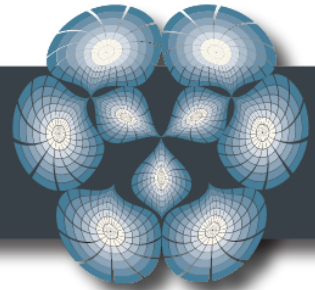


הוועידה השנתית ה-49 למדע ולסביבה

8-7 ביולי 2021

* ועידה מקוונת



התמודדות אלון מצוי עם שינוי אקלים - מחקר ארוך טווח בבית גידול ים תיכוני יובשני

ז'חה גרינצוויג¹, יעל נבון², פייבי ואנאן³, יקיר פרימלר⁴, שבתאי כהן⁵, יגיל אסם⁵

1. האוניברסיטה העברית בירושלים
2. פארק טבע רמת הנדיב
3. Finnish Institute of Natural Resources
4. Harvard University
5. מכון וולקני (מנהל המחקר החקלאי)

מייל לתכתובות: jose.gruenzweig@mail.huji.ac.il

התייבשות עצי אלון דווחה לאחרונה באגן הים התיכון, ויתכן שתופעה זו הינה תוצאה של האקלים המתייבש. רצף או ריבוי של שנים שחונות עלול להוביל לדלדול מאגרי המים ולהתייבשות עצים בקנה מידה נרחב. רמת הנדיב מהווה בית גידול גבולי מבחינת זמינות מים הדרושה לאלון מצוי, ולכן ניתן להשתמש באוכלוסיית אלונים זו כמקרה בוחן לבחינת השפעת יובש על עצי אלון. מטרת המחקר היא בחינת הפעילות, אסטרטגיות העמידות ליובש וההישרדות של עצי אלון מצוי תחת עקת יובש בהשוואה למינים מעוצים אחרים באותו בית גידול.

ניטור רב-שנתי של עצים בוגרים של אלון מצוי בעשור האחרון הראה ששיעור תמותת העצים עלה בצורה לינארית עם הירידה בכמות המשקעים. בשנת בצורת חמורה עם כמחצית ממוצע המשקעים הרב-שנתי מתו 9% מעצי האלון, ובשנה לחה מאוד שיעור העצים המתים היה 1% <. העצים השורדים הראו פלסטיות רבה בתגובתם לזמינות מים כאשר צפיפות החופה (כמות העלווה בעץ) ירדה בכ-70% מהעצים בשנת בצורת קיצונית ועלתה חזרה ב-70% מהעצים בשנה מרובת גשמים. יתכן והתאמת כמות העלווה לזמינות המים מווסתת על ידי מצב המים בעצים. ראיה לכך היא העובדה שעצים בעלי צפיפות חופה שונה מאוד הראו ערכים דומים מאוד של פוטנציאל מים בכל עונות השנה. זוהי אסטרטגיה איזוהידרית יחסית שקשורה, כנראה, לצורך של העצים, גם לאלה השרויים בעקה חמורה, לקיים פעילות פוטוסינתטית במשך כל השנה. לכן העלים לא סוגרים פיוניות לגמרי והעץ מבצע טרנספירציה גם בחודשי הקיץ.

מתקבל הרושם שנדרשת לאלון המצוי גישה במשך השנה כולה למאגרי מים גדולים יותר מאשר למינים בעלי התנהגות יותר אנאיזוהידריים, סבילים יותר לעקת יובש חמורה, ובעלי שיעור תמותה אפסי, כגון בר זית בינוני. יתכן, אם כך, כי תמותת אלון מצוי נובעת משילוב של זמינות מים נמוכה, סבילות נמוכה ליובש קיצוני והיותו עץ גדול יחסית שצורך כמויות מים גדולות. במקרה של רמת הנדיב, כפארק טבע קולט קהל, מומלץ לבחון את האפשרות להתערבות ממשקית (כדוגמת דילול או רעיה) לשם הקלה על התמודדות העצים עם תנאי יובש ושיפור מצבם החזותי.

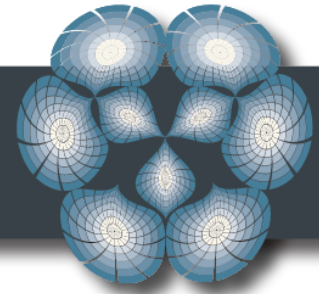
תרומת המחקר:

התייבשות עצי אלון דווחה לאחרונה בישראל, ויתכן שתופעה זו הינה תוצאה של האקלים המתייבש. מחקר בוחן גילה כי תמותת עצי אלון מצוי נובעת משילוב של זמינות מים נמוכה, סבילות נמוכה ליובש קיצוני והיותו עץ גדול יחסית שצורך כמויות מים גדולות. במקרה של רמת הנדיב, כפארק טבע קולט קהל, מומלץ לבחון את האפשרות להתערבות ממשקית (כדוגמת דילול או רעיה) לשם הקלה על התמודדות העצים עם תנאי יובש ושיפור מצבם החזותי.

