירים או על מי קולחים, שני סוגי צמחי מספוא: מכלוא סורגום-עשב סודני דו-קצירי וסיטריה. הצמחים גודלו בחמש חזרות בכל טיפול, בבלוקים באקראיות גמורה, בצפיפות שורות של 15 ס"מ. המכלוא סורגום-עשב סודני גודל במשך 62 יום במחזור הראשון, נקצר, ולאחר הקציר גודל למחזור שני במשך 63 ימים נוספים. בשני מחזורי הגידול, לאחר ההנבטה הצמחים הושקו בטפטוף במים שפירים או בכמות זהה של מי קולחים שעברו טיהור שניוני, בשיעור של 137 קוב"ד במחזור הגידול הראשון ו-139 קוב"ד במחזור הגידול השני. לצורך ממשק הדישון נלקחה בחשבון תכולת המינרלים במי הקולחים, ולכן החלקות שהושקו במים שפירים דושנו ב-9 ק"ג חנקן צרופ"ד, 8 יחידות זרח"ד ו-15 יחידות אשלגן"ד, ואילו החלקות שהושקו במי קולחים לא קיבלו כלל דישון. הסיטריה גודלה למחזור גידול אחד בלבד במשך 62 יום והושקתה ב-113.6 קוב"ד במצטבר במהלך הגידול. ממשק הדישון של הסיטריה היה זהה למכלוא סורגום-עשב סודני. במהלך הגידול נדגמו תקופתית שני סוגי מי ההשקיה.

תוצאות: המוליכות במים השפירים ובמי הקולחים הייתה 0.83 ו-1.68 ד"ס/מ', בהתאמה. איכות מי ההשקיה לא השפיעה על אפיון שני זני הצמחים בפרמטרים: גובה הצמח, קוטר הגבעול, מספר העלים לגבעול, והתפלגות משקלי אברי הצמח (עלים וגבעולים). היבולים של סיטריה ושל מכלוא סורגום-עשב סודני משני הקצירים הצביעו על יתרון (לא מובהק) בטיפול קולחים. ביחס לתכולת החלבון, ה-NDF ומרכיבי הדופן לא נמצאו הבדלים מובהקים בין שני טיפולי ההשקיה. בצמחי מכלוא סורגום-עשב סודני בקציר השני, נמצאה מגמת ירידה בריכוזי NDF בהשוואה לקציר הראשון, הנובעת מירידה בריכוזי NDF וצלולזה בגבעולים. איכות מי ההשקיה לא השפיעה באופן מובהק על הנעכלות בכרמ"ל של החומר היבש ורכיב ה-NDF בשני זני הצמחים, פרט לקציר הראשון של מכלוא סורגום-עשב סודני, בו

נמצא יתרון מובהק בנעילות לטיפול במים שפירים.
 למרות הריכוזים הגבוהים בכמה דרגות של המינרלים במי הקולחים בהשוואה למים שפירים, לא נמצאו הבדלים מובהקים בין שני הטיפולים בתכולת המינרלים שנבחנו בצמחים עצמם (Zn, Fe, S, P, K, Na). לסיכום, בתנאי העבודה הנוכחית נראה שההשקיה בקולחים לא השפיעה באופן דרמטי על הרכב ונעילות צמחי סטריה ומכלא סורגום- עשב סודני. הריכוזים הגבוהים של המינרלים במי הקולחים ששימשו בניסוי היו מתחת לרמות סף הנזק לגידול הצמחים שנבחנו.

מהלך העבודה ניסוי גידול סטריה וסורגוסון

טבלה 1. נתונים אגרו-טכניים: תאריכי זריעה וקציר, כמות מי ההשקיה במשך כל הגידול בכל אחד מהקצירים, הדישון בגידול צמחי סורגוסון וסטריה

	סורגוסון	גידול 1	סורגוסון	גידול 2	סטריה	
	שפירים	קולחים	שפירים	קולחים	שפירים	קולחים
תאריך זריעה	8.4.2009	8.4.2009			8.4.2009	8.4.2009
תאריך קציר	10.6.2009	10.6.2009	14.8.2009	14.8.2009	10.6.2009	10.6.2009
דישון						
N (ק"ג צורף)	9	-	9	-	8	-
P יחידות	8	-	8	-	8	-
K יחידות	15	-	15	-	15	-
השקיה בטפטוף מ"ק	137	137	139	139	113.6	113.6

