

## השפעת חיגור על הרעבת שורשים בשתילי חושחש

בשקיות והובאו ממשלה מסחרית, הוחזקו בחדר גדול ב-25 מ"צ ביום ר-18 מ"צ בלילה, עם 14 שעות אור. החיגור נעשה ע"י הסרת טבעת קליפה בעובי 2-3 מ"מ, 10 ס"מ מעל צוואר השורש. כל ניסוי, נמשך חודש ימים, פרט למקרה בו מצויין אחרת, כאשר החיגור נשמר פתוח כל החודש.

כמות העמילן נקבעה בשורש העיקרי בעזרת האנזים עמילוגלוקהידז. כמות הגלוקוז המשתחררת נקבעה בעזרת ראגנט אנטרון. בחלק מהניסויים הוחזקו השתילים בתמיסות מזון שהרכבן נקבע לפי Hewitt עם תיקונים של בר-עקיבא. הניסויים בתמיסות המזון נעשו בחדר גדול, בדליים בעלי נפח של 10 ליטר, כאשר לכל דלי הוכנסו 4 שתילים והדלי כוסה במכסה עם חורים להכנסת גבעולי השתילים, הדליים אווררו בעזרת קומפרסור אוויר. תמיסות המזון הוחלפו אחת לשבוע.

### ניסויים הקשורים בבדיקת רמת העמילן ובפעילות סינתזת העמילן בשורש העיקרי של צמחים מחוגרים

רמת העמילן נבחנה בתנאי סביבה שונים, העשויים להשפיע על מידת פעילות השורשים ועל אפשרות השימוש במלאי העמילן.

א. נבחנה רמת העמילן בזמנים שונים לאחר החיגור, מרגע פתיחת החתך ועד היסגרו בגשרי קאלוס. הניסוי בוצע בשקיות בחדר גדול.

ב. נבחנה השפעת חוסר איוורור על רמת העמילן בשורשי צמחים מחוגרים. הניסוי בוצע בתמיסות מזון כאשר שורשי הצמחים הבלתי מאווררים נרחצים אחת ליומיים במי ברז.

ג. נבחנה השפעת מחסור זרחן על רמת העמילן בשורשי צמחים מחוגרים. הניסוי בוצע בתמיסות מזון חסרות זרחן (במקום  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  הוכנס  $\text{NaCl}$  באותו ריכוז). נערכו שני ניסויים מסוג זה, האחד בשתילי חושחש ששהו במחסור זרחן רק מרגע החיגור וההכנסה לתמיסות המזון, כלומר

חיגור שמוטי על כנת חושחש היא שיטה מקובלת להגברת יכולים בעצים בעלי צימוח וגסטיבי טוב ויכול נמוך. נמצא שחיגור עצים מסוג זה גורם לעליה בכמות החומרים דמויי ג'יברלין בנוף ולהקטנת הכמות של אותם חומרים בשורשונים, וזאת בלי קשר לרמה אנדוגנית או לעונה בה נעשה החיגור. השפעת החיגור על רמת החומרים דמויי ג'יברלין ניכרת כבר 24 שעות לאחר החיגור ונשמרת לפחות שבועיים. כמו כן, נמצא שעיקר אספקת הסוכרוז והמוטעמים מהנוף לשורש נפגע בעקבות חיגור בעוד שכמות קטנה מאותם חומרים מסוגלת לעקוף את מקום החיגור ולהגיע לשורש. מכל האמור אין ספק שהחיגור פוגע ביחסי נוף ושורש ומשבש הן את מערכת ההזנה והן את המערכת ההורמונלית, ולכן יש חשיבות מכרעת לגבי השפעתו על הפוריות ועל סכנת הנזק לעץ. הרעבת שורשים פרושה למעשה אותה מידה בה השורש מגיב על חוסר במוטעמים שמקורם בנוף ולכן מבטא מונח זה גם את מידת הפעילות המתקיימת בשורש המחוגר. מכאן, שיש חשיבות לקשר בין שיבוש המערכת ההזנתית וההורמונלית ע"י החיגור לבין תנאי הסביבה. מטרות עבודה זו לקבוע את מידת הפגיעה בשורשי שתילי חושחש מחוגרים ע"י מעקב אחר השינויים ברמת העמילן בתנאי סביבה שונים הקשורים במידת פעילות השורשים, וכן לקבוע את מידת הפגיעה של החיגור על פעילות השורש, המתבטאת בנשימה ובקליטת יונים.

