



אוניברסיטת בן-גוריון בנגב
המכונים לחקר המדבר ע"ש יעקב בלאושוטיין
ביה"ס ללימודי מדבר ע"ש אלברט כץ

בדיקת אמצעים לשיפור ביסוסן של נטיעות באזורים יובשניים

באמצעות השקיה וחיפוי קרקע

חיבור זה מהווה חלק מהדרישות לקבלת תואר מוסמך בלימודי מדבר M.Sc.

מאת: עמיר דורון



אוניברסיטת בן-גוריון בנגב
המכונים לחקר המדבר ע"ש יעקב בלאושטיין
ביה"ס ללימודי מדבר ע"ש אלברט כץ

בדיקת אמצעים לשיפור ביסוסן של נטיעות באזורים יובשניים

באמצעות השקיה וחיפוי קרקע

חיבור זה מהווה חלק מהדרישות לקבלת תואר מוסמך בלימודי מדבר M.Sc.

מאת: עמיר דורון

התמחות: חקלאות וביוטכנולוגיה באזורים צחיחים

מנחים: פרופ' פדרו ברלינר

המכונים לחקר המדבר ע"ש יעקב בלאושטיין. אוניברסיטת בן גוריון.

ד"ר ניר עצמון

המחלקה למשאבי טבע, המכון לגידולי שדה. מנהל המחקר החקלאי.

תוכן עניינים

1.....	מבוא	1
3.....	סקירת ספרות	2
3.....	2.1 מאזן המים בצמח	2.1
3.....	2.2 מאזן המים בקרקע	2.2
4.....	2.3 השפעת רטיבות הקרקע על התפתחות הצומח	2.3
5.....	2.4 יעילות ניצול המים (W U E)	2.4
6.....	2.5 התפתחות מערכת השורשים	2.5
6.....	2.6 יחס שורש/נוף	2.6
7.....	2.7 השפעת טמפרטורת הקרקע על התפתחות מערכת השורשים	2.7
8.....	2.8 חיפוי קרקע	2.8
9.....	2.8.1 השפעת חיפוי הקרקע על תכולת הרטיבות	2.8.1
10.....	2.8.2 השפעת חיפוי הקרקע על הטמפרטורה באזור בית השורשים	2.8.2
11.....	2.9 השקיית עזר	2.9
12.....	2.10 ביסוס נטיעות באזורים צחיחים	2.10
12.....	3. מטרת המחקר	3
13.....	4. שיטות וחומרים	4
13.....	4.1 אזור המחקר	4.1
14.....	4.2 הכנת שטח המחקר	4.2
15.....	4.3 החומר הצמחי	4.3
15.....	4.3.1 שיטת הנגב (<i>Acacia gerrardii negevensis</i>)	4.3.1
15.....	4.3.2 שיזוף מצוי (<i>Ziziphus spina-christi</i>)	4.3.2
16.....	4.4 שיטת המחקר	4.4
16.....	4.4.1 נטיעת השתילים	4.4.1
16.....	4.4.2 טיפולי החיפוי	4.4.2

16.....	4.4.3 טיפולי השקיה.....
19.....	4.5 בדיקות תקופתיות.....
19.....	4.5.1 ייצור ביומאסה.....
20.....	4.5.2 מדידת תכולת המים בפרופיל הקרקע.....
20.....	4.5.2.1 כיוול מכשיר ה - T.D.R.....
21.....	4.5.3 גובה וקוטר השתילים.....
21.....	4.6 טמפרטורת בית השורשים.....
21.....	4.7 צילום בית השורשים.....
21.....	4.8 ניתוחים סטטיסטיים.....
22.....	5. תוצאות.....
22.....	5.1 שיטת הנגב.....
22.....	5.1.1 הישרדות השתילים.....
23.....	5.1.2 השפעת הטיפולים על התפתחות השתילים.....
23.....	5.1.2.1 גובה השתילים.....
23.....	5.1.2.2 קוטר השתילים.....
27.....	5.1.2.3 צבירת הביומאסה.....
28.....	5.1.3 השפעת הטיפולים על התפתחות השורשים.....
28.....	5.1.3.1 אורך השורשים.....
30.....	5.1.4 השפעת הטיפולים על מאזן המים.....
30.....	5.1.4.1 תכולת המים בקרקע.....
31.....	5.1.4.2 אובדן המים הכולל.....
32.....	5.1.5 יעילות צריכת המים.....
33.....	5.2 שיזף מצוי.....
33.....	5.2.1 הישרדות השתילים.....
34.....	5.2.2 השפעת הטיפולים על התפתחות השתילים.....

34.....	5.2.2.1 גובה השתילים
34.....	5.2.2.2 קוטר השתילים
36.....	5.2.2.3 צבירת הביומאסה
37.....	5.2.3 השפעת הטיפולים על התפתחות השורשים
37.....	5.2.3.1 אורך השורשים
39.....	5.2.4 השפעת הטיפולים על מאזן המים
39.....	5.2.4.1 תכולת המים בקרקע
40.....	5.2.4.2 אובדן המים הכולל
41.....	5.2.5 יעילות צריכת המים
42.....	5.3 טמפרטורת בית השורשים
42.....	5.3.1 השפעת סוג החיפוי על טמפרטורת בית השורשים
45.....	5.3.2 השפעת ההשקיה על טמפרטורת בית השורשים
50.....	6. דיון
50.....	6.1 השקיית עזר
51.....	6.2 חיפוי קרקע
53.....	6.3 השקיית עזר וחיפוי קרקע
61-55.....	7. רשימת ספרות
67-62.....	8. נספחים

תקציר

במסגרת המלחמה במדבור יש חשיבות רבה לביסוס הנטיעות באזורים מעוטי משקעים. הישרדות השתילים בשנה הראשונה לנטיעה אינה מובטחת ויש צורך בבחינה של אמצעים להבטחת התבססות השתילים. בעבודה הנוכחית נבחנו שני היבטים של ביסוס נטיעות באזורים יובשניים: מתן השקיית עזר וחיפוי קרקע. כצמחי מודל נבחרו שיטת הנגב ושיזף מצוי. מינים אלו אופייניים לאזורים יובשניים של הארץ. שתילים שיוצרו במשתלת הקק"ל ניטעו בחורף 2004 במכון לחקר המדבר אשר ממוקם ברמת הנגב של ישראל. לאחר הנטיעה הופעלו שלושה טיפולי חיפוי קרקע מסביב לשתיל. חיפוי פלסטיק, חיפוי שבבי עץ וביקורת (ללא חיפוי). שטח המחקר חולק לארבעה בלוקים כאשר בכל בלוק שתי שורות. ניתנו שני טיפולי השקיה כאשר אחת מהשורות באותו בלוק קיבלה השקיית עזר חצי שנה לאחר הנטיעה, בעוד שהשורה השנייה באותו בלוק לא קיבלה כלל השקיה. לכל טיפול נערכו ארבע חזרות במתכונת של בלוקים באקראי. הבדיקות שנערכו לחלקה כללו: ניטור תכולת הרטיבות בפרופיל הקרקע למשך תקופת הניסוי נעשה בעזרת מכשיר ה-T.D.R. השתנות טמפרטורת הקרקע נבדקה בשלושה עומקים: 2-5, 5-10 ו-10-40 ס"מ מפני השטח. הישרדות והתפתחות השתילים נמדדה במהלך הגידול.

מתוצאות המחקר עולה שנוכחות של חיפוי קרקע משפיעה הן על משטר המים והן על הטמפרטורה בקרקע. עבור חיפוי שבבי העץ ניתן לראות כי התנודות של טמפרטורת הקרקע הן קטנות ביותר, הטמפרטורה היא כמעט קבועה בכל העומקים ואין הפרשים משמעותיים בין ערכי טמפרטורת המקסימום והמינימום. עבור חיפוי פלסטיק בעומקים 10 – 2 ס"מ טמפרטורות הקרקע גבוהות יותר במהלך שעות היום בהשוואה לביקורת. ובמהלך שעות הלילה טמפרטורות הקרקע נמוכות יותר בהשוואה לביקורת. אותה מגמה נצפתה ללא השקיה, אך ממוצע הטמפרטורות היה נמוך - $C^0 - 2$. חיפוי שבבי עץ נמצא יעיל יותר מחיפוי הפלסטיק בשמירה על רטיבות הקרקע. נמצא ששילוב של השקיה עם חיפוי שבבי עץ עודדו את התפתחות הנוף של השתילים ועיכבו את התפתחות השורשים. בעוד ששילוב של השקיה עם חיפוי פלסטיק עודדו את התפתחות השורשים ועיכבו את התפתחות הנוף. מתן השקיית עזר אינה משפרת את ההישרדות. 30% תמותה נצפו עבור השיזף המצוי ו 5% תמותה עבור שיטת הנגב.

לסכום, נראה שטיפולים אגרנטכניים כמו חיפוי ומתן השקיית עזר עשויים לעודד את התפתחות

השתילים לאחר נטיעתם אולם יש מקום לבחון בצורה מעמיקה את תגובת המינים השונים לטיפול ואת

תרומת הטיפול בהתחשב בעלויות הכרוכות בישומו.

1. מבוא

המגבלה העיקרית בהתבססות, התפתחות והמשך קיומו של הצומח באזורים יובשניים היא המים (Biswas, 1990; Burley, 1990; El-Lakany, 1996; Raven et al., 1999).

השטחים באזורים הצחיחים בישראל מנוצלים למרעה על ידי אוכלוסייה, שעצם קיומה מבוסס על העדרים. העלייה המתמדת בצפיפות האוכלוסייה והירידה בניידות הובילה לעלייה במספר בע"ח ליחידת שטח היוצרים רעיית יתר, שתוצאתה הבלתי נמנעת היא ירידה בכיסוי הצומח (Noy-Meir, 1990).

בהעדר צמחייה טיפות הגשם פוגעות בקרקע החשופה ישירות, דבר הגורם ליצירה של קרום דק וצפוף על פני הקרקע. הקרום מקטין את החזור ובעקבותיו חלה ירידה בהולכה ההידראולית של הקרקע. כאשר עוצמת הגשם עולה על יכולת החזור של פרופיל הקרקע נוצר נגר (Hillel, 1998).

התוצאה הישירה של הנגר היא שיש פחות מים זמינים לצמחים ומשום כך יש ירידה ביצור הצמחי. התוצאה העקיפה היא שאזורים יותר גדולים צריכים לתמוך באותו מספר של בע"ח, אזורים החשופים לרעיית יתר (Droppelmann and Berliner, 2003). מעגל הקסמים הזה אחראי למגמה של הידלדלות בלתי הפיכה של הצומח וחשיפה לתהליכי מדבור (Schlesinger et al., 1990).

לעומק שכבת הקרקע תפקיד חשוב באשר ליכולת של שמירת המים. איבוד קרקע עקב סחף מחריף את הבעיה, אשר נוצרת עקב דלדול בכיסוי הצמח (Box and Bruce, 1995).

ייעור מצמצם את סחף הקרקע ואיבוד האדמה ע"י כיסוי ירוק קבוע (Burley, 1990). לכן נוצר הצורך לפתח שיטות שיבטיחו את ביסוסן של הנטיעות באזורים מעוטי משקעים.

לאור מגבלת במים באזור, הבעיה העיקרית היא איך להבטיח כמות מים מספקת שתבטיח את הישרדות השתילים והתפתחותם. לצורך כך ניתן לבצע מספר פעולות:

1. חיפוי קרקע - בהעדר צמחיה וכאשר פני הקרקע חשופים כליל לקרינה ולרוח, מתאדים המים ישירות מפני הקרקע, התאדות המים מפני הקרקע מהווה בעיה חמורה בעיקר באזורים צחיחים. חיפוי פני הקרקע עשוי להקטין את עוצמת פעולתם של גורמי האידיוי החיצוניים (כגון הקרינה והרוח) ובכך להקטין את שיעור התאדות המים (Hillel, 1998).

הצללת פני הקרקע והקטנת התחממותה ונתינת יתר שהות לצמחים לנצל את הרטיבות שבאופקי הקרקע העליונים, מאפשרת מעבר מים לשכבות עמוקות יותר, שבהן ישתמרו המים זמן רב יותר.

שיירי צמחים או חומרים המחזירים את הקרינה משמשים לחיפוי פני הקרקע ועשויים להשפיע על רטיבות וטמפרטורת הקרקע (Acharya et al., 2005).

לטיפולי החיפוי השפעה חיובית גם על טמפרטורת הקרקע. התפתחות מערכת השורשים ברוב הצמחים היא נמרצת יותר כאשר טמפרטורות הקרקע מתונות (McMichael and Burke, 2002).
לכן נראה שלחיפוי יש תפקיד כפול בכך שהוא משפר את משק המים ובנוסף גם משפר את משטר הטמפרטורות הקרקע.

2. מתן השקיות עזר - אפשרות נוספת לשיפור משק המים לשתילים היא שליטה במאזן המים ע"י מתן מספר השקיות לנטיעות הצעירות בשנה הראשונה ולעיתים גם בשנה השנייה לנטיעה. המטרה העיקרית של ההשקיות היא להבטיח את הישרדות השתילים והמטרה המשנית היא האצת התפתחותם.
שילוב של פעולות אלו (השקיה וחיפוי קרקע) עשויים להבטיח התבססות טובה של נטיעות באזורים יובשניים (עצמון וחוב', 2003; Singh et al., 1988; Anderson and Ostler, 2002).

הבנה מעמיקה של התהליכים הקשורים בהתפתחות השתילים ובאמצעים לשיפור ביסוסן של נטיעות באזורים מעוטי משקעים יכולה לסייע רבות בקביעת הממשק הרצוי.

2. סקירת ספרות

2.1 מאזן המים בצמח

למים חשיבות רבה בחיי הצמח מכיוון שהם יוצרים את המצע או התווך שבו מתרחשים רוב התהליכים הביוכימיים והפיזיולוגיים ההכרחיים לקיום חיי הצמח. להרכב המים ולתכונותיהם יש השפעה רבה על המבנה ועל התכונות של החלבונים, הממברנות, חומצות הגרעין ומרכיבי תא אחרים.

(Kirkham, 1990; Raven et al., 1999; Wullschlegler et al., 1998).

פוטנציאל המים בצמח הוא המדד שעל פיו נקבעת העברת המים דרך ממברנות התאים, המושפע בעיקר מריכוז המומסים והלחץ ההידרוסטטי. פוטנציאל המים משמש להערכת מצב המים (water status) של הצמח ולעקת המים (water stress) שבה נתון הצמח. ירידה משמעותית בפוטנציאל המים בצמח עשויה לגרום לעיכוב בחלוקת התאים, לעיכוב בסינתזת חלבונים, להצטברות מומסים, לסגירת הפיוניות ולעיכוב הפוטוסינתזה (Davies and Zhang, 1991; Kirkham, 1990).

דיות (transpiration) הוא אחד מתהליכי איבוד המים מהצמח לאטמוספירה ואמצעי חשוב לפיזור החום מהצמח שנוצר מקרינת השמש. תהליך הדיות מאפשר חילופי גזים, פוטוסינתזה והובלה של מינרלים וחומרי טבע מהשורש לנוף. יכולת הצמח לבצע דיות קשור ישירות למצב המים בקרקע וליכולת הצמח לקלוט אותם (Raven et al., 1999; Sculze et al., 1987). קצב הדיות של הצמח תלוי בפוטנציאל המים בקרקע, בתכולת הרטיבות של הקרקע ובמוליכות ההידראולית שלה וכמו כן בתנאים האטמוספריים ובמין הצמח. כאשר קצב קליטת המים ע"י השורשים קטן מקצב הדיות אזי מאבד הצמח מים, דבר היכול לגרום לירידה בלחץ הטורגור ולכמישת הצמח (Davies and Zhang, 1991; Kirkham, 1990).

בכדי למנוע את נקודת הכמישה (wilting point), מצב שבו הצמח אינו מסוגל לקלוט מים מן הקרקע, יש לשמור על פוטנציאל מים גבוה ומוליכות מים גבוהה בקרקע (Hillel, 1998).

2.2 מאזן המים בקרקע

פוטנציאל המים בקרקע מוגדר כשיעור העבודה ליחידת כמות מים אשר יש להשקיע כדי להעבירם ממקומם במצב הייחוס למקומם בנקודה הנידונה (Hillel, 2004). פוטנציאל המים של הקרקע מושפע מהמוליכות ההידראולית של הקרקע ומתכולת הרטיבות בקרקע (Warrick, 1990).

קצב זרימת המים תלוי בגודלו של מפל הלחצים שבקרקע ובמוליכות ההידראולית של הקרקע, המשתנה על פי סוג הקרקע, כאשר בקרקעות חוליות ערכי המוליכות ההידראולית גבוהים ואילו בקרקעות חרסיתיות הערכים קטנים (Shainberg and Levy, 1996).

כאשר תכולת המים שבקרקע קטנה, את מקום המים בחללי הקרקע ממלא אויר. המסלולים לתנועת המים בין חלקיקי הקרקע מתמעטים ונעשים צרים יותר, המוליכות ההידראולית יורדת ובמקביל חלה ירידה בפוטנציאל המים בקרקע. במצב כזה זמינות המים לצמח ולשורשים יורדת והצמח מתקשה לקלוט מים מן הקרקע ולהתפתח. מאידך תכולת רטיבות גבוהה בקרקע מגדילה את המוליכות ההידראולית של הקרקע ואת פוטנציאל המים, הספקת המים לצמח ולשורשים טובה וסיכויי הצמח לשרוד גדולים יותר. (Davies and Zhang, 1991; Kirkham, 1990; Raven et al., 1999)

התאדות (evaporation) הוא תהליך של מעבר מים מהקרקע לאטמוספירה. על מנת שתתקיים התאדות מפני הקרקע דרושה הספקת חום הכמוס לאידוי, לחץ האדים באטמוספירה שמעל לקרקע חייב להיות נמוך מזה שבפני הקרקע ודרושה הספקת מים רצופה מתוך הקרקע אל אזור ההתאדות. ההתאדות גורמת להתייבשות ולירידה במוליכות ההידראולית של הקרקע, דבר המהווה סכנה לגבי המשך קיומו של הצמח. מידת ההתאדות תלויה בטמפרטורה, בקרינה, בלחות האוויר ובמהירות הרוח. שליטה בגורמים אלו יעזרו למתן את התאדות המים מפני הקרקע ולאריך את חיי הצמח (Acharya et al., 2005; Boast and Simmons, 2005; Hillel, 1998).

2.3 השפעת רטיבות הקרקע על התפתחות הצומח

תכולת הרטיבות בקרקע היא בעלת חשיבות רבה לצמח המשפיעה על התפתחותו וקצב גדילתו. (Gimenez et al., 2005; Kirkham, 1990; Raven et al., 1999)

תכולת הרטיבות בקרקע משפיעה על התהליכים הפיסיולוגיים של הצמח ובין השאר על התפתחות מערכת השורשים, קצב הפוטוסינתזה והביו מסה של הצמח. תכולת רטיבות נמוכה תגרום להתארכות השורשים, לירידה בקצב הפוטוסינתזה ולהקטנת הביו מסה של הצמח, בעוד שתכולת רטיבות גבוהה תגביר את הפוטוסינתזה ותגדיל את היצור (Poorter and Nagel, 2000; Raven et al., 1999).

כאשר תכולת הרטיבות בקרקע נמוכה מאד והצמח נחשף לתנאים של עקת יובש, נוצרת חומצה אבציסית

(ABA) הגורמת לוויסות משק המים על ידי סגירת הפיוניות ומניעת פתיחתן ועל ידי כך קצב הדיות יורד והצמח מאבד פחות מים, הצטברותה של החומצה האבציסית אומנם משרה בצמחים תהליכי הסתגלות לעקת היובש אך תהליך הפוטוסינתזה נפסק וחל עיכוב בגדילת הצמח.

(Davies and Zhang, 1991; Gimenez et al., 2005).

עבור כל מין של צמח קיים תחום רטיבות המתאים להתפתחותו וגדילתו המקסימלית, שינוי בתכולת הרטיבות של הקרקע תשנה את אופי צמיחתו של הצמח ואת קצב גדילתו (Hillel, 2004).

בנטיעות של שתילים צעירים יש משמעות רבה לתכולת הרטיבות בקרקע, יצירת רצף הרטבה לאורך התך הקרקע יאפשר התפתחות רציפה ומהירה של מערכת השורשים ובכך יבטיח את התבססות השתיל הישרדותו והתפתחותו (Gale and Mayber, 1970; Lambert, 1994).

באזורים מעוטי משקעים כאשר המגבלה העיקרית בהתפתחות הצומח היא המים, יש חשיבות רבה למניעת התייבשות הקרקע ולשמירה על תכולת רטיבות גבוהה להישרדות השתיל הניטע והתפתחותו התקינה (עצמון וחוב' 2003).

2.4 יעילות ניצול המים (W U E)

המושג יעילות ניצול המים (water use efficiency) מוגדר כקשר שבין ייצור הביו מסה של הצמח (Dry mass production) לבין תהליך האבפורנספירציה (Evapotranspiration) המשלב בתוכו את ההתאדות מקרקע חשופה (Evaporation) ואת הדיות מהצמח (Transpiration):

$$\text{Gross WUE} = \frac{\text{Dry mass production}}{\text{Evapotranspiration}} \quad (\text{Kirkham, 2005})$$

מדד זה מבטא למעשה את היצרנות של הצמח בהתאם לכמות המים העומדים לרשותו והוא מושפע מגורמי קרקע, צמח ואקלים (Hillel, 2004). כאשר פוחתת כמות המים הזמינים בקרקע קטנה היעילות של ניצול המים על ידי הצמח ונגרמת ירידה ביבול ובייצור הצמחי בשל האנרגיה המוגברת שהצמח משקיע ליניקת המים כדי להבטיח לחץ טורגור תקין לצמח. לעומת זאת, העלאת זמינות המים לצמח תגרום לניצול יעיל יותר של המים על ידי הצמח, ועקב כך לעידוד בצמוחו. מחקרים שנערכו באזורים מעוטי משקעים מראים שהגדלת תכולת הרטיבות בקרקע גרמה לקבלת יותר יבול ליחידת נפח מים (Gupta and Acharya, 1993; Li, 1999). באזורים יובשניים נמצא שיש קשר בין כמות המשקעים שיורדת לבין התפוקה ביבול (Lomas, 1972).

2.5 התפתחות מערכת השורשים

להתפתחות והתבססות מערכת השורשים של הצמחים בקרקע יש חשיבות רבה בהתפתחות הצמח ובהשרדותו. מערכת שורשים גדולה ומפותחת מגדילה את יכולתו של הצמח לקלוט מים וחומרי הזנה מהקרקע ועל ידי כך לשרוד ולהתפתח בצורה טובה יותר.

(MacCully, 1999; Raven et al., 1999; Schiefelbein and Benfey, 1991).

במערכת שורשים שפודית (tap root system) האופיינית לעצים, השורש הראשוני גדל לשורש מרכזי עבה ומעמיק, שממנו מסתעפים השורשים הצדדיים (Kozlowski and Pallardy, 1997). קליטתו והתאקלמותו של השתיל לאחר הנטיעה תלויה בכושרו לפתח בזמן קצר מערכת שורשים צדדיים עמוקה ומסועפת המאפשרת לו להתבסס בקרקע ולהמשיך לגדול ולהתפתח (עצמון 1985).

2.6 יחס שורש/נוף

מערכת השורשים מתפשטת בתוך הקרקע בהתאם לגדילת הצמח, היחסים בין הביומאסה שבנוף ולזאת שבמערכת השורשים (יחס שורש/נוף) אינם קבועים ומושפעים בין היתר מזמינות המים. התפתחות של מערכת שורשים גדולה ומסועפת בעלת ביומאסה גדולה תאפשר התפתחות וצימוח של נוף העץ כאשר המים בקרקע זמינים. לעומת זאת עיכוב בהתפתחות מערכת השורשים תגרום לירידה בהתפתחות וביצימוח של נוף העץ (Kozlowski and Pallardy, 1997; Reich, 2002).

התפתחות מערכת השורשים והתפתחות הנוף מושפעים בין השאר מתנאי הסביבה כמו אור, מים טמפרטורה ועוד ובכך ישפיעו גם על היחס שורש/נוף.

(עצמון וחוב', 1985; Poorter and Nagel, 2000; Davies and Zhang, 1991).

לתכולת המים של הקרקע ישנה השפעה על תפוצת וגדילת השורשים. בקרקע מתייבשת עשויה להיות התארכות מוגברת של השורשים, באזורים מעוטי משקעים מערכת השורשים של העץ מפותחת וגדולה יותר מהנוף וקיימת עלייה ביחס שורש/נוף.

(Kramer et al., 1996; McMichael and Quisenberry, 1993; Snyman, 2005).

בתנאי השקיה וכאשר המים יותר זמינים לעץ, המגמה היא הפוכה וחלה ירידה ביחס שורש/נוף.

(Barton and Montagu, 2006; Joslin et al., 2000).

לכמות המוטמעים בצמח השפעה ישירה על התפתחות השורשים. בתנאי עקה של יובש וחום מוגבלת יצירת המוטמעים בנוף, בשתילים צעירים בהם אין מאגר מספיק של חומרי מזון בשורש יגרם עיכוב בהתפתחות מערכת השורשים ויחס שורש\נוף יקטן, דבר העשוי להוביל לעקת מים בצמח שתגרור לעיכוב בצימוח השתיל (Kozłowski and Pallardy, 1997).

ליחס שורש\נוף חשיבות רבה בקליטתו ובהתאקלמותו של השתיל. בתנאים של מחסור במים עדיף לטעת שתילים עם יחס שורש\נוף גבוה. מערכת שורשים גדולה תוכל לתמוך בנוף קטן יחסית ולהבטיח את צריכת המים שלו.

