

השפעת רכיבה על אופניים מול צעידה רגלית על הפרמטרים הביולוגיים של הקרקע בשדה צינ.

כותב: ערן מקובר, התיכון לחינוך סביבתי

מנחים: דר' חזי יצחק ודר' אלי צעדי, המכון לחקר המדבר



צילום: דר' חזי יצחק

תאריך הגשה: 24.2.08

תוכן העניינים

- הקדמה – ע"מ 2
סקירה ספרותית- ע"מ 3
שיטת העבודה- ע"מ 5
תוצאות הניסוי- ע"מ 7
דיון- ע"מ 10
סיכום ומסקנות- ע"מ 11
ביבליוגרפיה- ע"מ 12

הקדמה

נושא העבודה הוצג לי ולשני חברי; יהונתן רוסו ואמיר אראל, ע"י המורה שלנו לפיזיקה: דר' חזי יצחק. הנושא מצא חן בעיניי שלשתינו והחלטנו לקחת על עצמנו את המשימה. שלושתנו עבדנו באותה חלקת ניסוי כאשר אמיר ויהונתן התמקדו בפרמטרים הפיסיקליים בעוד שאני התמקדתי בפרמטרים הביולוגיים. המחקר נתמך על ידי קרן שלי" פורד. הנחו אותנו: דר' חזי יצחק ודר' אלי צעדי. נתונה להם תודתי על המאמץ והזמן שהושקע מצדם במסגרת פרויקט זה.

כמו כן פורסמה כתבה בעיתון מעריב שסקרה בקצרה את המחקר שערכנו.



תלמידי בוקר
התיכון בשרה
בוקר במהלך
המחקר בשרה
צ"ן
צילום: ד"ר חזי יצחק

בשביל שלא נהרוס

נסעתם לדרום והתחלתם לרכב? כיף לכם, פחות כיף לצמחיית המדבר • מוזקת חדש שנערך בשרה בוקר בודק עד כמה הרכיבה מזיקה לסביבה, ואיך מתקנים את המצב

לגבש מדיניות חרשה היכן ומתי מותר לרכב, וכיבוד את המלצות לרשימת שמי" רת הטבע והסביבה. נזכר לשתח שבילים מיוחדים לרכיבה, מה שיביא מבקביל לפי" תוח התירות באיזור ולספק פתגמה לתנו" שבים, וגם להאחות תזק. התוצאה תהיה פיתוח ענף רכיבה אופני ההרים באיזור רמת הגלב, בלי לפגוע בסביבה הרגישה". למזקי הזה חשיבות בינלאומית, והתוצאות לא יישמשו רק בישראל. גם בעולם משמ" שים אזורים מטריריים רבים כמזק מסיכה גדול לרוכבים. חוף מות, הוא צפוי להכריע מוכיח המסורת בין הרוכבים להלכי הר" גל - מי שוגע פחות בנזק, והאם לרוכבים מותר לטע גם בשבילי הליכה. הרכיבה נח" שבת לאגרוסיבית ומסיבית יותר. התוצאות הראשוניות התקבלו לפני זרש, ומזק עולה להרחיב את המזק. גם לישטחים בעלי סוגי קרקע שונים. עכשיו רק נותר למצוא את ערוץ המדיניות, ולשנות את המדיניות.

מטרות אקולוגיות כמו מדבר רגישות מאוד להפרעות שגורים האדם. חריצים בארומה וסימני רכיבות יבשית, ליצור צלקות זרימות זרמים, ליצור צלקות ולפגוע בנזק

המדיניות והקלות שברכיבה: לא צריך שכל אז מסלול מסודר, פשוט מצציאים את האופניים ומתחילים לרוש. הבעיה שנוצר רת היא שמטרות אקולוגיות כמו מרכה המושפעות ממילא ממחמד בנשמים, רגי" שרת מאוד להפרשת שגורים האדם חריצים עמוקים בארומה, וסימני רפיסה ושוחקת, יכולים לשנות את זרישת המים, ליצור צלקות ולפגוע בנזק ובכתי גודל של צמי חים ובעלי חיים. אגודנו מתכוונת לבדוק מספר שאלות, אמר ר"ד יצחק, "מהי תת" רידות וכמות הרכיבים המולצת באיזורים רלוו. נראה שיש לימים מלמדי, מדיניות

