

שיקום צומח והגדלת המגוון הביולוגי בגדות נחל הקישון בעקבות ברוא אשלים ומינים פולשים

מרץ 2024 | אדר ב' תשפ"ד

מחקר קק"ל מס' 1900 במסגרת קול קורא "שיקום נחלים וניהול אגני היקוות ושטחים פתוחים / השפעת נטיעות בגדות הנחל והגדלת המגוון הביולוגי בנחל או באגן", לשנת 2021.

חוקר ראשי: ד"ר דידי קפלן, מכללה אקדמית תל-חי

didi.didikaplan@gmail.com | 054-6618896 ; 04-6937296

שותפים נוספים: רשות נחל קישון. אשת הקשר: מעיין ציון, ממונת אקולוגיה רשות נחל קישון, maayan@kishon.org.il, 04-8404404 ; 0506911447



תיאור התמונה (טקסט חלופי): תמונה 1: חלקת ברוא אשל ושיקום צומח בראשית התהליך, מאי 2021.

תקציר

קישון הוא אחד הנחלים הגדולים והחשובים בישראל, ומנקז שטח של כ-1,073 קמ"ר. נחל קישון עבר הפרות נחל רבות של הצומח הטבעי ותנודות באיכות ובמליחות מי הנחל. דבר זה הביא להתפתחות מואצת של צמחייה פולשנית ומתפרצת ומינים כמו פרקינסוניה שיכנית, שיטה כחלחלה, טבק השיח, קיקיון מצוי, אשל מרובע ואשל היאור (להלן "אשל") במספר אתרים ברצועת הנחל. צמחייה פולשנית ומתפרצת זו התבססה והתפשטה תוך גרימת שינויים במערכת האקולוגית, נזק למינים המקומיים ודלות בעושר המינים.

בחודש ספטמבר 2021 החלה רשות נחל קישון בהדברת מיני צמחים פולשים ומתפרצים בשתי גדות נחל במקטע שאורכו כ-2 ק"מ, כאשר עיקר העבודה היא דילול המין המתפרץ - אשל. האשל תופס במקטעים הקישון, את מרבית שטח בית הגידול, ופוגע במגוון המינים, עקב הצללה כבדה והמלח שהוא מפריש לקרקע ולמי מסוימים.

הנחל. הטיפול הראשוני הסתיים, ובמשך ארבע השנים הבאות, 2021-2024, התבצעה עבודת תחזוקה, הכוללת טיפול בנביטות חוזרות וחדשות של האשל ושל המינים הפולשים.

מבוסס על 3 טיפולים: טיפול באשל ובמינים פולשים ללא שיקום צמחי, טיפול באשל ובמינים פולשים עם המחקר נטיעת שיחים ועצים וצומח של בתי גידול לחים, ואזור ביקורת ללא הדברת מינים. ניטור התוצאות נעשה בחתכי קבועים, בגיבוי צילום אוויר מרחפן, למיפוי יחידות הצומח ומדידת כיסוי יחסי של מרכיבי הצומח העיקריים. צומח

להצלחה נבחנו במשך 3 שנות המחקר: עושר המינים המקומיים של בתי גידול לחים שיתבססו וכיסויים המדדים היחסי, אל מול עושרם וכיסויים היחסי של המינים הפולשים והמתפרצים שיוותרו בשטח.

בין שני הדיגומים בשנת 2021, מאי ואוקטובר, התבססו מינים עשבוניים והכיסוי שלהם עלה, ובמקביל עלה גם האשל, בעיקר מגדמים שהתחדשו. בשנת המחקר השנייה ניתן לזהות עלייה בעושר המינים בטיפול שיקום כיסוי לעומת ברוא אשל והביקורת שנותרו יציבים פחות או יותר. בעושר הנדירים אין שינוי רב, עם מגמת ירידה הצומח, ברוא האשל ללא שיקום, ככל הנראה בשל דחיקה תחרותית של גדמי האשל שהתחדשו. בשפע הנדירים, בטיפול

בעיקר מספר בוצין הגליל ואספרג א"י, יש ירידה בכל הטיפולים, ללא הסבר מניח את הדעת. בשנת המחקר השלישית לא נמצא בוצין הגליל בחתכי הדיגום, אם כי הוא נותר בחלקות המשוקמות.

בשלוש שנות המחקר נמצא מספר עצי האשל הבוגרים מובהק בין הביקורת וטיפול ברוא האשל, ללא הבדל מובהק בין הטיפולים, כך גם מספר הגדמים שהתחדשו, שכן בביקורת אין גדמים ובטיפולים יש מעט עצים בהגדרה. בשנת 2022 נמצאו נבטים בודדים של אשל בטיפול ברוא האשל, וגם ב-2023 נמצאו רק נבטים בוגרים, ואילו בשנה השלישית נמצאו יותר נבטים בחלקת השיקום - אך הדיגום היה לפני הטיפול העונתי, זאת רק בודדים, הברוא והשיקום. הן הגדמים והן הנבטים מטופלים באופן שוטף, אם כי באופן הדוק יותר בטיפול השיקום, בטיפול

שכל גדם שמתחדש מטופל וכן הנבטים נעקרים, מה שמשפיע גם על עושר המינים הרב יותר בטיפול השיקום. כך

בשנה השלישית הופסק למעשה הטיפול באשל בחלקות הברוא בלבד, שכן הקבלן סיים את חוזה עבודתו, אך הטיפול המשיך בשתי חלקות השיקום הצמחי, שכלל גם טיפול באשלים שהתחדשו מסורים או מזרעים.

כי יש נביטה מועטה של אשל בביקורת ובטיפול ברוא האשל, אם כי ברוא ושיקום מאפשר נביטה רבה יותר, נראה

כחלק מהשיקום, כל עוד השטח מתוחזק. ההתחדשות מגדמים היא עוצמתית ומחייבת טיפול שוטף של המטופלת שנים אחדות עד להתבססות מלאה של צומח מתחרה.

מבוא

נחל קישון הוא אחד הנחלים הגדולים והחשובים בישראל, ומנקז שטח של כ-1,073 קמ"ר. רשות נחל הקישון מופקדת על כ-25 ק"מ במורד הנחל, מחציית הערוץ את כביש מס' 66, ממזרח לתל קשיש, ועד לשפכו לים התיכון, נחל גדורה ושפך נחל ציפורי לקישון. במשך שנים ארוכות סבל הקישון מזיהום כרוני כבד של שפכים וקולחים עירוניים ותעשייתיים שהובילו לפגיעה קשה בתפקודו האקולוגי של הנחל, ומינים רבים שהתקיימו במימיו ולגדותיו נפגעו קשות ואף נעלמו. פגיעה זו פתחה פתח להתנחלות של מינים פולשים ומתפרצים רבים מאז שנות התשעים של המאה העשרים צומצם הזיהום התעשייתי לנחל, והחל תהליך שיקום ארוך בנחל. בגדותיו.

