46

אגודת היער בישראל

# ליערן

עלון ידיעות מקצועיות

שנה תשע־עשרה, מספר 1 אדר תשכ"ט (מרס 1969)

ידיד החולות לייצוב דיונות בצפון יוטלנד, דנמרק

Dune fixat'on by *Ammophila arenaria* in Jutland, Denmark

מחיר החוברת ללא חברים — 1.— ל"י

# אגודת היער בישראל

נוסדה בשנת 1945

אילנות, דאר נע לב־השרון

הנשיא: יוסף ויץ

חברי הועד: י. אפרתי
ג. דואר
ג. הורן
מ. קולר
ר. קרשון

מזכיר: מ. שטיין

העורכים: י. קפלן, ד"ר ר. קרשון

מטרות האגודה:
א) לקדם את פיתוח היעור בארץ;
ב) לאגד את העוסקים במקצוע היערנות;
ג) להציג בפני הצבור הרחב את חשיבותו של היער לאדם ולמשק הלאומי בארץ.

דמי חברות:
ליחיד (חברות תמידית) . . . . . . —.3 ל"י לשנה
למוסד (חברות תמידית) . . . . . . —.25 " "


## התוכן

עמוד

# ריען

## בטאונה של אגודת היער בישראל

שנה תשע־עשרה, מספר 1

אדר תשכ״ט (מרס 1969)


# כיצד ניצלים עצי היער המחטניים שלנו מכליון בעונה היבשה?

## סיכום מחקר *


פרופ׳ הלל אופנהימר

האוניברסיטה העברית, רחובות


## הקדשה

סקירה זו מוקדשת לחלוץ הכרת צמחי הארץ ואחד ממקימי סיפרותנו הביולוגית, המורה הנערץ מר אוריה פלדמן ז״ל. התנהל בינינו ויכוח על עצי־מחט באחת הישיבות של החברה הבוטנית לא״י. עמדתי או על העובדה כי עצי ה- Araucaria excelsa שמולדתה באיי נורפולק באוקינוס השקט אינם נושאים אצטרובלים בגנינו. סברתי שתנאי סביבה בלתי נוחים לעץ אחראיים לעובדה זו. פלדמן התנגד: לפי דעתו טרם הגיעו העצים בארץ אז לבגרות המינית, כי לא היו כמעט פרטים שגילם עבר את שנת העשרים לחייהם. ואמנם היה הצדק אתו, כי הוא הראה לי עץ אראוקריה בחצרו בתל־אביב שנשא איצטרובלים ומאז הם החלו להופיע בכל מקום באמירי העצים, על צירי הסעיפים הצעירים. בהקשר לוויכוח הנ״ל חשבתי שיהא זה נאה להק־דיש לזכרו סקירה זו על עצי־מחט ועמידותם ליובש, באקלים חם ויבש למחצה.

## מבוא

בהרי הארץ נוטעים יערות זה כ־75 שנה וגידול העצים — בעיקר עצי־מחט — מצליח יפה והוא שינה מהקצה לקצה את מראה הנוף. כיסוי העפר על סלעי ההרים ברגיל זעום הוא והעונה הצחיחה נמשכת כ־6 חדשים. אף קורה שעונת הגשמים מאכזבת ויובש משתרר אז אף בחורף. איך יכולים העצים לעבור את התקלות שהאקלים הקשה מטיל עליהם? בבעיה זו עסקתי עוד ב־1931 כחוקר צעיר באוניברסיטה העברית על הר הצופים. בשנת 1961 איפשרה לי הקצבה נדיבה של ממשלת ארצות־הברית של אמריקה להתמסר לפתרונה מחדש באופן יסודי. במאמר הנוכחי אסכם בקיצור כמה מהתוצאות, שרובן מפורטות במאמרים שפורסמו לא מכבר או בדו״חות למשרד החקלאות של ארה״ב ובעבודות דוקטור של ה׳ ברוך לשם והגב׳ אדיבה שומר־אילן ואף בדיווח של ד״ר בצלאל קסלר שהואיל להצטרף למאמץ עם הצוות שלו כביוכימאי. עבודת דוק־טור נוספת שנדון בה, בוצעה ע״י מר דן חת בהדרכה המשותפת של ד״ר ר׳ קרשון ושלי. היא מוקדשת ל„גורמים איקולוגיים מסייעים ביעור אורן ברוטיה בא״י״. את עיקר התגליות אני מייחס לזכותם של חברי ותלמידי הנ״ל.

עצי המחט הינם סידרת צמחים עתיקת יומין שהופיעה עוד בעידן הפליאוזואי. במשך מאות מיליוני שנים, בהן יבשו שטחים נרחבים של כדור הארץ, היא הספיקה לפתח מינים

---

* בוצע בעזרת הקצבה מס׳ A10-FS 7 מאת משרד החקלאות של ארצות הברית.

המסוגלים להתקיים בתנאי סביבה קשים עד מאוד. באיזור הארקטי שולטים עצי המחט בתנאים שעצים רחבי־עלים אינם יכולים לשאתם, על אף נשירת עליהם החורפית. המים קופאים בענפיהם. אף טיפה איננה יכולה להגיע מהקרקע הקפואה לצמרתם, אך עלוותם חייבת להתקיים גם בחורף. ברם העצים עוברים תנאים אלו מידי שנה בשנה, אך צמיחתם איטית מאוד.

מצב דומה מבחינת הספקת מים לקויה קיים כאמור בארצות סובטרופיות יבשות למחצה. הוא גורם קשיים מרובים ליערן, המשתדל לשקם איזורים שרובם נהרסו ע״י אש, בהמה דקה והאדם וע״י סחיפת הקרקע הבאה בעקבותיהם. לכן מעניין נושא מחקרנו את תושבי כל הארצות הדומות לא״י לפי אקלימן, כגון הודו, תורכיה, צפון־אפריקה, ארה״ב ואוסטרליה.

## מחקרים ישנים וחדשים — סקירה על שיטות המחקר

עוד בעבודתי הראשונה על עמידות עצים ושיחים ים־תיכוניים ליובש (1932) הוכחתי שבסוף הקיץ יורדת הדיות של מחטי אורן ירושלים על הר הצופים לערכים נמוכים, שבימי שרב לא ניתנו למדידה במאזניים רגישים עד 1 מ״ג. כמו־כן הוכחתי (1933) שחלק משתילי אורנים בעפר קירטוני מעל סלע קירטון רך שגודלו ללא השקאה, עבר את הקיץ בשלום, עקב חדירת שרשים מעמיקים לתוך הסלע הבלתי סדוק. התברר איפוא שהעצים ניצלים מהתייבשות הודות למנגנונים יעילים ביותר להחזקת מים בעלוותם וע״י חדירת שרשיהם לעומקי קרקע וסלע המוגנים יפה מפני התייבשות ע״י מעטה קרקע יבש, בה תנועת־מים תיתכן אך בצורת אדים ולכן היא איטית מאוד.

במחקרנו החדש השתמשנו בעיקר בשתילי אורנים, ברושים ותויות ממינים, השונים לפי תפוצתם הגיאוגרפית ולפי עמידותם בפני תנאים צחיחים. חלקם היו ים־תיכוניים וחלקם בני קליפורניה או אריזונה. האורנים היו: א׳ ירושלים, א׳ הגלעין, א׳ ברוטיה מהאגן הים תיכוני וא׳ מונטריי (P. radiata), א׳ קולטר (P. coulteri) וא׳ ג׳פרי (P. jeffreyi) כמינים אמריקאיים. ממשפחת הברושיים נבחרו הברוש הים־תיכוני הקרוי אצלנו: המצוי (Cupressus sempervirens) וברוש אריזונה חלק הקליפה (C. glabra), עץ החיים הסיני Biota (Thuja) orientalis והתויה המקובלת באמריקה הצפונית־מערבית שקוראים לה Thuja plicata או gigantea אך השם המחייב הוא בעצם Th. occidentalis var. mastersii להלן ידובר עליו כ„תויה מערבית".

השתילים גודלו החל משנתם השניה במשתלה פתוחה. חלק מכל מין הוצמא ע״י השקיה לא תכופה יחסית וחלק אחר הושקה לעיתים קרובות. ע״י כך ביקשנו לברר אם השתילים המוצמאים רוכשים ע״י הטיפול עמידות מוגברת („הקשחה"). הם הוצמאו לבסוף עד מוות במיתקן מתאים במכון ויצמן למדע, בו הם הוחזקו בטמפרטורה של כ־37 מ״צ ובלחות נמוכה: כ־21% לחות יחסית; ז״א בתנאי שרב קשים. לפני הכנסתם לתא המוות הם הושקו מים עד לרוויה בדומה לארוחה אחרונה שמגישים לנידון למיתה. כיסוי פוליאתילן כפול הקשור לעציץ הפלסטי, בו הוחזקו השתילים, מנע אידוי מים מהעציץ והקרקע מסוג „טרה רוסה" מהרי יהודה, שאחוז כמישתה המתמדת לגבי חמניות היה כ־21. נחקרה ירידת הטרנספירנציה עם התייבשות אדמת העציץ, מידת ניצול מי הקרקע הסופי לפי המינים, מידת חיוניות המחטים (בעזרת טריפניל טטראזוליום כלוריד (TTC) הצובע בד״כ באדום רקמות חיות בלבד, ומצב פתיחת הפיוניות. כמו כן עקבו אחרי שינויים בלחץ האוסמוטי של מוהל העלווה והשורשים — שהומתו לפני הסחיטה בקור — ואחרי הרגישות של כל אחד מהם להשפעת היובש, ואמנם נמצא כי קיימים הבדלים סגוליים נכבדים: יש מינים ששורשיהם מתים חלקית או כליל לפני הנוף, אך קורה גם שהאבר הרגיש ביותר הוא דווקא העלה.

ע״י שקילות יום־יומיות עקבו אחר תכולת המים לא רק של הקרקע, אלא אף ביצעו בדיקות תכופות של העלווה, בהן נקבעו תכולת מים וגרעון לרוויה של מחטים או בענפוני ברושים,

שנקטפו משתילים שמחוץ למניין גם מאיזור הגבעול הבסיסי וגם מקרבת קדקדי הענפים. נוסף לשתילים מוצמאים או לא מוצמאים שבמשתלת-העציצים, נבדקו גם כאלה שרוססו בתערובת של פולימרים פלסטיים עם דונג טבעי — שסופקו ע״י החברה „ידע״. קווינו שבעזרת כסות מלאכותית מדכאת דיות כזאת יעלה בידינו להאריך את ימי חיי השתילים מבלי לגרום להם נזק או להפריע לחילוף הגזים החיוני.

עוצמת הדיות לא נחקרה בשתילים כנושא בפני עצמו. עניינה אותנו הדיות היחסית, ז״א מנת הפסד המים ביחס למירבי בתנאי לחות קרקע שפירים. ניסויים רבים בוצעו במעבדה עם אגדי מחטים תלושים, או — בברושיים — בענפונים ("ramilli") שמשקלם היה כ־50 עד 100 מ״ג כ״א. עקבו אחרי ירידת המשקל עת שהפיוניות היו פתוחות או סגורות, מידת הצימצום המירבי בשלב הסגירה (הקוטיקולרי). ניסויים אלה מאפשרים לעמוד על כושר מניעת דיות, התלוי בעיקר בעובי הקוטיקולה — קרום דקיק המכסה את תאי העור העליון — ובכמות השעווה שבתוכה ושמעליה, ועל משך הזמן, בו העלווה עדיין חייה.

בניגוד לתכנית לגבי יתר המינים, כללה זו של מר חת מדידת דיות בתנאים טבעיים, ביערות אורן ברוטיה שבהרי מנשה וגם בעצים מושקים ב„אילנות״ (שרון) בשקילות אגדי־מחטים תלושים מהעץ, שבוצעו מיד אחר הניתוק במאזני טורסיה (קפיץ). מדדו את הדיות במשך 2—4 דקות, בכל חודשי השנה ובכל שעות היום, עד חושך. התוצאות נבדקו והושוו לתנאי הסביבה שנקבעו באותה עת, כולל נתונים אקלימיים מכריעים, אך גם את לחות הקרקע, נטיית מורד ההר וכיוונו, ואופי הסלע.

תשומת־לב מיוחדת הוקדשה למחקר ב ש ו ר ש י ם. בחינה אנטומית הראתה אם השורשים „פתוחים״ או „סגורים״. במקרה השני מוצאים תיק משועם המקיף את קודקוד הגידול, דהיינו את מרכז יצירת הרקמות שבקצה השורש, וחוצה את קליפת השורש הצעיר עד שהוא מתחבר עם האנדודרמיס — תיק פנימי המקיף את הגליל המרכזי — המשתעם אף הוא. שורשונים סגורים השולטים בעיקר בעונה היבשה, אינם פעילים ו„כיפתם״ שבקצה, קצרה ומעוגלת. לעומת זה שורש פתוח הנו בעל קצה לבן ורך. קצה זה יכול להיות קצר ודק או ארוך ועבה מהקטע הבא אחריו. קצוות כאלה מופיעים לעת התארכות השורשים. מר לשם ביצע מיפקד גדילת השורשים של אורן ירושלים ביערות הקק״ל באיזורי אשתאול (פנוראמה) ונווה־אילן וכמו כן ברחובות. המיפקד נמשך שנה אחת והוכיח קשר הדוק בין לחות הקרקע לבין מצב השורשים. כמו כן נחקרה דיות שורשים בתא מאוורר, כדי לעמוד על מידת ההגנה של שורשי אורן בסביבה יבשה הדומה לתנאים של התייבשות קרקע קיצית. בפעם הראשונה נחקרה כאן הבעיה: באיזו דרגה של יובש הקרקע חלה סגירת קצות שורשים בעצים בכלל ובאורן ירושלים במיוחד. כמו־כן בדק לשם את תועלת התיק המשועם כמכשול למעבר נוזלים ואת שיעור הלחץ הדרוש כדי להעביר מים דרך מערכת שורשים פתוחים מזה וסגורים מזה. לשם כך נקטעו מערכות שורשים פתוחים וגם סגורים והוצאו בזהירות מהחול, בו גודלו והוצמאו השתילים. הן הועברו לתא־לחץ הממולא מים. המים שהופרשו מפצע הניתוק, נאספו בשפופרת. הוברר מהו הגורם המכריע בהתנגדות לסינון מים — התיק המשועם הנקרא גם מטאקוטיס (metakutis) או בועות אוויר החודרות למערכת ההולכה, ז״א לטרכאידות. על מנת לברר אם השקייה בקיץ מעודדת גדילת שורשנים, קיימים או חדשים — הושקו עצי אורן ירושלים זקנים בחורשה אשר ברחובות, פעם יחידה ועמדו על התוצאות בשבועות העוקבים, בהם לא ירד גשם.

מר חת בדק בקפדנות את השפעתם של עומק הקרקע ומידת הקושי והסידוק של הסלע על התפתחות מערכת השורשים באורן ברוטיה כשהוא בוחן סלע־גיר קשה ורך, נארי אטום ומתפורר, השפעת סדקים מאוזנים ואנכיים. ואמנם התברר כי לגורמים אלה השפעה מכרעת על קצב הגדילה וממדי עצים ממין חשוב זה.

נוף צמח הנתון להשפעת אוויר יבש ורוח, עובר מיבחן קשה; על אחת כמה וכמה אם גם הקרקע הולכת ומתייבשת. האם בתנאים אלה מתהפך כיוון זרם המים הנורמלי מהשורש לנוף

המקריב ממימיו ומונע ע״י כך את אבדן השורשים? לפתרון בעייה זו הוחזקו שתילים גלויי שורש בתא מאוורר כשחלק מהם שלמים, אך בחלק אחר הופרד הנוף ממערכת השורשים. בראשונים אופשרה העברת מים מהנוף לשורש, אך במנותקי נוף לא. עקבו אחר השינויים בתכולת המים ואחר חיוניות העלווה והשורשים. אם חל טרנספורט של מים לשורשים המוגנים פחות כלפי איבוד מים מהנוף, יש לצפות לכך שבשתילים החצויים תידחה תמותת הנוף ובשלמים — זו של השורשים.

אחת הבעיות המרכזיות בעמידות צמחים ליובש היא זאת: איזה תפקיד ממלא כושר הרק־מות לסבול דיהידרציה. חזזיות, טחבים וכמה מיני שרכים מסוגלים לשאת התייבשות כמעט מוחלטת ולעבור במצב זה את העונה היבשה. אחר רדת הגשמים הראשונים הם קמים לתחיה. לא כך הצמח העילאי שאבריו מתים ברגיל כשהדיהידרציה מגיעה לממדים צנועים יחסית. כדי לבדוק כושר המחטים והשורשים ורקמותיהם לחיות על אף הפסד מים — רבים או מועטים — וחשיבות ההבדלים בשביל קיומם בעונת הקיץ, נבדקו חתכי אורך ע״י צביעה באדום ניוטרלי (0.01%) המומס בתמיסה חזקה של סוכר־קנה. ברקמות חיות נצבעות חלליות התאים בצבע אדום או ורוד והפלסמה מתכווצת תוך כדי נסיגה מדפנות התא. אך שתי התגובות הללו נעדרות כשהתאים איבדו חיוניותם. לפעמים אף נבדקה ספיגת מים של האורגנים הנ״ל אחרי הצמאתם. אם לא נגרם נזק, יחזרו בערך למשקל הרוויה שלפני הניסוי. אך אם נגרם נזק, מפגרת קליטת המים עקב תמותת תאים או עקב נזק שניגרם לממברנה החיצונית (הפלסמולֶמה) של תוכן התאים החי, ומישקלם יימצא פחות מהמקורי, לעיתים בה במידה שהנזק הוא גדול יותר.

תוך כדי העבודה שופרו שיטות־מחקר. כן שיפרנו שיטה לקביעת פתיחת הפיוניות במחטים (אופנהימר ואנגלברג, 1965) והכשירו את שיטת האיקולוג הרו׳סי שרדאקוב למדידת המתח, בו מוחזקים המים באורגנים צמחיים בדרגות ייבוש הולכות וגדלות, לשימוש במחטים.

