עבודת גמר בחקלאות

שעורת העתיד: חקר זני בר של שעורה שיהיו עמידים בפני עקת יובש - ופוריים

אומדן קצב הטרנספירציה של שעורת התבור מבתי גידול שונים בישראל

מגיש העבודה: גידוקוב ולדיסלב
ת.ז:880053301
מנחים: ד"ר חנן סלע , מארק פוליקובסקי , נועם גבע
מקצוע: חקלאות
בית ספר: מבואות עירון

העבודה בוצעה בחווה החקלאית "החממה האקולוגית" בעין שמר
תש"פ, 2020

תקציר:

מדענים מעריכים, כי עד סוף המאה צפויה הטמפרטורה הממוצעת בעולם לעלות ברמה של 2-6 מעלות צלזיוס. שעורה מהווה את הדגן הרביעי בחשיבותו בעולם, לאחר חיטה, אורז ותירס. על מנת שנוכל באקלים העתידי לגדל שעורה, עלינו למצוא זני בר של שעורה שיהיו בעת ובעונה אחת עמידים בפני יובש - ופוריים. כבר כיום, ישנה מגמה עולמית של עלייה בביקוש למוצרי שעורה. מאידך, שינויי אקלים ובצורות תכופות יגרמו לירידה בכמות השעורה שיכולים לגדל ולכן ההיצע יקטן. בעקבות השינויים הללו בביקוש והיצע, צפויה להיות עלייה משמעותית במחירי השעורה. לאור העובדה שמוצרי שעורה מהווים חלק משמעותי מהמזון הבסיסי במרבית העולם, ובמיוחד לשכבות החלשות, עלייה כזו במחירים יכולה לגרום לבעיה ממשית של חלק מהאוכלוסייה לקנות אוכל. לאור הדברים האלו, אני מאמין כי ההשקעה במחקר ופיתוח זנים עמידים לשינויי האקלים מצדיקה את עצמה, גם מבחינת ביטחון תזונתי, וגם בצד הכלכלי, מכיוון שמי שיוכל לגדל שעורה, יצליח למכור אותה.

במסגרת מחקר זה, בחרתי לבדוק את עמידותם ליובש של צמחי שעורת התבור (שעורת בר) שנאספה מהנגב והגליל. לקחתי שלושה קווים (אוסף זרעים מצמח אחד) של שעורה: הקו הראשון, שעורה מדברית, אשר מקורה באזור שדה בוקר. הקו השני, שעורה תרבותית בשם "עלי" אשר נפוצה בגידולים חקלאיים במקומות שונים בארץ. הקו השלישי, שעורה אשר מקורה בגליל (שעורה צפונית). שלושת הקווים נשתלו בשתי שיטות: בדליים ובשרוולים. מטרת הגידול בשני אופנים שונים הייתה ליהנות משני יתרונות: הגידול בשרוולים מאפשר צמיחה אנכית של שורשים ולמדוד את אורכם וכמותם. הגידול בדליים מאפשר לחבר אליהם משקלים תלויים (ליזימטרים). משקלים אלו מאפשרים לחשב את משקל המים המתאדה מכל דלי ובכך להסיק איזה מין ממיני השעורה צריך פחות מים על מנת להצליח ולהתקיים בתנאי עקת מים. יש לקחת בחשבון שהיות והניסוי התקיים במהלך הסתיו, לשלשת סוגי השעורה היה נח לצמוח באופן יחסי, ולמרות שנרשמו הבדלים ביניהם, יש להניח שהם היו גדולים יותר לו הניסוי היה מתקיים בקיץ. במהלך המחקר, ביצעתי שני ניסויים: הניסוי הראשון, נערך בחודשים ינואר-אפריל (2019) ובו נמדדו מספר עלים, שורשים מספרם ואורכם, משקל של עלים ושורשים יבשים. הניסוי השני, נערך בחודשים ספטמבר-אוקטובר (2019) ובו נמדדו קצב האידוי.

הממצאים מראים, כי לא מצאנו תכונות חקלאיות בולטות של הצמחים הן מהמדבר הן מהצפון שיצדיקו העברה שלהם על ידי הכלאות עם צמחים תרבותיים. ממצאים נוספים, מראים כי השעורה מדברית התפתחה יותר מהר מאשר קו צפוני ותרבותי והתחילה להשתבל ראשונה.

מסקנות הניסוי, למרות ההתפתחות המוקדמת של שעורה מדברית היא היתה מאוד רזה ונראתה הכי מסכנה מתוך כל הקווים. גם באידוי המים שעורה מדברית לא היתה הכי בולטת ואיבדה מים לגרם חומר יבש כמעט כמו שעורה תרבותית. חשוב לציין, כי המחקר שלנו היה מוגבל במספר המדדים שבדקנו ובמגוון הצמחים. יתכן ובמחקרים רחבים יותר ימצאו תכונות חקלאיות ומועילות בצמחי הבר. בניסוי המשך, אני ממליץ לוקחת קווים אחרים, כי יש עוד הרבה קווים שלא בדקנו אותם ולבדוק את הכשירות לנטילת גנים בשביל שעורת עתיד.

תוכן העניינים:

תקציר.....2

תוכן עניינים.....3

1. מבוא וסקירת ספרות.....4

2. שיטות וחומרים.....9

ניסוי מספר 1.....11

ניסוי מספר 2.....15

3. ממצאים..... 18

תוצאות ניסוי שרוולים.....18

תוצאות ניסוי דליים.....26

4. דיון ומסקנות.....32

5. סיכום.....33

6. מגבלות המחקר.....35

7. מחשבות אישיות.....36

רשימת מקורות.....37

תודות 38

1 . מבוא וסקירת ספרות

דגנים

גידול דגניים לגרגרים החל כבר בימי קדם, לפני כ 10-15 אלף שנים. בעולם מספר דגנים חשובים לתזונת אוכלוסיות רחבות, וביניהם חיטה, אורז, תירס, שעורה, שיפון, שיבולת שועל, סורגום ומיני דוחן. חצי מהשטח המעובד בעולם משמש כיום לגידול דגנים, והם מהווים את המקור החשוב ביותר לפחמימות, לבני אדם ולחיות משק. המגבלה העיקרית של זני דגנים מסורתיים, הינה ביכולת של הגבעול לשאת שיבולת כבדה, מלאה בגרגרים. מגבלה זו העסיקה חוקרים רבים לאורך השנים. בשנות השישים של המאה העשרים הצליחו שני מוסדות מחקר בינלאומיים, לטפח ולהפיץ זנים חדשים בעלי גבעול קצר, שמסוגלים להחזיק שיבולת כבדה, עשירה בגרגירים. הצלחת הזנים החדשים היתה כה גדולה, והתפוצה שלהם בעולם היתה כה רחבה, עד שהדבר זכה לשם "המהפכה הירוקה". מהפכה זו הגיעה גם לישראל, כאשר כל זני החיטה שגודלו בארץ הוחלפו בזנים החדשים, לאחר שעברו תהליך של התאמה לצרכים המקומיים. המהפכה הירוקה גרמה לנטישת הזנים המסורתיים ולהקטנת המגוון הגנטי של החיטה והשעורה .אהרון אהרונסון וניקולאי ואווילוב צפו את המגמה הזאת עוד בתחילת המאה העשרים והציעו לשמר ולהשתמש בזנים המסורתיים ובמיני הבר כמקור להשבחת זני התרבות.[1]/21

בישראל, יצור גרגירי דגנים היה מאז ומתמיד הענף החקלאי החשוב ביותר. חיטה גודלה באזורים גשומים, ושעורה באזורים מועטים בגשם. לא סתם, שני גידולים אלו, נמנים על שבעת המינים, אשר נתברכה בהם הארץ.[3]

מורפולוגיה של דגנים

שורשים: מערכת השורשים של הדגניים היא ציצת שורשים. קיימים שני סוגים: שורשי נבט ושורשים מוספים.

גבעול: גבעול הדגנים מורכב מפרקים גליליים.

עלים: עלי הדגנים מסורגים וערוכים בשני טורים.

פרחים: הפרחים קטנים, ערוכים בשיבוליות. כל שיבולית מכילה פרח אחד, שניים או יותר.

פרי: הפרי הוא גרגר יבש, המורכב מזרע חד-פסיגי יחיד, עטוף בקליפת הפרי[4]

---

[1] "Agricultural and Botanical Explorations in Palestine; Volume ...." , , https://www.amazon.com/Agricultural-Botanical-Explorations-Palestine-No-180/dp/1360148531.

[2] "Nikolai Vavilov - Wikipedia." , , https://en.wikipedia.org/wiki/Nikolai_Vavilov.

[3] 'החי והצומח של ארץ ישראל, עורך: עזריה אלון, משרד הבטחון והחברה להגנת הטבע, כרך 12, 1988, עמ 285-11

[4] 'החי והצומח של ארץ ישראל, עורך: עזריה אלון, משרד הבטחון והחברה להגנת הטבע, כרך 12, 1988, עמ 285-11

שעורה

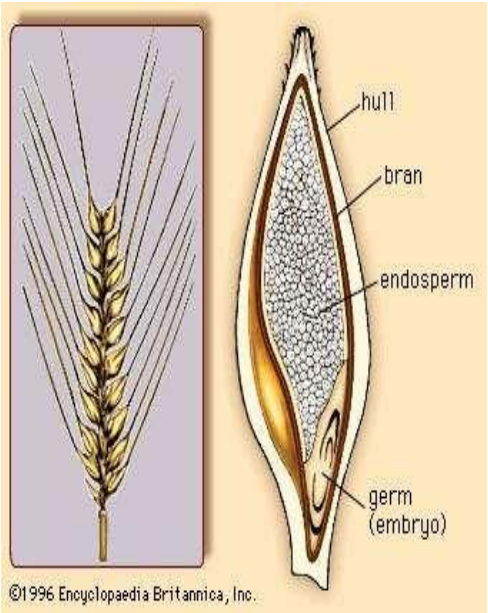
השעורה הנה גידול תרבותי עתיק, יתכן שאף קדום לחיטה. קיימת מחלוקת לגבי מקור השעורה. סברה אחת, היא ששעורת התבור (H. spontaneum ithaburense) הגדלה בארץ, היא ההורה של השעורה התרבותית.

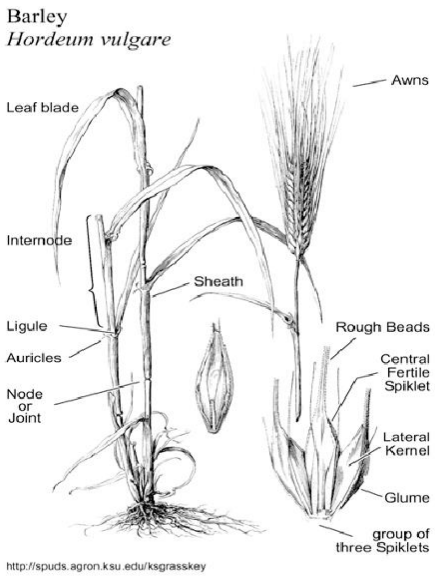
במיני הבר של השעורה, כאשר השיבולת מבשילה, הציר של השיבולת מתפרק, תכונה המבטיחה הפצה יעילה של הזרעים. למין התרבותי שיבולת חזקה ויציבה, שאינה מתפרקת בעת ההבשלה, ולכן קל יותר לאסוף את הזרעים בקציר. השרידים המוקדמים ביותר של שעורה נמצאו בכורדיסטאן, וגילם מוערך ב - 9,000 שנה. ממצאים ארכיאולוגיים מצביעים על שלושה מקורות של שעורה תרבותית: המרכז הראשי באסיה המרכזית והמערבית, מרכזים משניים - במזרח הרחוק ובאתיופיה. השימוש העיקרי של גרגירי שעורה הינו למזון לבעלי חיים. הערך המזין של שעורה הוא כ - 80%-90% מהערך המזין של תירס. בארצות עניות מהווה השעורה חלק חשוב בתפריט של האוכלוסייה. שעורה משמשת גם לשימושים תעשייתיים, כגון ייצור לתת לבירה, אלכוהול, משקאות חריפים ותחליפים לקפה[5] .

מורפולוגיה של שעורה

לשעורה גידול מהיר של שורשים. היא מצוידת ב-עד 8 שורשי נבט, החודרים לעומק של עד 2 מטר. רוב מערכת השורשים מרוכזת בעומק של 30-40 ס"מ. אורך הגבעול 120-150 ס"מ. התפרחת בשעורה בנויה כשיבולת צפופה[6] .

איור 1: חלקי הצמח-שעורה





מקור: *researchgate,britannica.com*[7]

---

[5] 11-285 'החי והצומח של ארץ ישראל, עורך: עזריה אלון, משרד הבטחון והחברה להגנת הטבע, כרך 12, 1988, עמ
[6] 11-285 'החי והצומח של ארץ ישראל, עורך: עזריה אלון, משרד הבטחון והחברה להגנת הטבע, כרך 12, 1988, עמ
[7] "Cereal processing - Nonwheat cereals | Britannica.com." , , https://www.britannica.com/technology/cereal-processing/Nonwheat-cereals.

תנאי הגידול

בהשוואה לחיטה, השעורה עמידה יותר ליובש ולחום, והיא מסוגלת להניב יבולים גבוהים יותר, בתנאי קיצון. מכיוון שהערך הכלכלי של השעורה יותר נמוך מהערך של החיטה, בדרך כלל מגדלים את השעורה באזורים שאינם מתאימים לגידול חיטה, כלומר, באזורים שיש בהם מעט מים ובאדמות פחות עשירות. כמות הגשם המינימלית הדרושה לגידול שעורה היא 200-250 מ"מ בשנה. השעורה, הנה הדגן החורפי העמיד ביותר לקרקע מלוחה. לעומת זאת, השעורה רגישה יחסית לעודף מים בקרקע.

מינים וזנים

בסוג שעורה ישנם כ - 30 מינים. בארץ גדלים 6 מינים. כל זני השעורה התרבותית נמנים עם מין בוטני אחד, שעורת התרבות H vulgare.

מחלות ומזיקים

המחלה הקשה ביותר של השעורה בארץ היא מחלת הרשת. הקימחון תוקף בעיקר שעורה שנזרעה מאוחר בעונה.