במהלך הזמן, איכות המים השתפרה משמעותית ומינים רבים חזרו לגדותיו ולמימיו של הנחל. עם זאת, התהליך עדיין לא הסתיים וההפרעות הסביבתיות הפוגעות בנחל ובשוכניו עודן קיימות. עיקר הבעיות במורד הנחל כיום היא ההתמודדות עם פיתוח התשתיות המואץ המתרחש בצמוד לנחל, כגון נמל המפרץ החדש והדרכים אליה החוצות את הנחל, רכבת העמק, כביש 6, כביש 66, מחלף יגור ועוד.

בסקר צומח בקישון התחתון (אלרון וחוב', 2015) נמצאו 236 מיני צמחים, חלקם הגדול במקטע מחקר זה. המינים מאפיינים בתי גידול שונים, בהם כאלו הרלוונטיים לקטע המחקר: בית הגידול הלח של מים מתוקים עד מליחים ושל קרקעות כבדות, וכן מינים שמקורם בשדות (סגטליים), פליטי-תרבות, או פולשים. בסקר זה נמצאו מינים בדרגות נדירות שונות (11 מינים נדירים מאוד, 7 מינים נדירים, 10 נדירים למדי, מהם 4 אדומים). 33% 29

שנרשמו בנחל הם מינים חובבי מים (הידרופיליים), המאפיינים בתי גידול לחים, ו-8% מכלל המינים הם מהמינים

של קרקעות כבדות. קבוצת מינים זו בעלת חשיבות רבה לשימור מגוון המינים הארצי, שכן מרבית העמקים מינים

עם הקרקעות הכבדות מעובדים באופן אינטנסיבי והמינים הייחודיים להם הפכו נדירים. בסקר נמצאו 22 מיני זרים לישראל, מהם 16 מינים פולשים, בהם המינים הבעייתיים ביותר, המהווים סכנה להשתלטות על בית צמחים

הגידול של הנחל וגדותיו: שיטה כחלחלה, פרקינסוניה שיכנית, טיונית החולות, טבק השיח וקיקיון מצוי. בסקר על ידי ליגמ (גבאי וחוב', 2014) נמצאו בכל מורד הקישון (מתל קשיש בואכה הים) 346 מיני צמחים, מהם שנערך

31 נדירים, 47 בעלי זיקה לבית גידול לח ו-16 מינים בעלי זיקה לבתי גידול מלוחים.

צמחי בתי הגידול הלחים מצויים במים או בגדות הלחות, וצמחי הקרקעות הכבדות - בעיקר בשולי הנחל, מה שמצביע על חשיבותם של פשטי ההצפה לייצוג של בית הגידול הביצתי ההיסטורי. בית גידול זה היה במקור חשוף מעצים, ובוודאי מהמינים הפולשים, שהם זרים וחדשים יחסית לישראל.

מבעלי החיים שהוא מין בסכנת הכחדה בישראל הוא הצב הרך, שאוכלוסייה שלו קיימת במורד הנחל, מאזור אחד

ציפורי ועד לשפך, בכלל זה באזור המחקר. בשני העשורים האחרונים נעשות פעולות, על ידי רשות נחל קישון נחל

ורשות הטבע והגנים, לאושש את אוכלוסייתו. בית הגידול הנדרש לקינון הצב הרך הוא גדת נחל בשיפוע מתון, ללא צמחייה או עם צמחייה נמוכה. המינים הפולשים והמתפרצים, בעיקר אשל, הם מיני שיחים ועצים היוצרים צל, תופסים פיזית את בית הגידול החשוב לקינון הצב ומונעים את האפשרות לקינון במקומות אלו.



תיאור התמונה (טקסט חלופי): תמונה 4: חלקת ביקורת עם אשל צפוף. בשקעים מלוחים מתפתחת אוכלוסייה של המין הנדיר, מלחית הבורית.



תיאור התמונה (טקסט חלופי): תמונה 5: חלקת ברא אשל ללא שיקום. בשוליים מתפתחת אוכלוסייה של המין הנדיר, חומעה מגובבת.

המינים הפולשים והמתפרצים נחשבת לאיום מרכזי על מגוון המינים בעולם, ולכן הפך הטיפול בהם לאחד סוגיית החשובים בשמירת טבע. מינים אלו מתחרים עם המינים המקומיים בהצלחה עקב היעדר אויבים טבעיים, היעדים הן במבנה הצומח והן בהרכב המינים שלו. מינים אלו נוטים לפלוש ולהתבסס דווקא בשטחים המופרים ופוגעים על ידי פעולות פיתוח, כך יש להם יתרון על המינים המקומיים. הם בעלי עמידות לשיטות הדברה שונות בשל ריבוי מהירה באמצעות ייצור כמויות זרעים גדולות מאוד, ריבוי וגטטיבי, יכולת נביטה גבוהה מבנק הזרעים יכולת בקרקע וחוסר תלות בעונתיות, ולכן קשה מאוד לבערם מהשטח, אלא אם מתמידים בפעולות הביעור בכמה שלבים ולאורך זמן.

האשל מוגדר כמין מקומי מתפרץ, כלומר מין מקומי המתפשט אל מעבר לשכיחות ולתפוצה הגיאוגרפית שלו נזק למערכת האקולוגית על ידי פגיעה במגוון המינים או במבנה הצומח ובבית גידולו. האשל תופס בהצלחה וגורם יתרה את בתי הגידול הלחים, בעיקר נוכח כושר שרידות גבוה, מפריש מלח היוצר אפקט אללופטי (דוחה מינים וגורם להצללה כבדה, אשר מביאים לדלות אקולוגית. האיזון בין האשל והמינים הטבעיים האחרים הופר (אחרים)

עקב שינויים מעשי ידי אדם בבית הגידול, בעיקר המלחת מי הנחל ותנודתיות במפלס המים. עמידות האשל ולתנודות המפלס רבה, ויתרה מכך - הוא מין חלוץ בבוץ שנחשף, מתבסס בו היטב ולאחר מכן מתחרה למליחות עם מרבית המינים המקומיים, שהתבססותם איטית יותר.

במינים הפולשים והמתפרצים הוא מהלך חשוב וראשוני לשיקום בית הגידול ולתפקודו כנחל חי, המקיים הטיפול אקולוגי יעיל ומבסס בית גידול למגוון רחב של צמחים ובעלי חיים. יש לציין כי חרף איכות המים הירודה מסדרון צמחייה טבולה בנחל, צומח הגדות בקישון עשיר במיוחד ופוטנציאל השיקום של הקרקעות הכבדות בשולי והיעדר הנחל הוא רב.

נחל קישון נסקר במהלך 2014-2015 כחלק מסקר אקולוגי נרחב במורד נחל הקישון ונחל גדורה (אלרון וחוב', 2015). בתוצאות הסקר, המקטע מגשר אירי בריכות נשר ועד גשר אירי יגור (מקטע מס' 2.6 בסקר) הוגדר כבעל ערכיות אקולוגית גבוהה, בעיקר בשל קרבתו לבריכות נשר, המהוות מוקד משיכה למיני עופות רבים. תוצאות הראו כי ישנה השפעה של כיסוי נרחב של אשלים בגדות הנחל על מגוון מיני הצומח והעופות: ככל שכיסוי הסקר האשלים עולה, כך יורד מגוון המינים המאכלסים את בית הגידול.