יוזכר שהמחקר גם ניכנס לבעיות נביטת זרעים. נבדק גורלם של זרעי אורן ירושלים וברוטיה כשהם מתחממים עד לטמפרטורות גבוהות, עקב שריפת יער. גב׳ אילן, שטיפלה בבעייה זו, חיממה את הזרעים עד 100—50 מ״צ במשך שעה או ייבשתם בוואקום ב-30°C. ע״י כך עלה בידה להבדיל בין השפעות החום כשלעצמו לבין הייבוש החזק, שהוא גורמו.

כמו־כן הקיף המחקר תגובות מטבוליות להשפעת היובש, בהן נחקרו בעיקר התגובות השונות של אורן ירושלים כצמח עמיד ואלו של אורן מונטריי כטיפוס לא עמיד יחסית. קסלר וחבריו, שטיפלו בניסויים אלה, בדקו את שינויי הנשימה לפי מידת הדיהידרציה במחטים והשפעות ירידת רמת המים במחטים, קליפת ענפים ושל שורשים על חלבונים, נוקלאופרוטאין (RNA) ואנזימים כגון הריבונוקליאזה.

הסקירה מוכיחה שעמידות עצי היער המחטניים באיזור הסובטרופי נחקרה מכל נקודות המבט החשובות. אין אפשרות לסכם את כל הנתונים, שנמצאו, במסגרת מאמר זה. נסתפק במיבחר תוצאות הנראות לנו כהחשובות והמעניינות ביותר והעשויות לעניין חוג מקצועי רחב.

## תוצאות

### 1. מחקרים בשורשים

מיפקד ביערות והורשות לא מושקים הביא לידי המסקנה כי השורשים גדלים בעונת הגשמים כשהקרקע לחה. קצות שורשים שעוביים נע בין 0.4 ו־0.7 מ״מ, נאספו מעומק של כ־30 ס״מ. מדצמבר עד מרץ עלה מספר השורשים הצומחים בעלי קצוות לבנים ומחודדים, על זה של הרדומים החומים. החל מאפריל הצטמצם היחס בין הגדלים והרדומים לערכים של פחות מ־1. באיזור אשתאול, דהיינו ב„פנורמה", הוא הגיע למינימום שנתי של 0.08 ביולי. אך ברנדזינה האפורה האופיינית לסביבה זו, חלה התעוררות בגדילת השורשים כבר בחודש אוגוסט. לכן עלה אז היחס ל־0.2 ובספטמבר אף ל־0.9 אך הוא נשאר בכל המקומות מתחת ל־1 עד נובמבר.

ניסוי ההשקייה ברחובות ענה על השאלה אם הגורם המכריע בירידת צמיחת השורשים הקיצית הוא הטמפרטורה העולה, או לחות הקרקע היורדת. לפני ההשקייה, בסוף יולי, כשלחות הקרקע באדמה החולית היתה כ־2% בלבד, כמעט ולא נמצאו שורשים פתוחים; אך 10 ימים אחריה הגיע אחוז השורשים הצומחים לממוצע של 56.4, על אף הטמפרטורה הגבוהה של הקרקע שהיתה אז קרובה ל־30°. מתעוררת השאלה, מה מאפשר את התעוררות הגדילה בשיא החורב הקיצי (אב, אלול) באיזור ההרים? אנו נוטים להאמין שחל מעבר מים משורשים מעמיקים לשטחיים יותר, כי קשה להניח שחל עיבוי טל תת־קרקעי בעומק של 30 ס"מ, בו נאספו השורשים.

תכולת המים של שורשים שנאספו ביערות, היתה בחורף בין 100 ובין 140% מהחומר היבש וירדה בקיץ לערכים של 70—90. הערכים הקיציים מתקרבים עד מאוד לסף המוות, כי נמצא ששורשים בני עובי של 0.7 עד 1 מ"מ, לא סבלו יותר מאשר ירידת תכולת מימיהם עד כ־67% מהחומר היבש. שורשונים המפסידים יותר מים, מתים תוך כדי התייבשות ומתפוררים. תהליך זה דומה לתהליך נשירת מחטים זקנות מהענפים החלה מדי שנה בקיץ והוא מדלדל את העלווה, במיוחד בשנים יבשות ובעצים בעלי מערכת שורשים שטחית (ראה סעיף 6). מצב מסוכן לקיום השרשים השתקף גם בעליה פתאומית של הלחץ האוסמוטי של מוהל השרשים. הוא קפץ מ־18 אטמוספירות בחורף ל־25 בקיץ ברחובות, עד קרוב ל־30 ב„פנורמה" ועד קרוב ל־40 בנווה אילן. מפליאה אף העובדה שהעצים ברחובות הראו קפיצה זו פחות מאלה שבהרים. הסיבה, כפי הנראה, נעוצה בעומק הקרקע הגדול יחסית ברחובות שאיפשר קליטת מים ע"י שרשים מעמיקים. הזדמנות כזאת היתה מצומצמת ב„פנורמה" ברנדזינה הבהירה ולא התקיימה כמעט בנווה־אילן, שם שכבת קרקע ה„טרה רוסה" נסדקת וכיסתה שטחית סלע קשה שאיננו אוגר רטיבות.

על מנת לברר מה ערך המטקוטיס — שכבת הבידוד המשועמת הנוחה לשמירת שרשים מהתייבשות, הוחזקו קטעי שרשים משועמים שעוביים היה 0.7—1.0 מ"מ בתא מאוורר ב־80% לחות יחסית ו־21° כשקצותיהם סגורים בפרפין. הם מתו תוך 90 דקות. רעלים מומסים, כגון מלח־בישול ודיניטרופנול, חדרו לתוך השורשים המשועמים. תוך 4—18 שעות נמצאו תאיהם מתים. בניגוד לכך האיט הקצה הלבן של שורשים פתוחים — צומחים את חדירת הרעלים, הודות לעוביו הגדול יותר והודות לחיוניות תאי קליפתו הצעירה. הקליפה נושרת אח"כ עקב תהליך ההשתעמות ולכן איננה מצויה בקטעים אחוריים ששימשו לניסויים הנ"ל. יש להסיק ש„התיק הפיזיולוגי" המשועם שייחסו לו ערך רב בהתחלת המאה הנוכחית, איננו מועיל הרבה להגנת קצות שרשים באדמה יבשה, אף כי ייתכן שהוא יעיל יותר כשהתייבשות הקרקע פחות חמורה מאשר ביערות שלנו.

בעזרת הטכניקה של גידול שתילי אורן ירושלים בעציצים והצמאתם בחול עד לרמות לחות שנקבעו מראש, הצליח לשם להוכיח כי המטקוטיס מופיע כאשר מתח המים בקרקע (Soil moisture stress) הגיע לכ־6 אטמ. ייתכן שהשתעמות בשלב זה מאפשרת עדיין חידוש הגדילה אחרי הרטבה. אחרת המצב כשבית השרשים ממשיך ומתייבש ומתח המים עולה לעשרות, אם לא למאות אטמ. אז מתים השרשים הדקים ונשארים אך העבים יותר, שמהם פורצים בבוא העת שרשים חדשים.

כאמור ניסה לשם ללמוד את מידת ההתנגדות למעבר מים הבאה כתוצאה מיצירת התיק הפנימי המשועם. בתא לחץ נמצא הבדל גדול מהמשוער בין כושר העברת מים של מערכות שרשים פתוחים וסגורים. תחת לחץ של 2 אטמ. העבירו הראשונים כ־45 מ"ל במחצית השעה והאחרונים — אף לא טיפה אחת! אחרי המתת השרשים ע"י הרתחה העבירו המוצמאים כ־45 מ"ל, והלא־מוצמאים — 127. התוצאות לא הצדיקו את ההשערה שסיבת ההפרעה נעוצה בהשתעמות רוב השרשים בשתילים המוצמאים כי (א) לא התקבל על הדעת שתיק שעם המהווה

אך שיכבה עדינה בדפנות תאים מועטים אם כי רצופים — יפסיק סינון מים לגמרי; (ב) מערכת שורשים משועמת היתה צריכה להעביר כמות מים דומה במצב חי ומת, אם אמנם מקור ההפרעה היה השעם, אך למעשה היה ההבדל גדול מאוד.

בדיקה מדויקת הוכיחה שלשרשוני השתילים המוצמאים חודר אוויר שקשה מאוד להרחיקו, אף ע״י הרתחה, והוא אחראי להתנגדות הגדולה לסינון תחת לחץ. הוא סותם את הגמצים המתורבצים המהווים את פתחי המעבר מטרכאידה אחת לחברתה ברקמת הולכת המים. לגבי מיכשול זה מהווה המטקוטיס הפרעה קלת ערך ובהתייבשות קרקע מפליגה יוצא כי שרשי היניקה הדקים כולם יוצאים מכלל פעולה. במקומם באים שורשונים צעירים הפורצים מקטעי שורש שלא נפגעו כפי שהוכח בשביל אורן ירושלים בניסוי ההשקייה הקיצית.

ניסויי לשם הוכיחו כי אין לשורשי אורן ירושלים אמצעי הגנה בפני התייבשות הדומים לאלה של המחטים. אך בכל זאת קבעו חבריו למחקר, אילן וחת, כי יש הבדלים נכבדים מאוד בין העמידות ליובש של שרשי המינים השונים. מין בעל שרשים רגישים מגיב להצמאה ע״י האטת גדילתם וצימצום משקלם יותר מאשר מין בעל שרשים עמידים.

מהמינים שנחקרו, נמצא כי לאורן ירושלים יש שרשים עמידים ביותר להצמאה חוזרת במשתלה, בניגוד לאורני הגלעין, ברוטיה ומונטריי, המפסידים יותר משרשיהם עקב הצמאה. בשביל היערן בא״י חשוב כי אורן הגלעין ואורן ברוטיה שניהם הם בעלי שרשים רגישים ובראשון קורה שבתנאים קשים נראה שתיל עדיין רענן בשעה ששרשיו התייבשו וסופו למות.

גם במשפחת הברושים נמצאו הבדלים סגוליים גדולים בין עמידות השרשים בפני התייבשות הקרקע. הברוש האריזוני חלק הקליפה הוא בעל שרשים הרבה יותר רגישים מהברוש המצוי הים תיכוני. גם התויה המזרחית מצטיינת בעמידות גדולה של שרשיה. תכונות אלו מלוות בדרך כלל בלחץ אוסמוטי גבוה יותר בתנאי יובש של המינים העמידים. צירוף שתי התכונות — דחיית התייבשות והסתגלות אוסמוטית ע״י הגברת הפוטנציאל (כושר היניקה), מאפשר ניצול לחות קרקע מאוד יעילה, שעליה נדון בהמשך כשנתאר את תוצאות הניסויים בהצמאה עד מוות.

כדוגמא להשפעת ההצמאה על השרשים נביא מיספרים מאורן ברוטיה. סך אורך השרשים של נבטים מושקים כהלכה היה בסוף הקיץ 302 ס״מ, בהצמאה מתונה — 136, אך בהצמאה חריפה — 60 בלבד. הפוטנציאל (לחץ) האוסמוטי של מוהל שרשי אורן ירושלים היה כ־12 אטמ. באדמה לחה, אך עלה ביבשה כדי 23. באורן מונטריי הרגיש הוא היה ג״כ כ־12 אטמ. באדמה לחה, אך הגיע בסף ההתייבשות ל־14 אטמ׳ בלבד.

לעומק חדירת השרשים לקרקע ולסלע נודעת, כמובן, חשיבות מכרעת בשמירה על מאזן מים תקין בקיץ. בעומק של מטר או יותר אין הקרקע מתייבשת בארצנו אלא מעט — לפחות לא במשטר המישקעים של האיזור הים־תיכוני. לכן יחיה ויגדל עץ המעמיק שרשים, כי מובטחת לו אספקת מים מינימלית אף בתנאי יובש ממושך מאד. מכאן שאורן ירושלים משגשג על קרטון רך על הר הכרמל, יותר מאשר על גיר קשה, דולומיט, נארי דחוס או בזלת בלתי סדוקים. יכולתו לחדור לסלעי קרטון רך אף כשהם אינם סדוקים ולנצל את מלאי המים הגדול שהם אוגרים בחורף, תורם תרומה חשובה להצלחתו הרבה בשטחים סלעיים. בניגוד לכך מתפתח אורן ברוטיה אך בהעדר נארי דחוס אם הקרקע שטחית בלבד. הוא אינו מסוגל אף לחדור לסלע בעל קושי בינוני והתפתחותו משביעת הרצון תלויה בקרקע שטחית בנוכחות כיסי־קרקע, סדקים מעמיקים וכיוצא באלה שעפר נשטף לתוכם, או סלע פריך (חת).

## 2. תכונות העלווה ועמידתה ליובש

מחטי האורנים ועלוות הברושים עם קשקשיהם הקטנטנים מציגים טיפוסים המאפשרים צימצום דיות מרחיק לכת. תאי האפידרמיס בעלי דפנות עבים והם מכוסים בקוטיקולה עבה.

תחתה מבחינים במחטי אורן בהיפודרם (עור תחתי) מפותח, שלתוכו מוכנסים השקעים הנושאים בתחתיתם פיוניות שאף הן בעלות דפנות עבים מאוד. הפיוניות במחטי־אורן מצומצמות לשורות העוברות לאורכן ומספרן מוגבל. בענפוני הברושים והתויות הן מצומצמות בדרך כלל, לאיזורים בסיסיים ופנימיים וחסרים באזור האמירי הגלוי.

בהתאם למבנה זה, ה„פכידרמי", המזכיר לנו עורו של פיל, הראו ניסויים עם מחטים תלושים של אורן ירושלים ואורן הגלעין ירידה תלולה של הדיות, במעבדה בשעות הראשונות של הניסויים. המחטים של שני המינים הפסידו כ־12% ממי הרוויתם בשעה הראשונה. עקב סגירת הפיוניות ירד ההפסד אחר כמה שעות למתחת ל־1%. בניסוי שנמשך שבוע ימים, נשארה הדיות בתחום זה וירדה אף בסוף ל־0.1—0.3 למאה בשעה בלבד, כשמחטי אורן הגלעין מתקרבות ליובש האוויר, אך אלו של אורן ירושלים עדיין נראות רעננות, אף כי הפסידו שני שליש ממימיהן. התמותה התחילה כשרק רבע עד שליש המים התאדו. תאים גדולים דקי דופן שבין „עור הפיל" החיצוני ובין צרור רקמות ההובלה המרכזי, מתים בראשונה ומבחינה זו אין הבדל בין המינים. במילים אחרות, מהות עמידות הנוף של האורנים היא שימוש הסכוני במלאי המים, אך לא כושר עמידות בפני דיהידרציה מפליגה.

בהתאם לכך קיימים הבדלים גדולים במבנה המחטים בין מינים הרגישים והעמידים ליובש. כמו־כן אנו מוצאים הבדלים בין שתילים מושקים לבין מוצמאים, כפי שזה מתבטא בטבלה הבאה.

טבלה 1 Table

(לפי אדיבה אילן — after Ilan)

עובי הקוטיקולה במחטים בנות גיל שונה במינים שונים (מיקרונים)

Thickness of cuticle in pine needles of different origin and age (microns)

| המין Species | משטר ההשקייה Water regime | גיל מחטים מאוגדות Age of fascicles: 1 שנה 1 year | 2 שנים 2 years | 3 שנים 3 years | מחטים ראשוניות Primary needles |
|---|---|---|---|---|---|
| אורן ירושלים Pinus halepensis | מושקה well irrigated | 4.13 ± 0.12 | 3.78 ± 0.17 | — | 3.58 ± 0.01 |
| | מוצמא droughted | 4.81 ± 0.26 | 5.02 ± 0.18 | 5.54 ± 0.34 | 5.04 ± 0.24 |
| אורן הגלעין P. pinea | מושקה well irrigated | 2.95 ± 0.27 | 2.91 ± 0.08 | — | 3.66 ± 0.11 |
| | מוצמא droughted | 3.1 ± 0.08 | 3.25 ± 0.03 | — | 4.75 ± 0.10 |
| אורן מונטריי P. radiata | מושקה well irrigated | 1.33 ± 0.06 | | | |
| | מוצמא droughted | 1.74 ± 0.11 | 2.11 ± 0.06 | | |

הסטיות הן שגיאות התקן Variances are standard errors.

עיון בנתוני הטבלה מוכיח כי לפי עובי הקוטיקולה מסתדרים המינים בסידרה יורדת המתאימה יפה לעמידות הפוחתת ליובש, כפי שהיא מתבטאת בניסויים וכמו־כן בתפוצתם

הגיאוגרפית. בהשפעת ההצמאה מתעבה הקוטיקולה בכל המינים והאפקט גובר במוצמאים עם הגיל. אורן מונטריי, הגדל באיזור ערפילים, מסוגל לקלוט מים ע"י מחטיו ובמיוחד מפני ששכבת השעווה המכסה את הקוטיקולה של מחטיו, אינה רציפה, אלא מופסקת בשטחים נרחבים כפי שהראו לא מכבר באוכספורד לייטון וארמיטג' (Leyton & Armitage, 1968), כנגד זה הקוטיקולה העבה של המינים הים־תיכוניים מהווה מיכשול ניכר לקליטת טל, אם הוא איננו חודר דווקא דרך הפיוניות, שלהפתעתנו נמצאו פתוחות בחושך ע"י א' אילן. הפתיחה היתה גדולה יותר באורני הגלעין ומונטריי מאשר באורן ירושלים.

על כושר צימצום הדיות השונה רומז גם מספרן השונה של הפיוניות לפי המינים. על ממ"ר 1 נמצאו 60—80 באורן מונטריי, 35—50 באורן הגלעין, ורק 25—30 באורן ירושלים.