הרכב כימי וערך תזונתי

הרכב טיפוסי של גרגירי שעורה (באחוזים מהחומר היבש): פחמימות 74%, חלבון 11%, תאית 9.1%, שומן 3.1%, אפר 2.8%.

שינויי אקלים

החשיבות לחקור את השעורה ודגנים אחרים עולה על רקע שינויי האקלים וההתחממות הגלובלית. מדענים צופים, כי בעוד 50 שנה, הטמפרטורה הממוצעת בעולם תעלה ברמה של 2-6 מעלות. הצפי הוא, שלשעורה יהיה קשה לגדול ולהניב יבול בתנאים כאלו. דו"ח של IPCC[8] international panel of climate change קובע שעד שנת 2050 הטמפרטורה העולמית צפויה לעלות[9] ברמה של 1.4 עד 2 מעלות. השינוי בטמפרטורה תלוי בין היתר בפעילות האדם, ובעיקר בפליטות הפחמן וגזי החממה.

לשינוי האקלים השלכות והשפעות שונות, במגוון תחומים. השפעות שינוי האקלים על החקלאות צפויות להיות נרחבות:

א. כמויות המים הזמינות בקרקע ירדו, תופעה זו תגרום לנזק ליבול.

[8] "Climate Change and Land - IPCC." 7 Aug. 2019, https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/Edited-SPM_Approved_Microsite_FINAL.pdf. Accessed 3 Nov. 2019.

[9] "דוח מדינת ישראל - שינוי אקלים." 26 May. 2005, http://cms.education.gov.il/NR/rdonlyres/40967771-7737-44DF-92A2-A102DF9ADE82/108419/Aklim.pdf. Accessed 3 Nov. 2019.

ב. הופעה של מזיקים ופתוגנים חדשים, תביא להתגברות מחלות בצמחים.

ג. ירידה בכמויות המים ממקורות מים טבעיים.

ד. העליה ב CO_2 יכולה להועיל לצימוח השעורה, אבל מצד שני יכולה גם להועיל לגידול עשבים, ולכן עלולה להעלות את הצורך בשימוש בקוטלי עשבים.

ה. עליה בסיכון לסחף קרקעות.

לאור ההשפעות הצפויות הנ"ל, קיימת חשיבות כבר היום לחפש זני בר של צמחים המהווים מקורות מזון בסיסיים בתפריט האנושי, כגון שעורה. איתור זני בר של שעורה שיהיו עמידים יותר בפני מחסור במים, יכול לאפשר לשמור ואף להגדיל את היבול של השעורה בעתיד.

<u>התאמת צמחים לתנאי הסביבה</u>

צמחים מתמודדים עם תנאי סביבה קשים. צמחים נטועים במקומם ולכן צריכים להתאים לתנאי הסביבה, כלומר שתהיה להם יכולת להעמיד דורות באים. תהליך ההתאמה הוא תהליך אבולוציוני שבו בכל דור יש צמחים שמותאמים קצת יותר טוב לסביבה מאשר הוריהם. צמחים אלה ישרדו יותר טוב ויעמידו יותר צאצאים, כך לאט לאט הדורות הבאים יתאימו יותר טוב לסביבה.

קיימים צמחים שעמידים בפני יובש, והם נחלקים לשתי קבוצות:[10]

א. צמחים בעלי מנגנונים המונעים התייבשות של הרקמות.

ב. צמחים שביכולתם לחזור ולצמוח לאחר התייבשות.

<u>נפרט אודות הקבוצות:</u>

א. צמחים העמידים בפני יובש פיתחו לעצמם שני מנגנונים כדי למנוע את ההתייבשות:

1. מערכת שורשים מפותחת שמגיעה עד למי התהום, או שורשים רחבים ושטוחים, המאפשרים קליטת מים מהשכבות העליונות של הקרקע.
2. מנגנון להקטנת איבוד מים. המנגנון יכול לפעול בדרכים שונות. אחת מהן היא הקטנת שטח הפנים של העלים. באופן זה מקטין הצמח את מידת התאדות המים.

ב. צמחים שביכולתם לצמוח לאחר ההתייבשות הם בעיקר צמחים ירודים כגון אצות קרקע, טחבים וחזזיות מדבריות. צמחים אלה מסוגלים להתייבש באופן כמעט מלא ובכל זאת להמשיך להתקיים, ואף לחזור ולצמוח כאשר יש די מים.

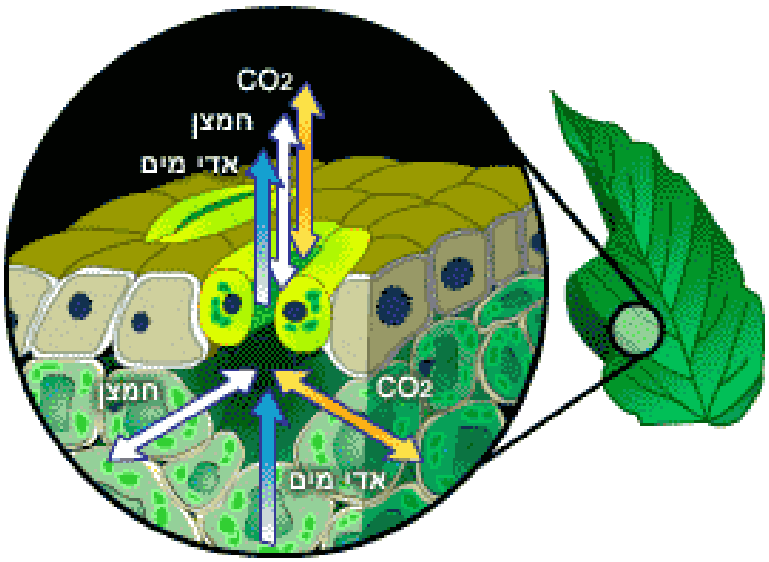
[10] "הצומח - התאמה לתנאי מדבר - מטח". , , https://lib.cet.ac.il/pages/item.asp?item=10179.

מנגנון חילוף הגזים בצמח:

צמחים כמו כל יצור חי אחר זקוקים לחומרים חיוניים. צמחים גם קולטים את החומרים מסביבתם וגם מפרישים לסביבה חומרים שונים. הצמחים קולטים את מים ו-$2CO$ כדי לחיות, תופעה זו מאפשרת את תהליכי הנשימה והפוטוסינתזה של הצמחים. צמחים נושמים בעזרת חורים קטנים, הנקראים "פיוניות". יש צמחים, בהם הפיוניות נמצאות רק בצד התחתון של העלים, יש אחרים בהם הפיוניות נמצאות בשני צדי העלים, ויש צמחים בעלי פיוניות רק בצד העליון של העלים.[11]

מסלול המים בצמח מתחיל מהשורשים. המים עוברים ממקום בו הריכוז שלהם גבוה למקום בו הריכוז שלהם נמוך. המים מצויים בקרקע. מהקרקע הם עוברים לשורשים. משם הם מתפזרים לכל גוף הצמח (ריכוז המים הממוצע בצמח הינו 85%). על מנת שהמים יעברו מהשורשים, לגבעול ולחלקי הצמח, הצמח צריך גם לאדות מים. אידוי המים בצמח נעשה בעזרת הפיוניות. מתחת לכל פיונית יש חלל, שנקרא "חדר-פיונית". חלל זה מוקף בתאים. כשהפיונית סגורה, התאים מוציאים אדי מים לחלל מתחת לפיונית. כשהצמח פותח את הפיונית - אדי המים נפלטים לאוויר. לכן, כשהפיוניות פתוחות, אדי המים יוצאים מהצמח אל האוויר. תהליך זה נקרא דיות. כאשר האוויר לח, תהליך הדיות איטי. כאשר האוויר יבש - תהליך הדיות מהיר. לכן, במידה ובעתיד האקלים יהיה יבש יותר כתוצאה משינוי האקלים, צפוי שתהליך הדיות יהיה מהיר בהרבה. מצד שני, כאשר הפיוניות סגורות, הצמח לא מבצע תהליך נשימה, לא מבצע פוטוסינתזה לכן לא מייצר סוכרים שהם מטבע האנרגיה של הצמח והבסיס של דופן התא. לכן הגידול שלו איטי יותר והיבול נמוך יותר. אנחנו מחפשים מצב בו הצמח יכול גם לבצע פוטוסינתזה וגם לשמור על המים שבגופו.

איור מספר 2: הפיוניות בצמח. מקור: אתר מטח[12]



[11] "פיוניות." , , https://science.cet.ac.il/science/transportation/transport7.asp..
[12] "פיוניות." , , https://science.cet.ac.il/science/transportation/transport7.asp.

2. שיטות וחומרים

מטרת הניסוי: אומדן רמת העמידות ליובש בקרובי הבר של שעורה על ידי שימוש בליזימטרים ואומדן אורך השורשים.

שאלות המחקר:

1. מה ההבדלים בקצב הדיות (טרנספירציה) בתנאי עקה בין צמחי שעורה מאזורים לחים ואזורים מדבריים?
2. מה ההבדלים באורך השורשים בין צמחי שעורה מאזורים לחים ואזורים מדבריים?
3. האם יש קשר בין אורך השורשים וקצב הדיות?

השערות המחקר:

1. קיימים הבדלים בקצב הדיות בין קווי שעורה שנאספו מבתי גידול שונים, מפני שהקווים צמחו באזורי אקלים שונים ולכל אחד היתה זמינות למים שונה.
2. קיימים הבדלים באורך השורשים בין קווי שעורה שנאספו מבתי גידול שונים, מפני ש שקווים צמחו באזורים שונים זמינות המים שונה לדוגמה: קו המדברי צמח באזור יבש עם בעיית המים וכדי לצמוח הוא צריך לשאוב מים מהאדמה, בשביל זה הוא צריך מערכת השורשים יותר מפותחת.
3. קיים קשר בין אורך השורשים וקצב הדיות, כי כמו שעברתי דוגמה עם קו המדברי, צמח עם מערכת שורשים מפותחת יותר יכול "להרשות" לעצמו לדיית יותר מים.

משתנים בלתי תלויים: בית הגידול ממנו נאסף הצמח, טמפרטורת ולחות האוויר, כמות המים בדלי.

משתנים תלויים: קצב איבוד המים (דיות), מספר עלים, אורך שורשים, משקל נצר יבש, משקל שורשים. ההבדלים בקצב איבוד המים הושוו בין שני בתי הגידול בהתחשב במשקל הצמחים, הטמפרטורה והלחות באוויר. המשקל היבש נמדד בסוף הניסוי.

אמצעי המדידה :

1. מטר כדי למדוד את האורך השורשים.
2. טוש כדי לסמן את השורשים ואחר כך לספור אותם.
3. ליזימטר של חברת "פסקל" כדי למדוד את דיות.
4. תנור כדי לייבש את העלים והשורשים.
5. משקל כדי למדוד את המשקל היבש של עלים ושורשים.

מדדים :

1. את האורך השורשים מדדתי בס"מ.
2. מספר עלים ומספר השורשים מדדתי בספירה פשוטה.
3. משקל יבש של עלים ושורשים מדדתי בגר'.
4. את האידוי מים מדדתי במ"ל.

לוח זמנים:

שלב מספר	תקופה	התקדמות המחקר
1	ספטמבר 2018-ינואר 2019	ביצוע הכנות, כתיבת הצעת מחקר ולימוד חומר רקע
2	ינואר-אפריל 2019	ביצוע הניסוי הראשון במחקר. הניסוי כלל מערך ניסוי בדליים ומערך ניסוי בשרוולים
3	ספטמבר-אוקטובר	ביצוע הניסוי השני במחקר. הניסוי כלל מערך ניסוי בדליים בלבד
4	נובמבר-דצמבר 2019	ניתוח תוצאות וכתיבה

מהלך המחקר

במהלך המחקר ביצעתי שני ניסויים:

הניסוי הראשון התבצע בחודשים ינואר-אפריל 2019, וכלל שני מערכי ניסוי: מערך ניסוי "שרוולים", ומערך ניסוי "דליים". הניסוי השני התבצע בחודשים ספטמבר-אוקטובר 2019, וכלל מערך מחקר אחד של ניסוי בדליים.

הניסוי הראשון

במהלך החודשים ינואר-אפריל ביצעתי את הניסוי הראשון במסגרת המחקר.

מטרת הניסוי הייתה לקבוע האם יש הבדל בהתפתחות השורשים בקווי שעורה מבתי גידול שונים.

בניסוי לקחתי שלושה מינים של שעורה:

1. קו שעורה מדברי מאזור שדה בוקר
2. קו שעורה צפוני מאזור הגליל
3. קו שעורה תרבותי בשם עלי

בניתי מערך ניסוי שכלל שתי תת-מערכות:

א. שרוולים: לקחתי שרוולי פוליאתילן בקוטר 15 ס"מ. בכל שרוול שמנו חול. בכל שרוול זרענו 3 זרעים של שעורה, בהתאם לתכנית הניסוי. את השרוול עטפנו בנייר כסף (פולינום). נייר הכסף שימש כדי להסתיר את השורשים מאור השמש. הכנו 12 שרוולים כאלו ותלינו אותם בגובה שני מטר, בחממה. אורך השרוול היה 1.45 מטר (כך שכל שרוול נתלה בגובה חצי מטר מעל האדמה).