2.7 השפעת טמפרטורת הקרקע על התפתחות מערכת השורשים

טמפרטורת קרקע מהווה גורם אקלימי חשוב המשפיע על התפקוד והצימוח של מערכת השורשים, ועל גדילתו והתפתחותו של הצמח כולו.

(McMichael and Burke, 2002; Schiefelbein and Benfey, 1991).

פני הקרקע מתחממים ומתקררים בהשפעת מאזן קרינת השמש והאטמוספירה. במהלך היממה טמפרטורת הקרקע משתנה בעקבות קליטת החום והתפשטותו בפרופיל הקרקע ובשל הפסדי החום הנגרמים כתוצאה מהקרינה מפני הקרקע והתאדות המים. שטף החום מפני הקרקע עובר לעומק הקרקע באמצעות גלים של חום וקור שתנודתם הולכת וקטנה עד הגיעם לעומק הקרקע, שם נשארת טמפרטורת הקרקע קבועה.

לסוג הקרקע ולחום הסגולי של חומר הקרקע ישנה השפעה על הולכת החום ועל קצב ההתחממות וההתקררות של הקרקע (Hillel, 1998; Hillel, 2004).

מחקרים שנעשו, מסתבר שקיימת טמפרטורת קרקע אופטימלית לגדילה מקסימלית של השורשים והתפתחות הצמח, המשתנה עבור המינים השונים של הצמחים (Raven et al., 1999).

כאשר טמפרטורת הקרקע נמוכה מהטמפרטורה המיטבית עבור הצמח, יכולת קליטת המים וחומרי ההזנה ע"י השורשים קטנה, הפעילות הפוטוסינתטית נפגעת וקצב הפוטוסינתזה יורד.

כאשר מערכת השורשים נחשפת לטמפרטורה הגבוהה מהטמפרטורה המיטבית עבור הצמח, הפעילות האנזימטית של הצמח נפגעת וחלה ירידה בתהליך הפוטוסינתזה, בשני המקרים גם בטמפרטורה נמוכה וגם בטמפרטורה גבוהה מהטמפרטורה המיטבית תהיה השפעה על התפתחות הצמח ועיכוב בגדילתו.

(Kozlowski and Pallardy, 1997; McMichael and Quisenberry, 1993).

שינויים קיצוניים בטמפרטורת הקרקע וטמפרטורות קיצוניות באזור בית השורשים עשויים לעכב את התפתחות השורשים וגדילת הצמח, בעוד ששינויים מתונים בטמפרטורת הקרקע וטמפרטורות מתונות באזור בית השורשים יגרמו להתפתחות מואצת של השורשים וגדילה טובה יותר של הצמח.

(Diaz-perez et al., 2005; Mbagwu, 1991; McMichael and Burke, 2002)

מניעת משטר של טמפרטורות קיצוניות בקרקע ע"י ויסות טמפרטורת הקרקע תוך יצירת טמפרטורת האופטימום הרצויה לצימוח, הן להתפתחות מערכת השורשים והן להתפתחות הנוף, חשובה ומשמעותית להתבססות, הישרדות והתפתחות השתילים (Lambert et al., 1994; Singh et al., 1988).

2.8 חיפוי קרקע

חיפוי קרקע זו שכבה של חומר המפרידה בין פני השטח לבין האטמוספירה. החיפוי עשוי להיות מחומרים אורגניים הכוללים עלי שלכת, רסק גזם, קליפות עצים, שבבי עץ, קש ועוד ומחומרים אנאורגניים כגון חלוקי נחל, חצץ, טוף, יריעות פלסטיק, יריעות סינתטיות אריגים ועוד (Hillel, 1998).

השימוש בחיפוי קרקע נפוץ בענפי החקלאות השונים ומהווה שיטה אגרו טכנית מהיבטים שונים.

חיפוי הקרקע שומר על מבנה הקרקע, מונע הידוק ופגיעה במרקם הקרקע, מונע סחף ומגדיל את יכולת החדור של המים לקרקע (Agassi and Levy, 1991; Box and Bruce, 1995; Mannering, 1963).

חיפוי הקרקע משמש כאמצעי לחיטוי הקרקע, גורם לדיכוי התפתחות עשבייה ומשמש להגנה ודחייה מפני מזיקים ומחלות (Altieri et al., 1985; Greer and Dole, 2003; Shilling et al., 1986).

בגידולים חקלאיים נמצא שחיפוי הקרקע תורם לשיפור בכמות היבול. בגידולי חיטה ותירס התבטאה תוספת היבול בעשרות אחוזים כאשר נעשה שימוש בחיפוי קרקע (Fisher, 1995; Li et al., 1999).

נמצא שחיפוי קרקע תורם לשיפור באיכות היבול (Gupta and Acharya, 1993). הוא משפיע על ההרכב המינרלי של היבול, הדינמיקה של קליטת חומרי המזון על ידי הצמח וריכוזם בקרקע

(Diaz-perez et al., 2005; Gupta and Acharya, 1993; Lambert et al., 1994).

בתחום היערנות חיפוי הקרקע משמש כלי עזר בממשק הנטיעות ומהווה אמצעי לשיפור ביסוסן.

מחקרים מראים ששימוש בחיפוי קרקע בנטיעות מאפשר את התבססותם, הישרדותם והמשך התפתחותם של השתילים.

(Gale and Mayber, 1970; Gilman, 2004; Lambert et al., 1994; San and bragg., 1994).

בכדי להגדיל את סיכויי השתיל לשרוד ולהתפתח ובכך להבטיח התאקלמות טובה נעשה שימוש בחיפוי קרקע בשילוב עם אמצעים אגרו טכניים נוספים כגון דישון, ריסוס והשקיה. שימוש בחיפוי קרקע בשילוב עם דישון וחומרי הדברה משפר את ביצועי השתיל ומאפשר את הישרדותו והתפתחותו התקינה

(Fisher, 1995; Green et al., 2003; Lambert et al., 1994).

מחקרים שנעשו באזורים צחיחים ובאזורים מעוטי משקעים הראו שהשימוש בחיפוי קרקע בשילוב עם השקיה בתזמון נכון שיפרו את ביסוסן של הנטיעות וביצועי השתילים.

(עצמון וחוב', 2003; Singh et al., 1988; Fisher et al., 1986; Anderson and Ostler, 2002).

2.8.1 השפעת חיפוי הקרקע על תכולת הרטיבות

חיפוי הקרקע מפחית את התאדות המים ותורם לשימור תכולת הרטיבות בקרקע על ידי הצללת פני הקרקע, בידודה מהרוח והקטנת התחממותה ובכך הוא משפר את מאזן המים בקרקע ומגדיל את שיעור המים הזמינים לצמחים (Acharya et al., 2005; Hillel, 1998; Li et al., 1999).

חיפוי הקרקע מונע את פגיעתן הישירה של טיפות הגשם בקרקע ובכך הוא מונע את הידוק הקרקע ואת יצירת קרום הקרקע המקטין את יכולת החדור של המים לקרקע. ממחקרים שנעשו בנושא נמצא שאחוז תכולת הרטיבות בקרקע מחופה הוא גבוה יותר לעומת קרקע חשופה בשל חלחול יותר טוב של המים בפרופיל הקרקע (Box and Bruce, 1995; Mannering, 1963).

יש חשיבות לסוג החיפוי בשמירה על רטיבות הקרקע, לחיפוי אנאורגני קיימת השפעה שונה על רטיבות הקרקע לעומת החיפוי האורגני. חיפוי אנאורגני עלול לגרום להתייבשות הקרקע עקב הטמפרטורה הגבוהה המתפתחת תחתיו, בעוד שתחת החיפוי האורגני הטמפרטורות מתונות ותכולת הרטיבות בקרקע נשמרת לזמן ארוך יותר (עצמון וחוב' 2003; Mbagwu, 1991; Gupta and Acharya, 1993).

חיפוי אנאורגני דוחה מים ואילו חיפוי אורגני סופח מים, במקומות בהם אירועי הגשם מסיביים תופעת דחיית המים או סיפחתם לא תהווה בעיה, אך תופעות אלו עלולות להוות בעיה באזורים מעוטי משקעים שבהם רמת המשקעים השנתית הממוצעת נמוכה (Bredell and Barnard, 1974).

כאשר רוצים לשמור על רטיבות הקרקע יש חשיבות גם לעובי החיפוי, ככל שהחומר המשמש לחיפוי עבה יותר תימנע התאדות המים מפני הקרקע ביעילות רבה יותר. אולם, כאשר השכבה עבה מידי האוורור לקוי ונוצר מחסור של חמצן בקרקע הפוגע בפעילות התקינה של מערכת השורשים (Greenly and Rakow, 1995).
 לצבע החיפוי גם כן יש השפעה על תכולת הרטיבות בקרקע. תחת חיפוי לבן טמפרטורת הקרקע נמוכה יותר בשל החזרת הקרינה קצרת גלים וכתוצאה מכך יש פחות אידי ותכולת הרטיבות נשמרת באופן טוב יותר לעומת חיפוי שקוף, תחתיו מתפתחות טמפרטורות גבוהות. עבור חיפוי כהה כגון פוליאיתילן שחור תכולת הרטיבות בקרקע היא יותר נמוכה מזו המתקבלת תחת חיפוי לבן ויותר גבוהה מזו המתקבלת תחת חיפוי שקוף וקרקע חשופה (Acharya et al., 2005; Mbagwu, 1991; Salman and Gorski, 1985).
 בשטחי חורש ויער, חיפוי הקרקע עשוי להפחית את ההשקיות הניתנות לביסוס העצים הצעירים (אבידן וחוב' 2000).

2.8.2 השפעת חיפוי הקרקע על הטמפרטורה באזור בית השורשים

חיפוי הקרקע מגביל את המעבר של קרינה, אוויר, גזים ומים בין האטמוספירה לקרקע ובכך הוא משפיע על משטר הטמפרטורה בקרקע באזור בית השורשים (Acharya et al., 2005; Hillel, 1998).
 לכל סוג חיפוי השפעה שונה על טמפרטורת הקרקע. חיפוי אנאורגני משפיע באופן שונה מחיפוי אורגני על הטמפרטורה באזור בית השורשים (Gupta and Acharya, 1993; Mbagwu, 1991).
 נמצא, בהשוואה לקרקע חשופה, כי טמפרטורת הקרקע גבוהה יותר תחת מעטה של חיפוי אנאורגני ונמוכה יותר תחת מעטה של חיפוי אורגני (Acharya et al., 2005; Diaz-perez et al., 2005).
 חיפוי קרקע מווסת את הטמפרטורה ותורם ליצירת משטר טמפרטורת קרקע יומי בעל משרעת קטנה. נמצא שחיפוי אורגני יעיל יותר בהפחתת משרעת שינויי הטמפרטורה בין יום ולילה.
 (Bredell and Barnard, 1974; Takakura and Fang, 2002).
 לעובי החיפוי יש השפעה על משטר הטמפרטורה. שכבת חיפוי עבה ממתנת את תנודות הטמפרטורה בקרקע ומקטינה את הפרשיי הטמפרטורה בין יום ולילה (Greenly and Rakow, 1995).

גם לצבע החיפוי יש השפעה על הטמפרטורה, מחקרים שנעשו מצביעים על השפעה שונה של צבע החיפוי על טמפרטורת הקרקע. יריעה שקופה חדירה יותר לקרינת השמש ויוצרת אפקט חממה ובהתאם לכך גם טמפרטורת הקרקע המתקבלת היא הגבוהה ביותר. לעומת זאת יריעה לבנה שמחזירה את הקרינה מביאה לידי טמפרטורת קרקע נמוכה יותר. עבור חיפוי כהה כגון פוליאתילן שחור הקולט את קרינת השמש טמפרטורת הקרקע במהלך היום היא יותר נמוכה מזו המתקבלת תחת החיפוי השקוף ויותר גבוהה מזו של קרקע חשופה (Acharya et al., 2005; Mbagwu, 1991; Salman and Gorski, 1985).

הטווח הרחב של טמפרטורת הקרקע המתקבל בהשפעתם של חיפויי הקרקע השונים מצריך את התאמת סוג החיפוי לקבלת הטמפרטורה המתאימה לגידול הרצוי (Acharya et al., 2005).

מחקרים מראים שהתבססות הצמחים לאחר שתילה הייתה טובה ומהירה יותר תחת חיפוי בשל הטמפרטורות הנוחות המתפתחות עבור השתיל הניטע (Fisher, 1995; Singh et al., 1988).

2.9 השקיית עזר

באזורים מיעוטי משקעים פיזור הגשמים במהלך העונה הגשומה עלול להשתנות בצורה קיצונית משנה לשנה (Lomas, 1972). מרבית הגשם מתאדה מפני הקרקע ומשכבות הקרקע העליונות זמן קצר אחרי רדתו ורק אחוז קטן של מי הגשמים חודר עד לאזור בית השורשים ומהווה את מקור המים הזמינים לצמח. בתום עונת הגשמים, שבשנים שחונות עשוי לארוך 3-4 חודשים, מגיעה העונה היבשה שבמהלכה אין כל תוספת מים לקרקע ומתחילה התייבשות הקרקע מפני הקרקע כלפי מטה. לכן שילוב של מיעוט במשקעים ופיזור בעונה קצרה יחסית, מעמידה את הצמח בפני סכנת התייבשות ותמותה (Raven et al., 1999).

בתום עונת הגשמים בנטיעות צעירות באזורים מעוטי גשמים (פחות מ-300 מ"מ גשם בשנה) תוספת השקיה הניתנת בתום העונה הגשומה, יוצרת רצף הרטבה לעומק שיבטיח את המשך התארכות השורשים וחדירתם לשכבות עמוקות שיישארו רטובות תקופה ארוכה. לכן, מתן מספר השקיות עזר לשתילים הצעירים בשנה הראשונה ולעיתים גם בשנה השנייה לנטיעה הוא תנאי הכרחי להתבססותם, הישרדותם והמשך התפתחותם (Messina and Duncan, 1993).

2.10 ביסוס נטיעות באזורים צחיחים.

האזור הצחיח מוגדר כאזור שכמות המשקעים השנתית שבו היא פחות מ-150 מ"מ בשנה לאזור זה אופיינית כסות דלילה של צמחייה ואין בו עצים פרט למקומות של הצטברות מים, כמו בנאות מדבר וערוצי נחלים (אבן ארי וחוב' 1980). הואיל ובאזור הצחיח נמוכה כמות המשקעים מסך ההתאדות, הגורם המגביל הוא המים ותנאי הקיום בו קשים.

נטיעות באזורים צחיחים מצריכות עצים שיכולים להסתגל לתנאי סביבה קשים ובעלי מגנוני הישרדות המאפשרים את קיומם במדבר. (El-Lakany, 1996). כדי לאפשר את הקליטה וההתפתחות של השתילים באזורים מעוטי גשמים ולאפשר התאקלמות טובה שלהם בשטח יש צורך לפתח שיטות שיבטיחו את ביסוסן.

מחקרים שנערכו בנושא מראים שאחוז השרידות של שתילים עם ממשק המשפר את מאזן המים הוא גבוה.

(עצמון וחוב' 2003; Singh et al., 1988; Brunori, 1993; Anderson and Ostler, 2002).

3. מטרות המחקר

המטרה הכוללת של המחקר הינה בחינת אמצעים לשיפור התבססות שתילי עצי יער בתנאים של אזור יובשני (arid zone). כצמחי מודל נעשה שימוש בשיטת הנגב (*Acacia gerrardii negevensis*) ושיזף מצוי (*Ziziphus spina-christi*).

המטרות הפרטניות הן:

א. בדיקת השפעת שיטת החיפוי (ביקורת, פלסטיק ושבבי עץ), על משטר המים, טמפרטורות בקרקע והתפתחות שתילים.

ב. בדיקת מתן השקאות עזר על משטר המים, טמפרטורות בקרקע והתפתחות שתילים.

4. שיטות וחומרים

4.1 אזור המחקר.

הניסוי נערך בשטח המכון לחקר המדבר ע"ש יעקב בלאושייך במדרשת בן-גוריון, אשר ממוקם ברמת הנגב של ישראל ($34^{\circ} 57' E$, $30^{\circ} 51' N$) (מפה 1). המשטר האקלימי מאופיין בעונת גשמים חורפית בין החודשים אוקטובר – אפריל וממוצע משקעים שנתי של 90 מ"מ . מקדם הצחיחות המתאר את היחס בין ממוצע המשקעים השנתי ואיבוד מים פוטנציאלי על ידי אידי-דיות (P/PET) הוא $0.04 \sim 0.05$. משטר הטמפרטורות באזור שטח המחקר מאופיין בטמפרטורה ממוצעת שנתי של $18^{\circ} C$ כאשר טמפרטורת המינימום הממוצעת השנתית נעה בין $8^{\circ} C$ – $6^{\circ} C$ בחודש ינואר וטמפרטורת המקסימום הממוצעת השנתית נעה בין $34^{\circ} C$ – $32^{\circ} C$ בחודש אוגוסט. לחות האוויר הממוצעת היא $40\% - 50\%$ בחודש ינואר ו $30\% - 35\%$ בחודש אוגוסט (Stern et al., 1986). הקרקע באזור שטח המחקר היא קרקע חולית חרסיתית עם צפיפות גושית ממוצעת של 1.583 g cm^{-3}



מפה 1 – מפת משקעים ומיקום גיאוגרפי של אתר הניסוי.

4.2 הכנת שטח המחקר.

על פני שטח של עשרה דונמים נחפרו שמונה תעלות באורך מאה מטר, ברוחב של מטר ועומק של חצי מטר, וחולקו לשיש חלקות משנה (תמונה 1). תעלות אלו נעשו על מנת להפחית את כמות המים הדרושה להצפת השטח בכדי להבטיח קליטה טובה של השתילים. בכל תעלה ניטעו 24 עצים, כאשר כל ארבעה עצים יטופלו באופן זהה.



תמונה 1 – יצירת תעלות ההצפה בחלקת הניסוי עם חלוקת המשנה ע"י התקנת מחיצות רוחב.

התעלות הוצפו עם 15 קוב של מים באמצעות טפטפות נעץ מווסתות בעלות ספיקה של 24 ליטר לשעה במרווחים של 60 ס"מ ביניהן. השימוש בטפטוף נעשה על מנת להבטיח פיזור אחיד של המים לאורך התעלה (תמונה 2).



תמונה 2 – הצפת התעלות באמצעות טפטפות.

4.3 החומר הצמחי.

4.3.1 שיטת הנגב (*Acacia gerrardii negevensis* Zoh.)

הסוג שיטה *Acacia* משתייך למשפחת המימוסיים *Mimosaceae*. בחבל המדברי בארץ גדלים בר ארבעה מיני שיטה שמוצאם מאפריקה. המין שיטת הנגב (*Acacia gerrardii negevensis* Zoh.) הוא עץ ירוק עד שגובהו 8-12 מטר. העץ מפתח שורש שפודי מפותח ממנו מסתעפים שורשים צדדיים, הגזע מתפצל לאורכו וצבעו אפור אדמדם, העלים מנוצים פעמיים עם 8-20 הסתעפויות. אורך העלה כ- 3 ס"מ ואורכם של העלעלים כ- 3.5 מ"מ. העץ בעל קוצים ארוכים, עבים, ישרים ולבנים, צומח עד לרום של 800 מטר. נחשב עמיד בפני קור, שיטת הנגב היא תת מין מיוחד שעיקר תפוצתה במזרח אפריקה, בישראל נפוצה למדי בכל הנגב (אשכנזי, 1995).

4.3.2 שיזף מצוי (*Ziziphus spina-christi* L willd.)

משתייך למשפחת האשחריים *Rhamnaceae* מוצאו בסוואנות של מזרח אפריקה גדל כצמח בר בכל אזורי הארץ. עץ נשיר שגובהו 8-10 מטר, רחב נוף, מעמיק שורש, הענפים בהירים בצבע אפור לבן, העלים מסורגים דמויי אליפסה, תמימים מבריקים בצבע ירוק בהיר גודלם כ 1.5-3 ס"מ, בעל שני עלי לוואי קוצניים: קוץ אחד ישר והשני כפוף. העץ פורח ונותן פרי, הפרחים קטנים, ירקרקים-צהובים. הפרי הוא בית גלעין כדורי, בשרני, טוב למאכל. צומח עד לרום של 500 מטר. נפוץ ממדבריות הודו ופקיסטן דרך חצי האי ערב ועד צפון אפריקה, מזרח אפריקה והסהל אשר מדרום לסהרה. בישראל נפוץ במיוחד בבקעת הירדן, במישור החוף, בעמקי הצפון וכן בנגב (שמידע, 1992).

96 שתילים של שיטת הנגב ו-96 שתילים של שיזף מצוי כבני שנה, סופקו ע"י משתלת קק"ל גילת.

השתילים ניטעו בחודש דצמבר 2004 לאחר ההצפה.

4.4 שיטת המחקר.

4.4.1 נטיעת השתילים.

שטח המחקר חולק לארבעה בלוקים כאשר בכל בלוק שתי שורות, בכל שורה ניטעו 24 שתילים 12 שתילים מסוג שיטת הנגב ו - 12 שתילים מסוג שיזף מצוי, במרווחים של 4 מטר ביניהם. כך שבסך הכל ניטעו 192 שתילים, 96 מכל מין.

4.4.2 טיפולי החיפוי.

לאחר הנטיעה הופעלו שלושה טיפולי חיפוי קרקע מסביב לשתיל (תמונה 3)
 א. חיפוי ברצועות פלסטיק שחור (Black polyethylene) באורך 1X1 מטר.
 ב. חיפוי שבבי עץ (Wood chips) באורך 1X1 מטר ובעובי של 10 ס"מ.
 ג. ביקורת- ללא חיפוי.
 בכל טיפול היו 32 שתילים מכל מין.

4.4.3 טיפולי השקיה.

הופעלו שני טיפולי השקיה כאשר אחת מהשורות באותו בלוק קיבלה השקית עזר חצי שנה לאחר הנטיעה, בעוד שהשורה השניה באותו בלוק לא קיבלה כלל השקיה.
 (כלל מבנה הניסוי מוצג במפה 2).

עקב הצפה לא מתוכננת בשטח המחקר בוטל הבלוק הרביעי הכולל בתוכו את השורה השביעית והשמינית.

A.

24



B.

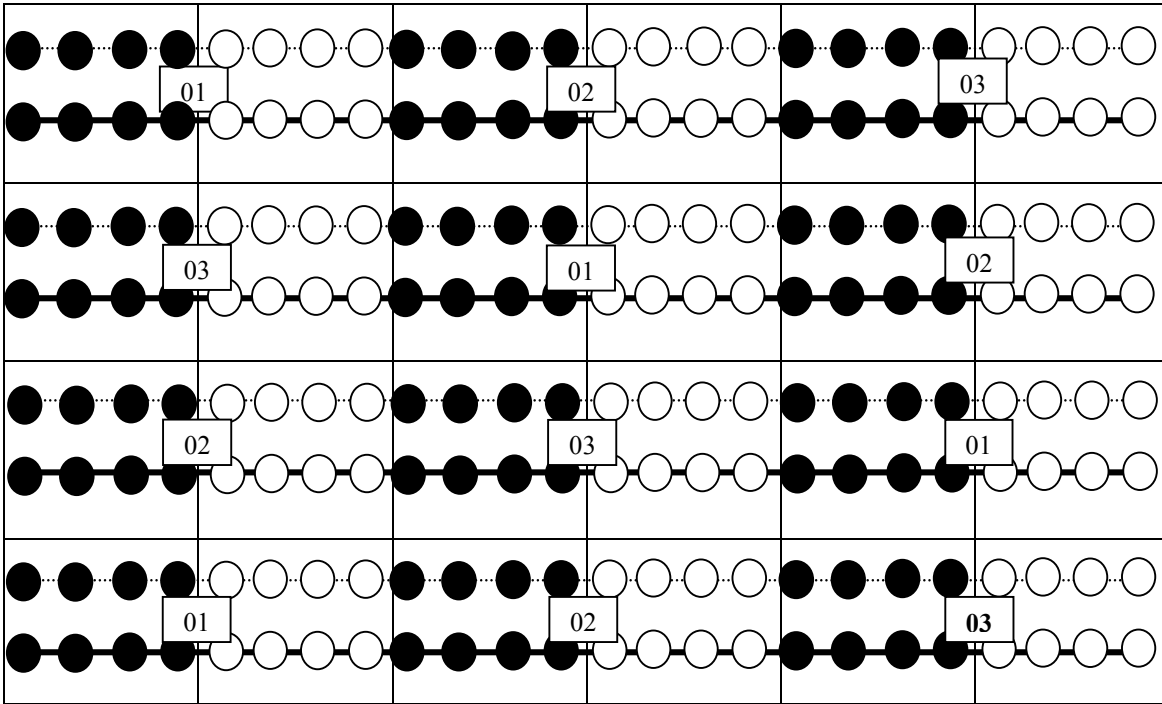


C.



תמונה 3 - טיפולי החיפוי השונים: A. חיפוי ביריעות פלסטיק. B. חיפוי שבבי עץ.