אגב קיים הבדל חשוב בין המינים העמידים יותר או פחות במהלך ההתייבשות של מחטים מנותקות. גם המינים הפחות עמידים משיגים צימצום טרנספירציה נכבד עקב סגירת הפיוניות שהקדימה באורן מונטריי לעומת אורן ירושלים. אך שלב זה קצר ביחס. אחריו בא שלב, בו הגרעון קופץ לערכים גבוהים הגורמים למות הרקמה. בניגוד לכך מחט ממין עמיד דוחה שלב זה. רקמותיה החיצוניות נשארות חיות זמן רב ועלית הדיות האופיינית למוות כמעט שאינה מורגשת. הבדל זה נמצא גם בהשוואת ענפונים של ברוש מצוי לת. אריזונה. ענפוני הראשון חיו בניסויי המחבר 4 עד 5 ימים ואח"כ התייבשו מהר. כנגד זה איחרו ענפוניהם של ברוש אריזונה בעלי הכיסוי הכחלחל ושל התויה המזרחית בהתייבשותם המוחלטת בכמה ימים לעומת אלו של הברוש המצוי.

יצויין עוד כי מיני הברושים הנזכרים מצטיינים יותר מהאורנים בעמידות לדיהידרציה. מות הרקמות הפנימיות העסיסיות מתחיל רק כשמחצית מי ההרוויה אזלה. ערכי הטרנספירציה לפי המישקל הטרי דומים לאלה של האורנים העמידים, פרט לתויה המערבית המתייבשת מהר מאוד.

כמו־כן יצוין כי באורן ברוטיה חלו שינויים ברורים במחטים שהתפתחו בתנאי צימאון ממושך, לעומת אלה שבהשקייה מספקת. הן היו דקות וקצרות יותר מהביקורת, ההיפודרם היה דק־דופן ואף ממדי הגוש המרכזי עם רקמות ההובלה ניצטמצמו. נדמה לנו שלא רק חוסר מים, אלא גם הרעבה נוכח תנאי הטמעת פחמן גרועים, גרמה לכך.

### 3. העברת מים מהנוף לשורש, בתא־יבש

שתילי אורן ירושלים וא. מונטריי בני $1\frac{1}{2}$ שנה הוחזקו, כמוסבר לעיל, בתא מאוורר כששרשיהם גלויים וחלק מהשתילים נחתך לשנים בצוואר השורש, בטמפרטורה של כ־30°C, ורטיבות יחסית של 85—88%. במשך הניסויים שנמשכו 2—3 ימים, התפתחו הבדלים גדולים בתכולת המים ובמידת החיוניות בין מחטים (בסיסיים ותת־קודקודיים) מזה ושרשים מזה, לפי הטיפול בשתיל. חציית השתילים האיטה את קצב הדיהידרציה של הנוף והגבירה את זה של השרשים. התופעה התגברה מאוד עם הזמן והיתה מלווה בתוצאות מתאימות בדיוק במבחני חיוניות ב־ TTC—.

בטבלה 2 הננו מביאים דוגמא מתוצאות ניסויים אלו עם אורן מונטריי — באורן ירושלים נתקבלו תוצאות דומות.

התוצאות הוכיחו שבתנאים שבהם השורש מהווה שטח מנדף, הוא מוצץ מים מהנוף. בזה מתבטאת העובדה שהשורש מוגן הרבה פחות ע"י בידוד שכבות הסוברין (שעם) שלו משמוגננות המחטים ע"י קוטין ודונג המונעים הפסד מים באופן יעיל יותר. קם איפוא, בתנאים הנ"ל, בשורש פוטנציאל מים מונמך יותר ז.א. כוח־יניקה גדול יותר ההופך את כיוון זרם הדיות הנורמלי.

## Table 2 טבלה

תכולת מים ב־% מהחומר היבש וחיוניות מחטים ושרשים משתילים שלמים וחצויים
של אורן מונטריי (לחות — 88% ; טמפר׳ — 29°) לפי א. אילן

Water content (% of dry weight) and viability of needles and roots from intact and halved seedlings (after Ilan)

(דרגות חיוניות לפי צביעה ב־ P. radiata יורדות מ־4 (מכסימום) עד אפס).

Scale of viability determined by TTC-tests scores decreasing from 4 to 0.

| שעות הצמאה Hours of exposure to dry air | % תכולת מים במחטים תת־קדקודיות Water content of subapical needles % | | דרגת חיוניות מחטים תת־קדקודיות Viability of subapical needles | | דרגת חיוניות השרשים Degree of root viability | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | משתיל שלם Intact | | משתיל חצוי Halved | |
| | שתיל שלם Intact | שתיל חצוי Halved | שתיל שלם Intact | שתיל חצוי Halved | קצוות לבנים White tips | חומים בקוטר ½ מ״מ ½mm. wide brown roots | קצוות לבנים White tips | חומים בקוטר ½ מ״מ ½mm. wide brown roots |
| ½ | 247 | 255 | — | 4 | 4 | — | 4 | 3 |
| 22 | 178 | 208 | 4 | 4 | 0 | 3—4 | 0 | 1 |
| 29 | 165 | 207 | 4 | 4 | — | 3—4 | — | — |
| 53 | 109 | 149 | 2—3 | 3 | — | 0 | — | — |
| 70 | 97 | 121 | 1 | 2—3 | — | 0 | — | — |

### 4. הצמאה עד מוות בשתילים שבעציצים

עוד במשתלה הדגים שרב קשה במאי 1963 איזו מינים עמידים יותר ליובש ואיזו פחות. טבלה 3 מראה את תוצאות המיבחן הבלתי מתוכנן.

עיון בטבלה מוכיח כי נזק חמור ניגרם למינים אמריקאיים שמוצאם אמנם מהאיזור היבש למחצה, אך הם אינם מתאימים לתנאי האקלים השונים והקשים יותר שלנו ובמיוחד אורן קולטר (Pinus coulteri), אורן צהוב מערבי (Pinus ponderosa), תויה מערבית זן מסטרסי, הגדלה באקלים ממוזג וקריר, וגם אורן מונטריי מזרעים שנאספו על שפת מיפרץ מונטריי דרומה מסן־פרנציסקו ע״י בולוטין. אף א׳ ג׳פריי (P. jeffreyi) שפיגר מאוד בהתפתחותו (ראה גובהו הנמוך!), ניפגע מהשרב. לעומת זאת הצטיינו ע״י עמידותם א׳ הגלעין, בו הנזק הרב כביכול התבטא אך בהפסד מחטים ראשוניות שישבו על גזע, ברוש מצוי ותויה מזרחית. אורן ברוטיה וא׳ ירושלים ניפגעו יותר מהצפוי, אולי בגלל ליבלוב חזק של הנוף לפני השרב.

בניסויים בתא־האקלים במכון ויצמן נמצאו תוצאות דומות. התויה המערבית התייבשה מהר. יתר המינים החזיקו מעמד על אף התנאים הקשים במשך 3 עד 7 שבועות. אך הזמן שעבר עד המוות אינו מהווה בשום פנים קריטריון נאמן לעמידות, משום שמלאי המים השווה לכל השתילים, מוצא בקצב שנקבע: (א) ע״י גודל הנוף וכמות העלווה, (ב) ע״י מיספר, מסה ופעילות של השרשים. ואמנם נמצאו הבדלים עצומים מבחינות אלו שניגרמו ע״י קצב שונה של התפתחות המינים וע״י צימצום מערכת השרשים במינים רגישים, כגון אורן ברוטיה ואורן הגלעין.

בתנאים אלה קנה־המידה הכשר ביותר להשוואת העמידות הנו ייחוס שלבי התגובה של המינים לאחוז לחות הקרקע. שלבים אלה הינם: (א) שלב הדיות הסטומטרי, בה בתת־שלב (1) הפיוניות אינן מצמצמות את הדיות, כי מי־הקרקע עדיין מצויים בשפע; ו־(2) בו חל צימצום ע״י סגירתן ההדרגתית עד שהיא נהיית מוחלטת. בשלב הקוטיקולרי (ב) יש מקום

טבלה 3 Table

מצב שתילים בני 1½ שנה אחרי שרב ברחובות

Condition of 1½-year-old seedlings after a sirocco at Rehovot

| המין Species | מת dead (%) | ניזוק damaged (%) | בריא healthy (%) | גובה ממוצע Average height (cm) |
|---|---|---|---|---|
| אורן מונטריי מזרעים מקליפורניה P. radiata Californian seeds | 23.2 | 10.5 | 66.3 | 27.5 |
| אותו מין־זרעים מקומיים ditto from local seeds | 13.7 | 1.9 | 84.4 | 27.8 |
| אורן ג'פריי P. jeffreyi | 13.8 | 25.5 | 60.7 | 9.8 |
| אורן קולטר P. coulteri | 27.4 | 30.9 | 41.7 | 14.1 |
| אורן הגלעין P. pinea | 5.7 | 94.3 | 0 | 26.5 |
| אורן ברוטיה P. brutia | 13.4 | 30.7 | 55.9 | 18.9 |
| אורן ירושלים P. halepensis | 13.4 | 30.7 | 55.9 | 25.7 |
| אורן צהוב מערבי P. ponderosa | 31.3 | 39.0 | 29.7 | 13.8 |
| ברוש אריזונה חלק קליפה C. glabra | 15.0 | 20.8 | 64.2 | 33.9 |
| ברוש מצוי C. sempervirens | 3.8 | 10.3 | 85.9 | 42.2 |
| תויה מזרחית Thuja orientalis | 0 | 3.5 | 96.5 | 26.1 |
| תויה מערבית Thuja occidentalis (Th. "plicata") | 57.5 | 10.0 | 32.5 | 16.1 |

הסברה: „בריא" — שתילים שלא נראה בהם פגם. „ניזוק" — שתילים שחלק מעלותם הפך חום. „מת" — שתילים שהתייבשו כליל תוך שבוע או שבועיים.

*Explanation :* "Healthy" — seedlings without symptoms of damage. "Damaged" — seedlings with more or less brown leaves. "Dead" — seedlings drying out within one or two weeks.

להבדיל בין תת־שלב (1), בו סגירת הפיוניות מאזנת, או אף משפרת את מאזן המים, ו־(2) בו הוא משתבש, השתיל ניכנס לנבילה מתמדת, האורגנים שלו מתייבשים בזה אחר זה והשתיל ניפגע ללא תקנה.

שלבי תגובה פיזיולוגיים אלה שונים עד מאוד לפי המינים, כפי שזה משתקף בטבלה 4 המוסרת גם אינפורמציה על משך השלבים ועל השפעת מדכא־דיות שנמצא יעיל.

מה ניתן להסיק מנתוני הטבלה? (1) השוואת רטיבות הקרקע בטיפול „מושקה" מוכיחה שאורן מונטריי משאיר בכל השלבים יותר מים בקרקע מאשר אורן הגלעין, המנצל את מלאי הרטיבות פחות מאורן ירושלים. העובדה מוסברת ע"י הפוטנציאל האוסמוטי הגדול (בערכים מוחלטים) בשני המינים הים־תיכוניים וע"י עמידות השרשים הגדולה של אורן ירושלים בהשוואה עם שני המינים האחרים. (2) שתילי אורן מונטריי שהוצמאו במשתלה, מנצלים את הרטיבות בכמישה ובמוות פ ח ו ת מאשר המושקים כהלכה. אחרת המצב באורן ירושלים, בו הניצול אף מוגבר ע"י ההצמאה. מדכא־הדיות שיפר את ניצול רטיבות הקרקע ע"י הארכת חיי השתילים ה„מושקים". השפעה זו ניכרת במיוחד באורן מונטריי בעל הקו־

Table 4 טבלה

משך שלבי הדיות ולחות הקרקע בסיומם בשלושה מיני אורן

(לפי א. שומר־אילן)

**Duration of stages of transpiration and soil moisture at their termination in three species of pine (after Ilan)**

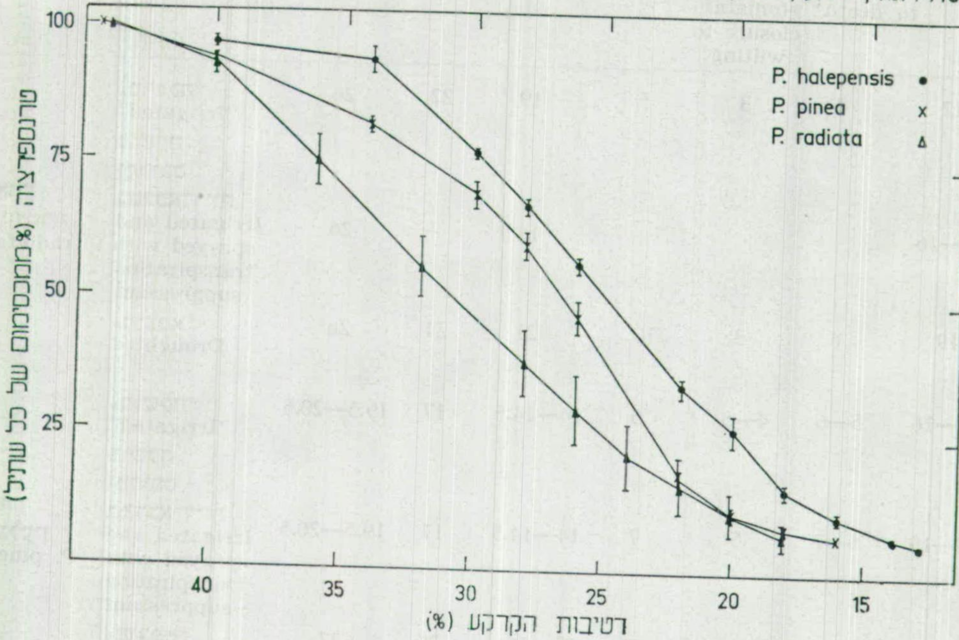
| | ב משך השלבים בימים Duration of stages (days) | | | א רטיבות הקרקע % Soil moisture | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | שלב קוטיקולרי Cuticular stage | | | | | | | |
| סה״כ Total | מהכמישה עד המוות from wilting to death | מסגירת הפיוניות עד הכמישה from stomatal closure to wilting | שלב סטומטרי stomatal stage | במות at death | ב„כמישה" at "wilting" | עם סגירת הפיוניות at stomatal closure | הטיפול Treatment | המין Species |
| 12 | 4 | 3 | 5 | 19 | 22 | 26 | „מושקה" "Irrigated" | אורן מונטריי P. radiata |
| 15—16 | | | | 16 | | 26 | מושקה ומרוסס במדכא־דיות Irrigated and sprayed with transpiration suppressant | |
| 19 | 6 | 3 | 10 | 21 | 24 | 26 | „מוצמא" Droughted | |
| 14—16 | 5—6 | 4—5 | 5 | 14—14.5 | 17 | 19.5—20.5 | „מושקה" "Irrigated" | אורן הגלעין P. pinea |
| 18—19 | 6—7 | 5 | 7 | 14—14.5 | 17 | 19.5—20.5 | מושקה ומרוסס במדכא־דיות Irrigated and sprayed with transpiration suppressant | |
| 25 | 11 | 4 | 10 | 15—16 | 20 | 22 | „מוצמא" Droughted | |
| 15 | 5 | 4 | 6 | 12.5 | 15 | 17.5 | „מושקה" "Irrigated" | אורן ירושלים P. halepensis |
| 26 | 9 | 6.5 | 10.5 | 11 | 14 | 17.5 | מושקה ומרוסס במדכא־דיות Irrigated and sprayed with transpiration suppressant | |
| 22 | 9 | 6 | 7 | 11 | 14 | 17.5 | „מוצמא" Droughted | |

הערה: „מוות" פירושו הפסקת צביעת המחטים התת־קדקודיים במיבחן ה־TTC.

„כמישה" פרושה שיבוש מאזן מי השתיל עם ירידה נימרצת בתכולת מי מחטיו.

טיקולה החלשה, אך היא חסרה באורן הגלעין, בו הפילם הפלאסטי לא הוסיף ולא כלום על השפעת הקוטיקולה הטבעית. (3) השקאה לעיתים רחוקות במשתלה האריכה את חיי השתילים בשלב הסטומטרי בא׳ מונטריי ובא׳ הגלעין עד למיספר הימים הכפול. הדבר נובע מצימצום מערכת השרשים כתוצאה מההצמאה לפני הניסוי. כושר קליטה מופחת גרם לניצול מופחת של לחות הקרקע, על אף זמינות גבוהה של הרטיבות. בשלב הקוטיקולרי האריכו להת־קיים כל המינים המוצמאים לעומת המושקים כהלכה. ההשפעה חלשה באורן מונטריי, אשר איננו מסוגל להתקיים בתנאי יובש קיצוניים מפני חולשת עלוותו ושרשיו גם יחד, אך היא חזקה מאד במינים הים־תיכוניים.

דיאגרמה 1, המתארת את מהלך הטרנספירציה ביחס למכסימלית של כל אחד משלושת המינים כפונקציה של לחות הקרקע, מראה (1) כי עם ירידת הלחות — אורן מונטריי — שסכנת ההתייבשות מאיימת עליו ביותר — הוא הראשון שמצמצם את הדיות. אחריו באים, לפי הסדר, אורן הגלעין ואורן ירושלים.




ציור 1. השתנות הטרנספירציה (% מהמכסימום של כל שתיל) עם ירידת אחוז רטיבות הקרקע. השוואה לפי המינים

Fig. 1. Change in transpiration in three pine species, as averaged percentage of maximum established for each seedling, in dependence upon decrease of soil moisture

(2) אינטגרציה (צירוף) של שטח העקומות מראה שלפי אותו הסדר גדלה כמות המים העומדת לרשות כל מין. בהתקרב מלאי המים, הניתן לניצול, לקיצו, מתקרבות העקומות באופן הדרגתי לכיוון ציר הלחות האופקי. הסיבה היא: סגירה מוחלטת של הפיוניות, החלה באורן מונטריי ב־26% לחות הקרקע, באורן הגלעין ב־20 ובאורן ירושלים ב־17—18%.