ער כמה הסימנים שמשאירים צמיגי האופניים שלם כקר" קע המדברית מוקיים לצמחייה, לבעלי החיים ולסביבה טרנד המודשת הכוללת וגוברת לסביבה מפלס לעצמו ררך גם לעולם האופניים, ולאוד מספר מוקרים שבוצעו בעולם במטרה לבדוק את השפ" עת הרכיבה על הסביבה, בעיקר ביערות ובאיזורים מסוגים, נשלה לאחרונה בזיקה של ישראל לתרום לתחום. מדובר במח" קר מדיע דיש, אותו עורך ר"ד חזי יצחק מביה"ס התיכון להנדסן סביבתי ממדשת שרה בוקר, ובתנחית ר"ד אלי צעדי, חו" קר ששחים פתוחים ואקילוג של הקרקע. המזק, הנערך כששת שרה צין ממדשה למדרשה, מתבצע על ידי תלמידי כיתות י"א, החל בנובמבר 2006, וייששך כשנה. המדייקט כבר נכה ב"500 דולר מתוכנית מענקי פורד לשימור הסביבה, הכוללת יותר מ"120 אלף איש כ"2 מדיעות בעולם, ומשפעת על ידי חברת הרכב האמריקנית הגדולה. איזור רחם הארץ האק לאטראקטיבי מן המדינה על החל במדיניות, ונראה שיהיה

סקירה ספרותית

בתקופה שאחרי מלחמת העולם השנייה הציבור החל לעסוק בזמנו החופשי בפעילות גופנית בטבע. במהלך השנים השימוש באדמות טבעיות למטרות פעילות גופנית הלך וגדל בקצב של יותר מ-10% בשנה. בשנים האחרונות חלה עלייה משמעותית בכמות האנשים שרוכבים על אופני הרים בזמנם החופשי. הרכיבה נעשית בשטחים טבעיים ועל כן נזקקים הרוכבים לשטחים רבים שבהם יוכלו לרכב. מוערך שנכון לשנת 2002 13.5 מיליון רוכבים פוקדים אדמות טבעיות בארה"ב לצרכי רכיבה באופניים (BLM, 2002).

בדיקה מעלה שבעוד שהשפעתה של הליכה רגלית או נסיעה בכלי רכב ממונעים על שטחים טבעיים נבדקה היטב מתברר שכמעט ולא נעשו עבודות שבודקות את השפעתה של הרכיבה באופניים על שטחים טבעיים.

בעבודתי אסקור את השפעות הרכיבה באופניים על הפרמטרים הביולוגיים בשטח הניסוי בהשוואה להליכה רגלית.

ניתן לחלק את ההשפעה של הרכיבה לשלוש קטגוריות עיקריות:

השפעה על הצמחייה:

ניתן לתאר את הפגיעה בצמחייה ע"י שימוש במושג *trampling* או רמיסה בעברית. משמעותה של רמיסה היא הפעלה של כוח על מבנה צמחי. הנזק הכולל שנגרם לצמחייה ניתן לתיאור כפונקציה של האנרגיה שמושחרת לצמחייה על ידי אמצעי התחבורה (York 2002).
יורק פיתח נוסחא לתיאור הנזק שנגרם לקרקע ולצמחייה :
(אשתמש בנוסח המקורי באנגלית מתאמי נוחות)

$$\text{Land Impact} = ((\text{weight} + \text{output acceleration}) \times \text{swath})$$

המשמעות של נוסחא זו היא שההשפעה על הקרקע שווה למשקל הרכב (weight) ועוד כוחו של הרכב (בכוחות סוס) חלקי משקלו (output acceleration). כל זה מוכפל ב *swath* שמשמעותו רוחבה של העקבה שמשאיר אחריו הרכב (צמיג, כף רגל או שרשרת כגון זו של טנק) כפול אורך הנסיעה/הליכה. הנוסחא שפיתח יורק בעייתית בעיני מכיוון שאיננה כוללת בתוכה פרמטרים רבים כגון לחץ האוויר

בגלגל(בהנחה שמדובר בגלגל) , דחיסות הקרקע, סוג הקרקע, לחות ועוד. החוסרים האלה הופכים את השיטה הזאת לכלי מוגבל למדי לחישוב ההשפעה של כלי רכב על הקרקע אך היא בהחלט יכולה לתת מושג כללי על ההשפעה.