C. ביקורת- ללא חיפוי.



מקרא:

- שיטה ● ללא השקיה
- שיזף ○ עם השקיה _____
- ביקורת 03 שבבי עץ 02 פלסטיק 01

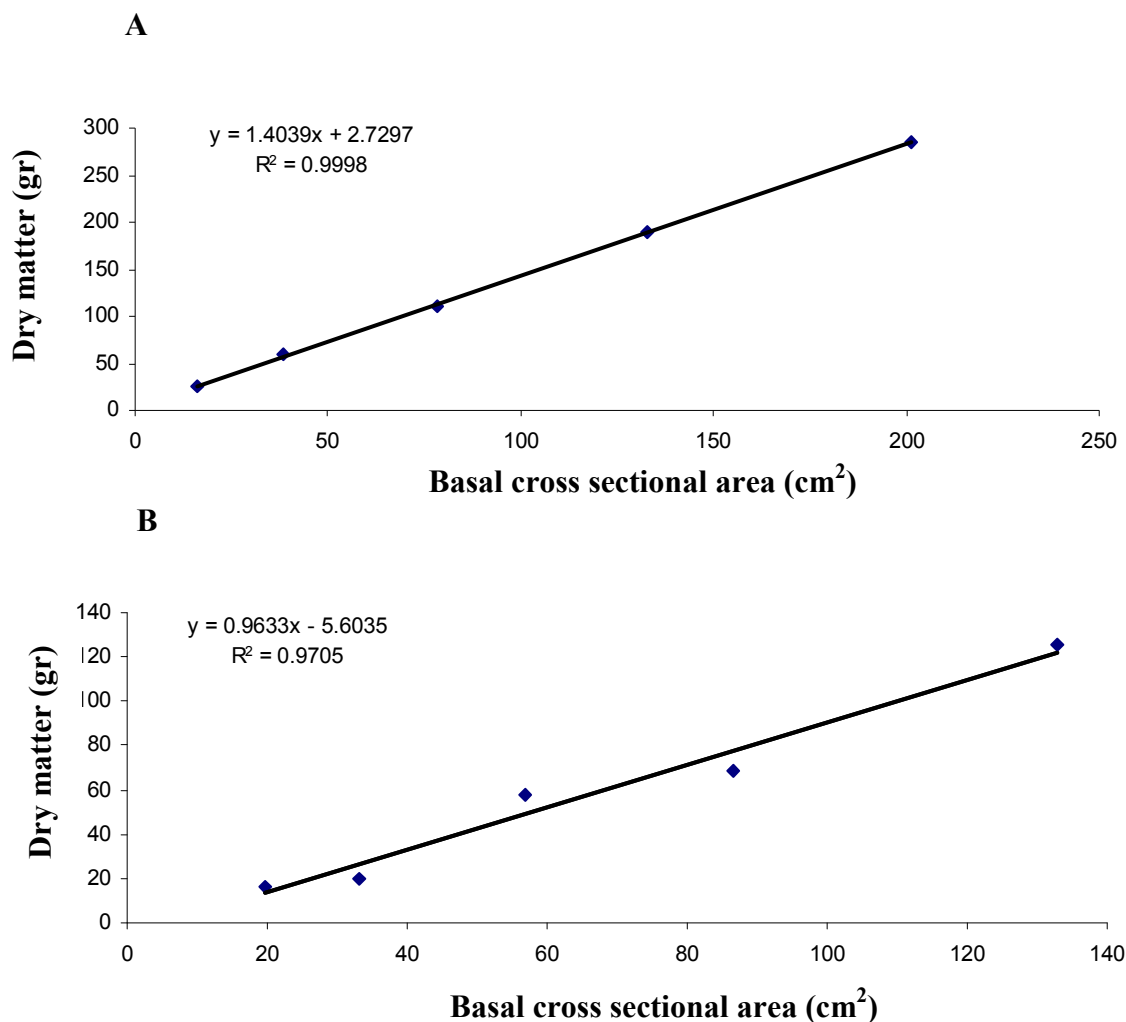
מפה 2 – מפה סכמאטית של כלל מבנה הניסוי.

4.5 בדיקות תקופתיות.

4.5.1 ייצור ביו מסה.

בתום עונת הגידול נלקחו באקראי חמישה שתילים מכל מין בעלי גדלים שונים ונבדק משקלם היבש לאחר ייבוש החומר בתנור לטמפרטורה של 60°C במשך 72 שעות. באמצעות נוסחאות אלומטריות שפותחו על בסיס הערכת חלקו היחסי של קוטר העץ כנגד המשקל היבש חושב משקלם הכולל של כלל העצים (Droppelmann and Berliner, 2000).

הקשר הליניארי בין קוטר העץ לחומר היבש והנוסחה האלומטרית התואמת מתוארים באיור 1



גרף 1 - הקשר הליניארי בין שטח החתך של גזע העץ למשקלו היבש והנוסחה האלומטרית התואמת

עבור עצי שיטת הנגב (A) ועבור עצי השיזף המצוי (B).

4.5.2 מדידת תכולת המים בפרופיל הקרקע

ניטור תכולת הרטיבות בפרופיל הקרקע במשך תקופת הניסוי נעשה בעזרת מכשיר ה- T.D.R.

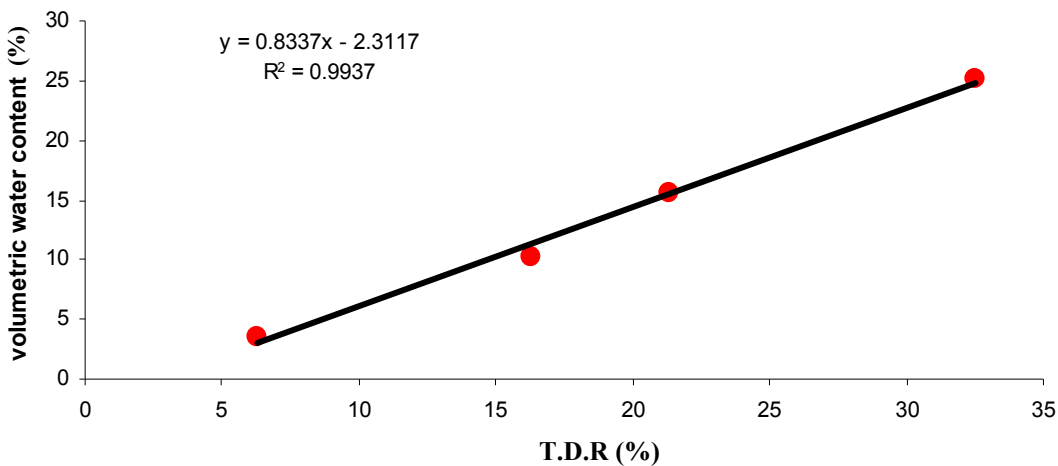
מסוג TRIME Tube Probe.

בכל קבוצת טיפול נערכו קידוחים בצמוד לשתילים לעומק של מטר אליהם הוחדרו צינורות פלסטיק שקופים שאפשרו את החדרת מכשיר ה- T.D.R. ששימש לבדיקת רטיבות הקרקע באזור בית השורשים. אותם צינורות שימשו גם לצילום בית השורשים (ראה סעיף 4.8). סה"כ הוחדרו לקרקע 48 צינורות.

4.5.2.1 כיול מכשיר ה- T.D.R.

נעשה כיול, שהתבצע בתנאי מעבדה באמצעות חבית שהכילה קרקע מאתר הניסוי.

הכיול נעשה באופן הבא: הקרקע הורטבה הדרגתית עד למצב של קיבול שדה, ונעשה חישוב תכולת הרטיבות של מדגמי הקרקע ברטיבויות השונות בשיטה הגרבימטרית. החישוב נעשה על פי הפרשי המשקל שבין קרקע רטובה לקרקע יבשה (ייבוש בתנור בחום של 105°C למשך 48 שעות) באותו המדגם והכפלה בצפיפות הגושית. במקביל לקביעת הרטיבות הנפחית של הקרקע נעשו קריאות של מכשיר ה- T.D.R. איור 2 מציג את הקשר הליניארי בין תכולת המים הגרבימטרית ובין ערך מדידת מכשיר ה- T.D.R. ומשוואת הרגרסיה התואמת.



גרף 2 - עקומת הכיול עבור ה- T.D.R. Trime

4.5.3 גובה וקוטר השתילים.

השינוי בגובה השתילים נמדד בעזרת סרגל מצוואר השורש ועד קצה קודקוד הצמיחה. יש לציין שגובה עץ נמדד לרוב לפי הענף הראשי, אולם במקרים אחדים הענף הראשי נפגע אז בוצעה פעולת הסחה לענף מוביל חליפי, שנמדד כגובה העץ. לכן מדד זה אינו משקף בהכרח את ביצועי העץ. מדד אמין יותר שימש קוטר הגזע, השינוי בקוטר נמדד אחת לחודש באמצעות מד-קוטר דיגיטאלי בגובה 10 ס"מ מפני הקרקע.

4.6 טמפרטורת בית השורשים

טמפרטורת הקרקע באזור בית השורשים נמדדה בעומק של 0.4 מטר מפני הקרקע באמצעות צמדי חום (thermocouples). השתנות טמפרטורת הקרקע נבדקה בשלושה עומקים: 2-5, 5-10 ו-10-40 ס"מ מפני השטח.

נתוני הטמפרטורה הממוצעת נאספו לאוגר נתונים (Campbell data logger) מסוג CR23 כל הצי שעה במשך 24 שעות.

4.7 צילום בית השורשים

מערכת minirhizotron הוחדרה לצינורות השקופים (ראה סעיף 4.6) שימשה לצילום אזור בית השורשים.

לאחר מכן נעשתה אנליזה של ניתוח התארכות השורשים באמצעות התוכנה Win RHIZOTRON.

4.8 ניתוחים סטטיסטיים

הניסויים נערכו במתכונת של אקראיות גמורה או בלוקים באקראי (Random block design)

ניתוח התוצאות נעשה בעזרת התוכנה הסטטיסטית STATISTICA 6.

5. תוצאות

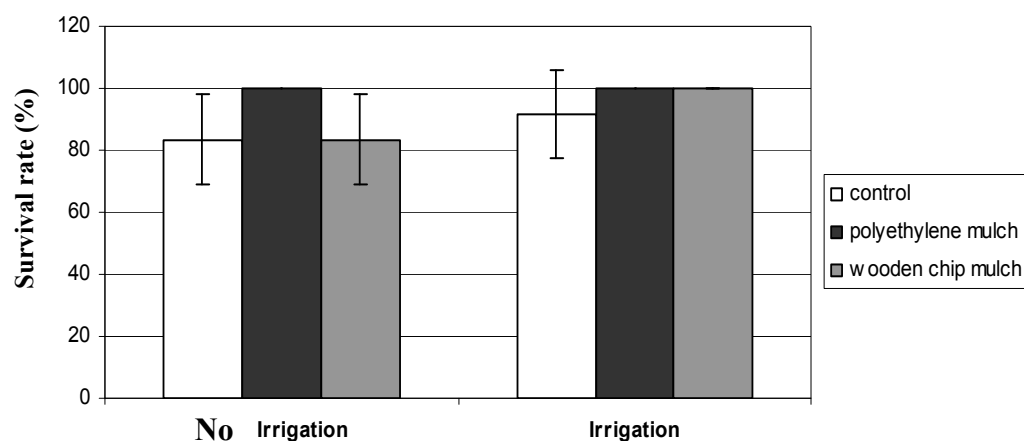
5.1 שיטת הנגב.

5.1.1 הישרדות השתילים

במעקב אחר קליטת השתילים בשטח נמצא שבתום תקופת הגידול שיעור הישרדות היה גבוה בכל הטיפולים (איור 1). מכלל השתילים התקבל שיעור הישרדות של למעלה מ- 93%.

בטיפולים ללא השקיה התקבל שיעור הישרדות של למעלה מ- 88%, כאשר בטיפול עם חיפוי הפלסטיק לא הייתה תמותה כלל, ובטיפול עם שבבי עץ ובביקורת הייתה תמותה של שני עצים. לא נמצא הבדל מובהק בין הטיפולים.

בטיפולים עם השקיה התקבל שיעור הישרדות של למעלה מ- 97%, כאשר בטיפולים עם חיפוי הפלסטיק ושבבי עץ לא הייתה תמותה כלל, ובטיפול הביקורת הייתה תמותה של עץ אחד. לא נמצא הבדל מובהק בין הטיפולים.



איור 1- השפעת מתן השקיה וחיפויי קרקע על הישרדות השתילים בתום תקופת הגידול (שנת 2005).

5.1.2 השפעת הטיפולים על התפתחות השתילים.

5.1.2.1 גובה השתילים

נבדקה ההשפעה של טיפולי חיפוי והשקיה על התפתחות השתילים בגובה במהלך הגידול ובתום תקופת הגידול. בבחינת התארכות השתילים במהלך תקופת הגידול, נמצא שמתן השקיה בתחילת הקיץ (יוני) עודד את התארכותם (איור 2). בבחינה של השפעת ההשקיה על גובה הנוף בתום תקופת הגידול, נמצא כי גובה הנוף בכל טיפולי החיפוי שהושקו היה גבוה פי 1.5 מאלו שלא הושקו (איור 4). הבדלים אלו נמצאו מובהקים סטטיסטית ($P < 0.001$) (ראה נספח 1A).

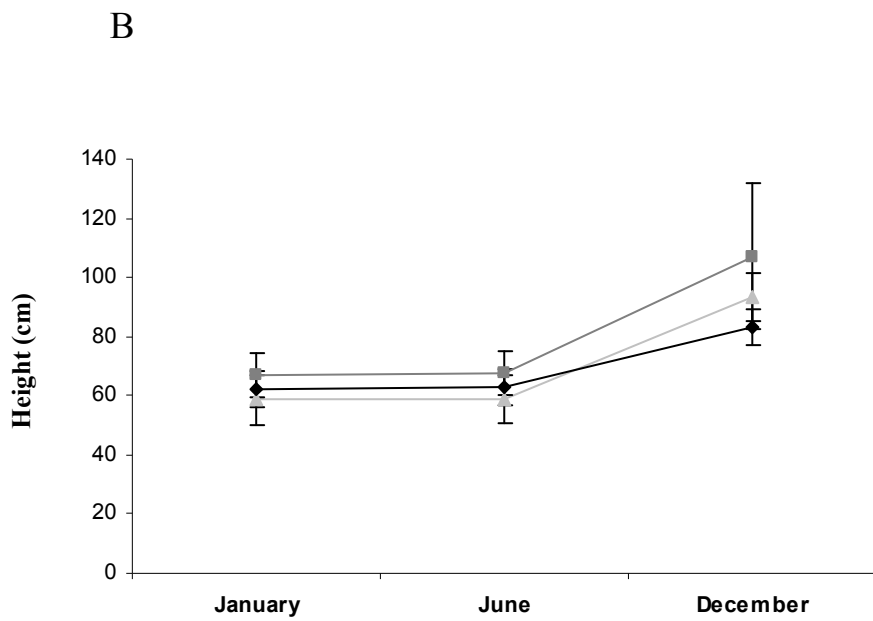
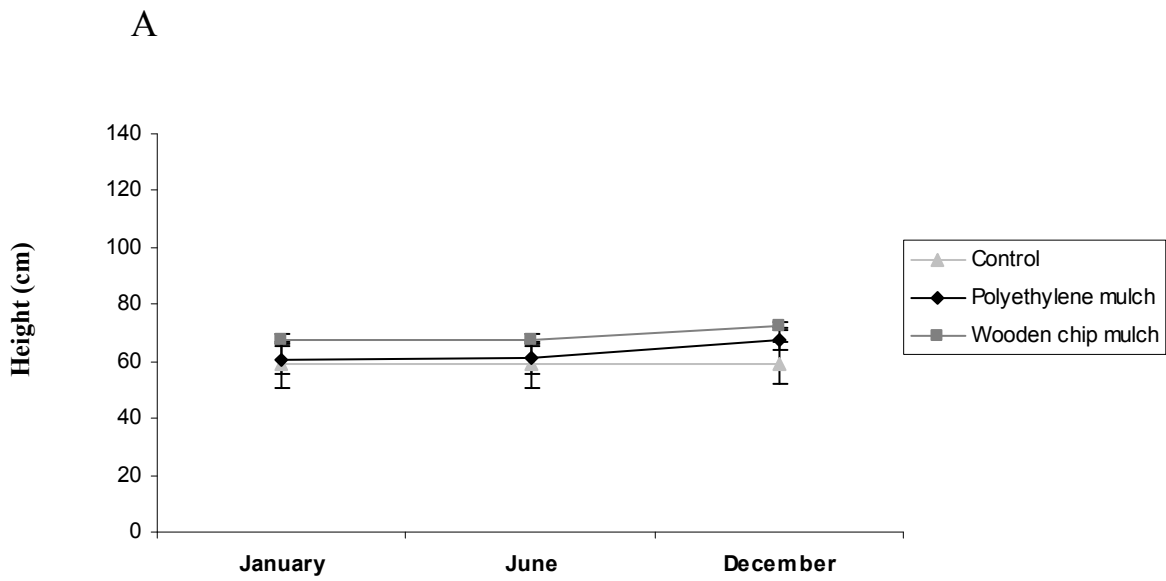
בבחינה של השפעת החיפוי על גובה הנוף, נמצא כי בטיפולים ללא השקיה גובה הנוף היה גבוה יותר בחיפוי עם שבבי עץ (תוספת של 27%) ובחיפוי עם הפלסטיק (תוספת של 14%) בהשוואה לביקורת. ההבדל בין טיפול עם שבבי עץ לבין הביקורת נמצא מובהק ($P < 0.05$) (ראה נספח 1B). בטיפולים עם השקיה גובה הנוף היה גבוה יותר בחיפוי עם שבבי עץ (תוספת של 15%) ונמוך יותר בחיפוי עם הפלסטיק (גריעה של 10%) בהשוואה לביקורת. נמצא הבדל מובהק בין טיפול עם חיפוי שבבי עץ לבין טיפול עם חיפוי הפלסטיק ($P < 0.05$) (ראה נספח 1C).

5.1.2.2 קוטר השתילים

נבדקה ההשפעה של טיפולי חיפוי והשקיה על התפתחות השתילים בקוטר במהלך הגידול ובתום תקופת הגידול. בבחינת התעבות גזע השתילים במהלך תקופת הגידול, נמצא שמתן השקיה בתחילת הקיץ (יוני) עודד את התעבותם (איור 3). בבחינה של השפעת ההשקיה על קוטר הגזע בתום תקופת הגידול, נמצא כי קוטר הגזע בכל טיפולי החיפוי שהושקו היה עבה פי 2 מאלו שלא הושקו (איור 4). הבדלים אלו נמצאו מובהקים סטטיסטית ($P < 0.001$) (ראה נספח 2A).

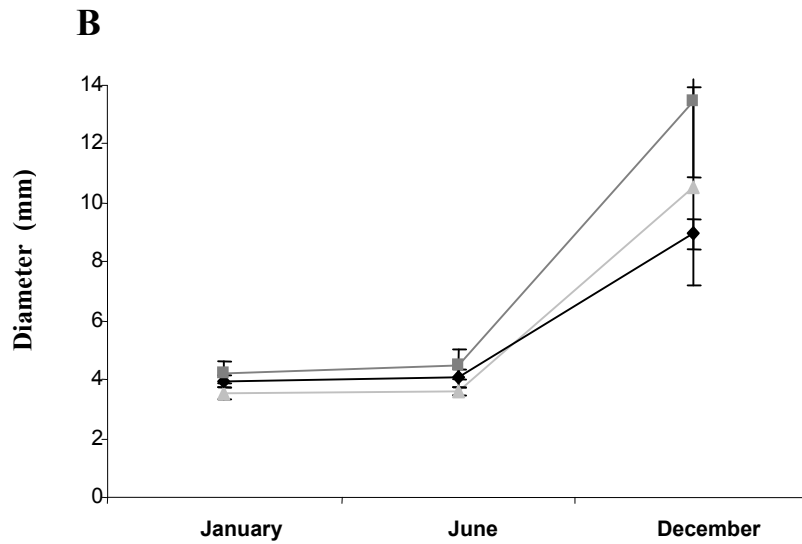
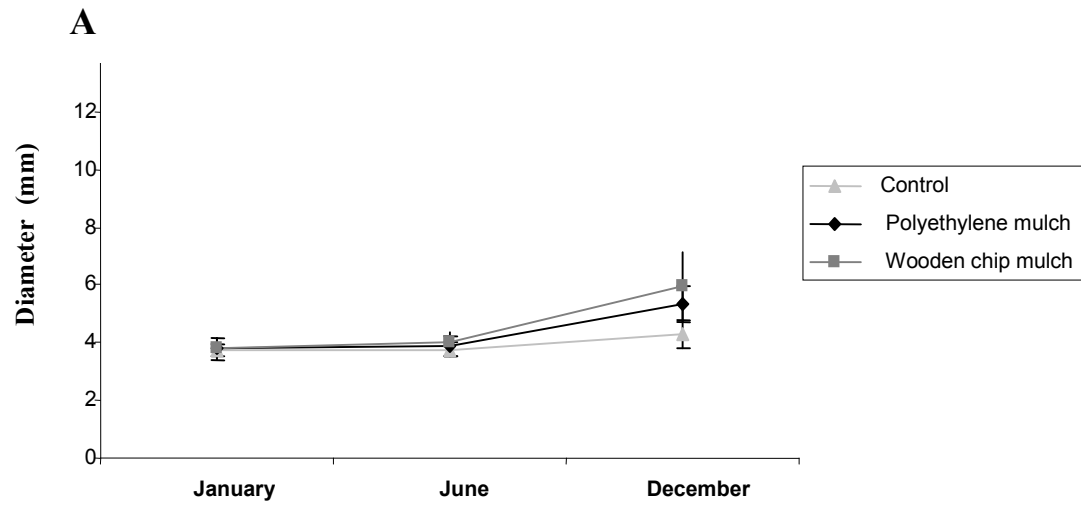
בבחינה של השפעת החיפוי על קוטר הגזע, נמצא כי בטיפולים ללא השקיה קוטר הגזע היה עבה יותר בחיפוי עם שבבי עץ (תוספת של 38%) ובחיפוי עם הפלסטיק (תוספת של 23%) בהשוואה לביקורת. ההבדל בין טיפול עם שבבי עץ לבין הביקורת נמצא מובהק ($P < 0.05$) (ראה נספח 2B). בטיפולים עם השקיה קוטר הגזע היה עבה יותר בחיפוי עם שבבי עץ (תוספת של 28%) ודק יותר בחיפוי עם הפלסטיק (גריעה של 15%) בהשוואה לביקורת. נמצא הבדל מובהק בין טיפול עם חיפוי שבבי עץ לבין טיפול עם

חיפוי הפלסטיק ($P < 0.05$) (ראה נספח 2C).

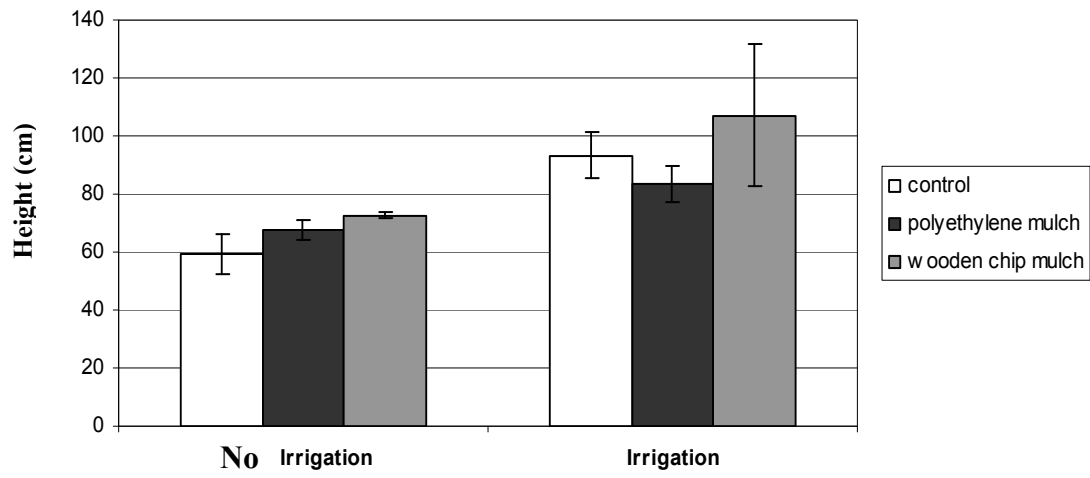
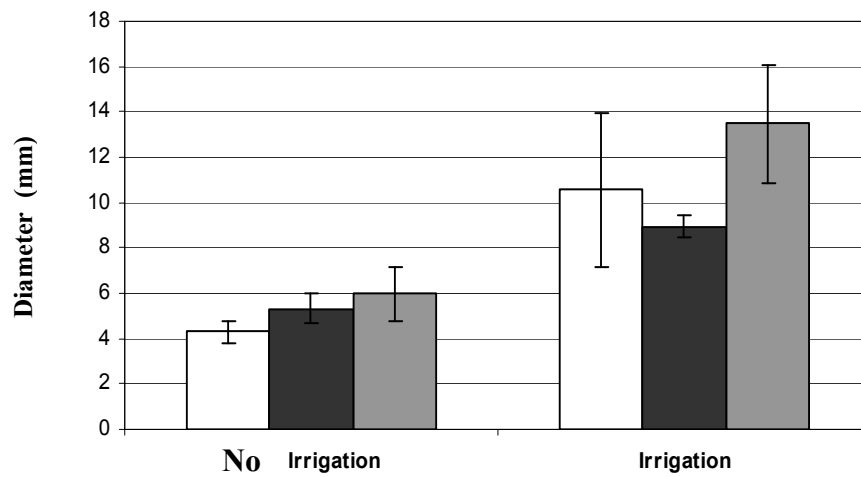


איור 2 – השפעת מתן השקיה וחיפוי קרקע על השתנות גובה השתילים שטופלו ללא השקיה (A)

ושתילים שטופלו עם השקיה (B) במהלך תקופת הגידול (שנת 2005)



איור 3 – השפעת מתן השקיה וחיפויי קרקע על השתנות קוטר הגזע של השתילים שטופלו ללא השקיה (A) ושתילים שטופלו עם השקיה (B) במהלך תקופת הגידול (שנת 2005).

A**B**

איור 4 – השפעת ההשקיה וחפויי קרקע על גובה (A) וקוטר (B) השתילים בתום

תקופת הגידול (שנת 2005).