מערך הניסוי נחלק באופן הבא:

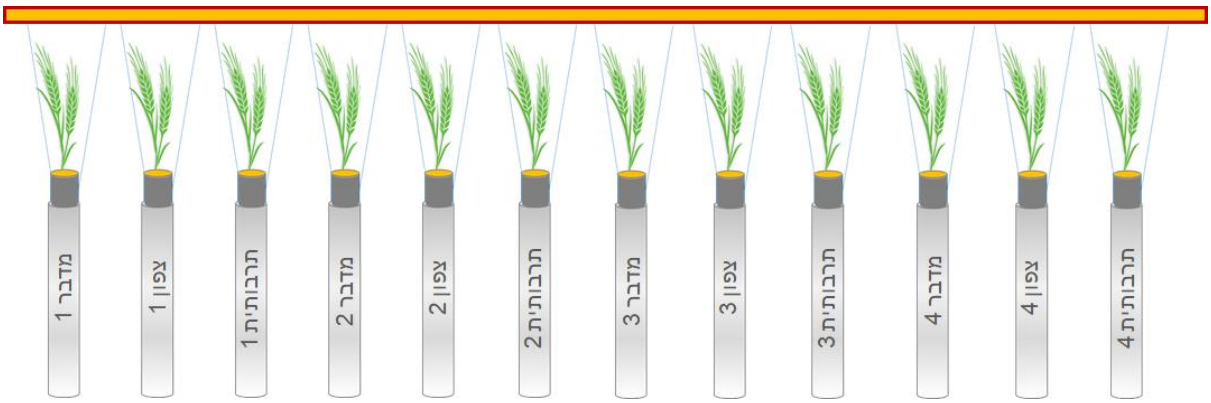
ארבעה שרוולים של שעורה תרבותית

ארבעה שרוולים של שעורה צפונית

ארבעה שרוולים של שעורה מדברית

להלן שרטוט הניסוי הראשון שהקמתי בשרוולים:

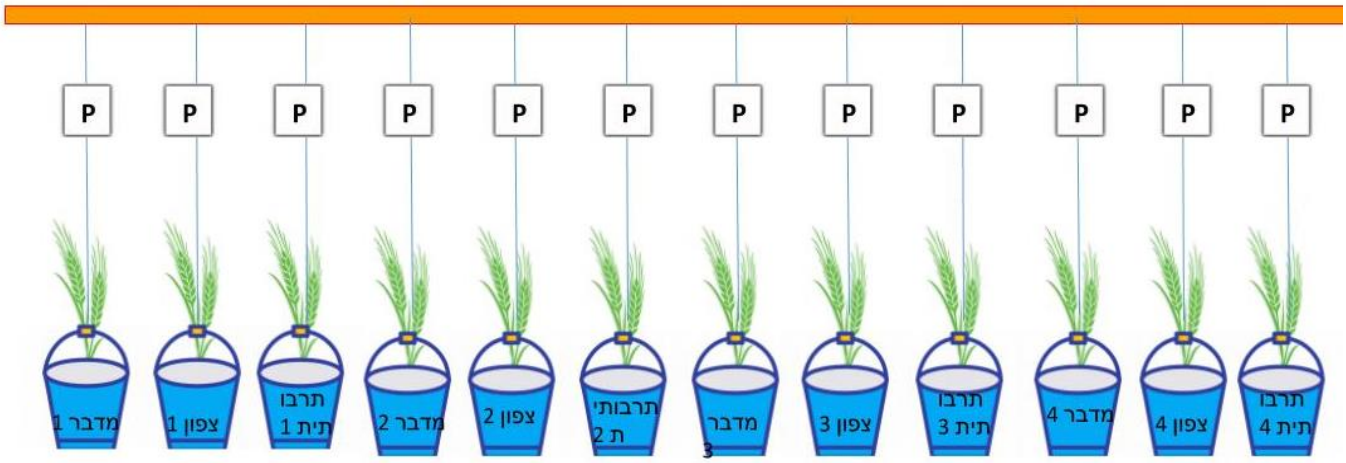
איור 3 : שרטוט גרפי ותמונה של הניסוי בשרוולים



איור 4: תמונה של ניסוי השרוולים

ב. דליים: לקחתי דליים בנפח 10 ליטר כל דלי. בכל דלי שמתי חול. זרעתי בכל דלי 12 זרעי שעורה בהתאם לתכנית הניסוי, ותליתי את הדליים על משקלים תלוים בגובה שני מטרים (ראה שרטוט).

איור 5: שרטוט גרפי של הניסוי בדליים



איור 6: תמונות ממערך המחקר בשטח

איור 7: תמונה של דלי עם שעורה בחול

השקיה:

לכל ניסוי נתתי כמות שונה של מים: לניסוי השרוולים נתתי השקיה במשך 10 דקות פעם ביומיים (0.16 ליטר). לניסוי הדליים נתתי מים גם במשך 10 דקות, אבל פעם בשבוע (0.333 ליטר). כך, שכמות המים בדליים הייתה פחותה מזו בשרוולים, כלומר שצמחי השעורה בדליים קבלו פחות מים מאלו שבשרוולים.

דשן

בכל השרוולים ובכל הדליים, הוספנו דשן מסוג אוסמוקוט, בצורה שווה, באופן ידני.

בניסוי הראשון, מערך הניסוי של השרוולים תפקד בצורה טובה, והצמחים שרדו והתפתחו לאורך הניסוי. לעומת זאת, מערך הניסוי בדליים לא היה מוצלח. רוב הצמחים מתו לאורך הניסוי, ולמעשה לא היה ניתן למדוד את איבוד המים. ככל הנראה, לפי ניתוח שערכתי עם המנחה ד"ר חנן סלע, הגורם לתמותה של השתילים היה מחלה שהתפתחה בצמחים. לכן, תכננו וביצענו ניסוי שני, שכלל דליים בלבד.

הניסוי השני

הניסוי השני התבצע בחודשים אוקטובר-נובמבר 2019. השתמשתי באותו מערך הניסוי, חוץ מכך, שבניסוי זה השתמשנו בדשן נוזלי במקום אוסמוקוט, על מנת לראות את השפעת הדשן מהר יותר. בניסוי זה, ביצעתי גם את אותן המדידות, וכאמור השתמשתי בדליים בלבד, ללא שרוולים.

אופן ביצוע המדידות

מדידת מספר עלים: מדידה זו התבצעה בשרוולים בלבד. ספירה ידנית.

מדידת אורך השורשים: מדידה זו התבצעה בשרוולים בלבד. תוך כדי הניסוי, פתחתי את הניילון המקיף את השרוולים, ומדדנו באמצעות מטר את אורך השורשים, מנקודה העליונה של החיבור עם העלים ועד לנקודה התחתונה בה מסתיים השורש.

מדידת כמות השורשים: מדידה זו התבצעה בשרוולים בלבד. תוך כדי הניסוי, פתחתי את הניילון המקיף את השרוולים, וספרנו באופן ידני את מספר השורשים. סימנתי את השורשים שספרתי. בשבוע שלאחר מכן, ספרתי את השורשים הנוספים וחיברתי את המספרים - וכך התקדמתי משבוע לשבוע.

משקל שורשים: מדידה זו התבצעה רק בסוף הניסוי. פירקנו את שרוולי הניסוי, שטפנו את האדמה מהשורשים באמצעות צינור, ייבשנו את השורשים בתנור, ולאחר שלושה ימים הוצאנו את השורשים מהתנור ושקלנו אותם במשקל מדויק.

משקל עלים: מדידה זו התבצעה רק בסוף הניסוי. פירקנו את שרוולי הניסוי, שטפנו את האדמה מהעלים באמצעות צינור, ייבשנו את העלים בתנור, ולאחר שלושה ימים הוצאנו את העלים מהתנור ושקלנו אותם במשקל מדויק.

קצב האידוי: מדידה זו התבצעה בדליים בלבד. קצב האידוי חושב באמצעות מדידה של המשקל הכולל של הצמח, יחד עם הדלי והחול, וניכוי של כמות המים שהוכנסה למערכת. המדידה התבצעה באמצעות מכשירי "ליזימטר" - משקל תלוי של חברת "פסקל" (ראו תמונה). משקלים אלו מודדים את משקל הצמח באופן רציף, בהתאם להגדרות המפעיל (לדוגמה - דגימה כל 5 דק'), לכל אורך שעות היממה. הנתונים משודרים לרשת, ונאגרים בתוכנה ייעודית. באמצעות הנתונים, ניתן לבצע ניתוחים סטטיסטיים שונים, ולעקוב אחר קצב האידוי של המים מהצמח.

נתוני לחות וטמפרטורה :התקבלו מחיישנים שהיו מוצבים בסמוך לדליים. הנתונים נרשמו ב Data Logger ויוצאו לטבלת Excel.

עיבוד הנתונים

לכל אחד מהמדדים שמדדנו, חישבנו ממוצע וסטית תקן של ארבע החזרות. חישבנו את היחס בין משקל יבש שורשים למשקל יבש עלים על ידי חלוקת משקל יבש שורשים במשקל יבש עלים. חישבנו את כמות המים שהצמח מאבד כל 20 דקות על ידי הפחתה של המשקל בנקודת זמן מסוימת מהמשקל בנקודת זמן הקודמת.

על ידי החישוב הזה מצאנו הפרשים שהיו שליליים שהם מציינים זמנים שבהם היתה השקייה. זמנים אלו הוצאו מהחישוב של כמות המים שהצמח מאבד. חילקנו את כמות המים שהצמח מאבד במשקל היבש של העלים כדי לקבל את כמות המים שהצמח מאבד יחסית לגודלו. חישבנו את המיתאם בין הלחות לבין קצב איבוד המים ואת המיתאם בין הטמפרטורה לבין קצב איבוד המים. כל החישובים נערכו בגיליון Excel.

איור 8: תמונה של עיבוד הנתונים אחרי הניסוי

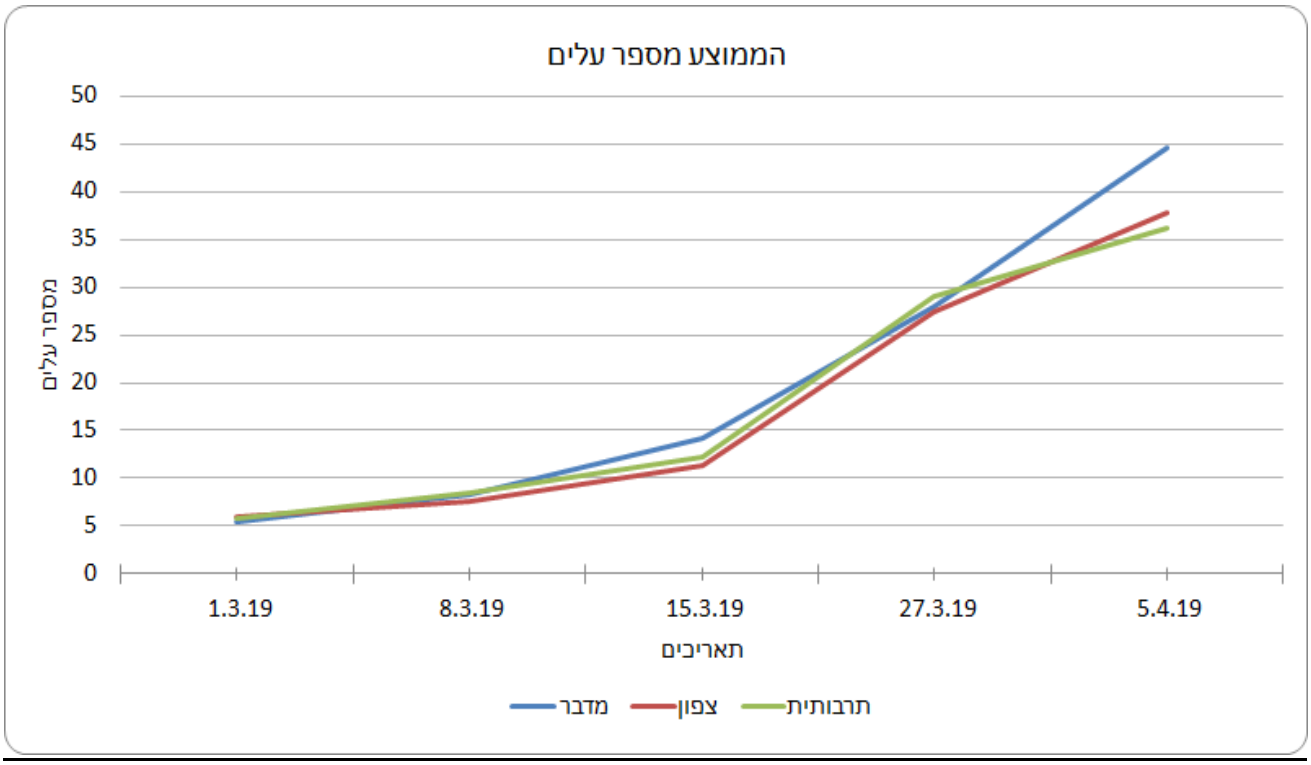
בתמונה רואים את השקיות ועליהם שורשים עלים ושיבולים אחרי ייבוש בתנור.

איור 9: תמונה של ליזימטר "פסקל"

מכשיר "פסקל" למדידת משקל מדויקת ורציפה, בו השתמשתי בניסוי הדליים למדוד את קצב הדיות. המשקל משדר לרשת את הנתונים ואוגר אותם בתוכנה ייעודית.

3. ממצאים

גרף מס' 1: ניסוי שרוולים: ממוצע מספר העלים בקווים שונים של שעורה

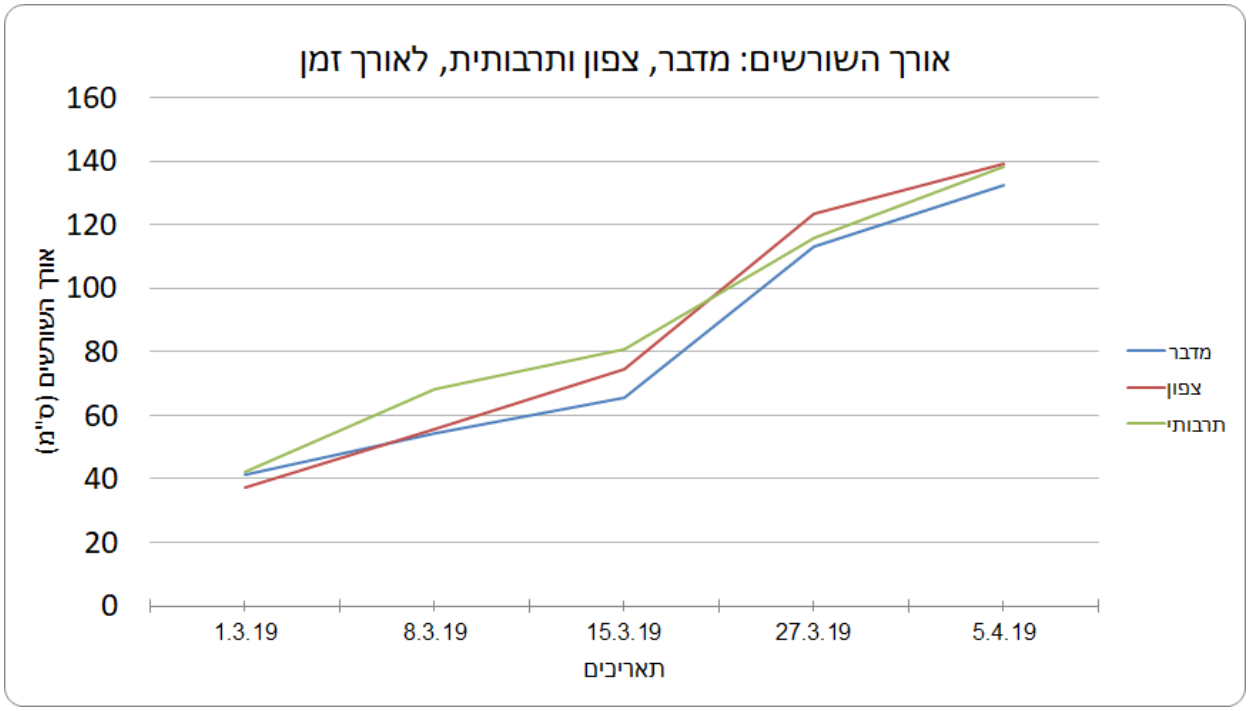


גרף זה, מציג את השינוי במספר העלים של קווי השעורה לאורך זמן, בניסוי השרוולים.

