

מחלות וירוס, וירואידים וספירופלסמה בהדרים

מוקדש לזכרו של פרופ' עלי כהן, חוקר ומרצה, מנהגי וחבר

מ. בר-יוסף, רבקה הדס



(4) אכסוקורטיס — CEV — Citrus Exocortis Viroid

מחולל האכסוקורטיס נפוץ ברוב עצי ההדר הגדלים בארץ וכן גם בנטיעות ההדרים הוותיקות ברחבי העולם. נוכחות מחולל האכסוקורטיס וגורמים דומים במקורות חומר הריבוי הוותיק (old clones) התגלתה באקראי כאשר בפרדסים שנפגעו מטריסטזה ניסו להרכיב את הרכב הוותיק על הכנות תלת-עלה ורגנפור. התברר כי בהרכבת הכנות הנ"ל במקורות רכב מסוימים הופיעו סימני הסתדקות והתקלפות חזקה (ומכאן השם Exocortis) מלוות בניזון הדרגתי. מכיון שתופעות אלה לא נצפו בכל מקורות הרכב, וניתן לגרמן בצירוף הבריא לאחר הדבקה בצירוף חולה — הניחו כי האכסוקורטיס היא מחלה ויראלית השוכנת באופן סמוי בחלק ממקורות הרכב הוותיק.

סימפטומים

במספר זנים וכנות, בכללם תלת-עלה ומכלואיו, לימה ורגנפור חני פומלו מסוימים, גורם האכסוקורטיס סדקים, קרעים והתקלפויות בגזע וכתמים צהובים דמויי מכות-שמש בענפים הבלתי מעוצים. סימפטומים אלה מופיעים, בדרך-כלל, כעבור 2–3 שנים ממועד ההדבקה, ועצמתם שונה בהתאם לרגישות הזן או הכנה ולאלימות מחולל המחלה.

בזני אתרוגים מסוימים, הדבקה באכסוקורטיס גורמת — נוסף להסתדקויות בקליפה — גם תופעות של התקלפות העלים, מעין גלילת עלים (epinasty). עורקי העלים הפגועים סדוקים ומכוסים שכבת שעם כהה. הסימפטומים באתרוג מופיעים כעבור 4–6 שבועות ממועד ההדבקה, ולכן משמש האתרוג צמח מבחן ראשוני לגילוי תקביץ האכסוקורטיס (ראה להלן). גם צמחים עשבוניים מסוימים, בכללם העגבניה ובייחוד גינורה (*Gynura aurantiaca*), מראים סימפטומים של התקלפות עלים אפינסטית לאחר הדבקה במחולל האכסוקורטיס.

בין הסימפטומים הבולטים של אכסוקורטיס יש למנות את תופעת הנינוס. עצמת הנינוס נקבעת לפי רגישות הכנה ואלימות הגזע. בולטות ברגישותן הכנות תלת-עלה ולימה ורגנפור. כנות אחרות, בכללן חושש, ליגס, וולקמריאנה וכנות תפוז — סובלניות ואינן מראות סימפטומים מיוחדים. מכלואי תלת-עלה כגון טרויר או קריוז — בעלי רגישות בינונית. פגיעת אכסוקורטיס בצירופי זנים על כנות רגישות — אינה אחידה. זנים מסוימים של מנדרינה, בהיותם מורכבים על כנות רגישות, נפגעים קשה ומראים נוסף לנינוס גם סמני ניזון והצהבה חריפה. יתכן שסימנים אלה אינם נגרמים ישירות ממחולל האכסוקורטיס, אלא ממחוללי מחלות אחרים שהתלוו אליו (ראה להלן).

מחולל האכסוקורטיס, הוירואיד Citrus Exocortis Viroid (CEV)

זהו וירואיד בנוי מ-370–375 בסיסים המסודרים כשרשרת מעגלית. את רצף האכסוקורטיס פיענחו לראשונה חוקרים מאוסטרליה, לאחר שבמחקרים שערכו Semancik וחובריו בקליפורניה הצטברו נתונים רבים על תכונותיו הביולוגיות והביוכימיות של מחולל האכסוקורטיס.

מבחינה חקלאית, מאפיין חשוב של רוב הוירואידים המוכרים כיום הוא העברתם המכנית. כלי-עבודה כגון סכיני הרכבה, מזמרות ומקטפות — מתאלחים במגעם עם חומר צמחי נגוע, ויכולים לשמש אמצעי להדבכת שתילים או עצים בריאים. אכסוקורטיס עלול להיות מופץ בדרך זו — בעיקר במשתלה ובקרב עצים לרכב. ניסויים שנערכו אצלנו בסוף שנות ה-70 בעצי וושינגטון, שמוטי, ואלנסיה ואשכולית נוצלריים, שגדלו בתנאים בלתי מבודדים וללא תברואה בחוות המטעים בצריפין, נמצאה נגיעות מועטה — 1%–5% — בקבוצות של 100 עצים מזנים אלה. שיעור זה אולי מועט לגבי פרדס מסחרי, אך מצביע בהחלט על הצורך בתברואה קפדנית בתנאי מטעי אם ומשתלות. שאלה חשובה שטרם נבחנה היא — מידת ההדבקה על-ידי אמצעי גיוזם מכניים.

