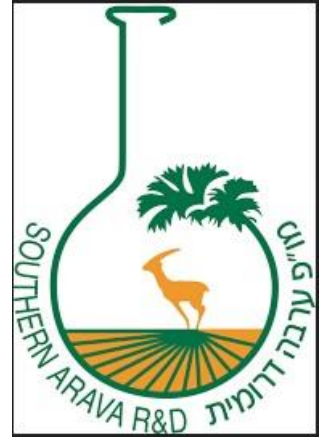




מו"פ ערבה דרומית – דו"ח מסכם 2025 – תוכנית הסתיימה

מוקד המחקר: 81138

שנת המחקר: 2 מתוך 2 שנים

מיזם משותף – סקר מקורות מים לחקלאות ימית באתר עברונה ושימושם המעגלי

מוגש לקרן קיימת לישראל

ע"י

ד"ר יאיר כהן – חקלאות מים, מו"פ ערבה דרומית

בשיתוף משרד החקלאות ופיתוח הכפר

1. מו"פ ערבה דרומית - דוח מסכם

מוקד המחקר 81138

שם התוכנית - מיזם משותף – סקר מקורות מים לחקלאות ימית באתר עברונה ושימוש המעגלי

חוקר ראשי ושותפים:

ד"ר יאיר כהן – חקלאות מים, מו"פ ערבה דרומית

סטטוס התוכנית – הסתיימה

2. תקציר

3. רקע קצר ותיאור הבעיה

תחום חקלאות המים סומן כמנוע צמיחה עתידי בערבה הדרומית בגלל היכולת של תחום זה לייצר מקומות עבודה ואיכותיים לקדם אבטחת מזון ושגשוג כלכלי. במסגרת החלטת הממשלה 4662 (תכנית רב-שנתית לפיתוח העיר אילת וחבל אילות) נקבעו שלושה אתרים מרכזיים לפיתוח התחום. אתר עברונה הוא הגדול והצפוני מבין אתרים אלה וממוקם בחבל אילות, בסמיכות לבריכות האידוי של חברת מלח הארץ.

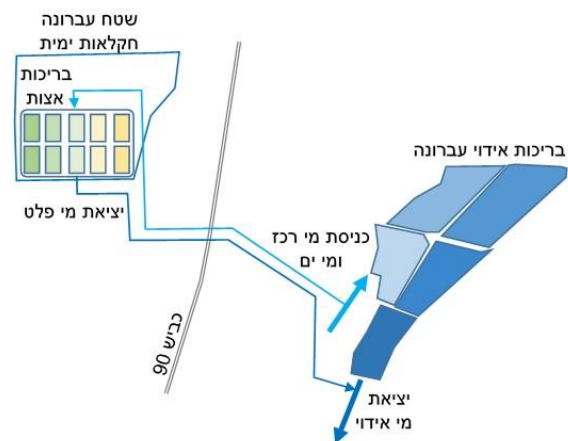
היוזמה להקמת פארק חקלאות ימית, שהוביל המשרד, תלויה במידה רבה ביכולת לספק ליזמים מים במליחיות שונות באתרי הפארק וכן ביכולת לעמוד בדרישות הסביבתיות של היתרי ההזרמה לים של מי הפלט ממערכות הגידול השונות.

באזור דרום הערבה קיימים מספר מקורות פוטנציאליים של מים, החל במי ים, מים קידוחים מליחים, מי רכז במליחיות שונות, ומים שפירים או מותפלים. עם זאת, קיימת חשיבות לבסס ולהטמיע טכנולוגיות מתקדמות שיאפשרו לעשות שימוש חוזר במים באופן שיתרום לשיפור כלכליות הגידול במערכות החקלאיות, בשאיפה לייצר כלכלה מעגלית על בסיס מים אלו.

4. מטרות המחקר

מטרת העל של המיזם המשותף היא לקדם את פיתוח אתר עברונה לחקלאות ימית באמצעות בחינת מקורות מים שונים והדרכים לייצר שימוש מעגלי בהם.

המתווה מציע שימוש מעגלי במשאבים ע"י שילוב בין אידוי, גידול אצות והחזרת מי תמלחת להמשך ייצור מלח, על פי התרשים הסכימתי הרעיוני הבא:



איור 1: תוכנית השימוש במים המובלים ממתקן סבחה ג' הסמוך לאילת לבריכות המלח בעברונה.

מטרות ספציפיות

א' – לבצע **סקר מקורות מים פוטנציאליים לחקלאות ימית בחבל אילות**, על מנת לגוון את אפשרויות השימוש, להוזיל עלות תשתיות ולקצר לוחות זמנים להספקה ופינוי מים לאתר זה.

ב' – לבחון הייתכנות ראשונית **להתאמת מי רכז ומקור מים חלופי נוסף לגידולים** אפשריים בחקלאות ימית התאימים לאתר עברונה על מנת למקד את תכניות הפיתוח העתידיות של אתר זה.

ג' – לבצע בדיקה ראשונית **לשיקוע וייצור מלח** ולאפשרות לשימוש מעגלי במי פלט של גידולים בחקלאות ימית (אצות), על מנת להשיא את התועלת הכלכלית ממים אלו.

מיזם זה יעשה מתוך כוונת המשרד לקדם הקמת פארק החקלאות הימית באילת ומתוך מעורבות המועצה האזורית חבל אילות בשיקולים חקלאיים ותשתיתיים במרחב המועצה.

5. מהלך המחקר ושיטות העבודה תכנון לעומת ביצוע לפי פירוט המשימות

א' – בוצע איסוף מידע על מקורות מים באזור, המידע סופק ע"י אבי רמות מאגודת המים, ערדום ומרולי הדס המשמש כיועץ במשרד החקלאות. המידע רוכז לטבלאות (1 ו 2)

ב' – בוצעו 3 ניסויים בגידול אצות: בדיקת השפעת אנטיסקלאנט על גידול האצה *Dunaliella Bardawil*, השפעת סוגי מים שונים (פירוט בהמשך) על גידול האצה, השפעת סוגי מים שונים בתוספת חנקן על גידול האצה.

השפעת אנטיסקלאנט על גידול אצת הדונליאלה

חברת מקורות מפעילה את מתקן סבחה סמוך לעיר אילת. מתקן זה מתפיל, בין השאר, מי ים מעורבבים עם מי קידוחים מקומיים כדי לספק מים מותפלים לתושבי העיר. תהליך ההתפלה מייצר מי רכז במליחות גבוהה (PPT 65, סבחה ג') המכילים אנטיסקלאנט מסוג Z30/9A. השימוש באנטיסקלאנט נפוץ במתקני התפלה ונועד להפחית את עומס העבודה של הממברנות. מקורות דיווחה כי ריכוז האנטיסקלאנט במי הרכז מוערך ב 7 ppm.

בתצפית קודמת שנעשתה במתקן NBT (לא במסגרת עבודת המו"פ) דווח כי אצת הדונליאלה לא שרדה במים שהכילו אנטיסקלאנט לאחר 24 שעות של גידול (נעם מוזס, תקשורת אישית). בעקבות תוצאה זו הועלתה ההשערה כי תמותת האצות נבעה מנוכחות של אנטיסקלאנט במי הגידול. להשפעת האנטיסקלאנט על גידול האצות יש משמעות חשובה בגלל שהמיזם המשותף בוחן, בין השאר, את ההיתכנות של גידול אצות במי הרכז של סבחה ג' למטרת דו שימוש במשאב זה.

בעקבות השערה זו ערכנו ניסוי במעבדת המו"פ שבחן השפעת ריכוזים שונים של אנטיסקלאנט (שסופק ע"י חברת מקורות) על שרידת וקצב גידול האצות. הריכוזים שנבחנו הם: 3.5 ppm, 7 ppm, ו 14 ppm. בנוסף נערך טיפול ביקורת שלא כלל אנטיסקלאנט. כל הטיפולים נערכו ב 3 חזרות. המדיום ששימש לגידול היה מי צנטריפוגה מסוננים שעברו סטריליזציה באוטוקלב. מים אלה נבדקו והוכחו כמתאימים לגידול האצה בתצפיות שערכנו לפני עריכת ניסוי זה. הניסוי נערך בארלנמיירים (50 מ"ל נוזל) שהוצבו על שייקר ובעוצמת אור של $LUX \sim 20,000$ בתאריכים 26.3.23 – 9.4.23. קצב גידול האצה נמדד 3 פעמים בשבוע ע"י ספירה של תאים בהמוציטומטר במיקרוסקופ אור.

השפעת מי סבחה ג' ומי בריכות האידוי של חברת מלח הארץ על קצבי גידול של אצת הדונליאלה

בניסוי זה ביקשנו לבחון את קצבי הגידול של אצת הדונליאלה הגדלות במים שמקורם במי הרכז של מתקן סבחה ג' של חברת מקורות.