ב ב ר ו ש י ם, בהם שני מינים החזיקו מעמד כ־3 שבועות עד המוות, נמצא שימוש יותר חסכוני במים בברוש אריזונה מאשר בברוש המצוי ששתיליו היו קטנים יותר. שרשי הראשון נמצאו הרבה יותר רגישים להצמאה במשתלה, שהודות לה ירדה צריכת המים בתא היובש עוד בשלב הסטומטרי, מישקל שרשיו פחת במידה ניכרת בהשפעת ההצמאה. אפשר לדבר כאן על

אפקט של הקשהה מדומה העשויה בכל זאת להיות בעלת תועלת רבה ליערן, כי בנטיעה בשטח יהיה השימוש במי הקרקע חסכוני יותר ועשוי למנוע איבוד השתילים אם חלה עצירת גשמים אחריה.

כמישת הברושים התחילה כשרטיבות הקרקע ירדה ל־16% והם מתו ב־12%. לפנינו איפוא שני מינים עמידים למדי ליובש, עובדה המתאשרת ע״י הניסיון בארץ.

התויה המזרחית מצטיינת בשימוש חסכוני מאוד במים אף בשלב הסטומטרי ובניצול מצויין של לחות הקרקע. כמישת העלווה חלה גם כאן ב־16% לחות הקרקע ומוות אף ב־10%, דהיינו פחות ממחצית אחוז הכמישה המתמדת, כפי שנוהגים לקבוע אותו בעזרת שתילי חמניות! צריכת מים דומה של צמחים מוצמאים, או לא מוצמאים, הוכיחה ששרשי המין עמידים מאוד ליובש; לעומת זאת סבלה העלווה של התויה המערבית מאוד מהצמאה כבר במשתלה. היא אינה מסוגלת למנוע הפסדי מים בתנאים יבשים. ההבדל הגדול בהתנהגות שתי התויות מתבטא גם במבנה האנטומי של העלווה ובמיוחד בהיפודרם, שהוא בעל דפנות חזקות יחסית בתויה המזרחית, בניגוד למערבית (ה־(Thuja "plicata" בה הוא נושא יותר אופי של רקמה אוגרת מים. אף האֶפידרמיס (עור עליון) של המין האחרון הוא בעל דפנות דקות והפיוניות אינן שקועות, אלא אף מוגבהות מעל האפידרמיס, כמקובל בצמחים של מקומות לחים מאוד.

5. דיות ביער

בקשר לעמידות ליובש מעניין בעיקר היחס בין הערכים בעונה הגשומה או בניסויי מעבדה בלחות קרקע גבוהה ובין הערכים המינימליים בקרקע יבשה. לכן שמנו במחלקת המחבר את הדגש על יחס זה. כנגד זה ביצע מר חת, כאמור, מיפקד על טרנספירציה של אגדי מחטים ביערות אורן ברוטיה במשך כל השנה. הוא השתמש בשיטת השקילה של עלים קטופים שנמצאה מוסמכת למדי במחטניים וקשי עלים סובטרופיים. הוא קבע שהדיות מגיעה לשיא באביב כשהקרקע רוויה, אך החום עולה, אולם היא יורדת לערכים נמוכים בהרבה בקיץ, על אף עליית החום הודות לאזילת מי הקרקע. חת מצא למשל באום־אז־זינאת בחודש מרץ דיות של 227 מ״ג לגרם מישקל טרי בשעה כנגד 106 באוגוסט (ממוצעים יומיים), ז״א ירידה ב־50% בערך. ביער שע״י משק הזורע היו הערכים בהתאם 429 כנגד 125 מ״ג לגרם שעה, דהיינו, צימצום ב־70% בערך. במשך כל מחקריו הוא מצא באביב מכסימום מוחלט של 450 מ״ג לגרם בשעה ובקיץ מינימום מוחלט של 50, דהיינו צימצום כדי החלק התשיעי.

6. נשירת מחטים

אמצעי חשוב מאוד לאיזון פליטת מים עם הקליטה היורדת בעונה היבשה, הוא צימצום העלווה. כעצים ושיחים אחרים גדלים גם עצי־מחט באופן מחזורי, כשצמיחה מתחלפת בהתבגרות המחטים ללא צמיחה חדשה. מתוך הסתכלויות באורנים שוכנעתי שבקרקעות שטוחות ויבשות מצטמצם מיספר פרקי הזרדים נושאי מחטים. הן נושרות במוקדם, דהיינו בשנה העוקבת את היווצרותן במקום בשנה השלישית או הרביעית. עצים דלי עלווה — צמיחתם מתעכבת והם עושים כבר מרחוק רושם מדולדל ועלוב. חלקות כאלו של אורן ירושלים רואים למשל במעלה הכביש משער הגיא לירושלים בצלע ההר הפונה דרומה או על גבעות כורכר ברחובות וברמת גן. יחד עם עיכוב הצמיחה לעובי ולאורך של המחט היחידה, מצליחים העצים ע״י הנשירה המוקדמת למנוע דיהידרציה מסוכנת של שארית העלווה ובמיוחד תת־הקודקודית שפירוש איבודה הוא ברגיל מות הזרד הנושאה, עקב התייבשות פקע האמיר. בעיית צימצום העלווה ראויה מאוד למחקר מדויק לאור התנאים האיקולוגיים, אך היא נחקרה מעט. עונת נשירת העלים חלה אצלנו בקיץ; כפי שראיתי בירושלים באוגוסט בא׳ ירושלים. בשביל א׳ ברוטיה קבע חת נשירת המחטים בנות השנתיים בחדשים יוני ויולי. בעצים צעירים המלבלבים 3 פעמים בעונה אחת, מצא

חוקר זה שנושרות מחטים שהופיעו בראשונה עוד באותה העונה; לעומת זאת מחזיקים אורנים של האיזור הממוזג הקריר יותר, כולל האורן השחור (Pinus nigra), את מחטיהם לעיתים 5 או 6 שנים.

7. השפעת דיהידרציה על זרעים

בניסוייה על השפעת דיהידרציה על כושר ומהירות הנביטה באורן ירושלים ובא׳ ברוטיה גילתה אדיבה אילן כי חימום ל־60 או 70 מ״צ הגדיל את אחוז הנביטה של הראשון בכ־6%, והחיש אותה בהחזקת הזרעים אחרי הטיפול בטמפרטורה אופטימלית, בכ־4 ימים. אחוז נביטה עוד יותר גבוה התקבל אחר דיהידרציה בווקואום (ריקנות) ב־30 מ״צ. אחוז הנביטה הגיע לכדי 84 ואף עד 96% לעומת 81% בביקורת ואחוז הנבטים המתפתחים יפה ל־76—92 לעומת 64 בביקורת. השפעה דומה, אך פחות ברורה, נמצאה באורן ברוטיה המותאם פחות לתנאים חמים ויבשים. מעניין ששיפור הנביטה הושג, אף כי הזרעים הפסידו חלק נכבד מאחוז מימיהם הנמוך בלאו הכי באורנים. קשה לפרש השפעה זו, אך מעניין שהטיפול בזרעים גם התבטא בשרשים של הנבטים שגדלו מזרעים אלה. שרשיהם נשאו יותר שרשונים צדדיים וזאת השפעה רצויה מבחינת סיכוי הקליטה כשהשתילים ניטעים ע״י היערן בשטח המיועד ליער.

8. השפעת דיהידרציה על חילוף החומרים ושוני התגובה לפי עמידות המינים

ב־30 השנים האחרונות הצטבר ידע רב על שינויים מטבוליים שצימצום המים גורמם באברי צמחים. דיהידרציה מתונה מגבירה בדרך כלל את המגמות הסינתיטיות (של בניה), אך בשלבים מתקדמים גוברים תהליכי פירוק ובשלב סופי משתתקות הפעולות המטבוליות לפי העקרון הכימי: “Corpora non agunt nisi soluta” (החומרים אינם מגיבים אלא בתמיסה). בהתאם לכך מצא קסלר גם בעצי־מחט מהלך תהליכים מטבוליים שהושפעו רק ע״י ירידת האנרגיה החופשית של המים המצטמצמים באורגנים שחקר. כך היה בנשימה ובהטמעת הפחמן, בחומצה הריבונוקליאית (RNA) הכללית ובכמות הכלורופיל (יורק העלה) שנחקרו. אף פעי־לות התססים נוהגת לגבור בדפיציטים (גרעונות) של מים ביחס למצב הרוויה (Water saturation deficit בקיצור WSD) נמוכים, כפי שהוכיח הביוכימאי הסובייטי Sissakyan (1940), אך בעלית ה־ WSD לערכים גדולים יותר, האינזימים מפרקים במקום לסנטז, ז״א לבנות. כך התנהג בניסויי קסלר באורנים האנזים הבונה ומפרק חומצה ריבונוקלאית, ה־ RNA-ase-. שלב הפירוק של החלבונים נחקר בהצלחה רבה בקליפת ענפים מבוגרים ובשרשים. המעניין ביותר הוא, כי המעבר משלב ההרכבה לשלב פירוק נמצא שונה לפי עמידות המינים המיוחדת להם. הוא מאחר לבוא במינים העמידים. אף הסתמנה אפשרות למיון המינים לפי עוצמת התהליכים של פירוק החלבונים. בבודקו את תלות הנשימה בדיהידרציה של מחטי־אורן ירושלים וא׳ מונטריי במיום, מצא קסלר הגברת הנשימה עד 20% גרעון מים לרוויה בא׳ מונטריי, אך עד 40% בא׳ ירושלים. אחר כך באה ירידה תלולה בשניהם, בין 40 ל־50%. א׳ ירושלים נמצא איפוא יותר יציב בנשימתו בגרעונות נמוכים. בהתאם גם היחס של $CO_2$, הפחמן הדו־חמצני הנפלט לחמצן הנקלט (מנת הנשימה RQ) — המציין מעבר במקור הנשימה לחומצות, או תנאים של חוסר חמצן בפנים המחט עקב סגירת פיוניות — עלה באורן ירושלים עליה תלולה רק ב־WSD- של 45%, בניגוד לא׳ מונטריי, בו ה RQ- קפץ כבר ב־30%. עד ל WSD- של 30% עלה החלבון הכללי במחטי אורן ירושלים וירד לאט בגרעונות גבוהים יותר. בא׳ מונטריי היה מהלך התלות במיום המחט בלתי יציב ורמת החלבונים באחוזים מהערך ההתחלתי (מצב רווי) נמוכה יותר. רק בין 15 ל־20% הסתמנה נטיה סינתטית (לבניה).

החלבון בקליפת ענפי א׳ ירושלים נישאר ברמה קבועה עד ל WSD- של 60% ועלה אף בזאת של א׳ הגלעין, העמיד ליובש כמעט כמוהו. בניגוד גמור נמצאה ירידה מתמדת מלכתחילה בא׳ מונטריי, בו כבר בגרעון־מים של 25% נעלמת מחצית החלבון הודות לתהליכי־פירוק.

מיצוי חתיכות קליפה שיובשו לדרגות „אי־מיום" הולכות וגוברות, הניב כמויות קטנות ביחס של חומצות־אמיניות — אבני הבנין של החלבונים — מועטות בא' ירושלים וא' הגלעין, אך כמויות גדולות ומינים רבים של תוצרי פירוק אלה בא' מונטריי, בו זוהו לא פחות מ־14 חומצות אמיניות שונות. פירוק החלבונים גובר במין זה ב־150% (!) בגרעונות לרוויה בין 50%—60%, וזה מתיישב יפה עם בדיקות חיוניות של מחטים במיקרוסקופ, בהן ראינו פירוק רחב־ממדים של תוכן התאים החי בתחום דיהידרציה מתקדם זה. בגרעון־מים של 50% הופיעו בבדיקות קסלר בא' מונטריי לא רק חומצות אמיניות המשמשות לעיתים קרובות חומרי תשמורת, כגון אספרגין וגלוטאמין, אלא גם סטרוקטורליות, כגון איזוליצין, טירוזין ופרולין. לפי אופי וכמות החומצות האמיניות שהופרשו למים עקב דיהידרציה של ש ר ש י ם, ניתן לסדר את המינים בסידרה הבאה המתאימה יפה לעמידות גוברת ליובש של המינים: א' מונטריי, א' ברוטיה — א' צהוב מערבי — א' גלעין — א' ירושלים.

בגרעונות לרוויה עד כ־25% היה ה־*RNA* הכללי במחטים יציב למדי בא' מונטריי, אך עלה עד כדי 140% מהערך ברוויה בא' ירושלים. יציבות או אף עליה כזו לא חלה על ה־RNA של גרעיני התאים של א' מונטריי: היא אך יורדת כבר מלכתחילה, בדומה למצב בחלבון הכללי. א' ירושלים איננו שותף לירידה זו. ה־RNA של הגרעינים שלו עולה אף קצת תחילה וכמעט שאיננו יורד עד לגרעון־מים הקרוב ל־60%.

הבדלים מתאימים נמצאו בתסס ה־RNA-ase: פעילות בונה ב„ריבוזומים" — גופיפים המרכיבים או מפרקים חומצה ריבונוקלאית — בערכי WSD של 15%—25%, בא' ירושלים, אך רק ב־15% בא' מונטריי. מעבר לערכים אלו פועל התסס כמפרק ולכן פעילותו המרכיבה יורדת בשני המינים. כנגד הפעילות הבונה בגרעונות־מים נמוכים שנמצאה במיקטע הריבוזומים, נמוכה הפעילות המפרקת ב־RNA-ase של הציטופלסמה הנמסה. תופעות אלו יותר בולטות לפי כמותן בא' ירושלים מאשר בא' מונטריי. אף פעולת ה־RNA-ase בגרעיני התאים היתה שונה בשני המינים ושיקפה יפה את דילדול מקור הפעולה המפרקת (ה־RNA) בגרעינים בהיותה גדולה יותר מלכתחילה בא' מונטריי. בסוף יצויין כי החל מגרעונות־מים של 25% עד 30% נמצאה ירידה בכמות הכלורופיל במחטים שהיתה חזקה יותר בא' מונטריי מאשר בא' ירושלים.

## מסקנות

מחקרנו מאשר שהעמידות של עצי מחט ליובש היא תכונה מסובכת למדי בשל כריכותה במרכיבים אנטומיים, פיזיולוגיים וביוכימיים שונים ורבים. משתתפים בה הפרוטופלסמה עם מרכיביו: הגרעין, ריבוזומים, ממברנות ותססים — העלה והשורש. חשיבות גדולה נודעת לצירוף התכונות המייצבות והמגינות, ובינֵיהן נוכחות חומרים דוחי־מים ברקמות העור של מחט ושורש — ותכונות פיזיולוגיות, כגון סגירת פיוניות יעילה מאוד בעלה וריכוז מומסים בתאי השורש, המגדיל את כושר הספיגה האוסמוטית וניצול מפתיע של לחות הקרקע. חשוב צימצום העלווה לעת מחסור במים, חדירת שרשים לעומק, בו המים אינם אוזלים אף בקיץ והחלפה מהירה של שרשים שהתייבשו, בחדשים, אחר גשם. באורן ירושלים העמיד מכולם, תיתכן גם חדירת שורשים לסלע בלתי סדוק. צפיפות שורשיו הדקים מועילה לו בניצול מים מירבי.

המינים הקליפורניים שניבדקו, נימצאו פחות עמידים מהים־תיכוניים, אך התויה המזרחית נמצאה עמידה להפליא. אף דרגת העמידות של ברוש אריזונה גדולה, אך שרשיו רגישים יותר מאלה של הברוש המצוי.

העמידות המצורפת, או „כללית", של המינים מתאימה יפה לתפוצה הגיאוגרפית־איקולוגית. כך אורן הגלעין הנפוץ בלבנון ובאיטליה וא' ברוטיה הגדל בקפריסין ובתורכיה — ארצות בהן העונה היבשה ממושכת פחות מאשר אצלנו — מחטיהם ושורשיהם נימצאו פחות עמידים מאשר אלו של א' ירושלים, „אלוף העמידות הכללית" לפי תוצאותינו. אורן מונטריי הגדל אצלנו בעיקר

בגנים מושקים במישור החוף, מצליח יפה באיזור רומא, צפון ספרד ואף בדרום אנגליה. התויה המערבית מהזן מסטרס הרגישה מכולן במבחנינו, איננה מגודלת כלל באיזור הים־תיכוני, אך היא אומצה כעץ־יער, למשל בדנמרק.

לפעמים עשויה אף תכונה יחידה לשקף את הדירוג הטבעי לפי העמידות. כדוגמאות אביא את עובי הקוטיקולה של מחטים בארני ירושלים, גלעין ומונטריי וכן עמידים חלבונים בפני פירוק עם ירידת דרגת המיום בענפים ובשורשים.