הוועידה השנתית ה-49 למדע ולסביבה

8-7 ביולי 2021

* ועידה מקוונת



גילוי ואפיון של גנים מרכזיים המעורבים בוויסות סוכרים בעצים, והקשר שלהם לתפקוד העץ ביובש

הגר פוקס

מכון ויצמן למדע

מייל לתכתובות: hagar.fox@weizmann.ac.il

לעצי יער אסטרטגיות שונות, הכוללות מגוון של מנגנונים מורכבים, להתמודדות עם עקת יובש. עצים, אורגניזמים מארכי חיים, חייבים לנהל אופטימאלית את מאזן הפחמן שלהם בכדי לשרוד ולשגשג. בעוד צמחים חד שנתיים מקצים את מירב משאבי הפחמן שלהם לרקמות רפרודוקטיביות (פרחים, פירות חרעים), שרידותו של העץ תחת תנאי עקה (לפעמים לאורך שנים), תלויה בניהול משק פחמן מאחון, ובהקצאה של פחמן בכמויות גדולות לאגירה וליצירת ביומסה. ביובש, סוכרים מסיסים ממלאים תפקיד חשוב בשמירה על פוטנציאל אוסמוטי ולחץ טורגור, זאת במקביל לירידה בזמינותם, כתוצאה מסגירת פיוניות והאטה בקצב הפוטוסינתזה. המנגנונים המולקולריים המבקרים את הקצאת הפחמן ברמת העץ השלם תחת עקת יובש אינם מוכרים ברובם, והשפעתם על רמת הסוכרים הנצברת בפועל אינה ידועה אף היא. עצי צפצפה משמשים כצמחי מודל למחקר של מנגנונים מולקולריים בעצים. במחקר זה, נערך ניסוי יובש בעצי צפצפה צעירים (*Populus alba*) שגודלו בחממה בעציצים. עלים, ענפים ושורשים נדגמו מעצים מושקים ועצים ביובש לאנליזת סוכרים ופרופיל ביטוי גנטי (RNAseq). תוצאות המחקר מראות שיובש משרה פירוק משמעותי של עמילן וצבירה של סוכרים מסיסים (בעיקר סוכרוז) בכל רקמות העץ שנדגמו, כאשר השינוי הקיצוני והמובהק ביותר התרחש בעלים. גנים רבים במסלולי הסינתזה, הפירוק והשינוע של סוכרים הראו ביטוי דיפרנציאלי תחת תנאי יובש שנראה תואם לשינויים המשמעותיים שנמדדו ברמות הסוכרים הזמינים. גן מסוג SWEET, שמקודד לחלבון ממברנלי המוציא סוכרוז אל מערכת השיפה, נמצא כמתבטא באופן דרמטי בשלושת הרקמות ביובש. גם העלייה בביטוי של גן ממסלול החישה של סוכרוז (TPS) נמצאה כספציפית לרקמות תחת תנאי יובש, אך גם ביחס ישר לרמות הסוכרוז שנמדדו באותן הרקמות. תוצאות אלה ונוספות, מצביעות על גנים המעורבים בבקרה על רמת הסוכרים המסיסים הנצברת בתנאי יובש. מחקר זה מציע נקודת מבט רחבה והוליסטית על הדינמיקה של סוכרים ברמת העץ השלם, תוך התחשבות באספקטים המולקולריים, הביוכימיים והפיזיולוגיים ויכול לסייע לשיפור הבנתנו את צרכיו ותגובתו של העץ בעולם בו עקת היובש צפויה להחמיר לנוכח שינויי האקלים.

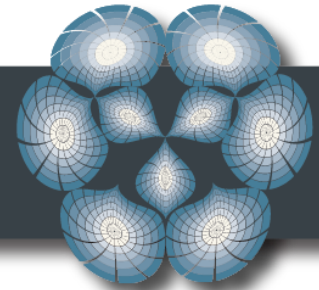
תרומת המחקר:

תוצאות המחקר עשויות לשפוך אור על מנגנוני שרידות ועמידות של עצי יער ולהשפיע על ממשק ניהול היערות בישראל באופן שתואם את התחזיות לעליה במידות החום וירידה בכמות המשקעים באגן הים התיכון.

