

חילוף מים המסומנים בטריטיום בשתילי קלמונדין

א. מנטל*, א. גולדשמידט, ש. מונסליזה, המחלקה לבוסתנאות, הפקולטה לחקלאות, רחובות

צמיחה (26 מ"צ, 55% לחות יחסית, 14 שעות אור-פלאורוסצנטי, ועוצמת אור של $450 \mu\text{Em}^{-2}\text{S}^{-1}$ בגובה הצמחים), והוחזקו במיכלים פלסטיים של 2 ליטר המכילים תמיסת מזון מאווררת. המעקב אחר תנועת המים בצמח נעשה ע"י הוספת מים המסומנים בטריטיום לתמיסה (בערך 0.1 מיקרוקירי למ"ל). חלקי הצמח המודגמים הוכנסו למבחנות זכוכית קטנות, הוקפאו מיד בחנקן נוזלי ונמדדה הרדיואקטיביות של מי הרקמה במונה נצנץ נוזלי, אחרי מיצויים על-ידי זיקוק תוך כדי יבוש בהקפאה במערכת ווקום גבוה. ערכי הרדיואקטיביות מבוטאים ביחס לרדיואקטיביות של תמיסת המזון המסומנת.

חילוף מים בצמחים שהועברו מתמיסה מסומנת לתמיסה ללא סימון. צמח הוחזק 3 ימים בתמיסה מסומנת ואחר כך הועבר לתמיסה בלי סימון ל-5 ימים נוספים. מדי פעם נדגמו עלים (בהפרדת הטרף מן העורק הראשי), פירות בוגרים ופירות צעירים בלתי מפותחים. הפרי הבוגר חלק לעוקץ, קליפה וציפה. הקוטר הממוצע של הפרי הבוגר והצעיר היו 21.0 מ"מ ו-5.5 מ"מ בהתאמה.

השפעת דיות מוגברת של הפרי. כדי להגביר דיות הפרי ועל-ידי כך גם חילוף המים בתוכו, נסגרו פירות בשקיות פתיליות שקוף שזרכן הוזרם אויר מיובש. פירות אלו הוששו לפירות שלא כוסו באותו צמח. חלקי צמח שונים נדגמו לאנליזה 24 שעות אחרי הכנסת הצמח לתמיסת מזון מסומנת.

רדיואקטיביות הרקמה ומי הדיות של צמח באויר יבש. 3 ימים הוחזק צמח בתא זכוכית בנפח 7.5 ליטר, בחדר הצמיחה הנ"ל, כאשר השורשים טבולים בתמיסת מזון מסומנת ומאווררת. אויר מיובש הוזרם דרך התא בקצב 12 ליטר לדקה. בסוף כל יום הורד פרי אחד וקטע הגבעול מתחת לפרי לאנליזה. העלים נדגמו לפחות

בתהליך הדיות מאבד הצמח כמות מים ניכרת, קצב העברת המים מהשורשים לאטמוספירה תלוי בסוג הצמח. מהירות זרימת המים בעצה בצמחים עשביים הינה בתחום 1-6 מטר בשעה או פחות ואילו בעצים מסויימים עד כ-50 מטר בשעה. בהדר נמוך יחסית קצב עליית המים והוא מגיע לכ-0.8 מ' בשעה בעץ מבוגר, בצהרי יום קיץ. תוך כדי תנועה זו מתחלפים המים הנמצאים באבר מסוים באופן מתמיד במים אחרים הנקלטים בשורשים. קצב החילוף תלוי בגורמים רבים, ביניהם מבנה האבר ומיקומו בצמח ותנאי הסביבה. מידע על משך הזמן בו נשארים המים ברקמה מסויימת או על הקצב בו הם מתחלפים, עלול לעזור בהבנת הדינמיקה של התחרות למים בין העלים המאיידים לבין הרקמות הרפרודוקטיביות.