רגישות מחולל האכסוקורטיס לתמיסת כלור (אקונומיקה) מאפשרת כיום חיטוי מהיר של כלי-עבודה. טיפול זה חיוני בייחוד בחלקות ריבוי, וכן בחלקות המסחריות שמגדלים בהן צירופים רגילים.

וירואידים אחרים, המתלווים לאכסוקורטיס

ממחקרים שנעשו בשנים האחרונות התברר כי תקביץ של וירואידים פוגעים בעצי הדר, בכללם וירואיד אכסוקורטיס, וירואיד הקהכ-סיה (ניקרין), וכן מספר וירואידים אחרים בעלי משקל מולקולרי נמוך משל אכסוקורטיס שטרם אופיינו במדויק. בבחינת מספר רב של צאצאי עץ האשכולית 225 מחוות הנסיונות עכו, שהוא המקור העיקרי לנינוס אשכוליות בארץ, נמצא כי מקור זה מכיל לפחות חמישה וירואידים שונים בעלי אורך רצף של 275, 295, 300, 330 ו-371 בסיסים. המולקולה הכבדה בעלת אורך של 371 בסיסים בודדה על-ידי הרכבת צמח גינורה, ובניסויי הכלאה עם cDNA של מחולל האכסוקורטיס משוכת בפלסמיד היה אפשר להוכיח, שאמנם מולקולה זו דומה לשל וירואיד אכסוקורטיס, ומכאן שאין אלה מולקולות קטועות שלו. אלא קבוצה של וירואידים נבדלים. הוכחה נוספת

בהיותם פחות יובייליים, וכתוצאה מכך שתילים אלה ממהרים להניב והם פחות קוצניים משתילים שהתקבלו בשיטה הנוצרית.

נינוס עצי הדר באמצעות אכסוקורטיס ווירואידים אחרים
במקביל להתקדמות הרבה בתחום ניקוי חומר-הריכוזי מווירואידים ולהתרחבות הרבה של שטחי הדרים פטורים מווירואידים – התפתחה גם גישה אחרת, פחות קונונציונלית, והיא שילוב של חומר-ריכוזי נגוע דווקא, על גבי כנות רגישות, לצורך קבלת פרס-קטן-קומה. עוד בשנות הששים הציע פרופ' מנדל, מנהל המחלקה להדרים במרכז וולקני, לראות את מחולל מחלת האכסוקורטיס כאמצעי להקטנת העצים בלי לפגוע באיכות הפרי וביכולת הפרס. חישובים תיאורטיים הראו, שאף כי הדבקה במחלת האכסוקורטיס גורמת הקטנת העצים – היחס נוף/יכול אינו נפגע, וציפוף הפרס מאפשר קבלת יכולים טובים ליחידת-שטח.

הדבקה מכוונת בתבדירים של וירואידים נוסתה בהיקף נרחב בעצי תפוז מורכבים על תלת-עלה באוסטרליה, ותוצאות ניסויים אלה היו מעורדות ביותר. הנושא נבחן בארץ באופן נסיוני בידי שמואל אשכנזי, יאיר אורן, אמיתי רסיס ואבנר אמיר משירות ההדרכה והמקצוע, ובידי א. שקד ממנהל המחקר החקלאי, במספר צירופי רוכב/כנה מודבקים בתבדירים שונים. לאחר מבחני שדה מוקדמים הורחב הניסוי לחלקות נוספות. באיזור הצפון כבר אומצה טכנולוגיה זו בפרדסים מסחריים של מספר משקים קיבוציים, בעיקר הודות לדחיפה החזקה של ההדרכה באיזור. העניין הרב בפרס מודבק באכסוקורטיס נובע בראש ובראשונה מנחות הקטיפה מעצים נמוכים, צפיפות הנטיעה מאפשרת גם הקדמה בניבה, ולכך חשיבות כלכלית רבה. הן בגלל החזר השק-עות מהיר, ובעיקר בגלל האפשרות להשיג יכולים מסחריים בזנים אפנתיים חדשים, כגון האשכולית האדומה והפומלית המתוקה. יתרון חשוב נוסף של הדבקה בתבדירי אכסוקורטיס הוא העמידות הנרכשת של הכנות המודבקות בוורואידים למחלת רקבון השורש, שמחוללת הפטרייה פיסופתורה. שילוב תכונה זו נחוץ בייחוד כאשר מגדלים על הכנה רגנפור.