שיטת הניסוי וספירת התאים זהה לזו המתוארת לעיל בניסוי הראשון, 3 חזרות לכל טיפול. הניסוי נערך בתאריכים 13.4.23 - 14.5.23. סוגי המים שנבחנו היו:

- מי תצליל של גידול האצה כביקורת (חברת NBT) (MNBT)

- מים מבריקה 65 של חברת מלח הארץ (בתחילת תהליך האידיוי) (65)
- מים כניסה לבריכות המלח בעברונה (ber65)
- מים שמוצאם ממתקן סבחה ג' של חברת מקורות (sabha)

השפעת מי סבחה ג' ומי בריכות האידיוי של חברת מלח הארץ על קצבי גידול של אצת הדונליאלה

בתוספת חנקן

ניסוי זה הוא למעשה חזרה על ניסוי הקודם כאשר לכל הטיפולים למעט הביקורות נוספו 100 מ"ג/ליטר חנקן צרוף. ניסוי זה נערך עם 4 חזרות במקום 3 בניסוי הקודם.

ג' – בוצעו שני ניסויי שיקוע מלח לפי השיטות הבאות:

תצפית שיקוע המלח באתר חברת מלח הארץ

התצפית בוצעה במכלים. כל מיכל הכיל כ 10 ליטר מים בארבעה סוגים:

1. מי צנריפוגה NBT
2. מים מבריקה 65 מלח הארץ, עברונה
3. מים מבריקה 205 מלח הארץ, אילת
4. יחס 5:1 של מים 65 (5) ו NBT (1)

השיקוע בוצע עד 12.2.23 כאשר רוב המים התאדו.

המלחים נשלחו לאנליזה במעבדה ע"י חברת מלח הארץ.

הרכב המלחים הושווה להרכב מלח השולחן המיוצר ע"י חברת מלח הארץ (2 דגימות) אחרי שבוצע בו

תהליך שטיפה.

ניסוי שיקוע מלחים במו"פ ערבה דרומית

בוצע ייבוש של 4 מקורות מים:

1. מי סבחה – מים שמוצאם במתקן ההתפלה של מקורות - מי רכז של התפלת מים שמקורם במי ים (80%) בתוספת מי קידוחים (20%)
2. מים מבריקה 65 בעברונה
3. מי תצליל של NBT

4. ערבוב ביחס של 5:1 מ 65 NBT (בהתאמה)

הניסוי נערך בתחילת יוני 2023. הניסוי כלל 24 מיכלים בשתי שורות כאשר השורה הראשונה הועמדה מעל השניה. למיכלים בשורה הראשונה חוברו ברזים המאפשרים מעבר מים למיכלים המקבילים בשורה השניה (תמונה 1). כל מיכל בשורה הראשונה הכיל כ 10 ליטר של 4 הדגימות ב 3 חזרות (סה"כ 12 מיכלים לשורה). המיכלים הוצבו פתוחים וחשופים לשמש. בכל יום נמדדה מליחות וכאשר המליחות הייתה 12%-15%, העברנו את שארית המים למיכל המקביל בשורה השנייה ע"י פתיחת הברז התואם. המלחים נאספו משתי השורות לאחר ייבוש מלא בשמש. בנוסף, כ 0.5 ק"ג מלח מהמיכלים בשורה השנייה נאסף ונשטף במי מלח נקיים (30%). כל החזרות עורבבו והמלחים נשלחו לבדיקות ICP במעבדות מילודע. כל דגימה נבדקה ב 3 פאזות: עליון – מלחים שנאספו מהשורה הראשונה, תחתון – מלחים שנאספו מהשורה השנייה ושטיפה – מלחים שנאספו מהשורה השנייה ונשטפו במי מלח. סה"כ בוצעה אנליזה ל 12 דגימות (4 סוגי המלח ב 3 פאזות).

מטרת הניסוי העיקרית הייתה לבחון את ההיפותזה שגבס עובר שיקוע בטווח מליחות של 12%-15%.



תמונה 1: מערך הניסוי, בתמונה נראים המלחים שהצטברו בפאזה 2.

שנה שנייה:

- א. בשיחה עם נעם מוזס ממשרד החקלאות הוסכם להעביר המשך סקירת מקורות המים לגורם חיצוני
- ב. בוצעו שני ניסויים נוספים שמטרתם לבחון את היתכנות גידול אצת הדונליאלה במי סבחה ג' בהמשך לניסויים שבוצעו בשנה הראשונה:

הניסויים נערכו בארלנמיירים (50 מ"ל נוזל) שהוצבו על שייקר ובעוצמת אור של $LUX \sim 20,000$ בתאריכים. קצב גידול האצה נמדד 3 פעמים בשבוע ע"י ספירה של תאים בהמוציטומטר במיקרוסקופ אור.

ניסוי 1:

הניסוי נערך בין התאריכים 3.9.24 - 1.10.24 ב 4 טיפולים: $NACL\ 2F$, טיפול ביקורת שמהווה את מדיית הגידול האופטימלית לאצה, 61 – מי סבחה כפי שנאספו מפתח הברז שנמצא בבריכה 61 בבריכות המלח בעברונה. $SN+61$ – מי הסבחה בתוספת של 50 מ"ג/ליטר של נתרן חנקתי כמקור חנקן לאצות, $P+SN+61$ – תוספת של 5 מ"ג/ליטר מונופוטסיום פוספט כמקור של זרחן ואשלגן לאצות.

ניסוי 2: זהה לניסוי 1 מלבד העובדה שתאים גדולים ותאים קטנים נספרו בנפרד (ראה תוצאות), הניסוי נערך בתאריכים 27.10.24 - 1.12.24.

ג. לא בוצעו על ידנו ניסויים נוספים בהקשר של שיקוע המלח, ניסויים נוספים בוצעו ע"י גורם אחר כפי שסוכם עם משרד החקלאות.

6. תוצאות

א' - סקר מקורות מים פוטנציאליים לחקלאות ימית בחבל אילות: להלן הנתונים שנאספו עד כה:

טבלה 1: נתוני קידוחים פעילים:

קידוח	pH	EC	C°	NO^3 מ"ג/ל'
סמר 4	6.69	4.3	25.6	16
סמר 13 א'	7.2	3.8	29	0
סמר 13	7.2	3.4	31	4
שיזפון 1	7.2	3.4	47.3	0
שיזפון 11	6.9	3.5	44.3	?
שיזפון 11.1	6.6	3.7	30	?
יעלון א'	7.4	2.6	32	0
יעלון ב'	7.5	1.6	36.1	0
יעלון 3 א'	6.5	3.6	33.5	0

0	32.2	3.5	7.2	קטורה 4א'
0	32.2	2.8	6.5	קטורה 5
0	34.5	3.4	6.9	קטורה 6
0	37.7	3.4	6.9	קטורה 7
0	32	1.7	6.9	קטורה 9
0	32	2.5	?	קטורה 14
9	29.9	3	6.9	קטורה 19
8	28	3	?	קטורה 115
38	27.8	5.1	6.88	יטבתה 10
17	26.2	3.9	7.6	יטבתה 11
3	24.9	3	7.7	יטבתה 13
8	29.1	1.8	7.3	פארן 115א'
13	26	1.6	7.2	פארן 119
4	30	2	7.2	פארן 120
8	38	2.1	6.9	פארן 215
4	32	1.8	7.2	פארן 217

טבלה 2: נתוני אילת והסביבה (ישראל (רולי) הדס)

