

הערכת יעילות הגילוי של עצים נגועים בחדקונית הדקל האדומה

באמצעות חיישן סיסמי

דוח שנתי המוגש לשולחן תמר ע"י:

יערה ליבנה¹, יעקב נקש¹, רחלי בן צבי², עמי לנדאו¹, גל מלמוד³, יהונתן בן המוזג⁴

1. מו"פ עמק המעינות – חוות עדן 2. צמח ניסיונות 3. מטע תמרים אשדות יעקב 4. אגרינת

מבוא:

חדקונית הדקל האדומה הינה מזיק אוליגופאגי של דקלים המעביר את מחזור חייו בתוך גזע הדקל ובכך מקשה מאוד על גילוי העצים הנגועים במזיק זה. דרגת הבוגר של החיפושית בעלת יכולות תעופה למרחקים גדולים המגיעים אף למספר קילומטרים במעוף בודד. החדקונית נפוצה נכון להיום בחמש היבשות ובכולן היא נחשבת למזיק קטלני של דקלים וביניהם התמר המצוי והתמר הקנרי השכיחים בישראל. בשנת 2013 יצאה החדקונית מרשימת מזיקי ההסגר של ישראל והצטרפה לרשימת המינים הפולשים. נכון להיום ההתמודדות המקובלת בנגיעות חדקונית היא שימוש במלכודות ניטור, מתן טיפולי מניעה כימיים וביצוע פעולות סניטציה והדברה בהיקפים רחבים לאחר גילוי עצים נגועים. עצים המטופלים באמצעים מכניים ו/או כימיים בנגיעות קלה יכולים להתאושש בקלות ולהמשיך לתת פרי ולשאת נוף מרשים כשל דקל בריא. אחד האמצעים הדרושים לאתגר לייעול ההתמודדות עם החדקונית הינו אמצעי לגילוי מוקדם של עצים נגועים. הגילוי המוקדם מאפשר הצלה של עצים נגועים לפני הגעתם לנגיעות מתקדמת המצמצמת באופן משמעותי את הסיכוי להצלתם. בנוסף הגילוי המוקדם מונע את התבססות המזיק בגזעי הדקלים ומונע את הפצת המזיק הנגרמת לאחר נפילה של עץ במטע. הבעיה העיקרית בגילוי המוקדם היא היעדר אמצעים היכולים לחשוף את פעילות אוכלוסיית המזיק בתוך העץ. הסימנים החיצוניים במרבית המקרים מופיעים במצב נגיעות חמור ועין לא מיומנת יכולה להחמיצם בקלות. לאחרונה החלה חברת "אגרינת" בעבודת פיתוח של חיישן סיסמי שיכול לקלוט פעילות של זחלי חדקונית בתוך גזע הדקל. עבודת הפיתוח כללה הקלטות מרובות של עצים נקיים מנגיעות ועצים נגועים בחדקונית. בו בזמן פיתחה החברה אלגוריתם המבדיל בין האותות הנגרמים כתוצאה מנבירת זחלי חדקונית לבין אותות שאינם קשורים לנגיעות חדקונית. היעד של חברת "אגרינת" הוא להעמיד לרשות הלקוחות חיישן שיישאר קבוע על העץ וישדר התרעה כשיש זיהוי של נגיעות ביותר מחמישה זחלי חדקונית. לאחר הזיהוי העץ יוכל להיות מטופל בחומרים סיסטמיים להכחדת הנגיעות הטרייה בעץ. רף הגילוי שנקבע על ידי החברה הוא רף זיהוי של נגיעות בשישה זחלים ומעלה, כלומר אין התחייבות של החברה לגלות נוכחות של עד חמישה זחלים בעץ. כמות זחלים כזו לא יכולה לגרום לתמותת עץ וברגע שכמות הזחלים בעץ תגדל, "אגרינת" מתחייבת לגילוי והתרעה בזמן. שימוש בסנסור, אם יתגלה כבעל יכולות זיהוי גבוהות, ימנע לאתגר נפילת עצים כתוצאה מנגיעות בחדקונית וכן יוכל לסייע בבחינת יעילות חומרי ההדברה ודרכי היישום בדרך פשוטה יותר לאין ערוך מזו המקובלת כיום.