השפעה על האדמה : ארוזיה מכאנית

מכיוון שבעבודתי לא אתמקד בנושא זה אלא בפרמטרים הביולוגים בחרתי שלא להעמיק בו. הקטגוריה הזאת כוללת את ההשפעה של הנסיעה/הליכה על הגורמים הפיזיים כגון דחיסות ומליחות.

השפעה על חיות בר: הפרעה

המחקרים שנעשו בנושא עד היום בודקים שתי השפעות עיקריות:

- (1) מוות ישיר- דריסה של בעל החיים שיכולה להוביל למותו. מדובר רק בבעלי חיים קטנים.
- (2) הפרעה- השהיה של בני אדם באזור המחיה של בעל החיים אשר עשויים לגרום לשינוי התנהגותי.

כמעט ולא נעשו עבודות אשר בודקות את נושא המוות הישיר של בעלי חיים אך כן הוזכר בעבודה שיונקים קטנים כן נדרסים לעיתים לא רחוקות (Switalski, pers. Comm). לעומת זאת עבודות רבות נעשו על השפעתם של אנשים שעוסקים בפעילות גופנית בשטחים טבעיים אך מעולם לא נעשה מחקר אשר בדק באופן ספציפי את ההשפעה של אופניים מול אמצעי תחבורה אחרים.

שאלת החקר:

מהי השפעת רכיבה באופניים מול הליכה רגלית על הפרמטרים הביולוגיים של הקרקע בשדה צינ? המשתנה התלוי יהיה הפרמטרים הביולוגיים שאותם אפרט בהמשך העבודה. המשתנה הבלתי תלוי יהיה מספר וסוג המעברים (אופניים או הליכה) על הקרקע.

השערת המחקר:

התקשיתי ליצור השערה מכיוון שהיה לי ברור שמדובר בסוגיה מורכבת. מצד אחד נראה הגיוני שאופניים יגרמו לנזק רב יותר מכיוון שהם משאירים עקבה רציפה, אך מצד שני הליכה רגלית מכסה שטח גדול יותר וקיימת בה גם תנועת גרירה של כף הרגל על הקרקע שאינה קיימת ברכיבה על אופניים. בסופו של דבר בחרתי להניח שהאופניים יגרמו לנזק רב יותר מאשר הליכה רגלית על הפרמטרים הביולוגיים של הקרקע ובמחקרי אבדוק האם השארה זו אכן נכונה.

שיטת העבודה:

מהלך הניסוי:

המחקר נערך בשדה צין. שדה צין ממוקם בין נחל צין לרכס חלוקים. שדה צין הוא מישור ייחודי שמכיל מינים רבים של בעלי חיים מצבועים עד לאיזופודים.



הניסוי נערך ע"י חלוקה של שטח לעשר רצועות ברוחב מטר ובאורך 20 מטר. כל רצועה עברה טיפול שונה כאשר חלקה אחת נשמרה כחלקת ביקורת. הטיפול שעברו החלקות הוא כדלהלן:
החלקות חולקו לזוגות. על כל זוג חלקות עברו הלוך ושוב מספר פעמים שווה פעם בהליכה ופעם ברכיבה על אופניים. כל זוג חלקות נדרסו מספר פעמים שונה.
באופן הבא:

המספר הרשום בתוך כל "חלקה" מייצג את מספר הדריסות.

א' מייצג דריסה באופניים

ר' מייצג דריסה ברגל

ביקורת	50 'א	50 'ר	100 'א	100 'ר	150 'א	150 'ר	200 'א	200 'ר
--------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

אחרי שהחלקות עברו את הטיפולים השונים נספרו מחילות העבידים והאיזופודים בכל חלקה. כמו כן נאספו צמחים חד שנתיים באופן הבא: בכל מטר לאורך החלקה הונחה מסגרת בעלת שטח של 20 ס"מ רבועים. כל מה שהיה בתוך שטחה של המסגרת נקטף והוכנס לשקית נייר. הצמחים נאספו בכדי לבדוק את השפעת הרכיבה/הליכה על הביו מסה. אחרי קטיפתם הצמחים עברו ייבוש ונשקלו.

