

# שימור קרקע

## מרעה ויעור

### אורן ירושלים נטוע בישראל

סיכום עשר שנות מחקר

מאת גבריאל שילר, המחלקה למשאבי טבע,  
מינהל המחקר החקלאי

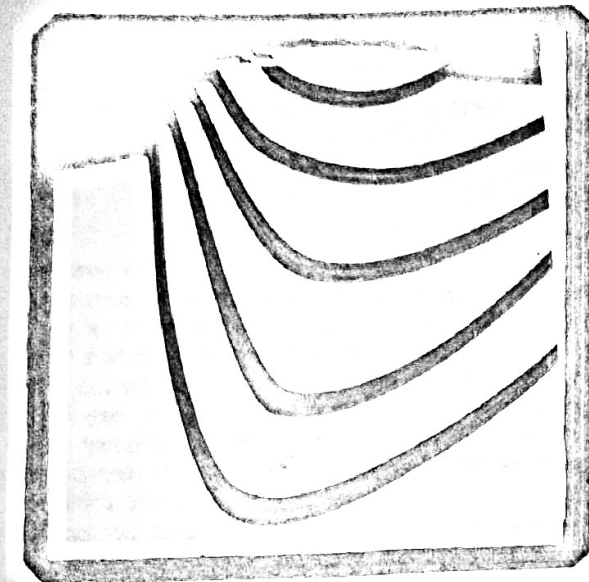
הוכח, בעזרת שיטות בירכימיות, כי ההתנוונות שאובחנה ביערות אורן ירושלים נטועים היא תוצאה של מבנה גנטי הגורע מעמידות העצים נגד עקות הקיימות בתנאי הארץ. מבנה גנטי זה נוצר כתוצאה משימוש בזרעים ממקורות שונים בחו"ל, זרעים שהצמחים העולים מהם אינם עמידים במידה מספקת לאיציטיות האורן וליובש, וכן מאיסוף זרעים הלוקה בחסר שנעשה בשרידי היער הטבעי בארץ.

#### מבוא

מאז תחילת המנדט הבריטי על ארץ-ישראל נעשו מאמצים רבים להחזיר את תפארת הארץ לישנה, לשקם ולשנטע את שרידי היער הטבעי הקיים ולשמר שטחים נרחבים מפני ניצול יתר והרס נוסף. לצרכי הייעור, נטיעות הנוי, נטיעות למניעת סחף ונטיעות לייצוב חולות — הובאו זרעים ממינים רבים מאזורים שונים בחבל. עיון מעמיק בגנון מחלקת היערות של ממשלת המנדט העלה כי הובאו ממקורות שונים גם זרעים של מינים הגדלים בארץ באופן טבעי, כגון אורן ירושלים. כמו כן נאספו זרעים בשרידי היער והחורש הטבעי בארץ.

התעניינות הציבור בגורלם של היערות הנטועים התעוררה נוכח התנוונות ותמותה, בממדים ניכרים, של אורן ירושלים ביער שער-הגיא, שנגלו לעין כול משנת 1972. יער זה ניטע מטעם מחלקת היערות של ממשלת המנדט בין השנים 1926 — 1936. מכין הסקרים והבריקות הרבות שעשו חוקרים כתחומים השונים של מדעי הטבע — רק שניים העלו תוצאות, שהצביעו על כיוון מסוים. בדיקות על "חסי הגומלין שבין התפתחות אורן ירושלים לבין תנאי הסביבה" (2), שנעשו ביער הגל כרי למצוא קשר בין התמותה לבין תנאי

\* פירסום של מינהל המחקר החקלאי, סדרה ה' 1988, מס' 2079.



מאמר זה מוקדש לזכרו של משה קולר, מהנדס-יערן, סגן מנהל אגף היעור של הקק"ל, שתמך ככל יכלתו במחקר היערי כדי להרחיב את היידע ובכך לשפר את ניהול היער בישראל.

בית-הגידול, הראו כי ביער גדלים עצי אורן ירושלים ממספר פנוטים, שרק חלקם נפגע והתנוון. כסיבה סבירה לתהליך ההתנוונות נקבעה עקת מים קשה, שנוצרה כתוצאה מחורפים שחונים ביותר בשנים 1959/60 ו-1962/3. סיבה אחרת לתהליך הנ"ל, שהיו לה תימוכין רבים, היא הנזק המצטבר מפעילות מצוקוקוס ארץ-ישראלי האורן, שהוא כנימה ומין אנדמי למזרח אגן ים-התיכון ומחקיים על אורן ירושלים בלבד (3).