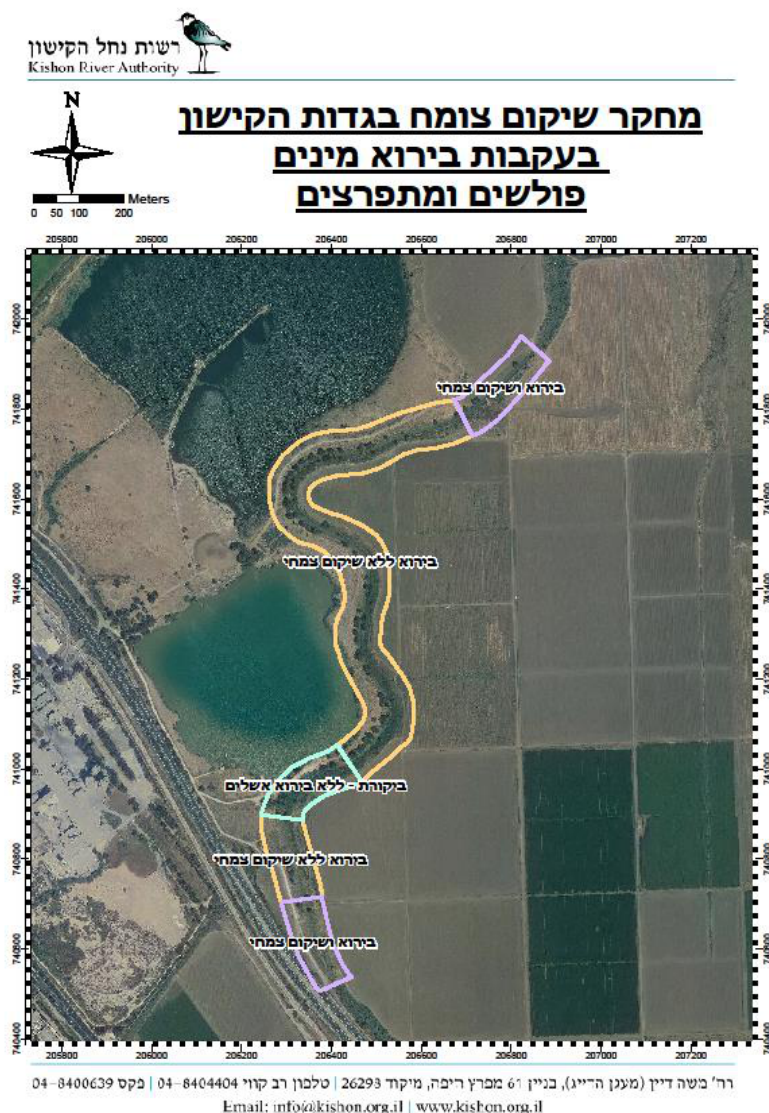
תיאור התמונה (טקסט חלופי): תמונה 6: חלקת ברוא אשל ושיקום. הרדוף הנחלים שתול, ונביטה עצמונית של אסתר מרצעני.



תיאור התמונה (טקסט חלופי): תמונה 7: חלקת ברוא אשל עם התחדשות גדמים והתבססות קנה מצוי, כמתחרה באשל.

בחודש ספטמבר 2021 החלה רשות נחל הקישון בעבודות הדברת מיני צמחים פולשים ומתפרצים בגדות נחל מגשר אירי יגור עד לגשר אירי בריכות נשר (ראו מפה 1). המיזם נעשה במימון משותף של הקרן לשמירה הקישון, שטחים פתוחים יחד עם רשות הנחל. רוב המיזם מתמקד בעבודות דילול המין המתפרץ - אשל. האשל תופס על במקטעים מסוימים את מרבית שטח בית הגידול ופוגע במגוון המינים, עקב ההצללה הכבדה שלו והמלח שהוא מפריש לקרקע ולמי הנחל.

העבודות התבצעו על ידי קבלן, על פי פרוטוקול שעובד מפרוטוקול לטיפול במינים פולשים של ד"ר ז'אן-מארק דופור-דרור, אקולוג מומחה במינים פולשים, ברצועת נחל ברוחב של 25 מ' בכל גדה, תוך פגיעה מזערית, ככל הניתן, בשאר הצומח ובגדות הנחל. לפיכך, התבצעה הדברה נקודתית וסלקטיבית בשיטת כריתה ומריחה של הגזע (נספח 1). את העבודות ליווה הח"מ והצוות המקצועי של רשות הנחל, שנתנו הנחיות לגבי ברוא המינים שיטת העבודה באזורים רגישים במיוחד המאכלסים מינים נדירים. לאחר הטיפול הראשוני ובמשך ארבע ותיאום השנים שלאחריו, מתבצעת עבודת תחזוקה, הכוללת טיפול בנביטות חוזרות וחדשות של האשל ושל המינים הפולשים (נספח 2).



תיאור התמונה (טקסט חלופי): מפה 1: אזור המחקר והטיפוליים השונים - בירוא ושיקום צומח, בירוא ללא שיקום צמחי, בקרנות.



תיאור התמונה (טקסט חלופי): מפה 2: אזור המחקר והטיפול השונים על גבי תצלום לוויין (govmap 2022).

שאלת המחקר ומטרותיו, כלי מדידה להצלחתו

ברוא מינים פולשים ומתפרצים, עם או בלי ממשק של נטיעה ושתילה של מינים מקומיים, יביא להתבססות האם

תחרותית של מינים מקומיים עם המינים הפולשים והמתפרצים?

הנחת העבודה: שיקום צמחי של מקטע נחל שעבר טיפול יסודי בברוא מינים פולשים ומתפרצים יביא למימוש מטרת המחקר, דהיינו התבססות בת-קיימא של מינים מקומיים של בית גידול לח ושיקום גדות הנחל.

להצלחה נבחנו במהלך 3 שנות המחקר: השינויים בעושר וכיסוי היחסי של המינים המקומיים בבית גידול המדדים

לח וקרענות כבדות, והשינויים בעושר ובשפע של המינים הפולשים והמתפרצים.

מסייע לניהול מיטבי של גדות נחלים, רבות מהן משובשות במינים פולשים ומתפרצים. המושג "יער גדות המחקר

שהיה מוגדר בתמ"א 34, שינה את הגדרתו בתמ"א 1, אך יש לבנות תורה לשיקום גדות נחלים, ומחקר זה נחלים",

מהווה אחת מאבני הבניין לפיתוח תורה זו, תוך פיתוח תובנות ודרכי פעולה כדי לגבש ממשק גדות המבוסס על שתילה ונטיעה של מיני בר - רבים מהם עשבוניים ושיחים, בהם נדירים.