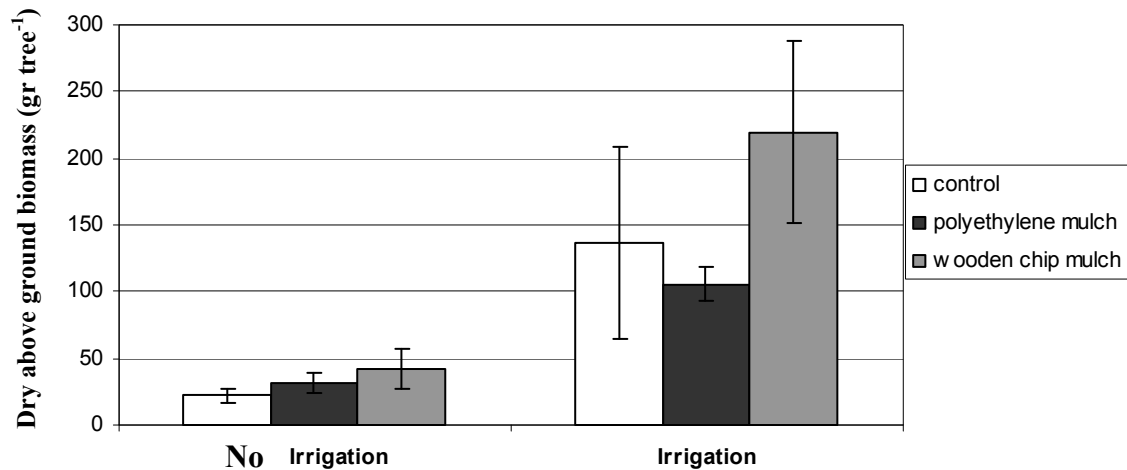
5.1.2.3 צבירת הביומאסה

בבדיקה ההשפעה של טיפולי חיפוי והשקיה על התפתחות הנוף בתום תקופת הגידול.

בבחינה של השפעת ההשקיה על צבירת הביומאסה בחלק העל קרקעי (איור 5) נמצא כי כמות הביומאסה בטיפולים עם השקיה בתוספת חיפוי הפלסטיק, שבבי עץ והביקורת הייתה גדולה בפי 3, 5, 6 בהתאמה מזו שבטיפולים ללא השקיה. הבדלים אלו נמצאו מובהקים סטטיסטית ($P < 0.001$) (ראה נספח 3A).

בבחינה של השפעת החיפוי על צבירת הביומאסה, נמצא כי בטיפולים ללא השקיה כמות הביומאסה בחלק העל קרקעי הייתה גדולה יותר בטיפול של חיפוי עם שבבי עץ (תוספת של 90%) ובחיפוי הפלסטיק (תוספת של 45%) בהשוואה לביקורת. נמצא הבדל מובהק בין טיפול שבבי עץ לבין הביקורת ($P < 0.05$) (ראה נספח 3B).

בטיפולים עם השקיה הביומאסה בחלק העל קרקעי הייתה גדולה יותר בטיפול חיפוי עם שבבי עץ (תוספת של 60%) וקטנה יותר בחיפוי עם הפלסטיק (גריעה של 20%) בהשוואה לביקורת. נמצא הבדל מובהק בין טיפול עם שבבי עץ לבין טיפול עם הפלסטיק ($P < 0.05$) (ראה נספח 3C).



איור 5 – השפעת מתן השקיה וחיפוי קרקע על הביומאסה בחלק העל קרקעי של

השתילים בתום תקופת הגידול (שנת 2005).

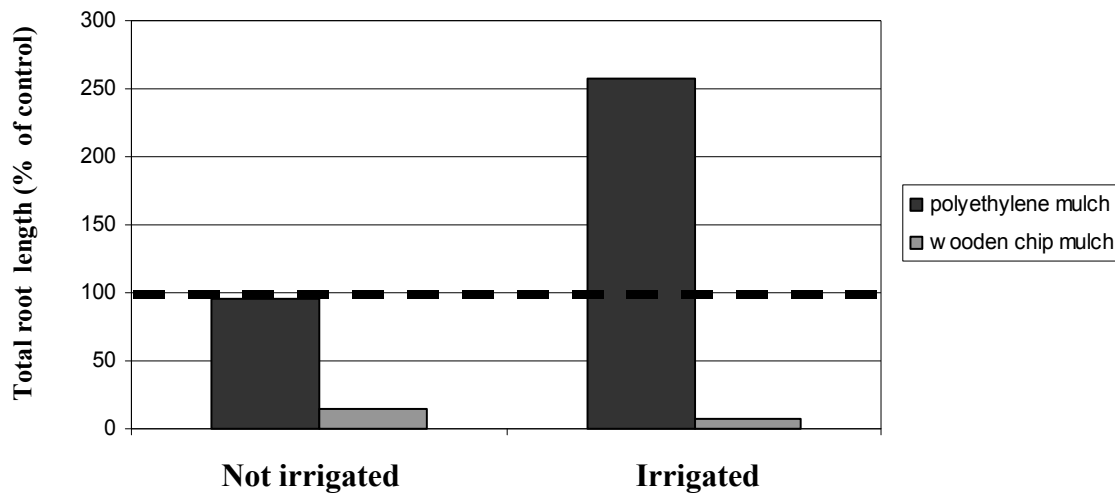
5.1.3 השפעת הטיפול על התפתחות השורשים.

5.1.3.1 אורך השורשים

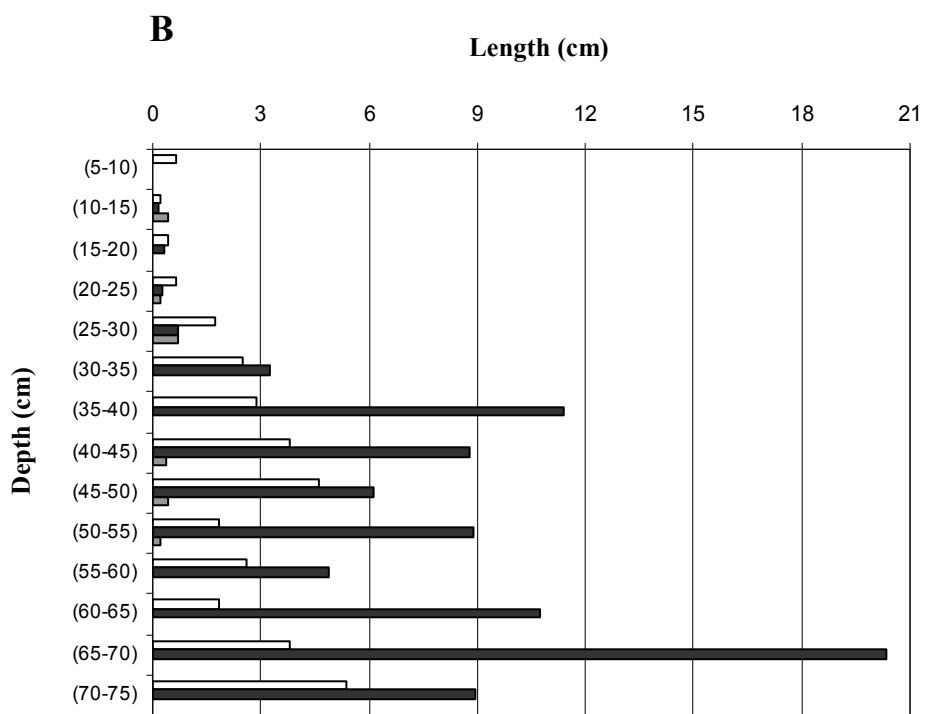
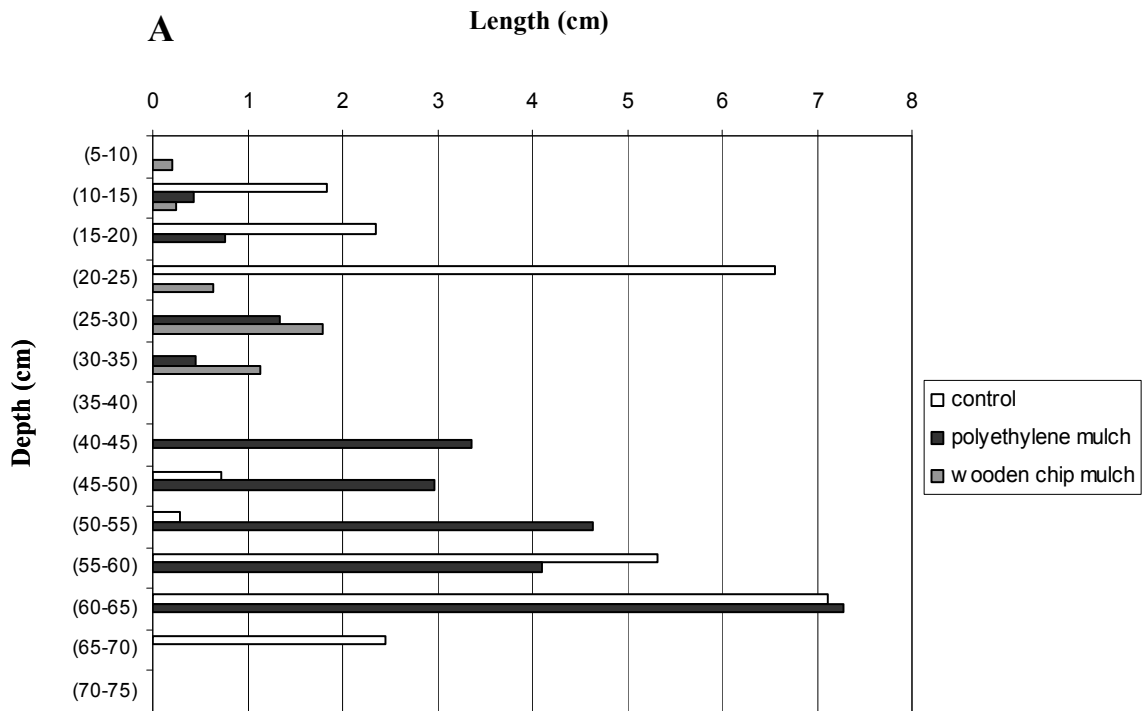
נבדקה ההשפעה של טיפולי חיפוי והשקיה על התארכות השורשים בתום תקופת הגידול.

בבחינה של השפעת החיפוי על התארכות שורשי השתילים שגודלו ללא השקיה נמצא: כי אורך השורשים הכללי בטיפול של חיפוי עם הפלסטיק שווים באורכם לאילו של הביקורת ועבור הטיפול עם חיפוי שבבי עץ כמעט ולא נצפתה התפתחות של שורשים. בבחינה של השפעת מתן השקיה על אורך השורשים הכללי נמצא: כי השורשים בטיפולים עם השקיה וחיפוי הפלסטיק ארוכים פי 2.5 מאילו של הביקורת ואילו עבור הטיפול של חיפוי עם שבבי עץ כמעט ולא נצפתה התפתחות של שורשים (איור 6).

בבדיקה של אורכי השורשים הכללי ביחס לעומקים (איור 7) ניתן לראות כי בטיפולים עם השקיה (7B) אורך השורשים ארוך עד פי 3 מהטיפולים ללא השקיה (7A) והתארכות נעשית לרוב בעומק.



איור 6 – סה"כ אורך השורשים לשתיל עבור טיפולי החיפוי וההשקיה בהשוואה לביקורת בתום שנת הגידול (שנת 2005).



איור 7 – אורך השורשים ביחס לעומקים בתום תקופת הגידול עבור טיפול ללא השקיה (A) ועבור

טיפול עם השקיה (B).

5.1.4 השפעת הטיפולים על מאזן המים

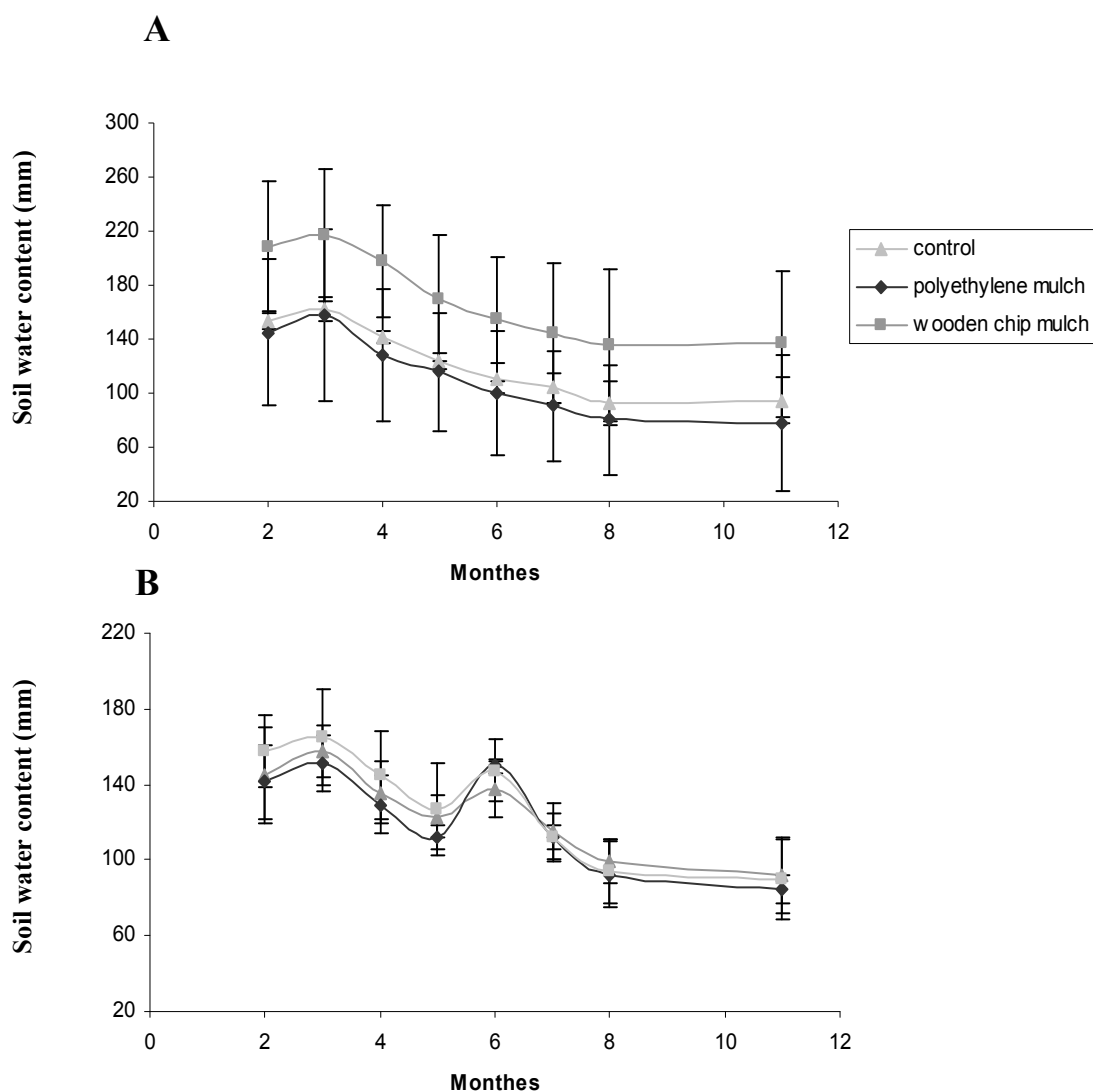
5.1.4.1 תכולת המים בקרקע

נבדקה ההשפעה של סוגי החיפוי על תכולת רטיבות הקרקע לאורך תקופת הגידול.

בבחינה של השתנות רטיבות הקרקע לאורך זמן (איור 8) קצב הירידה בתכולת הרטיבות היה דומה ולא

נמצא הבדל מובהק בתכולת הרטיבות בין סוגי החיפוי השונים.

(באיור 8A השונו בתכולת הרטיבות עבור טיפול שבבי עץ נובע ממחסור של חזרה)



איור 8 – סה"כ מים בפרופיל הקרקע עד לעומק של 1 מטר לאורך תקופת הגידול עבור טיפול

ללא השקיה (A) ועבור טיפול עם השקיה (B).

5.1.4.2 אובדן המים הכולל

נבדקה ההשפעה של סוגי החיפוי על אובדן המים הכולל (איור 9).

אובדן המים הכולל מתאר את ההפרש בכמות המים (מ"מ) ממדגם קרקע שבו שיעור הרטיבות הגבוה ביותר

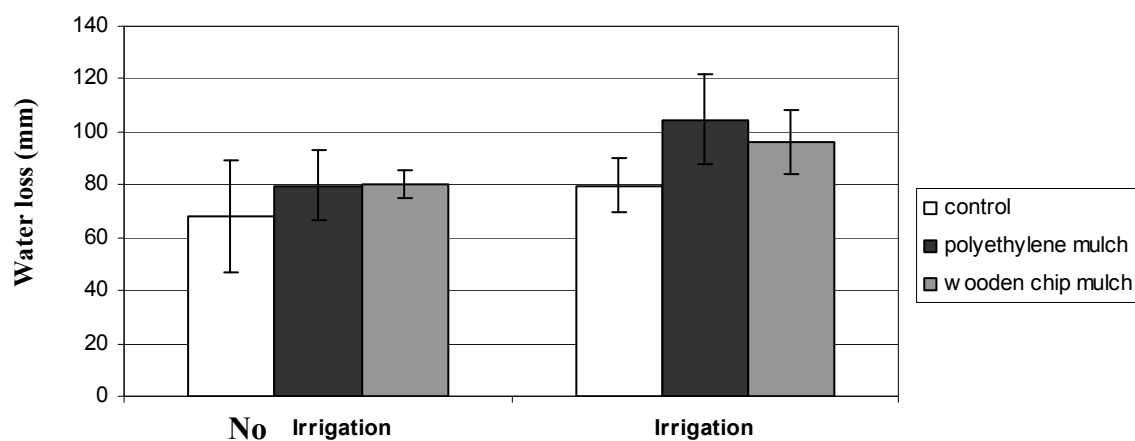
למדגם קרקע שבו שיעור הרטיבות הנמוך ביותר.

ניתן לראות כי בטיפולים ללא השקיה אובדן המים הנמוך ביותר הוא עבור הביקורת בהשוואה לטיפולי

החיפוי שם אובדן המים שווה. לא נמצא הבדל מובהק באובדן המים בין הטיפולים.

בטיפולים עם השקיה אובדן המים הגדול ביותר הוא נמצא תחת חיפוי הפלסטיק ועבור הביקורת הוא הנמוך

ביותר. נמצא הבדל מובהק בין טיפולי החיפוי והביקורת בהשקיה ($P < 0.05$) (ראה נספח 4).



איור 9 - השפעת מתן השקיה וחיפויי קרקע על אובדן המים במהלך תקופת הגידול

(שנת 2005).

5.1.5 יעילות צריכת המים

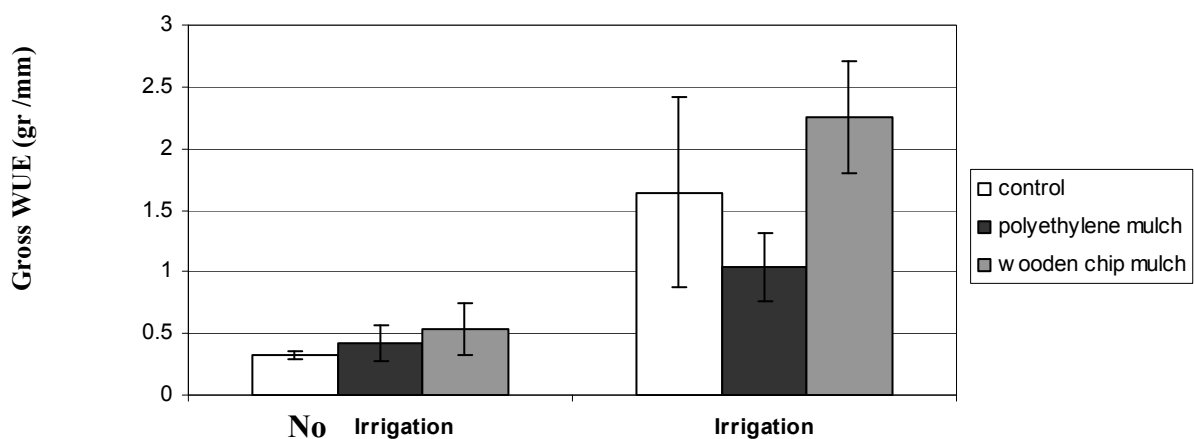
נבדקה ההשפעה של טיפולי החיפוי על יעילות צריכת המים באופן כולל (איור 10).

בשל אי הוודאות של גודל השטח הנמדד, לא ניתן לחשב את נפח המים שהצמחים קלטו בתקופה שבה מדדנו את תוספת הביומאסה. לצורך השוואת טיפולים אנו נייחס את תוספת הביומאסה לצריכת המים כפי שהיא נמדדה בצינור אחד לכל עץ (עומק מים אקוילנטי במ"מ). מכאן שהתוצאות מוצגות כ- גרם ביומאסה/ מ"מ מים ולא כגרם ביומאסה/ גרם מים כמקובל.

בבחינה של השפעת ההשקיה על יעילות צריכת המים (איור 10) נמצא כי יעילות צריכת המים בטיפולים עם השקיה וחיפוי הפלסטיק, חיפוי בשבבי עץ והביקורת הייתה גדולה פי 2.5, 4.5, 5.0 בהתאמה מזו שבטיפולים ללא השקיה. הבדלים אלו נמצאו מובהקים סטטיסטית ($P < 0.001$) (ראה נספח 5A).

בטיפולים ללא השקיה עבור חיפוי עם שבבי עץ מתקבל הערך הגבוה ביותר ועבור הביקורת מתקבל הערך הקטן ביותר. לא נמצא הבדל מובהק ביעילות צריכת המים באופן כולל בין הטיפולים.

בבחינה של יעילות צריכת המים באופן כולל בטיפולים עם השקיה, עבור חיפוי עם שבבי עץ מתקבל הערך הגבוה ביותר ועבור חיפוי עם הפלסטיק מתקבל הערך הקטן ביותר. נמצא הבדל מובהק בין טיפולי החיפוי בהשקיה ($P < 0.05$) (ראה נספח 5B).



איור 10 – השפעת מתן השקיה וחיפויי קרקע על יעילות צריכת המים.

5.2 שיזף מצוי

5.2.1 הישרדות השתילים

במעקב אחר קליטת השתילים בשטח נמצא שבתום תקופת הגידול התקבל שיעור הישרדות של למעלה

מ – 66% מכלל השתילים (איור 1).

בטיפולים ללא השקיה התקבל שיעור הישרדות של למעלה מ – 63%, כאשר בטיפול עם חיפוי הפלסטיק

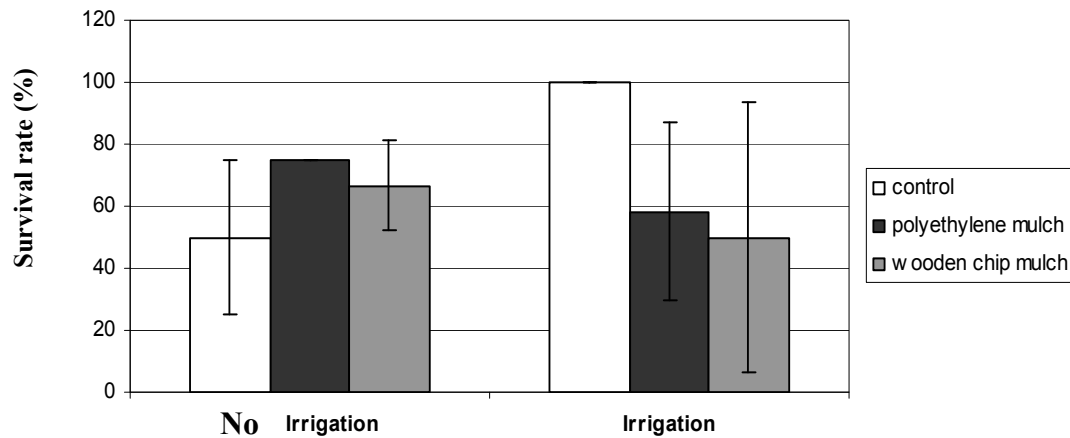
הייתה תמותה של 25% (שלושה עצים), בטיפול עם שבבי עץ הייתה תמותה של כ – 33% (ארבעה עצים)

ובביקורת הייתה תמותה של 50% (שישה עצים). לא נמצא הבדל מובהק בין הטיפולים.

בטיפולים עם השקיה התקבל שיעור הישרדות של למעלה מ – 69%, כאשר בטיפול עם חיפוי הפלסטיק

הייתה תמותה של כ – 40% (חמישה עצים), בטיפול עם חיפוי שבבי עץ הייתה תמותה של 50% (שישה

עצים) ובטיפול הביקורת לא הייתה תמותה כלל. (חשוב לציין שהתמותה התרחשה לפני השקית העזר).



איור 11 - השפעת מתן השקיה וחיפוי קרקע על הישרדות השתילים בתום תקופת הגידול

(שנת 2005).

5.2.2 השפעת הטיפולים על התפתחות השתילים.