בין מגבלות השיטה יש למנות את החלשת העץ, קיצור תוחלת חי הפרס, ובעיקר – נסיון שדה בלתי מספיק ומחסור במידע על אודות השפעתם הייחודית של כל רכיבי התקבין המנסע על גובה העץ, על יכולו ועל אריכות חייו.

5) נקרון העצה – קהכסיה

המחלה נצפתה בארץ לראשונה בשנת 1928, ותיאורה לראשונה רייכרט ופרלברגר כמחלת עצי הדר, בעיקר עצי שמוטי מורכבים על כנת הלימטה המתוקה. מחלה דומה, שיוחסה לתופעת אי-התאם של עצי תפוז מהזן Barao מורכבים על לימטות מתוקות, תוארה כברזיל, בפלורידה תיאר Childs מחלה דומה לניקרון, הפוגעת בעצי טנג'לו, ואותה הוא כינה Cachexia. הקהכסיה הועברה בהרכבה, וציילדס הניח כי הניקרון והקהכסיה הם ביטויים שונים של אותו מחולל מחלה בפונדקאים שונים.

בשנים האחרונות התברר כי מחולל הקהכסיה הוא וירואיד, ובעקבות כך חודש המאמץ לברר אם הניקרון זהה עמו.

תמצה, תחום פונדקאים, וסימפטומים

בדומה לאכסוקורטיס, גם מחלת נקרון העצה נפוצה בארצות רבות שעדיין מגדלות פרדסים מורכבים ברכב old clone. מבין הכנות הנפגעות בניקרון יש למנות את הלימטה המתוקה ואת המאקרופילה, ואילו הקהכסיה פגעה בעיקר במנדרניות ובזני טנג'לו (המשך בעמוד 876)

מעורבות וירואידים שונים בתקבין הנינוס שמשרה רכב שמקורו בעץ 225 – נמצאה כאשר בדקנו את תכולת הווירואידים של צאצאי עץ 225 (עצים שהורכבו במקור זה), הנבדלים זה מזה בגדלם. התברר כי עץ המראה סימפטומים חריפים של נינוס מכיל את חמשת הווירואידים (בכללם את האכסוקורטיס המקורי); ואילו בעצים המראים סימפטומים בינוניים מופיעות מולקולות בגודל 275, 295 ו-330 בסיסים, ובעצים המראים סימפטומים חלשים מופיעים רק הווירואידים באורך 275, 295 (ואולי גם 300) בסיסים.

התברר כי תקבין הווירואידים אינו עובר בצורה סדירה בהרכבה, ובתנאים מסוימים רק חלק מרכיבי התקבין מועבר לצאצאים. לפי שתגובת הצאצאים נקבעת בהתאם לתכולת הווירואידים בעץ המודבק ולא במקור המידבק – נבדקה גם השפעת הזן הפונדקאי לתקבין, ליכלתו להעביר בצורה סדירה את הווירואידים השונים לשתילי אחרים.

מתוצאות 3 מחזורי הדבקה ברכב שמקורו באתרוג התברר כי האתרוג משמר את התקבין, ובכל אחד מהצאצאים שנבדקו לאחר הרכבה היה אפשר למצוא את כל תבדירי הווירואידים שהיו מצויים ברכב האתרוג ששימש להרכבה.

בבדיקות שדה שערכנו לגבי עצי פומלית מודבקים בתקבין אלים, שמקורו בעץ לימון מאלומות והמכיל לפחות 5 וירואידים שונים, בכללם את מחולל האכסוקורטיס, נמצא שכנראה גם הפומלית שומרת על כל רכיבי התקבין הנ"ל; ואילו בקרב צאצאי אשכולית אדומה מהזן סטאר-רובי שהודבקו בזמנית באותו תקבין היה אפשר לגלות התפצלות רבה, כאשר 2 מ-8 הצאצאים הנבדקים מכילים את כל רכיבי התקבין, ואילו רוב העצים האחרים הכילו רק חלק מאוכלוסיית הווירואידים המצופה. שאלת אחידות ההדבקה של רכיבי התקבין בזנים שונים עדיין בלתי פתורה, ודרוש מחקר נוסף בנידון זה.

ניצוד אפשר לקבל מקורות רכב פטורים מאכסוקורטיס ומו-וואידים אחרים?