שיטות

תוכנית העבודה מבוססת על 3 שנים. המשך תחזוקת השטח ללא מינים פולשים ומתפרצים מתבצע בכל שנות המחקר (בתקציב ובאחריות רשות נחל קישון). שתילה ונטיעה בשנה הראשונה, ותחזוקה במשך 3 שנים (ביעור מינים פולשים, מתפרצים, באשה וסגטליים, השקייה בקיץ).

ניטור צומח בחתכים נעשה באביב, בכל אחת משלוש השנים. צילום וניתוח תצלומי רחפן: בוצע צילום כל שנה באביב על ידי רשות נחל קישון.

מבנה המחקר מבוסס על 3 טיפולים: (1) טיפול באשל ובמינים פולשים, ללא שיקום צמחי. (2) טיפול באשל ובמינים פולשים עם נטיעת שיחים ועצים (נספח 3). (3) ביקורת - חלק מהגדות שלא עבר טיפול הדברת מינים כלל.

בשטח המטופל בוראו המינים הפולשים, ובשטח השיקום הצמחי בוראו גם צמחי באשה (רודרליים) וסגטליים (צמחי שדות), בטיפול ידני או בכיסוח (בהתאם לעונה, לגובה הצמחים ולכיסוי השטח). טיפול חוזר בעצים נעשה בשיטת כריתה ומריחה, כמפורט בנספח 1.



תיאור התמונה (טקסט חלופי): תמונות 8-9: טיפול באשל, כריתה ומריחה. ספטמבר 2021.

השתילה בחלקה הדרומית בוצעה ביוני 2021 על ידי משתלת "הרדוף", אשר גם גידלה את השתילים וממשיכה בתחזוקת השטח. סך הכל נשתלו בחלקה זו 1144 שתילים, ואילו בחלקה הצפונית נשתלו 3061 שתילים על ידי חברת ליגמ (נספח 3). את השתילים לחלקה הצפונית הכינה וסיפקה משתלת הרדוף, אשר ממשיכה לתחזק את השטח עד וכולל אביב 2024. מימון החלקה הצפונית היה בסיוע רשות ניקוז ונחלים קישון.

התחזוקה של חלקות שיקום הצומח כוללת השקיה לפי הצורך וביקורים אחת לחודש, הכוללים עקירת פולשים וכיסוח סלקטיבי באביב של מיני באשה, פולשים ומתפרצים. המשך טיפול באשל התבצע על ידי קבלן ומתפרצים

מטעם רשות נחל קישון, ובמימון משותף עם הקרן לשטחים פתוחים, כולל עקירה, כריתה ומריחה של אשל ופולשים מעוצים, והתבצע פעמיים בחודש, עד ינואר 2023 (נספח 2).



התמונה (טקסט חלופי): תמונה 10: חלקת ברוא אשל ושיקום. גדם אשל שלא התחדש; שיקום צומח טרם בא לידי ביטוי, מאי תיאור 2021.



תיאור התמונה (טקסט חלופי): תמונה 11: מבט על חלקת המחקר בתחילת התהליך.

ניטור הצומח: בכל טיפול ובכל בלוק נעשו 4 חתכי צומח, 2 בכל גדה (בסך הכל 12 חתכים בכל עונה). בכל חתך נרשם מצאי המינים, כיסוי יחסי של מינים עיקריים ומספר פרטים של מינים נדירים. נרשמו גם מינים בתוך החלקה שלא נכללו בחתכים, לנוכחות בלבד. לגבי אשל נרשם גם מספר הנבטים, מספר גדמים מתים ומספר גדמים מתחדשים - עד 100 פרטים בכל גדה בכל טיפול. בשנת 2021 נערכו שני ניטורי צומח: האחד במאי (ערב השתילה) והשני בספטמבר, לאחר שני מחזורי השתילה, בחלקה הדרומית (יוני) ובחלקה הצפונית (ספטמבר). בשנים 2022 ו-2023 נעשה דיגום אחד - במאי.

המבחנים הסטטיסטיים התבצעו בתוכנת RStudio בעזרת הפונקציה `aoov` (ניתוח שונות - ANOVA), לבדיקת השונות בין הממוצעים של החתכים בכל טיפול, עבור כל פרמטר שנמדד, הן בין הטיפולים בכל שנה והן בין לאורך השנים בכל טיפול. נוכחות מינים נבחנה באותם כלים סטטיסטיים לגבי השונות בין הטיפולים הממוצעים

בקבוצות המינים הפונקציונליות הבאות: מינים בעלי זיקה לבתי גידול לחים, למלחה, לשדות (מינים סגטליים), לבתי גידול מופרים (מיני באשה) ומינים פולשים. כמו כן נבחנו קבוצות המינים במדדי עושר, נדירות, אנדמיות והיותם קרובי בר של צמחי תרבות (CWR - Crop Wild Relatives).

אוויר: באוקטובר 2021 נערך על ידי רשות נחל קישון צילום אוויר מרחפן למיפוי ממ"גי של יחידות הצומח צילומי

ומדידת כיסוי יחסי של מרכיבי הצומח העיקריים (על בסיס מבנה הצומח). הצילומים הועברו לד"ר אורן רייכמן, תל-חי, לבדיקת יכולת העיבוד הממ"גי ולמתן הנחיות לצילום 2022. במאי 2022 נעשה צילום נוסף של כל מכללת

הניסוי. בשנת 2023 בוצעו שני טיסי צילום. אולם, קשיים אובייקטיביים בצילום הקשו על יצירת רצף ועיגון שטח

של התמונות במרחב, לצד היעדר GPS זמין, שמנע צילום חוזר רציף ואחיד באביב 2024.

תוצאות

עושר ושפע המינים

עושר המינים נמצא גבוה ומובהק ($=0.05$) בשני טיפולי ברוא האשל, לעומת הביקורת. עושר הנדירים נמצא גם הוא מובהק ($=0.05$) ביחס לצפיפות האשל. בביקורת נמצאו 2 מינים נדירים (ממוצע לחלקה - 2) בשפע נמוך; בטיפול ברוא האשל ללא שיקום נמצאו 2-5 מינים נדירים לחלקה (ממוצע 3.63 לחלקה) בשפע גבוה; ואילו ברוא האשל ושיקום נמצאו 3-6 מינים נדירים לחלקה (ממוצע 4.25 לחלקה) בשפע נמוך. שפע הנדירים בחלקות יצא מובהק בטיפול ברוא האשל לעומת הביקורת וטיפול השיקום, כאשר התרומה העיקרית היא של מלחית הבורית ואספרג א", ואילו חומעה מגובבת מופיעה דווקא בעיקר בביקורת, בשולי עומדים צפופים של אשל.