חקר חדקונית הדקל האדומה הינו אחד מנושאי המחקר המרכזיים בחוות עדן. כגוף ציבורי אשר רווחת מגדלי התמר בראש מעיינינו אנו בחוות עדן רואים תועלת רבה בסיוע לחברת "אגרינת" לממש את יעדה בהקדם ובאמינות גבוהה ולשם כך הוגשה תוכנית זו לוועדה המקצועית של שולחן תמר. בחינה של יעילות החיישן בחלקה מסחרית נגועה מקדמת את הפיתוח ומבטיחה בקרת איכות עבור המוצר שישווק בסופו של דבר הן למגדלי התמרים והן לבעלי דקלים באזור העירוני/יישובי (דקלים אשר יכולים גם להוות מקור אילוח מסוכן עבור מטעי התמר המסחריים). מטרת הניסוי:

1. בחינת יעילות החיישן בגילוי עצים נגועים בחדקונית:

א. חישוב אחוזי השגיאה - הסיכוי שלא נזהה עץ נגוע במטע.

ב. חישוב אחוז השגיאה החיובית - הסיכוי לסימון עץ נקי כנגוע.

2. מציאת הגורמים המשפיעים על יעילות הסנסור.

שיטות וחומרים:

הניסוי נערך בעצי תמר מהזן חלאווי, הנטועים בחלקה מסחרית של אשדות יעקב איחוד, דרומית לישוב. לאחר שאותרה נגיעות גבוהה במטע באמצע ספטמבר 2016 בוצעו טיפולי עשבייה, גיזום והסרת חוטרים ומיד לאחר מכן טופלו כל הדקלים בריסוס חיצוני של קרטה מקס + קוהינור בריכוז של 0.3% ו 0.2% בהתאמה. חודש וחודשיים לאחר מכן ניתנו טיפולים חוזרים בריסוס קרטה מקס וקוהינור כמפורט מעלה. כחודשיים לפני גילוי הנגיעות, ביום 20 ביולי 2016 אותרו 5 עצים במטע כחשודים בנגיעות והם טופלו באותו יום. הטיפול כלל הזרקה של 20 סמ"ק קוהינור באמצעות חידקון לתוך הגזע. לניסוי נבחרו 25 עצים, 19 מתוכם ללא סימני נגיעות ו-6 עצים אשר קיבלו הזרקות גזע ומרביתם מראים סימני נגיעות ישנים. הניסוי בוצע בשלושה סבבים, בכל אחד מהם 8 עצי מעקב (בסבב האחרון היו 9 עצים). לכל סבב הוקצו 6 עצים שנראו כנקיים ושנים מהעצים המוזרקים. בתום פרק זמן של שבוע עד שלושה שבועות של חישה הוגש דוח זיהוי המפרט את מצב הנגיעות בעצים הנבחנים. יום למחרת הגשת הדוח נותחו 8 העצים לבחינת המתאם בין זיהוי הנגיעות לבין מצב הנגיעות בפועל. בעת ביצוע הניתוח נרשמו מספר הפריטים החיים ו/או המתים שנמצאו בכל עץ, דרגתם ומיקומם ביחס למיקום החיישן. בנוסף נרשמו הערות לגבי עומק הנגיעות (פריפריאלית/עמוקה).

בעקבות נגיעות נמוכה מאוד בעצים בסבב הראשון וקשיי זיהוי של נגיעות בחישה בסבב השני עוכב המשך הניסוי, נעשתה הערכה נוספת והוחלט לבצע אילוחים מכוונים בחלק מהעצים שנותרו בסבבים השני והשלישי. לפני התחלת החישה החוזרת של הסבב השני נוגעו 4 מהעצים הנקיים בזחלי חדקונית בגדלים שונים, שהוחדרו לגזע דרך קידוח שנעשה בו. מספר ימים לאחר מכן הוצבו הסנסורים על עצי הסבב השני. אותו נוהל חזר על עצמו גם בסבב השלישי (ראה טבלה 2, 4).