כל טיפול, שפירים או קולחים, גודל בחמש חזרות בבלוקים באקראיות גמורה. החזרות היו חלקות בגודל 6 מ' x 12 מ'. בכל חלקה צפיפות השורות הייתה 15 ס"מ. כל החלקות הונבטו בהשקיה במים שפירים בהמטרה. לאחר הנבטה נפרשו 9 צינורות ברוחב כל חלקה (6 מ'). מי קולחים לאחר טיהור שניוני סופקו ממאגר קבוע 'שומרת'. במשך הגידול, כל שבועיים נדגמו שני סוגי מי ההשקיה. בסוף הגידול נקצרו 5 מ' אורך של צמחים מאמצע כל חלקה, בעזרת מקצרה ידנית ברוחב של 1 מ'. נשקלו כל הצמחים שנקצרו על מנת לקבוע היבול.
 שיטות העבודה היו דומות לאלו שהשתמשו בשנים הקודמות (2007 - מבחן זני תירס ו 2008 - מבחן סורגום למספוא).

תוצאות ודין

סורגוסון

טבלה 2. היבול (ק"ג ח"ד'), תכולת חומר היבש (%) והחומר האורגני (% ע"ב ח") והחלבון (%) של צמחי סורגוסון משני קצירים שהושקו במים שפירים או במי קולחים.

פרמטר	קציר 1			קציר 2		
	שפירים	קולחים	שח"מ	שפירים	קולחים	שח"מ*
יבול	648.4 ^a	776.5 ^b	39.5	792.1	763.4	32.7
ח"י	10.1	10.5	0.45	22.5	21.5	0.97
ח"א	86.3 ^a	85.3 ^b	0.15	90.0	90.9	0.19
חלבון	11.96	11.31	0.53	86.2 ^a	77.67 ^b	0.27

^{a,b} הערכים באותה שורה המסומנים באותיות שונות נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$. *שח"מ - שגיאת תקן ממוצעת.

הייתה מכת טריגונה בצמחי סורגוסודן בגידול הראשון.
סה"כ היבולים של סורגוסודן משני הקצירים היו: 1441 ק"ג ח"י ל'ד' בטיפול שפירים ו 1540 ק"ג ח"י ל'ד' בטיפול קולחים.

טבלה 3. השפעת השקיה בקולחים על אפיונים פנולוגיים של הצמחים סורגוסודן: גובה הצמח, קוטר הגבעול ומספר העלים בגבעול, והתפלגות משקל ח"י של אברי הצמח.

קציר 2			קציר 1			פרמטר
שח"מ	קולחים	שפירים	שח"מ	קולחים	שפירים	
0.10	1.70	1.69	0.05	2.24	2.37	גובה הצמח (מ')
1.04	12.6	10.8	0.56	12.3	12.9	קוטר גבעול (מ"מ)
0.83	9.6	9.5	0.26	8.46	8.14	מס. עלים וגבעול
התפלגות משקל ח"י בין אברי הצמח (%)						
1.52	36.2	37.4	1.71	36.5	33.0	עלים
1.52	63.8	62.6	1.71	63.5	67.0	גבעולים

הערכים באותה לא נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$.

טבלה 4. השפעת השקיה בקולחים על תכולת דופן התא ומרכיבי בצמחי סורגוסודן ובאברם (% בח"י)

קציר 2			קציר 1			פרמטר
שח"מ*	קולחים	שפירים	שח"מ	קולחים	שפירים	צמח מלא
0.82	^b 61.2	^a 63.8	0.63	69.0	68.4	NDF
0.51	29.5	29.8	0.66	38.8	39.1	צלולוז
0.40	^b 27.5	^a 29.7	0.24	25.8	25.0	המיצלולוז
0.24	4.51	4.15	0.17	4.66	4.59	ליגנין
						גבעולים
1.10	^b 55.9	^a 60.9	0.41	^b 65.8	^a 70.3	NDF
0.73	28.3	30.6	0.72	39.5	42.5	צלולוז
0.62	24.5	27.3	0.30	22.9	22.7	המיצלולוז
0.20	3.50	3.56	0.28	^b 3.62	^a 5.66	ליגנין
						עלים
0.91	66.9	66.8	0.50	67.4	67.4	NDF
0.41	27.4	28.6	0.64	30.9	30.2	צלולוז
0.45	34.8	34.8	0.59	32.9	33.2	המיצלולוז
0.22	3.74	2.96	0.14	3.07	3.81	ליגנין

^{a,b} הערכים באותה שורה המסומנים באותיות שונות נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$. *שח"מ – שגיאת תקן ממוצעת

טבלה 5. השפעת השקיה בקולחים על נעילות ח"י, ח"א ושל NDF בצמחי סורגוסודן ובאברם (%).