1: ממוצע עושר מינים, מספר ושפע המינים הנדירים והאדומים, עושר המינים האנדמיים טבלה

וקרובי הבר של צמחי התרבות (CWR), בטיפולים השונים, במאי 2023

מדד	ביקורת (C)	ברוא אשל (T)	ברוא ושיקום (TR)
עושר מינים	12	38.75	40.25
נדירים	2	3.63	4.25
שפע נדירים	3	2.47	1.46
נדירים אדומים	1	1	1
שפע אדומים	2	1.50	0.55
אנדמיים	3.33	5.38	4.75
CWR	12.88	12.63	4

זיקה לבתי גידול

התפלגות המינים מבחינת זיקתם לבית הגידול מצביעה על עושר גבוה ומובהק של מינים בעלי זיקה לבית גידול בטיפולי ברוא האשל, לעומת הביקורת, כך גם לגבי מיני מלחה, מינים של קרקעות כבדות ומיני באשה של בתי לח גידול מופרים. עושר המינים הפולשים נמצא גבוה יותר בטיפול ברוא האשל (ברוא ושיקום גבוה מברוא בלבד), והעושר הנמוך ביותר של קבוצה זו - בביקורת, אם כי לא מובהק.

טבלה 2: התפלגות ממוצעי עושר מינים על-פי זיקתם לבתי הגידול השונים (לח, מלוח, קרקע כבדה, בתי גידול מופרים ומינים פולשים), בטיפולים השונים, במאי 2023

זיקה לבית גידול	ביקורת (C)	ברוא אשל (T)	ברוא ושיקום (TR)
לח	2.67	12.25	15.13
מלוח	0.67	2	3.25
קרקע כבדה	1.33	2.13	2.5
פולש	0.67	0.75	1.25
באשה	1	3.13	3

מצאי והתחדשות אשל

הפרטים של אשל בטיפולים השונים שנבטו, התחדשו או הוכחדו, לאורך 3 שנות המחקר, מובא בטבלה 3. מספר השונות בין הטיפולים לגבי גדמים שלא התחדשו בכל שנה מובהקת ($p < 0.05$), וכך גם השונות של הממוצעים עבור כל טיפול לאורך השנים. לגבי גדמים שכן התחדשו לאחר כריתה, השונות בין הטיפולים בכל שנה אינה מובהקת ($p > 0.05$), והשונות של הממוצעים עבור כל טיפול לאורך השנים אינה מובהקת בשנים 2022 ו-2023 (ב-2021 השונות בין הממוצעים כן מובהקת, ייתכן שמקורה בכמות הכללית שנספרה בכל טיפול, שלא הייתה אחידה והייתה תלויה בכמות העצים שהייתה זמינה בחלקה). בהתפלגות ממוצעי הנבטים של אשל בכל אחד מהטיפולים לאורך השנים, השונות בין הטיפולים בכל שנה אינה מובהקת ($p > 0.05$), אך השונות שנספרו של הממוצעים עבור כל טיפול לאורך השנים מובהקת בכל השנים.

3: ממוצע מספר הפרטים של עצי אשל במצבי התחדשות שונים, בטיפולים השונים, בכל טבלה אחת משלוש שנות המחקר (עד 100 פרטים נספרו בכל טיפול)

שנה	טיפול	גדמים שלא התחדשו	עצים בוגרים	גדמים שהתחדשו	נבטים	סה"כ שנספרו לחלקה
2021	ביקורת (CS)	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0
2021	ברוא אשל (T)	3.6	0.1	82.3	14.0	100.0
2021	ברוא ושיקום (TR)	2.4	0.0	1.4	61.0	64.8
2022	ביקורת (CS)	0.0	99.5	0.0	0.5	100.0
2022	ברוא אשל (TS)	11.3	1.3	72.3	0.0	85.0
2022	ברוא ושיקום (TRN)	0.0	0.5	0.0	2.5	3.0
2023	ביקורת (CS)	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0
2023	ברוא אשל (T)	5.5	0.8	92.5	1.8	100.5
2023	ברוא ושיקום (TR)	15.5	0.0	83.5	0.8	99.8

טבלה 4: מובהקות (ערכי p) בין הטיפולים ובין השנים, של התחדשות עצי אשל

בהשוואה	נבטים	גדמים שהתחדשו	עצים	גדמים שלא התחדשו
בין השנים	0.03788	0.017	0.451	0.2433
שנת 2021	0.123	0.00000726	7.24E-16	0.127
שנת 2022	0.391	0.106	2.43E-12	0.45
שנת 2023	0.059	0.000298	2E-16	0.372

מספר העצים הבוגרים נמצא מובהק בין הביקורת וטיפול ברוא האשל, ללא הבדל מובהק בין הטיפולים, ככל הנראה עקב מיעוט פרטים בוגרים בטיפולים, בהגדרה. מספר הגדמים שהתחדשו גבוה באופן מובהק בטיפול ברוא האשל מהביקורת, כצפוי, שכן בביקורת אין גדמים - זאת לעומת טיפול השיקום, שם מטפלים באופן שוטף בגדמים המתחדשים. נבטים של אשל נמצאו כמעט אך ורק בטיפול ברוא ושיקום צומח; בביקורת, שם עומדים צפופים של אשל, אין למעשה נביטה חדשה של עצים.



התמונה (טקסט חלופי): תמונות 11-13: חלקות ברוא אשל, מאי 2023. מלמעלה למטה: התחדשות רבה של אשל, התבססות תיאור קנה מצוי ועבדקן מצוי; ובתמונה למטה - התבססות עצמונית של ליפיה זוחלת.



תיאור התמונה (טקסט חלופי): תמונות 14-15: חלקת הביקורת עם עומדים צפופים של אשל ב-2021 (מימין) וב-2023 (משמאל), מיקום הנחל סומן בקו כחול - ללא שינוי.



תיאור התמונה (טקסט חלופי): תמונות 16-17: חלקת ברוא אשל ב-2021 (מימין) וב-2023 (משמאל). ניכרת עלייה בכיסוי האשל מכ-20% ל-75%.

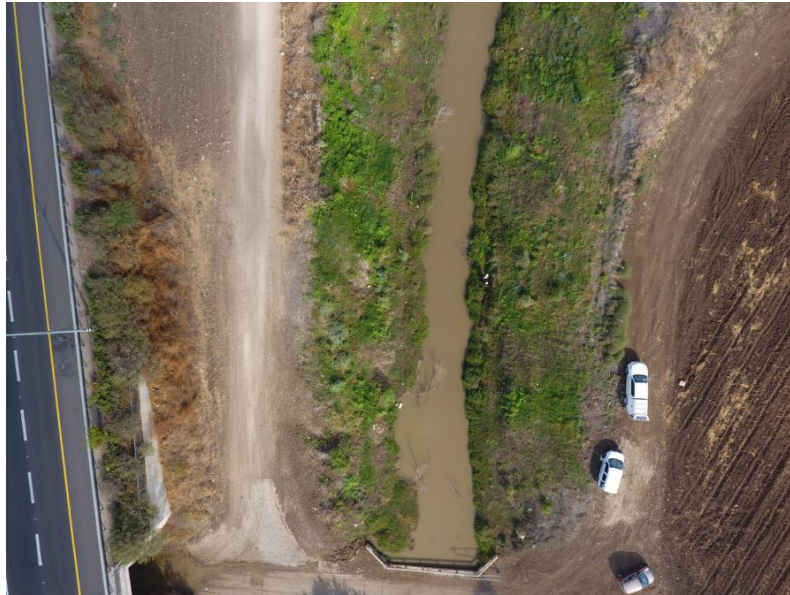


התמונה (טקסט חלופי): תמונות 18-19: חלקת ברוא אשל ושיקום ב-2021 (מימין) וב-2023 (משמאל). מימין - בעיקר צמחים תיאור עצמונית (בעיקר צמחי באשה); משמאל - צמחים שרובם נשתלו, וצמחי הבאשה והפולשים נעקרו. הצמחים האפורים-ירוקים שנבטו הם מלוח קפח ומלוחית הרגלה.

