

השפעת החיגור על כותכונת ענוילן בשתילי חושחש*

מבוא

מאז 1967 נערכו במחלקה זו ניסויי שדה רבים שבחנו השפעת חיגורים על היבול, אולם מני-סויים אלה לא ניתן היה ללמוד על ההשפעות ארוכות הטווח של החיגור על העץ ועל המערכות המטאבוליות שלו. לכן התחלנו לא מכבר לבחון את השפעת החיגור על מערכות הורמונליות בעץ ולאחרונה התחלנו ללמוד את השפעת החיגור על המטאבוליזם של הפחמימות ועל דרכי הובלתן בצמח. להלן נדון באותו חלק של המחקר העוסק בהשפעת החיגור על סינתזת עמילן.

בעבודה קודמת שלנו התברר שחיגור מביא בעקבותיו הקטנה נכירת ברמת הגיברלין בשור-שים של עצי-הדר. נשאלה השאלה, האם הקטנה זו קשורה בחוסר הובלה של גיברלין מן הנוף או הנה תוצאה מפגיעה במערכות המטאבוליות של השורש הנגרמת ממחסור בסוכרים והמשפיעה על הקטנת סינתזת הגיברלין בשורשים. ידוע שהסוכרוז הינו קדם-חומר (Precursor) לסינ-תזת העמילן בצמחים. באופן טבעי הסוכרוז הינו תוצאה של תהליכי הטמעה בעלים ומובל דרך השיפה (הנמצאת בקליפה) אל מערכת השורשים. בדרך כלל מקובלת הדעה שניתוק צינורות השיפה ע"י חיגור, או שיבוש מערכות ההובלה בגזע כתוצאה ממחלות וירוס, מביא בעקבותיו צבירת סוכרים בעלים ובזימנית גוצר מחסור בשורשים. בעקבות הצטברות הסוכרים בעלים מוגברת הסינתזה של עמילן בחלקים העל-קרק-עיים של הצמח ומצד שני מורגש מחסור בעמילן בחלקים התת-קרקעיים. מטרת עבודה זו היתה

* פרסום מקדים של פרק מתוך עבודת הדוקטור של ישראלה ולרשטיין.

איפוא לברר מהי השפעת החיגור על מעבר מוט-עמים לשורש ועל חלקם בעמילן הנוצר.

שיטות וחומרים

שתילי חושחש בני 7 עד 12 חודשים גודלו בתנאים מבוקרים בחדרי צמיחה (14 שעות אור, 18°C לילה ו- 25°C יום). השתילים חוגרו 2–3 ס"מ מעל צוואר השורש כאשר רוחב החיגור 2–3 מ"מ. במהלך המחקר נערכו 2 ניסויים כדלהלן:

1. חודש לאחר החיגור נבדקו המשקל היבש והרטוב של אברי השתיל השונים וכן נקבעה מתכונת העמילן באותם האברים (שורשונים, שורש עיקרי, גבעול ועלים).
2. עם החיגור סופק לאחד העלים 14°C סוכרוז ופעולה זו חזרה באותם השתילים 3 פעמים נוספות במירווחים של 7 ימים. וכל פעם לאחר חידוש החיגור. עם תום הניסוי, כעבור חודש ימים מההחיגור הראשון, נעשו הבדי-קות הנ"ל. מעקב אחר מידת הרדיואקטיביות בעמילן איפשר לקבוע את כמות העמילן החדש שנוצר לאחר החיגור, מסוכרים שהגיעו מהנוף. מצד שני נבדקה גם הרדיואקטיביות במקטע של אתנול 80% המכיל את הסוכרים המסיסים, כדי לבחון את מידת התנועה של הסוכרוז בשתיל המחוגר. אספקת הסוכרוז הרדיואקטיבי בוצעה בעזרת צינורית נימית שחוברה אל העורק המר-קזי של העלה המטופל, כשהיא מכוונת כלפי קצה העלה. בדרך זו מובטח שהסוכרוז יכנס אל רקמת העלה ויחזור אל הפטוטרת דרך צינורות השיפה בדומה לתהליך הטבעי לאחר ההטמעה. הניסוי נעשה במספר חזרות ולווה בביתוח סטטיסטי מתאים.

טבלה 1. השפעת חיגור על משקל טרג, % חומר יבש ורמת עמילן באגריים שונים של שתילי הדף

פיקורה				חיגור				
יאלה גלמז בגרי	חומר יבש %	מיקרוגרם		משקל פרי בגרי	חומר יבש %	מיקרוגרם		
		בגרי	חומר יבש			בגרי	חומר יבש	
6.64	35.9	5.44		8.56 NS	38.1 NS	25.70***		עלים בוגרים
5.44	29.8	8.66		4.24 NS	27.4 NS	15.11**		עלים צעירים
2.30	57.7	9.83		2.95*	46.5 NS	43.70***		בועול
0.82	—	16.43		0.91 NS	—	—		החגור
—	51.4	—		—	53.3 NS	256.12***		מעל
—	51.4	—		—	52.5 NS	227.00***		מתחת
2.94	36.4	46.57		3.53*	46.2 NS	60.98***		שורש עיקרי
3.87	52.5	9.01		5.56*	36.6***	15.04*		שורשונים

* מובהקות של 5% ** מובהקות של 1% *** מובהקות של 0.1% NS, בלתי מובהק. המובהקות מתייחסת לרקמות ולמדרגים המקבילים בשתילי הביקורת.