פרמטר			קציר 1			קציר 2		
צמח מלא			שפירים	קולחים	שח"מ	שפירים	קולחים	שח"מ ^א
NDF			68.4	69.0	0.63	^א 63.8	^ב 61.2	0.82
צלולוז			39.1	38.8	0.66	29.8	29.5	0.51
המיצלולוז			25.0	25.8	0.24	^א 29.7	^ב 27.5	0.40
ליגנין			4.59	4.66	0.17	4.15	4.51	0.24
גבעולים								
NDF			^א 70.3	^ב 65.8	0.41	^א 60.9	^ב 55.9	1.10
צלולוז			42.5	39.5	0.72	30.6	28.3	0.73
המיצלולוז			22.7	22.9	0.30	27.3	24.5	0.62
ליגנין			^א 5.66	^ב 3.62	0.28	3.56	3.50	0.20
עלים								
NDF			67.4	67.4	0.50	66.8	66.9	0.91
צלולוז			30.2	30.9	0.64	28.6	27.4	0.41
המיצלולוז			33.2	32.9	0.59	34.8	34.8	0.45
ליגנין			3.81	3.07	0.14	2.96	3.74	0.22

^{א,ב} הערכים באותה שורה המסומנים באותיות שונות נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$. *שח"מ – שגיאת תקן ממוצעת

סיטריה

טבלה 6. היבול (ק"ג ח"ד'), תכולת חומר היבש (%) והחומר האורגני (% ע"ב ח") והחלבון (%) בצמחיסיטריה שהושקו במים שפירים או במי קולחים.

פרמטר	שפירים	קולחים	שח"מ
יבול	692.9	763.9	40.4
גובה הצמח (מ')	1.32	1.31	0.016
ח"י	16.1	16.8	0.59
ח"א	87.4	87.8	0.31
חלבון	13.0	12.8	5.47
התפלגות משקל חח"י בין אברי צמחי הסיטריה			
עלים	42.6	49.3	2.35
גבעולים	57.4	50.7	2.35

^{א,ב} הערכים באותה שורה לא נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$. *שח"מ – שגיאת תקן ממוצעת

טבלה 7. השפעת השקיה בקולחים על תכולת דופן התא ומרכיביה בצמחי סיטריה ובאברי הצמח שהושקו במים שפירים או במי קולחים (% בח")

פרמטר	שפירים	קולחים	שח"מ
<u>צמח מלא</u>			
NDF	69.8 ^a	71.2 ^a	0.51
צלולוז	37.8	38.3	0.49
המיצלולוז	26.4	27.0	0.25
ליגנין	5.78	5.61	0.23
<u>גבעולים</u>			
NDF	75.8	76.1	0.48
צלולוז	42.6	44.2	0.42
המיצלולוז	25.5	25.1	0.32
ליגנין	7.38	7.04	0.25
<u>עלים</u>			
NDF	62.6	65.6	0.70
צלולוז	27.0	29.4	0.80
המיצלולוז	31.8	31.8	0.46
ליגנין	3.68	4.17	0.28

^a הערכים באותה שורה המסומנים באותיות שונות נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$. *שח"מ – שגיאת תקן ממוצעת

טבלה 8. השפעת השקיה בקולחים על נעילות ח", ח"א ושל NDF בצמחי סטריה ובאברי הצמח (%) (בחה").

פרמטר	שפירים	קולחים	שח"מ
<u>צמח מלא</u>			
נעילות ח"י	61.4	60.9	0.66
נעילות ח"א	58.7	58.7	0.93
NDF	54.7	55.2	0.92
<u>גבעולים</u>			
נעילות ח"י	54.2	52.1	0.53
נעילות ח"א	51.0	47.7	1.13
NDF	47.9	46.8	0.50
<u>עלים</u>			
נעילות ח"י	66.8	63.4	0.70
נעילות ח"א	66.8	63.5	0.92
NDF	61.6	59.1	1.00

^a הערכים באותה שורה לא נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$.