הכלים שישמשו אותי במהלך הניסוי:

שלושה זוגות אופניים, סרט מדידה, סרטי סימון, מצלמה, שקיות נייר ומשקל

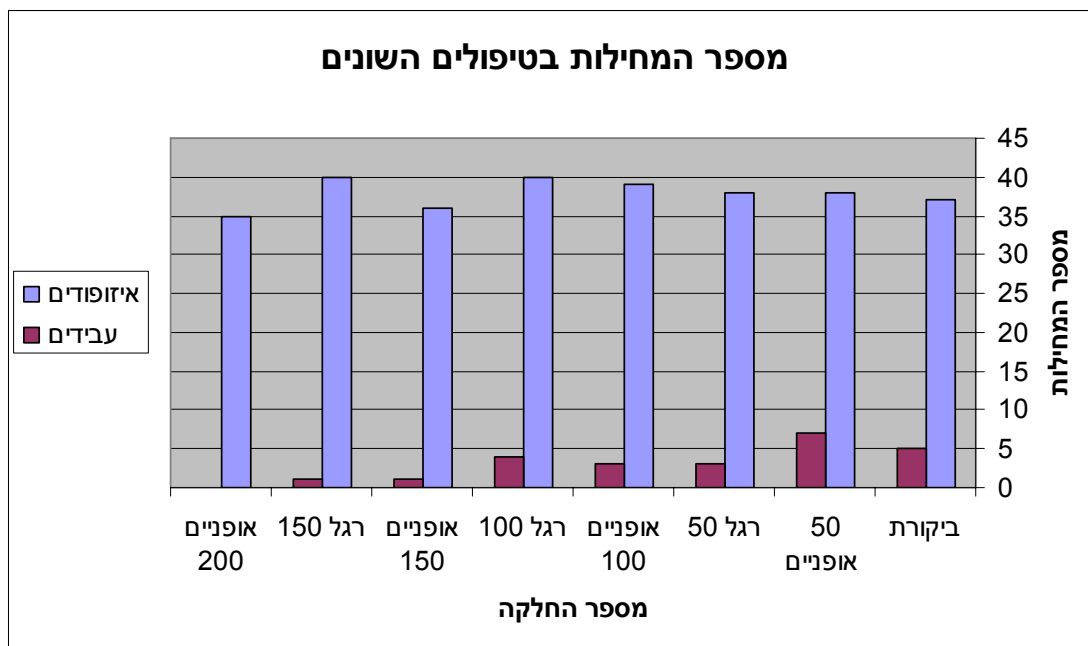
בתמונה: דר' אלי צעדי וערן מקובר סופרים מחילות איזופודים ועבידים בחלקת הניסוי.



צילום: דר' חזי יצחק

תוצאות הניסוי

תוצאות ספירת מחילות העבידים והאיזופודים מוצגות בגרף:



ניתן להסיק מהגרף שלהליכה ורכיבה באופניים אין השפעה ברורה על מספר מחילות האיזופודים בשטח שנדרס. לעומת זאת ניתן לזהות מגמת ירידה במספר מחילות העבידים אך לא ניתן לזהות הבדל ברור במספר מחילות העבידים בין רכיבה באופניים לבין הליכה. מהגרף עולה שקיימת השפעה על מספר מחילות העבידים. ככל ששטח נדרס פעמים רבות יותר כך מספר מחילות העבידים קטן. לא ניתן לזהות הבדל בין הליכה רגלית לרכיבה באופניים ומכך ניתן להסיק שאין הבדל.

אין השפעה על מספר האיזופודים בחלקות השונות.