טבלה 2. השפעת חיגור על מידת ההחדרה לעמילן בשורש של פחמן רדיואקטיבי מסוכרוז ורדיואקטיבי שסופק לעלים

פיקורה		חיגור		האבר
מיקרוגרם	אקטיוויטת ספציפית	מיקרוגרם	אקטיוויטת ספציפית	
גר/ חומר יבש	מקד לגר/ חומר יבש	גר/ חומר יבש	מקד לגר/ חומר יבש	
3.852×10 ³	2.532×10 ³	4.014×10 ³ NS	226.730*	עלים:
49,220	13,050	110,610 NS	6,280***	מסופלים (החדרה)
37,500	2,180	30,950 NS	2,810 NS	לא מסופלים
				גבעול
43,787	170	1,800**	0	שורש עיקרי:
19,185	450	6,876**	0	קליפה
27,335	1,380	1,896**	0	עצה
				שורשונים

* מובהקות של 5% ** מובהקות של 1% *** מובהקות של 0.1% NS, בלתי מובהק. המובהקות מתייחסת לרקמות ולמדרגים המקבילים בשתילי הביקורת.

כלפי מטה וכלפי מעלה. לא היתה צבירה מוב-
הקת של סוכרים מסיסים רדיואקטיביים בחלקים
שמעל החיגור לעומת ביקורת. הסתכלות באק-
טיביות הספציפית של עמילן (הווה אומר מידת
הרדיואקטיביות ביחידת משקל של עמילן: dpm
למ"ג עמילן) (טבלה מס' 2) מראה, שלמרות
הצבירה המובהקת של עמילן בכל חלקי הצמח
המחוגר, האקטיביות הספציפית בעלי צמחים
מחוגרים נמוכה באופן מובהק מזו שבעלי צמחי
הביקורת. כלומר, לכל יחידת עמילן שנוצרה
בצמח מחוגר נכנס פחות פחמן רדיואקטיבי, למ-
רות היצור המוגבר של עמילן ולמרות הרמה
הגבוהה יחסית של סוכרים מסיסים. יתכן שה-
ירידה באקטיביות ספציפית של עמילן, שחלה
בעלים של צמחים מחוגרים, מקורה בעובדה שב-
עקבות ניתוק צינורות ההובלה בגזע לא חלה
תזוזה ממאגר הסוכרים הבלתי רדיואקטיביים המ-
יועדים להובלה מן העלה. סוכרים אלה הפכו מקור
לסינתזת עמילן מוגברת בעלים ולכן חלקו של
הסוכר הרדיואקטיבי בסינתזה קטן בהשוואה
לצמחי הביקורת. יתכן שההבדלים באקטיביות
ספציפית לאורך הצמח בצמחי הביקורת נובעים
מהשוני בגודל המאגרים של סוכר הנמצאים בהם
והמשמשים לסינתזת עמילן ביחס לצריכה שוטפת
מתוך מערכת ההובלה. בטבלה מס' 1 אפשר לר-
אות שהחיגור גרם לעליה מובהקת במשקל טרי
בכל חלקי הצמח (פרט לבלובים שם אין מוב-
הקות). שינוי משמעותי ב- % חומר יבש נמצא
רק בשורשונים, שם ירד % החומר היבש, בעק-
בות החיגור, בצורה מובהקת. יתכן ויש כאן רמז
לניצול מקורות של חומר יבש ליצור מוגבר של
עמילן, במקום המקור הרגיל של סוכרוז, בצמח
בלתי מחוגר.

כבר בניסוי הראשון התפלאנו לראות שחודש
לאחר החיגור היתה צבירה ברורה של עמילן
באזור השורשים ובפרט בשורש העיקרי, וזאת
נוסף על צבירת עמילן בכל שאר חלקי הצמח
המחוגר (טבלה מס' 1). תוצאות בלתי צפויות
אלה עוררו את השאלה, האם הספקת הסוכרוז
מהעלים אמנם נפגעה ע"י החיגור והאם מקור
העמילן בשורש הוא מחומרים המצויים בשורש
עצמו או מסוכרים העוקפים את החיגור בדרכם
מהעלים. לכן ערכנו את הניסוי השני, בו הש-
תמשנו ב-¹⁴C-סוכרוז. גם במקרה זה נמצאה
צבירה ברורה של עמילן באזור השורש מתחת
לחיגור, בפרט בקליפה של השורש העיקרי, בני-
גוד למה שהראו מנדל וכהן, שצבירת העמילן
בעץ הדף מורכב נעשית בעיקרה בעצה. ייתכן
שצבירת העמילן דווקא בקליפה היא תופעה
הקשורה בהשפעות החיגור. הסוכרים הרדיואק-
טיבים המסיסים במקטע אתנול 80% אמנם עברו
בצורה מוחלטת מאד את אזור החיגור והתרכזו
במיוחד בעצה (מה שמצביע אולי על מסלול
העקיפה של מקום החיגור), אבל העמילן שנוצר
בשורש לא היה מסומן (טבלה מס' 2). מכאן
שמקור העמילן הנצבר בשורש בעקבות החיגור
הוא בחומרים המצויים בשורש עצמו ולא בחר-
מרים שעוקפים את אזור החיגור. מעניין לציין,
שכמות העמילן באזור החיגור עצמו (3 ס"מ מעל
ו-3 ס"מ מתחת לחיגור) בניסוי ראשון בו לא
הופרדה קליפה מעצה (טבלה מס' 1) היתה גבוהה
בהרבה מזו שבשאר החלקים וגם לעומת הביקורת,
למרות שלא נמצא הבדל מובהק בין הקטע שמעל
החיגור והקטע שמתחתיו. השאלה היא האם יש
כאן אפקט פצע (אתילן ?) או שזו צבירה בקצוות
מנותקים של מערכת הפלואם של חומרים שהובלו