תכולת המינרלים במי ההשקיה ובצמחי הסורגוסודן ובסטריה

טבלה 9. תכולת המאקרו ומיקרו- אלמנטים במי ההשקיה.

אלמנט	מים שפירים	מי קולחים	שת"מ
מאקרו-אלמנטים (מ"ג/ל):			
Ca	146	139	1.53
Mg	57.5	58.0	0.40
Na	37.5	244	3.62
K	2.52	35.1	0.07
Si	2.34	7.14	0.43
מיקרו-אלמנטים (µg/l):			
B	72.9	150	29.3
Al	17.2	44.0	8.28
Cu	23.6	8.20	7.22
Fe	63.9	125	36.7
Mn	15.5	92.8	7.91
Ba	76.4	56.6	3.65
Pb	129	113	10.7
Zn	288	34.8	108
Sr	294	380	6.78
Cd	0.21	0.16	0.08
Co	0.36	1.61	0.18
Cr	0.36	2.18	1.46
Ni	12.4	4.72	4.81
Ti	2.66	4.12	0.22

^a ערכים באותה שורה המסומנים באותיות שונות נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$.

טבלה 10. ערכי pH, המוליכות ותכולת היסודות (non-metals) במי ההשקיה:

פרמטר	מים שפירים	מי קולחים	שת"מ
pH	7.03	7.90	0.04
מוליכות (ds/m)	0.83	1.680	0.02
Cl (מ"ג/ל)	36.8	133	5.19
S (מ"ג/ל)	7.94	14.0	1.88
P (מ"ג/ל)	0.03	16.0	0.29
N כללי (מ"ג/ל)	0.60	40.3	1.21

^a ערכים באותה שורה המסומנים באותיות שונות נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$.

טבלה 11. תכולת המאקרו- אלמנטים בצמחי סורגוסודן שהושקו במים שפירים או במי קולחים (% בח")

	קציר 2			קציר 1		
אלמנט	שפירים	קולחים	שח"מ	שפירים	קולחים	שח"מ
K	^a 4.28	^a 4.73	0.13	2.78	2.48	1.00
Ca	0.50	0.52	0.02	0.41	0.37	0.01
Mg	0.46	0.45	0.02	^a 0.31	^a 0.25	0.01
S	0.14	0.15	0.005	0.11	0.11	0.003
P	0.22	0.24	0.008	0.18	0.17	0.004

^aג ערכים באותה עמודה המסומנים באותיות שונות נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$.

טבלה 12. תכולת מיקרו-אלמנטים בצמחי סורגוסודן שהושקו במים שפירים או במי קולחים (מ"ג/ק"ג ח"י)

	קציר 2			קציר 1		
אלמנט	שפירים	קולחים	שח"מ	שפירים	קולחים	שח"מ
B	4.71	5.35	0.35	14.5	11.4	1.56
Na	^a 67.4	^a 91.0	6.56	31.5	43.3	4.52
Al	109.1	62.2	2.53	20.1	18.9	2.14
Fe	132.1	93.7	23.4	53.7	53.0	3.23
Mn	41.2	41.4	1.49	54.9	52.3	2.26
Si	711.4	817	61.2	839	783	18.9
Zn	^a 28.6	^a 17.8	4.26	15.0	15.6	2.63
Cu	7.50	7.72	0.35	6.94	6.29	0.43

^aג ערכים באותה עמודה המסומנים באותיות שונות נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$.