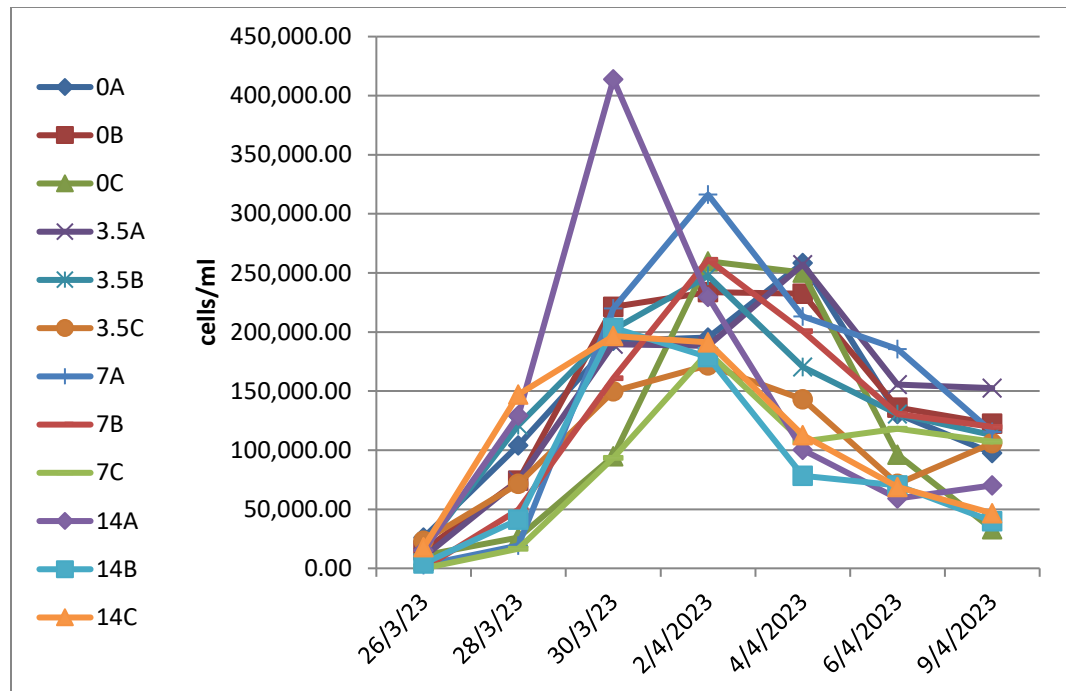
קידוח	pH	EC	C°	NO ³ מ"ג/ל"
115	7.2	40.1	34	0
116	6.9	25.7	32	1.13
117	6.7	8.88	27.4	7.93
מח מרידיאן 1/ת	?	?	?	0
מח מרידיאן 2/ת	?	?	?	0
מק אילת 112	7.13	21	31	2
מק אילת 113	7.3	7.7	28.3	7
נד פז אסא 1	7.24	4.26	31.5	54
נד פז אסא 2	7.22	4	32	43
נד פז אסא 3	7.24	4.86	31.3	33.5

נד שת"א 1	?	?	?	42.5
נד שת"א 3	?	?	?	4.1
מק אילת 110	7.12	13.17	28.6	2
מק אילת 111	7.37	6	28	5
מק אילת 101	7.24	9.23	28.7	4
מק סבחה 19	7.14	20.7	27.9	11
מק אילת 16 (סבחה)	7.66	7.36	27.7	4
מק אילת 102	7.1	15.3	27.3	13
מק סבחה 16 א	7.75	7.52	27.8	18
מק סבחה 20	7.15	10.2	26.6	75
מק סבחה 21	7.2	9.87	26.4	61
מק אילת 103 א	7.18	11.1	28.8	14

ב' - התאמת מי רכז ומקור מים חלופי נוסף לגידולים

השפעת אנטיסקלאנט על גידול אצת הדונליאלה

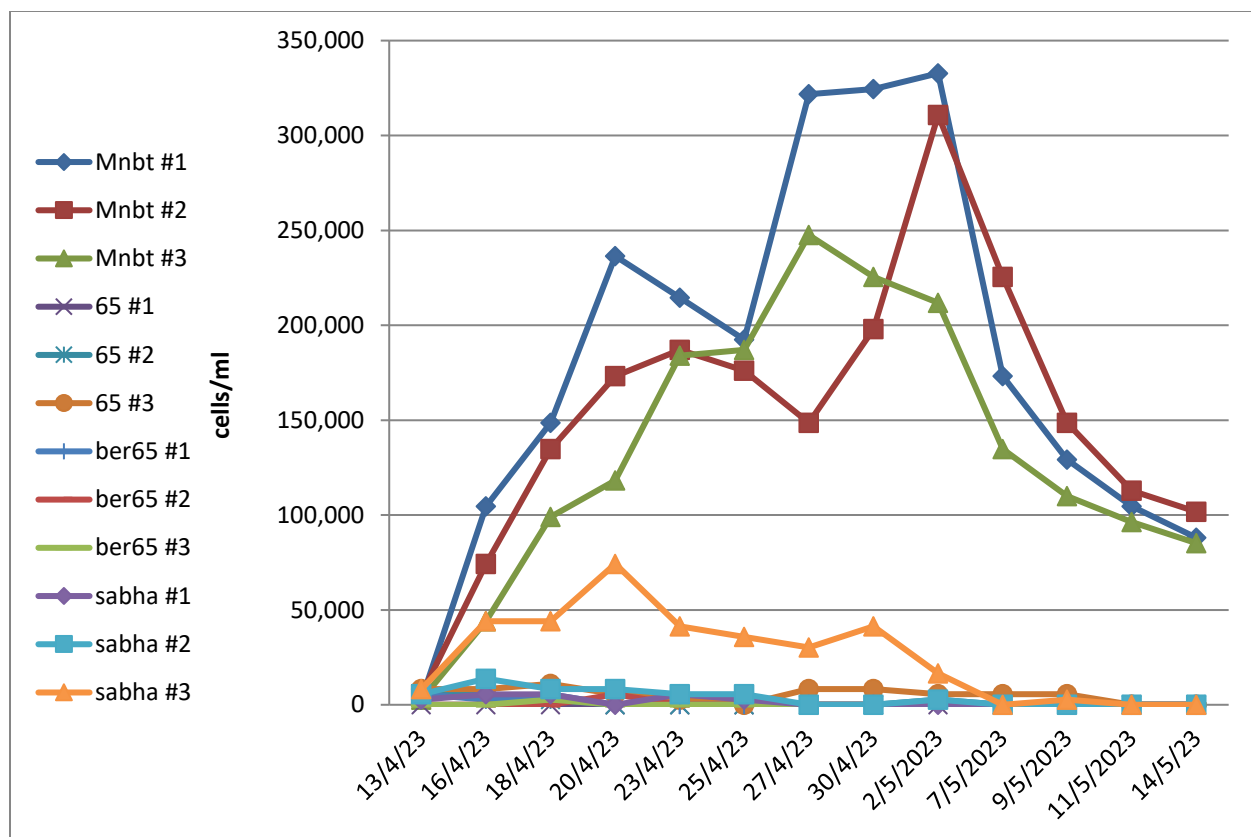
תוצאות הניסוי הראו שישנה שונות ניכרת בין ממוצעי ספירות התאים בטיפולים השונים אך ללא קשר ברור לנוכחות אנטי סקלאנט. לדוגמה: ממוצע התאים בביקורת בשיא הגידול (2.4.23) היה ~230,000 תאים למ"ל ובטיפולים של 7 ו 14 ppm אנטיסקלאנט היה 253,000 ו 200,000 תאים למ"ל בהתאמה (איור 2). במבחן סטטיסטי שנערך, לא נמצאו הבדלים משמעותיים בקצבי הגידול בין הטיפולים (repeated measures ANOVA, $p=0.212$).



איור 2: קצב גידול אצת הדונוליאלה (מספר תאים למ"ל) בריכוזים שונים של אנטיסקלאנט

השפעת מי סבחה ג' ומי בריכות האידוי של חברת מלח הארץ על קצבי גידול של אצת הדונוליאלה

תוצאות הניסוי מצביעות על גידול בשיעור נמוך מאוד בכל הטיפולים (עד למקסימום של 14,000 תאים למ"ל) למעט חזרה אחת במי סבחה ג' שהראתה גידול משמעותי יותר (עד למקסימום של 75,000 תאים למ"ל). במי הביקורת הגידול היה משמעותי בהרבה והגיע למקסימום ממוצע של 285,000 תאים למ"ל. עם זאת, לא נצפתה תמותה מיידית באף אחד מהטיפולים ומספר התאים נשאר נמוך מאוד לאורך כל ימי הניסוי. באחת מהחזרות במים מברכה 65 לא נספרו תאים בשיטה שהשתמשנו בה אבל נצפו גם בדגימות אלה מעט תאים חיים (איור 3). במבחן סטטיסטי שערכנו, התגלו הבדלים משמעותיים בין קצבי הגידול של חלק מהטיפולים בעיקר בין הביקורת לשאר הטיפולים אך גם בין אותה חזרה של מי סבחה ג' למרבית שאר החזרות. (repeated measures ANOVA with Tukey's test, $p = 0.05$).