הוועידה השנתית ה-49 למדע ולסביבה

8-7 ביולי 2021

* ועידה מקוונת



תגובות פלסטיות ולא-פלסטיות ליושב במינים מעוצים טבעיים לאורך הגרדיאנט האקלימי בישראל – שימוש באסטרטגיות שונות בהתמודדות עם תנאי אקלים משתנים

אסף אלון¹, שבתאי כהן², רקפת דוד שוורץ², אורי הוכנברג², תמיר קליין³, Sylvain Delzon⁴, Herve Cochard⁴, Regit Bulet⁴, Gaelle Capdeville⁴

1. האוניברסיטה העברית בירושלים
2. מכון וולקני (מנהל המחקר החקלאי)
3. מכון ויצמן למדע
4. INRA-France

מייל לתכתובות: asaf1a1@gmail.com

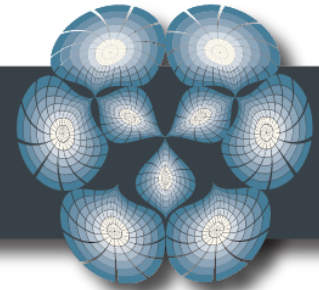
אסטרטגיות צמחים בהתמודדות עם יובש כוללות בריחה, הימנעות וסובלנות. מינים מעוצים נבדלים ביכולתם להשתמש בכל אחת מהאסטרטגיות הללו. בנוסף, חלק מהמנגנונים העומדים בבסיס אסטרטגיות אלה הם פלסטיים, בעוד שאחרים נותרים ללא שינוי. למרות החשיבות, מעט ידוע על החלוקה בין אסטרטגיות אלה ברמת המין הבודד, קל וחומר במינים הגדלים בכפיפה אחת. במחקר הנוכחי נמדדו תכונות הידראוליות ואוסמוטיות הקשורות לעמידות ליושב בחמישה מינים עצים דומיננטיים טבעיים, הגדלים בחבורת צומח לאורך שיפוע האקלים של ישראל (אלון מצוי, בר-זית בינוני, אלת המסטיק, אלה ארץ ישראלית, ואשחר ארצישראלי) המיוצג על ידי שלושה אתרים עם משקעים ממוצעים של 400, 550 ו-700 מ"מ לשנה. כשל הידראולי (אמבוליזם) ידוע כאחד הפרמטרים החשובים וכגורם תמותה מרכזי במינים מעוצים. עמידות לאמבוליזם, שבאה לידי ביטוי כפוטנציאל המים באובדן מוליכות של 50%, נעה בין 4.6 ל-10.9 MPa עבור המינים שנבחנו, אך לא השתנתה לאורך שיפוע האקלים. לעומת זאת, פוטנציאל המים המינימלי בסוף העונה היבשה נע בין 2.8 ל-8 MPa עבור המין, והפך לשלילי יותר עם צחיחות האתר. שני פרמטרים אלה קובעים את גבולות הבטיחות ההידראוליות (HSM) של המין, שנקבעים כהפרש הפוטנציאלים בין סגירת הפיוניות לבין הכשל ההידראולי. גבול הבטיחות ההידראולי ירד עם העלייה בצחיחות האתר, ובהתאמה עלה אחוז האמבוליזם החזוי (PLCp). בשניים מהמינים, נצפתה התאמה אוסמוטיות שגדלה לאורך העונה היבשה. הניתוח המפורט שלנו הראה כי מינים מעוצים באקלים יובשני מתפקדים תחת אמבוליזם עונתי ברמות נמוכות עד בינוניות אשר הולך וגובר כתלות ביובש. בנוסף, נראה שמינים אלו משלבים באופן שונה אסטרטגיות שונות בעמידות ליושב.

תרומת המחקר:

חשיבות המחקר היא בהבנה של השפעת היושב על מינים מעוצים, הבנה ואיפיון של מינים שונים באסטרטגיות התמודדות עם יובש ומתוך כך יתאפשר חיזוי טוב יותר של השפעה על מינים מעוצים עקב שינויי אקלים שיכול לסייע בקבלת החלטות לניהול היער.