טבלה 13. תכולת האלמנטים בצמחי סיטריה שהושקו במים שפירים או במי קולחים

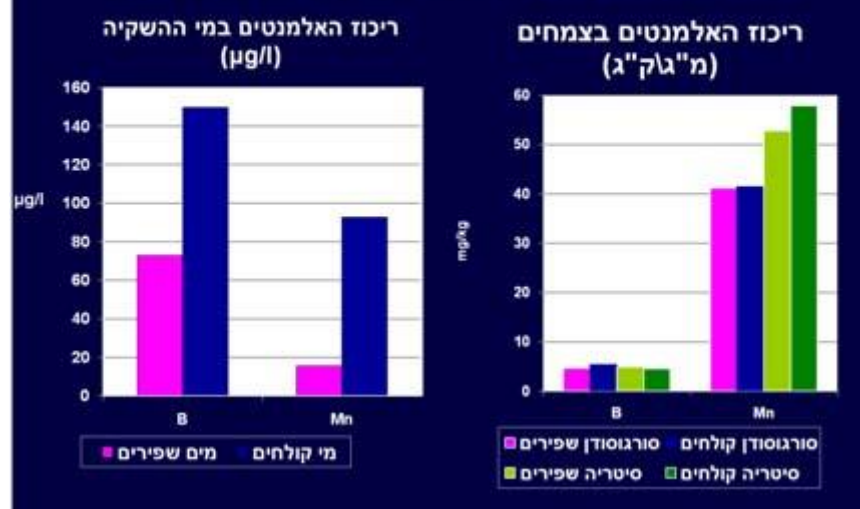
אלמנט	שפירים	קולחים	שח"מ
מאקרואלמנטים (%בחי)			
K	4.81 ^A	14.51 ^B	0.11
Ca	0.56	0.53	0.02
Mg	0.40	0.37	0.01
S	0.16	0.15	0.004
P	0.19	0.19	0.01
Cl	9.67	10.5	0.63
מיקרואלמנטים (מ"ג/ק"ג)			
B	4.95	4.61	0.21
Na	156 ^A	1205 ^B	11.4
Al	54.2	74.8	15.3
Fe	89.5	117.5	14.1
Mn	52.8	57.9	2.87
Si	345	341	11.9
Zn	13.1	12.6	2.47
Cu	6.57	6.14	0.41
Ba	38.6	35.6	2.05
Sr	40.3	36.9	1.14
Mo	32 ^A	21 ^B	0.02
Cd	0.12	0.26	0.09
Cr	61 ^A	92 ^B	0.05
Ni	2.88	2.87	0.15

^{A,B} ערכים באותה עמודה המסומנים באותיות שונות נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$.

למרות שמי קולחים מכילים אלמנטים בריכוזים גבוהים בסדרי גודל בהשוואה לריכוזם במים שפירים, בצמחים נמצאו אלמנטים בריכוזים דומים (גרף 1).

גרף 1.

השוואה בין ריכוזי המינרלים שסופקו בשני סוגי מי ההשקיה וריכוזם בצמחי סורגוסודן וסיטריה



סיכום המאזן של המינרלים שסופקו ב-137 מ"ק'ד' מי ההשקיה במשך כל הגידול הראשון של סורגוסודן והמינרלים שנקלטו בכל היבול של הצמחים שגדלו על מי השקיה אלו מוצג בטבלה 14. מקדם הספיגה מוגדר כיחס בין כמות של המינרל הנקלט בצמחים בכל היבול והכמות של אותו מינרל שסופקה ב-137 מ"ק'ד' מי ההשקיה. כל האלמנטים בעלי מקדם ספיגה קטן מאחד בצמח היו בעודף במי ההשקיה. כנראה שהעודפים המינרלים שנמצאו במים ולא נקלטו בצמחים, מגיעים בקרקע. אלמנטים אחרים בעלי מקדם ספיגה בצמח גבוהים מאחד נמצאו בכמות גדולה בצמחים מאשר במי ההשקיה, לכן הצמחים היו חייבים לקלוט את האלמנטים האלו מן הקרקע.

טבלה 14. כמות המינרלים שסופקו ב-137 מ"ק' מי ההשקיה במשך כל הגידול הראשון, תכולת המינרלים ביבול סורגוסודן ומקדם קליטת המינרלים בצמחים.