בגרף ניתן לראות, כי בתחילת הניסוי, שלושת קווי השעורה מתחילים מאותה הנקודה, כלומר שבממוצע לכל השתילים בשלושת הקווים, תרבותי, צפוני ומדברי, היו 6 עלים. ניתן לראות, כי עם התקדמות הניסוי, לשעורה המדברית התפתחו יותר עלים מאשר לתרבותית והצפונית. בסיום הניסוי, בתאריך 5.4.19, לאחר 35 יום מתחילת הניסוי, הממצאים מראים שלשעורה המדברית נספרו 45 עלים, לצפונית 37 עלים ולתרבותית 36 עלים.

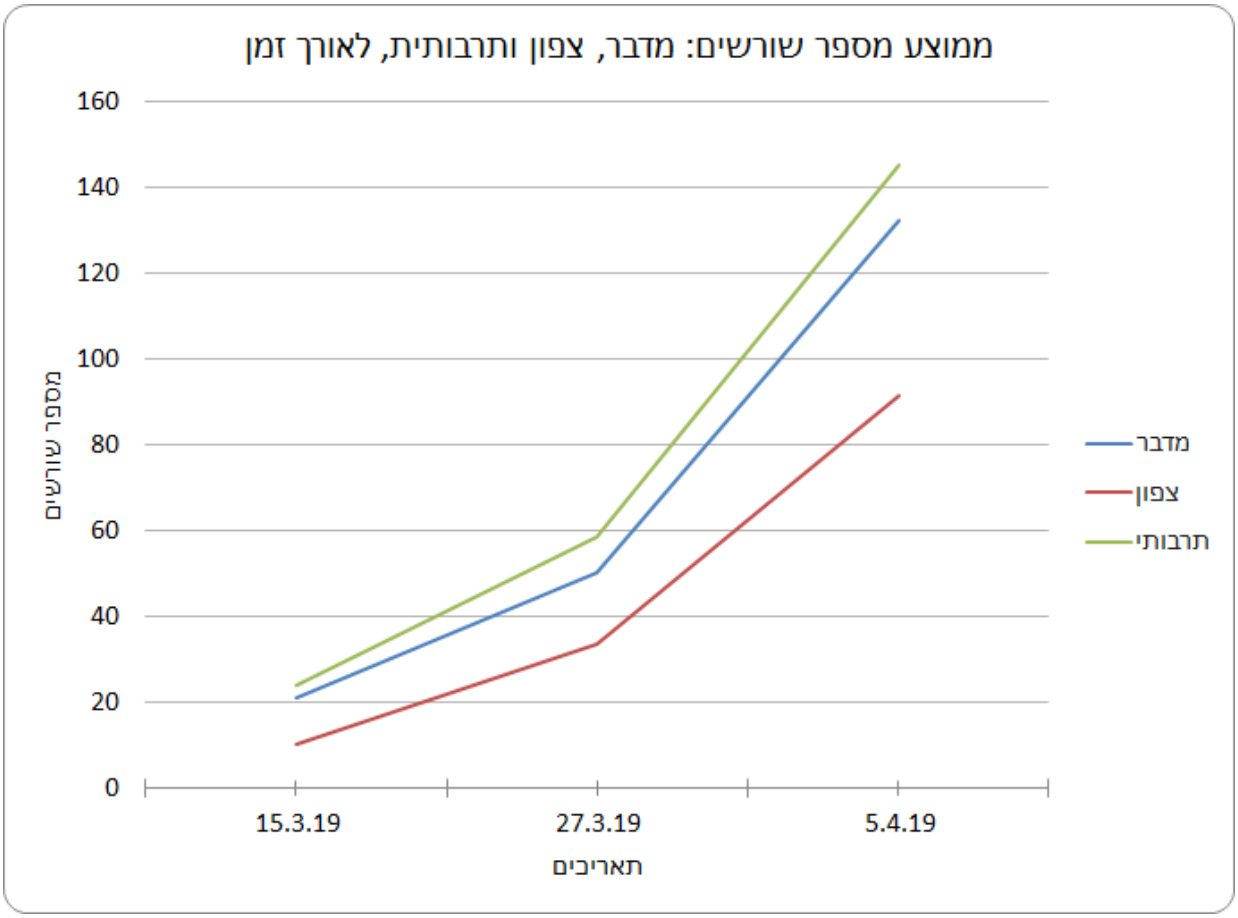
נתון חשוב נוסף - עם סיום הניסוי, בתאריך 5.4.19, רק בקו המדברי נצפתה הופעה של שיבולים. בקווים האחרים לא נצפו שיבולים.

גרף מס' 2: ניסוי שרוולים: ממוצע אורך השורשים בקווים שונים של שעורה



גרף זה מציג את השינוי באורך השורשים של קווי השעורה לאורך זמן, בניסוי השרוולים. בגרף ניתן לראות, כי בתחילת הניסוי, שלושת קווי השעורה מתחילים בנקודות קרובות, כלומר שבממוצע לכל השתילים בשלושת הקווים, תרבותי, צפוני ומדברי, היה אורך שורשים דומה, סביב 40 ס"מ. ניתן לראות, כי עם התקדמות הניסוי, נוצרו פערים בין הזנים, וכן נצפו תנודות - כלומר, לדוגמה, לאחר שבועיים מתחילת הניסוי, אורך השורשים הגדול ביותר היה בקו התרבותי (80 ס"מ), לאחר מכן בצפוני (75 ס"מ) ולבסוף במדברי (65 ס"מ). לאחר שבועיים נוספים, בתאריך 27.3.19, דווקא הקו הצפוני היה בעל אורך השורשים הארוך ביותר (125 ס"מ) ולאחר מכן התרבותי (115 ס"מ) ולבסוף המדברי (כ - 113 ס"מ). לקראת סיום הניסוי, הקווים החלו להתכנס לאותה הנקודה, סביב 140 ס"מ אורך שורשים. ניתן אולי להסביר את הממצאים, בכך שאורך השרוולים הגביל את התפתחות השורשים, והם הגיעו לקצה יכולת ההתפשטות שלהם, כ - 145 ס"מ.

גרף מס' 3: ניסוי שרוולים: ממוצע מספר השורשים בקווים שונים של שעורה

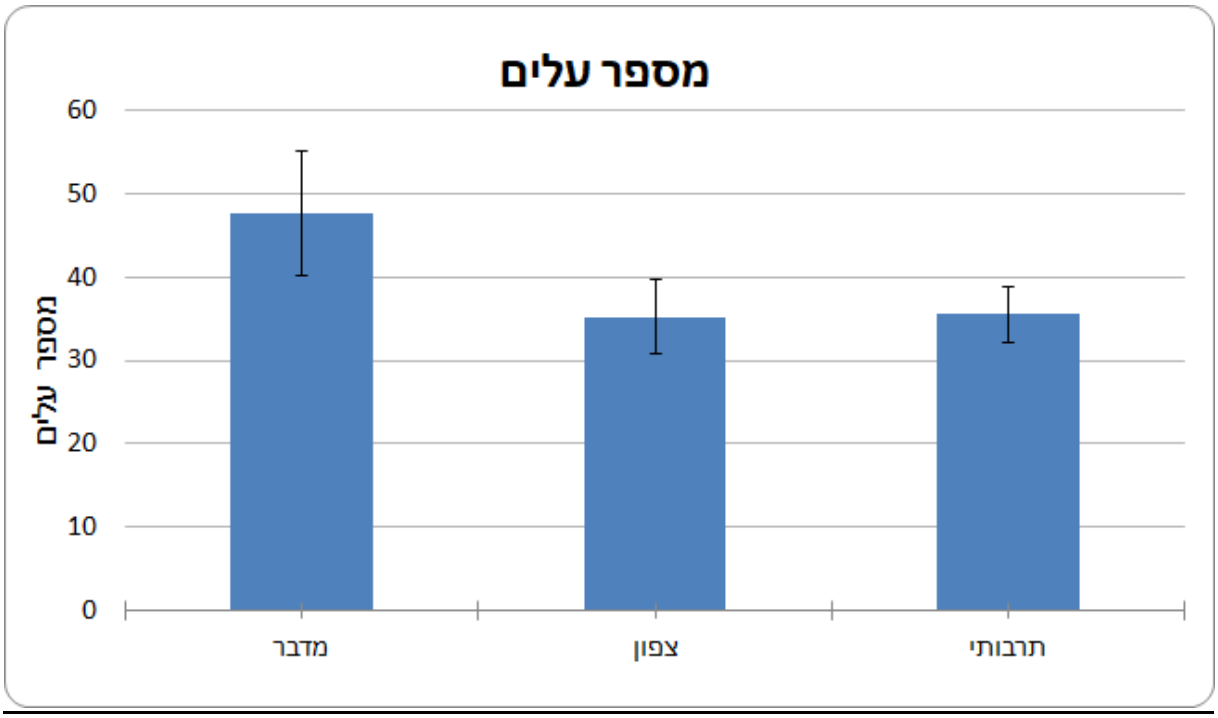


גרף זה מציג את השינוי במספר השורשים של קווי השעורה לאורך זמן, בניסוי השרוולים. מדידת השורשים, כפי שניתן לראות בציר ה - X, החלה בתאריך 15.3.19, שבועיים לאחר תחילת הניסוי. הסיבה לכך היא שלקח זמן עד שניתן היה לראות את השורשים ולספור אותם.

בגרף במדידה הראשונה, 15.3.19, היה פער במספר השורשים בין קווי השעורה השונים, בקו התרבותי 25 שורשים, בקו המדברי כ 20 שורשים, בקו הצפוני כ - 12 שורשים.

עם התקדמות הניסוי, התרחבו הפערים בין הקווים, בעיקר נוצר פער לגבי הקו הצפוני. בתאריך 27.3.19, במדידה השניה, לאחר שבועיים, המספרים עמדו על: תרבותי - 57 שורשים, מדברי - 53 שורשים וצפוני - 30 שורשים (פער של 27 שורשים בין התרבותי לצפוני). בסיום הניסוי, בתאריך 5.4.19, כ 35 יום מתחילת הניסוי, המספרים עמדו על: תרבותי - 145 שורשים, מדברי - 130 שורשים וצפוני - 90 שורשים. פער של 55 שורשים בין התרבותי לצפוני.

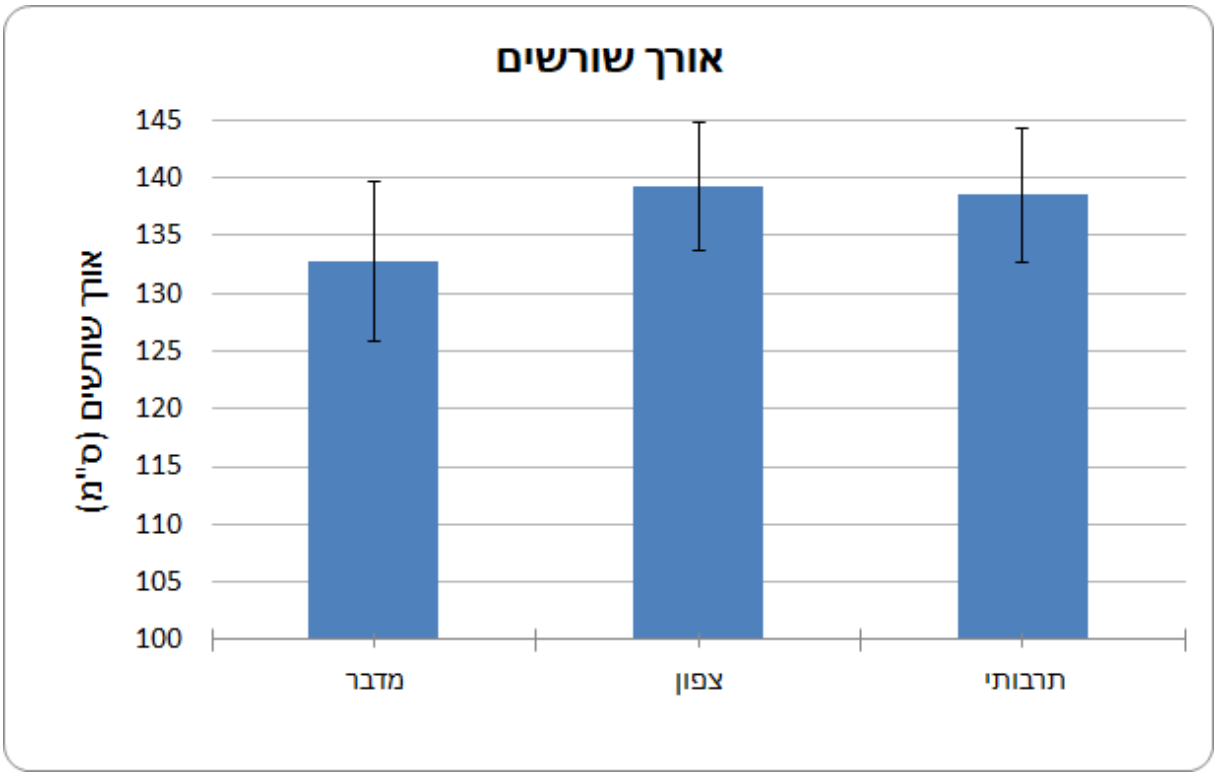
גרף מס' 4: ניסוי שרוולים: מספר עלים בקווים שונים של שעורה



סטיית תקן: מדבר (7.5). צפון (4.5). תרבותי (3.4)

גרף זה מציג את מספר העלים של קווי השעורה בשלב הייבול, בניסוי השרוולים. העמודה השמאלית מייצגת את ממוצע מספר העלים שצמחו בקו המדברי, העמודה האמצעית מייצגת את ממוצע מספר העלים שצמחו בקו הצפוני, והעמודה הימנית מייצגת את ממוצע מספר העלים שצמחו בקו התרבותי.
ניתן לראות בצורה חד-משמעית שהקו המדברי הצמיח מספר רב יותר של עלים לעומת הקווים האחרים שהמספר העלים בהם היה אותו דבר. סטיית התקן בקו המדברי היא הגדולה ביותר.