תוצאות:

בסריקה הראשונה נסרקו 8 עצים למשך שבוע ודווחה נגיעות בשני עצים: עץ מספר 2 ועץ מספר 3. בשל מגבלות מזג האוויר בוצעו הניתוח והערכת הנגיעות בפועל שבועיים אחרי הסרת הסנסורים. בביצוע ההערכה, שכללה ניתוח של כל העצים שבסריקה, נמצאו זחלים חיים בעץ מספר 2 בלבד, בעץ מספר 3 לא נמצאו פריטים ובעץ מספר 8 נמצאו 2 זחלים מתים (טבלה 1). הזחלים המתים שנמצאו בעץ מספר 8 היו בעלי המולימפה קמחית ומוצקה.

בסבב השני, לפני החישה השניה, בוצע אילוח של 4 עצים (טבלה 2). לאחר האילוח בוצעה סריקה של העצים למשך שבועיים. בסיום הסריקה התריעו הסנסורים על נגיעות בששה עצים: 1, 3, 4, 5, 6, 8 ודווח חשד לנגיעות בעץ 7 (אשר דווח כנקי בספק). בניתוח העצים שבסריקה נמצאו זחלים חיים בעצים 4, 6, 7, 8 בעץ מספר 3 לא נמצאו פריטים, למרות שהוחדרו אליו זחלים ובעץ מספר 5 נמצאו סימני נגיעות ללא זחלים (טבלה 3). **בסבב השלישי נסרקו 9 עצים למשך שבוע ולאור הנגיעות הנמוכה (רק עץ מס' 8 דווח כנגוע) בעצים 1, 2, 4, בוצע אילוח ב-20 זחלים לעץ (טבלה 4).** בתום הסריקה שלאחר האילוח דווחה נגיעות בעצים 1, 2, 4. בניתוח נמצאו בעצים 1, 2 ו 4 מעל 10 זחלים לעץ. עץ 1, שאולח, נותח בשלב מאוחר יותר ונמצאו בו כחמישים פריטים, מתוכם 46 זחלים, ובעץ מספר 8, אשר דווח כנגוע, לא נמצאו פריטים חיים אך היה חשד לסימני נבירות בבסיס הגזע. בניתוח התוצאות התמודדנו עם מספר בעיות הנובעות מתהליך הניסוי והאמביוולטיות של התוצאות בעצים מסויימים כמפורט בדיון.

טבלה 1: סיכום תוצאות הסריקה בסבב הראשון. מודגשים בירוק עצים אשר נמצאו נקיים בניתוח ומודגשים בכתום עצים בהם התגלו 5 זחלים ופחות.

מספר עץ	תאריך סריקה	הערות	מצב עץ סנסורים	מצב עץ לאחר חיתוך
1	19-25/01/2017	סימני נגיעות היסטורית	נקי	נקי
2	19-25/01/2017	נמצאו עוד 2 בוגרים חיים	נגוע	1 זחל
3	19-25/01/2017	סימני נגיעות היסטורית	נגוע	נקי
4	19-25/01/2017	סימני נגיעות היסטורית	נקי	נקי
5	19-25/01/2017		נקי	נקי
6	19-25/01/2017		נקי	נקי
7	19-25/01/2017		נקי	נקי
8	19-25/01/2017	הזחלים נמצאו מתים	נקי	2 זחלים



טבלה 2 : סיכום תוצאות הסריקה בסבב השני לפני האילוח ומספר הזחלים שהוחדרו לאחריה לכל עץ.

מספר עץ	תאריך סריקה	הערות	מצב עץ סנסורים	מס' זחלים באיכלוס
1	25/01/2017 – 06/02/2017		נקי	0
2	25/01/2017 – 06/02/2017		נקי	0
3	25/01/2017 – 06/02/2017		נקי	10
4	25/01/2017 – 06/02/2017		נגוע	0
5	25/01/2017 – 06/02/2017		בספק נקי	0
6	25/01/2017 – 06/02/2017		נקי	10
7	25/01/2017 – 06/02/2017		נקי	5
8	25/01/2017 – 06/02/2017		בספק נקי	15



טבלה 3: סיכום תוצאות הסריקה בסבב השני אחרי האילוח. מודגשים בירוק עצים אשר נמצאו נקיים

בניתוח ומודגשים בכתום עצים בהם התגלו 5 זחלים ופחות.