מחקרים קצרי-מועד של תנועת מים בעצים גדולים נושאי פרי קשים ובלתי נוחים לביצוע כתנאים מבוקרים. לכן הרכיבו חוקרים שונים פירות על שתילים קטנים כדי ליצור "מודלים" של עצים בוגרים. אנשים אחרים השתמשו בשיטות שונות כדי להביא יחורים מושרשים של זני הדר שונים לפריחה ולחנטת פירות. הקלמונדין הוא צמח הדר אשר שימש בעבר במידה מועטת למחקרים ביחסי צמח/מים. ניתן לגדלו בעציץ, הוא פורח תקופה ארוכה ומייצר פירות קטנים הנשארים על השתיל זמן ממושך. מאחר והוא מכיל בזעיר-אנפין את כל האברים הנמצאים בעץ בוגר הוא מתאים ביותר למחקרים ביחסי צמח/מים.

מטרת העבודה המתוארת כאן הייתה לבדוק חילוף המים היחסי באברים וגטטיביים ורפרודוקטיביים בשתילי קלמונדין בהשפעת תנאי סביבה שונים.

שיטות וחומרים

הצמחים היו בגיל 3 ובגובה 40 ס"מ ונשאו פירות בשלבי התפתחות שונים. הניסויים בוצעו בחדר

* מרכז וולקני, המכון לקרקע ומים.

פעמיים ביום. מי הדיות נאספו על-ידי הקפאת האויר שיצא מהתא בחנקן נוזלי, משך שעה לפני כל דיגום של חומר צמחי.

השפעת הסרת העלים על חילוף המים בפרי. צמח הוכנס לתמיסת מזון מסומנת אחרי הסרת כל העלים ממחצית הענפים הנושאים פרי. פירות מענפים עם ובלי עלים נדגמו לאנליזה מספר פעמים משך 4 ימים, החל מיום אחד אחרי התחלת הניסוי. הקוטר הממוצע של הפירות היה 16 מ"מ.