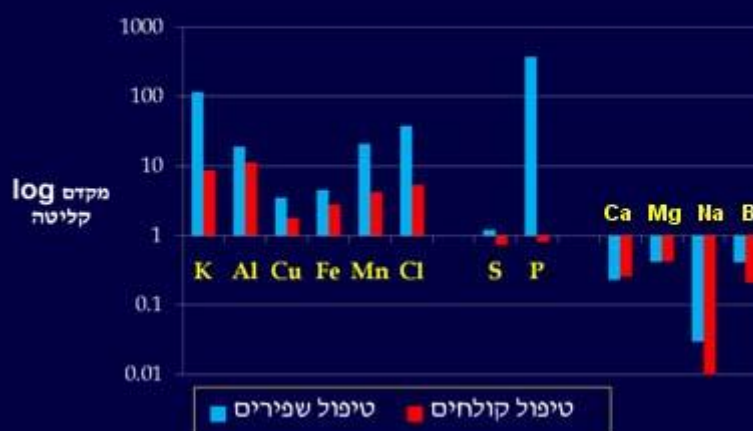
אלמנט	טיפול שפירים			טיפול קולחים		
	במים	ברקמת	מקדם	במים	ברקמת	מקדם
	חצמחית	חצמחית	חקליטה	חצמחית	חצמחית	חקליטה
מאקרו- אלמנטים (ק"ג ב-137 מ"ק מי ההשקיה) ובצמחי סורגוסודן (ק"ג/דונם/לעונה)						
Ca	19.97	3.25	0.16	18.98	3.36	0.18
Mg	7.87	2.98	0.38	7.95	3.49	0.44
Na	5.13	0.04	0.01	33.4	0.07	0.002
K	0.35	27.7	80.4	4.81	30.7	6.39
Si	0.32	0.46	1.44	0.98	0.53	0.54
S	1.09	0.87	0.80	1.91	0.99	0.52
P	0.004	1.42	328	2.12	1.56	0.71
Cl	2.15	75.3	35.1	18.2	60.0	3.30
מיקרו-אלמנטים (ג' ב-137 מ"ק מי ההשקיה) ובצמחי סורגוסודן (ג/דונם/לעונה)						

טבלה 15. כמות המינרלים שסופקו ב-113.6 מ"ק' מי ההשקיה במשך כל הגידול, תכולת המינרלים ביבול הסיטריה ומקדם קליטת המינרלים בצמחים.

טיפול קולחים			טיפול שפירים			אלמנט
מקדם חקליטה	ברקמת הצמחית	במים	מקדם חקליטה	ברקמת הצמחית	במים	
מאקרו- אלמנטים (ק"ג ב370מ"ק מי החשקיה) ובצמחי סורגסודן (ק"ג/דונם/לעונה)						
0.18	3.36	18.98	0.16	3.25	19.97	Ca
0.44	3.49	7.95	0.38	2.98	7.87	Mg
0.002	0.07	33.4	0.01	0.04	5.13	Na
6.39	30.7	4.81	80.4	27.7	0.35	K
0.54	0.53	0.98	1.44	0.46	0.32	Si
0.52	0.99	1.91	0.80	0.87	1.09	S
0.71	1.56	2.12	328	1.42	0.004	P
3.30	60.0	18.2	35.1	75.3	2.15	Cl
מיקרו-אלמנטים (ג' ב1370מ"ק מי החשקיה) ובצמחי סורגסודן (ג/דונם/לעונה)						
0.20	4.15	20.5	0.31	3.05	9.99	B
8.01	48.3	6.03	30.0	70.7	2.36	Al
5.34	5.99	1.12	1.51	4.87	3.23	Cu
4.24	72.7	17.1	9.78	85.7	8.76	Fe
2.53	32.2	12.7	12.6	26.7	2.12	Mn
1.01	7.81	7.75	0.58	6.08	10.5	Ba
2.90	13.8	4.77	0.47	18.5	39.4	Zn
0.36	18.7	52.0	0.39	15.6	40.2	Sr
5.52	0.118	0.021	3.15	0.09	0.03	Cd
0.23	0.05	0.22	1.19	0.06	0.05	Co
2.42	0.72	0.30	1.14	0.56	0.49	Cr
0.99	0.64	0.65	0.25	0.42	1.70	Ni
1.68	0.95	0.56	3.43	1.25	0.36	Ti

גרף 2.

מקדם הקליטה של מינרלים בצמח סיטריה שהושקה במים שפירים או במי קולחים



בגרף 2 מוצגים מקדמי קליטה של סידרה אלמינטים. ניתן להבדיל 3 קבוצות: 1. אלמנטים בעודף במי ההשקיה (מקדם קליטה > 1): Ca, Na, Mg. לאחר קליטתם חלקית בצמח, העודפים של אלמנטים אלו שסופקו במי ההשקיה מגיעים לקרקע; 2. אלמנטים שנקלטו בצמחים בכמות גדולה מאשר הכמות שסופקה אפילו במי הקולחים (מקדם הקליטה < 1): K, Al, Fe, Cu, Mn. צמחי המספוא חייבים לקלוט אלמנטים חסרים אלו מהקרקע או מדישון; 3. אלמנטים שסופקו במלואם ע"י השקיה במי קולחים: S, P.