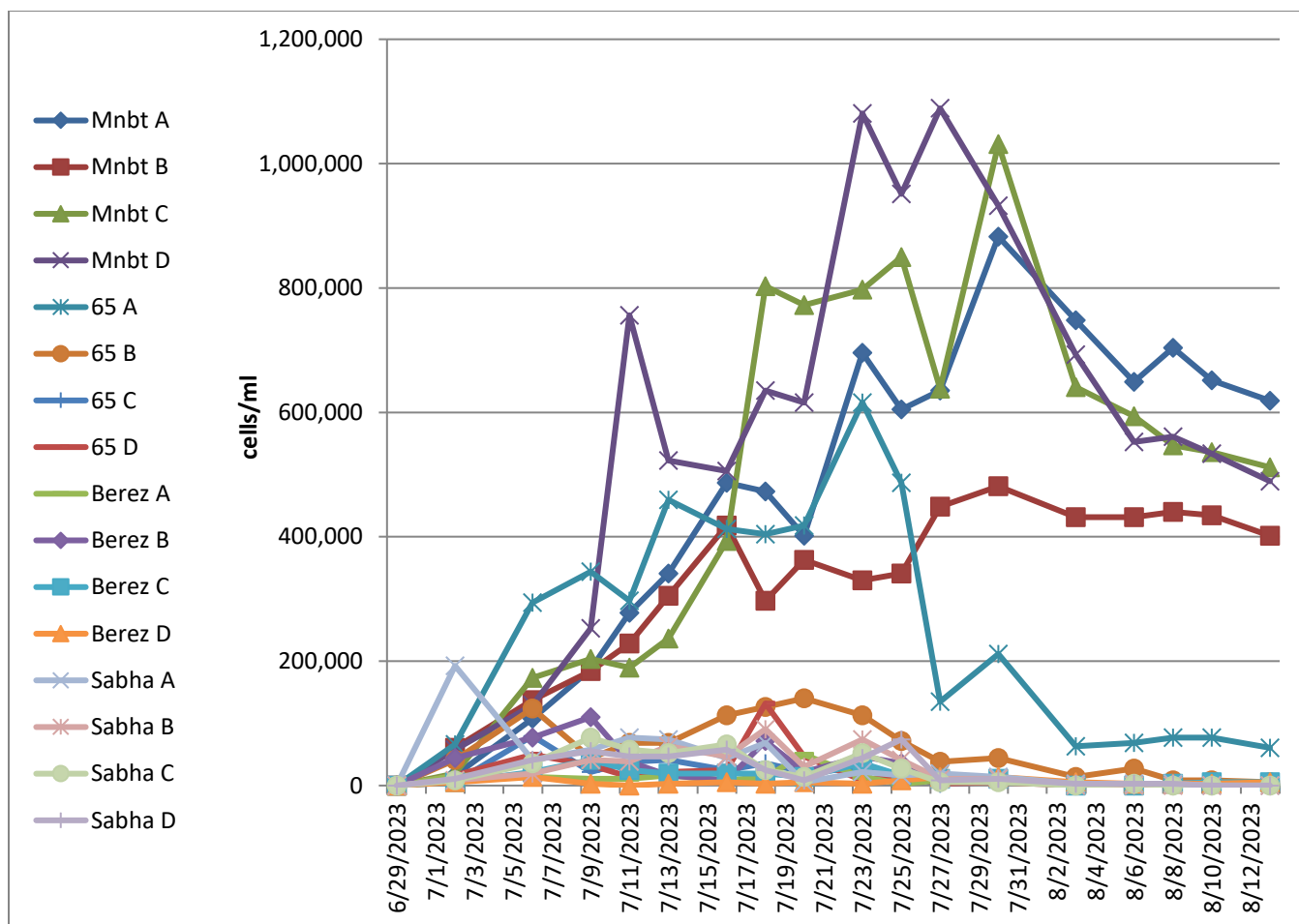


איור 3: קצבי גידול של אצת הדנליאלה בסוגי מים שונים

השפעת מי סבחה ג' ומי בריכות האידוי של חברת מלח הארץ על קצבי גידול של אצת הדנליאלה

בתוספת חנקן

תוצאות הניסוי מצביעות על מגמה דומה לזו שנצפתה בניסוי הקודם כאשר במדיום הביקורת היה טוב בהרבה מבשאר הדגימות (ממוצע של 831 אלף תאים למ"ל בשיא הגידול לעומת ממוצע של 40 אלף תאים למ"ל בהתאמה) למעט דגימה אחת (65A שמקורה בבריכות האידוי של עברונה) שהגיע למספר גבוה של תאים יחסית לשאר הדגימות (616 אלף תאים למ"ל בשיא הגידול) בדומה לגידולי הביקורת אך לזמן קצר יותר (איור 4).

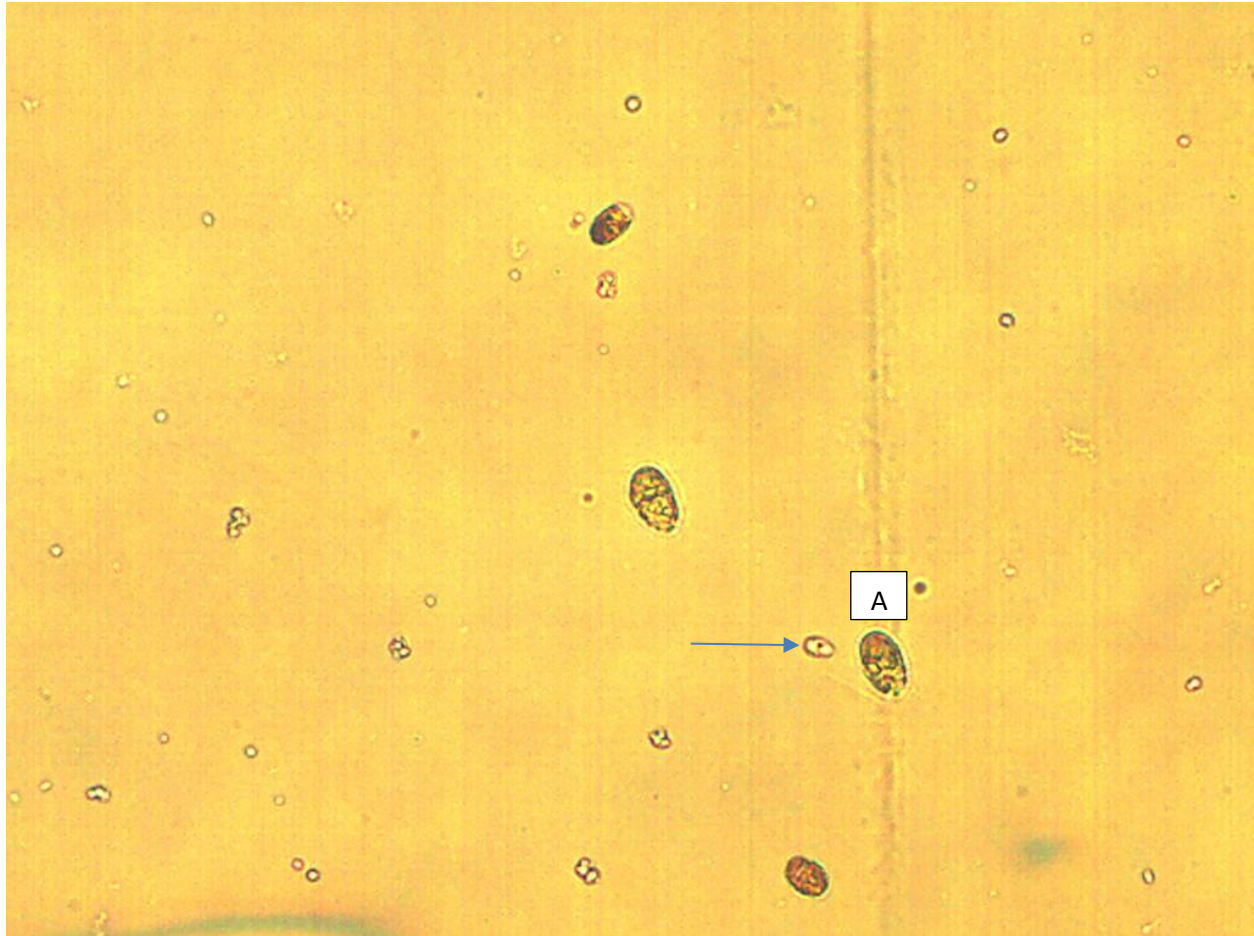


איור 4: קצבי גידול של אצת הדונוליאלה בסוגי מים שונים בתוספת 100 מ"ג/ל חנקן.