גרף מס' 5: ניסוי שרוולים: אורך השורשים בקווים שונים של שעורה



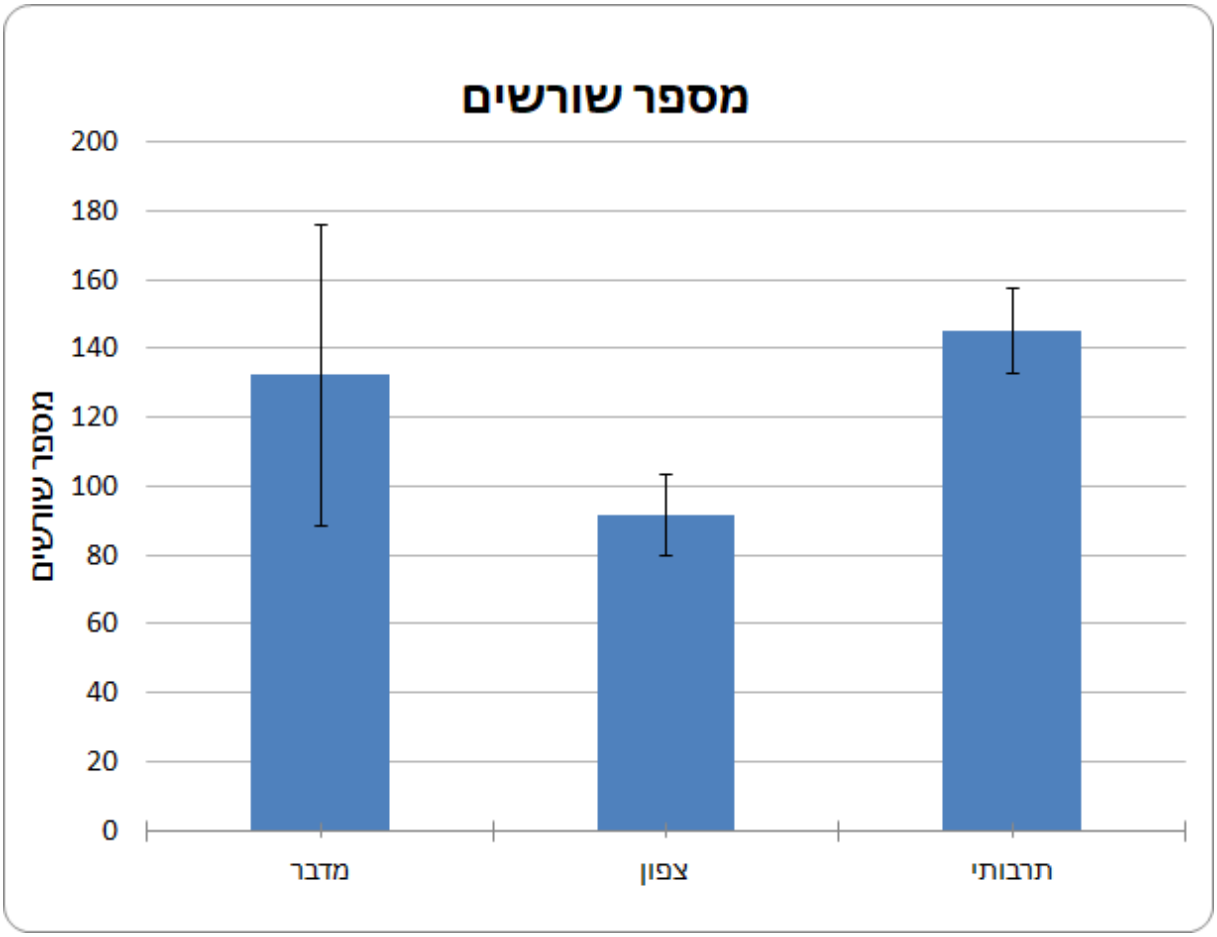
סטיית תקן: מדבר (6.8). צפון (5.6). תרבותי (5.8)

גרף זה מציג את אורך השורשים של קווי השעורה בשלב הייבול, בניסוי השרוולים. העמודה השמאלית מייצגת את ממוצע אורך השורשים שצמחו בקו המדברי, העמודה האמצעית מייצגת את ממוצע אורך השורשים שצמחו בקו הצפוני, והעמודה הימנית מייצגת את ממוצע אורך השורשים שצמחו בקו התרבותי.

ניתן לראות בצורה חד-משמעית שקווי השעורה כמעט שווים אין ביניהם הרבה הבדלים, כל השורשים נמצאים כמעט באותה נקודה של 138 ס"מ. כמו שנאמר קודם ניתן אולי להסביר את הממצאים, בכך שאורך השרוולים הגביל את התפתחות השורשים, והם הגיעו לקצה יכולת ההתפשטות שלהם, כ - 145 ס"מ. גם הסטית תקן של כל הקווי שעורה ללא הבדלים המהותיים.

סטיית התקן בקו המדברי היא הגדולה ביותר.

גרף מס' 6: ניסוי שרוולים: מספר השורשים בקווים שונים של שעורה



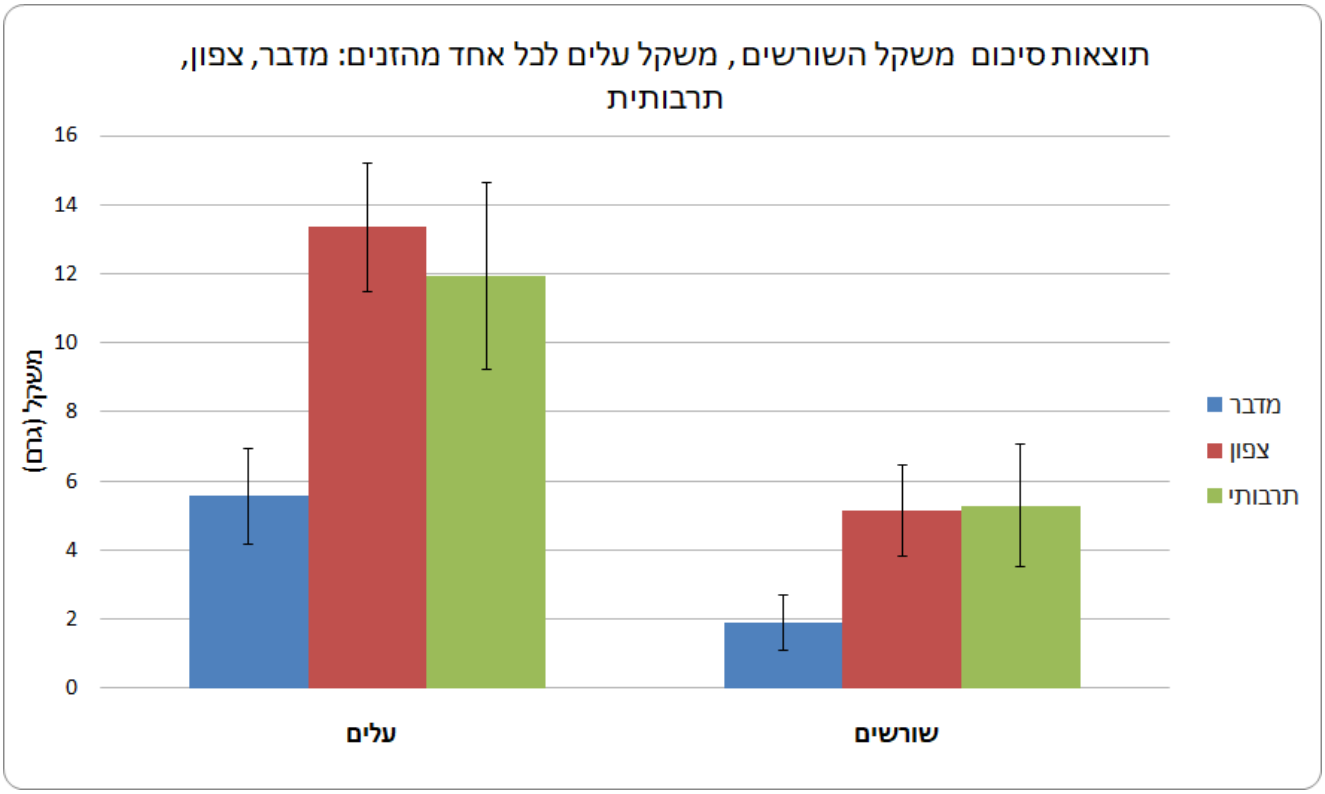
סטיית תקן: מדבר (43.9). צפון (11.8). תרבותי (12.5)

גרף זה מציג את מספר השורשים של קווי השעורה בשלב הייבול, בניסוי השרוולים. העמודה השמאלית מייצגת את ממוצעת מספר השורשים שצמחו בקו המדברי, העמודה האמצעית מייצגת את מספר השורשים שצמחו בקו הצפוני, והעמודה הימנית מייצגת את מספר אורך השורשים שצמחו בקו התרבותי.

ניתן לראות בצורה חד-משמעית שמספר השורשים בקו התרבותי הוא הגדול ביותר (145), לאחר מכן, הקו המדברי (135) ולבסוף הקו הצפוני (90).

סטיית התקן בקו המדברי היא הגדולה ביותר.

גרף מס' 7: ניסוי שרוולים: תוצאות סיכום משקל עלים ומשקל שורשים בקווים שונים של שעורה



גרף זה מציג את סיכום משקל השורשים ומשקל העלים לכל אחד מהקווים: מדברי, צפוני ותרבותי. כל המדידות המוצגות בגרף זה נעשו פעם אחת, במועד סיום הניסוי.

לגבי משקל השורשים:

ניתן לראות בגרף, כי משקל השורשים המדברי הוא הנמוך ביותר (2~ גרם). ממצא זה מתאים לתצפית שערכתי, לפיה השורשים של הקו המדברי היו יותר רזים (דקים) מהקוים האחרים. המשקלים של הקווים האחרים, תרבותי וצפוני, היו כמעט זהים (5.5~ גרם).

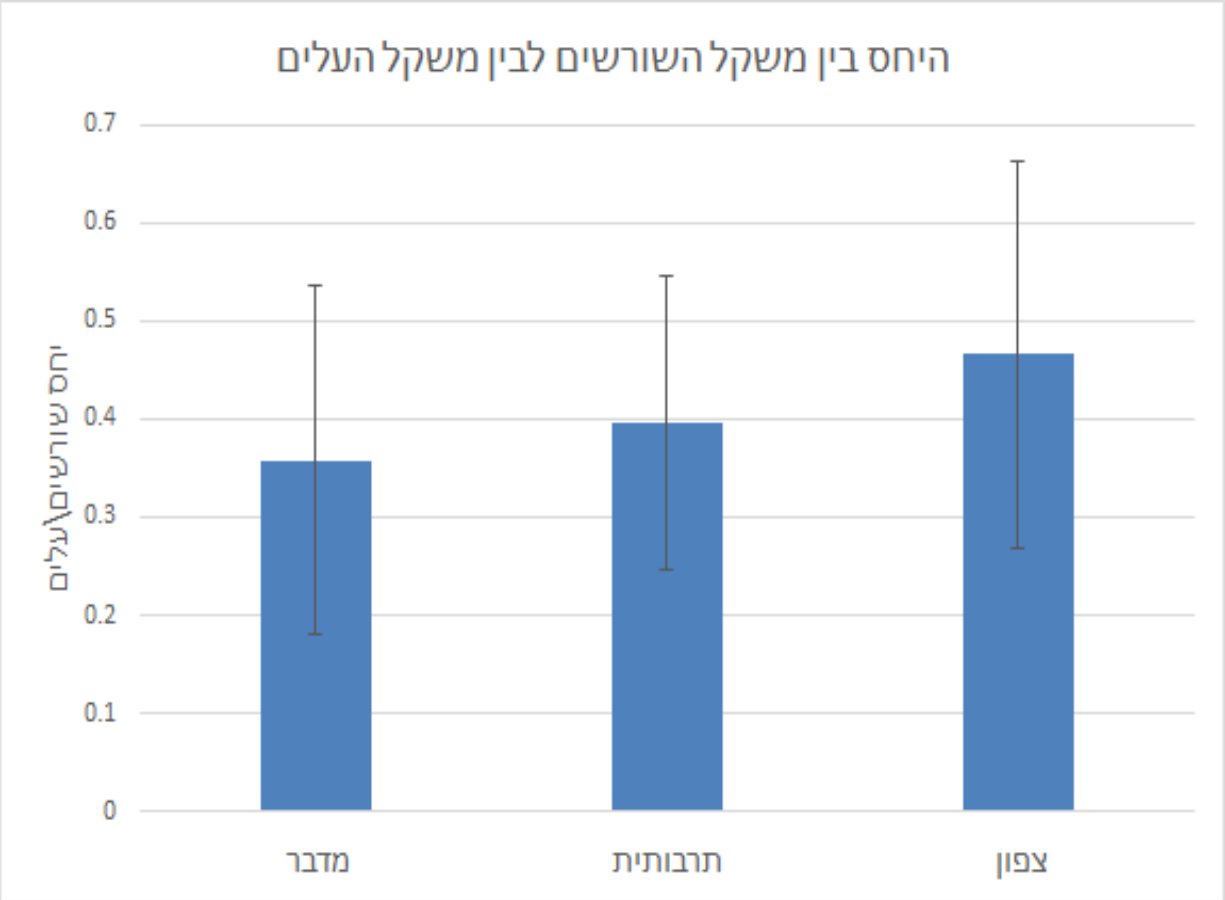
סטיות תקן: מדבר (0.8). צפון (1.3). תרבותי (1.8)

לגבי משקל העלים:

ניתן לראות בגרף, כי משקל העלים של הקו המדברי הוא הנמוך ביותר (5.5~ גרם). ממצא זה מתאים לתצפית שערכתי, לפיה העלים של הזן המדברי היו יותר רזים (דקים) מהקוים האחרים. המשקלים של הקווים האחרים, תרבותי (12 גרם) וצפוני 13~ גרם).