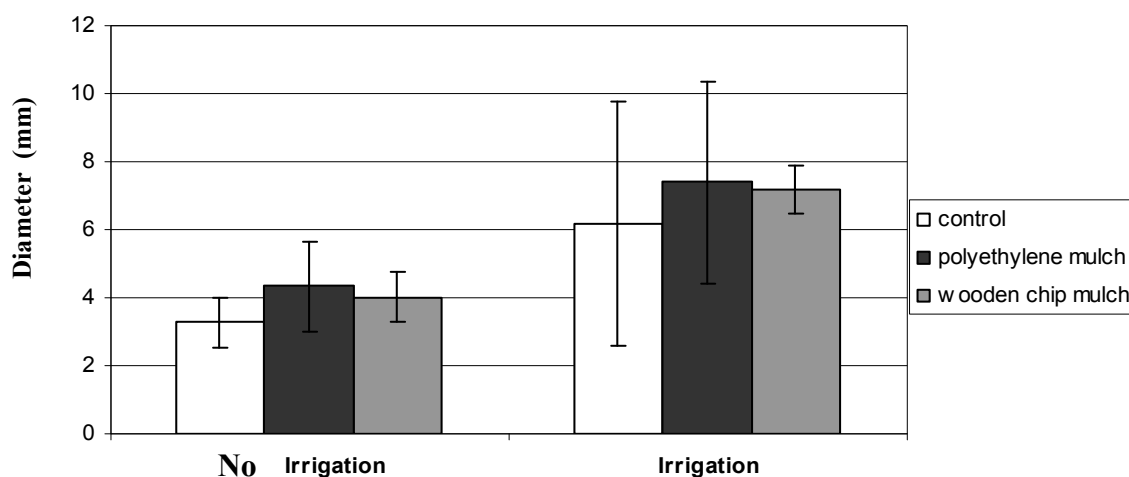
5.2.2.1 גובה השתילים

בשל נטייתם של השתילים לצמח מספר גזעים ראשיים המתפצלים מפני השטח לא ניתן היה להציג את בדיקת גובה השתילים באופן שיישקף את התפתחותם האמיתית.

5.2.2.2 קוטר השתילים

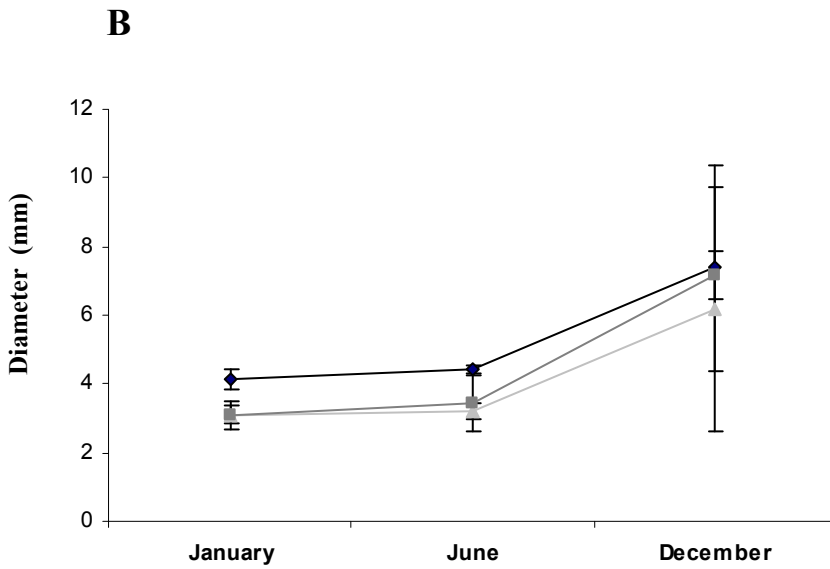
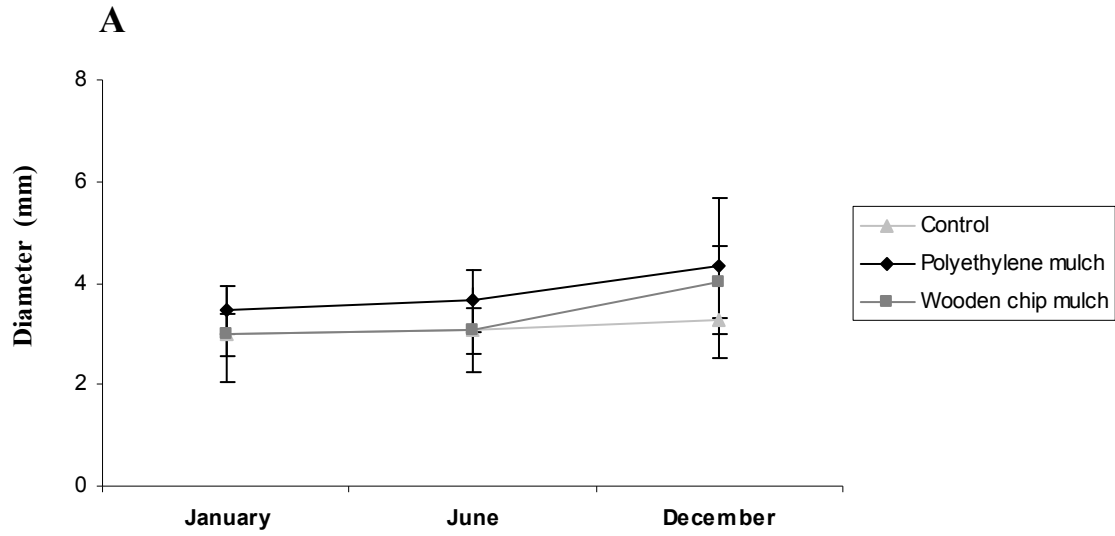
נבדקה ההשפעה של טיפולי חיפוי והשקיה על התפתחות השתילים בקוטר במהלך הגידול ובתום תקופת הגידול. בבחינת התעבות גזע השתילים במהלך תקופת הגידול, נמצא שמתן השקיה בתחילת הקיץ (יוני) עודד את התעבותם (איור 13). בבחינה של השפעת ההשקיה על קוטר הגזע בתום תקופת הגידול, נמצא כי קוטר הנוף בכל טיפולי החיפוי שהושקו היה עבה בפי 2 מאלו שלא הושקו (איור 12). הבדלים אלו נמצאו מובהקים סטטיסטית ($P < 0.05$) (ראה נספח 6).

בבחינה של השפעת החיפוי על קוטר הגזע, נמצא כי בטיפולים ללא השקיה קוטר הגזע היה עבה יותר עם חיפוי הפלסטיק (תוספת של 30%) ובחיפוי עם שבבי עץ (תוספת של 22%) בהשוואה לביקורת. לא נמצא הבדל מובהק בין הטיפולים. בטיפולים עם השקיה קוטר הגזע היה עבה יותר בחיפוי עם הפלסטיק (תוספת של 20%) ובחיפוי שבבי עץ (תוספת של 15%) בהשוואה לביקורת. לא נמצא הבדל מובהק בין הטיפולים.



איור 12 – השפעת ההשקיה וחיפוי קרקע על קוטר השתילים בתום תקופת הגידול

(שנת 2005).



איור 13 – השפעת מתן השקיה וחיפויי קרקע על השתנות קוטר גזע השתילים שטופלו ללא השקיה

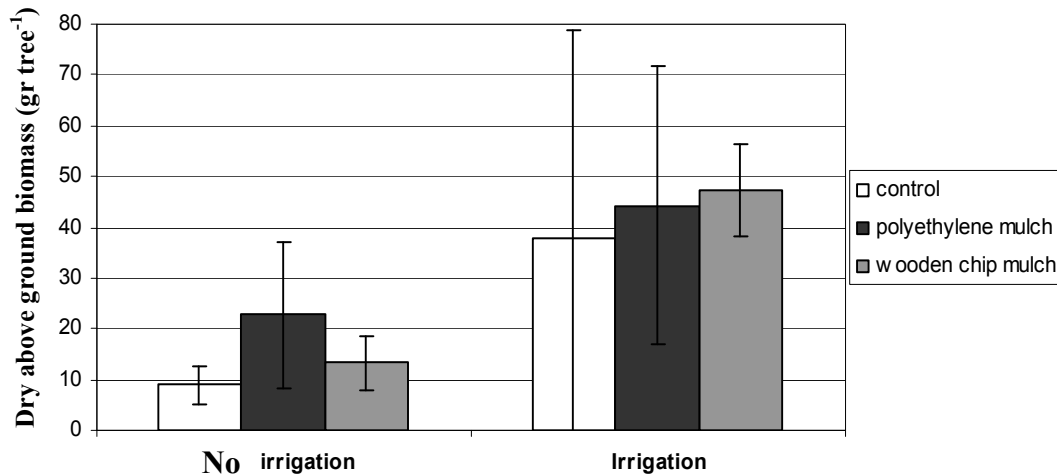
(A) ושתילים שטופלו עם השקיה (B) במהלך תקופת הגידול (שנת 2005).

5.2.2.3 צבירת הביומאסה

נבדקה ההשפעה של טיפולי חיפוי והשקיה על התפתחות העצים בתום תקופת הגידול. בבחינה של השפעת ההשקיה על צבירת הביומאסה (איור 14) נמצא כי כמות הביומאסה בטיפולים עם השקיה עבור טיפולי חיפוי עם הפלסטיק, שבבי עץ והביקורת הייתה גדולה בפי 2.0, 3.5, 4.0 בהתאמה מזו שבטיפולים ללא השקיה. הבדלים אלו נמצאו מובהקים סטטיסטית ($P < 0.05$) (ראה נספח 7).

בבחינה של השפעת החיפוי על צבירת הביומאסה, נמצא כי בטיפולים ללא השקיה כמות הביומאסה הייתה גדולה יותר בטיפול עם חיפוי הפלסטיק (תוספת של 150%) ובחיפוי עם שבבי עץ (תוספת של 50%) בהשוואה לביקורת. לא נמצא הבדל מובהק בין הטיפולים.

בטיפולים עם השקיה הביומאסה בנוף הייתה גדולה יותר בטיפול עם חיפוי שבבי עץ (תוספת של 24%) ובחיפוי עם הפלסטיק (תוספת של 16%) בהשוואה לביקורת. לא נמצא הבדל מובהק בין הטיפולים.



איור 14 – השפעת מתן השקיה וחיפוי קרקע על הביומאסה של השתילים בתום

תקופת הגידול (שנת 2005).

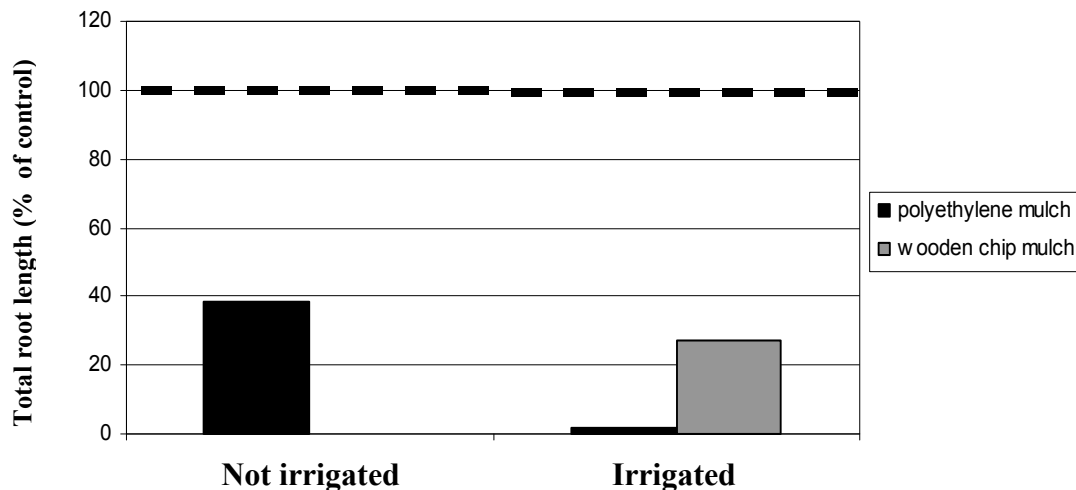
5.2.3 השפעת הטיפולים על התפתחות השורשים.

5.2.3.1 אורך השורשים

נבדקה ההשפעה של טיפולי חיפוי והשקיה על התארכות השורשים בתום תקופת הגידול.

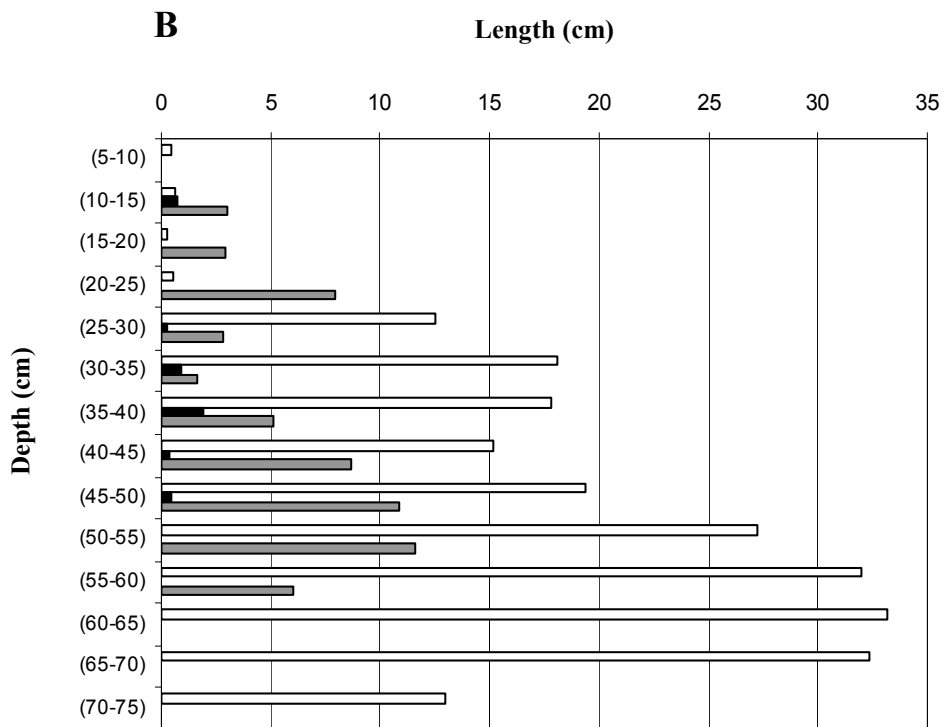
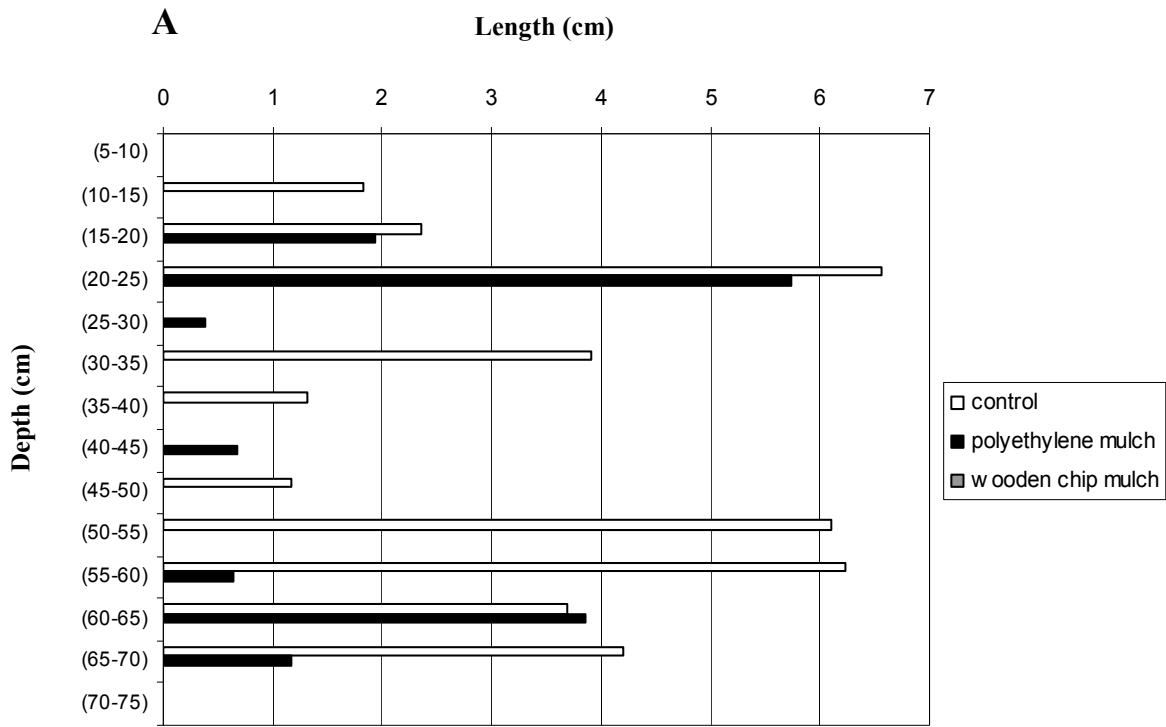
בבחינה של השפעת החיפוי על התארכות השורשים בטיפולים ללא השקיה נמצא: כי אורך השורשים הכללי בטיפול הביקורת היו ארוכים פי 2.5 מאילו של הטיפול בחיפוי עם הפלסטיק, עבור הטיפול של חיפוי עם שבבי עץ לא נצפתה התפתחות של שורשים. בבחינה של השפעת מתן השקיה על סה"כ אורך השורשים נמצא כי עבור טיפולי החיפוי בהשוואה לביקורת אורך השורשים הכללי בטיפולים עם השקיה עבור הביקורת ארוכים פי 3.5 מאילו של חיפוי שבבי עץ ואילו עבור חיפוי הפלסטיק כמעט ולא נצפתה התפתחות של שורשים (איור 15).

בבדיקה של אורכי השורשים הכללי ביחס לעומקים (איור 16) ניתן לראות כי בטיפולים עם השקיה (16B) אורך השורשים ארוך עד פי 5 מהטיפולים ללא השקיה (16A) וההתארכות נעשית לרוב בעומק.



איור 15 – סה"כ אורך השורשים לשתיל עבור טיפולי החיפוי וההשקיה בהשוואה לביקורת בתום

שנת הגידול (שנת 2005).



איור 16 – אורך השורשים ביחס לעומקים בתום תקופת הגידול עבור טיפול ללא השקיה (A)

ועבור טיפול עם השקיה (B).

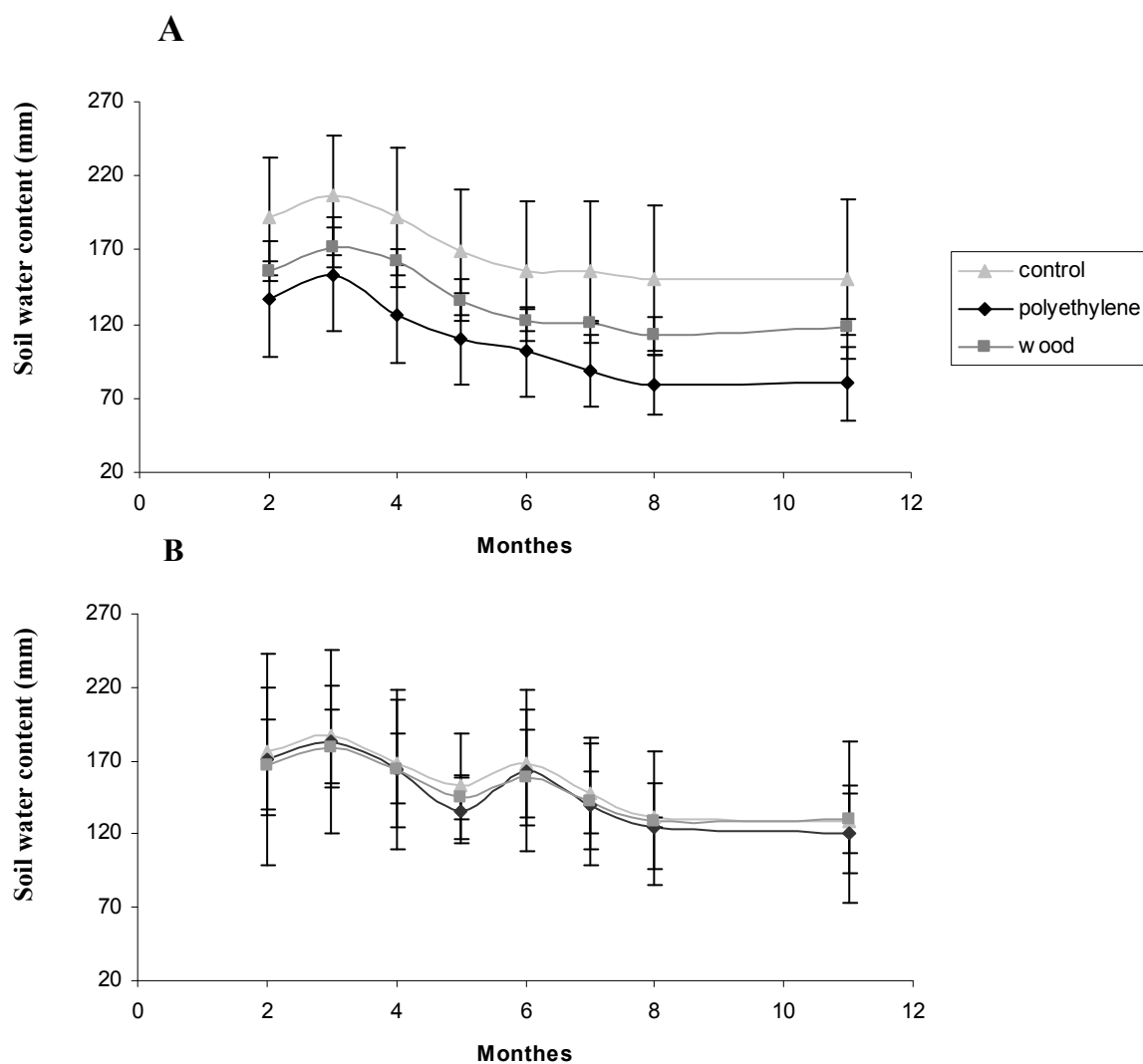
5.2.4 השפעת הטיפולים על מאזן המים

5.2.4.1 תכולת המים בקרקע

נבדקה ההשפעה של טיפולי החיפוי על תכולת רטיבות הקרקע לאורך תקופת הגידול.

בבחינה של השתנות רטיבות הקרקע לאורך זמן (איור 17) קצב הירידה בתכולת הרטיבות היה דומה ולא

נמצא הבדל מובהק בתכולת הרטיבות בין טיפולי החיפוי השונים.



איור 17 - סה"כ מים בפרופיל הקרקע עד לעומק של 1 מטר לאורך תקופת הגידול עבור טיפול ללא השקיה

(A) ועבור טיפול עם השקיה (B).

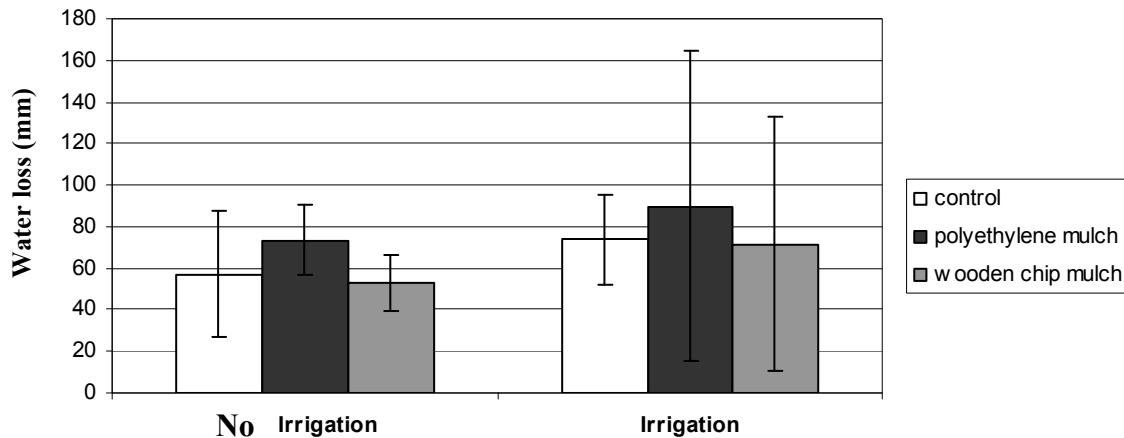
5.2.4.2 אובדן המים הכולל

נבדקה ההשפעה של טיפולי החיפוי על אובדן המים הכולל (איור 18).

אובדן המים הכולל הנוכח לעיל מתאר את ההפרש ממדגם קרקע שבו שיעור הרטיבות הגבוה ביותר למדגם קרקע שבו שיעור הרטיבות הנמוך ביותר.

ניתן לראות כי בטיפולים ללא השקיה אובדן המים הגדול ביותר היה בטיפול עם חיפוי הפלסטיק, בטיפול עם חיפוי בשבבי עץ האובדן היה הנמוך ביותר. נמצא הבדל מובהק בין טיפול עם שבבי עץ לבין טיפול עם הפלסטיק ($P < 0.05$) (ראה נספח 8).

בטיפולים עם השקיה אובדן המים הגדול ביותר הוא עבור חיפוי הפלסטיק ועבור חיפוי עם שבבי עץ הוא הנמוך ביותר. לא נמצא הבדל מובהק באובדן המים בין הטיפולים.



איור 18 - השפעת מתן השקיה וחיפויי קרקע על אובדן המים במהלך תקופת הגידול

(שנת 2005).

5.2.5 יעילות צריכת המים

נבדקה ההשפעה של טיפולי החיפוי על יעילות צריכת המים באופן כולל (איור 19).

(אופן חישוב יעילות צריכת המים מתואר בסעיף 5.1.5).