מאז "תופעת שער הגיא" בראשית שנות ה-70 נפגעו יערות אורן ירושלים רבים באופן דומה. יערות אלו גדלים בתנאי בית-גידול שונים בחבלים שונים בארץ, אך בעיקר נפגעו יערות בחבל המרכז והתיכון שניטעו לאחר קום המדינה בשחילים שטופחו מזרעים שנאספו, בין היתר, גם ביער שער-הגיא.

התעוררה אפוא כמלוא חריפותה השאלה: במה שונה היער הנטוע מהיער הטבעי של אורן ירושלים, עד כדי כך שהיער הטבעי אינו לוקה בהתנוונות ותמותה מתנאי בית-הגידול כגון יובש, מזיקים או מחלות?

רמז על כיווני המחקר הרצויים נתקבל מבדיקה, בעזרת גז כרומטוגרפיה, של הכמות היחסית של חמרים שונים המרכיבים את השרף בעצה של אורן ירושלים ביער שער-הגיא וב"מסרק". הבדיקה הראתה, שיש שוני מובהק בהרכב השרף בין עצים פגועים ושאנים פגועים, ובין האורנים שבשמות "המסרק". מכיון שמקובל, שהרכב השרף הוא סימן גנטי שאינו מושפע מתנאי-הסביבה אלא רק מהמערכת הגנטית של הצמח — היה אפשר להבין מהתוצאות שהתקבלו, שהתנוונות נות יער שער-הגיא ויערות אחרים נובעת משתילת עצי אורן ירושלים שאינם מתאימים לתנאי בית-הגידול (יובש ומזיקים) השוררים בארץ. (המשך בעמוד הבא)

## אורן ירושלים נטוע בישראל (המשך מעמד קודם)

### חמרים ושיטות

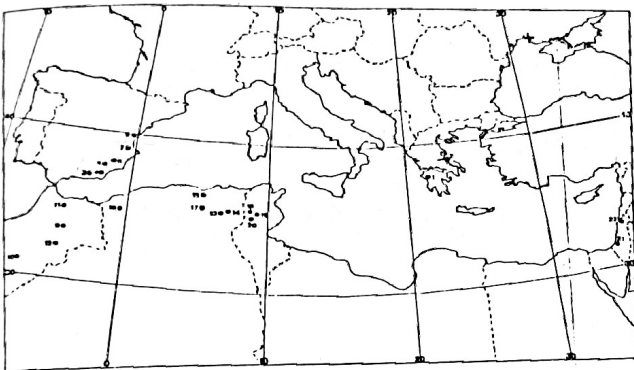
(א) נעשו בדיקות, בעזרת אלקטרו-פורדה על גיל עמילן, של האזור אנזימים באנדוספרם של זרעים. האנדוספרם הוא רקמה אמהית הפלואידית בזרע, ועל כן אפשר לזהות, בעזרת הבדיקה הזאת, את ההרכב הגנטי של צמח-האם. הזרעים נאספו מעצים רבים מאוד בשמונה יערות טבעיים בארץ ובמספר יערות מבוגרים שננטעו אגף הייעור של ההקק"ל ומחלקת היערות המנדטורית (טבלה 1). זרעים רבים נתקבלו מחו"ל, שם נאספו ביערות אורן

ירושלים במקומות שונים בתחום התפוצה הטבעי של המין סביב

אגן ים-התיכון (מפה 1).

(ב) הורחבו הבדיקות, בעזרת גז כרומטוגרפיה, של הרכב השמן בעצה ובקליפה של עצי אורן ירושלים הגדלים בשבעה יערות טבעיים ובמספר יערות נטועים מבוגרים (טבלה 1). הבדיקות הנ"ל נעשו גם בעצים שמקורם במקומות שונים סביב אגן ים-התיכון (מפה 2), הנטועים בחלקות נסיוניות.

(ג) נבדקה מידת הפגיעה של מצוקוקוס ארן-ישראלי בעצי אורן ירושלים שמקורם באזורים שונים סביב אגן ים-התיכון. הנטועים בחלקות נסיוניות.



מפה 2. המקורות שבתחום התפוצה הטבעי של אורן ירושלים, שמהם גדלים עצים בחלקות נסיוניות בארץ.