בדרך-כלל רואים את הווירואידים כפתוגנים, מחוללי מחלות בצמחים: לכן חיפשו דרכים לזיהוי מהיר של הצמחים הנגועים, וכן דרכים להרחקת הווירואידים ממקורות הריכוזי של הגידולים התרבותיים. בהדרים פותחו שתי שיטות למטרה זו. הראשונה נקראת "ריכוזי על-ידי רכב נוצלרי". היא מנצלת שתי עובדות יסוד: (1) וירואידים של הדר בדרך-כלל אינם מועברים על-ידי זרעים; (2) בזני הדרים רבים מכיל הזרע, נוסף לעובר המיני שהוא מכלוא, גם עוברים משניים שמקורם בנוצלוס. שתילים המתפתחים מעוברים נוצלריים דומים מבחינת המטען הגנטי לצמח-האם שעליו גדלו. על-ידי הכלאה מכוונת של תפוז עם הדר תלתני מקבלים צמחונים מיניים, שעליהם תלתניים, וצמחונים נוצלריים שעליהם תמימים כשל התפוז. בשיטה פשוטה זו היה אפשר לקבל במהירות יחסית מקורות ריכוזי פטורים מאכסוקורטיס. החיסרון העיקרי של הריכוזי הנוצלרי נובע מתופעת היוביליות, המאפינת את חומר-הריכוזי שמוצאו מזרעים. היוביליות גרמה איחור בניבה וקוצניות רבה בזנים מסוימים, וכן חלק מזני ההדרים הם חד-עובריים, ולכן לא התאימה שיטת ניקוי זו לניקוי חלק מהזנים מאכסוקורטיס. טכניקה חדשה יותר, שפותחה בשנים האחרונות והנקראת הרכבת אמירים Shoot Tip Grafting (STG), מאפשרת גם ניקוי הזנים הבעייתיים. שיטת הרכבת האמירים מבוססת על הרכבת אמיר קצר (0.15 מ"מ) של הצמח הנגוע על שתיל צעיר, הגדל במבחנה סטרילית. התברר כי בהדרים ובצמחים אחרים הנגועים בנגיפים ובוורואידים קצה האמיר נקי, ועל-ידי העתקת קצה האמיר וגידולו על גבי כנה בריאה ניתן לקבל שתילי הדר פטורים מווירואידים. יתרונם של שתילי הדר שמקורם מ-STG הוא בראש ובראשונה

תקופת הדבקה של כמה שנים. לכן חיפשו אינדיקטור, המקדים להר-
אות את סימני המחלה. נמצא כי מנדרינה מהזן Person special
בהיותה מורכבת על כנה חזקה כגון וולקמריאנה, מראה סימפטומים
של קהכסיה באיזור ההרכבה וכן בבסיסי הענפים לאחר תקופה של
כשנה. נמצא כי סימפטומים אלה בולטים יותר בתנאים חמים.
הקהכסיה, בדומה לאכסוקורטיס, גם היא מועברת על-ידי כלי-
עבודה, וגם את הכלים המאולחים בקהכסיה אפשר לחטא בטבילה
באקונומיקה.

לאחרונה בודדו את וירואיד הקהכסיה, והתברר שהוא מורכב
מסליל RNA מעגלי של כ-300 בסיסים, הניתן להעברה מכנית לצמ-
חים ממשפחת הדילועיים.
שאלת הזהות והקשר בין ניקרון וקהכסיה ברמה מולקולרית –
טרם פוענחה; הפיענוח נחוץ בייחוד למניעת נזקי מחלות אלה ברוב
המשמש למטרות נינוס.

שונים. בארץ מקובל היה להרכיב זנים שונים על כנת הלימטה,
ואחרי-כן לתמוך את הרכב בכנת החושחש. פעולת הוספת החמך
יקרה, וכרוכה במאמץ רב; אך יתרונה בכך, שהיא מאפשרת במידה
מסוימת שילוב התכונות הרצויות בשתי הכנות: הלימטה מקדימה
ניבה ומקנה איכות ראשונית, והחושחש מאריך את חיי העצים.
הסימפטומים של ניקרון העצה מתבטאים בחירור העצה של
הלימטה ובבליטות מקבילות בקליפתה. סימפטומים אלה נצפים
בתחילה רק לאחר הסרת הקליפה. בשלבים מתקדמים וקשים של
המחלה ניתן להבחין בשקעים חיצוניים בכנה, ובקילוף אזורים אלה
– העצה מחוררת בצפיפות רבה. הקהכסיה במנדרינות גורמת בהן
ניקרון, ובעיקר בולטת בהן תופעת כיסי שרף נקרוטיים בקליפה
המעוצה.

הסימפטומים של ניקרון וקהכסיה מתגלים בעצים הנגועים לאחר

פאונץ'-40

**תכשיר
סיסטמי**

**להדברת גרב
וקמחון במטעים**

**פאונץ'-40 מיועד למניעה ולהדברה
של מחוללי המחלות:
גרב באגס, קמחון וגרב בתפוח.**

לייעוץ והדרכה:



*
Registered Trademark
of E. I. du Pont de Nemours
& Co. (inc.)

אחים מילצ'ן בע"מ המחלקה החקלאית

רמת גן, ביאליק 155, טל. 03-7518158