צילומי אוויר

התמונות שהתקבלו מצילומי המרחפן מציגות דוגמאות של חלקות ביקורת, ברוא אשל וברוא עם שיקום צמחי. קשיים בעיגון התמונות וברצף ובאחידות התמונות מנעו עד כה ניתוח ממ"גי מלא של הצילומים. צילום חוזר לא עקב מצב הלחימה, היעדר GPS זמין וגיוסו של ד"ר אורן רייכמן למילואים החל מאוקטובר 2023. לפיכך התאפשר

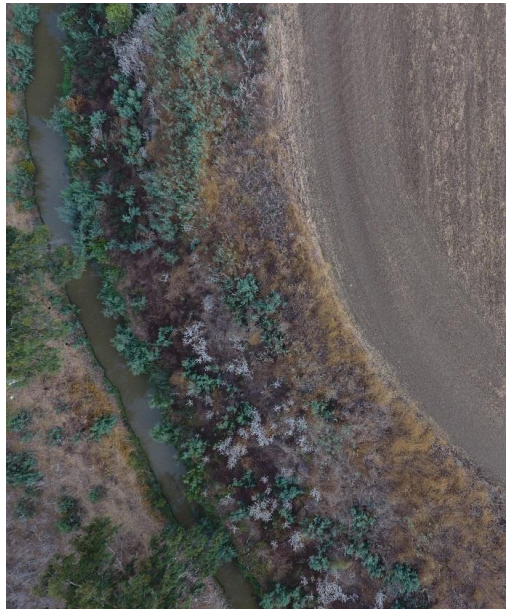
מובאת להלן הערכה חזותית בלבד: כיסוי האשל בחלקת הביקורת הוא כ-95%, בטיפול ברוא בלבד כ-30%, ובטיפול ברוא עם שיקום צמחי - פחות מ-1%.



התמונה (טקסט חלופי): תמונה 20: צילום רחפן של חלקת ברוא אשל ללא שיקום. ניתן לזהות גדמי אשל שהתחדשו וכן ריכוזי תיאור קנה מצוי שפורח, מאי 2022.



תיאור התמונה (טקסט חלופי): תמונה 21: צילום רחפן של חלקת ברוא אשל ושיקום, מצפון לגשר, לעומת אזור ללא שיקום מדרום לו, מאי 2022.



תיאור התמונה (טקסט חלופי): תמונה 22: צפיפות רבה של אשל בחלקת הביקורת, מאי 2023.

דיון ומסקנות

בשנת המחקר השלישית ניתן לזהות עלייה בעושר המינים בטיפול שיקום הצומח וברוא אשל, ואילו העושר בביקורת נותר יציב. גם בעושר הנדירים יש עלייה בטיפול ברוא האשל ושיקום, ותנודתיות בטיפול ללא שיקום, ככל הנראה בשל דחיקה תחרותית של גדמי האשל שהתחדשו. בטיפול הביקורת עושר הנדירים יציב, והתרומה העיקרית היא של חוממה מגובבת, הגדלה בשולי עומדי האשל. בשפע הנדירים יש ירידה בכל הטיפולים, שלא לה הסבר מניח את הדעת. בטיפול השיקום יש ירידה במספר פרטי בוצין הגליל שנשתלו ולא שרדו, ובחלקת נמצא

ברוא אשל ללא שיקום נצפתה ירידה בשפע, בעיקר של התורמים העיקריים - מלחית הבורית ואספרג א"י - ככל הנראה גם כן בשל דחיקה תחרותית של גדמי האשל הרבים שהתחדשו.

עושר המינים בעלי זיקה לבית גידול לח ולמלחה עלה בטיפול ברוא האשל, לעומת יציבות בביקורת. מינים בעיקר אסתר מרצעני (וכן פרקינסוניה שיכנית וליבן משולש), עלו בחלקות ברוא האשל - נובע מחשיפת פולשים,

המקנה יתרון למינים פולשים ואינו נצפה בביקורת עם עצי אשל צפופים. הדבר מצביע על הצורך בהמשך השטח,

ברוא מינים פולשים, כמו גם האשל, עד לכיסוי מלא במינים "טובים" - כאלו של בית גידול לח או מלחה (בהתאם למיקום בחתך הנחל והגדה) וכן מינים של בתי גידול יובשניים וסגטליים בגדה היבשה.

השוואת עושר מינים, עושר נדירים ושפע נדירים בין שלוש שנות המחקר (מאי, כל שנה)

ממד	טיפול	2021	2022	2023
עושר מינים	ביקורת (C)	12	14.3	12.8
עושר מינים	ברוא אשל (T)	15.8	15.8	16.8
עושר מינים	ברוא ושיקום (TR)	18.3	29.4	40.3
עושר נדירים	ביקורת (C)	2	2	2.3
עושר נדירים	ברוא אשל (T)	1.8	1.8	3.4
עושר נדירים	ברוא ושיקום (TR)	3	3	4.3
שפע נדירים	ביקורת (C)	23.3	6.3	2.7
שפע נדירים	ברוא אשל (T)	72	34.5	2.5
שפע נדירים	ברוא ושיקום (TR)	70.1	6	1.5

מספר העצים הבוגרים נמצא מובהק, בהגדרה, בין הביקורת וטיפול ברוא האשל, ללא הבדל מובהק בין הטיפולים, עקב מיעוט פרטים בוגרים בטיפולים. מספר הגדמים שהתחדשו גבוה באופן מובהק בטיפול ברוא האשל מהביקורת, כצפוי, שכן בביקורת אין גדמים - זאת לעומת טיפול השיקום, שם מטפלים באופן שוטף בגדמים המתחדשים. נבטים של אשל נמצאו כמעט אך ורק בטיפול ברוא ושיקום צומח; בביקורת, שם עומדים צפופים של אשל, אין למעשה נביטה חדשה של עצים. ריבוי הנבטים דווקא בחלקת ברוא ושיקום נובע מכך שהשטח חשוף יותר מצומח מתחרה, מה שמעודד נביטה. יש לציין שהסקר נעשה לפני הטיפול האביבי-קיצי השנתי, שבו נעקרו מאוחר יותר כל הנבטים. עם זאת, צפויה נביטה נוספת בשנים הבאות, מה שמחייב המשך טיפול עד לכיסוי רב של מינים רצויים.