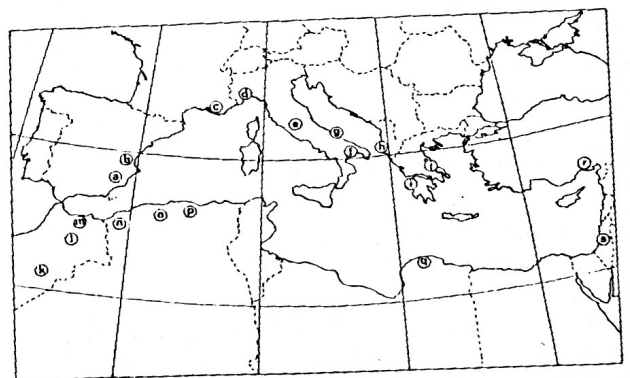
(ד) נבדקה העמידות ליובש של שלושה אקוטיפים של אורן ירושלים שמוצאם ביוון ובישראל. העמידים גם בפני מצוקוקוס (בדיקות הקדמיות הראו כי אקוטיפים של אורן ירושלים ממערב אירופה ומחלקים אחדים בצפון-אפריקה רגישים ליובש יותר מאקוטיפים מזרח-אירופיים או מזרח ים-תיכוניים).

### תוצאות

#### (א) יחסים בין אוכלוסיות כלל ים-תיכוניות

(1) הבדיקה של האיזו-אנזימים (גנים) בזרעים ממקורות שונים סביב אגן ים-התיכון המפורטים במפה 1, בעזרת אלקטרו-פורדה (4), הראתה כי מכלל שלושים הגנים שנבדקו — רק תשעה הם פולימורפיים (בעלי יותר מאלל אחד) והשאר הם מונומורפיים. מהתדירות של האללים בגנים הפולימורפים ניתן ללמוד, שאורן ירושלים ים-תיכוני נחלק לשתי קבוצות עיקריות, שונות זו מזו בתדירות האללים באזנים (גן) קטלזה ( $CA_2$ ) ואלנין-אמינור פפטידזה ( $AAP_1$ ): האחת — קבוצה מזרח ים-תיכונית (ישראל, ומקור אחד באיטליה), והאחרת — קבוצה ים-תיכונית הכוללת את כל שאר האזורים מערבה מישראל. כמו כן ניתן להבין, כי הקבוצה המערב ים-תיכונית נחלקת לארבע תת-קבוצות בהתאם לתדירות של האללים באנזימים (גנים) השונים שנבדקו: (א) קבוצה מערב-אירופית (ספרד, צרפת, איטליה); (ב) קבוצה מזרח-אירופית (חצי האי הבלקני, אזור גרגנו שלחופי הים האדריאטי באיטליה, אזור קירנאיקה בלוב); (ג) קבוצה צפון-אפריקאית מערבית (מרוקו); (ד) קבוצה צפון-אפריקאית מזרחית (אלג'יריה)

היער	מיקום גאוגרפי		בדיקות	
	רוחב, מעלות ודקות	אורך, מעלות ודקות	גובה, מטרים	שרף, איזו-אנזימטיות
1 ראש-הנקרה	33 05	35 09	330	+
2 בית-ג'אן	32 58	35 23	850	+
3 ירקא	32 57	35 10	430	+
4 עוספיה	32 43	35 02	450	+
5 ניר-עציון	32 41	34 58	80	+
6 אוס-צפא	32 01	35 09	550	+
7 בית-מאיר	31 48	35 02	590	+
8 ביתא	32 08	35 17	600	-
1 אלקוש	33 01	35 18	600	+
2 הר דבורה	32 42	35 20	437	-
3 משמר-העמק	32 38	35 09	200	+
4 בן-שמן	31 57	34 58	100	+
5 שער-הגיא	31 48	35 03	500	-
6 קרית-ענבים	31 48	35 05	600	+
7 יער הקדושים	31 47	35 05	600	+
8 עגור	31 42	34 55	250	+
9 חברון (מוסקוביה)	31 33	35 06	900	+



מפה 1. המקורות שבתחום התפוצה הטבעי של אורן ירושלים, שמהם נתקבלו זרעים.