שנה שנייה:

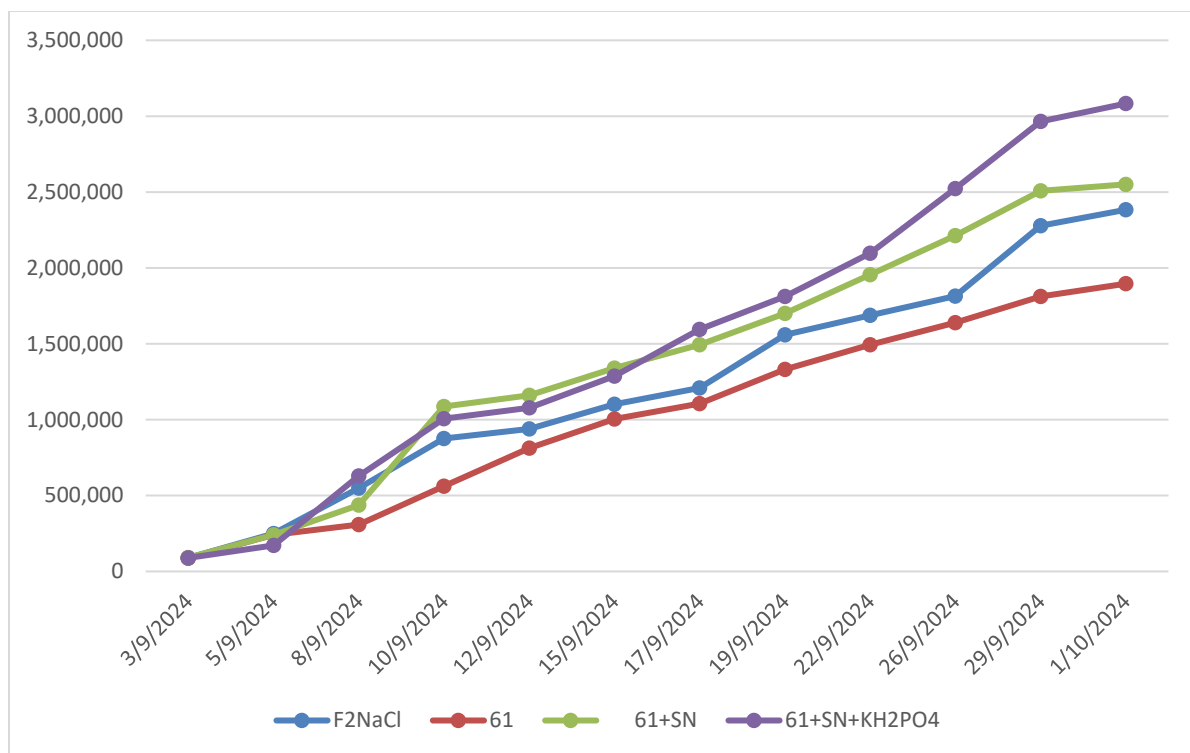
ניסוי 1:

במהלך הניסוי הבחנו בשני סוגי תאים שונים לאורך כל הניסוי, ההבדלים בין התאים היו גודל, פיגמנטציה ומוטיליות כאשר התאים הקטנים הראו פיגמנטציה ומוטיליות נמוכה ביחס לתאים הגדולים. התאים הגדולים זוהו בוודאות כדונוליאלה, להערכתנו התאים הקטנים הם תאים של אותה האצה בשלב התפתחותי מוקדם (שלב ירוק) שמופיעים כחלק ממחזור החיים של האצה בעיקר בתנאי עקה, אך לא היה ניתן לוודא כי אכן כך במסגרת המחקר שערכנו. בניסוי הראשון, שני סוגי התאים נספרו ביחד ואילו בניסוי השני ספרנו את שני הסוגים בנפרד (תמונה 2).



תמונה 2: תא גדול (A) של דונליאלה, ניתן להבחין בפיגמנטציה כתומה מהצטברות של בטא-קרוטן
בטא, (ניתן להבחין גם בשוטונים האופייניים לאצה זו בשלב המוטילי) ובתא קטן לידו (מסומן בחץ).

תוצאות ספירת התאים מצביעות על הבדלים מובהקים בין כל הטיפולים למעט הטיפול בתוספת חנקן
לעומת הטיפול בתוספת חנקן וזרחן (איור 5), ($P < 0.01$) (repeated measures ANOVA) למרות
שגם שם התוצאה הייתה קרובה מאוד למובהקות סטטיסטית ($p = 0.054$). אותו טיפול גם הראה את
תוצאות הגדילה הטובות ביותר בעוד שטיפול 61 של מי הסבחה ללא תוספות הראה את הגדילה
הנמוכה ביותר למרות שגם בטיפול זה הייתה גדילה משמעותית (מ 90 אלף תאים למ"ל עד 1,900,000
תאים למ"ל בתוך מעט פחות מחודש) טבלה 3 מציגה את ההבדלים בין הטיפולים במבחן פוסט הוק.



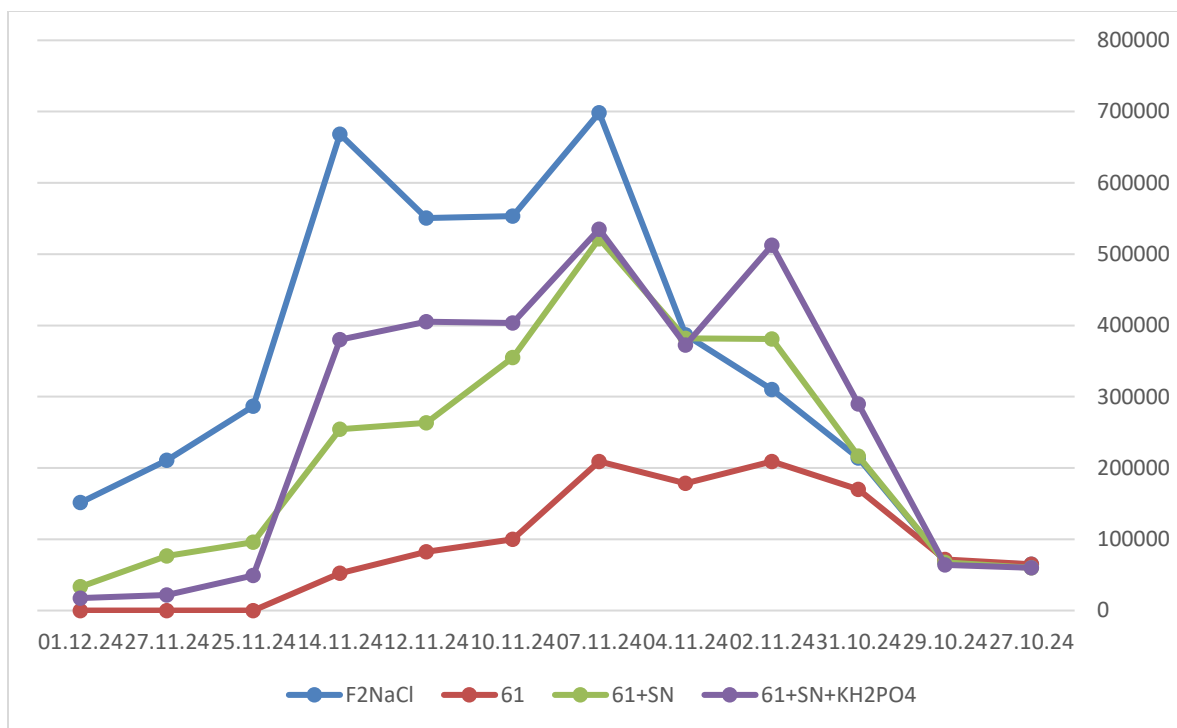
איור 5: קצבי גידול דונליאלה (תאים גדולים וקטנים) בטיפולים השונים.

טבלה 3: הבדלים מובהקים סטטיסטית בין הטיפולים מסומנים באדום.

Group	61	61SN	61SNP
F2NaCl	203583	169847	300138.92
61	0	373430	503722.17
61SN	373430	0	130291.83

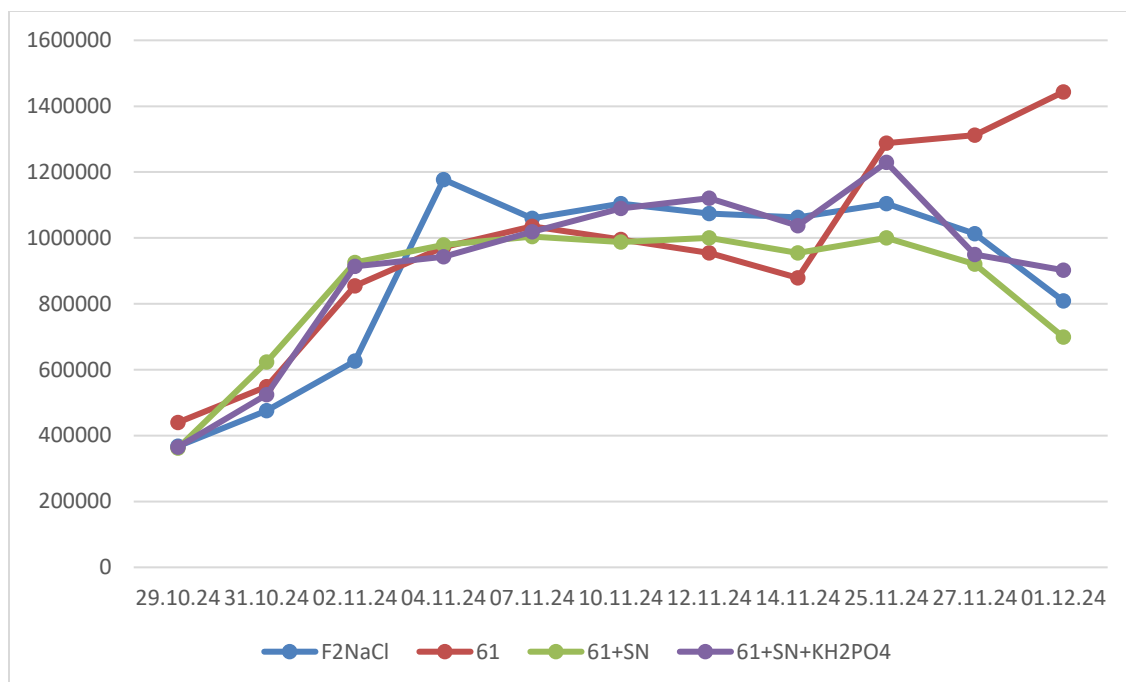
ניסוי 2:

גם בניסוי זה הבחנו בשני סוגי התאים ואלו, הפעם, נספרו בנפרד. ניסוי זה נמשך מעט יותר עד לדעיכת התרבויות כדי לקבל את עקומת הגידול המלאה של כל טיפול. בספירת התאים הגדולים, כלומר אותם תאים שזוהו בוודאות כתאי אצת הדונליאלה, התוצאה המשמעותית והמובהקת ביותר סטטיסטית הייתה ההבדלים בין טיפול 61 ללא תוספות לבין שאר הטיפולים (repeated measures ANOVA, $p < 0.01$). טיפול 61 הגיע בשיא הגידול ל 210 אלף תאים למ"ל בעוד שאר הטיפולים עברו בשיאם 500 אלף תאים למ"ל. טיפול הביקורת הראה את השיא הגדול ביותר, כ 700 אלף תאים למ"ל (איור 6).



איור 6: קצבי גידול תאים גדולים של אצת הדונוליאלה בטיפולים השונים.

בספירת התאים הקטנים, נמצא כי לא היה הבדל סטטיסטי בין הטיפולים (repeated measures ANOVA, $p=0.27$), (איור 7). ניכר כי בטיפול 61 הייתה עלייה משמעותית במספר התאים לקראת סוף הניסוי.

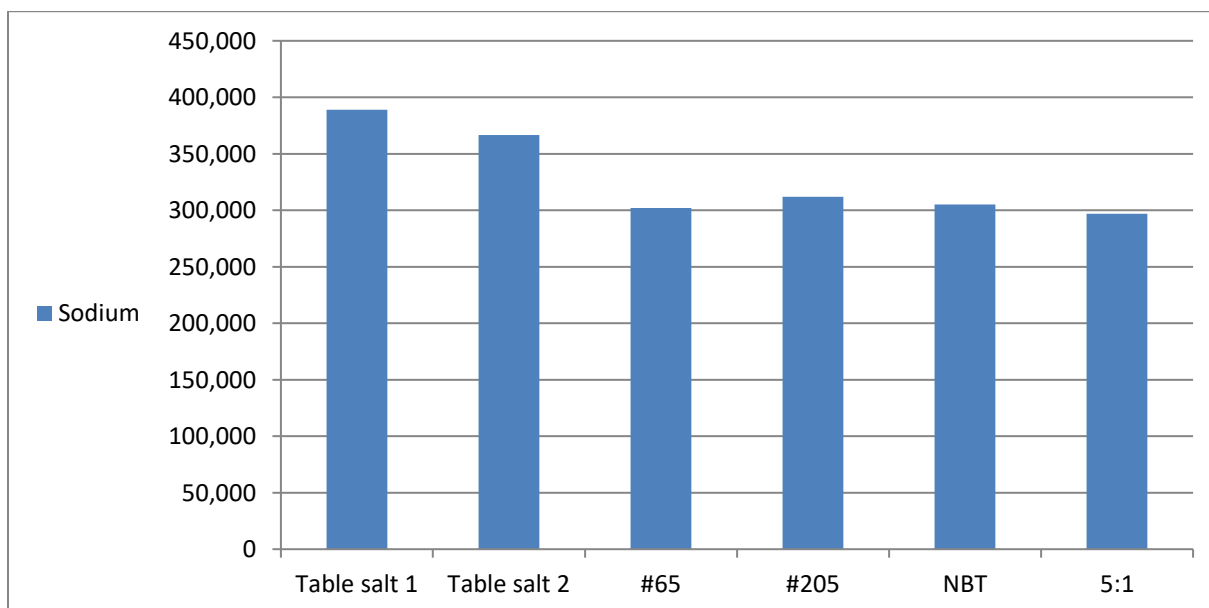


איור 7: קצבי גידול תאים קטנים בטיפולים השונים.

ג' – שיקוע וייצור מלח

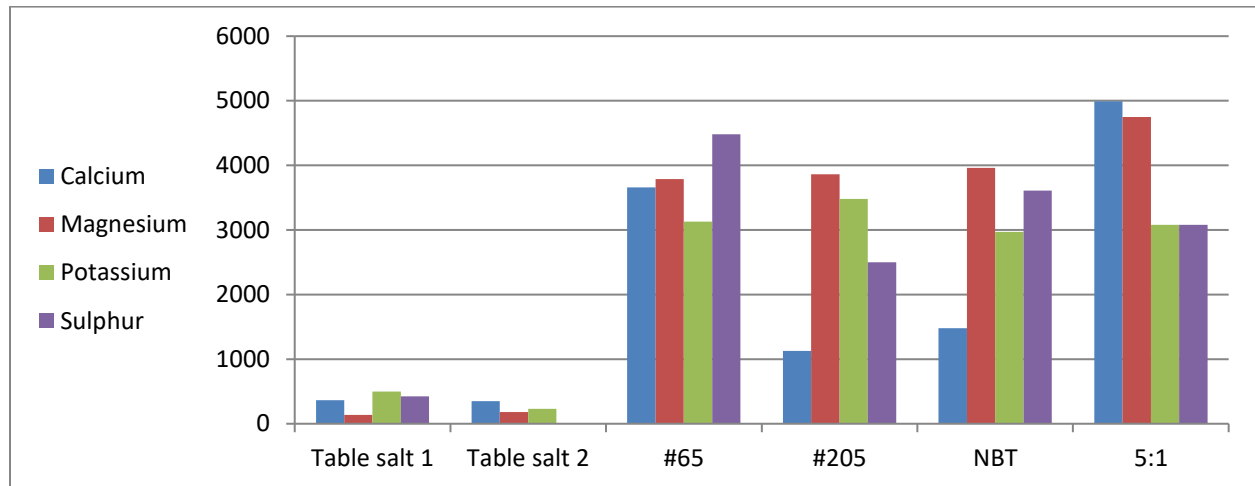
תצפית שיקוע המלח באתר חברת מלח הארץ

נתרן: כמות הנתרן הייתה הגבוהה ביותר בדגימות של מלח השולחן PPT 378 בממוצע. כמות הנתרן הייתה דומה בשאר הדגימות ונעה סביב PPT 300 (איור 1).



איור 1. ריכוזי נתרן בדגימות התצפית ובאנליזות של מלח שולחן

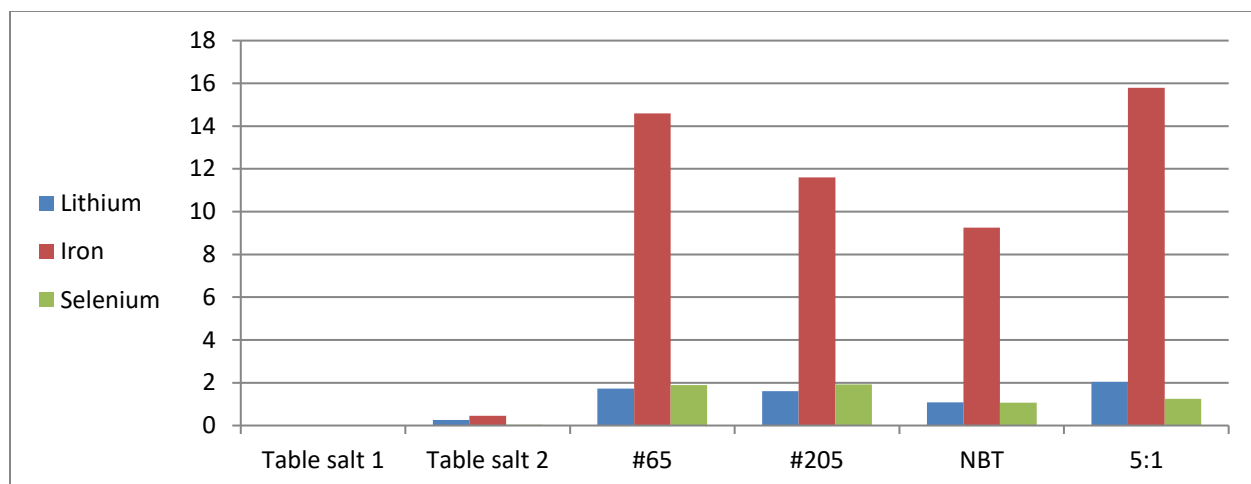
מאקרו אלמנטים: בכל הדגימות האלמנטים הדומיננטיים היו: אשלגן, קלציום, מגנזיום וגופרית. באופן כללי ריכוזי אלמנטים אלה היו גבוהים בהרבה (בסדר גודל) בדגימות הניסוי מתוצאות האנליזה של מלח השולחן. בדגימה 65 (ובמידה מסוימת גם בדגימה 5:1) ריכוזי הקלציום (פי 3.3 בממוצע) והגופרית (ב 30% יותר) היו גבוהים יותר מבדגימות 205 ו NBT מה שעשוי להעיד על נוכחות של גבס שעובר שיקוע בתהליך ההמלחה (דורית דברת רונן, מלח הארץ). בריכה 205 מלוחה יותר מבריכה 65, PPT 142 לעומת PPT 104 בהתאמה). (איור 2).