## ספרות


1. חת, דן (1968), גורמים איקולוגיים מכריעים ביעור אורן ברוטיה. עבודת־דוקטור, האוני־ברסיטה העברית, סיון תשכ"ח.
2. לשם, ברוך (1967), הסתגלות שורשי אורנים לתנאים ארידיים, עבודת דוקטור, האוניבר־סיטה העברית, שבט תשכ"ז.
3. שומר־אילן, אדיבה (1968), עמידות שתילי אורנים בפני יובש. עבודת דוקטור, האוניבר־סיטה העברית, ירושלים, אב תשכ"ח.
4. Kessler, B. (1967) Mechanisms of drought resistance in conifers of the Mediterranean Zone and the Arid West of the U.S.A. Final Report, Part II. Metabolic Studies. Volcani Inst. Agr. Res.
5. Leshem, B. (1967) The annual activity of intermediary roots of the Aleppo pine. *For. Sci.* 11(3), 291-298.
6. Leyton, L. and Armitage, I.P. (1968) Cuticle structure and water relations of the needles of Pinus radiata (D.Don). *New Phytol.* 67, 31-38.
7. Oppenheimer, H.R. (1932) Zur Kenntnis der hochsommerlichen Wasserbilanz mediterraner Gehölze. *Ber. deut. bot. Ges.* 50a, 185-245.
8. Oppenheimer, H.R. (1933) Studien zur Keimung und ersten Entwicklung der Aleppo-kiefer und Kermeseiche. *Gartenbauwiss.* 7, 308-364.
9. Oppenheimer, H.R. (1967) Mechanisms of drought resistance in conifers of the Mediterranean Zone and the Arid West of the U.S.A. Final Report. Part I. Physiological and anatomical investigations.
10. Oppenheimer, H.R. (1969) Drought resistance of Monterey pine needles. Isr. J. Bot. 17.
11. Oppenheimer, H.R. and Shomer-Ilan, Adiva (1963) A contribution to the knowledge of drought resistance of Mediterranean pine trees. *Mitt. flor.-soziol. Arbeitsgem. Stolzenau. New Series,* No. 10, 42-55.
12. Oppenheimer, H.R. et Engelberg, N. (1965) Mesure du degré d'ouverture des stomates de conifères — méthodes anciennes et modernes. Coll. intern. méthodol. et écophysiol. végétales, Montpellier, 1962. UNESCO, Arid Zone Ser. 25, 317-323.
13. Shomer-Ilan, Adiva (1964) Influence of heat and dehydration on germination of pines. *Isr. J. Bot.* 13, 93-100.
14. Sissakyan, N.M. (1940) The biochemical character of drought resistant plants. Moscow — Leningrad.

# תרומת עט לצומח העצי בישראל: פרקרק פרסי*

ד״ר ר׳ קרשון
מחלקה לחקר היער, מכון וולקני לחקר החקלאות, אילנות

מוקדש לזכרה של גב׳ ביאנקה קולר ז״ל

פרקרק פרסי הוא שיח גבוה, או עץ נמוך, בגובה 5—2 מ׳. הגזעים מעובים בבסיס, בעלי ענפים מסועפים מאוד, הענפים הצעירים דקים, צבעם ירוק חיוור, העלים הם 1.5—0.5 מ״מ בעלי צורת סרגל, משולש, קצר ומחודד עד קהה בקצה; הניצנים בתוך גביע; הפרחים קטנים, נישאים על עוקץ קצר ודק דמוי מסמר; האבקנים בולטים, האבקנים המנוונים (הסטמינודיום) הם קרומיים, דמויי ביצה ומכסים על השחלה; 5 הצלקות יושבות (חסרות עמוד עלי), הפרי בעל קוטר 0,9—0,7 ס״מ, מכיל חמישה זרעים, שאורכם 4—3 מ״מ והם עטורי כנפיים.

הוריינט *idumaeum* Zoh. הוא בעל עלים מחודדים, מאוד קצרים, בעלי קוצים, כנפי הזרע בעלי שוליים כמעט תמימות.

הוריינט *maris-mortui* Zoh. הוא בעל עלים כנ״ל, כנפי זרע בעלי שוליים משוננות פחות או יותר.

העצה בעל נקבים קטנים בודדים או בצברים; צינורות בעלי ניקוב פשוט, גמצים לסירוגין, קטנים; פארנכימה חיבורית, בשכבות קונצנטריות, קרני ליבה מפוזרות, בלתי המשכיות, הטרו־גניות, תאים מרובעים; 3—1 תאים ברוחב, פחות מ־25 תאים בגובה, סיבים בעלי גמצים קטנים. שיפה מהטיפוס ה„קונצנטרי״ (5).

שמות עממיים פרקרק פרסי, גאדה (ערבית), סקסאול.

מקומו בארץ — שכיח מאוד בואדי ערבה.

הפרקרק הפרסי הוא הנציג היחיד של הסוג בישראל. מינים אחרים, שנכללו בעבר בסוג, נכללים כיום, בסוג *Hammada* Iljin. הם ניבדלים מהקודם בכך שאין להם ענפים רותמיים וסטמינודים בלוטיים.

## I) התפוצה הגיאוגרפית והתפוצה בהתאם לגובה

הפרקרק הפרסי הוא מין אירנו־טורני, המתפשט בסמוך לתחומי האזור הסהרו־ערבי. בואדי ערבה, ההמשך הדרומי של בקעת הירדן (מתמשך מים המלח עד למפרץ אילת), הוא נפוץ מאוד על שטחי חול ודיונות ובואדיות חוליות כמו ואדי ג׳ייב. פרטיו פזורים גם בואדי השוכן למרגלות ההרים והגבעות התוחמים אותו במערב. גבול התפשטותו הצפוני הוא בעור אס־סאפי על חוף ים המלח (12). ובואדי קוסיב (1). תחום התפשטותו בגבהים מ־380 מ׳ מתחת לפני הים (ים המלח) ועד כ־1400 מ׳ מעל פני הים (בהרי אדום) (ציור 1).

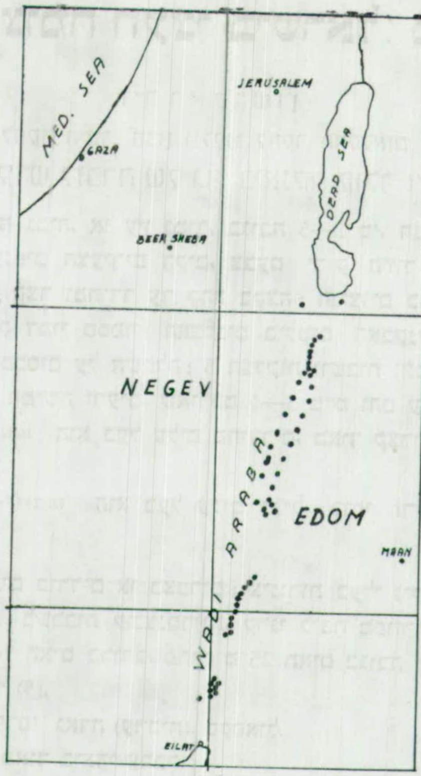
בדרך כלל התפוצה של הפרקרק הפרסי היא בלתי רצופה ומתפשטת מואדי ערבה — באזור תפוצתו המערבי ביותר — ועד אסיה המרכזית: זה כולל את המדבר הסורי (אדום), חצי האי ערב (נאפור), עירק, אירן והמדבריות האראלו־כספיים של רוסיה.

## II) בית הגידול

### (א) התחומים האקלימיים והטופוגרפיים

הפרקרק הפרסי מוגבל כאן לחלק החם ביותר של הטריטוריה הפיטו־גיאוגרפית הסהרו־ערבית, המאופיינת על ידי חדירות סודניות רבות. אופיינית לכל שטח תפוצתו כמות מישקעים של פחות מ־100 מ״מ (כממוצע שנתי), עם פיזור מאוד בלתי אחיד הן בזמן והן במקום; טמפר־

* מפרסומי מכון וולקני לחקר החקלאות, בית דגן, סדרה 1969, מס׳ 852־1.




ציור 1. תפוצת הפרקרק הפרסי
Figure 1.
Distribution of *Haloxylon persicum* Bge. (16).

טורות קיץ מאוד גבוהות, טמפרטורות חורף נוחות באופן יחסי, לחות נמוכה והתאדות גבוהה. הנתונים האקלימיים של אזור תפוצתו מובאים בטבלה 1.

טבלה 1
נתונים אקלימיים

| | אילת<br>רוחב צ' 29° 33'<br>אורך מז' 34° 57'<br>5 מ' גובה | סדום<br>רוחב צ' 31° 02'<br>אורך מז' 35° 22'<br>—380 מ' גובה |
|---|---|---|
| ממוצע טמפרטורה מקסימלית של החודש החם ביותר | 40,2 | 40,5 |
| ממוצע טמפרטורה מינימלית של החודש הקר ביותר | 10,1 | 10,9 |
| ממוצע של לחות יחסים (%) | 39 | 44 |
| ממוצע שנתי של גשם (מ"מ) | 40 | 51 |
| יבשתיות (%) | 43,0 | 38,3 |
| קבוע של אמברגר | 3,3 | 5,8 |
| מדד הרטיבות לפי טורנטווייט | 58,6 | —— |

מדידות מיקרואקלימיות, שנערכו בשטח טיפוסי לפרקרק הפרסי בואדי ערבה, הם מקסימום יומי 20°C בינואר ל־40°C באוגוסט וממוצע לשעה של התאדות יומית (ע״י אופורימטר פיטש) מ־0,3 מ״מ ל־0,5 מ״מ (17).

היות וכמות הגשם מועטה מאוד ומאוד לא אחידה מכדי לקיים צמחיה רב שנתית, ברור שקיומו של פרקרק פרסי היא הודות לפעולת גומלין בין הגורמים הקרקעיים והטופוגרפיים. תצלומי אוויר מראים ברור, שהמין אינו מפוזר על כל שטחי החול והדיונות, אלא מתרכז לאורך ערוצים שטחיים ותעלות שבהם זורמים מי הגשם הניגר מההרים. כמות הגשם הממוצעת — השנתית המגיעה ל־150—100 מ״מ ברובה אינה יעילה, הן בשל טופוגרפיה טרשית והן בשל כושר חילחול נמוך של הקרקע (10). רק על מניפות של חול אלוביאלי, סמיך למרגלות ההרים הגבוהים, הפרקרק הפרסי מפוזר על פני כל השטח.

ב) הקרקע. פרט להצטברות מקומית של חול בעל עומק מספיק באפיק הואדי מוגבל פרקרק הפרסי לחולות עמוקים, שנוצרו מהתרוחחות של אבן חול נובית, בעיקר מעידן הקרטיקון התחתון. החול במידבר מקובל כבית הגידול הרצוי ביותר לצמח, קיים בו חילחול מידי של הגשם המצוי, העדר זרימה עילית ואיבוד מועט של רטיבות על ידי התאדות בשל המירקם הגס. מכל מקום, כפי שהוזכר, יש לדחות את הדעה שפרקרק פרסי משגשג אך ורק בתנאי גשם מקרי; מצד שני אין כל הוכחה, שהשורשים שלו מגיעים למיפלס המים. מכאן שגידול של פרקרק פרסי אפשרי רק במקומות בהם החול בעל עומק מספיק, ולגשם הישיר נוספת זרימה עילית מאגני ניקוז נרחבים.

ישנם נתונים מעטים על הרכב החולות כמצע לפרקרק הפרסי. בפרופיל אחד של 120 ס״מ עומק, שיעור כלל המלחים המסיסים נע מ־0,08% עד 0,17%, כלורידים — מ־0,0041 ל־0,078% (17), למרות שהכמות הכללית של המלחים המסיסים יכולה להיות גדולה יותר (14). ישנה גם הוכחה המצביעה על השפעת המיקרורליף על מליחות הקרקע (10), כך ששטיפה של המלחים המסיסים בנוסף לרטיבות הקרקע עשויה להיות אחראית לאופן תפוצתו של הפרקרק הפרסי לאורך שקעים ותעלות ניקוז בחולות. רק בעור גדל המין על קרקע מלוחה בואדי איתם (אדום), בין קווירה ועקבה, הוא נמצא על חולות גרניט (8).

ג) חברות צמחים

הפרקרק הפרסי מהווה יחד עם השבטוט המצויץ (11) את הצמח העיקרי בחברת הפרקרק. החברה כוללת גם מינים אופייניים של רותם, אוכם, יפרוק ושיטה כמו כן „צמחי ספר מידב־ריים״. ההרכב הצמחי, המתבסס על 11 רשימות בואדי ערבה (17), הוא כדלהלן (מובאים רק מינים בעלי שכיחות מ־50% ומעלה):

פרקרק פרסי, שבטוט מצויץ, בת־מדבר שעירה, מלחית חומה, לחך גלילי, עירית צרת עלים.

ד) תגובה לגורמים ביוטיים

רביה באמצעות זרעים מוגבלת ללא ספק מחמת רעיה. צמחים מבוגרים יותר מתחדשים שנית מנזקי רעיה, גיזום, או כריתה.

ה) (א) זיקה לקבוצתיות (גרגריות). בפרקרק הפרסי צמחים בעלי גדלים שונים וגילים שונים בדרך כלל יוצרים אוכלוסיות פסים לאורך שקעים שטחיים וודיות המנקזים מי נגר מההרים.

(ב) הופעה בבתי גידול שונים. בואדי ערבה הפרקרק הפרסי הוא בדרך כלל שיח בעל גובה של 2—1 מ׳. צמחים גבוהים יותר נדירים ועצים נמוכים, הגבוהים מ־3 מ׳ הם ללא ספק יוצאים מן הכלל. המין עמיד במידה רבה לכיסוי חול ובכמה מקרים עשויים שיחים נפרדים להיות חלקים של צמח רחב אחד המכוסה על ידי חול.

(ג) השפעות של כפור, יובש וכו׳. ייתכן שפרקרק פרסי מיוצג כאן על ידי איקוטיפ הדורש

באופן יחסי טמפרטורות גבוהות ולחות אוויר נמוכה. ניסויים לגדל אותו בצפון ישראל ניכשלו. אם כי ייתכן שמערכת השורשים הרחבה מאפשרת לצמח לשגשג כשיש רטיבות קרקע נמוכה. ישנם מקרים של תמותה המונית על פני שטחים נרחבים כאשר בשנה אחת או יותר אין השקעים מובילים מי נגר, או שמהלך זרם מי הנגר משנה את כיוונו ומפסיק לזרום בשקעים הראשונים.

ו) (א) מורפולוגיה. הפרקרק הפרסי הוא בעל רשת שורשים אדוונטיביים צפופה מאוד, המתפשטת אופקית בעומק של 80—10 ס"מ, והיא פעילה רק כאשר החול לח (2). אין נתונים של העומק, אליו מגיעים השורשים ואופן התפשטותם. היחס בין קליפת השורש ובין הרדיוס שלו הוא 0,797 (6).

הגבעולים גליליים, עשויים פרקים, ירוקי עד, סוקולנטיים במקומות החיבור; העלים קטנים עד מנוונים. חלק של „העור" הירוק מהגידול של השנה האחרונה מתייבש, מתבקע לטבעות ונושר. חלק מהענפים הדקים של השנה האחרונה גם כן נשברים ונושרים („ענפים עשויים פרקים נשברים ונושרים") (15). הענפים הדקים הצעירים נפרדים בקלות רבה לפרקים בודדים בגלל אופי הרקמה היוצרת והקוטר הקטן של הבסיסים. הנשירה של הקליפה הפעילה בתהליך הפוטוסינטזה נובעת מפעילות של פרידרם, הנוצר בפארנכימה של השיפה האחראית על הגנת מערכת ההובלה (6).

האפידרמיס של הגבעולים הירוקים הוא דו־שכבתי, הפיוניות שקועות, עם תאים תומכים היוצרים שקערורית פתוחה בעלת זווית ישרה כמעט. יש 412 פיוניות על מ"מ ² התאים השומ־רים הם בעלי אורך של 14,6 $\mu$ ורוחב של 6,8 $\mu$ . מתחת לאפידרמיס שכבה אחת של היפו־דרמיס, בהמשכה שתי שכבות של תאים המכילים כלורופלסטים — תאי עמודים ותאים פחות או יותר ריבועיים, פארנכימה עבה אוגרת מים נמצאת בין רקמות אלו ובין הגליל המרכזי הצפוף.

(ב) מיקוריזה. אין ידיעות.

(ג) רב שנתיות, התרבות. הפרקרק הפרסי הוא מקרופנרופיט ריתמי, אחרי נשירת העלים השרידיים מבוצעת ההטמעה על ידי הענפים הירוקים. אין נתונים על אורך ימים של צמחים בודדים. אך פרסומים על גילים של 1,000 שנים ויותר (3, 2) הם בוודאי מוגזמים מאוד (אין טבעות שנתיות בסוג זה ובפרטים אחרים של משפחת הסלקיים). אין כל הוכחה לקיום ריבוי וגטטיבי בתנאי שדה למרות שבתנאי משתלה ניתן להרבותם מייחורים. נביטת זרעים חלה כל שנה, אבל אין שום תצפיות בקשר להתרבות נבטים בתנאים טבעיים.

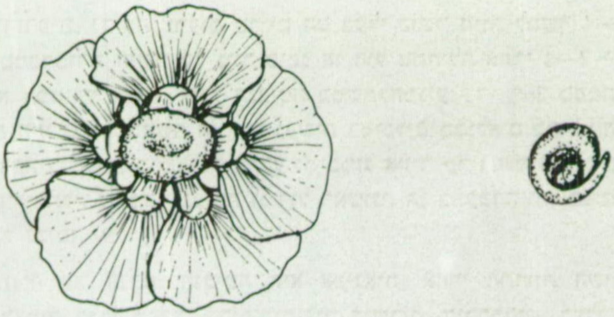
(א) כרומוזומים. אין נתונים.

(ה) נתונים פיסיולוגיים. בוודאי ערבה שיעור הטרנספירציה על בסיס חומר רטוב נע מ־84 מג'/גר'/שעה בינואר עד 694 מג'/גר'/שעה ביוני. הלחץ האוסמטי של מוהל התא משתנה מ־30 אטמוספרות במרץ, עד 56 אטמוספרות בינואר. נמצא שכל הצמחים העיקריים של חברת הפרקרק הפרסי שייכים לאותו טיפוס של חוסכי מים (17). בניסוי מעבדה אחוז נביטת הזרעים על קרקע חולית הגיע ל־90%, כאשר תכולת הנתרן הכלורידי של המצע הוא עד ל־0,3%; בריכוזי נתרן כלורידי של 1,8% הנביטה ירדה ל־2,5%, במליחות גבוהה יותר אין נביטת זרעים מתרחשת בכלל (קרשון, לא פורסם).

ז) פינולוגיה. ישנן הוכחות שהפריחה חלה בשתי עונות נפרדות — באביב ובסתיו, בסוף האביב רק עפצי הפרח נמצאים על הענף הרפרודוקטיבי. בעונה זו אין מוצאים נביטת זרעים. נביטת זרעים מהפריחה השניה היא בדרך כלל בשפע. הבשלת זרעים חלה בנובמבר־דצמבר. התנהגות זו של הפרקרק הפרסי דומה לזו של פרקרק המודנדרון בטשקנט, מקום שם הפריחה היא באפריל ובאמצע אוגוסט.