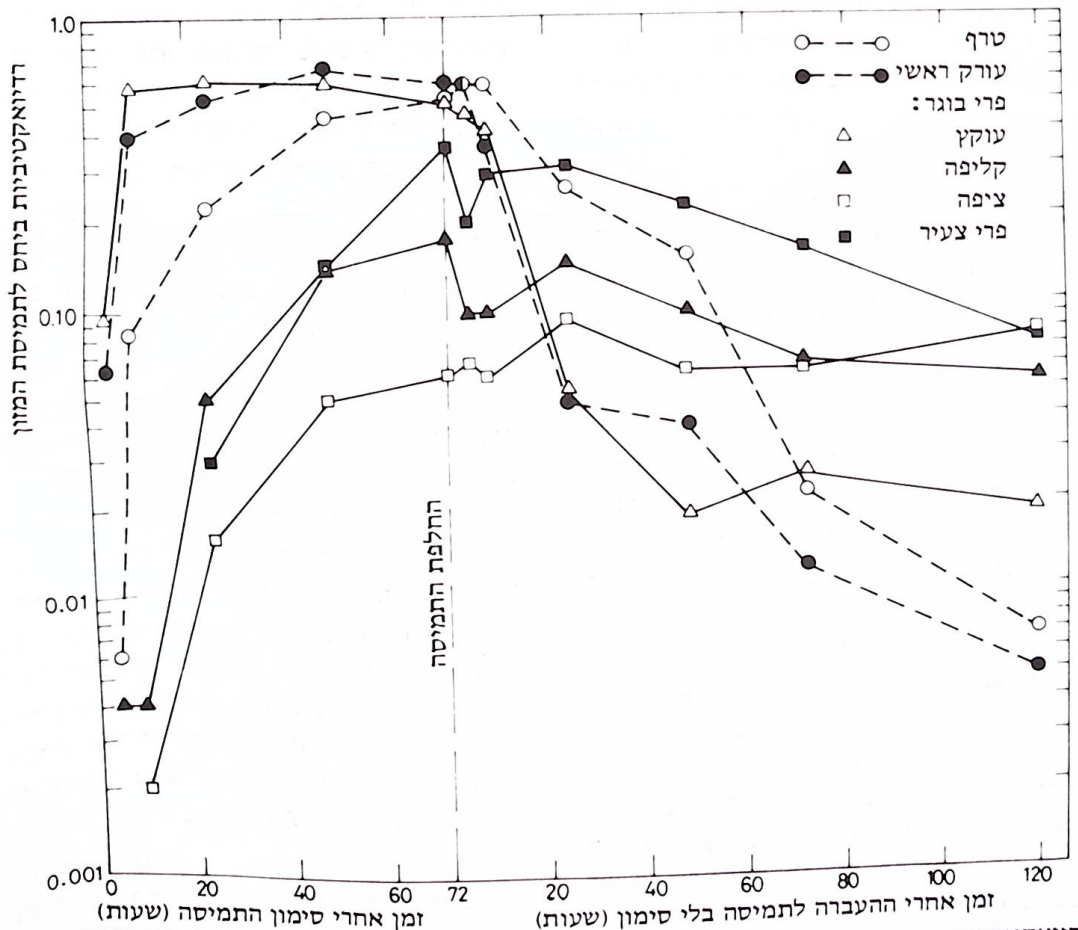
תוצאות

אחרי 3 ימים בתמיסה מסומנת היתה הרדיואקטיביות של המים בעלים ובעוקץ הפרי 50%–60% מזו שבתמיסה, בעוד שבפירות הבוגרים והצעירים חילוף המים היה הרבה יותר איטי והרדיואקטיביות היחסית היתה נמוכה במידה

ניכרת (ציור 1). לאחר ההעברה לתמיסה בלי סימון היתה דעיכה מהירה ברדיואקטיביות של העלים בעלים ובעוקץ הפרי. הירידה היתה מהירה יותר בעורק העלה מאשר בטרף. משך חמשת הימים היתה ירידה קטנה ברדיואקטיביות בפרי הצעיר שינוי קטן בלבד בקליפה וכמעט ולא חל חילוף מים בציפה, גם כעבור 120 שעות מההעברה לתמיסה בלי טריטיום.

חילוף המים הוגבר במידה מסוימת בקליפה של פירות הסגורים בשקיות פלסטיק שדרך זרם אוויר מיובש, אבל לא היה גידול משמעותי ברדיואקטיביות בציפה ובזרעים בהשוואה לפרי הגלוי (טבלה 1). הרדיואקטיביות היחסית בפרי אחרי 24 שעות היתה פחותה מ-10%, בעורק העלה מעל 80% ובגבעול הגיעה לשיווי משקל של 50% התמיסה.

כאשר צמח הוחזק בתא שדרכו זרם אוויר מיובש



1. רדיואקטיביות המים באברים שונים בשתיל קלמונדין שהוחזק בתמיסת מזון מסומנת והועבר לתמיסה בלי סימון. (האקטיביות הספציפית של תמיסת המזון: 228,600 ספירות לדקה למ"ל).

טבלה 1: רדיואקטיביות המים בפרי (אחרי סגירתו 24 שעות בשקית פלסטית שקופה שדרכה הזרח אויר מיובש) ובאברים אחרים באותו ענף, בהשוואה לרקמות בענף ביקורת. (האקטיביות הספציפית של תמיסת המזון: 211,900 ספירות לדקה למ"ל).