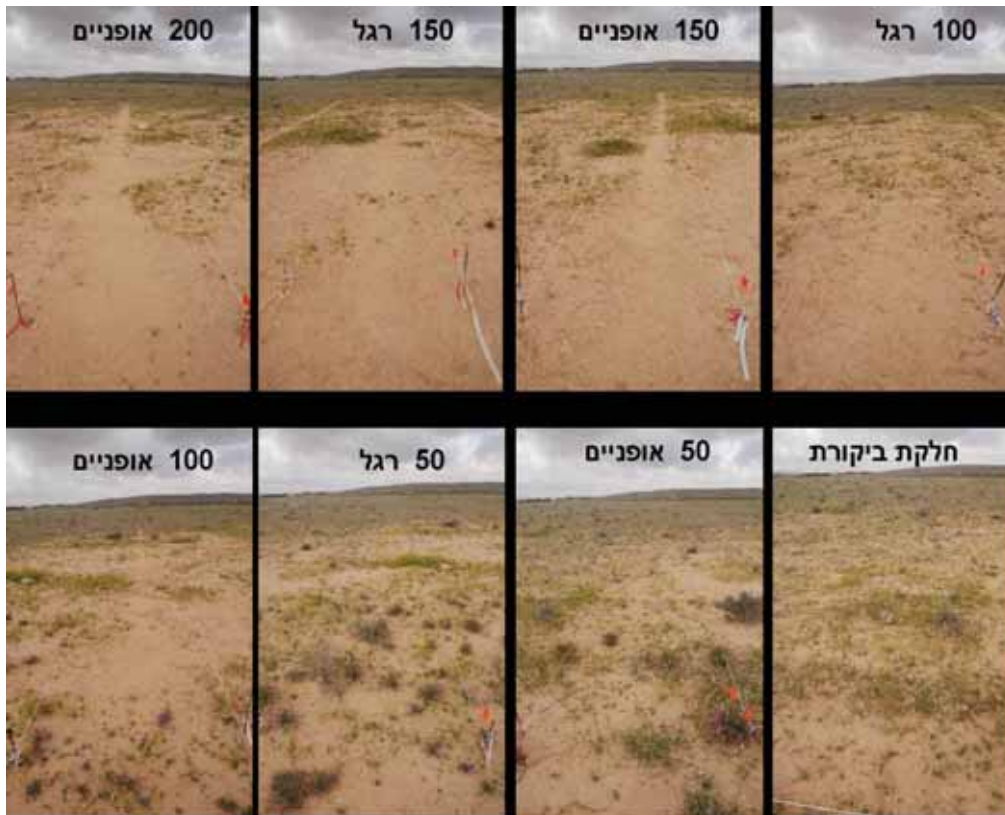
צילום: דר' חזי יצחק

את מדידות ההשפעה על הביו מסה לא אוכל להציג בעבודתי עקב בעיה שחלה בתהליך הייבוש של הצמחים אך אראה את המגמה שעולה מהתמונות שצולמו במהלך הניסוי.

תוצאות בדיקת ההשפעה על הצמחייה:

היה קשה עד בלתי אפשרי להבחין על פי מראית עין בהבדלים באחוזי כיסוי הצמחייה בין כל זוג חלקות שעברו מספר זהה של דריסות פעם על ידי אופניים ופעם ע"י הליכה רגלית. בחלקות שבהן נעשו 150 מעברים ניתן הי לראות הבדל קל. נרה היה שהאופניים גרמו לנזק רב יותר לצמחייה (מדובר בהבדל קטן