הוועידה השנתית ה-49 למדע ולסביבה

8-7 ביולי 2021 * ועידה מקוונת



יחסי גומלין דינמיים בין שורשי עצי יער וחיידקי אדמה תחת עקת יובש

יערה אופנהיימר-שאנון, גלעד יעקבי, מיה סטאר, רומיאל קרניאל, גל אילון, מקסים איטקין, סרגיי מאלטסקי, תמיר קליין

אוניברסיטת חיפה

מייל לתכתובות: yaarao@weizmann.ac.il

הסביבות האביוטית והביוטית של העצים תורמות ליכולת העצים להתמודד עם יובש, בעיה מרכזית המתגברת עם ההתחממות הגלובלית. מרכיב מרכזי בסביבה הביוטית הן קהילות החיידקים בסביבת השורש, אשר בינם ובין שורשי העצים מתקיימים יחסי גומלין שבהם לחיידקים יש תפקיד חשוב וחיוני בשמירת חיוניות המארח – העץ. אמצעי התקשורת בין העצים לחיידקים הם מולקולות שמועברות ביניהם. כדי ללמוד על יחסים אלו תחת עקת יובש, למשך חודש חשפנו שתילי ברושים ליובש. שתילים אלה גדלו באדמת יער בתוך קופסאות ייחודיות לחקר שורשים. השתילים אולחו עם *Bacillus subtilis* ו *Pseudomonas stutzeri*, מיני חיידקים מבודדים מאדמת היער, ונמדדו התגובות הפיזיולוגיות של העצים ליובש. נוסף על כך, נעשה מעקב אחר גידול החיידקים בריזוספרה ובאדמה, באמצעות מיקרוסקופ קונפוקלי סורק (CLSM) וספירות חיות (CFU), ונקבע הרכב הפרשות השורשים לקרקע באמצעות שימוש ב-MS/MS והרכב המינרלים בעלי הברוש באמצעות ICP-MS. מצאנו כי בעקת יובש עצים מגייסים יותר חיידקי *B. Subtills* מחיידקי *P. stutzeri*, ואילו חיידקי *P. stutzeri* מצטברים יותר על שורשי עצים מושקים. יתרה מזאת, זיהנו את פרופילי הפרשות שורשי העצים שאולחו בחיידקים בהשוואה לעצים שלא אולחו. יותר מ-100 מטבוליטים זוהו בהפרשות, כולל חומצות פנוליות וחומצות אורגניות, והוכחנו כי הם משמשים כמקור פחמן וחנקן לשני מיני החיידקים בגידול בתרבית. חשוב לציין, נוכחות חיידקי *B. Subtills* וחיידקי *P. stutzeri* העלתה את כמות הזרחן הזמין בקרקע והפחיתה את המחסור בזרחן בעלים, וכן נמצא שהחיידקים השפיעו על כמות הברזל, המנגן והאבץ בעלים. הממצאים הללו מחזקים את ההשערה כי התועלת הפוטנציאלית שמקבלים עצים בגיוס קהילות חיידקים ספציפיות עקב שינויים סביבתיים מאפשרת להם לשפר את סבילותם לבצורת. ממערך ניסויי זה עולה כי תזונה מינרלית משופרת, הנובעת מנוכחות חיידקים בסביבת השורשים, מתקזזת עם האיבוד של פחמן וחנקן בתנאי עקה של העצים. אומנם עוד רב הנסתר על הגלוי בכל הקשור לפיענוח מנגנוני ההתגוננות של עצים המתמודדים עם עקת יובש ושלל מרכיבי מערכת היחסים בין מיקרואורגניזמים באדמה ובין עצים, אך מחקר זה עשוי לתרום להבנת האסטרטגיות למאבק בבצורת ופיתוחן.

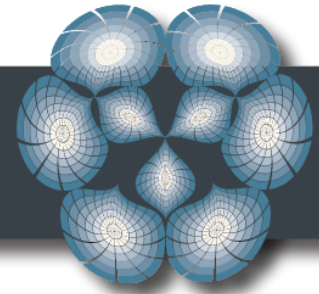
תרומת המחקר:

בעקבות שינויי האקלים, עולה השאלה כיצד עצים יכולים לשרוד בטמפרטורות גבוהות במיוחד ובתנאי יובש. מחקר זה מציג את התפקיד החשוב של יחסי הגומלין בין אוכלוסיות חיידקים לעצים בתנאי יובש. ממחקר זה ניתן להבין כיצד אפשר לשפר את מערכת האקולוגית תחת בצורת, ע"י הוספת חיידקים שיעודדו הפרשת מולקולות ספציפיות ע"י העצים, ובכך יגרמו לגיוס חיידקים מועילים או על ידי הוספת תערובות של מולקולות שזוהו במחקר ובכך לעודד את סבילות העצים לבצורת.