### שיטות וחומרים

החומר הצמחי, בדיקת העמילן והרכב תמיסות המזון

העבודה בוצעה בשתילי חושחש בני שנה שגודלו

\* קטע מעבודת דוקטור של הגב' י. לרשטיין.  
\*\* מכון וולקני, המחלקה למסעים.

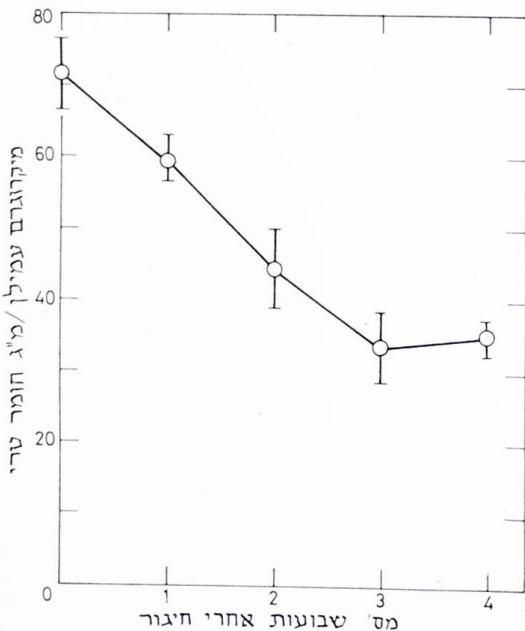
## תוצאות

נמצא שבשתילים מחוגרים חלה ירידה הדרגתית ברמת העמילן בשורש העיקרי החל מהשבוע הראשון לאחר החיגור ועד השבוע השלישי. לקראת השבוע הרביעי נפסקה הירידה ברמת העמילן (ציור מס' 1), זה גם הזמן בו נוצרים גשרי קאלוס על פני האיזור המחוגר. בדיקת גשרי הקאלוס הראתה יצירה של צינורות פלואם חדשים מיד עם הופעת הגשרים.

בניסוי ללא איזורר היתה רמת העמילן בביקורת הגבוהה ביותר; חיגור הוריד את רמת העמילן ואילו חוסר איזורר פעל לביטול פעולת החיגור להורדת

טבלה 1. השפעת חוסר איזורר על רמת העמילן בשורש עיקרי של שתילי חושש מחוגרים

הטיפול	$\mu\text{g}$ עמילן מ"ג חומר טרי
ביקורת מאזוררת	$142.9 \pm 15.8$
חיגור	$95.6 \pm 10.0$
חוסר איזורר וחיגור	$129.4 \pm 15.8$



1. השפעת חיגור על רמת העמילן בשורש העיקרי של שתילי חושש

במשך חודש ימים, והשני בשתילי לימון חמוץ בני שנה שגודלו בתמיסות מזון חסרות זרחן מדרגת נבט בגובה 20-30 ס"מ ושהו בתמיסות 4 חודשים קודם לניסוי.

ד. נבחנה השפעת עקת יובש על רמת העמילן בשורשי צמחים מחוגרים. הניסוי נעשה בשקיות כאשר הצמחים בטיפול היבש מוחזקים במינימום הכרחי של השקיה.

ה. נבחנה השפעת ריכוזים שונים של  $\text{GA}_3$  בתמיסת המזון על אחוז חומר יבש ורמת העמילן בשורש העיקרי של צמחים מחוגרים.  $\text{GA}_3$  סופק לתמיסות מברלקס בריכוזים של  $0, 10^{-6}, 10^{-5}, 10^{-4}$  מולר. התמיסות הוחלפו אחת לשבוע.