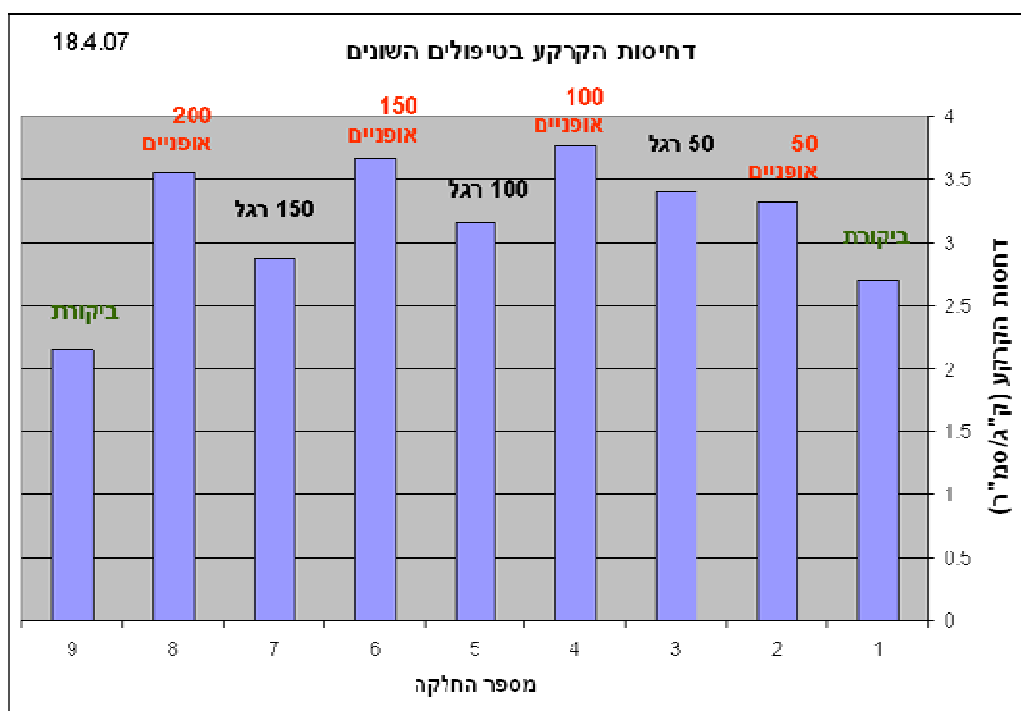
למדי) ולכן אסיק שהפגיעה של רכיבה באופניים מול הליכה רגלית בביו מסה כמעט וזהה אך קיים "יתרון" קל לאופניים.



ניתן לראות בתמונות את ההשפעה הברורה של הטיפולים שנעשו לקרקע על הצמחייה בהשוואה לקרקע בלתי נגועה.



בנוסף לתוצאות שלי אציג גרף שנעשה ע"י חבריי לניסוי, יהונתן רוסו ואמיר אראל, אשר בדקו את ההשפעות של הטיפולים על הפרמטרים הפיסיקליים וכתבו עבודה מקיפה על השפעות אלו. אמליץ לקרוא את עבודתם בכדי לקבל מושג טוב יותר על ההשפעה של הטיפולים שנעשו לקרקע. בבדיקה שנערכה על ידם בכדי לקבוע את דחיסות הקרקע עולה הבדל ברור בין רכיבה באופניים לבין הליכה רגלית.



אפשר לראות בבירור כי האופניים גרמו לדחיסת קרקע רבה יותר מאשר הליכה רגלית. ניתן לייחס זאת למשוואה שהצגתי בסקירה הספרותית שכן היחס בין המשקל לשטח העקבה קטן יותר באופניים ולכן מופעל לחץ גדול יותר על הקרקע מאשר בהליכה רגלית. להסבר מפורט אפנה אתכם לעבודתם של אמיר ויהונתן.

דיון:

כאמור ניתן לזהות שלוש מגמות ברורות מהניסויים שבוצעו על ידי:

מספר מחילות העבידים

מספר מחילות העבידים הולך וקטן ככל שמספר המעברים על החלקה גדל ללא קשר לסוג הטיפול



בתמונה: עביד צהוב

(אופניים או הליכה) אלא רק למספר המעברים. ניתן להסיק מכך שלא קיים כל הבדל בכל הנוגע להשפעה של רכיבה באופניים מול הליכה רגלית על מספר מחילות העבידים. תוצאה זו מפתיעה ועומדת בסתירה להשאת המחקר שלי שטוענת שהאופניים יגרמו לנזק רב יותר מאשר ההליכה. ניתן לנמק תוצאה זו בכך שכל הנראה הנזק שנגרם למחילות העבידים ע"י אופניים או ע"י הליכה זהה ולכן יש תוצאות דומות.