הוועידה השנתית ה-49 למדע ולסביבה

8-7 ביולי 2021

* ועידה מקוונת



קבוצות חיידקים יוצאות דופן הנמצאות בשכבות העומק של קרקע חולית בצפון מערב הנגב ופוטנציאל המטבוליזם של חנקן שלהם

יונתן שיר¹, דני זאבי², דרור מינץ³, איתי שרון⁴

1. מיגל – מכון מחקר לגליל
2. המכללה האקדמית הדסה – ירושלים
3. מכון וולקני (מנהל המחקר החקלאי)
4. המכללה האקדמית תל חי

מייל לתכתובות: sheer.yoni@gmail.com

אוכלוסיות החיידקים בקרקע ופעילותם נחקרים בעיקר בהקשר של המערכות האקולוגיות מעל לפני הקרקע. כתוצאה מכך לא ידוע הרבה על אוכלוסיות החיידקים ופעילותם בעומק הקרקע. מטרת מחקר זה היא לבחון את אוכלוסיות החיידקים ולגזור על פוטנציאל הפעילויות המטבוליות שיש לחיידקים אלה בשכבות חול בעלות מאפיינים שונים בצפון הנגב, כדי להקיש על תהליכים ביוגיאוכימיים בנישה בלתי מוכרת זו. במחקר זה קדחנו 10 גלעיני קרקע עד לעומק 10 מטר, ודגמנו קרקע כל מטר. בכל דוגמת קרקע מדדנו pH, לחות קרקע וצורוני חנקן (ניטריט, ניטראט ואמוניה). כמו כן, מיצינו DNA לאנליזה מולקולארית של אוכלוסיות החיידקים. התוצאות מראות שבעומק הקרקע ישנן שלוש שכבות חול עיקריות: חול גס עליון עד כ- 5 מטר, שכבת חול דק יותר עם טקסטורה של כורכר בין 5-8 מטר, ולבסוף שכבת חול גס בין 8-10 מטר. לפי ריכוז ה DNA שהצלחנו למצות מדוגמאות הקרקע, ניתן להסיק כי ביומסת החיידקים יורדת בצורה דרמטית בשכבות החול העמוקות. מדד מגוון המינים (phylogenetic diversity Faith) גם כן מראה ירידה חדה במגוון המינים, עם מגוון מינימאלי בעומקים של 5-10 מטר. בשכבה העמוקה, מבנה אוכלוסיית החיידקים מורכב בעיקר מכ- 10-15 מינים דומיננטיים. ריכוזי החנקן בכל העומקים היו נמוכים, כשצורון החנקן העיקרי היה אמוניה (2 מיקרוגרם-N/גרם) וריכוזי הניטריט והניטראט היו נמוכים בהרבה (סביב 0.1 מיקרוגרם-N/גרם). עומק הקרקע, הרחק ממקורות הפחמן והנוטריינטים בפני השטח, מאפשר קיום מצומצם של חיידקים, כפי שמתבטא בביומסה ובמדד מגוון המינים. בין החיידקים הדומיננטיים בעומק נמצאו חיידקים שמעורבים במעגל החנקן. זוהו חיידקים ממשפחת Nitrososphaeraceae, חיידקים מממלכת ה Archaea השייכים לקבוצות שמסוגלות לבצע ניטריפיקציה, וחיידקים ממשפחת Methyloirabilaceae, שעד כה רק שני תבדידים ממשפחה זו בודדו, ונמצא שיש להם יכולת לבצע דהניטריפיקציה תוך שימוש במתאן כתורם האלקטרוני. ריכוזי החנקן והביומסה הנמוכים מעידים על קצבי פעילות איטיים. מחקר זה מציג תצפית ראשונה על אוכלוסיות החיידקים בעומק הקרקע והתהליכים הביוגיאוכימיים בהם מעורבים חיידקים אלה. תצפיות אלה יאפשרו לנו הבנה טובה יותר של התהליכים המתרחשים בעומק הקרקע.

תרומת המחקר:

למחקר זה חשיבות בהבנת תהליכים שקורים בעומק הקרקע, ולמיטב הבנתנו זוהי תצפית ראשונה על אוכלוסיות חיידקים באזורים אלו. תוצאות מחקר זה יכולים לספק תובנות לגבי תהליכים ביוגיאוכימיים בעומקי קרקע אלו. כמו כן, תוצאות מחקר זה יאפשרו הבנה של תהליכים שיקרו כתוצאה מהפרה של איון שקיים שם, למשל כתוצאה מחלחול של מזהמים. שיטות המחקר של עבודה זו יכולות לשמש בעתיד לתסקירים סביבתיים, כשתיבחן השפעה של פעילות אנושית על שכבות הקרקע העמוקות.