ו. נבדקה אינקורפורציה סוכרוז- $^{14}\text{C}$  לעמילן השורש העיקרי בצמחים מחוגרים. הניסוי בוצע בתמיסת מזון מאזוררת שהכילה  $250 \mu\text{Ci}$  סוכרוז- $^{14}\text{C}$  ( $\text{sp. act} = 600 \text{ mCi/mmole}$ ) בריכוז סופי של  $0.0833 \mu\text{Ci/ml}$  או  $13.883 \times 10^{-5} \mu\text{mole/ml}$ . נוסף על כך היו בתמיסת המזון  $20 \mu\text{g/ml}$  סטרפטומיצין,  $50 \mu\text{g/ml}$  כלורמפניקול ו- $200$  יחידות מיקוסטטין למ"ל. האינקורפורציה נבחנה במשך 72 ו-144 שעות, כאשר כמות  $^{14}\text{C}$  בעמילן נקבעת בעזרת מונה נצנץ.

## בדיקת נשימת שורשים בעקבות חיגור

נקבעה עוצמת נשימת שורשי צמחים מחוגרים ע"י קביעת העליה בריכוז  $\text{CO}_2$  במערכת סגורה בעזרת גז כרומטוגרף. שורשי הצמחים הוחזקו בבקבוקי ארלנמאיר בעלי נפח 3 ליטר כשהנוף נמצא מעל הבקבוק. עליית ריכוז  $\text{CO}_2$  בבקבוק היתה ליניארית עם הזמן עד היום השלישי, כך שלעליית ריכוז  $\text{CO}_2$  בבקבוק לא היתה השפעה על קצב הנשימה. לניתוח התוצאות נלקחו רק הנתונים מהיום הראשון. בסוף היום הראשון נעו אחוזי  $\text{CO}_2$  בתא בין 0.2%-0.3%. נקבע קצב הנשימה בזמנים שונים אחרי חיגור.

## בדיקת מחסור מינרלים בעקבות חיגור

נקבעו רמות K, P, N בשורשונים, בשורש עיקרי ובעלים בוגרים של צמחים מחוגרים שעמדו בשקיות בחוץ במשך חודש יוני. הקביעה נעשתה בעזרת אוטואנליזר לאחר שרפה רטובה בעזרת סלניום טחון וחומצה גופריתנית מרוכזת.

רמת העמילן (טבלה 1). מחסור זרחן גרם ירידה במתכונת העמילן ותוספת חגיור הגבירה מגמה זו בלימון. החמוץ ולא השפיעה בשתילי החושש (טבלה 2).

טבלה 2. השפעת מחסור זרחן על רמת העמילן בשורש העיקרי של צמחים מחוגרים

הטיפול	בלימון חמוץ	בחושש
	$\mu\text{g}$ עמילן מ"ג חומר טרי	$\mu\text{g}$ עמילן מ"ג חומר טרי
ביקורת	$78.3 \pm 17.6$	$82.6 \pm 1.5$
מחסור זרחן	$50.9 \pm 11.4$	$75.7 \pm 1.9$
מחסור זרחן + חגיור	$30.6 \pm 8.6$	$76.2 \pm 2.0$

חגיור בתוספת עקת יובש גרמו לפעולה מצטברת להורדת רמת העמילן אך עקת יובש בלבד לא פגעה ברמת העמילן (טבלה 3).

טבלה 3. השפעת עקת יובש וחגיור על רמת העמילן בשורש העיקרי

הטיפול	$\mu\text{g}$ עמילן מ"ג חומר טרי
ביקורת רטובה	$142.1 \pm 17.0$
רטיבות + חגיור	$110.0 \pm 10.0$
ביקורת יבשה	$141.0 \pm 4.3$
יובש + חגיור	$72.8 \pm 3.5$