הרדיואקטיביות ביחס לתמיסת המזון		החלק הצמחי	
ענף עם פרי סגור בשקית	ענף ביקורת		
0.094±0.021	0.058±0.006	פרי:	קליפה
0.042±0.008	0.034±0.002		ציפה
0.048±0.006	0.040±0.012		זרעים
0.602±0.081	0.561±0.125	עלה:	טרף
0.848±0.024	0.855±0.012		עורק ראשי
1.044±0.003	1.012±0.010		גבעול

דיון

תוצאות קודמות שלנו הראו שחילוף המים המהיר ביותר מתרחש בעצה, דרכה עובר מרבית זרם הדיות. דבר זה מודגש בתוצאות המחקר הנוכחי. חילוף המים ברקמות הפרי איטי בהרבה מאשר בטרף העלה, עוד יותר מאשר בעורק הראשי של העלה: רמת הרדיואקטיביות בציפה נמוכה בהשוואה לחלקי הפרי האחרים, כפי הנראה כי שקיות המיץ אינן מחוברות לצרוורות העצה בקליפה ומעבר המים תלוי בדיפוזיה. בעוקץ הפרי, המהווה חלק ממערכת העצה, נראה קצב חילוף מהיר יותר (ציור 1). חילוף המים ברקמות הפרי היה איטי מאוד גם כאשר הצמח כולו היה חשוף לתנאים המגבירים קצב הדיות (טבלה 2). חשיפת הפרי בלבד לתנאים אלה לא שינתה את המצב, אם כי נתקבלו ערכי רדיואקטיביות גבוהים במקצת מאשר בפרי הביקורת שלא היה חשוף לאויר יבש (טבלה 1). על כניסה איטית של מי טריטיום לתוך פירות

(כדי למנוע חילוף אפשרי בין אדי המים בצמח לבין אדי המים באטמוספירה), היה חילוף המים ברקמה הווגטיבית מהיר ביותר והגיע כמעט לשיווי משקל עם תמיסת המזון אחרי 25 שעות (טבלה 2). בפרי היה החילוף איטי ביותר: אחרי 54 שעות הגיעה הרדיואקטיביות היחסית בקליפה רק ל-12% ופחות מזה בציפה ובזרעים. הרדיואקטיביות של מי הדיות התקרבה לשיווי משקל עם התמיסה רק לקראת סוף הניסוי.

תנועת המים לפרי הושפעה במידה ניכרת ע"י חוסר עלים (טבלה 3). רמת הרדיואקטיביות ברקמות הפרי השונות על ענפים הנושאים עלים היתה גבוהה יותר מאשר בענפים מחוסרי עלים. כפי שצויין כבר, רדיואקטיביות המים בקליפה היתה פחותה מאשר בעוקץ, אך גבוהה מאשר בציפה. בסוף הניסוי הגיעה הרדיואקטיביות ברקמת העלה לכ- 40% מזו שבתמיסת המזון.

טבלה 2: שינויים ברדיואקטיביות המים ברקמות ומי הדיות של שתיל קלמונדין סגור בתא זכוכית שדרכו הזרח אויר מיובש. (האקטיביות הספציפית של תמיסת המזון: 207,500 ספירות לדקה למ"ל).

הרדיואקטיביות ביחס לתמיסת המזון							זמן אחרי סימון התמיסה (שעות)
מ' דיות	פרי			גבעול ע"י הפרי	עלה		
	זרעים	ציפה	קליפה		עורק	טרף	
0.015	—	—	—	—	0.299	0.036	2
0.100	—	—	—	—	0.440	0.083	4
0.193	0	0	0	0.209	0.235	0.142	6
0.747	—	—	—	—	0.928	0.904	25
0.654	0.022	0.040	0.036	1.021	0.940	1.170	31
0.715	—	—	—	—	0.957	1.127	49
0.902	0.062	0.084	0.116	1.103	0.981	1.030	54

טבלה 3: רדיואקטיביות הפרי בענפים נושאי עלים ומחוסרי עלים בשתיל קלמונדין שהוחזק בתמיסת מזון מסומנת. (האקטיביות הספציפית של תמיסת המזון: 336,100 ספירות לדקה למ"ל).