איור 2: ריכוזי מאקרו אלמנטים בדגימות התצפית ובאנליזות של מלח שולחן.

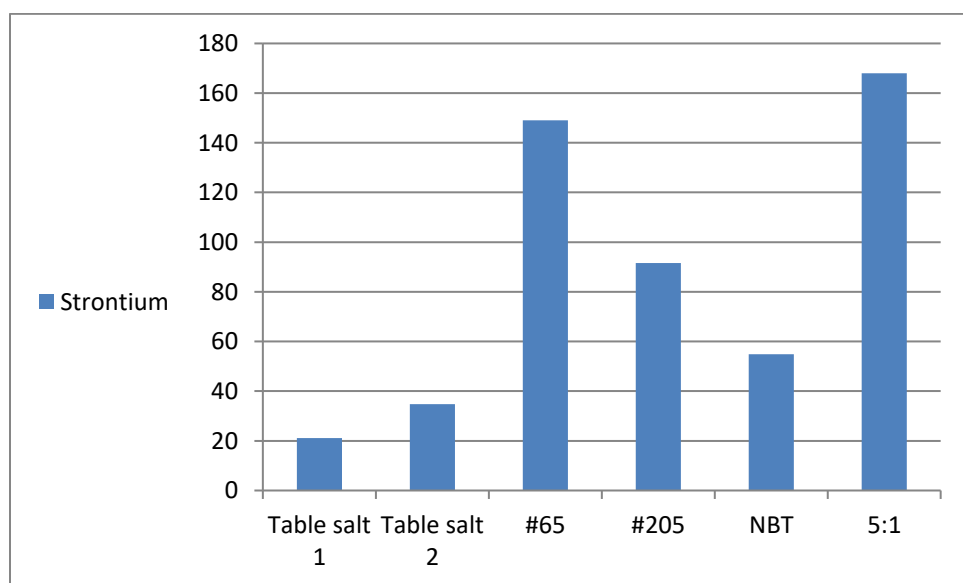
מיקרו-נוטריינטים

המיקרו-אלמנטים החשובים בדגימות היו: ליתיום, ברזל, סלניום. בדומה לתמונת המאקרו אלמנטים, גם כאן ריכוזי המיקרו אלמנטים היו גבוהים בהרבה מבאנליזות של מלח השולחן. ליתיום פי 6 בממוצע, ברזל פי 28 בממוצע, סלניום פי 48 בממוצע.



איור 3: ריכוזי מיקרו אלמנטים בדגימות התצפית ובאנליזות של מלח שולחן.

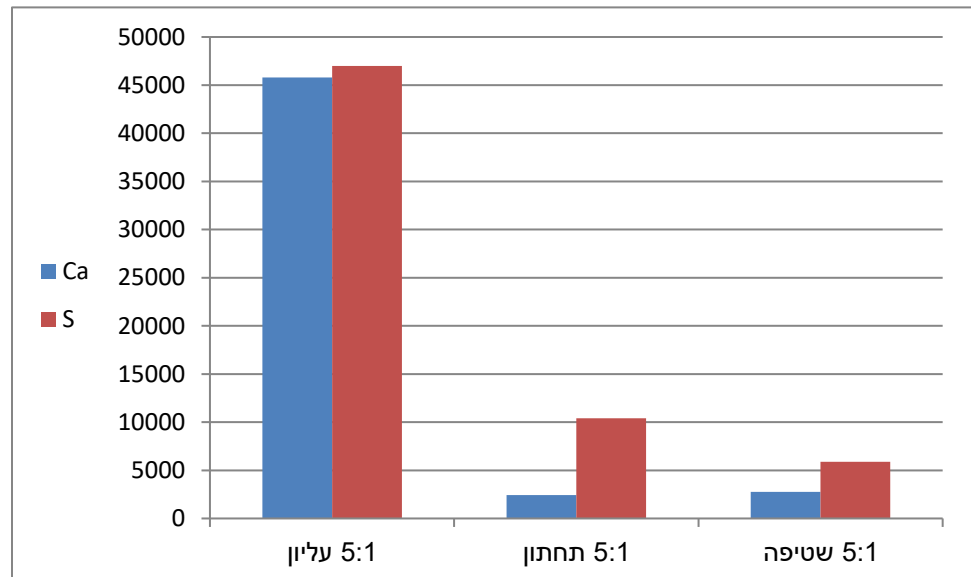
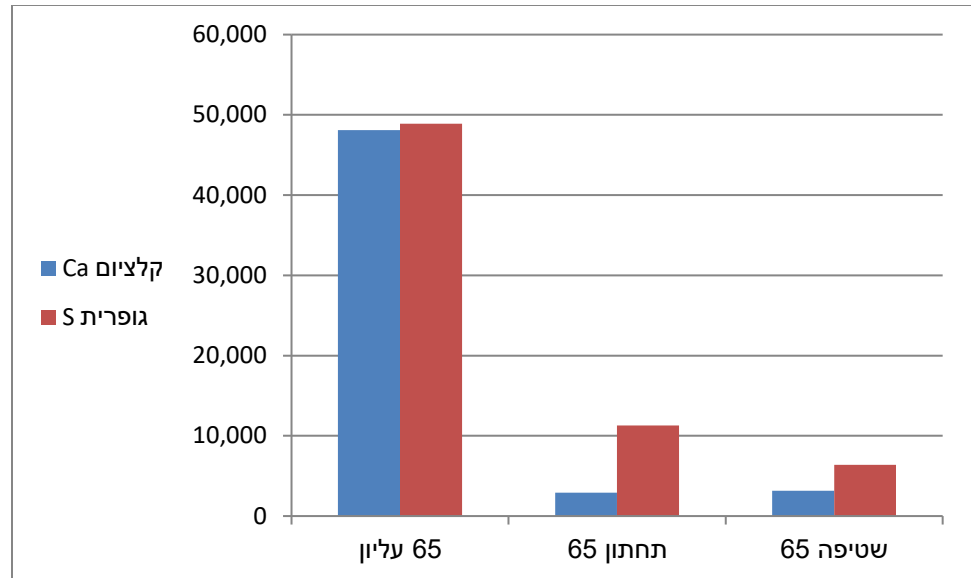
סטרונטיום נמצא בריכוזים בינוניים בכל הדגימות ופי 4 בממוצע בדגימות התצפית לעומת האנליזות של מלח השולחן (איור 4)