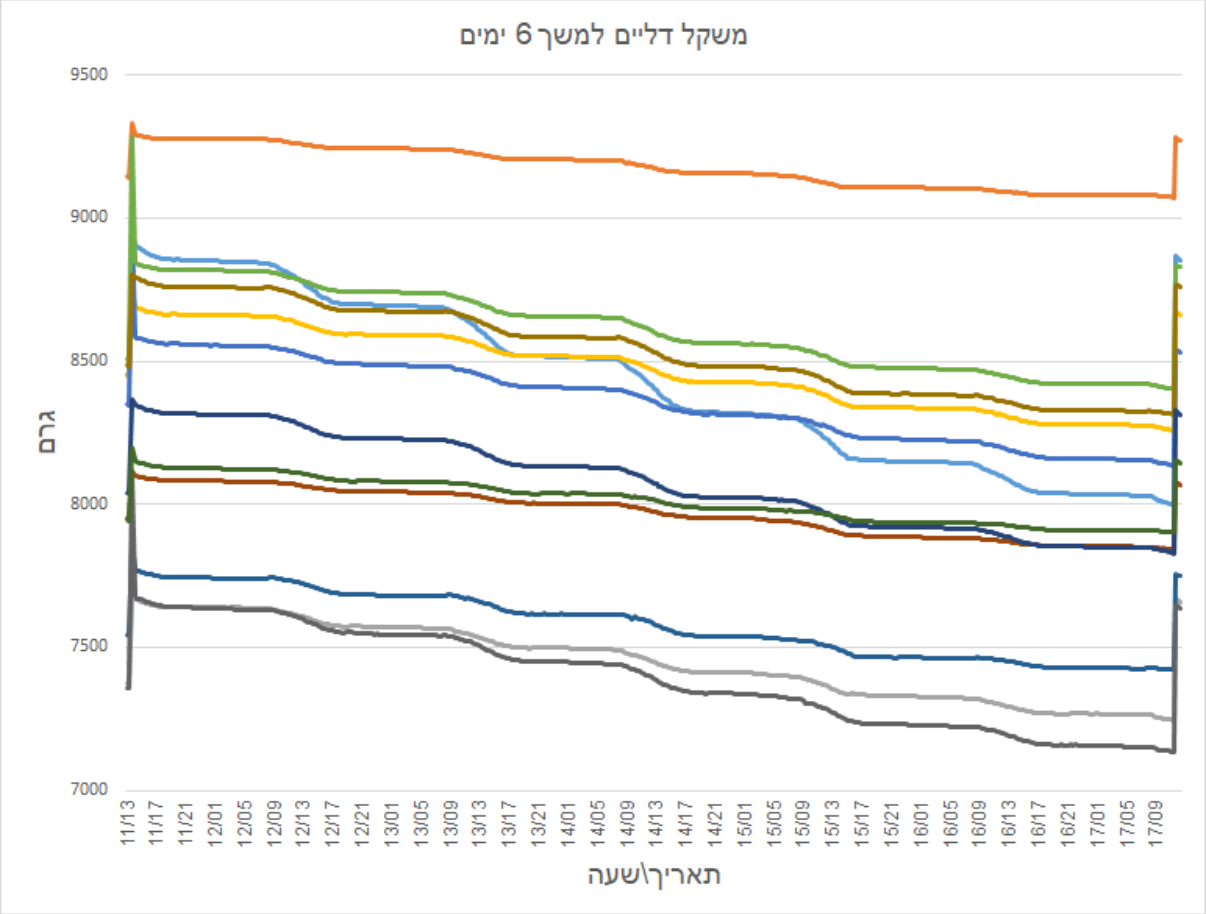
סטיות תקן: מדבר(1.4)צפון (1.8). תרבותי (2.7)

גרף מס' 8: ניסוי שרוולים: היחס במשקל השורשים לבין משקל עלים בקווים שונים של שעורה



גרף זה מציג את היחס בין משקל השורשים לבין משקל העלים בקווים שונים של שעורה, בניסוי שרוולים. ניתוח זה נערך לאחר סיום המדידות. ניתן לראות בגרף, כי היחס הגדול ביותר בין משקל השורשים למשקל העלים התקבל בקו הצפוני (0.45~), לאחר מכן בקו התרבותי (0.4) ולבסוף בקו המדברי (0.35~).

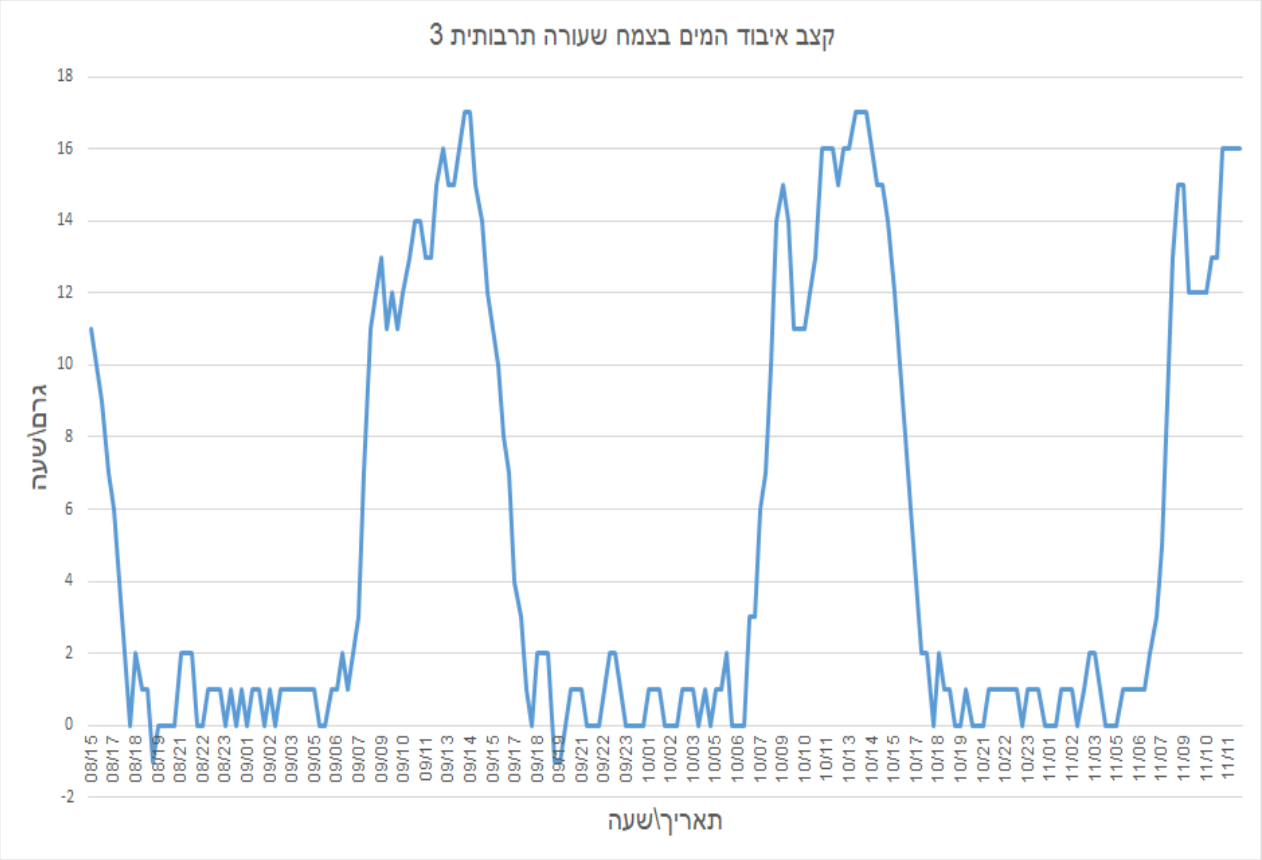
גרף מס' 9: ניסוי דליים: משקל הדליים לאורך מחזור השקיה אחד בחודש אוקטובר (משך שישה ימים בין מחזור למחזור)



בגרף ניתן לראות את משקל הדליים לאורך השבוע. משקל הדלי כולל את הקרקע, המים והשתילים. המשקל נמדד באמצעות ליזימטר. התקופה שבין השקיה אחת להשקיה הבאה - 6 ימים. כלומר, לאחר ההשקיה עוברים שישה ימים עד ההשקיה הבאה, והגרף מתאר את משקל הדלי לאורך תקופה זו. בגרף ניתן לראות מספר דברים:

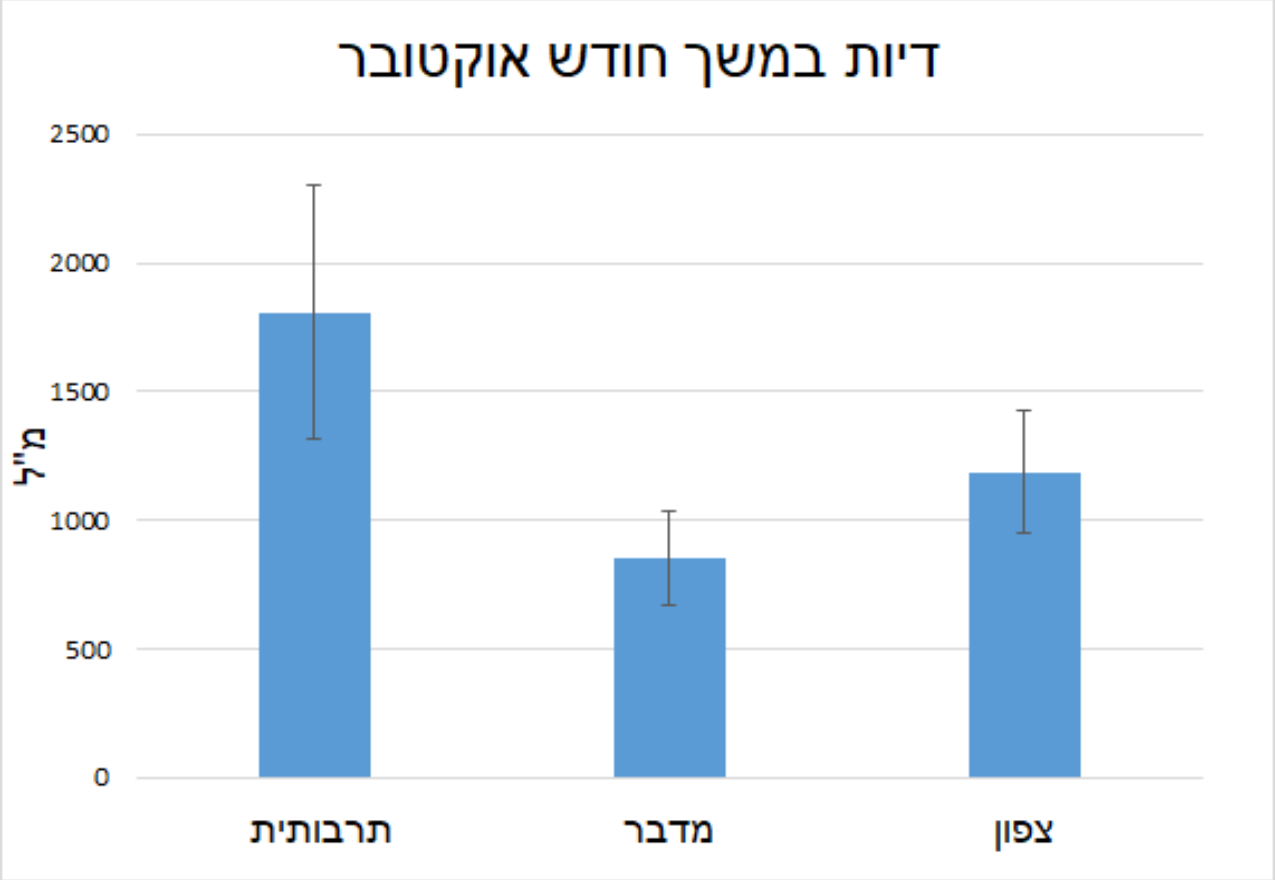
1. המשקל של כל הדליים הלך וירד לאורך התקופה.
2. ישנם הבדלים בקצב ירידת המשקל בין היום והלילה. במהלך היום, קצב ירידת המשקל גבוה יותר מהלילה, כאשר במהלך הלילה כמעט ולא יורד משקל הדלי. ניתן להסביר זאת בכך שבלילה קצב האידוי (איבוד המים) נמוך משמעותית מאשר ביום.
3. יש הבדלים בקצב הירידה בין הדליים.