מספר עץ	תאריך סריקה	הערות	מצב עץ סנסורים	מצב עץ לאחר חיתוך
1	17/02/2017 – 01/03/2017	לא אוכלס	נגוע	נקי
2	17/02/2017 – 01/03/2017	לא אוכלס	נקי	נקי
3	17/02/2017 – 01/03/2017	לא נמצאו זחלים בהערכה למרות שאוכלס ב 10	נגוע בספק	נקי
4	17/02/2017 – 01/03/2017	לא אוכלס הזחלים נמצאו מתים	נגוע	2 זחלים
5	17/02/2017 – 01/03/2017	לא אוכלסו זחלים נגיעות היסטורית	נגוע	נקי
6	17/02/2017 – 01/03/2017	אוכלס ב 10 זחלים	נגוע בספק	2 זחלים
7	17/02/2017 – 01/03/2017	זחל אחד מת, אוכלס ב 5 זחלים נמצאו גם 3 בוגרים	בספק נקי	5 זחלים
8	17/02/2017 – 01/03/2017	אחד הזחלים נמצא בחוטר	נגוע	2 זחלים



מספר עץ	תאריך סריקה	הערות	מצב עץ סנסורים	מס' זחלים באיכלוס
1	15-23/03/2017		נקי	20
2	15-23/03/2017		נקי	20
3	15-23/03/2017		נקי	0
4	15-23/03/2017		נקי	20
5	15-23/03/2017		נקי	0
6	15-23/03/2017		נקי	0
7	15-23/03/2017		נקי	0
8	15-23/03/2017		נגוע	0
9	15-23/03/2017		נקי	0

טבלה 5 : סיכום תוצאות הסריקה בסבב השלישי אחרי האילוח וניתוח העצים. מודגשים בירוק עצים אשר נמצאו נקיים בניתוח ומודגשים באדום עצים בהם התגלו מעל 5 זחלים.

מספר עץ	תאריך סריקה	הערות	מצב עץ סנסורים	מצב עץ לאחר חיתוך
1	23/03/2017 – 02/04/2017	חיתוך בוצע 3 חודשים מאוחר יותר ע"מ להמשיך לחקור את התפתחות הזחלים בעץ. בנוסף נמצאו גם 6 גלמים ושתי בוגרות	נגוע	46 זחלים
2	23/03/2017 – 02/04/2017	אוכלס ב 20 זחלים	נגוע	11 זחלים
3	23/03/2017 – 02/04/2017		נקי	נקי
4	23/03/2017 – 02/04/2017	אוכלס ב 20 זחלים	נגוע	13 זחלים
5	23/03/2017 – 02/04/2017		נקי	נקי
6	23/03/2017 – 02/04/2017		נקי	נקי
7	23/03/2017 – 02/04/2017		נקי	נקי
8	23/03/2017 – 02/04/2017	חשד לסימני נבירה בבסיס הגזע	נגוע	נקי
9	23/03/2017 – 02/04/2017		נקי	נקי



מזב נגיעות בעץ	סריקה	סה"כ עצים	דווח כנקי	דווח כנגוע	אחוזי גילוי
עץ נקי	לפני אילוח	15	14	1	93%
	אחרי אילוח	16	13	3	81%
> 5 זחלים		4	1	3	75%
< 5 זחלים		3	0	3	100%

סה"כ	דיווח נכון	דיווח שגוי	יעילות הגילוי
38	33	5	87%

דיון ומסקנות:

בבחינת התוצאות נראה כי המטע היה נקי יחסית, וכמעט ולא נצפתה נגיעות טבעית בעצים למרות שהמטע נחשב למטע נגוע. רק ארבעה עצים נמצאו עם נגיעות טבעית (עצים 2, 8 בסבב 1 ועצים 4, 7 בסבב 2). כמות הזחלים שנמצאה בהם לא מגיעה ל-5 זחלים. גם בעצי הסבב השני, שבוצע בהם אילוח בזחלים לתוך גזעי הדקלים, לא נמצאו 5 זחלים לעץ לאחר ניתוחו.