בטיפול הברוא עם שיקום, הן הגדמים והן הנבטים מטופלים באופן שוטף, כך שכל גדם שמתחדש מטופל וכן נעקרים - מה שמשפיע גם על עושר המינים הרב יותר בטיפול השיקום. בטיפול ברוא ללא שיקום, נעשה הנבטים

טיפול באשלים המתחדשים והנובטים, אך זה נפסק בתום שלוש שנות ההסכם עם הקבלן, ואז הגדמים המתחדשים והנובטים לא טופלו. נראה כי בסך הכל יש נביטה מועטה של אשל, אך ההתחדשות מגדמים היא עוצמתית ומחייבת טיפול שוטף של שנים אחדות עד להתבססות מלאה של צומח מתחרה.

האתגר של שיקום צומח באזור מופר שהביא להתפרצות מין אחד, אשל, הוא רציני הן בהיקפו והן בעצם ההתמודדות עם מין מתפרץ בעל יכולת תחרותית גבוהה. כמו לגבי מינים פולשים, ההתמדה בטיפול היא סוד

שיקום צומח בתנאים אלו הוא משימה לא פשוטה והעלויות גבוהות, ולכן יש חשיבות רבה ללמוד גם את ההצלחה. הטבעית של צומח מקומי, המתבסס עם הקטנת התחרות עם האשל, כפי שנעשה במחקר זה. המשך ההשתקמות הוא תנאי הכרחי להצלחה, אך עדיין קשה להסיק מסקנות מעשיות לגבי משך הטיפול הנדרש; אלו יילמדו הטיפול השנים, גם מעבר למחקר הנוכחי, בהנחה שהטיפול באשל יימשך, בעצימות הולכת ופוחתת עם הזמן, עד במהלך להתייצבות צומח מקומי בעל עושר ומגוון אופייניים לקישון.



תיאור התמונה (טקסט חלופי): תמונה 23: עבקנה שכיח והרדוף הנחלים בחלקת ברוא אשל ושיקום. חלקה ללא נבטי אשל או התחדשות מגדמים, מאי 2023.



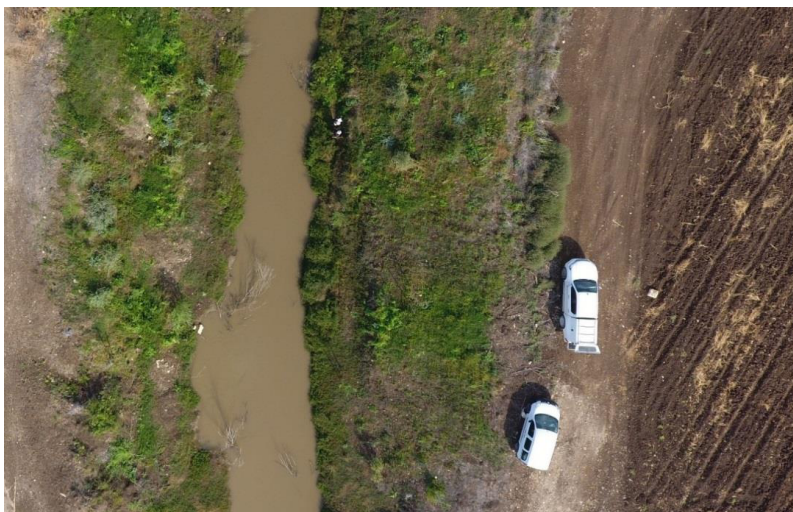
תיאור התמונה (טקסט חלופי): תמונה 24: בוצין הגליל, מין נדיר בסכנת הכחדה ואנדמי ללבנט, שהושב לטבע בחלקות ברוא אשל ושיקום צומח, אך מרבית הפרטים בחלקות הדיגום לא שרדו.



תיאור התמונה (טקסט חלופי): תמונה 25: גומא דל-שיבולים בחלקות ברוא אשל ושיקום צומח, מאי 2023.



התמונה (טקסט חלופי): תמונה 26: התבססות עצמונית של המינים הנדירים, חומעה מגובבת ואספרג איי, בחלקת ברוא אשל תיאור ללא שיקום, מאי 2023.



תיאור התמונה (טקסט חלופי): תמונה 27: חלקת ברוא אשל ושיקום בעת דיגום, אוקטובר 2021.



תיאור התמונה (טקסט חלופי): תמונה 28: תולענית דוקרנית - מין נפוץ של גדות נחלים, נובט עצמונית בחלקות ברוא האשל.

תודות

תודות לקרן הקיימת לישראל ולמכללת תל-חי על מימון וניהול המחקר; לצוות המסור והמעורב של רשות נחל - מעיין ציון, איתן צנטנר, נמרוד אבני, אלון בן מאיר ושרון נסים. תודה מיוחדת להגר בן-דב ולאופיר שורשי, קישון תלמידות סביבה במכללת תל-חי, על הניתוח הסטטיסטי בשנים 2023, 2024 (בהתאמה) ועל הסיוע בעבודת השדה; למשתלת "הרדוף" על השיקום הצמחי; לרשות ניקוז ונחלים קישון על הסיוע בשיקום הצמחי בחלקה הצפונית; ולד"ר אורן רייכמן ממכללת תל-חי, על הנכונות לסייע בעיבוד תצלומי האוויר.

מקורות ספרות

אלרון א', קפלן ד', מרוז א', קרויטמן י'. 2015. סקר אקולוגי מקיף בנחל הקישון - דו"ח מסכם. DHV, רשות נחל קישון. גבאי ע', שפירא ע', אברהם ה', רייזר ה', דרור ג', לנרד י', גביש י'. 2014. סקר אקולוגי במורד נחל קישון בראי שינוי האקלים. רשות נחל קישון, ליגמ. דופור-דרור ז"מ. 2010. הצמחים הפולשים בישראל. הגן הבוטני האוניברסיטאי בירושלים, המשרד להגנת הסביבה, החברה להגנת הטבע, רשות הטבע והגנים. קפלן ד', פדרמן ד'. 2014. דוח מצב הטבע: בתי הגידול הלחים בישראל. המארג. קפלן ד'. 2022. דוח ביניים 2022 - מחקר ברוא אשל ושיקום גדות קישון. מכללת תל-חי, קק"ל, רשות נחל קישון. קפלן ד'. 2023. דוח ביניים 2023 - מחקר ברוא אשל ושיקום גדות קישון. מכללת תל-חי, קק"ל, רשות נחל קישון.