ח) (א) ביולוגיה של הפריחה. אין נתונים.

(ב) בני כלאיים. אין נתונים.



ציור 2. פרי (משמאל), עובר (מימין) של פרקרק פרסי
Figure 2.
Fruit (left) and excised embryo (right) of *Haloxylon persicum* Bge. (x5).

(ג) יצירת זרעים ושיטת הפצתם. הזרע הוא עגול אופקי, חום־שחור, עם חמש כנפיים אפורות קרומיות, מבריקות, המתפטחות מהעטיף. העובר, שהוא סלילוני, פקעתי, בתוך מעטה זרע רווי שרף, הוא ירוק כהה. משקל של 1,000 זרעים ממוצע הוא 3,5 גר׳. הפצת זרעים על ידי הרוח נעשית בדצמבר (ציור 2).

ציור 3. מורפולוגיה של הנבט
Figure 3.
Seedling morphology of *Haloxylon persicum* Bge. (x1).

(ד) חיות הזרעים, נביטה. זרעים טריים הם בעלי כושר חיות למשך 3—4 חודשים. נביטה בתנאי מעבדה בטמפרטורת החדר על נייר טופג או חול מתחילה אחרי 2—4 ימים. אחוז הנביטה בתנאים אלה הוא בממוצע 53%. אחוז הנביטה במשתלהמגיע עד 26% בממוצע. נביטה ויצירת שתילים במשתלה היא גבוהה כאשר הזריעה נעשית במיכלים ממולאים בחול טהור וכאשר הזרעים מכוסים בשכבה דקה (כ־3—2 מ"מ) של קרקע זו. במזג אוויר קר וגשמים חזקים — כיסוי הזרעים עם יריעות של פוליאתלין מאפשר נביטה וגידול ראשוני. הן במעבדה והן במשתלה, השקאה אחת מספיקה כדי לקבל נביטה (9).

(ה) מורפולוגיה של הנבט. הנביטה היא אפיגאית. אחרי התהוות השורשון, ההיפוקוטיל הורדרד מתחיל לצמוח כלפי מעלה, ההיפוקוטילים הישרים, הירקרקים, בעלי אורך בלתי שווה, מתפתחים ובוקעים את מעטה הזרע. הפלומולה מתפתחת ונותנת מוצא לעלים הישרים הראשונים (ציור 3).

תלת פסיגיות (5) היא נדירה מאוד (קרשון, לא פורסם).

(ו) ההתרבות הממשית. למרות שייחורים מסוגלים להשתרש במשתלה, מאמינים שההתרבות היעילה בטבע היא בעיקר מזרעים.

ט) (א) בעלי חיים זוללים או מזיקים. חרקים הקשורים עם הפרקרק הפרסי כוללים:

*Capnodis excisa* ssp. *alphieri* *Steraspis speciosus*
*Crossotus arabicus* *Platyproctus agraphopteron.*

קיימים חרקים שטרם זוהו, הגורמים לשני טיפוסים של עפצים: עפצי הענפים הוגטטיבים ועפצי הפרח, שהוזכרו מקודם וכנימות (י' הלפרין, לא פורסם).

(ב) טפילים צמחיים. אין נתונים.

(ג) מחלות. אין נתונים.

י) היסטוריה. הרשימה הראשונה על הפרקרק הפרסי מא"י נכתבה בידי תהרונסון (12), שאסף אותו באזור ים המלח. מיפוי התפוצה בואדי ערבה (תחת השם גראתר) נעשה על ידי מיור קאלר (4). זהרי (13) זיהה את עץ ה„גאדה" של מדבריות המזרח הקרוב כפרקרק פרסי והסב את תשומת הלב לעובדה שהארט ומטיילים שבאו בעקבותיו לא ציינו אותו בואדי ערבה. מאמינים שפרקרק פרסי סיפק את החומר להסקה של כורי הנחושת של שלמה המלך בעציון גבר (2). למרות שהמין עשוי להיות שימושי (שימש בעבר כמספוא), כעץ לחומר הסקה ותעשיית פחם, התנאים הכלכליים הנוכחיים אינם מצדיקים את השימוש בו. בתחילת שנות החמישים נכשלו ניסויי אגף הייעור, משרד החקלאות ואחרים, להרחיב את שטחו ולהגדיל את צפיפותו בואדי ערבה.

## *References*


1. Boyko, H. (1946) *Haloxylon persicum* Bge. M.S. Department of Forests, Government of Palestine.
2. ——————— (1949) On the climax vegetation of the Negev, with special reference to arid pasture problems. *Pal. J. Bot. Rehovot* 7 : 17-35.
3. ——————— (1951) On regeneration problems of the vegetation in arid zones. In : *Les Bases Ecologiques de la Régénération de la Végétation des Zones Arides,* pp. 62-80. Union Internationale des Sciences Biologiques, Série B (Colloques), No. 9. Paris.
4. Buller, R. S. Y. (1931) Trans-Jordan Frontier Force Sketch Map of Grazing Areas in the Wadi Araba. Survey of Palestine, Jaffa.
5. Chudnoff, M. (1956) Minute anatomy and identification of the woods of Israel. *Ilanot 3 :* 37-52.

6. Fahn, 3. (1964) Some anatomical adaptations of desert plants. *Phytomorphology 14 :* 93-103.
7. ———— and Dembo, Nima (1964) Structure and development of the epidermis in articulated Chenopodiaceae. *Israel J. Bot. 13 :* 177-192.
8. Feinbrun, Naomi and Zohary, M. (1955) A geobotanical survey of Transjordan. *Bull. Res. Counc. Israel 5D :* 5-28.
9. Karschon, R. (1952) Raising trees and shrubs native to Wadi Araba in nurseries. *La-Yaaran 2 :* 68-70 (Hebrew), 84 (English).
10. ———— (1953) The hammada in Wadi Araba, its properties and possibilities of afforestation. *Ilanot 2 :* 17-45.
11. ———— (1962) Contributions to the arboreal flora of Israel : *Calligonum comosum* L'Hér. *La-Yaaran 12 :* 18-23.
12. Oppenheimer, H. R. (1931) Reliquiae Aaronsohnianae. I. Florula transjordanica. *Bull. Soc. bot. Genève 22 :* 1-301.
13. Zohary, M. (1940) On the 'ghada' tree of northern Arabia and the Syrian desert. *Pal. J. Bot. Jerusalem 1 :* 413-416.
14. ———— (1945) Outline of the vegetation in Wadi Araba. *J. Ecol. 23 :* 204-213.
15. ———— (1954) Hydro-economical types in the vegetation of Near East deserts. In : *Biology of Deserts.* Edited by J. L. Cloudsley-Thompson. Institute of Biology, London.
16. ———— (1965) Examples of plant distribution. In : *Atlas of Israel,* Sheet VI/2. Department of Surveys, Ministry of Labour, and Bialik Institute, Jewish Agency (Hebrew).
17. ———— and Orshan, G. (1956) Ecological studies in the vegetation of the Near East deserts. II. Wadi Araba. *Vegetatio, Haag 7 :* 15-37.

# דיונות ויער בדנמרק*

י. זוהר

מחלקה לחקר היער, מכון וולקני לחקר החקלאות, אילנות

מאמר זה נכתב בעקבות סמינר אפ.א.או. בנושא יעור דיונות חוליות, שנערך בדנמרק לפני חודשים מספר (20.7.68—23.6.68). עשרים ושבעת משתתפי הסמינר ייצגו עשרים מדינות שונות מכל קצווי תבל.

דנמרק נבחרה לשמש מקום לעריכת הסמינר הואיל ובארץ זו ניתנת האפשות של לימוד כל תהליך הייצוב. החל מהשלב הראשוני של קיבוע החולות וכלה ביעורן של אדמות אלה. ידע דני זה מתבסס על ניסיון בן 200 שנה.

דנמרק מונה כיום כ־5 מיליון נפש ושטחה מגיע ל־43 אלף קמ"ר. היער בארץ זו משתרע על 4.7 אלף קמ"ר המהווים כ־11% מהשטח הכללי.

היערות בכללם מפוזרים בכל שטח המדינה, אך נקל להבחין ב־4 ריכוזים עיקריים:

.1 Grib-Skove — 60,000 דונם (צפון זילנד)

.2 Rold-Skove — 55,000 דונם (צפון יוטלנד)

.3 Silkeborg — 60,000 דונם (מרכז יוטלנד)

.4 Bornholm — 60,000 דונם

* מפרסומי מכון וולקני לחקר החקלאות, בית דגן, 1969, סידרה ה' מס' 853.

התפלגות מיני העצים ותפוצתם מובאות בטבלה הבאה:

תפוצת מיני עצי היער בדנמרק

| העץ | שטח בדונמים | העץ | שטח בדונמים |
|---|---|---|---|
| רחבי עלים | | מחטניים | |
| אשור | 840,000 | אשוח | 1,760,000 |
| אלון | 240,000 | אורן ההרים | 380,000 |
| מילה | 80,000 | (אורן מוגו) | |
| אחרים | 320,000 | אחרים | 430,000 |
| סה"כ | 1,480,000 | סה"כ | 2,570,000 |

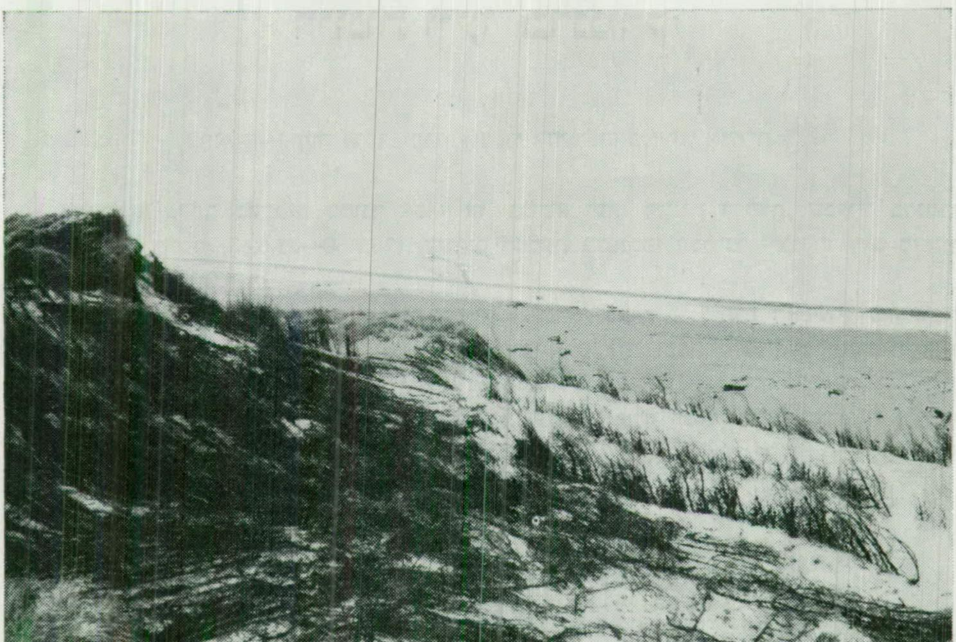
מהטבלה נקל להבחין כי שטח יערות המחטנים גדול מזה של רחבי העלים, ובתוכם המין הנפוץ ביותר הוא האשוח.

מבחינת שימוש העץ בדנמרק משך 10 שנים (1956—1966) מתקבלת התמונה הבאה:

| | עץ לתעשייה | עץ הסקה |
|---|---|---|
| רחבי עלים | 596,000 מ"ק | 292,000 מ"ק |
| מחטניים | 830,000 מ"ק | 116,000 מ"ק |
| סה"כ | 1,426,000 מ"ק | 408,000 מ"ק. |

כלומר, מכלל תפוקת היערות משמשים המחטניים כספק ראשי של עץ לתעשייה, ואילו רחבי העלים חלקם רב יותר בעץ לשריפה.

שטחי היער הטבעי בדנמרק מצומצמים עד למאוד. עיקר השטח המכוסה כיום עצים הוא תוצאת נטיעות שבוצעו בכל אזורי המדינה, אך התרכזו במרביתם ביוטלנד. הדבר המרשים והמעניין ביעור חצי אי זה הוא, שחלק נכבד מהנטיעות בוצע על חולות דיונות שיוצבו.

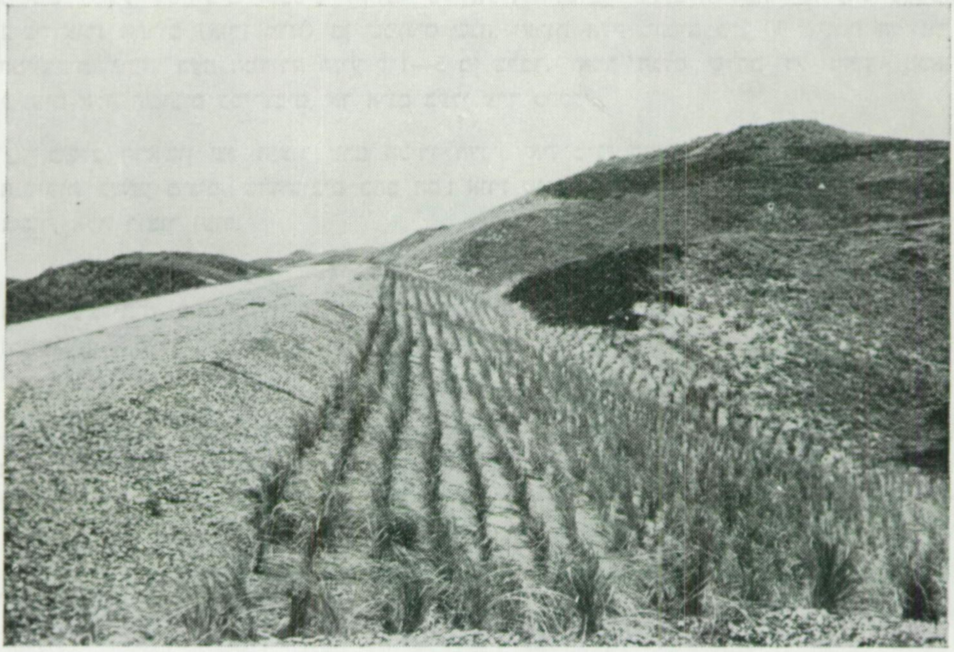


תמונה 1. דיונת ים בצפון יוטלנד
Fig. 1. Sea dune in Vesterhavel, Jutland.

הדיונות החוליות מכסות את אזור החוף המערבי של יוטלנד, רצועת דיונות זו משתרעת לאורך 350 ק"מ ולעומק של 0.1—1 ק"מ מחוף הים. סה"כ מסתכם השטח ב־750,000 דונם.

כללית מבחינים בשני טיפוסי דיונות, לטיפוס הראשון שייכות הדיונות הקרובות מאוד לים והקרויות דיונות ים — (Sea dunes) (תמונה מספר 1) ; דיונות אלו נמצאות בתנועה ומיוצבות על ידי ידיד החולות (תמונה מספר 2).

הטיפוס השני מצוי רחוק יותר מהחוף וקרוי דיונות חומות (Brown dunes) דיונות



תמונה 2. ייצוב דיונות לצידי כביש ביוטלנד
Fig. 2. Dune fixation for road protection

אלו מיוצבות על ידי עצי יער שונים, אך ייצובן אינו מוחלט ומכאן חשיבותם הרבה של משברי רוח ושדרות מגן באזורים אלה.

תהליך ייצוב הדיונות ידוע לדנים מזה מאות בשנים. כך למשל ב־1539 הוטל איסור על עקירת צומח הדיונות וב־1792 ניקבע חוק שאסר את הרעיה באזורים אלה.

בחבלים שונים באזור החוף הוחל בתחילת המאה הקודמת, באופן אקטיבי ובמלוא התנופה, שלב השלמת מיבצע ייצוב הדיונות החוליות. השיטה שנינקטה אז והמשמשת אף היום, עקרונה ביצירת דיונה מלאכותית. דיונה זו משמשת כמשבר רוח ומתוך כך היא מקטינה סחיפת החול המצוי מאחוריה. בשלב ראשוני מיוצבות הדיונות על ידי עשבים שונים ובעיקר ע"י ידיד החולות (תמונת השער), בשלב מאוחר יותר ניתן אף ליער אותן.

ייצוב הדיונות הפנימיות יותר נעשה הן על ידי נטיעת משברי רוח ושדרות מגן והן על ידי זריעת אברש מצוי Calluna vulgaris דבר שמונע כליל סחיפת חולות בשטחים אלה.

לאחר שיוצבו שטחי דיונות באזורים שונים התרכזה עיקר הפעילות ביעורן.

חול הדיונה מורכב בעיקרו מגרגרים גדולים, דבר המתבטא בחוסר מבנה של הקרקע ובתכולת מים נמוכה ביותר. (מיספרם של גרגרים אלה הולך וקטן עם ההתרחקות מחוף הים). קרקע זו עניה במינרלים (ביחוד מורגש המחסור באשלגן, חנקן וזרחן) ודלה עד למאוד בחומר אורגני. ה־ pH בסיסי גבוה וערכו פוחת עם ההתרחקות מהחוף.

לכן, אפשרויות היעור עומדות בהתאם לריחוק החולות מהים ועומקם. כאשר שטחי הדיונות רדודים (1—2 מ׳) ושורשי צמחים, כמו אשוח ואשוחית, מסוגלים לחדור לשכבת הקרקע הפוריה, אזי הנטיעה המקומית — בנוסף ליעודה במניעת סחף ושימור הקרקע — עשויה להיות גם בעלת משמעות כלכלית.