מטבלה 4 נראה שבשורשי צמחים מחוגרים, שם צפויה רמה אנדוגנית נמוכה של ג'יברלין, תוספת ג'יברלין בתמיסת המזון של  $10^{-6}$  ו- $10^{-5}$  מולר גרמה לירידה הדרגתית בולטת. ברמות העמילן בהשוואה לצמחי ביקורת מחוגרים. צרוף של חגיור ו- $10^{-5}$   $\text{GA}_3$  בתמיסת המזון הביא לירידה מקסימלית ברמות העמילן בשורש. אותו צרוף הביא לתוספת מירבית של חומר יבש (טבלה 5). בצמחים בלתי מחוגרים (ביקורת) הורידה תוספת הג'יברלין את רמת העמילן אבל הדבר היה מובהק רק במקרה של  $10^{-5}$   $\text{GA}_3$ . ריכוז של  $10^{-4}$   $\text{GA}_3$  היה כנראה גבוה מדי וגרם לעיכוב בפרוק העמילן ולכן הובחנה צבירת עמילן, יחסית לביקורת. תופעה זו בלטה יותר בצמחים בלתי מחוגרים, שם הרמה האנדוגנית גבוהה יותר מלכתחילה. החגיור והג'יברלין פעלו, כל אחד בפני עצמו, להורדת רמת העמילן בשורש העיקרי לחיגור עצמו לא היתה השפעה על מתכונת חומר יבש למרות שהיתה לו השפעה על מתכונת העמילן. שורשי צמחים מחוגרים המשיכו לסנתז עמילן (טבלה 6) גם חודש אחר החגיור, כאשר כמות הסוכר שסופקה לשורש דרך תמיסת המזון היתה אפסית וסביר היה להניח שבתנאי רעב היא תיצור כולה ולא תהפוך לעמילן.

נשימת שורשים של צמחים מחוגרים ירדה עם הזמן כאשר ארבעה שבועות לאחר החגיור, כשהופיעו גשרי קאלוס על פני החתך, חזרה

טבלה 4. השפעת ריכוזים שונים של  $\text{GA}_3$  בתמיסת מזון על רמת העמילן בשורש העיקרי של שתילי חושש. הערכים הם של  $\mu\text{g}$  עמילן במ"ג חומר יבש

הטיפול	ריכוזי $\text{GA}_3$ במולר			
	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	0
ביקורת	$228.6 \pm 18.1$	$137.0 \pm 10.0$	$186.1 \pm 21.1$	$197.3 \pm 10.5$
חיגור	$179.4 \pm 14.3$	$117.8 \pm 17.3$	$126.0 \pm 7.8$	$172.5 \pm 22.0$

טבלה 5. השפעת  $\text{GA}_3$  על כמות החומר היבש במ"ג שהתקבל מ"ג ג'יברלין של שורש עיקרי של שתילי חושש

הטיפול	ריכוזי $\text{GA}_3$ במולר			
	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	0
ביקורת	$559.3 \pm 24.4$	$557.1 \pm 8.2$	$547.9 \pm 9.4$	$540.8 \pm 7.6$
חיגור	$526.1 \pm 9.1$	$600.6 \pm 27.7$	$528.4 \pm 8.4$	$545.1 \pm 25.2$

הנשימה, פחות או יותר, לגובה נשימת הביקורת (טבלה 7).

חיגור פגע בקליטת K, P, N והוריד את רמת היסודות האלה בכל חלקי הצמח הנבדקים (טבלה 8).

החתך ויצירת גשרי פלואם ראשונים (ציור מס' 1 וטבלה 7).

**דיון**

המדדים שנבחרו לבחינת השפעת החיגור על הרעבת השורשים מראים שהשורש אומנם נפגע

פגיעה בפעילות כללית של השורש בעזרת חוסר איזורר ביטלה כמעט לחלוטין את הצריכה המוגברת של סוכרים ממלאי העמילן, שנגרמה ע"י

טבלה 6. פעילות ספציפית של עמילן בשורש העיקרי של צמחים בתמיסת מזון עם סוכרוז -  $^{14}\text{C}$ , כפי שהיא מושפעת מחיגור

הטיפול	זמן אינקובציה (שעות)	פעילות ספציפית ( $\mu\text{g} \cdot \text{dpm}^{-1}$ עמילן)	כמות העמילן ( $\mu\text{g}$ עמילן במ"ג חומר יבש)
ביקורת	72	$2.16 \pm 0.62$	$175 \pm 18.0$
חיגור	72	$3.49 \pm 0.23$	$133 \pm 2.0$
ביקורת	144	$2.15 \pm 0.11$	$173 \pm 21.0$
חיגור	144	$4.54 \pm 1.30$	$130 \pm 24.0$