בבחינה של השפעת ההשקיה על יעילות צריכת המים (איור 19) נמצא כי יעילות צריכת המים בטיפולים עם

השקיה עבור טיפולי הפלסטיק, שבבי עץ והביקורת הייתה גדולה בפי 2.5, 4.5, 2.5 בהתאמה מזו

שבטיפולים ללא השקיה. הבדלים אלו נמצאו מובהקים סטטיסטית ($P < 0.05$)

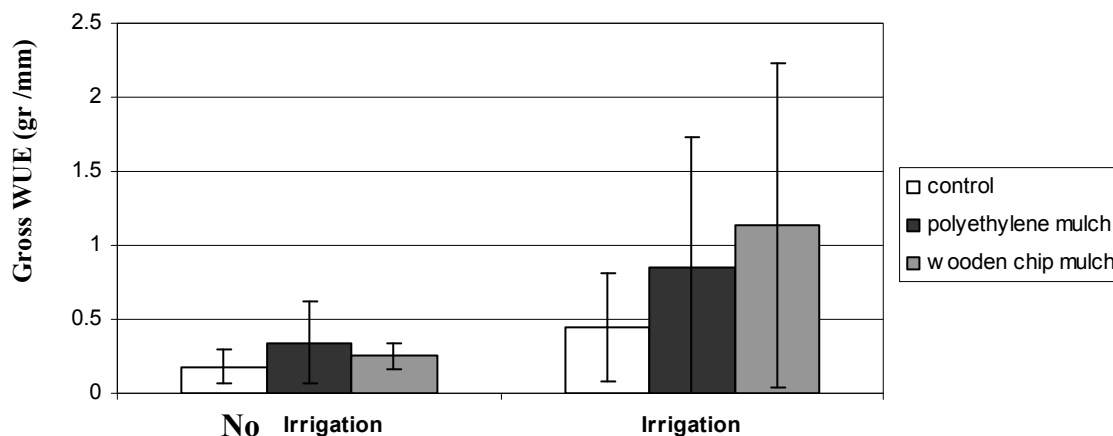
(ראה נספח 9).

בטיפולים ללא השקיה עבור חיפוי עם הפלסטיק מתקבל הערך הגבוה ביותר ועבור הביקורת מתקבל הערך

הקטן ביותר. לא נמצא הבדל מובהק ביעילות צריכת המים באופן כולל בין הטיפולים.

בבחינה של יעילות צריכת המים באופן כולל בטיפולים עם השקיה, עבור חיפוי עם שבבי עץ מתקבל הערך

הגבוה ביותר ועבור הביקורת מתקבל הערך הקטן ביותר. לא נמצא הבדל מובהק בין הטיפולים.



איור 19 – השפעת מתן השקיה וחיפויי קרקע על יעילות צריכת המים.

5.3 טמפרטורת בית השורשים

5.3.1 השפעת סוג החיפוי על טמפרטורת בית השורשים

נבחנה השפעת סוג החיפוי על השתנות הטמפרטורה במהלך היממה באזור בית השורשים.

נמצא כי ערכי טמפרטורת המקסימום והמינימום תחת חיפוי עם פלסטיק גבוהים או נמוכים בהתאמה מאלו

שבביקורת. (טבלה 1) וכתוצאה מכך התנודה היומית גדולה יותר. בנוסף, טמפרטורות המקסימום ואו

A

המינימום תחת חיפוי עם פלסטיק חלות מוקדם יותר מאשר הביקורת.

התנודה במהלך היממה - (ההפרש בין הערך הגבוה לנמוך) - ($^{\circ}\text{C}$)	טמפרטורת מינימום		טמפרטורת מקסימום		עומק הקרקע, ס"מ
	שעה	ערך ($^{\circ}\text{C}$)	שעה	ערך ($^{\circ}\text{C}$)	
11.5	$7^{00} - 8^{00}$	11	$15^{00} - 16^{00}$	22.5	2
9.2	$7^{00} - 8^{00}$	11.8	$15^{00} - 16^{00}$	21	5
5.8	$8^{00} - 9^{00}$	13.2	$17^{00} - 18^{00}$	19	10

B

התנודה במהלך היממה - ההפרש בין הערך הגבוה לנמוך - ($^{\circ}\text{C}$)	טמפרטורת מינימום		טמפרטורת מקסימום		עומק הקרקע, ס"מ
	שעה	ערך ($^{\circ}\text{C}$)	שעה	ערך ($^{\circ}\text{C}$)	
16.6	$6^{00} - 7^{00}$	9.7	$14^{00} - 15^{00}$	26.4	2
13.8	$6^{00} - 7^{00}$	10.8	$14^{00} - 15^{00}$	24.6	5
9.6	$7^{00} - 8^{00}$	12.4	$16^{00} - 17^{00}$	22	10

טבלה 1 – ערכים יומיים של טמפרטורת הקרקע בחודש מרץ בעומקים שונים עבור הביקורת - A ועבור חיפוי

הפלסטיק – B.

בבחינת המהלך היומי של טמפרטורת הקרקע (איור 20) נמצא כי קיימת האטה בשטף החום החודר לעומק הקרקע. עקב כך התנודות של טמפרטורת הקרקע במהלך היממה הולכות ופוחתות עם הירידה לעומק הקרקע עד שבעומק 40 ס"מ הן דועכות כמעט כליל. בעומק 40 ס"מ לא נמצא הבדל בטמפרטורות הקרקע בין הביקורת וטיפול החיפוי.

עוד ניתן לראות כי ככל שמעמיקים התנודה קטנה ושעת הופעת השיא מתאחר.

בבחינת משטר טמפרטורת הקרקע עבור הטיפולים השונים ניתן להבחין בהבדל ניכר בתנודות ובערכי

טמפרטורות הקרקע במהלך היממה בין חיפוי עם פלסטיק והביקורת.

בעומקים 10 – 2 ס"מ טמפרטורות הקרקע גבוהות יותר במהלך שעות היום עבור הטיפול של חיפוי עם

פלסטיק בהשוואה לביקורת (ערכי טמפרטורה גבוהים יותר ב 3 – 4 מעלות לעומת הביקורת) ובמהלך

שעות הלילה טמפרטורות הקרקע נמוכות יותר בהשוואה לביקורת (ערכי ירידה זו היו נמוכים יותר

ב 1 – 2 מעלות צלזיוס לעומת הביקורת).

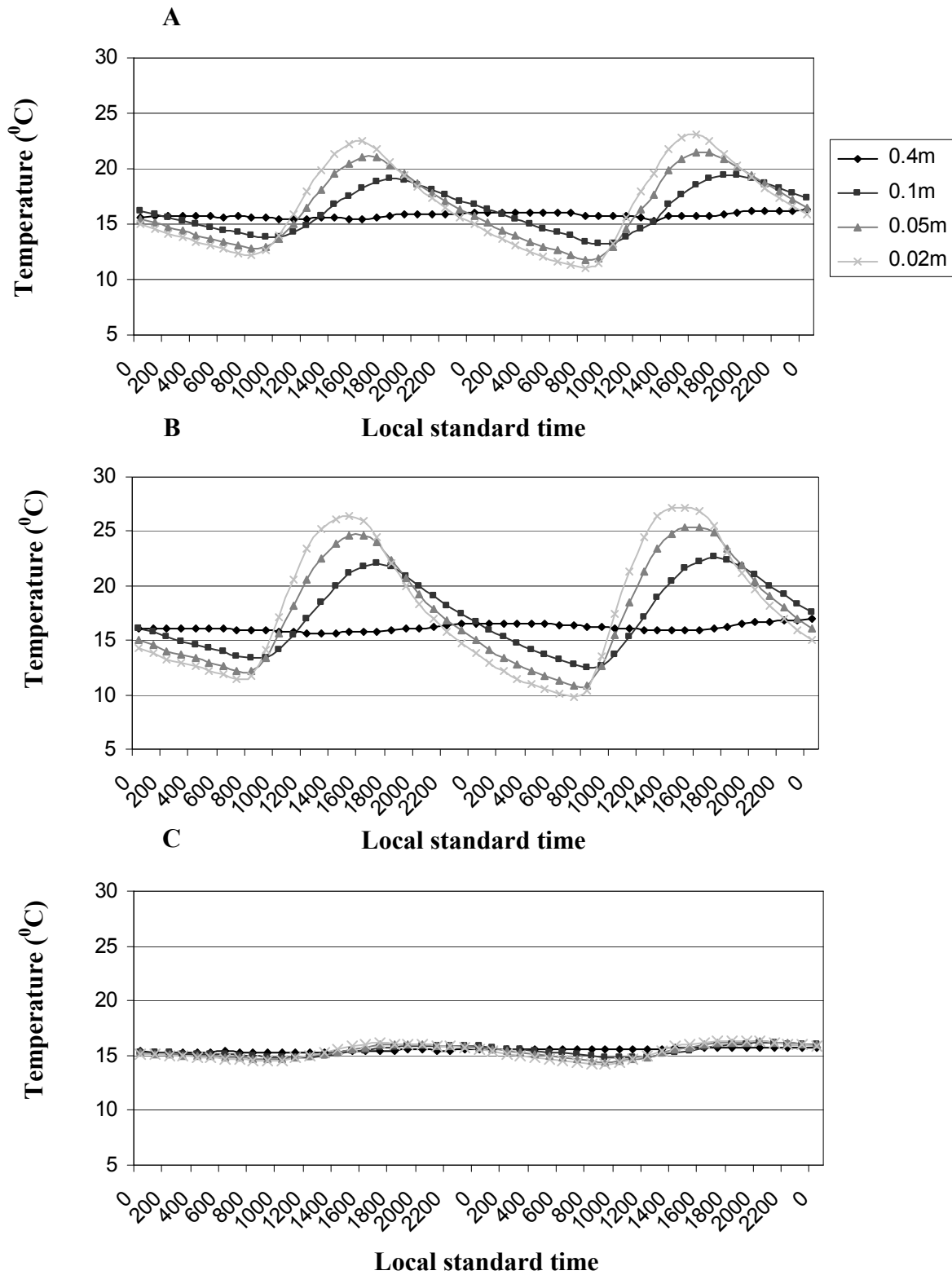
בעומק 40 ס"מ עבור חיפוי עם פלסטיק ועבור הביקורת הטמפרטורה קבועה ועומדת על אותם ערכים.

עבור חיפוי עם שבבי העץ ניתן לראות כי התנודות של טמפרטורת הקרקע הן קטנות ביותר, הטמפרטורה

היא כמעט קבועה בכל העומקים ואין הפרשים משמעותיים בין ערכי טמפרטורת המקסימום והמינימום.

במהלך היום, בעומקים 10 – 2 ס"מ, ניכרת ירידה בטמפרטורת הקרקע ב 6 – 3 מעלות צלזיוס לעומת

ערכי הביקורת, ועליה בטמפרטורת הקרקע ב 2 – 3 מעלות צלזיוס לעומת ערכי הביקורת במהלך הלילה.



איור 20 – מהלך יומי של טמפרטורת הקרקע במשך שתי יממות בחודש מרץ בעומקים שונים.

עבור הביקורת (A) חיפוי פלסטיק (B) ושכבי עץ (C).

5.3.2 השפעת ההשקיה על טמפרטורת בית השורשים

נבחנה השפעת חיפוי קרקע בשילוב השקיית עזר על השתנות הטמפרטורה במהלך היממה באזור בית השורשים.

ניתן לראות כי ערכי טמפרטורת המקסימום והמינימום בקרקע ללא חיפוי וללא השקיה גבוהים ב- 5 מעלות בממוצע מאלו שבחלקות המושקות (טבלה 2). בנוסף לכך, התנודה של טמפרטורת הקרקע במהלך היממה קטנה יותר בחלקות המושקות.

A

התנודה במהלך היממה - (ההפרש בין הערך הגבוה לנמוך) - ($^{\circ}\text{C}$)	טמפרטורת מינימום		טמפרטורת מקסימום		עומק הקרקע, ס"מ
	שעה	ערך ($^{\circ}\text{C}$)	שעה	ערך ($^{\circ}\text{C}$)	
10.4	7 ⁰⁰ - 8 ⁰⁰	22.3	15 ⁰⁰ - 16 ⁰⁰	32.8	2
8	7 ⁰⁰ - 8 ⁰⁰	23.1	15 ⁰⁰ - 16 ⁰⁰	31.2	5
5	8 ⁰⁰ - 9 ⁰⁰	24	17 ⁰⁰ - 18 ⁰⁰	29	10

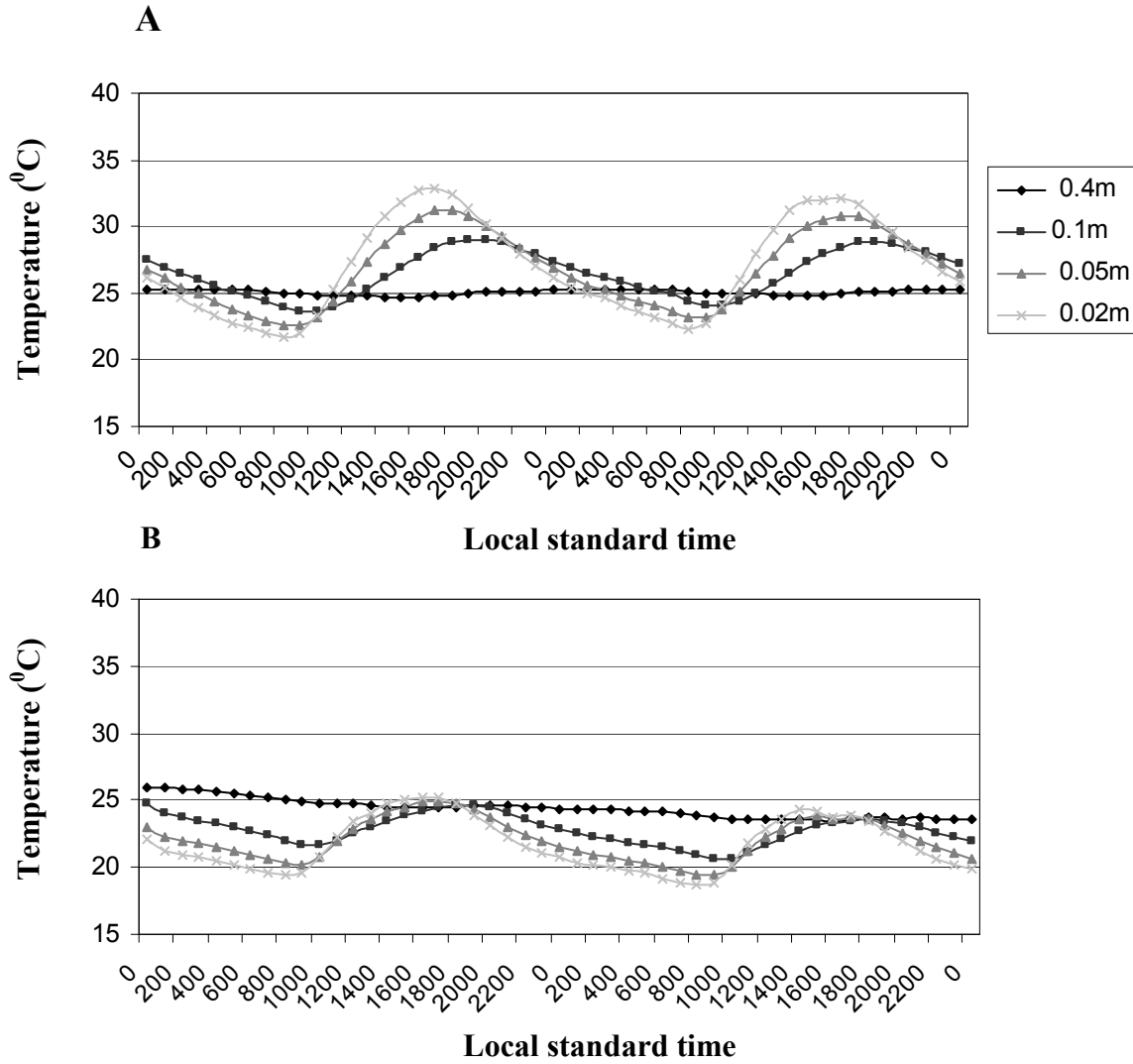
B

התנודה במהלך היממה - ההפרש בין הערך הגבוה לנמוך - ($^{\circ}\text{C}$)	טמפרטורת מינימום		טמפרטורת מקסימום		עומק הקרקע, ס"מ
	שעה	ערך ($^{\circ}\text{C}$)	שעה	ערך ($^{\circ}\text{C}$)	
6.5	7 ⁰⁰ - 8 ⁰⁰	18.6	15 ⁰⁰ - 16 ⁰⁰	25.2	2
5.5	7 ⁰⁰ - 8 ⁰⁰	19.4	15 ⁰⁰ - 16 ⁰⁰	24.9	5
3.8	8 ⁰⁰ - 9 ⁰⁰	20.6	17 ⁰⁰ - 18 ⁰⁰	24.5	10

טבלה 2 – ערכים יומיים של טמפרטורת קרקע בחודש יוני בעומקים שונים. בקרקע ללא חיפוי וללא

השקיה (A) ובקרקע ללא חיפוי עם השקיה (B)

בבחינת המהלך היומי של טמפרטורת הקרקע עם ובלי השקיה (איור 21), ניתן לראות ירידה משמעותית בטמפרטורה הממוצעת בקרקע ללא חיפוי ועם השקיה יחסית לביקורת ללא השקיה. חשוב לציין שירידה זו נמשכה מספר ימים ולאחר מכן נראתה עלייה בטמפרטורות בדומה לביקורת.



איור 21— מהלך יומי של טמפרטורת הקרקע במשך שתי יממות בחודש יוני בעומקים שונים. בקרקע ללא חיפוי וללא השקיה (A) ובקרקע ללא חיפוי עם השקיה (B).

בקרקע עם חיפוי ביריעות פלסטיק תוספת השקיה הורידה את טמפרטורות הקרקע ב כ-2 מ"צ.

(טבלה 3). התנודה היומית בטמפרטורה לא הושפעה מההשקיה.

A

התנודה במהלך היממה - (ההפרש בין הערך הגבוה לנמוך) - ($^{\circ}\text{C}$)	טמפרטורת מינימום		טמפרטורת מקסימום		עומק הקרקע, ס"מ
	שעה	ערך ($^{\circ}\text{C}$)	שעה	ערך ($^{\circ}\text{C}$)	
15.4	6 ⁰⁰ - 7 ⁰⁰	21.8	14 ⁰⁰ - 15 ⁰⁰	37.3	2
12.5	6 ⁰⁰ - 7 ⁰⁰	22.8	14 ⁰⁰ - 15 ⁰⁰	35.4	5
8.2	7 ⁰⁰ - 8 ⁰⁰	24.2	16 ⁰⁰ - 17 ⁰⁰	32.4	10

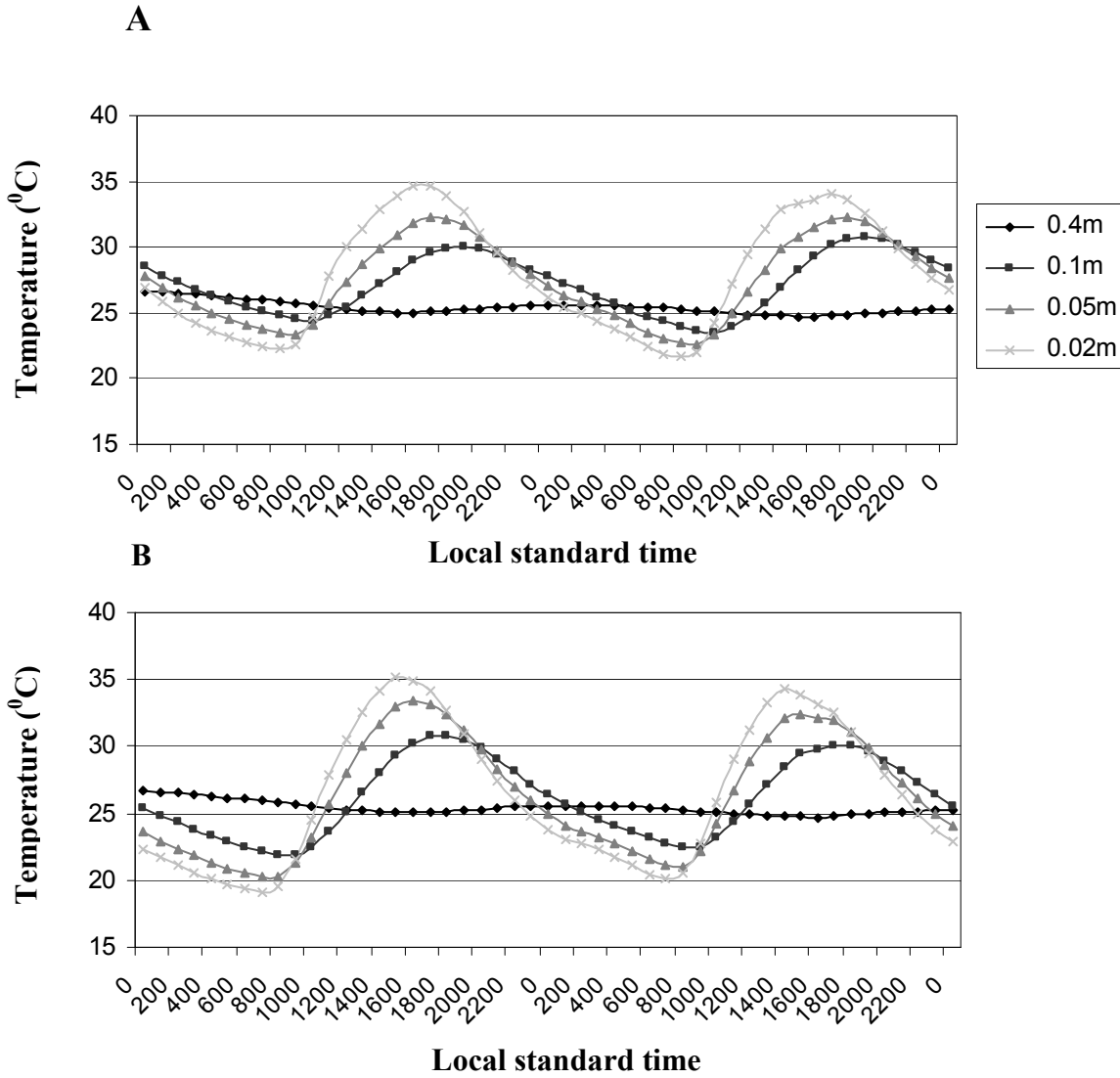
B

התנודה במהלך היממה - ההפרש בין הערך הגבוה לנמוך - ($^{\circ}\text{C}$)	טמפרטורת מינימום		טמפרטורת מקסימום		עומק הקרקע, ס"מ
	שעה	ערך ($^{\circ}\text{C}$)	שעה	ערך ($^{\circ}\text{C}$)	
15	6 ⁰⁰ - 7 ⁰⁰	20	14 ⁰⁰ - 15 ⁰⁰	35.1	2
12.4	6 ⁰⁰ - 7 ⁰⁰	21	14 ⁰⁰ - 15 ⁰⁰	33.4	5
8.3	7 ⁰⁰ - 8 ⁰⁰	22.4	16 ⁰⁰ - 17 ⁰⁰	30.7	10

טבלה 3 – ערכים יומיים של טמפרטורת קרקע בחודש יוני בעומקים שונים. בקרקע עם חיפוי פלסטיק ללא

השקיה (A) ובקרקע עם חיפוי פלסטיק והשקיה (B).

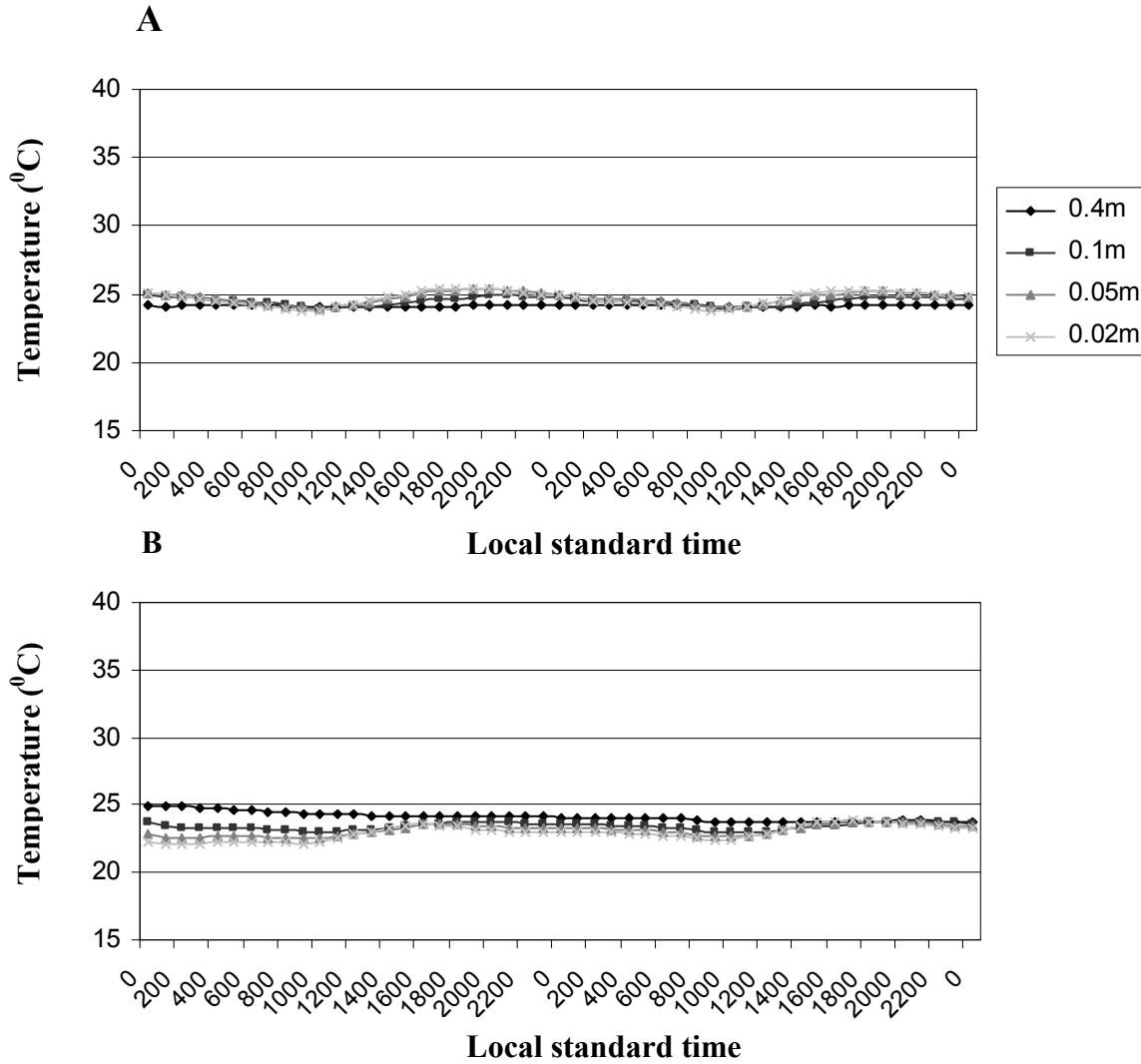
בבחינת המהלך היומי של טמפרטורת הקרקע עם חיפוי פלסטיק והשקיה (איור 22) נמצא שקיימת ירידה בטמפרטורה הממוצעת עבור קרקע עם חיפוי פלסטיק ומתן השקיה, אך ניתן לראות כי דפוס השינויים דומה בשני המקרים. גם במקרה הזה הירידה בטמפרטורה נמשכה זמן קצר ולאחר מספר ימים נראתה עלייה בטמפרטורות.