אורן ירושלים טבעי, נעה בין 9% ל-24% (להוציא את יער ביתא (6) שבווראי לא שימש מקור לזרעים), ואילו ביער הנטוע נעה התדירות סביב 2%. התדירות המועטה של האלל השני באנוס קטלזה ביערות אחדים מראה, כי לשם טיפוח השתילים הדרושים לנטיעה — הזרעים שנאספו ביער הטבעי נאספו מעצים אחדים בלבד, ובשביל "יער-הרצל" שבכך-שמן — רק מעץ אחד. (2) הבדיקות של הרכב השרף בעצה של העצים ביער הטבעי והנטוע (7), הוכיחו, שביער הנטוע קיימת שונות פחותה בהרכב השרף לעומת זו הקיימת ביער הטבעי, וכי ביערות אחדים גדלים עצים שמקורם אינו ביער הטבעי המקומי. תוצאות אלו מתאימות לתוצאות שנמצאו בעזרת שיטת האלקטרו-פורזה של איזור-אנזימים.

(ג) היחס שבין אורן נטוע למצוקוקוס הארץ-ישראלי מבדיקות שנעשו בחלקות נסיוניות בידי צוות אנטומולוגים בראש שות ד"ר צבי מנדל (8) נמצא, שעצי אורן ירושלים שמקורם ביער הטבעי המקומי ומיוון עמידים יחסית למצוקוקוס, ואילו עצים שמקורם באזורים אחרים סביב אגן ים-התיכון — בדרך-כלל נפגעים ממנו קשה מאוד עד כדי תמותה. כן נמצא, שקיימים הבדלים בין פרטים (עצים) מאותו מקור במידת הרגישות למצוקוקוס. יתכן שהבדלים אלו נובעים מהבדלים גנטיים בין פרטים בתוך אוכלוסיה, כפי שזוהו בעזרת בדיקות הרכב השרף והבדיקות האיזור-אנזימטיות.

#### ד) עמידות ליובש

בדיקות שנעשו בשלושה אקוטיפים, שניים מיוון ואחד מישראל, לעמידותם ליובש הראו, שבתנאי הניסוי יש עדיפות בצמיחה לאקוטיפים מיוון; אך בתנאים קשים יותר (עקת יובש קשה יותר) עדיפות לאקוטיפ הישראלי.

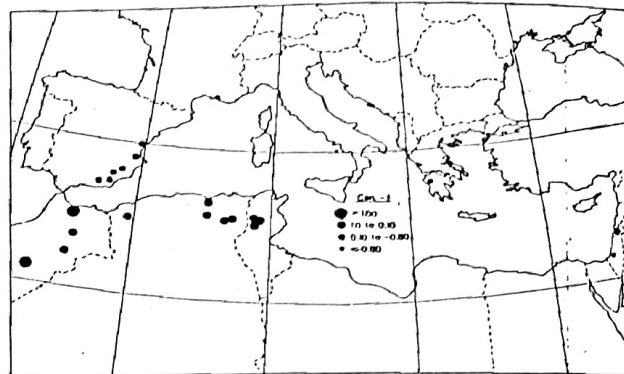
#### דיון ומסקנות

התוצאות מראות כי לשם הנטעות מלפני קום המדינה, מטעם מחלקת היערות של ממשלת המנדט ואגף הייעור של הקה"ל, נאספו זרעים ביער הטבעי בארץ (הקבוצה המזרח-ים-תיכונית), אך גם הובאו זרעים מאזורים שונים סביב אגן ים-התיכון. מכין הקבוצות הגנטיות השונות של אורן ירושלים בולט השימוש בזרעים ממקורות הנכללים בקבוצה המזרח-אירופית ובמקורות הנכללים בקבוצה הצפון-מזרח-אפריקאית. העצים מהמקורות הנ"ל נבדלים בעמידותם ליובש ובעמידותם למצוקוקוס הארץ-ישראלי, כמו כן הם נבדלים מאוד בקצב התפתחותם (9). התוצאות מלמדות גם, שאיסוף הזרעים ביער הטבעי המקומי היה לקוי ביותר. זרעים נאספו רק ממספר עצים בודדים. סבירה מאוד ההנחה, שהזרעים נאספו, הן בארץ והן בחו"ל. מעצים שקל לטפס עליהם; כלומר, מעצים שאינם עומדים בדרישות המקובלות כיום לגבי עצי-אם לזרעים; וזה, משום שלפני עשרות שנים אחדות לא היה קיים הציד הדרוש לטיפוס על עצים מוכחרים (גזע ישר, ענפים דקים מחולקים באופן שווה לאורך הגזע, נוף סימטרי לכל הכיוונים, גזע חסר התפצלויות). מכאן גם התוצאות הנראות ביער הנטוע הנוגר, שגדלים בו עצים שצורתם אינה מאפשרת את ניצולם ועיבודם לתוצרת איכותית (חומר מנוסר) אלא רק בצורה של שבבי עץ. רבים מהעצים נפגעים במידה שונה בפגעי טבע (יובש, מצוקוקוס), דבר המעכב את התפתחותם וגורם את ניוונם.