טבלה 16. תכולת הניטריטים בצמחי סורגוסודן שהושקו במים שפירים או במי קולחים (ג'ק"ג ח"י)

אלמנט	קציר 1		קציר 2		שח"מ
	שפירים	קולחים	שפירים	קולחים	
צמח מלא	15.0	14.8	2.45	2.58	0.30
גבעולים	17.9	20.4	2.04	3.35	0.57
עלים	4.03	5.21	1.53	1.33	0.08

ערכים באותה עמודה לא נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$.

טבלה 17. השפעת השקיה בקולחים על תכולת הניטריטים בצמחי סיטריה (ג'ק"ג ח"י)

פרמטר	שפירים	קולחים	שח"מ
צמח מלא	^a 22.2	^a 14.8	0.97
גבעולים	^a 47.9	^a 17.5	2.10
עלים	7.17	5.56	0.40

^a הערכים באותה שורה מסומנים באותיות שונות נבדלים סטטיסטית ברמת מובהקות $P < 0.05$. *שח"מ – שגיאת תקן ממוצעת

סיכום

השפעת השקיה במי קולחים בהשוואה להשקיה במים שפירים על איכות צמחי מספוא קיצים: תירס, סורגום, סיטריה וסורגוסודן

1. לא נמצאה השפעה להשקיה בקולחים על היבול ועל המאפיינים הפנולוגים של הצמחים. בצמחים דו-קצירים נמצא יתרון מובהק לגידול הראשון בפרמטרים הפנולוגים וביבולים.
 2. נמצא מגמה של עליה בריכוזי NDF בהשפעת ההשקיה בקולחים.
 3. השפעת השקיה בקולחים על נעילות כלל הח"י וה NDF:
- בתירס תלוי בזן (באורופסה נמצא השפעה חיובית ובזן 32P75 השפעה שלילית);

- בסורגום - FS5 הייתה השפעה שלילית;
 - בסורגוסודן - השפעה שלילית;
 - בסיטריה לא נמצאה השפעה.
4. הצמחים מהקציר השני מאופיינים בנעכלות הח"ו וה- NDF נמוכה ובריכוזים נמוכים של חלבון וניטרטים, בהשוואה לצמחים מהקציר הראשון.
5. למרות שמי קולחים מכילים מספר רב של מינרלים בריכוזים גבוהים בסדרי גודל בהשוואה למים שפירים, לא נמצאו הבדלים מובהקים בין שני טיפולי ההשקיה בתכולות המינרלים בכל הצמחים שנבחנו.
6. מסקנה: נראה שהריכוזים הגבוהים של המינרלים בקולחים מטוהרים בדרגה שניונית, ששימשו בניסויים אלו היו מתחת לרמות סף הנזק לגידול הצמחים.
7. השקיה במי קולחים חוסכת דשן יקר. מי קולחים מספקים את כל הכמות של הזרחן, כ-80% מצריכת החנקן וכ-25% מצריכת האשלגן, הנדרשים לגידול צמחי המספוא הקיציים שנבחנו.