מספר מחילות האיזופודים

מספר מחילות האיזופודים אינו מושפע כלל מההליכה והרכיבה. נתון זה הוא נתון מפתיע למדי. איזופודים בונים את מחילותיהם בקרקע. ניתן היה לצפות שהאיזופודים יעדיפו קרקע דחוסה פחות בכדי להקל על תהליך חפירת המחילה. כמו כן מעבר של אופניים או רגליים על פתח המחילה עלול להביא לחסימת הכניסה ואף להתמוטטות של המחילה. כמו כן מכיוון שאין כל השפעה גם לא קיים הבדל בין רכיבה לבין הליכה.

השפעה על אחוז כיסוי הצמחייה של הקרקע

קיימת השפעה רבה על אחוז כיסוי הצמחייה של הקרקע. כמו שהוצג בתמונות, ניתן לראות שככל שמספר המעברים גדל אחוז הכיסוי יורד. שוב, כמו במספר מחילות העבידים, לא ניתן לזהות הבדל חד משמעי בין הדריסה ע"י אופניים לבין הדריסה ע"י הליכה רגלית. אף על פי זאת, ממדידת דחיסות הקרקע עולה שהאופניים גורמים לדחיסה רבה יותר של הקרקע. מכך ניתן להניח שאחוז הנביטה באביב הבא יהיה נמוך יותר בחלקות שטופלו ע"י אופניים מאשר החלקות שטופלו ע"י הליכה רגלית.

סיכום ומסקנות

העבודה באה לבדוק האם קיים הבדל בין רכיבה על אופניים לבין הליכה רגלית לגבי הפרמטרים הביולוגיים של הקרקע בשדה ציף. הרעיון בעבודה היה לשנות את מספר המעברים וסוגם (אופניים או

הליכה) בכדי לראות את השפעתם על המשתנים הביולוגיים. תוצאות המחקר שעשיתי מראות מגמה ברורה. ההבדל בכל הנוגע לפרמטרים הביולוגיים שקיימים על הקרקע בין רכיבה באופניים לבין הליכה רגלית קטן ביותר עד אפסי, אך אני אומר זאת בהסתייגות מסוימת. מסקנה זו הוסקה ע"י שילוב של תוצאות שלושת הפרמטרים שנבדקו על ידי. אך בעבודתם של חבריי נבדק פרמטר דחיסות הקרקע ובו ניתן לראות הבדל ברור בין אופניים לבין הליכה. מכיוון שבמערכת אקולוגית כל "שלב" נשען על קודמו, נראה מוזר שהפרמטרים הביולוגיים נשארים סטטיים בעוד שהפרמטרים הפיסיקליים משתנים. ניתן להסביר זאת בכך שיתכן ודחיסות הקרקע הגבוהה יחסית בחלקות שנדרסו ע"י האופניים לא הספיקה להשפיע על כמות המים שנספגה בקרקע, על כמות הזרעים שנעצרו בקרקע ועל כמות האיזופודים והעבידים שבחרו להקים מחילות חדשות בשטח הניסוי. לכן הייתי ממליץ לנסות ולבדוק את כל הפרמטרים הביולוגיים פעם נוספת אחריי שהמחזור העונתי יושלם.

הצעות להמשך:

- 1) בכדי לראות האם לדחיסות הקרקע אכן יש השפעה על הפרמטרים הביולוגיים לאורך זמן הייתי ממשיך ובודק את חלקת הניסוי שנה אחריי שנעשה הטיפול בכדי לראות האם קיימים הבדלים ביולוגיים עקב דחיסותה של הקרקע.
- 2) לערוך בדיקת ביו מסה איכותית יותר שתוכל לאפשר מסקנות מדויקות יותר.
- 3) לבדוק פרמטר נוסף והוא הברורות שנחפרים ע"י דורבנים בקרקע בכדי לשלוף פקעות.



צילם: דר' חזי יצחק

ביבליוגרפיה

- 1) Bureau of Land Management 2002. Letter inviting involvement in the development of a new National Mountain Bicycling Action Plan.

- 2) Yorks, T.P. et. al. 1997. Toleration of traffic by vegetation: life form conclusions and summary extracts from a comprehensive data base. *Environmental Management*. 21(1): 121-131
- 3) Should People or Machines Have Equal Rights, an automated Web presentation available at <http://cc.usu.edu/~olorin/vehicles/index.htm>