התעוררה השאלה — אם ניתן לקבל גם שטחי יער על דיונות עמוקות. במקרה זה החול משמש כמצע לשורשים וכבסיס לקיומו של העץ. התשובה התקבלה לאחר בדיקות שנעשו ביער אורן ההרים (אורן מוגו) בן שמונים שנה. יערות אלה מכסים כ־90% משטח הדיונות המיוצבות. גובהו בעת המדידה הגיע ל־1—5 מ׳ בלבד. חומר הגלם שלהם דל מאוד. מכאן שעצים אלה השובים כמייצבים, אך אינם בעלי ערך כלכלי.

בשלב הראשון של היעור טרם הכירו הדנים את מיני העצים הרצויים והשתמשו בעת הנטיעות בשפע מינים, שהחשובים בהם הם: אורן מוגו, אורן ניגרה, אורן סילבסטריס, אשוח, אשור, אלון רובור ועוד.

מבחינת התפתחות מיני העצים הוברר ב־1925 כי ברובם אינם מתאימים לתנאי קרקעות דלות. מצליחים ביותר הם האורנים, מביניהם כעץ ראשוני בהסתגלותו נקבע אורן מוגו, וכמשניים — אורן סילבסטריס ואורן ניגרה. במיספר אזורים נקבעה הצלחה יחסית גם לנטיעות עצי האשוח והאשור.

הועלו שתי אפשרויות: א. להתחיל ליער במיני עצים אלה ובטיפוח מיוחד של האדם. ב. להמשיךביעור אינטנסיבי הרגיל של אורן מוגו. מבחינה כלכלית יערנית נקבעה האפשרות השניה ככדאית יותר. לכן מבכרים כיום את היעור האינטנסיבי הרגיל בדיונות על פני היעור המטופח ביתר השטחים, הדורש כוח אדם רב.

חברי אגודת היער

משתתפים באבלו של

משה קולר

על פטירת אמו ז״ל

# הדברת עשבים ובריאות היער*

בשנים האחרונות פותחו והוכנסו לשימוש תכשירים כימיים להדברת עשבים ועל ידי כך נעשתה השמדתם קלה, זולה, יעילה ופופולארית.

הצורך בהדברת העשבים הרעים מובן ומוצדק: נפיצותם בשדה מזרע גורם לירידה ביבול ומכביד על איסופו; הקוץ והדרדר בשדה הבור, צידי הכביש וסביב היער — מגדילים את סכנת השרפות; ועוד כהנה וכהנה אפשר להוסיף לצידוק הפעולות להשמדת העשבים ולדבקות מגדלי הצמחים בהרביצידים.

אך הלהיטות הרבה אחר החומרים החדשים (שבחלקם טרם עברו את מבחן הזמן), השימוש המופרז בהם והרצון להשמיד „כל עשב", מעלים זכרונות מהעבר הלא רחוק, עת החלו להופיע בשווקי העולם האינסקטיצידים הסינתטיים; תכשירים אלה סיפקו לכל דיכפין נשק נוח, זול ויעיל להשמדת החרקים המזיקים והשימוש בהם חדר כמעט לכל פנה בעולם, לכל שדה ואפשר אף להגיד לכל בית. והתוצאות לא אחרו לבוא: בעית המזיקים לא רק שלא נפתרה אלא אף החריפה; היא הכניסה את האדם למעגל הטיפולים הכימיים, ממנו לא היה מסוגל לצאת. כי הראשונים שנפגעו על ידי הרעלים היו האנטומופגים, אותם בע"ח (כמו צרעות טפיליות וחפושיות טורפות), שהחרקים המזיקים משמשים להם כמזון. השמדתם השאירה את האדם בודד במאבקו בחרק המזיק. רק לאחר שנים של פיזור הרעלים ביד רחבה, הבין האדם את משגהו והחל לפעול להחזרת המצב לקדמותו; הוא רשם לזכותו הצלחות רבות עת עלה בידו לגדל במעבדה צרעות טפיליות או חפושיות טורפות ולפזרם בשדה, אותו „הצליח" לפני שנים אחדות להפוך לשדה קטל לאותן הצרעות והחיפושיות.

השימוש הנרחב בהרביצידים ההולך ופושט לאחרונה בארץ, לפעמים ללא כל צורך, לעיתים ללא ידיעת טווח פעילותם ותכופות בריכוז הגבוה מהמותר ובמועד הלא נכון — זורע שוב הרס סביבנו; הפעם קם האדם להשחית צמחי בר הגדלים בשטח שליטתו. הוא מכלה עשב רע וזה שאינו רע, מבלי להעלות על הדעת, שגם ה„רע" אינו רע בלבד; ברבים מהעשבים הרעים מתפתחים חרקים המשמשים פונדקי בינים לאנטומופגים השונים ועל ידי כך מאפשרים את קיומם; רבים הם העשבים המזינים את הצרעות הטפיליות בספקם להן צוף ואבקת פרחים, המהווים את מזונן הכמעט בלעדי.

הצמחים המצטינים בכך נימנים בעיקר על משפחת הסוככים (כמו המינים השונים של הגזר), הדגנים (כמו צבורת ההרים), הקטניות, המרכבים ורבים אחרים. (יתכן וקרוב היום, בו ירשום האדם לזכותו הצלחות רבות, עת יעלה בידו לזרוע ולשתול עשבי בר סביב שדה ויער, בהם „הצליח" קודם לכן להכרית את הצמחיה הטבעית).

ביער מצויים מינים רבים של חרקים שבזכות אוכלוסיתם הדלה, אינם נחשבים כמזיקים. בדיקה מקרוב מגלה, שחרקים אלה מושמדים בהתמדה וביעילות על ידי החרקים האנטומופגים. כך למשל 2 מיני כנימות המגן שבאורן *Leucaspis pini* Hartig ו־ *L. pusilla* Loew. מטופלות לרוב בצרעות. יש יסוד סביר להנחה, שהופעת כנימות אלו באוכלוסיה גבוהה מן הרגיל ביערות האורן בגוש פרוד — מירון (איזור צפת) בא כתוצאה של שימוש מופרז בקוטלי עשבים, אשר הביאו כליה על הצרעות הטפילות ונזק ניכר ליער.

---

* מפרסומי מכון וולקני לחקר התקלאות, 1969, סידרה ה' מס' 866.

לשימוש הנמהר בקוטלי החרקים יש צד שלילי נוסף, דהיינו השמדת עצים בשגגה: אלפי ברושים, בכל הגילים בעיקר אלה ששימשו כמשברי־רוח בפרדסים, נקטלו לאחרונה לאחר הריסוסים ב־הייבר X. גם אורנים ועצים רבים אחרים נפגעים מחומר זה. מיני האורן והברוש סובלים גם מדלאפון. האורן הקנרי והברוש האריזוני רגישים לסימזין ואטרזין. תכשירי אמינוטריאזול פוגעים בכמה מעצי החורש (כמו האלה). הפגיעה בעץ גורמת להחלשתו ועלולה להביא להתקפת חרקים נוברים, אשר ריבוים פוגע בבריאות היער.

על מנת למנוע נזק חמור ליער משימוש נרחב בהרביצידים, יש לנקוט בעוד מועד, בצעדים הבאים:

א. לערוך מעקב ממושך אחר השפעת ההרביצידים השונים על העצים לפני התרת שימושם ביער.

ב. לחייב את החברות, משווקות ההרביצידים, לציין באופן ברור את רגישות העצים השונים לגבי התכשיר.

ג. להמנע, עד כמה שאפשר, משימוש בהרביצידים בתוך היער והחורש הטבעי ולהשאיר קטעים ללא ריסוס, כאשר השמדת העשבים במקומות אלה, או סביבם היא חיונית.

ד. להעמיק חקר בביוצנוזה של היער.

י. הלפרין, אנטומולוג, אילנות.

## תקון טעות

מחקרים דנדרוכרונולוגיים בישראל: 1. אלון התולע אזור הר מירון
(ליערן, כרך 17, עמ׳ 91—78)

לאחרונה, התברר לנו כי כתוצאה מחוסר הבנה מצער נשלחו אלינו לבדיקה לצורך מחקר זה גזעי עצים של אלון מצוי ולא של אלון התולע. התוצאות והמסקנות של מחקר זה נכונות, איפוא, לגבי האלון המצוי. הקורא מתבקש, על־כן, להחליף בכל מקום בו הוא מופיע את השם „אלון התולע" בשם „אלון מצוי".

בקטע המבוא מתבקש הקורא להחליף את תאור אלון התולע בקטע הבא:

„האלון המצוי *Quercus calliprinos* Webb. הוא אחד משלושת מיני האלונים הגדלים בר בישראל. העץ מהווה מרכיב ראשי של החורש הים־תיכוני ותוואי תפוצתו בארץ כולל את מרבית אזור ההר מסביבות דביר—להב צפונה. תחומי תפוצתו בעולם כוללים את ארצות מזרח הים התיכון".

מכיון שאנליזה של שלושה גדמי אלון התולע מאותו בית גידול מראה על התנהגות דומה לזו של עצי האלון המצוי, יש להניח שמסקנותינו נכונות גם לגבי האלון המצוי וגם לגבי אלון התולע.

נילי ליפשיץ
יואב ויזל

# היער נכס האומה – האש מְכַלה בו.

## המנע מדליקות!

א. אל תבעיר מדורות ביער

ב. אל תשרוף קוצים בקרבת היער

ג. אל תעשן ביער

ד. אל תשליך גפרור בוער ביער

ה. אל תתאמן בנשק חם בתוך היער

## בפרוץ דליקה – מהר לכבותה:

א. בענפים ירוקים

ב. בשקים רטובים

ג. בעפר או בחול

ד. הזעק את אנשי הסביבה לעזרה

ה. הודיע מיד למשטרה, למכבי־אש ולצבא.

Although planting of forests is carried out all over the country, most of the afforested areas are in Jutland where afforestation is done on fixed dunes. Initial stabilization is achieved by various grasses, mainly *Ammophila arenaria*. At a later stage trees are planted. The main species is *Pinus mugho* which covers about 90% of the area of the fixed dunes.

## Erratum

### DENDROCHRONOLOGICAL STUDIES IN ISRAEL: I. QUERCUS BOISSIERI OF MT. MERON

The following letter was received from the Authors of this paper which appeared in *La-Yaaran 17* : 111-115, 1967 :

"Because of an unfortunate misunderstanding, stems of *Quercus calliprinos* Webb. in place of *Q. boissieri* Reut. were received for investigation. The results and conclusions of our paper apply, therefore, to *Q. calliprinos*. The name *Q. calliprinos* should therefore be substituted to that of *Q. boissieri* wherever this name appears in our paper.

The following paragraph (page 115, para. 2) should read as follows :

'*Quercus calliprinos* Webb. is one of the three species of oak native to Israel. It is one of the main constituents of the Mediterranean maquis. Its distribution in Israel extends from the Judean mountains and the Devir-Lahav region in the south to Upper Galilee in the north.'

Since the analysis of three stems of *Q. boissieri* growing in the same habitat on Mt. Meron shows a similar behaviour to that of *Q. calliprinos* there is reason to assume that our conclusions apply to both species of oak.'

N. Liphschitz
Y. Waisel

The Israel Forestry Association

*extends sincere condolences to*

**Moshe Kolar**

on the death of his mother

**BIANCA KOLAR ז"ל**

(Figure 3). Tricotyly is of very rare occurrence (R. Karschon, unpublished).

*(f) Effective reproduction.* Although cuttings can be rooted in the nursery, effective reproduction in nature is believed to be mostly from seed.

IX. *(a) Animal feeders or parasites.* Insects associated with *H. persicum* include :

*Acanthopulvinaria discoidalis* *Steraspis speciosus*

*Capnodis excisa* ssp. *alphieri* *Platyproctus agraphopteron*

*Crossotus arabicus*

Insects causing two types of galls on vegetative twigs and the above noted flower galls were not yet identified (J. Halperin, unpublished).

*(b) Plant parasites.* No information.

*(c) Diseases.* No information.

X. *History.* The first record of *H. persicum* from Palestine is by Aaronsohn (12) who collected it in the Dead Sea region. Its distribution in Wadi Araba (under the name 'grather') was mapped by Major Buller (4). Zohary (13) identified the 'ghada' tree of Near Eastern deserts as *H. persicum* and drew attention to the fact that Hart and subsequent travellers failed to note its occurrence in Wadi Araba.

*H. persicum* is believed by some to have provided the fuel for King Solomon's copper smelters at Ezion Geber (2). Although the species could be useful — and was much used in the past — for forage, as fuelwood and for the manufacture of charcoal, present economic conditions do not warrant its use. In the early fifties, attempts by the Forest Department, Ministry of Agriculture, and others to extend its area and increase its density in Wadi Araba resulted in complete failure.

## FORESTS AND SAND DUNES IN DENMARK

By *Y. ZOHAR,*

Forestry Division, The Volcani Institute of Agricultural Research, Ilanot.

This account is the outcome of the FAO Seminar on Heathland and Sand Dune Sylviculture which took place in June - July 1968 in Denmark. This country was selected for the seminar because of the opportunity to demonstrate all techniques of sand dune fixation based upon an experience of some 200 years.

nursery conditions is possible. Seed setting occurs every year, but no observations are available on seedling production under natural conditions.

*(d) Chromosomes.* No information.

*(e) Physiological data.* In Wadi Araba, the transpiration rate on a fresh weight base varied from 84 mg/g/h in January to 694 mg/g/h in June ; the osmotic pressure of the cell sap varied from 30 atm in March to 56 atm in January. All the leading plants of the *Haloxyletum persici* were found to belong to the same hydro-economic type (17).

In laboratory trials on sand, seed germination was 90% when the sodium chloride content of the medium was up to 0.3%. At a NaCl concentration of 1.8%, germination dropped to 2.5% ; at higher salinities, no seed germination took place (R. Karschon, unpublished).

VII. *Phenology.* Available evidence points to the fact that flowering occurs in two separate seasons — spring and autumn. At the end of the spring, only flower galls are found on the reproductive branchlets ; no seed setting occurs. Seed setting from the second flowering is most abundant ; seed maturation takes place in November-December. This behaviour of *H. persicum* is similar to that of *H. ammodendron* Bge. at Tashkent where flowering takes place in April and in mid-August[1].

VIII. *(a) Floral biology.* No information.

*(b) Hybrids.* No information.

*(c) Seed production and dispersal.* The seed is round, horizontal, brownish-black with five membranous, shining, grey wings developed from the perianth. The spirally coiled embryo in the resin-impregnated seed coat is dark green (Figure 2). The 1,000-seed weight averages 3.5 g. Seed dispersal by the wind occurs in December.

*(d) Viability of seeds ; germination.* Freshly collected seeds remain viable for 3-4 months. Laboratory germination at room temperature on filter paper or sand starts after 2-4 days and averages 53% ; nursery germination reaches on the average 26%. Germination and seedling production in the nursery are highest when sowing is done in receptacles filled with pure sand and when the seeds are lightly covered (about 2-3 mm) with pure sand. During cold weather and strong rains, covering of the seedbeds with polythene sheets promotes germination and initial growth. Both in the laboratory and in the nursery, one watering is sufficient to obtain germination (9).

*(e) Seedling morphology.* Germination is epigeal. After the fixation of the radicle the light pink hypocotyl starts to grow upwards ; the linear, light green cotyledons of unequal length expand and force off the seed coat. The plumule develops and gives rise to the linear first leaves

[1] Bochantseva, Z. P. (1944) [An investigation into the biology of flowering and the embryology of *Haloxylon ammodendron* Bge.] *Bot. Zh. SSSR* 29 : 36-47.

*(b) Performance in various habitats.* In Wadi Araba *H. persicum* is usually a shrub of 1-2 m height. Taller plants are rare and low trees of more than 3 m height (2) are certainly exceptional. The species is highly resistant to oversanding and in some cases, separate shrubs may actually be parts of the crown of a large plant covered by sand (3).

*(c) Effect of frost, drought, etc. H. persicum* is possibly represented here by an ecotype requiring relatively high temperatures and low humidities of the air ; attempts to grow it in northern Israel failed. Although the extensive root system probably enables the plant to survive with but little edaphic moisture, there are incidences of mass mortality over large areas when for one or more years the depressions failed to carry run-off or when the course of the run-off flow changes and its flow in older depressions is discontinued.

VI. *(a) Morphology. H. persicum* has a very dense, horizontally spreading network of adventive roots at 10-80 cm depth which is active only when the sand is moist (2) ; no data are available on the depth reached by the roots and their mode of branching. The ratio cortex to radius of the root is 0.797 (6).

The shoots are cylindrical, articulate, evergreen, succulent at the joints ; the leaves are minute or rudimentary. Part of the green 'skin' of last year's growth dries and then splits into rings and sheds ; part of last year's twigs also break and fall off ('articulate branch splitter and shedder') (15). The young twigs break up very easily into single internodes because of the meristematic nature and the small diameter of the bases ; the shedding of photosynthetizing cortex results from the activity of the periderm formed in the phloem parenchyma which takes over the protection of the vascular tissue (6).

The epidermis of the green shoots is biseriate. The stomata are sunken, with the subsidiary cells producing an almost rectangular cavity opening ; there are 412 stomata per mm$^2$ and the guard cells are 14.6 $\mu$ long and 6.8 $\mu$ wide. Immediately below the epidermis there is a one-layered hypodermis followed by two layers of cells containing chloroplasts — palisade cells and more or less cubical cells. A thick water-storing parenchyma occurs between these tissues and the compact vascular cylinder (7).

*(b) Mycorrhiza.* No information.

*(c) Perennation ; reproduction. H. persicum* is a spartoid macrophanerophyte. After shedding of the rudimentary leaves, assimilation is carried on by the green twigs. No data are available on the longevity of individual plants, but reported ages of 1,000 years and more (2, 3) are certainly gross overestimates (there are no annual rings in this and other members of the Chenopodiaceae). No evidence was observed in the field of vegetative reproduction, though reproduction from cuttings under

*(b) Substratum*. Except for local accumulations of sand of sufficient depth in wadi beds *H. persicum* is confined to the deep sands derived from the weathering of so-called Nubian sandstone of mostly Lower Cretaceous age. Sand in deserts is generally known to be the most favourable plant habitat because of the ready infiltration of all of the scarce rainfall, the absence of run-off and the low moisture losses by evaporation due to the course texture of the sand. However, as noted above, the notion is to be dismissed that *H. persicum* thrives solely on incident rainfall ; on the other hand, there is no evidence that its roots reach down to the water table, if any. Thus, growth of *H. persicum* is possible only where sand of sufficient depth occurs in locations where direct incident rainfall is supplemented by run-off from large catchments.