גרף מס' 10: ניסוי דליים: קצב איבוד המים(דיות)



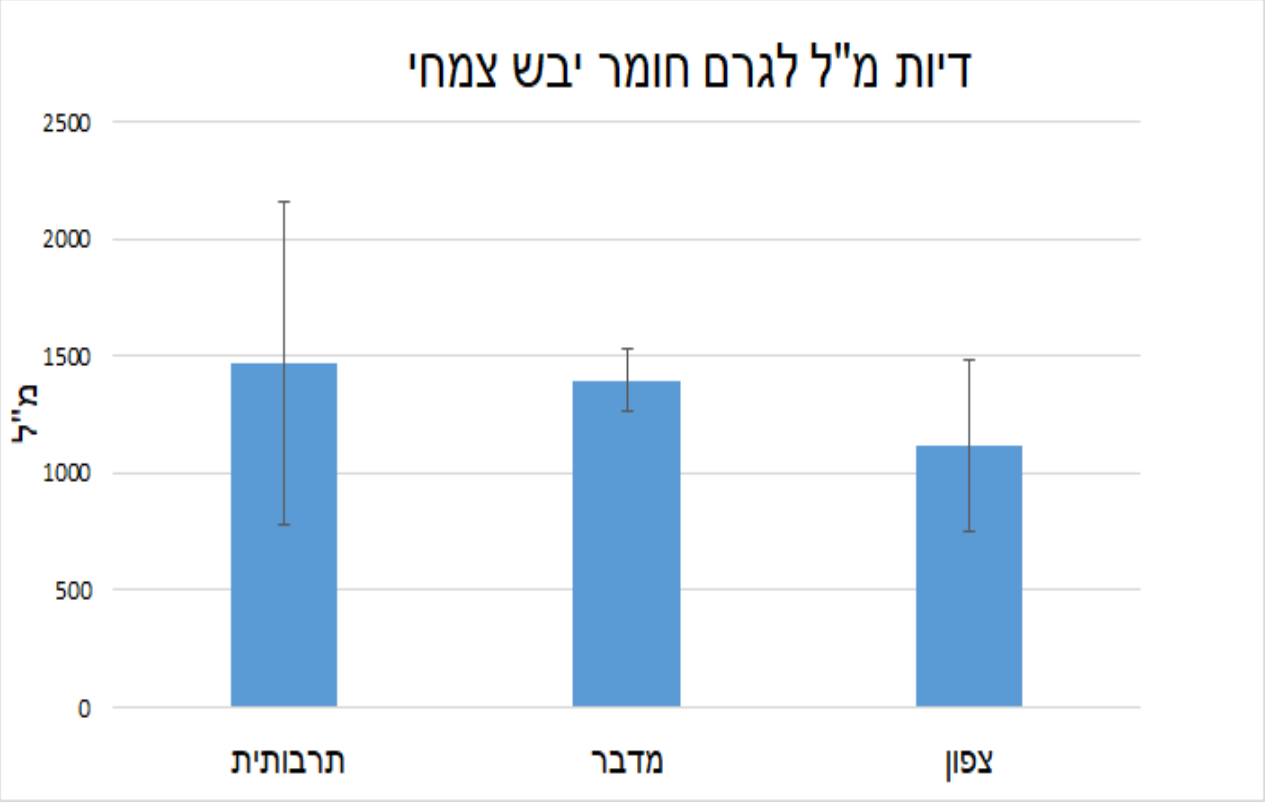
בגרף זה חישבנו את קצב הדיות כהפרש במשקל הדלי בין כל נקודת זמן לבין המשקל לאחר שעה. ניתן לראות שקצב הדיות נמוך בשעות הלילה ועולה למקסימום בשעות צהריים. ניתן לראות ירידה בקצב בערך בשעה 9 בבוקר, כנראה בגלל הצללה של המבנה. הבדיקה נעשתה לאורך של 3 ימים.

גרף מס' 11: ניסוי דליים: דיות במשך חודש אוקטובר בקווים שונים של שעורה



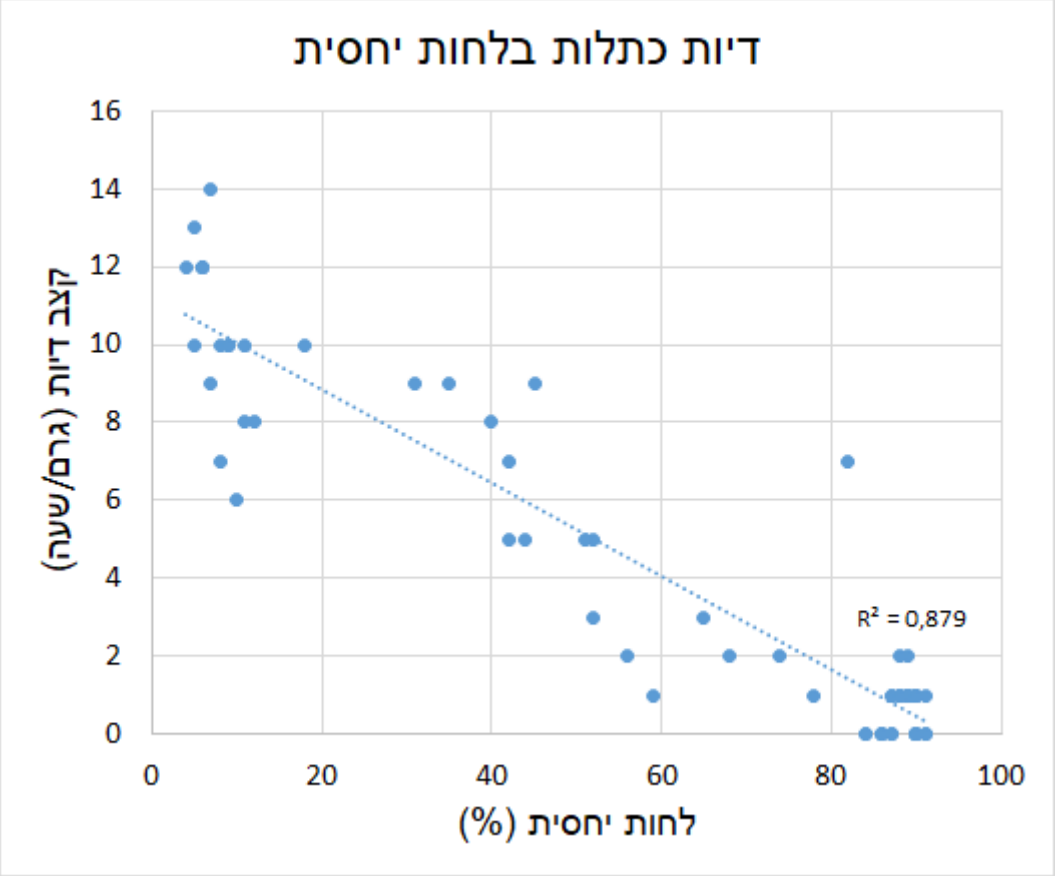
בגרף זה חישבנו את סך הכל הדיות לחודש אוקטובר (30 ימים) כסכום ההפרשים בין משקל הדלי מיד אחר ההשקייה לבין משקל הדלי לפני ההשקייה הבאה. ניתן לראות שהדיות של קו התרבותי הוא הכי גבוה והדיות של קו המדברי הוא הכי נמוך.

גרף מס' 12: ניסוי דליים: דיות מ"ל לגרם חומר יבש צמחי בקווים שונים של שעורה



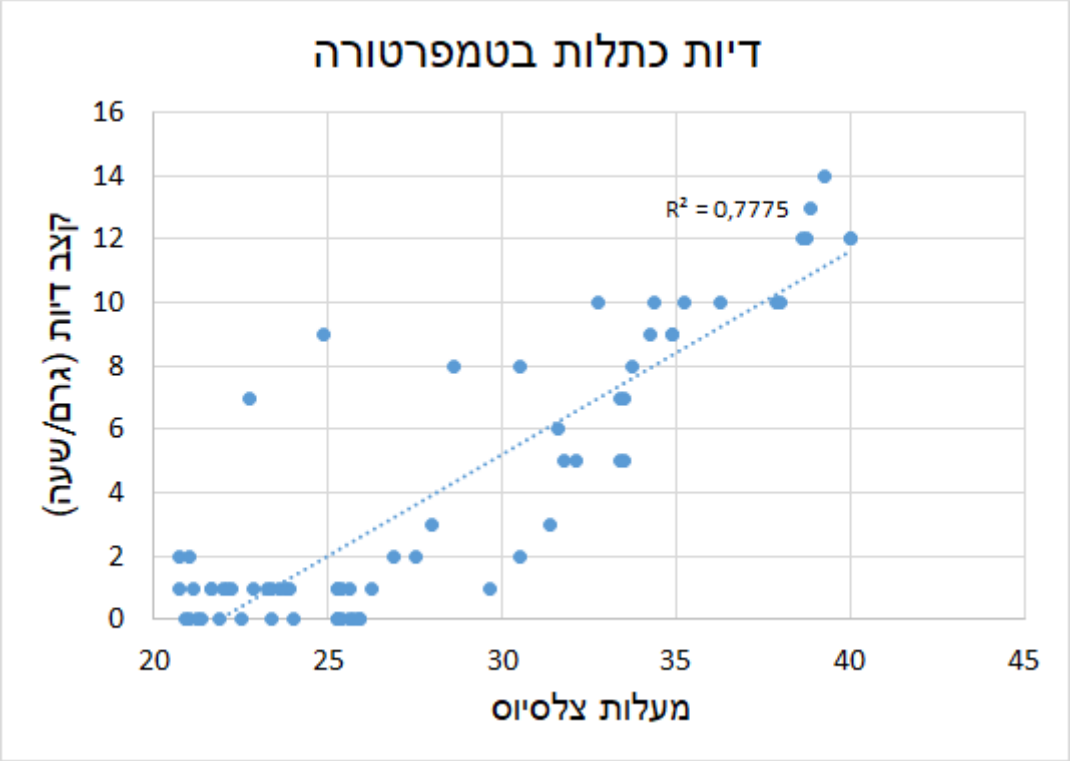
בגרף זה ניתן לראות את הדיות (מ"ל) לגרם חומר יבש צמחי למשך חודש אוקטובר. קו תרבותי מאבד הכי הרבה מים יחסית למשקלו (~1500 מ"ל) לעומת זאת ניתן לראות שקו המדברי מאבד כמעט אותה כמות מים כמו קו התרבותי למרות שהמשקל של קו המדברי הנמוך ביותר גם בעלים גם בשורשים. קו הצפוני מאבד הכי פחות מים יחסית קווים אחרים.

גרף מס' 13: ניסוי דליים: דיות כתלות בלחות יחס בקווים שונים של שעורה



בגרף זה בדקנו את המתאם בין הלחות היחסית לבין קצב הדיות. מצאנו שהמתאם גבוה R^2=0.88. המתאם הוא שלילי כלומר ככל שהלחות היחסית עולה כך יורד הדיות. ניתן לראות שכאשר הלחות היחסית מעל 80 אחוז אין ירידה בקצב הדיות.

גרף מס' 14: ניסוי דליים : דיות כתלות בטמפרטורה בקווים שונים של שעורה



בגרף זה בדקנו את המתאם בין הטמפרטורה לבין קצב הדיות. מצאנו שהמתאם גבוה R^2=0.78. המתאם הוא חיובי כלומר ככול שהטמפרטורה עולה כך עולה הדיות. ניתן לראות שמתחת ל25 מעלות אין ירידה בקצב הדיות, זאת בגלל שהוא הגיע למינימום בלילה.

דיון ומסקנות

מטרת המחקר שלנו היתה למצוא הבדלים בעמידות ליובש בין שלושה קווי שעורה: שעורת בר שמקורה במדבר, שעורת בר ממקור צפוני (גליל) ושעורה תרבותית. בדקנו שני מדדים שקשורים לעמידות ליובש. מדד אחד הוא התפתחות השורשים ומדד שני הוא קצב הדיות.

נדון בממצאי המחקר:

א. מספר העלים: בגרף מספר 1, ניתן לראות כי עם התקדמות הניסוי, לשעורה המדברית התפתחו יותר עלים מאשר לשעורה תרבותית והצפונית. בנוסף, רק בשעורה המדברית צמחו שיבולים. מדדנו את מספר עלים כי זה מראה את ההתפתחות של הצמח וכך אפשר לראות איזה קו מתפתח יותר מהר.

ב. אורך השורשים: בגרף מס' 2, ניתן לראות כי בתחילת ובסיום הניסוי, עמדו שלושת הקווים סביב אותו אורך השורשים (בתחילת הניסוי - 40 ס"מ, בסיום הניסוי - 145 ס"מ). ניתן אולי להסביר את הממצאים, בכך שאורך השרוולים הגביל את התפתחות השורשים, והם הגיעו לקצה יכולת ההתפשטות שלהם, כ - 145 ס"מ. שיערנו, ששעורה שמקורה מהמדבר תהיה בעלת מערכת שורשים יותר מפותחת, זאת בגלל שזמינות המים במדבר נמוכה והם נמצאים בעומק, ולכן שעורת המדבר צריכה "להתאמץ" על מנת להגיע למים. מצאנו שכמעט לא היו הבדלים באורך השורשים לכל אורך הניסוי. כלומר, שההשערה נדחתה.

ג. מספר שורשים: בגרף מס' 3, ניתן לראות, כי בסיום הניסוי נצפו פערים בין הקווים: תרבותי - 145 שורשים, מדברי - 130 שורשים וצפוני - 90 שורשים. פער של 55 שורשים בין התרבותי לצפוני. השערתנו בנוגע למספר השורשים, היתה כי לשעורה שמקורה במדבר יהיה מספר השורשים הרב ביותר, זאת בגלל ששעורה הזאת צריכה לפזר את השורשים שלה לרוחב מתחת לאדמה כדי לקלוט את המים. מצאנו שאין כמעט הבדלים בין קו השעורה המדברי לבין קו השעורה התרבותית, אבל לשני הקווים יש הרבה יותר שורשים משעורה ממקור צפוני. השערתנו נדחתה. אני מניח שפער בין קווים מדבריים ותרבותיים לבין קו צפוני בגלל שהקו צפוני מאזור הגליל העליון, זאת אומרת שהאזור הזה יותר גשום והזמינות למים יותר גדולה אז קו הזה לא צריך מערכת השורשים מאוד מפותחת.

ד. הצמחים של הקו המדברי היו קטנים יחסית לשעורה תרבותית ולשעורה צפונית, הן במשקל העלים והן במשקל השורשים. לעומת זאת, מספר השורשים ומספר העלים היה הכי גבוה בצמחים המדברים. מצאנו שהצמחים מהמדבר פרחו (הוציאו שיבולים) מהר יותר מהצמחים של הצפונים והתרבותים.