הרדיואקטיביות ביחס לתמיסת המזון						זמן אחרי סימון התמיסה (שעות)
עוקץ		קליפה		ציפה		
בלי עלים	ביקורת	בלי עלים	ביקורת	בלי עלים	ביקורת	
0.007±0.002	0.029±0.003	0.026±0.010	0.086±0.022	0.250±0.104	0.270±0.093	28
0.041±0.016	0.081±0.013	0.085±0.030	0.157±0.012	0.200±0.047	0.350±0.074	56
0.117±0.068	0.196±0.054	0.159±0.089	0.248±0.076	0.140±0.013	0.330±0.108	79
0.110±0.036	0.276±0.090	0.145±0.042	0.291±0.050	0.182±0.075	0.309±0.050	99

המיץ. מדידה מדויקת של פוטנציאל המים בתאים אלה היא קשה. עבודה שבוצעה לאחרונה בדובדבנים הראתה שבמשך הלילה פוטנציאל המים בפרי נמוך יותר מהפוטנציאל בעלים.

נתונים דומים נמסרו עבור אגס והדר. בסיכום, נתונים אלה מרמזים שגדילה מתרחשת מן הסתם בלילה כאשר הפיוניות סגורות והעלים אינם מהווים תחרות רצינית. ניסויים בחומרים מעכבי דיות מרמזים אף הם על כך שסגירה זמנית של הפיוניות אולי תגביר את גדילת הפרי.

מאידך, עיכוב הדיות מקטין את זרימת המים, ויתכן שפירות מתקשים עוד יותר להשיג את המים הדרושים. הדבר נראה כאשר הסרת עלים מענפים נושאי פרי גרמה להקטנת הכניסה של מים לתוך הפרי בהשוואה לפרי הנישא על ענפים בעלי עלים (טבלה 3). לאור ההשפעה הכפולה של דיות העלים טרם הוסבר במידה מספקת אופי חלוקת המים לפרי הגדל. נושא זה מצדיק עיון נוסף.

הבעת תודה

תודתנו למר ישראל יששכר על עזרתו היעילה.

לעומת עלים דווח גם בתות השדה.

על אף מצב המים הטוב יותר של, יתכן שהפרי מתקשה לקבל את המים הדרושים לגדילה בגלל תחרות העלים. מרבית המים הנקלטים על-ידי השורשים עוברים דרך העלים בטרם יצאו לאטמוספירה, בעוד כמות מים קטנה יחסית עוברת דרך הפרי. דבר זה ברור מהעובדה שהתנגדות הפרי לדיפוזית אדי מים משך היום עשויה להיות גבוהה מבעלים בסדר גודל אחד. התוספת היומית בנפח פרי שמוטי בין יוני לאוקטובר כ־1.7 מ"ל. אם נניח 600 פירות לעץ בממוצע, אזי התוספת הכוללת היומית בנפח היא רק כ־1 ליטר. כמות זו, הנובעת לא ממים בלבד, כמעט מבוטלת בהשוואה לצריכת מים יומית ממוצעת של כל העץ, הנעה בין 70 ליטר ל־100 ליטר, כשמתוך כמות זו לא ניתן ליחס לדיות הפירות יותר מ־10%.

כושר הפרי להוציא מים מתוך זרם הדיות תלוי בקיום פוטנציאל מים נמוך יותר בפרי מאשר ברקמות העצה הסמוכות. מעבר זה של מים מהעצה לרקמות הפרי מתרחש, כפי הנראה, באלבדו עם תנועה משם בעיקר כלפי חוץ ובעוקצים של שקיות

הערה

המאמר "שיטת ניטור מזיקי הדרים בדרום אפריקה", עלון הנוטע 6, עמ' 413, הועבר

אלינו מחוברת מס' 10 של המכון להדברה ביולוגית (פברואר 1978) ותורגם ע"י בן-עמי פלג.