(המשך בעמוד הבא)

וטוניסיה). נמצא כי הקבוצה המזרח-אירופית נבדלת משאר הקבוצות בכך, שנתגלו בתוכה אללים המרמזים על אינטרוגרסיה (הכלאה בעבר הרחוק) עם אורן ברוטיה (*Pinus brutia* Ten.). מין זה הוא מין ויקארי לאורן ירושלים וגדל באיזור המזרחי של אגן ים-התיכון — בכרתים, בקפריסין, בתורכיה ובמספר איים בים האגיאלי, ונמצא עמיד למצוקוקוס ובמידה מסוימת גם ליובש.

(2) בדיקות הרכב השרף (5) בעצה של עצים הנטועים בחלקות נסיוניות ושמקורם מחוץ לישראל — אימתו את התוצאות שהת-



מפה 3 התקבצות אוכלוסיות אורן ירושלים בהתאם להרכב השרף: לקבוצה צפון-מערב אפריקאית (מרוקו); לקבוצה צפון-מזרח אפריקאית (אלג'יריה וטוניסיה); לקבוצה מערב-אירופית (ספרד) ולקבוצה מזרח-אירופית (יוון). גודל הנקודה מראה על הרכב השרף (לא מפורט במאמר).

קבלו בעזרת בדיקות של איזור-אנזימים; מפה 3 מתארת את התוצאות שנחקלו. גם בשיטה זו נמצא, שאפשר לחלק את התפוצה של אורן ירושלים לקבוצות אחדות: א) קבוצה צפון-אפריקאית (מרוקו ומערב אלג'יריה); ב) קבוצה צפון-אפריקאית מזרחית (מזרח אלג'יריה וטוניסיה); ג) קבוצה מערב-אירופית (ספרד); ד) קבוצה בחצי האי הבלקני (יוון).

#### ב) יחסים ביער הנטוע בישראל

(1) הבדיקה של איזור-אנזימים בזרעים ממקורות שונים בארץ (6) העלתה, כי מכלל שלושת האנזימים (גנים) שנבדקו — רק חמישה ביער הטבעי ושמונה ביער הנטוע הם פולימורפיים. מהתדירות של האללים בגנים הפולימורפיים ניתן להבין, שבכל היערות הנטועים שנבדקו גדלים עצים שמקורם ביער הטבעי המקומי, ושברובם נמצא האלל השני של אנזים הקטלזה ואלנין-אמינו-פפטידזה. כמו כן ניתן להבין, כי ביערות הנטועים גדלים עצים שמקורם באזורים גיאוגרפיים שונים סביב אגן ים-התיכון. ביערות אלקוש, הר דבורה, שער-הגיא ועגור גדלים עצים שמקורם, כנראה, באוכלוסיות שבמסגרת הקבוצה המזרח-אירופית. ביערות הנ"ל וגם ביערות משמר-העמק וקרית-ענבים גדלים עצים שמקורם כנראה גם באוכלוסיות שבמסגרת הקבוצה הצפון-מזרח אפריקאית. כמו כן ניתן להבין, שאיסוף הזרעים ביער הטבעי בארץ היה לקוי ביותר. התדירות של האלל השני באנוס קטלזה, המאפיין את הקבוצה המזרח-ים-תיכונית של

## אורן ירושלים נטוע בישראל (המשך מעמוד קודם)

פגעי הטבע. מטעים אלו יכללו חומר גנטי ישראלי מהיער הטבעי (הכרמל ואום-צפא), חומר גנטי מהקבוצה המזרח-אירופית שהוכיחה ביער שערי-הגיא ובחלקות נסיוניות עמידות טובה למצוקוקוס ולתנאי יובש, וחומר גנטי מעצי עיקית שיזוהו ביער הנטוע (עצים שצורתם טובה וקיימים זמן רב בחלקות שסבלו מפגעי טבע שונים).  
מן הראוי, שאיסוף זרעים של אורן ירושלים בחלקות היער הנטוע ומעצים שבנוי — ייפסק לחלוטין. ועד לזמן שמטעיהאם לזרעים יתנו את פריים — יש לאסוף זרעים מעצי עלית, ורק ביער הטבעי, ולייבא זרעים ממקורות מובחרים שמבסגרת הקבוצה המזרח-אירופית.