איור 22— מהלך יומי של טמפרטורת הקרקע במשך שתי יממות בחודש יוני בעומקים שונים.

בקרקע עם חיפוי פלסטיק ללא השקיה (A) ובקרקע עם חיפוי פלסטיק והשקיה (B).

בבחינת המהלך היומי של טמפרטורת הקרקע עם חיפוי בשבבי עץ והשקיה (איור 23) נמצא שקיימת ירידה בטמפרטורה הממוצעת עבור קרקע עם חיפוי בשבבי עץ ועם השקיה. ניתן לראות כי לא ניכרים הבדלים משמעותיים בין הטיפולים. גם במקרה הזה הירידה בטמפרטורה נמשכה זמן קצר ולאחר מספר ימים נראתה עלייה בטמפרטורות.



איור 23— מהלך יומי של טמפרטורת הקרקע במשך שתי יממות בחודש יוני בעומקים שונים. עבור קרקע עם חיפוי שבבי עץ ללא השקיה (A) ועבור קרקע עם חיפוי שבבי עץ והשקיה (B).

6. דיון

במהלך 40 השנים האחרונות משקיעה קק"ל משאבים רבים בייעור באזור הדרום. יש מספר סיבות לנטיעות של עצים ושיחים באזורים מעוטי גשמים (מתחת ל-300 מ"מ גשם בשנה): א. תפיסת שטחים מנקודת מבט ציונית וביטחונית. ב. פיתוח אזורי חיץ בין יישובים אורבניים לצורך נופש וקייט. ג. עצירת תהליכי המדבור, המתבטאת בסחף הקרקע וירידה בכמות ובמגוון מיני הצומח ובעלי חיים, לשם שמירה על פוטנציאל להתיישבות ופתוח עתידי. ד. גיוון פני הנוף ע"י יצירת כתמים ירוקים. מטרות אלו חייבו נטיעה וביסוס הנטיעות באזורים בהם ביסוס הנטיעות והמשך קיומן תלויים בעיקר במים. בסוס הנטיעות הנו שלב קריטי והמאמצים הרבים מושקעים בו כוללים: הכנת שטח מדוקדקת, הכנת שתילים איכותיים, טיפול מקדים בעשבייה, נטיעה והשקיות עזר בשנה הראשונה. יחד עם זאת, נראה שהישרדות השתילים בשנה הראשונה לנטיעה אינה מובטחת ויש צורך בבחינה של אמצעים נוספים להבטחת התבססות השתילים. בעבודה הנוכחית נבחנו שני היבטים של ביסוס נטיעות באזורים יובשניים: מתן השקייית עזר וחפוי קרקע.

6.1 השקייית עזר

לאור העלות הגבוהה של מתן השקיה, עיקר מטרתה של השקייית העזר הנה הבטחת הישרדות השתילים והתבססותם במהלך הקיץ הראשון לנטיעה. בשיטת הנגב נמצא שהשקייית עזר תורמת להתפתחותם אך לא להישרדותם של השתילים. ביטוי לכך ניתן לראות בהתפתחות הנוף והשורשים של השתילים בניסוי. כאשר ניתנה השקייית עזר נראתה תוספת בגובה ובקוטר השתילים (איור 4) בכמות הביומאסה בחלק העל קרקעי (איור 5) ובאורך השורשים (איור 7) וגדלה היעילות של ניצול המים על ידי השתילים (איור 10). אך מתן השקייית עזר כחצי שנה לאחר הנטיעה לא שיפרה את הישרדות השתילים ונמצאה שרידות גבוהה בתום תקופת הגידול גם ללא השקייית עזר (איור 1). ממצאים דומים נמצאו במחקרם של עצמון וחוב' שהראו שמתן השקיות עזר תרמו להתפתחות השתילים אך לא שיפרו בצורה משמעותית את הישרדות השתילים (עצמון וחוב' 2003). לאור זאת, נראה שמתן השקייית עזר לשתילי שיטת הנגב בשנה הראשונה לנטיעה הנו מיותר.

בשיזוף מצוי נמצא שהשקייית עזר תורמת להתפתחותם וגם להישרדותם של השתילים. ביטוי לכך ניתן לראות בהתפתחות הנוף והשורשים של השתילים בניסוי. כאשר ניתנה השקייית עזר נראתה תוספת בגובה ובקוטר

השתילים (איור 12) בכמות הביומאסה בחלק העל קרקעי (איור 14) ובאורך השורשים (איור 16) ונראתה מגמה של גדילה ביעילות של ניצול המים על ידי השתילים (איור 19).

מתן השקיית עזר כחצי שנה לאחר הנטיעה נמצאה קריטית לשתילים והייתה לה השפעה ניכרת על הישרדות השתילים בתום תקופת הגידול (איור 11). תוצאות אלו הן בדומה לממצאים של מסינה המראים שהשקית עזר באזורים יובשניים מגדילה את הישרדותם של העצים (Messina and Duncan, 1993). השקיית העזר השפיעה על מאזן המים בכך שהעלתה את פוטנציאל המים של הקרקע דבר שהעלה את זמינות המים לשתילים שהתבטא בהתפתחות השתילים.

השקיית העזר השפיעה על הטמפרטורה בטווח הקצר (מספר ימים) אך לטווח הארוך לא נראתה השפעה של השקיית העזר על הטמפרטורה. במקרה זה נראה שבמידה וקיימת השפעה של ההשקיה ההשפעה היא ישירה (על מאזן המים בצמח) ולא דרך שינוי טמפרטורת הקרקע.

6.2 חיפוי קרקע

בדומה להשקיית עזר נמצא כי בשיטת הנגב חיפויי קרקע תורמים להתפתחותם של השתילים אך לא להישרדותם. עוד נמצא כי יש הבדל בהשפעתם של סוגי החיפוי השונים על התפתחות השתילים בניסוי. בעבודה הנוכחית נראתה השפעה חזקה יותר של חיפוי עם שבבי עץ על התפתחות הנוף לעומת חיפוי עם הפלסטיק. ביטוי לכך ניתן לראות בתוספת גדולה יותר עבור חיפוי שבבי עץ בגובה ובקוטר השתילים (איור 4), בכמות הביומאסה בחלק העל קרקעי (איור 5) ובניצול יעיל יותר של המים על ידי השתילים (איור 10). תוצאות דומות התקבלו במחקרם של Lambert et al., (1994) שהצביעו על שיפור בביצועי העצים שטופלו בחיפויי קרקע. בנוסף מציינים המחברים הנ"ל ששיעור הצמיחה נמצא גבוה יותר בחיפוי אורגאני לעומת חיפוי אנאורגאני.

בעבודה הנוכחית לא הוכחה השפעה של חיפויי קרקע על הישרדותם של השתילים ונמצא אחוז הישרדות גבוה גם בשתילים ללא חיפוי (איור 1). בדומה לממצאים של מסינה ושותפו שהראו כי חיפויי קרקע לא משפרים את הישרדות השתילים באזורים יובשניים (Messina and Duncan, 1993).

בשיזוף מצוי לא נמצא הבדל מובהק בהתפתחותם ובהישרדותם של השתילים בהשפעת החיפויים השונים, אך נמצאה השפעה חזקה יותר של חיפוי עם הפלסטיק על התפתחות הנוף לעומת חיפוי עם שבבי עץ. ביטוי לכך

ניתן לראות בתוספת גדולה יותר בגובה ובקוטר השתילים (איור 12), בכמות הביומאסה בחלק העל קרקעי (איור 14) ובניצול יעיל יותר של המים תחת חיפוי עם פלסטיק (איור 19).

לא נמצאה השפעה של חיפוי הקרקע על הישרדותם של השתילים ולא נמצאו הבדלים מובהקים באחוז הישרדות של שתילים עם חיפוי לעומת הביקורת (איור 1).

חיפוי הקרקע משפיע על משטר הטמפרטורה בקרקע באזור בית השורשים, תימוכין לכך נמצא בספרות ובעבודות קודמות שנעשו בנושא (Hillel, 1998; Takakura and Fang, 2002).

בעבודה זו נמצא כי חיפוי עם פלסטיק אפשר עליית הטמפרטורה במשך היום ולהורדתה במשך הלילה ואילו חיפוי עם שבבי עץ שמר על טמפרטורה יציבה ואחידה במשך כל שעות היממה (איור 20). ממצא זה מחזק את העובדה שחיפוי הקרקע משפיע על משטר הטמפרטורה. ושיחפוי אורגני יעיל יותר בהפחתת משרעת שינויי הטמפרטורה בין יום ולילה. מחקרים קודמים מראים ששינויים מתונים בטמפרטורת הקרקע וטמפרטורות מתונות באזור בית השורשים גרמו לגדילה טובה יותר (Diaz-perez et al., 2005).

שינוי משטר הטמפרטורה באזור בית השורשים תחת חיפוי עם שבבי עץ, שם הטמפרטורה יציבה ואחידה, עשוי להשפיע באופן ישיר על הצמח ולהיות הגורם להתפתחות המוגברת של נוף השתילים בעבודה הנוכחית.

לא נמצאו הבדלים בתכולת הרטיבות בקרקע ובאיבוד המים הכולל עבור שתילי שיטת הנגב ללא השקיית עזר (איור 9). אך ידוע מעבודות קודמות כי חיפוי אורגני משפר את מאזן המים באופן טוב יותר מחיפוי אנאורגני (Gupta and Acharya, 1993; Mbagwu, 1991). אובדן המים בין הטיפולים השונים הנמדד בעבודה זו הוא האבפוטראנספירציה (Evapotranspiration) המשלב בתוכו את תהליך ההתאדות מקרקע חשופה (Evaporation) ואת תהליך הדיות מהצמח (Transpiration). בבדיקה של התפתחות השתילים עם חיפויים שונים ניתן להבחין בהבדלים בהתפתחותם של שתילי שיטת הנגב ועל ידי כך ניתן לעשות הפרדה בין תהליכי איבוד המים. התפתחות מוגברת של נוף השתילים בטיפול חיפוי עם שבבי עץ מעידה על דיות מוגברת ורמת התאדות נמוכה מפני הקרקע בשל הטמפרטורה הנמוכה שגרם חיפוי הקרקע. בעוד שהתפתחות קטנה של נוף השתילים בטיפול חיפוי עם הפלסטיק מעידה על רמת דיות נמוכה יותר והתאדות מוגברת בשל הטמפרטורה הגבוהה שגרם חיפוי הקרקע. מכאן ששינוי משטר הטמפרטורה באזור בית השורשים עשוי להשפיע באופן עקיף על הצמח בכך, שטמפרטורה גבוהה מעלה את רמת ההתאדות ובשל

כך יש פחות מים זמינים לשתילים. וטמפרטורה נמוכה מורידה את רמת ההתאדות מפני הקרקע ומעלה את זמינות המים לשתילים המתבטאת בהתפתחות הנוף המוגברת.

עבור השיזף המצוי אכן נראו הבדלים באיבוד המים הכולל ונמצא כי היה הבדל מובהק בין החיפויים שהתבטא באובדן גדול יותר של מים עבור חיפוי הפלסטיק (איור 18). לא נמצאו הבדלים מובהקים בהתפתחות הנוף של השתילים, מה שמחזק את ההנחה שבעבודה הנוכחית שינוי משטר הטמפרטורה באזור בית השורשים משפיע באופן עקיף על הצמח בכך שחיפוי הקרקע משפר את מאזן המים בקרקע ומגדיל את שיעור המים הזמינים לשתילים.

6.3 השקיית עזר וחיפוי קרקע

בבחינה של השילוב בין טיפולי החיפוי ומתן השקיית עזר במין שיטת הנגב נמצא ששילוב של השקיה וחיפוי עם שבבי עץ עודדו את התפתחות הנוף של השתילים ועיכבו את התפתחות השורשים. כאשר ניתן חיפוי שבבי עץ, נמצא שאורך השורשים היה קטן מזה של הביקורת (איורים 6,7). אך כאשר בוחנים את נוף השתילים מוצאים עלייה בגובה ובקוטר השתילים (איור 4), תוספת משמעותית בצבירת כמות הביומאסה בחלק העל קרקעי (איור 5) וניצול יעיל יותר של המים על ידי השתילים (איור 10). יחס שורש־נוף קטן שהתקבל בחיפוי עם שבבי עץ דומה לממצאיהם של (Barton and Montagu, 2006) הם הראו שמתן השקיה באזורים מעוטי משקעים גוררת ירידה ביחס שורש־נוף. לעומת זאת שילוב של השקיה וחיפוי עם פלסטיק השפיעו באופן שלילי על התפתחות הנוף ועודדו את התפתחות השורשים. כאשר ניתן חיפוי בפלסטיק נמצא שאורך השורשים היה גדול בהרבה מזה של הביקורת (איורים 6,7). אך בבחינת הנוף נצפתה ירידה בגובה ובקוטר השתילים (איור 4), ירידה בצבירת כמות הביומאסה בחלק העל קרקעי (איור 5) וניצול פחות יעיל של המים על ידי השתילים (איור 10).

בבדיקה של אובדן המים הכולל בתום תקופת הגידול נמצאו הבדלים בין טיפולי החיפוי דבר שאולי מסביר את יחסי שורש־נוף שהתקבלו עבור החיפויים השונים. נמצא שאובדן המים הגדול ביותר היה בחיפוי עם הפלסטיק והוא גם הטיפול שהתקבלה בו התפתחות נוף קטנה בדומה לכתוב בספרות שתכולת רטיבות נמוכה גורמת להתארכות השורשים ולהקטנת הביו מסה (Poorter and Nagel, 2000).

אובדן מים גדול והתפתחות נוף קטנה מצביעים גם על אידוי רב יותר המתרחש עקב הטמפרטורה הגבוהה שהתפתחה מתחת לפני הקרקע תחת חיפוי עם הפלסטיק. הטמפרטורה תחת חיפוי כזה כגון פוליאאתילן שחור הקולט את קרינת השמש, יותר גבוהה מזו של קרקע חשופה ואפשר להניח שההבדלים בטמפרטורה גרמו למים שניתנו בהשקיית העזר להתאדות. מה שגרם להקטנת המים הזמינים ולירידה בהתפתחות של נוף השתילים. התארכות השורשים המוגברת נגרמה כתוצאה מהקטנת הביומאסה של נוף הצמח וניצול המשאבים להתפתחות השורשים. בחיפוי עם שבבי עץ נמצא אובדן קטן יותר של מים והתפתחות נוף גדולה, טמפרטורת הקרקע באזור בית השורשים תחת חיפוי עם שבבי עץ היא מתונה ואחידה במשך כל שעות היממה ומידת ההתאדות קטנה, דבר שמצביע על כך שאיבוד המים נעשה ברובו באמצעות הדיות. השקיית העזר שניתנה גרמה לשיפור במאזן המים, חיפוי בשבבי עץ הפחית את ההתאדות בשל הטמפרטורה הנמוכה שהתפתחה תחתיו ובעקבות כך היו יותר מים זמינים שגרמו להגברת תהליך הפוטוסינתזה והגדלת הייצור של נוף השתילים.

שילוב של השקיה וחיפוי לא השפיע על הישרדות השתילים של שיטת הנגב ונמצא שיעור הישרדות גבוה בכל הטיפולים (איור 1). כאשר בחנו את ההשפעה של שילוב השקיית עזר עם חיפוי קרקע על הישרדות השתילים במין שיזף מצוי נמצא הבדל מובהק בין הטיפולים והתוצאות מצביעות על השפעה שלילית של השקיה וחיפוי על הישרדות השתילים (איור 11). אך בבדיקה מעמיקה מסתבר שתמותת השתילים הייתה לפני מתן השקיית העזר, דבר שמסביר את ההבדלים בין הטיפולים השונים. ולכן לא ניתן להסיק על ההשפעה של השקיית עזר בשילוב חיפוי קרקע על הישרדות השתילים.

בבחינת ההשפעה של שילוב השקיית עזר עם חיפוי קרקע על התפתחות נוף השתילים עבור המין שיזף מצוי לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים ואי אפשר להצביע על מגמה וזאת בשל התמותה הגבוהה ומיעוט החזרות. מאותה סיבה גם לא ניתן להסיק על ההשפעה של שילוב השקיית עזר עם חיפוי קרקע על התפתחות השורשים עבור המין שיזף מצוי.

7. רשימת ספרות

אבידן, ב., מני, י., קליין, י. לביא, ש., זיידן, ס., נעלי, ע. 2000. חיפוי קרקע בשבבי עץ כתחליף להשקיה בשתילי זית צעירים בחלקות בעל. "עלון הנוטע" 54: 268-272.

אבן-ארי, מ., שגן, ל., תדמור, נ. 1980. הנגב מלחמת קיום במדבר. מוסד ביאליק, ירושלים.

אשכנזי, ש. 1995. עצי השיטה בנגב ובערבה. הקרן הקיימת לישראל, ירושלים.

עצמון, נ. 1985. יצור שתילי עצי יער במכלים ולימוד גורמים המשפיעים על הסתעפות שורשים. עבודת גמר לתואר מוסמך, הפקולטה לחקלאות, האוניברסיטה העברית בירושלים.

עצמון, נ., פרדקין, א., חתמה, ת., כצנלסון, מ., בן-משה, ע. משה, י., ליטמנוביץ, ז. 2003. אמצעים לשיפור ביסוסן של נטיעות באזורים מעוטי משקעים. יער 3: 19-23.

שמידע, א. ודרום, ד. 1992. מדריך העצים והשיחים בישראל. בית הוצאה כתר, ירושלים.

Acharya, C.L., K.M. Hati, and K.K. Bandyopadhyay. 2005. Mulches, p. 521-532, *In*: D. Hillel, ed. Encyclopedia of Soils in the Environment. Elsevier Ltd., Oxford.

Agassi, M., and Levy, G. J. 1991. Stone-cover and rain intensity: effect on infiltration, erosion and water splash. Australian Journal Of Soil Research 29:565-575.

Altieri, M.A., R.C. Wilson, and L.L. Schmidt. 1985. The effects of living mulches and weed cover on the dynamics of foliage- and soil- arthropod communities in three crop systems. Crop Protection 4:201-213.

Anderson, D.C., and W.K. Ostler. 2002. Revegetation of degraded lands at U.S. department of energy and U.S. department of defense installations: strategies and successes. Arid Land Research and Management 16:197-212.

Barton, V.M., and K.D. Montagu. 2006. Effect of spacing and water availability on root:shoot ratio in *Eucalyptus camaldulensis*. Forest Ecology and Management 221:52-62.

- Biswas, A.K. 1990. Conservation and management of water resources, p. 251-265, *In*: A. S. Goudie, ed. Techniques for Desert Reclamation. John Wiley & Sons Ltd., Oxford.
- Boast, C.W., and F.W. Simmons. 2005. Evaporation of water from bare soil, p. 494-502, *In* D. Hillel, ed. Encyclopedia of Soils in the environment. Elsevier Ltd., Oxford.
- Box, J.E., and R.R. Bruce. 1995. The effect of surface cover on infiltration and soil erosion, p. 107-123, *In* M. Agassi, ed. Soil Erosion Conservation and Rehabilitation. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Bredell, G.S., and C.J. Barnard. 1974. Soil moisture conservation through mulching. The Citrus and Sub - Tropical Fruit Journal July:13-16.
- Brunori, A. 1993. *Eucalyptus* plantations in arid regions: A case study on the effectiveness of water harvesting techniques in the Negev desert of Israel, Emek Hefer, Rupin Institute, Israel.
- Burley, J. 1990. The conservation and use of plant resources in dry land, p. 199-218, *In*: A. S. Goudie, ed. Techniques for Desert Reclamation. John Wiley & Sons Ltd., Oxford.
- Davies, W.J., and J. Zhang. 1991. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 42:55-76.
- Diaz-perez, J.C., S.C. Phatak, D. Giddings, D. Bertrand, and H.A. Mills. 2005. Root zone temperature, plant growth, and fruit yield of tomatillo as affected by plastic film mulch. *HortScience* 40:1312-1319.
- Droppelmann, K., and P.R. Berliner. 2003. Runoff agroforestry-a technique to secure the livelihood of pastoralists in the Middle East. *Journal Of Arid Environments* 54:571-577.

- Droppelmann, K., and P.R. Berliner. 2000. Biometric relationships and growth of pruned and non-pruned *Acacia saligna* under runoff irrigation in northern Kenya. *Forest Ecology and Management* 126:349-359.
- El-Lakany, M.H. 1996. Establishment and management of tree plantations in arid lands, p. 73-78, *In* S. Bruns, ed. *Dryland Forestry Research*. International Foundation for Science, Stockholm.
- Fisher, J.T., G.A. Fancher, and R.W. Neumann. 1986. Survival and growth of containerized native juniper (*Juniperus monosperma*) on surface mined lands in new Mexico. *Forest Ecology and Management* 16:291-299.
- Fisher, P.D. 1995. An alternative plastic mulching system for improved water management in dryland maize production. *Agricultural Water Management* 27:155-166.
- Gale, J., and A. Mayber .1970 .A further observation on the spot-watering and mulching technique for planting Aleppo pine. *La-Yaaran* 20:18-22.
- Gilman, E.F.a.G., J. 2004. Mulch and planting depth affect live oak establishment. *Journal Of Arboriculture* 30:311-317.
- Gimenez, C., M. Gallardo, and R.B. Thompson. 2005. Plant water relations, p. 231-238, *In* D. Hillel, ed. *Encyclopedia of Soils In The Environment*. Elsevier Ltd., Oxford.
- Green, D.S., E.L. Kruger, and G.R. Stanosz. 2003. Effects of polyethylene mulch in a short-rotation, poplar plantation vary with weed-control strategies, site quality and clone. *Forest Ecology and Management* 173:251-260.
- Greenly, K.M., and D.A. Rakow. 1995. The Effect of wood mulch type and depth on weed and tree growth and certain soil parameters. *Journal Of Arboriculture* 21:225-232.
- Greer, D., and J.M. Dole. 2003. Aluminum foil, aluminum-painted, plastic, and degradable mulches increase yields and decrease insect-vectored viral diseases of vegetables. *HortTechnology* 13:276-284.

- Gupta, R., and C.L. Acharya. 1993. Effect of mulch induced hydrothermal regime on root growth, water use efficiency, yield and quality of strawberry. *Journal of the indian of soil science* 41:17-25.
- Hillel, D. 1998. *Environment Soil Physics* Academic Press, London, UK.
- Hillel, D. 2004. *Introduction to Environmental Soil Physics* Academic Press, San Diego.
- Joslin, J.D., M.H. Wolfe, and P.J. Hanson. 2000. Effects of altered water regimes on forest root systems. *New Phytol.* 147:117-129.
- Kirkham, M.B. 1990. Plant responses to water deficits, p. 323-341, *In* B. A. Stewart and D. R. Neilson, eds. *Irrigation Of Agricultural Crops-Agronomy Monograph* no.30. Madison, WI.
- Kirkham, M.B. 2005. Water use efficiency, p. 315-322, *In* D. Hillel, ed. *Encyclopedia of Soils in the Environment*. Elseiver Ltd., Oxford.
- Kozlowski, T.T., and S.G. Pallardy. 1997. *Physiology of Woody Plants*. Second ed. Academic pres, Inc., San Diego.
- Kramer, S., P.M. Miller, and L.E. Eddleman. 1996. Root system morphology and development of seedling and juvenile *Juniperus occidentalis*. *Forest Ecology and Management* 86:229-240.
- Lambert, F., Truax, B., Gagnon, D., Chevrier, N. 1994. Growth and N nutrition, monitored by enzyme assays, in a hardwood plantation: effects of mulching materials and glyphosate application. *Forest Ecology and Management* 70:231-244.
- Li, F.M., Guo, A.H. and Wei, H. 1999. Effects of clear plastic film mulch on yield of spring wheat. *Field Crops Research* 63:79-86.
- Lomas, J. 1972. Economic significance of dry land farming in the arid northern negev of Israel. *Agric. Meteorol.* 10:383-392.