במהלך הניסוי אותרו באמצעות הסנסור כל העצים הנגועים ב-5 זחלים ומעלה. 4 עצים דווחו כנגועים ונמצאו נקיים. אחד מתוכם אוכלס בוודאות בעשרה זחלים שלא אותרו בזמן הניתוח של העץ ובאחד אחר אותר חשד לסימני נגיעות בבסיס הגזע. בשלוש העצים הנגועים שבהם נמצאו 5 או יותר זחלים התגלתה הנגיעות באופן מידי, נצפתה לאורך כל הסריקה ודווחה באופן חד משמעי.

יודגש שהניסוי כולו התרחש בחודשי החורף במטע שטופל בעבר הקרוב בחומרי הדברה ולוה בטמפרטורות נמוכות ולעיתים גשמים. הנחת היסוד הינה שטמפרטורות נמוכות מקטינות את פעילות הזחלים בעץ ואף על פי כן, הסנסורים זיהו עצים נגועים גם כאשר הכילו מספר זחלים בודדים ואף זחל אחד בלבד ביעילות של 75%. בסריקות שבהם ירדו גשמים רבים, לא עלתה כמות הזיהויים השגויים של עצים נקיים כעצים נגועים ונראה שמזג האוויר אינו משפיע על הסנסורים.

ראוי לציין שהאמצעים העומדים לרשותנו בביצוע הערכת הנגיעות בפועל הינם מסור מוטורי ודחפור, כלים גסים אשר יכולותיהם מוגבלות לגילוי נגיעות צעירה או נמוכה מאוד. נפח הגזעים גדול וייתכנו זחלים



סיכום: הערכת יעילות הסנסור

בניסוי זה נבחנו לראשונה הסנסורים באופן מעמיק ולאורך זמן ממושך יחסית (כחודש ימים בכל מחזור) על מנת לבדוק את יכולת השימוש בסנסורים כאמצעי לגילוי מוקדם של זחלי חדקנית הדקל בעצי תמר. בצד אחוזי זיהוי נכון (87%) של 38 בדיקות העצים בניסוי ניתן לומר שנגיעות ביותר מ 5 זחלים זוהתה בניסוי ב 100% מהמקרים. נגיעות מאוד נמוכה של פחות מחמישה זחלים זוהתה ב 75% מהמקרים. ועץ נקי זוהה כנקי ב 87% מהמקרים. ריבוי מקרים של חוסר ודאות לגבי מצב העץ לאחר ביצוע ההערכה דורש התייחסות ולכן הוצאו שלושה עצים מהסיכום הכללי בעקבות קושי בהערכת מצבם לאשורו. לא אחת הסנסור נתן אינדיקציה על נוכחות של שני זחלים בלבד בתוך העץ, אלו תוצאות מרשימות למדי אשר על ודאיותן מעיבים זיהויי השווא המרובים יחסית (13%). אין להכחיש כי יכולות ההערכה לגבי נוכחות זחלים קטנטנים ו/או בודדים בתוך הגזע מוגבלות למדי כאשר מדובר בגזע דקל בנפח שני מטר מעוקב לערך ואמצעי הניתוח שלנו מוגבלים לכף דחפור ומסור מוטורי. נראה שהסנסור בהחלט עומד ביעודו ומצליח לספק גילוי מוקדם של המצאות כמות זחלים גבוהה מ-5 בעצי הדקל. נראה שבניסוי זה, בגלל הזמן הקצר הדרוש לדיווח על מצב העץ, הסנסור כוון לרגישות גבוהה מדי. במקרה כזה, ניתן בהחלט להעלות את סף הגילוי, לוותר על גילוי של זחל בודד או 2 זחלים ובכך לצמצם את התראות השווא. במקרים בהם אין מגבלת זמן לגילוי, ניתן לצמצם את אחוז התראות השווא על ידי הגדלת הביטחון בזיהוי לאורך זמן דגימה ארוך יותר.