טבלה 7. נשימת שורשים בזמנים שונים אחרי חיגור, בהשוואה לביקורת

זמן אחרי חיגור	שפוע הקו ( $\mu\text{mole CO}_2$ לג"ר שורש לדקה)		שיפוע הקו ( $\mu\text{mole CO}_2$ לג"ר שורש לדקה)		מבחן t (מובהקות)
	מקדם רגרסיה	שפוע הקו	מקדם רגרסיה	שיפוע הקו	
יום	0.036	0.836	0.037	0.956	NS
שבוע	0.047	0.892	0.026	0.946	0.01
3 שבועות	0.110	0.825	0.029	0.601	0.05
חודש	0.052	0.967	0.042	0.972	NS

טבלה 8. השפעת חיגור על רמת המינרלים K, P, N בחלקי שתילי חושחש

N ( $\mu\text{g}$ למ"ג חומר יבש)			P ( $\mu\text{g}$ למ"ג חומר יבש)		K ( $\mu\text{g}$ למ"ג חומר יבש)	
אתר נבדק	ביקורת	חיגור	ביקורת	חיגור	ביקורת	חיגור
עלים בוגרים	$21.7 \pm 0.92$	$16.6 \pm 0.60$	$3.8 \pm 0.32$	$1.7 \pm 0.27$	$16.0 \pm 1.37$	$14.9 \pm 0.91$
שורש עיקרי	$4.8 \pm 0.23$	$3.7 \pm 0.17$	$1.58 \pm 0.10$	$1.16 \pm 0.08$	$6.0 \pm 0.33$	$4.4 \pm 0.16$
שורשונים	$11.7 \pm 0.42$	$9.7 \pm 0.21$	$1.29 \pm 0.06$	$1.03 \pm 0.09$	$2.25 \pm 0.21$	$1.3 \pm 0.13$

החיגור בלבד (טבלה 1). לעומת זאת פגיעה במקורות התרכובת עשירת האנרגיה, ע"י הורדת רמת הזרחון, הגבירה את פרוק העמילן, וכשהמחסור היה ממושך היתה פעולה מצטברת של חיגור ומחסור זרחן שהביאו להורדת רמת העמילן (טבלה 2). עקת יובש, הפוגעת כנראה באפשרות העקיפה של סוכרים את מקום החיגור בעזרת המים, הגבירה את השפעת החיגור על הורדת רמת העמילן (טבלה 3). תוספת  $GA_3$  בריכוזים מתאימים הביאה להגברת פעילות בשורש המחוגר, המתבטאת בתוספת חומר יבש (טבלה 5). הגברת פעילות זו לוותה בירידה נוספת ברמת העמילן (טבלה 4) דבר המצביע שלמרות המחסור בפחמימות עדיין קיים בשורש מלאי מספיק של עמילן המאפשר צימוח במשך התקופה בה החיגור פתוח. פגיעת החיגור בשורש קשורה ללא ספק בהורדת רמת החומרים דמויי הג'יברלין. עדות נוספת לכך שהרעב אינו

קשור רק במחסור פחמימות ניתן למצוא בעובדה שלמרות החיגור נמשכת סינתזה של עמילן ממלאי הסוכרים המוגבל (טבלה 6). כן התברר שהפגיעה בפעילות השורש מתבטאת בהקטנת כושרו לקלוט יונים, דבר הבולט בכל חלקי השתיל שנבדקו (טבלה 8). גם במקרה זה הפגיעה מתונה ואינה מלווה סימני מחסור חיצוניים (פרט אולי למחסור חנקן).

#### סיכום ומסקנות

מכל האמור נראה שחיגור הנסגר בזמן סביר אינו עשוי לגרום נזק לעץ בתנאי ששורשי העץ נמצאים במצב פיזיולוגי טוב ובתנאי שאין גורמי סביבה מכבידים, דוגמת עקת יובש או מחסור במינרלים. בכל מקרה בו קיים חשש שהעץ אינו במצב פיזיולוגי תקין יש להימנע מחיגור אשר יכול לגרום לנזקים חריפים שאינם ניתנים לתיקון.

## כריתה, דילול וקניה של עצים

ברושים, אקליפטוסים, אורנים וכו'

ייצור משטחים ומיכלי קטיף

ל פ נ ו ת :

כהן - הירשפלד בע"מ

ת"ד 111 פרדס-חנה

טלפונים 063-77955, 063-79644