נספחים

נספח 1: שיטת ברוא אשל ופולשים

השימוש הוא בקוטל עשבים "שוטגאן" (החומר הפעיל imazapyr) במריחה. אשל, קיקיון ומינים מעוצים אחרים טופלו בכריתה ובמריחה בריכוז של 20%; פרקינסוניה שיכנית - כריתה ומריחה בחומר לא מדולל. אשל נכרת עד 10 ס"מ מעל פני הקרקע, וקיקיון ומינים מעוצים אחרים בגובה שלא עלה על 30 ס"מ מעל פני הקרקע. בגובה בחומר הוא מיידי: נמרח כל הקמביום, ואין צורך למרוח את החלקים הפנימיים של הגזע. נעשים טיפולים הטיפול חוזרים בכל הצצת עלווה, 4 שנים אחרי הכריתה. לכידת נחלים ונבטים והתחדשויות בצפיפות גבוהה של אשל, קיקיון ומינים פולשים אחרים - ניתן לרסס בריכוז של 8%; בצפיפויות נמוכות - ריסוס פרטני של הנבטים וההתחדשויות.

שלב	פירוט
מינון	ריכוז 20% של שוטגאן (imazapyr)
כריתה	כריתת הגזעים בגובה 30 ס"מ (יש להשאיר כ-30 ס"מ גזע למקרה של טיפול חוזר); אשל נכרת בגובה 10 ס"מ מפני הקרקע
מריחה	מיד לאחר הכריתה מורחים קוטל עשבים במברשת, בעיקר בטבעת החיצונית של החתך; אין צורך למרוח את החלקים הפנימיים
ציוד נדרש	מסור שרשרת, מברשת מריחה, מיכל לחומר הדברה, כפפות גומי, מים נקיים (5 ליטר לכל פועל), רכב לפינוי הגזם
מעקב וטיפול חוזר	פרטים שמראים סימני חיוניות (סורים/חוטרים) תוך חודש מהטיפול - יטופלו שנית; פרט נחשב מת סופית לאחר 10 חודשים ללא סימני התחדשות

נספח 2: מועדי טיפול בברוא פולשים ואשל

הברוא הראשוניות בוצעו החל מספטמבר 2021. פעולות תחזוקה שוטפות של ברוא פולשים ואשל בוצעו עבודות לאורך כל תקופת המחקר (2021 עד ינואר 2023), בתדירות של פעם עד פעמיים בחודש. רשימת התאריכים המלאה (למעלה מ-50 מועדי טיפול) מובאת בנספח 2 של הדוח המקורי.

נספח 3: רשימת מינים וכמויות שנשתלו בטיפול ברוא ושיקום

בחלקה הצפונית (שתילה ספטמבר 2021) נשתלו בסך הכל 3,061 שתילים, מתוך כ-45 מינים שונים (למשל: אגמון החוף, אגמון ימי, אספרג א"י, ארכובית משושנת, בן טיון בשרני, גומא ד"ש, הרדוף הנחלים, חומעה יפה, יבילת מצויה, לוטוס הביצות, לפיה, מלוח קיפח, מלוח רגלני, מליסה רפואית, נענת הכדורים, נשרן הדוחן, סמר חד/ערבי, עבקנה שכית, עדעד הביצות, פלגית שיחנית, קנה סוכר מצרי, שיח אברהם מצוי, שנית גדולה ועוד).

בחלקה הדרומית (שתילה יוני 2021) נשתלו 2,244 שתילים נוספים, מתוך כ-70 מינים, ובהם גם מינים נדירים כמו בוצין הגליל (מין אנדמי בסכנת הכחדה) ובוצין מפורץ, לצד עצים ושיחים כגון אלה אטלנטית, אלון התבור, חרוב מצוי, שיזף מצוי ופיקוס התאנה, ומיני עשבונים ובתי גידול לחים רבים נוספים (אספרג ארוך עלים, דוחן זוחל, ליפיה זוחלת, נשרן צפוף, תלתן הביצות ועוד).

המינים והכמויות המלאה, כפי שנמסרה על ידי המשתלות המבצעות (משתלת הרדוף וחברת ליגמ), כוללת רשימת עשרות שורות נתונים לכל חלקה ומופיעה בנספח 3 של הדוח המקורי.

נספח 6: תמצית הניתוח הסטטיסטי

תמצית מבחני האנובה (ANOVA, בתוכנת RStudio) שנערכו להשוואת הטיפולים והשנים, עבור פרמטרים של התחדשות עצי להלן

אשל ושל עושר/שפע המינים. ערכי p נמוכים מ-0.05 מציינים שונות מובהקת.

מבחן אנובה לבחינת השונות בין הטיפולים, לפי זיקה לבית גידול / מאפייני מינים

ערך p	זיקה לבית גידול / מאפיין
7.68E-10	לח
5.83E-09	יובשני
0.405	פולש
0.0044	באשה
0.000156	קרקע כבדה
0.00886	מלוח
0.334	סגטלי
1.33E-10	עושר מינים
0.573	שפע מינים
0.331	עושר נדירים
0.0192	שפע נדירים
0.887	נדירים אדומים
0.948	שפע אדומים
0.393	אנדמי
0.158	CWR

הערה על נספחים 4 ו-5 (נתוני חתכי הצומח והרשימה הבוטנית המלאה)

הדוח המקורי כולל שני נספחי נתונים גדולים ורב-עמודתיים: נספח 4 - טבלת אחוזי כיסוי צומח ומספרי אשל ב-24 חתכי דיגום גולמיים לכל אחד מ-3 מועדי הדיגום), ונספח 5 - רשימה בוטנית מלאה של כ-150 מיני צמחים שנמצאו בשטח המחקר, כולל (נתונים) יחסי בכל אחד מ-24 החתכים, ואיפיוני שכיחות, אנדמיות, צורת חיים והשתייכות ל'קרובי בר של צמחי תרבות' (CWR) לכל מין. כיסוי

אלה כבר מצויים כטקסט אמיתי וניתן לחילוץ בקובץ ה-PDF המקורי (להבדיל מטבלאות הנתונים בדוחות הניטור החודשיים, נתונים שהיו תמונות סרוקות בלבד) - כלומר הם נגישים חלקית כבר כיום לתוכנת קורא-מסך, גם אם לא בסדר קריאה אופטימלי. בשל החריג (טבלאות של כ-150 שורות על פני יותר מ-20 עמודות כל אחת) שכפולם המדויק כאן, בכלים העומדים לרשותנו, כרוך היקפם בסיכון גבוה לשגיאות העתקה שעלולות לפגוע במהימנות המדעית של הנתונים. לפיכך הוחלט שלא לשכפלם ידנית במסמך זה. המלצתנו: עבור נתונים טבלאיים מדעיים בהיקף כזה, הפורמט הנגיש והשימושי ביותר - גם למשתמשי קוראי מסך וגם לחוקרים - הוא קובץ נתונים נפרד (Excel / CSV) עם כותרות עמודות ברורות, ולא טבלה בתוך מסמך PDF. אנו ממליצים לפנות לחוקר אחרים הראשי או לרשות נחל קישון לקבלת הנתונים בפורמט זה במידת הצורך.