Only limited data are available on the composition of sands supporting the *Haloxyletum persici*. In one profile of 120 cm depth, total soluble salts were from 0.08% to 0.17% and chlorides from 0.004% to 0.078% (17), though the total soluble salt content may be higher (14). Available evidence also points to the effect of the microrelief upon the salinity of the sand (10) ; thus, leaching of soluble salts may, in addition to moisture, be responsible for the contracted mode of occurrence of *H. persicum* along depressions and drainage channels in sand. Only in the Ghor the species grows on saline soil. In Wadi Ithm (Edom), between Quweira and Aqaba, it occurs on granite sands (8).

III. *Communities*. *H. persicum* is together with *Calligonum comosum* L'Hér. (11) the leading plant of the *Haloxyletum persici* belonging to the class *Haloxylotea salicornici*. The association also contains characteristic species of the *Retametea, Suaedetea, Anabasidetea* and *Acacietea* as well as numerous 'desert wides'. The floristic composition based upon 11 records in Wadi Araba (17) is as follows (only species with percentages of presence above 50 are listed heree) :

| | |
|---|---|
| *Haloxylon persicum* Bge. | *Salsola inermis* Forsk. |
| *Calligonum comosum* L'Hér. | *Plantago cylindrica* Forsk. |
| *Eremobium lineare* (Del.) Asch. et Schw. | *Asphodelus tenuifolius* Cav. |

IV. *Response to biotic factors*. Reproduction from seed is doubtlessly restricted by grazing. Older plants appear to recover well from damage by grazing, lopping or cutting.

V. *(a) Gregariousness*. In the *Haloxyletum persici* plants of various sizes and ages usually form linear populations along shallow depressions and wadis draining the run-off from the mountains. Uneven-aged open stands recalling the 'saxaul forests' of Central Asia sometimes occur on sandy detrital fans. In other plant associations *H. persicum* occurs usually single.

The general distribution of *H. persicum* is discontinuous and extends from Wadi Araba, its westernmost occurrence, to Central Asia ; it includes the Syrian desert (Edom), the Arabian peninsula (Nefud), Iraq, Iran and the Aralo-Caspian deserts of the U.S.S.R.

II. *Habitat. (a) Climatic and topographic limitations. H. persicum* is confined here to the hottest part of the Saharo-Arabian phytogeographical territory characterized by many Sudanian penetrations. Throughout its range, mean annual rainfall is everywhere less than 100 mm with very irregular distribution in both time and space ; very high summer temperatures, relatively mild winter temperatures, low humidities and high evaporation are characteristic. Climatological data for the area under review are given in Table 1.

*Table* 1
*Climatological Data*

| | Sedom<br>31° 02′ lat. N<br>35° 22′ long. E<br>alt. —380m | Eilat<br>29° 33′ lat. N<br>34° 57′ long. E<br>alt. 5 m |
|---|---|---|
| Mean maximum temperature of the hottest month (°C) | 40.5 | 40.2 |
| Mean minimum temperature of the coldest month (°C) | 10.9 | 10.1 |
| Mean relative humidity (%) | 44 | 39 |
| Mean annual rainfall (mm) | 51 | 30 |
| Continentality (%) | 38.3 | 43.0 |
| Emberger's 'quotient pluviothermique' ($Q_2$) | 5.8 | 3.3 |
| Thornthwaite's moisture index | . . . | —58.6 |

Microclimatic measurement in a typical stand of *Haloxyletum persici* in Wadi Araba showed daily maxima from 20 °C in January to 40 °C in August and hourly means of daily evaporation (by Piche) from 0.3 mm to 0.5 mm (17).

Since direct rainfall is too low and too irregular to support a perennial vegetation, it is obvious that actual occurrences of *H. persicum* owe their existence to the interaction of topographic and soil factors. Aerial photographs clearly show that the species does not form a diffuse cover on sand fields and dunes, but occurs only along shallow sandy depressions and channels carrying the run-off from the mountains receiving 100-150 mm mean annual rainfall, most of which flows off because of the rugged topography and low infiltration capacity of the soil (10). Only on sandy alluvial fans close to the foothills of high mountains does *H. persicum* form a diffuse cover.

# CONTRIBUTIONS TO THE ARBOREAL FLORA OF ISRAEL: HALOXYLON PERSICUM BGE.*

By *R. KARSCHON*,

Forestry Division, The Volcani Institute of Agricultural Research, Ilanot.

*Dedicated to the memory of Mrs. Bianca Kolar,* ז"ל.

*Haloxylon persicum* Bge. Tall shrub or low tree up to 2-5m high. Stems thickened at the base, numerous, much branched; young branches slender, pale green. Leaves 0.5-1.5 mm, scalariform, short triangular, acute to cuspidate at apex, connate into cup. Minute flowers on short, slender, spike-like branchlets; stamens exserted; staminodes membranous, ovate, exceeding ovary; stigmas 5, sessile. Fruit 0.7-0.9 cm in diameter, including five 3-4 mm long, entire to crenulate wings.

Var. *idumaeum* Zoh. Leaves almost acute, very short cuspidate; wings almost entire at margin.

Var. *maris-mortui* Zoh. Leaves as above; wings with more or less crenulate margins.

Wood with very small pores, solitary or in clusters. Vessels with simple perforations; pits alternate, small. Conjunctive parenchyma in concentric layers. Rays sporadic, not continuous, heterogenous, cells square; 1-3 cells wide, less than 25 cells high. Fibres with small pits. Included phloem of the 'concentric' type (5).

Vernacular names: white saxaul; saxaul belyi (Russian); prakrak parsi (Hebrew); ghada (Arabic).

*H. persicum* is the only representative of the genus in Israel. Other species formerly included in the genus are now attributed to the genus *Hammada* Iljin; they differ from the former by having not-spartoid branches and glandular staminodes.

I. *Geographical and altitudinal distribution. H. persicum* is an Irano-Turanian species extending into adjacent Saharo-Arabian territories. In Wadi Araba, the southern continuation of the Jordan Rift valley extending from the Dead Sea to the Gulf of Eilat (Aqaba), it is widespread on sand fields and dunes and in sandy wadis such as Wadi Jeib. It occurs sporadically in wadi beds of the foothills and mountains bordering Wadi Araba to the west. Its northernmost occurrences are at Ghor es Safieh on the Dead Sea shore (12) and in Wadi Quseib (1). The altitudinal range is from 380 m below sea level at the Dead Sea to about 1,400 m above sea level in Edom (Figure 1).

*Contribution from The Volcani Institute of Agricultural Research, Bet Dagan, 1969 Series, No. E-852.

Still better results were obtained after dehydration above $CaCl_2$ at 30°C *in vacuo*. With Aleppo pine seeds where the effect was more pronounced than with the brutia pine, 5h of vacuum dehydration improved the final germination percentage from 81 to 96%. A higher proportion of normal, healthy seedlings resulted from this treatment ; their roots showed more ramifications than the controls.

7. *Metabolic effects of dehydration* (Kessler, 4). Early increase of respiration in response to dehydration was more pronounced in Monterey than in Aleppo pine needles, where a peak was reached only at a water saturation deficit of 40 instead of 22.5%. A change of the RQ indicating abnormal conditions set in abruptly above a WSD of 30% in the former, but slowly at 45% in the latter species.

Investigating bark tissues and roots, Kessler found an early breakdown of water soluble proteins, but pronounced stability in Stone and Aleppo pines. Amino-acids originating from destruction of protoplasmatic proteins were liberated upon leaching by Monterey pine bark at a WSD of 20%, by that of Aleppo and Stone pines only at 40-50%. *P. radiata* released 14, *P. halepensis* — 7, and *P. pinea* — only 4 amino-acids. In the drought-sensitive species, desamination of such acids was established. Amino-acids liberated by roots possibly might reach toxic levels in dry soils and therefore appear interesting as indication of damage.

Total RNA increased in *P. halepensis* until a water deficit of 35% was attained ; this recalled results with total protein. No such increase took place in *P. radiata* which lost much *nuclear* RNA upon dehydration. The enzyme considered as synthesizing RNA in the ribosomes — the centres of protein synthesis in the protoplasm — is the ribosomal RNA-ase. Its activity was found considerably more stimulated by slight dehydration in Aleppo pine than in Monterey pine needles. In contrast, the soluble cytoplasmatic RNA-ase that *breaks down* cytoplasmatic RNA, was found less active in this early stage of dehydration which continued to 30% WSD, than in water saturated needles ; the depression of its destructive activity was stronger in Aleppo pine than in Monterey pine.

The chlorophyll content of the dark-green Monterey pine needles was higher at saturation than that of the light green Aleppo pine needles. Its formation was stimulated by slight dehydration much more in the latter species. Above a loss of 30% of the saturation water, chlorophyll *destruction* prevailed. It was much more pronounced in the drought-sensitive Monterey pine.

All these investigations on the effects of dehydration on metabolic processes lead to the conclusion that the drought-resistant Mediterranean species continue their synthetic activities and avoid katabolic harmful processes at low levels of dehydration better than the drought-sensitive Monterey pine. Their metabolism is characterised by a greater stability.

3. *Drought resistance of seedlings.* Potted seedlings grown in an open nursery differed specifically in drought resistance, as became apparent after a dry spell (Table 3). Mortality of indigenous or well-acclimatized species was 0-15% while most American species, such as Coulter's pine and Western Yellow pine and especially the thuya from the Rockies, suffered more in agreement with their poor development (cf. last column).

When the seedlings were 1½-year-old, they were droughted to death in an illuminated chamber kept at 21% rel. humidity and 37°C. They survived for as much as 2 to 7 weeks. Results with three pine species are summarized in Table 4. Drought resistance can best be judged from the specifically varying use of soil moisture discussed above, while time of survival depended also on size of tops and abundance of roots. The table shows for one and the same species a longer survival of seedlings kept under a regime of rare irrigation during their cultivation, than of others irrigated regularly. However, such infrequent irrigation proved harmful to Monterey and Stone pine by stunting or weakening their roots, as demonstrated by their lesser capacity to extract moisture from drying soil. A spray with a transpiration suppressant prolonged life mainly in the stomatal stage, but improved the decisive use of little available soil moisture considerably only with the weakly cutinized Monterey pine.

Figure 1 shows that decline of water consumption with decreasing soil moisture sets in early in *P. radiata,* followed in order by *P. pinea* and *P. halepensis*. The decline coincides with complete stomatal closure which occurred respectively at 26, 20 and 17-18% soil moisture.

4. *Water transfer from shoot to root.* When bare-rooted Aleppo and Monterey pine seedlings were severed at the root crown and both components exposed to desiccation, the needles were found to lose less water than those of intact control seedlings. The conclusion that the difference derives from water transfer in intact seedlings from tops to roots losing more water in dry surroundings, is corroborated by tetrazolium tests of viability of both needles and roots (Table 2). It is of considerable sylvicultural interest.

5. *Foliage reduction.* The water balance of pines is regulated by shedding of old needles which reaches high proportions on dry sites where often hardly two flushes survive the dry season. In young brutia pines producing three flushes per season, the earliest one may even be shed in the same season. Loss of the needles immediately below the apical bud was often tantamount with the death of the shoot.

6. *Influence of heat and dehydration on germination of pine seeds.* Heating of Aleppo and brutia pine seeds to 60-70°C, imitating the influence of crown fires, improved the speed and percentage of germination.

seedlings was under normal irrigation 302 cm, under scanty water supply — 136 cm and after exposure to heavy drought — 60 cm, demonstrating the result of suppressed growth and stunting.

Closure of root tips by metacutization starts in Aleppo pine when soil moisture stress reaches 6 atm. Exposure to drought considerably raises the osmotic pressure of the roots. In Aleppo pine it reached, in one forest, 37 atm. If the roots survive the concomitant drop of water content per dry weight which became critical at 65%, the higher suction potential enables them to extract water unavailable to herbs. Table 4 shows this phenomenon for a soil with a conventional permanent wilting percentage of 21% and the decreasing specific efficiency of soil moisture use by *P. halepensis, P. pinea* and *P. radiata* (see also Figure 1).

While Aleppo pine is able to extract water from soft or weathered rocks, the roots of *P. brutia* are unable to penetrate hard mineral crusts. The species depends upon earth-filled pockets and fissures if it is planted above rock on shallow soils. The difference is decisive in drought resistance and development of both species.

2. *Restriction of transpiration.* When isolated needle fascicles of pines and branchlets of cypresses or thuyas were exposed to desiccation in the laboratory, they remained fresh-looking for several days. They dried out the later, the more the species is known as drought resistant. Fascicles of Aleppo pine kept fresh longer than those of Stone pine *(P. pinea)* and the latter, longer than those of Monterey pine *(P. radiata).* The number of stomata was only 25-30 in Aleppo pine, 35 in Stone pine and 60-80 in Monterey pine. The thickness of the needle cuticle decreased in the same order (Table 1) showing also the influence of ageing on the former. The branchlets of the smooth-barked Arizona cypress *(C. glabra)* kept fresh longer than those of *C. sempervirens* while those of the not-drought-resistant *Thuja occidentalis* var. *mastersii* which grows in moist localities of the Rocky Mts., dried out easily. Branchlets of the Asian Thuja *(Biota orientalis)* proved extremely resistant by surviving more than a week under hot summer conditions.

The fresh green appearance, in contrast to hay colour, is however misleading. Conifer needles and shoots look fresh when they have lost as much as 60-80% of their saturation water content since the peripheric tissues survive till this stage. Inner tender tissues die in the investigated pine species when about one third (in the analogous branchlets of the Cupressoids — one half) of the so-defined water content has evaporated. This was shown by vital staining and plasmolysis and by the capacity of drought-exposed shoots to recover their full original weight when put in water in a moist chamber. Drought tolerance of tissues varies but little in related species ; it seems to be a generic property.

# LA-YAARAN

THE JOURNAL OF THE ISRAEL FORESTRY ASSOCIATION

Vol. 19, No. 1 March 1969


## PROPERTIES EXPLAINING THE SURVIVAL OF CONIFERS IN SEMI-ARID CLIMATES


By Prof. *H. R. Oppenheimer,*

Department of Plant Physiology, Faculty of Agriculture of the Hebrew University, Rehovot, Israel


*(Dedicated to the memory of Uriyah Feldmann, educator and explorer of the plants of Israel, on the 10th anniversary of his death)*

### A. *Introduction*

The drought resistance of pines, cypresses and thuyas, mainly from Mediterranean countries and from the arid West of the U.S.A., has been investigated by a team of plant physiologists, anatomists, biochemists and foresters since 1961, with emphasis on root and leaf properties. The present article written by the project leader, summarizes results of his own work (9-12) and that of his colleagues : Dr. B. Kessler (4), Dr. B. Leshem (2 ; 5), Mrs. Adiva Ilan (3 ; 13) and Mr. D. Heth (1). A grant of the U.S. Forest Service* helped essentially towards the realization of the project. Background and research methods are described in the Hebrew text.

### B. *Results*

1. *Root properties*. A survey of root growth of the Aleppo pine (1′ below the forest floor) showed that growing root tips were abundant in the rainy season (XI-III), but very scarce in the dry summer (IV-X) when they became suberized. Suberization, however, proved unable to prevent considerable water loss and death of fine roots in dry surroundings jeopardizing water absorption, while conduction was very much reduced by air penetration into the tracheids of the apical zones. Rainfall in autumn or irrigation in summer are followed by ready formation of new rootlets from the surviving portions of the root system. These were found more extensive in some resistant species *(Pinus halepensis, Cupr. sempervirens, Thuja [Biota] orientalis,* than in others *(P. brutia, P. pinea, P. radiata, C. glabra)*. Total root length of one-year-old *P. brutia*

*Research Project No. A10-FS7.

The *Israel Forestry Association* was founded in 1945. The objects of the Association are to advance the development of forestry in Israel, to form a centre for all those engaged in forestry, and to foster public interest in forestry and in the importance of forests. The Association holds regular meetings and symposia and organizes excursions to areas of professional interest. Membership is open to all who are interested in forestry and wish to receive the publications of the Association.

The Association's journal, called *La-Yaaran* (For the Forester), is published quarterly. It provides a medium for the exchange of information on forestry in all its aspects, and its contents include technical and descriptive articles on forestry practice and research, with special emphasis on forestry in Israel and the Middle East and in semi-arid and arid areas. Contributions are invited from members and others resident either in Israel or abroad. All editorial and business matters should be forwarded to the Editor, Israel Forestry Association, Ilanot, Doar Na, Lev Hasharon. The Association does not hold itself responsible for statements or views expressed by authors of papers.

## RECENT PUBLICATIONS

*Available on request from the Forestry Division, The Volcani Institute of Agricultural Research, Ilanot, D. N. Lev Hasharon* :

Leaflet No. 31 : References on forestry and forest products — 1967.

Leaflet No. 32 : El Hamma.

Leaflet No. 33 : Distribution of *Thaumetopoea wilkinsoni* Tams in Samaria and Judea.

Leaflet No. 34 : Leaf surface temperature in *Calotropis procera* (Willd.) R. Br.

Leaflet No. 35 : References on forestry and forest products — 1968.

נדפס בדפוס קואופ' „אחוה" בע"מ, ירושלים

ISRAEL FORESTRY ASSOCIATION

# LA-YAARAN

WORLD-LIST ABBREVIATION : *La-Yaaran*

Vol. 19, No. 1

March 1969

CONTENTS



* Page numbers refer to the Hebrew text.

Price : 1 IL.