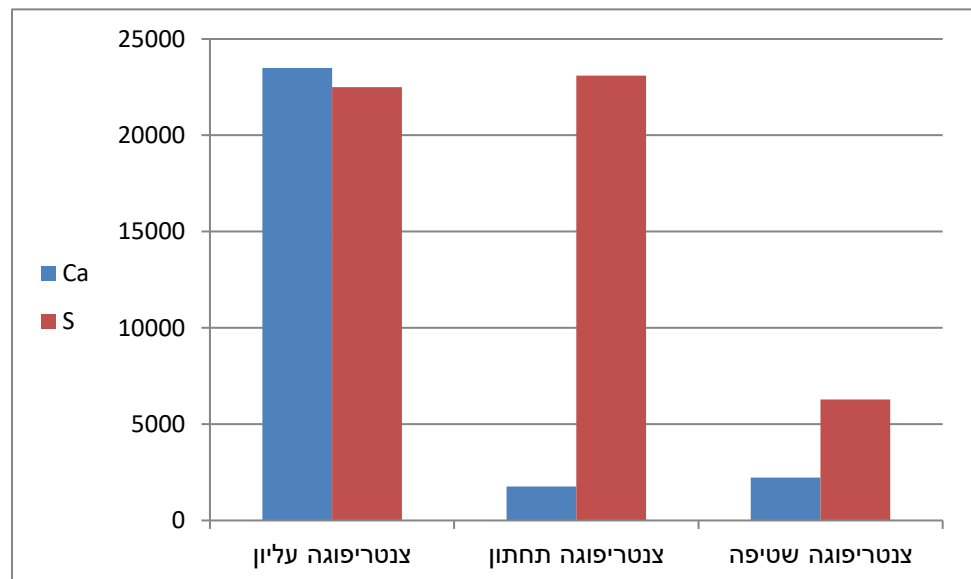
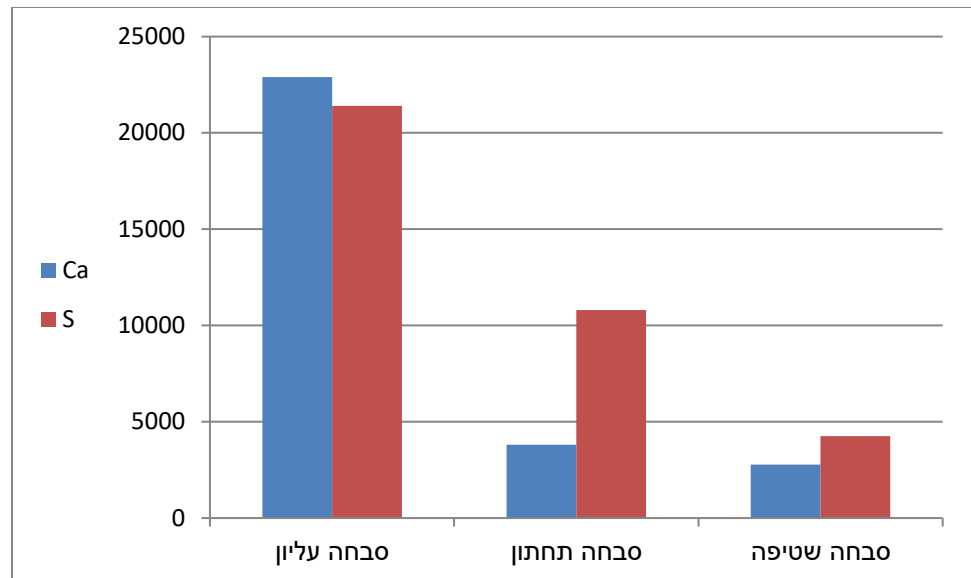


איור 4: ריכוזי סטרונטיום בדגימות התצפית ובאנליזות של מלח שולחן.

ניסוי שיקוע מלחים במו"פ ערבה דרומית

המליחיות בפועל של המים בשעת פתיחת הברזים (המליחות נמדדה במד מליחות אלקטרוני בדילול של פי 5) היו 12% למי התצליל ו 15% לשאר סוגי המים. התוצאה המובהקת ביותר הייתה השוני בריכוז הסידן (Ca) בין פאזה 1 לפאזה 2 בכל סוגי המלח שנבדקו, השינוי היה גדול מאוד בכל הדגימות (מינימום 500% בדגימת הסבחה ומקסימום של 1785% בדגימה 5:1), שינוי זה מעיד על שיקוע של סידן בפאזה 1. בדגימות של 65 ו 5:1 היסוד השני שהראה את הרמה השנייה בגובהה של שיקוע היה גופרית (שוני של 333% ו 352% בין פאזה 1 לפאזה 2 בהתאמה), גם בדגימת הסבחה התקבלה אינדיקציה משמעותית של שיקוע גופרית (הבדל של 98% בין שתי הפאזות), בדגימה של מי התצליל לא היו הבדלים משמעותיים בריכוז הגופרית במלחים של שתי הפאזות. השטיפה שבוצעה גרמה להפחתה של ריכוזי הסידן והגופרית בכל הדגימות (איורים 1-4).





איורים 1-4: ריכוזי סידן וגופרית בשלושת הפאזות בכל דגימות המלח שנבדקו.

יסודות נוספים שהראו על שיקוע משמעותי בין שתי הפאזות בכל הדגימות היו: סטרונציום, אלומיניום וטיטניום

ב' - התאמת מי רכז ומקור מים חלופי נוסף לגידולים

בהמשך למסקנות שנה ראשונה, ביצענו ניסויים נוספים בכדי לבחון את היתכנות הגידול של אצת הדונליאלה במי הרכז של מתקן סבחה ג'.

הניסוי השני שערכנו נועד לוודא שאכן ההשפעה של הטיפולים שקבענו משפיעים באופן ברור וישיר על תאי אצת הדונליאלה (תאים גדולים). ייתכן שהתאים הקטנים שזוהו הם תוצר של תנאי עקה במיוחד לאור האבחנה כי בטיפול ללא תוספת נוטריינטים נצפה המספר הגדול ביותר של תאים אלה. עם זאת זהותם של תאים אלה לא וודאית ולאור העובדה שסטטיסטית לא היה כל הבדל בין הטיפולים, אנו מתייחסים בעיקר לתוצאת ספירת התאים הגדולים בניסוי השני כתוצאה הברורה והאמינה ביותר. ניסויים נוספים ושימוש במיקרוסקופ שיאפשר הסתכלות בדגימות בהגדלות גדולות יותר, או לחלופין זיהוי גנטי של תאים אלה יאפשרו וודאות גדולה יותר בניתוח התוצאות.

תוצאות הניסויים מראות בבירור שהאצה תגדל במים אלה אך גם שחוסרים של נוטריינטים, בעיקר חנקן, אשלגן וזרחן יגבילו את ייצור הביומסה. כמו-כן הראינו שהוספה של נוטריינטים אלה תגביר את ייצור הביומסה באופן משמעותי ותאפשר גידול מסחרי של האצה.

סיכום עם שאלות מנחות

א. פירוט עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדוח

בוצעו 2 ניסויים באצות: תוצאות הניסויים מראות היתכנות לשימוש במי הרכז של מתקן סבחה ג' לגידול אצת הדונליאלה ושתוספת של מאקרו נוטריינטים תשפר בהרבה את גידול הביומסה.

ב. פירוט כיצד הושגו מטרות המחקר בתקופת הדוח או חלק מהן

א- ביצוע חלקי כפי שנכתב לעיל

ב- בוצעו ניסויים המראים היתכנות, לא בוצעו אנליזות ביוכימיות בגלל בעיות של חוסר בטכנאי במחצית הראשונה של 2024.

ג. בוצע ועבר לגורם נוסף

ד. בהתאם להצעה המקיפה, ציין מה התבצע מתוך טבלת המשימות ואבני הדרך

כנ"ל

ה. הגדרת היעדים הכמותיים למחקר והיעדים היישומיים למחקר אשר הושגו לתקופת המחקר

כנ"ל

- ו. מהן המסקנות המדעיות ומהן ההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו המסקנות החשובות ביותר מהמחקר הכולל הן:
 - אנטיסקלאנט לא מהווה בעיה משמעותית לגידול דונליאלה
 - ניתן לגדל את אצת הדונליאלה במי הרכז, דרושה תוספת של מאקרו נוטריינטים לצורך גידול מסחרי
 - יש חשיבות לביצוע בדיקות איכות האצה (לתכולת בטא קארטון) שהן קריטיות לבחינת ההיתכנות המסחרית של מיזם גידול האצה בעברונה, בדיקות אלה יכולות להתבצע במכון וולקני על בסיס ייצור האצה במו"פ ערבה דרומית במי הרכז כפי שהראנו בשנה השנייה.
- ז. מהן הבעיות שנותרו לפתרון ואו שינויים טכנולוגיים שיווקיים ואחרים שחלו במהלך העבודה ממולץ לבצע בדיקות איכות כמתואר לעיל
- ח. פעילויות שנעשו במו"פ במהלך תקופה (סיוורים, ביקורים, הרצאות, כינוסים, פיתוחים חדשים וכו' ביצענו סיוורים רבים במעבדת האצות כולל לשר החקלאות ובכירים מקק"ל, מורים, תלמידים וסטודנטים מהערבה.
- ט. פרסומים בעיתונות מבוקרת או בעיתונות בעברית שנבעו מהמחקר אין פרסומים
- י. ציון השפעת המחקר על כלכלת החקלאות באזור, או תרומה מעשית למארג האגרו-אקולוגי באזור
- מחקר זה הוא מחקר אזורי בהגדרתו ונועד כדי לבחון דו שימוש במים הנפלטים בתהליך ההתפלה ממתקן סבחה באילת. לתוצאות המחקר יש השלכות כלכליות וסביבתיות מובהקות. במחקר זה הראינו כי ישנה היתכנות לגידול האצה במי הרכז של מתקן סבחה ג'.
- יא. המלצות להמשך המחקר או שינוי במחקר
- תוצאות המחקר מצדיקות המשך בחינת המיזם בעיקר ע"י הגדלת נפחי הייצור לכתיבת פרוטוקול גידול מסחרי וע"י בדיקות איכות האצה בתנאי גידול שונים והתאמה למי הגידול ותנאי האקלים בעברונה.
- יב. פטנטים שנבעו מהמחקר לא נרשמו פטנטים