ה. דיות: דיון בנוגע לקצב איבוד מים (גרפים 13-9): מהממצאים העוסקים בדיות, ניתן ללמוד את הדברים הבאים:

- הקו התרבותי מאבד הכי הרבה מים יחסית למשקלו (~1500 מ"ל). הקו הצפוני מאבד הכי פחות מים יחסית לקווים אחרים.
- המשקל של כל הדליים הלך וירד לאורך התקופה.
- ישנם הבדלים בקצב ירידת המשקל בין היום והלילה. במהלך היום, קצב ירידת המשקל גבוה יותר מהלילה, כאשר במהלך הלילה כמעט ולא יורד משקל הדלי. ניתן להסביר זאת בכך שבלילה קצב האידוי (איבוד המים) נמוך משמעותית מאשר ביום.
- קיים מתאם חזק ושלילי R^2=0.88 בין הלחות לדיות. ככל שהלחות היחסית עולה כך יורדת הדיות. ניתן לראות לחות שכאשר הלחות היחסית מעל 80 אחוז אין ירידה בקצב הדיות.
- קיים מתאם גבוה R^2=0.78 בין טמפרטורה לדיות. ככול שהטמפרטורה עולה כך עולה קצב הדיות. ניתן לראות שמתחת ל-25 מעלות אין ירידה בקצב הדיות, זאת בגלל שהוא הגיע למינימום בלילה.

מטרתנו היתה לבדוק את קצב הדיות של הצמחים, בהנחה שצמחים שקצב הדיות שלהם יותר גבוה גם בתנאי יובש יתנו יותר יבול היות והפיוניות שלהם פתוחות יותר זמן, ולכן קולטות יותר 2CO הדרוש לפוטוסינתזה שיוצרת סוכרים, שהם אבני הבינין של הצמח וחומרי התשמורת של הזרע. הנחנו שצמחים שמקורם במדבר יכלו לדיית יותר מים בגלל שורשים יותר עמוקים והתאמות פיזיולוגיות אחרות שמאפשרות לצמח לשרוד עם לחץ טורגור נמוך. מצאנו ששיטת המדידה הרציפה של המשקל יכולה לתת לנו אמדן טוב של קצב הדיות. מצאנו קשר חזק בין קצב איבוד המשקל בדלי לבין טמפרטורה ולחות, וכן כי הקצב עולה בצהריים בשעות החמות של היום לכן אנחנו מניחים שאיבוד המשקל של הדלי נגרם כתוצאה מאידוי של מים היות וקצב האידוי תלוי בטמפרטורה ובלחות. מצאנו שהשעורה התרבותית מאבדת כמעט פי 2 מים מאשר שעורה מדברית במשך חודש. יחד עם זאת כשלוקחים בחשבון את המסה של הצמח ההבדלים קטנים יותר. השעורה מדברית ושעורה תרבותית מאדות כ-30% יותר מהשעורה מהמקור צפוני. גם בניסוי הזה לא מצאנו יתרון בולט בשעורה המדברית היות ומשקל של הצמחים שמקורם במדבר היה קטן וקצב הדיות לגרם צמח לא היה גבוה מקצב הדיות של שעורה תרבותית.

<u>סיכום</u>:

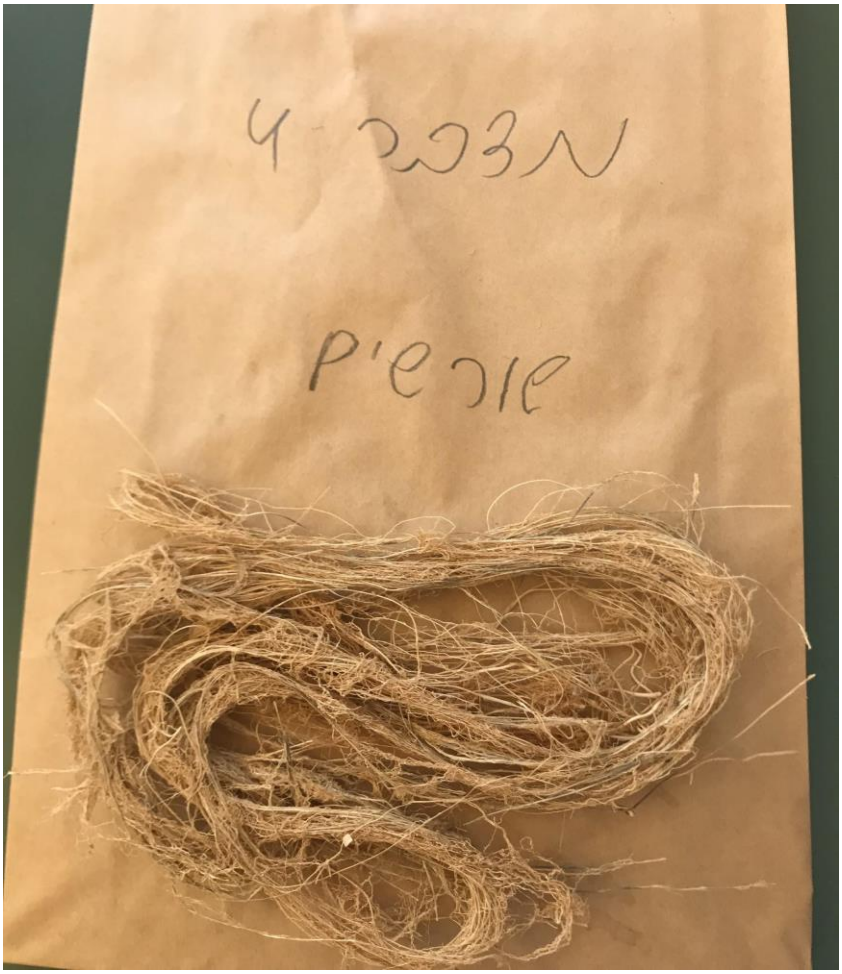
במחקר זה, ביקשתי לבדוק את עמידותם ליובש של שלושה קווי שעורה: שעורה מדברית, שעורה תרבותית בשם "עלי" ושעורה צפונית. ביצעתי שני ניסויים, באחד השתמשתי בדליים ובשרוולים, בשני בדליים בלבד. בדקתי את אורך השורשים, משקל השורשים, מספר העלים, יחסים שונים בין מדדים אלו וכן מדדים של דיות. שיערתי שלוש השערות:

1. קיימים הבדלים בקצב הדיות בין קווי שעורה שנאספו מבתי גידול שונים. אני מאשר את ההשערה מכיון שכן מצאתי הבדלים בקצב הדיות בקווים שונים.

2. לא קיימים הבדלים באורך השורשים בין קווי שעורה שנאספו מבתי גידול שונים. אני דוחה את ההשערה כי התוצאות הן בעצם אותו דבר ואין הבדל משמעותי אולם זה בגלל שהשורשים הגיעו עד סוף השרוולים ולא יכלו להמשיך לגדול. יש לבדוק את ההשערה בניסוים הבאים.
3. קיים קשר בין אורך השורשים וקצב הדיות. אני מאשר את ההשערה למרות שבעבודה שלי לא מצאתי קשר חזק בין אורך השורשים וקצב הדיות. אולי זה בגלל ההגבלת האורך של השרוולים.

לסיכום התמונה הכוללת, הממצאים על ההבדלים בין הצמח המדברי לצמחי התרבות והצמחים הצפונים, מראים כי הצמחים המדברים אכן מדגימים תכונות של צמח מדברי עם צימוח מוגבל, עלים קטנים והשתבלות מהירה. תכונות אלה הן של צמח שמתחמק מיובש, כלומר צמח עם מחזור חיים קצר שמסתיים לפני התקופה היבשה. העלים הקטנים והצרים בצמח המדברי (6 מ"מ) יחסית לצמח התרבותי (12 מ"מ) מראים גם כן על הקטנת שטח הפנים בצמח המדברי כדי להקטין את הדיות. תכונות השורשים ועלים שמצאנו בצמח המדברי מראות על התאמה ליובש, אבל התאמה זאת אינה בכיוון הדרוש לטיפוח עמידות ליובש בצמח חקלאי, מכיוון שהיא באה על חשבון של יבול וצימוח גבוהים יותר. לא מצאנו תכונות חקלאות בולטות של הצמחים הן מהמדבר הן מהצפון שיצדיקו העברה שלהם על ידי הכלאות עם צמחים תרבותיים, יחד עם זאת המחקר שלנו היה מוגבל במספר המדדים שבדקנו ובמגוון הצמחים. יתכן ובמחקרים רחבים יותר ימצאו תכונות חקלאיות ומועילות בצמחי הבר. כפי שהסברתי בהתחלה, במחקר זה חיפשנו קווי שעורה שיהיו גם עמידים בפני יובש וגם פוריים. הזן המדברי אותו בדקנו כאן - עונה לדרישה של עמידות בפני יובש - אך אינו עומד בדרישה של פוריות.

<u>איור 10: תמונה של השורשים של קו המדברי (צמח 4)</u>



<u>מגבלות המחקר</u>

המחקר התבצע באביב ובסתיו. בקיץ, בטמפרטורות יותר קיצוניות, יתכן שהינו מוצאים הבדלים יותר גדולים בין צמחים מהמקורות השונים. כדאי לחזור על הניסוי בחודשי הקיץ.

אורך השרוולים היה קצר מדי ובסוף הניסוי השורשים הגיעו עד הסוף השרוול, אני מציע לחזור על הניסוי עם שרוולים יותר ארוכים.

מדדנו בניסוי הבדלים רק בין 3 קווים, אחד מכל מקום, יתכן צמחים ממקורות אחרים במדבר או בצפון יראו התנהגות שונה.

בניסוי הראשון של אמדן הדיות התפתחה מחלת הקימחון בעיקר על הצמחים המדבריים כך שלא יכולנו להמשיך במדידות, צריך למנוע התפתחות מחלת על הצמחים היות והן משפיעות על גדילת הצמחים וגם מגבירות את האידוי מהצמח על ידי שבירת מעטה ההגנה של העלה. העובדה שהמחלה תקפה בעיקר את

הצמחים המדברים מראה כי הם יותר רגישים למחלה .הקימחון מתפתח בדרך כלל בתנאי לחות וצל שלא קיימים במדבר.

איור 11: תמונה של מחלה "קימחון"

מחשבות אישיות

אני רוצה לשתף עם המחשבות האישיות שלי על ניסוי ועל התוצאות. בהתחלה לפני שקראתי מאמרים ועבודות על תחום החקלאי בייחוד על שעורה, חשבתי שקו המדברי יהיה הכי עמיד בפני יובש, מפני שהמקום ההתיישבות שלו במדבר והוא שומר מים בתוכו כדי לא להתייבש, אולם לאורך הניסוי הסתבר שהוא לא הכי טוב מתוך שלושה קווים שלקחתי, למרות שמקורו מדבר. גם רוצה להתייחס לעבודה שלי כניסיון בשבילי בעתיד וגם כחלק קטן מהפרויקט ענק של הצלת העולם. קיבלתי הרבה ניסיון חדש וגם הכרתי אנשים מאוד מעניינים!

רשימת מקורות:

1.עמ' 5 טקסט על דגנים.

Agricultural and botanical explorations in Palestine

by

Aaronsohn, Aaron, 1876-1919; United States. Department of Agriculture; United States. Bureau of Plant Industry; United States. Government Printing Office

2.עמ' 5 טקסט על דגנים.

Zakharov, I.A., 2005. Nikolai I Vavilov (1887–1943). Journal of biosciences, 30(3), pp.299-301.

3. עמ' 6-5 טקסט על דגנים, מורפולוגיה של דגנים, שעורה, מורפולוגיה של שעורה.

החי והצומח של ארץ ישראל, עורך: עזריה אלון, משרד הבטחון והחברה להגנת הטבע, כרך 12, 1988, עמ' 11-285

4.עמ' 6 תמונה של שעורה.

"Cereal processing - Nonwheat cereals | Britannica.com."

5. עמ' 7 סקסט על שינויי אקלים.

https://www.britannica.com/technology/cereal-processing/Nonwheat-cereals.

"Climate Change and Land - IPCC." 7 Aug. 2019

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/08/Edited-SPM_Approved_Microsite_FINAL.pdf. Accessed 3 Nov. 2019.

6.עמ' 7 טקסט על שינויי אקלים.

דוח מדינת ישראל - שינוי אקלים." 26 **May. 2005,**

http://cms.education.gov.il/NR/rdonlyres/40967771-7737-44DF-92A2-A102DF9ADE82/108419/Aklim.pdf. Accessed 3 Nov. 2019.

7.עמ' 8 טקסט על התאמת צמחים לתנאי הסביבה

"הצומח - התאמה לתנאי מדבר - מטח." , , **https://lib.cet.ac.il/pages/item.asp?item=10179.**

8.עמ' 9 טקסט על מנגנון חילוף הגזים בצמח.

"פיוניות." , , **https://science.cet.ac.il/science/transportation/transport7.asp..**

תודות:

אני רוצה להביע המון תודות לאנשים, הבאים:

תודה לד"ר חנן סלע המנחה המקצועי שלי, שגם מאוד עזר לי בתהליך כתיבת עבודה וגם למדתי הרבה בזכותו, בלעדיו העבודה שלי לא היתה הוקמה.

תודה לנועם גבע המנחה שלי שליווה אותי במשך את כל הדרך שלי, תמיד תמך בי ונתן לי את ההשראה לסיים את העבודה שלי.

תודה למארק פוליקובסקי שעזר לי להתקדם כשהיו לי בעיות עם גרפים ועם הבנת חומר בעברית, הוא למד אותי להשתמש ב-Excel.

תודה גם לחברת "PASKAL" שבלעדיה הניסוים לא יכלו להתקיים, גם בעזרת ליזימטרים שהם נתנו לי התוצאות היו הכי מדויקות. תרומת ליזימטרים עזרה לי לעשות את הניסוים ברמה הטובה ביותר.

תודה מיוחדת לעמותת החממה האקולוגית בעין שמר, המקום שבו העבודה נכתבה והבית השני שלי איפה חייתי ועשיתי את העבודה שלי, תודה לכל הצוות של חממה שקיבלו אותי והפכו בשבילי למשפחה לאורך את כל העבודה שלי, תמיד היו מוכנים לעזור, להקשיב ולתמוך בתקופות קשות.

תודה לבית הספר שלי "מבואות עירון" שנתנו לי את ההזדמנות לעשות עבודת גבר בחממה וגם ליוו אותי ועזרו בהכל. אני מאוד מעריך את כל האנשים שציינתי למעלה, את חברת "PASKAL", עמותת החממה האקולוגית וגם את הבית הספר "מבואות עירון".