- MacCully, M.E. 1999. Roots in soil: unearthing the complexities of roots and their rizospheres. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 50:695-718.
- Mannering, J.V.a.M., L.D. 1963. The effects of various rates of surface mulch on infiltration and erosion. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 27:84-86.
- Mbagwu, J.S.C. 1991. Influence of different mulch materials on soil temperature, soil water content and yield of three cassava cultivars. *J. Sci. Food. Agric* 54:569-577.
- McMichael, B.L., and J.E. Quisenberry. 1993. The impact of the soil environment on the growth of root systems. *Environmental and Experimental botany* 33:53-61.
- McMichael, B.L., and J.J. Burke. 2002. Temperature effect on root growth, p. 717-728, *In* Y. Waisel, et al., eds. *Plant Roots The Hidden Half*. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Messina, M.G., and J.E. Duncan. 1993. Establishment of hardwood tree and shrub species on a Texas lignite mine using irrigation, mulch and shade. *Landscape and Urban planning* 25:85-93.
- Noy-Meir, I. 1990. Responses of two semiarid rangeland communities to protection from grazing. *Israel Journal of Botany* 39:431-442.
- Poorter, H., and O. Nagel. 2000. The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO₂, nutrients and water: a quantitative review. *Aust. J. Plant Physiol.* 27:595-607.
- Raven, P.H., R.F. Evert, and S.E. Eichhron. 1999. *Biology Of Plants* W. H. Freeman and Company, New York.
- Reich, P.B. 2002. Root-shoot relations:optimality in acclimation and adaptation or the "emperor's new clothes"? p. 205-220, *In* Y. Waisel, et al., eds. *Plant Roots The Hidden Half*. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Salman, H.M., and S.F. Gorski. 1985. The effects of clear and black polyethylene mulches on the soil environment. *Research Circular, Ohio Agricultural Research and Development Center* 288:7-9.

- San, D., G. Dickinson, and A. Bragg. 1994. The establishment of eucalyptus camaldulensis on a tropical saline site in north Queensland, Australia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 48:1-8.
- Schiefelbein, J.W.a., and P.N. Benfey. 1991. The development of plant roots: New approaches to underground problems. *The Plant Cell* 3:1147-1154.
- Schlesinger, W.H., J.F. Reynolds, L.G. Cunningham, F.L. Huenneke, M.W. Jarrel, A.R. Virginia, and G.W. Whitford. 1990. Biological feedbacks in global desertification. *Science* 24:1043-1047.
- Sculze, E.D., N.C. Turner, T. Golan, and K.A. Shackel. 1987. Stomatal responses to air humidity and to soil drought, p. 311-321, *In* E. Zeiger, ed. *Stomatal Function*. Stanford University Press, California.
- Shainberg, I., and G.J. Levy. 1996. Infiltration and seal formation processes, p. 1-17, *In* M. Agassi, ed. *Soil Erosion Conservation and Rehabilitation*. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Shilling, D.G., A.D. Worsham, and D.A. Danehower. 1986. Influence of mulch, tillage and diphenamid on weed control, yield and quality in no-till flue-cured tobacco. *Weed Science* 34:738-744.
- Singh, B., G.N. Gupta, K.G. Prasad, and S. Mohan. 1988. Use of mulches in establishment and growth of tree species on dry lands. *Indian-Forester* 114:307-316.
- Snyman, H.A. 2005. Rangeland degradation in semi-arid south africa: influence on seasonal root distribution, root/shoot ratios and water use efficiency. *Journal Of Arid Environments* 60:457-481.
- Stern, E., Y. Gradus, A. Meir, S. Krakover, and H. Tsoar. 1986. *Atlas of the Negev*. Keterpress Enterprises., Jerusalem.
- Takakura, T., and W. Fang .2002 .*Climate Under Cover* Kluwer Academic Publisher, Dordrecht.

Warrick, A.W. 1990. Nature and dynamics of soil water, p. 69-82, *In* B. A. Stewart and D. R. Nielsen, eds. Irrigation Of Agricultural Crops-Agronomy Monograph no.30. Madison, Wisconsin.

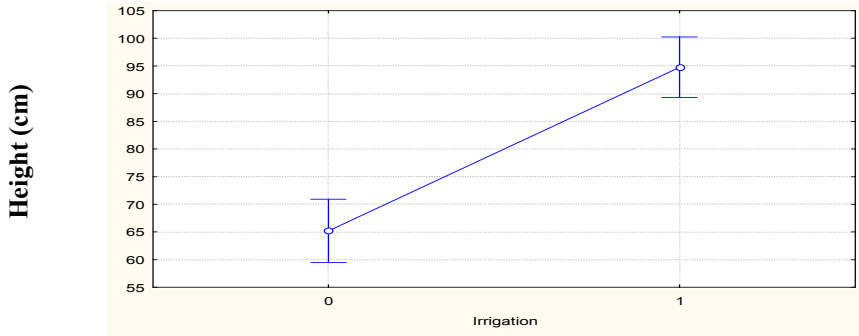
Wullschleger, S.D., F.C. Meinzer, and V.R. A. 1998. A review of whole-plant water use studies in trees. *Tree Physiology* 18:499-512.

8. נספחים: נספח 1 – ניתוח סטטיסטי לתוצאות גובה הנוף עבור שיטת הנגב.

A - השפעת ההשקיה (0 – ביקורת. 1 – השקיית עזר) B - השפעת החיפוי ללא השקיה. C -

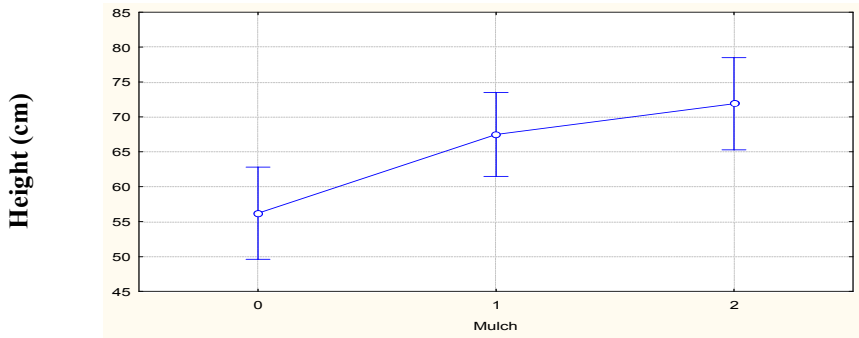
A השפעת החיפוי עם השקיה (0 - ביקורת. 1- חיפוי פלסטיק. 2 - חיפוי שבבי עץ)

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	425898.5	1	425898.5	1629.12	0
Irrigation	14568.7	1	14568.7	55.727	0



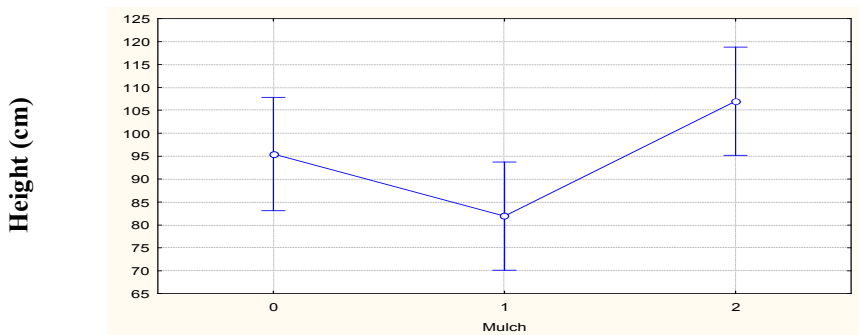
B

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	135033	1	135033	1298.61	0
Mulch	1321.7	2	660.9	6.355	0.005142
Error	3015.5	29	104		



C

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	313954.2	1	313954.2	776.8953	0
Mulch	3782.5	2	1891.3	4.68	0.016486
Error	12931.6	32	404.1		



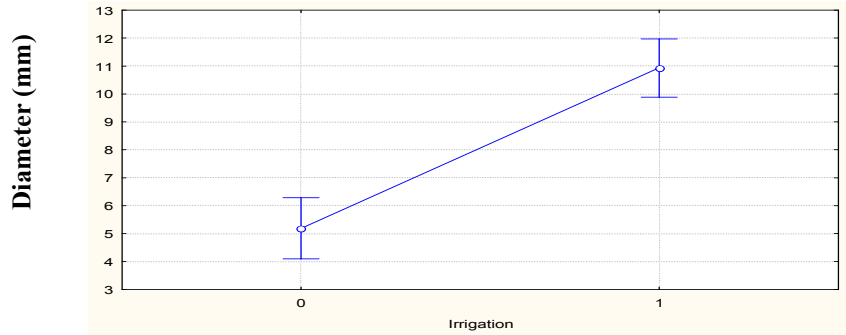
נספח 2 – ניתוח סטטיסטי לתוצאות הקוטר עבור שיטת הנגב.

A - השפעת ההשקיה (0 – ביקורת. 1 – השקייית עזר) B - השפעת החיפוי ללא השקיה. C -

השפעת החיפוי עם השקיה (0 – ביקורת. 1 - חיפוי פלסטיק. 2 - חיפוי שבבי עץ)

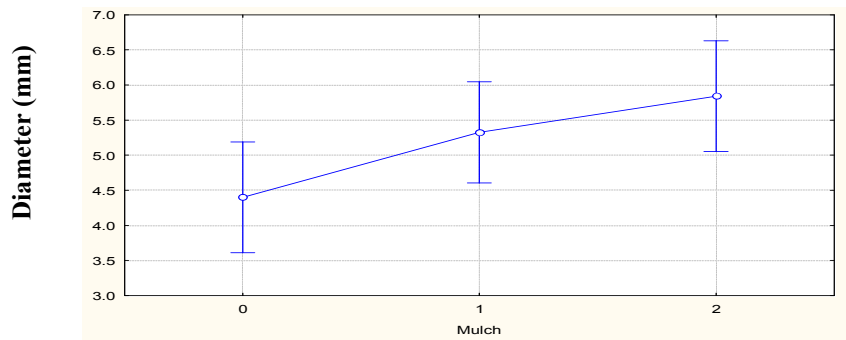
A

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	4324.996	1	4324.996	455.355	0
Irrigation	549.328	1	549.328	57.8357	0



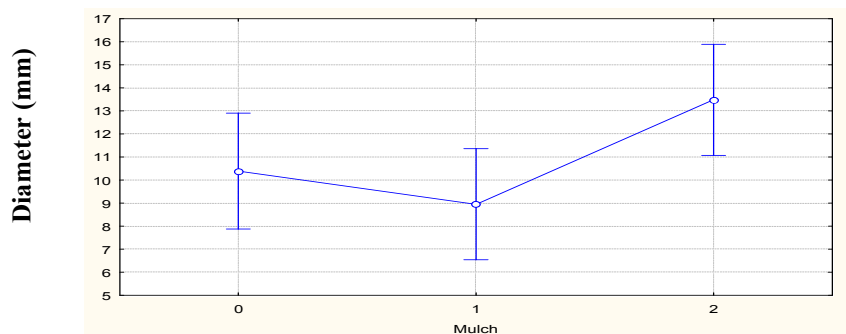
B

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	855.0679	1	855.0679	575.5827	0
Mulch	10.6832	2	5.3416	3.5957	0.040272
Error	43.0815	29	1.4856		



C

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	4177.466	1	4177.466	249.2609	0
Mulch	128.259	2	64.129	3.8265	0.032359
Error	536.301	32	16.759		



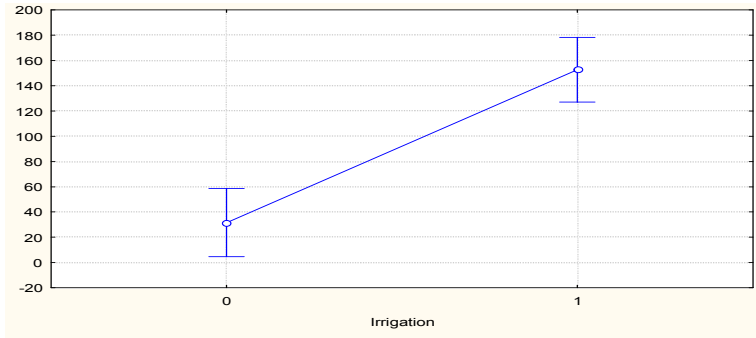
A - השפעת ההשקיה (0 - ביקורת. 1 - השקייית עזר) B - השפעת החיפוי ללא השקיה. C -

השפעת החיפוי עם השקיה (0 - ביקורת. 1 - חיפוי פלסטיק. 2 - חיפוי שבבי עץ)

A

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	564396.5	1	564396.5	98.10701	0
Irrigation	243488.5	1	243488.5	42.32472	0

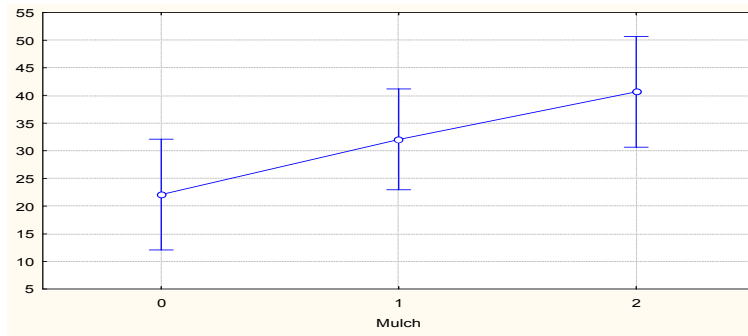
Dry above ground biomass (gr tree⁻¹)



B

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	31724.32	1	31724.32	132.7139	0
Mulch	1727.08	2	863.54	3.6125	0.039733
Error	6932.25	29	239.04		

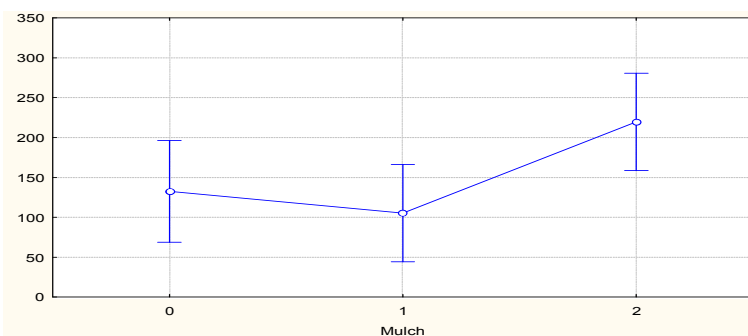
Dry above ground biomass (gr tree⁻¹)



C

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	813382.5	1	813382.5	75.66512	0
Mulch	84920.1	2	42460.1	3.94986	0.029301
Error	343992.6	32	10749.8		

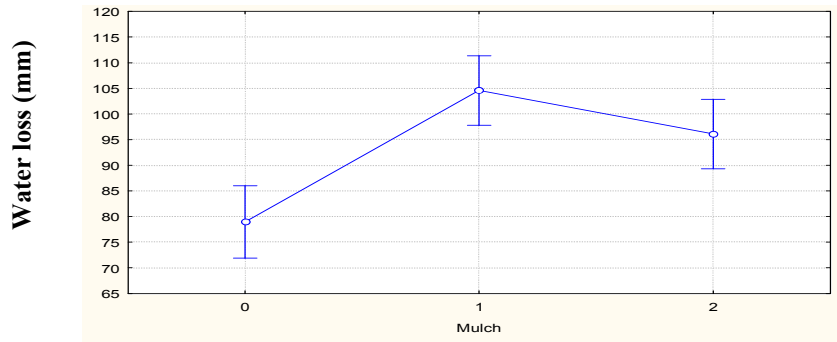
Dry above ground biomass (gr tree⁻¹)



נספח 4 – ניתוח סטטיסטי לתוצאות אובדן המים הכולל עבור שיטת הנגב.

השפעת החיפוי עם השקיה (0 - ביקורת. 1- חיפוי פלסטיק. 2 - חיפוי שבבי עץ)

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	303532.7	1	303532.7	2299.12	0
Mulch	3884	2	1942	14.71	0.000029
Error	4224.7	32	132		

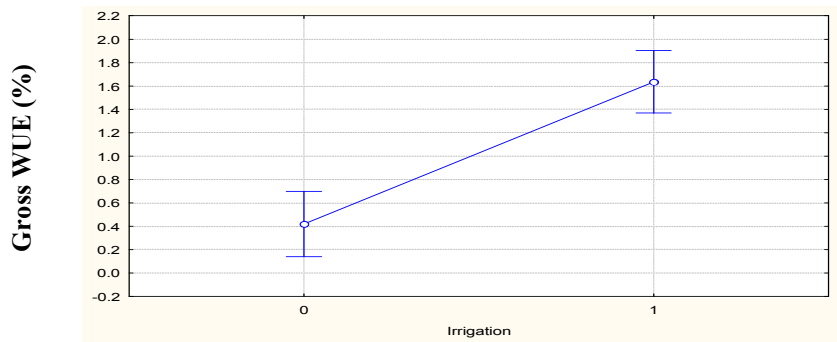


נספח 5 – ניתוח סטטיסטי לתוצאות יעילות ניצול המים עבור שיטת הנגב.

A - השפעת ההשקיה (0 – ביקורת. 1 – השקיית עזר) B - השפעת החיפוי עם השקיה

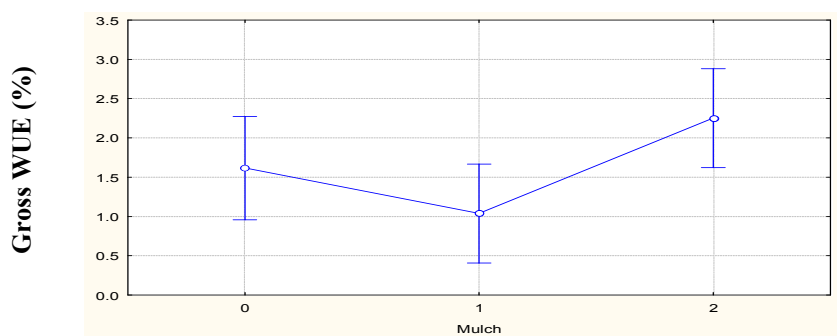
A (0 - ביקורת. 1- חיפוי פלסטיק. 2 - חיפוי שבבי עץ)

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	70.26472	1	70.26472	112.7266	0
Irrigation	24.6419	1	24.6419	39.5333	0



B

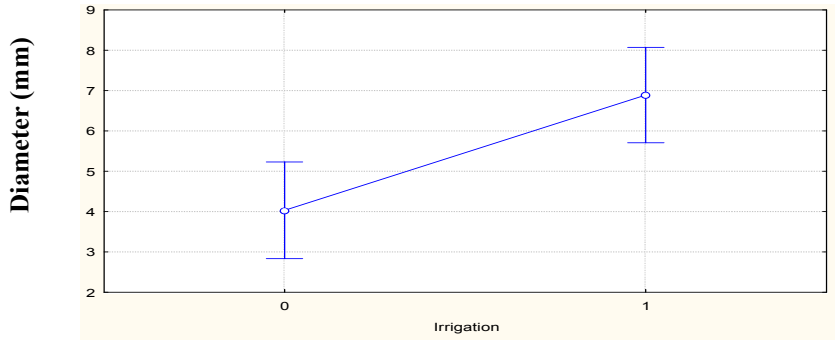
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	93.51729	1	93.51729	81.53133	0
Mulch	8.83694	2	4.41847	3.85216	0.031695
Error	36.70433	32	1.14701		



נספח 6 – ניתוח סטטיסטי לתוצאות הקוטר עבור שיוף מצוי.

השפעת ההשקיה (0 – ביקורת. 1 – השקיית עזר)

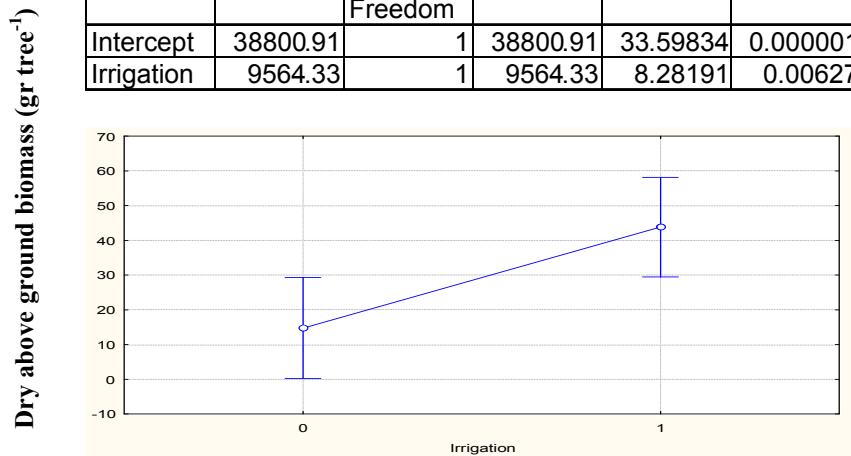
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1348.067	1	1348.067	170.7417	0
Irrigation	92.39	1	92.39	11.7018	0.001402



נספח 7 – ניתוח סטטיסטי לתוצאות צבירת הביומאסה עבור שיוף מצוי.

השפעת ההשקיה (0 – ביקורת. 1 – השקיית עזר)

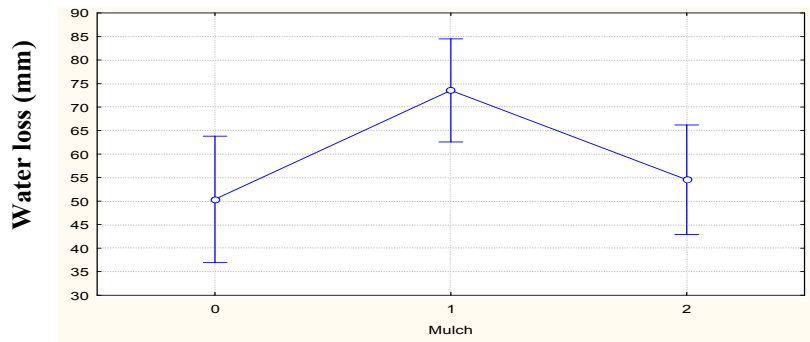
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	38800.91	1	38800.91	33.59834	0.000001
Irrigation	9564.33	1	9564.33	8.28191	0.00627



נספח 8 – ניתוח סטטיסטי לתוצאות אובדן המים הכולל עבור שיזף מצוי.

השפעת החיפוי עם השקיה (0 - ביקורת. 1- חיפוי פלסטיק. 2 - חיפוי שבבי עץ)

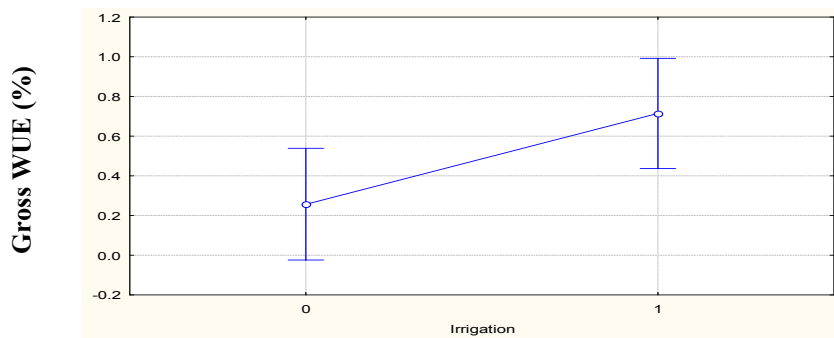
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	79088.14	1	79088.14	317.6466	0
Mulch	2430.45	2	1215.23	4.8808	0.018782
Error	4979.63	20	248.98		



נספח 9 – ניתוח סטטיסטי לתוצאות יעילות ניצול המים עבור שיזף מצוי.

השפעת ההשקיה (0 - ביקורת. 1 - השקיית עזר)

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	10.69313	1	10.69313	24.63294	0.000012
Irrigation	2.36787	1	2.36787	5.45468	0.024366



Abstract

One of the major methods to combat desertification is to establish forest tree species plantations. Survival of seedlings in the first year after planting is not guaranteed, and thus, there is a need to investigate methods to ensure their survival.

In this study, two aspects of planting establishment in arid zones were examined: additional irrigation and mulching. The effects of mulching techniques and additional irrigation on soil temperature and soil moisture and seedlings development were studied.

The tree species used in the study were *Acacia gerrardii negevensis* and *Ziziphus spina-christi*. Seedlings were planted on December 2004 in the Negev Highlands of Israel. The implemented mulching treatments were: Control (no mulch), wood chips and polyethylene sheets. The treatments were replicated four times in a completely randomized block design. In each of the blocks one row was additionally irrigated at the beginning of summer. Soil water content was monitored using a TDR system. In one of the four blocks soil temperature was monitored at depths of 0.02, 0.05, 0.10 and 0.4 m. The survival and growth of planting trees were evaluated.

The results suggest that the presence of mulch affected the water and temperature regime of the soil. It was found that both mulch types influenced soil temperature and humidity. As a result of the presence of the wood chips, very small variations in the diurnal temperatures were observed at all depths, the differences between depths being very small as well. The highest temperatures were registered under the polyethylene mulch with temperatures decreasing with depth at noon. The same pattern was observed in the trenches that were flooded a second time, but the average temperatures were 1-2 °C lower than the non-irrigated ones. The wood chip mulch was found to be more efficient than the polyethylene mulch for moisture

conservation. Combination of polyethylene mulch and additional irrigation reduced the above-ground growth and increased the below-ground growth. Combination of wood chip mulch and additional irrigation increased the above-ground growth and reduced the below-ground growth. Additional irrigation in the first year was found to have no significant effect. Thirty percent mortality was observed for *Ziziphus spina-christi* and five percent for *Acacia gerrardii negevensis*.

The present study suggests that mulching and additional irrigation may improve the development of planted trees in arid zones. However, different species might be affected differently by these treatments and the additional costs of the treatment should be regarded.

Ben-Gurion University of the Negev

Jacob Blaustein Institutes for Desert Research

Albert Katz International School for Desert Studies



**Assessment of Methods for The Improvement of
Tree Establishment in Dry Lands
Using Irrigation and Mulching**

Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of
"Master of Science"

By Amir Doron

March 2006