רשימת ספרות

1. Association of Official Analytical Chemists, 1984. Official Methods of Analysis. 14th ed. AOAC Washington, DC.
2. Ben-Ghedalia, D., Solomon, R., Miron, J., Yosef, E., Zombergg, Z., Zukerman, E., Greenberg, A. & Kipnis, T., 2001. Effect of water salinity on the composition and in vitro digestibility of winter-annual ryegrass grown in the Arava desert. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 91:139-147.
3. Ben-Ghedalia, D., Yosef, E., Miron, J., Nikbahat, M., Zeno, A. and Zukerman, E., (2003). Composition and digestibility of forages irrigated by wastewater. *Meshek Habakar Vahalav*, 305:7-10(in Hebrew).
4. Kjeldahl Method for nitrate containing samples. Automated method, 1980. Pg. 127: 3116 & 7021. In: Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Horwitz, W.(ed). Washington DC. USA.
5. Little, T.M., and Hills, F.J., 1978. In: Agricultural Experimental Design and Analysis. John Wiley, New York. Pp:47.
6. Miron, J., Zuckermann, E., Sadeh, D., Adin, G., Nikbahat, M., Yosef, E., Ben-Ghedalia, D., Carmi, A., Kipnis, T., Solomon, R., 2005. Yield, composition and in vitro digestibility of new forage sorghum varieties and their ensilage characteristics. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 120: 17-32.
7. Miron J., E. Zuckerman, G. Adin, R. Solomon, E. Shoshani, M. Nikbachat, E. Yosef, A. Zenou, Z.G. Weinberg, Y. Chen, I. Halachmi, and D. Ben-Ghedalia. 2007. Comparison of two forage sorghum varieties with corn and the effect of feeding their silages on eating behavior and lactation performance of dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 139: 23-39.
8. Nsereko, V.L., Beauchemin, K.A., Rode, L.M., Furtado, A.A. and Farr, B., 1998. Use of heat stable amylase in the neutral detergent fiber procedure. *J. Dairy Sci.*, 81, Suppl.1: 1306.
9. Tilley, J.M.A. and Terry, R.A., 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.*, 18:104-111.
10. Van-Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J.Dairy Sci.* 74:3583.
11. Yosef, E., Ben-Ghedalia, D. Miron, J. and Zukerman, E., (2003). Quality survey of summer forages, *Gan Sade Vameshek*, 5: 16-19 (in Hebrew).
12. Yosef, E., Miron, J., Nikbachat, M. and Ben-Ghedalia, D., (2009). The effect of sewage irrigation on mineral composition and in vitro digestibility of corn forages. (Reviewed article in Hebrew). *Nir and Telem*, 17:21-31.
13. Yosef, E., Zuckermann, E., Miron, J., Nikbahat, M. and Ben-Ghedalia, D., (2009). The effect of sewage irrigation on mineral composition and in-vitro digestibility of two corn forage varieties. *The Abstract no.W131. ADSA-CSAS-ASAS, Joint Annual Meeting, Montreal, Canada, July 2009.*
14. Yosef, E., Miron, J., Nikbahat, M., Zenu, A., Zuckermann, E. and Ben-Ghedalia, D., (2009). The effect of sewage irrigation on in-vitro digestibility and on mineral composition of sorghum forages. *Ivul Si*, 46:60-61.

ברצוננו להודות לראש צוות העובדים מר. גבי גרה בחוות הניסיונות גליל המערבי- עכו, בהנהגתו של מר. דני ריינהרץ.

Abstract

In our country use of sewage water irrigation increased due to regional droughts and the necessity to eliminate the excess urban waste water. According to the instructions of Israeli Environment Quality Ministry, the sewage water should purify to secondary grade before expelling to the sea. The secondary treated sewage water is suitable to forage irrigation. Summer forages in Israel need irrigation due to lack of summer rainfalls. The purpose of this study was to evaluate the effect of secondary-treated sewage water irrigation on the mineral and cell wall composition, and in vitro digestibility of common summer forages cultivated in Israel. First year was dedicated to study the effect of secondary-treated sewage water on two varieties of corn forage: Oropesa (from European origin) and 32P75 (from "Pioneer" –USA). In the second year we studied the effect of secondary-treated sewage water irrigation on forage sorghum strain FS5 growth for summer and sequential autumn harvests. Third year was dedicated to study the same aspects in sitarya and sorghu-sudan (vydan) forages. The forages were grown during 2007-2009, in experimental farm in Akko. The irrigation treatments were sewage (S) vs. flood (F) water. Each treatment was undergoing in five replicate plots in randomly blocks and sampled by manual harvesting.

The conductivity of S and F water was in the range of 1.41-1.7 and 0.81 ds/m, respectively. The conclusions of this study are: 1. The plant morphology, crop yields and NDF content were not significantly affected by type of water irrigation; 2. The NDF content of sewage water treatment was higher as compared with flood treatment. Crop yields, plant protein content and dry matter and NDF digestibility were significantly lower in second cut than in first cut for both irrigation treatments. 3. In Oropesa corn sewage treatment improved digestibility while in 32P75 corn it decreased digestibility; In sorghum FS5 and sorghu-sudan sewage water irrigation decreased digestibility; In sitarya sewage water irrigation didn't have any effect on digestibility. Despite higher mineral concentrations in sewage water as compared with flood water, the mineral content of plants from both treatments was similar. In this study the minerals content of secondary-treated sewage water were below the critical level that might damage forage quality. The secondary treated sewage water may supply essential minerals to the plants and served as partial replacer of chemical fertilizers necessary for growing the forages, including: 100% of phosphorus, about 80% of nitrogen and 25% of potassium.