### ספרות

1. דו"ח צוות המחקר על התייבשות עצי אורן ירושלים ביער שערי-הגיא (מאמרים מאת מחברים שונים). "ליערן" 25: 33—53.
2. שילר גבריאל (1977): יחסי הגומלין שבין התפתחות אורן ירושלים לבין תנאי הסביבה. "ליערן" 27: 13—23.
3. בודנהימר, ש. נוימרק, ש. (1955): איצירת האורנים. מחלקת היעור של הקרן הקימת לישראל, הוצאת קרית-ספר בע"מ, ירושלים.
4. Schiller, G., Conkle, M.T. and Grunwald, C. (1986). *Silvae Genetica* 35: 11—19.
5. Schiller G. and Grunwald, C. (1987). *Silvae Genetica* 36: 109—114.
6. Grunwald, C., Schiller, G. and Conkle, M.T. (1986). *Israel J. of Bot.* 35: 161—174.
7. Schiller, G. and Grunwald, C. (1986). *Israel J. of Bot.* 35: 23—33.
8. Mendel, Z. (1984). *For. Ecol. Manage* 9: 259—266.
9. ויינשטיין א. (1982). "ליערן" 32: 25—30.

המצב ביער שניטע לאחר קום המדינה — דומה למצב ביער הכוגר, כי הזרעים לצרכי הנטיעות נאספו ביערות נטועים אחדים בלבד. גם כאן חזרה אותה תופעה: הזרעים נאספו מעצים שנוח לטפס עליהם ושהם נושאים איצטרובלים רבים (ד"ר קפלן, ע"פ); כלומר, המגוון הגנטי היה מצומצם ביותר והגנום נושא בקרבו גם אללים הנפוצים באזורים אחרים סביב ים-התיכון, כאלה שהוכח כי העצים שמקורם מהם רגישים יותר ליובש ולמצוקוקוס הארץ-ישראלי. ואכן, ועדה שבדקה את השונות הגנטית ביער הטבעי והנטוע של אורן ירושלים בארץ וסימנה עצי עלית כדי לרבותם לשם הקמת מטעיהאם לזרעים כתבה בדו"ח שלה, כי המגוון הגנטי של היער הנטוע צר ביותר, דבר המהווה כר נוח להתפשטות מהירה של מזיקים ומחלות ומגביר את סכנות הפגיעה של גורמים איקולוגיים ביער.

התופעות של התנוונות היער שניטע לאחר קום המדינה פוגעות באופן משמעותי ביותר בכלכלת משק היער וגורמות הפסד ניכר למשק הלאומי.

ההתנוונות של עצים מהמין *Abies alba* mill. (Silver Fir) הגדלים במרכז אירופה — דומה במהלכה, במידה מפליאה, להתנוונות ביערות אורן ירושלים. גם באשוחית קיימת התופעה של התייבשות הכותרות מלמטה כלפי מעלה ומבסיס הענף לקצהו. תופעות אלו מוזכרות בספרות עוד מסוף ימי-הביניים. בזמן האחרון נמצא כי תופעות אלו קשורות ישירות עם הצמצום הדרסטי של השונות הגנטית באוכלוסיות של המין הנ"ל בתקופות הקרח. גם אורן ירושלים הוא מין שבו השונות הגנטית קטנה ביותר, רק 5.5% (באורן ברוטיה — 13%); על כן, איסוף לא מקצועי של זרעים כגון זה שהיה נהוג בעבר — עשוי לגרום צמצום דרסטי נוסף של המגוון הגנטי, ובכך להקטין את יכולת היער הנטוע להתמודד עם הפגעים השונים.

יש אפוא דחיפות רבה להקמת מטעיהאם לזרעי המין אורן ירושלים, שבעתיד יספקו זרעים שהרכבם הגנטי יאפשר לעצים להתמודד עם