



השפעת טמפרטורת השורש על הגידול, תצרוכת המים וההרכב המינרלי של צמחי בונה במיכלים

י. ישראל¹, ד. זיו ז"ל, ע. כפכפי²

מבוא

גידול הבננה באיזורים אקלימיים מחוץ לאיזורים הטרופיים נתקל בקשיים בגלל השפעת הטמפרטורה הנמוכה בחודשי החורף על גידול הצמח. כדי לקבל נתונים מדויקים על קצב הגידול ועל הכמויות הנקלטות של יסודות הזנה על-ידי הצמח, נערך הניסוי המתואר להלן, בו נבחנה השפעת הטמפרטורה באיזור השורשים על קצב הגידול של הבננה.

שיטות וחומרים

ב-15.3.70 נשתלו 15 שתילי בננה מהזן "קוונדיש" ננס במיכלי פלסטיק עם תמיסת מזון, אשר הוצבו בשולי המטע בחוות הניסויים בצמח. המיכלים היו בקוטר 45 ס"מ ובגובה 55 ס"מ, מבודדים מבחוץ על-ידי שכבת צמר-סלעים. מכסה שהותאם במיוחד איפשר ייצוב השתילים במרכז המיכל ומנע התאידות ישירה. במיכלים הותקנה מערכת ויסות טמפרטורה, שהיתה מורכבת מגוף חימום ומטרמוסטט, המקובלים בשימוש באקווריום.

* מפרסומי מינהל המחקר החקלאי, סדרה ה', 1979, מס. 2203

¹ ועדת הניסויים, עמק הירדן

² המכון לקרקע ומים, מינהל המחקר החקלאי.

דגים. כן הותקן בכל מיכל "נחש" פלסטי בו הוזרמו מים קרים. מיתקן הקירור צויד בטרמוסטט מתאים. כל מיכל צויד גם במיתקן איוורור הבנוי מאבן מפזרת ומשאבת אויר מהטיפוס המקובל באקווריום. דיוק הטרמוסטטים היה $1.5 \pm$ מ"צ.

תמיסת המזון הוכנה לפי Mallessard (1966), והוחלפה בערך אחת לשבוע. אחת ליומיים הושלם נפח התמיסה לנפח המקורי, על-ידי הוספת מים מזוקקים ונרשמה הכמות החסרה. התמיסה הכילה 6 מילימול אשלגן חנקתי, 4 מילימול סידן חנקתי, 2 מילימול מגנזיום גפרתי, 1 מילימול אמוניום פוספט וכן עקבות של יסודות קורט: ברזל, נחושת, אבץ, מנגן, בורון, מוליבדן וונדיום.

במיכלים הוצבו נצרים שגובהם מעל פני הקרקע היה 75 ס"מ. בעת העברת השתילים נשטף היטב העקר ונחתכו השורשים והעלים.

הצמחים גודלו בתנאים אחידים משך 59 יום (עד 28.5.70), לצורך קליטה והתבססות. בתקופה זו כוונה טמפרטורת תמיסת המזון ל-26 מ"צ. לאחר מכן חולקו המיכלים ל-5 קבוצות בנות 3 צמחים, והטמפרטורה כוונה ל-16, 21, 26, 31, ו-36 מ"צ, בכל קבוצה בהתאם. מעקב אחרי הטמפרטורה שהתקבלה בפועל נעשה על-ידי מדידה כל יום עד יומיים, בעזרת מדחום כספית.

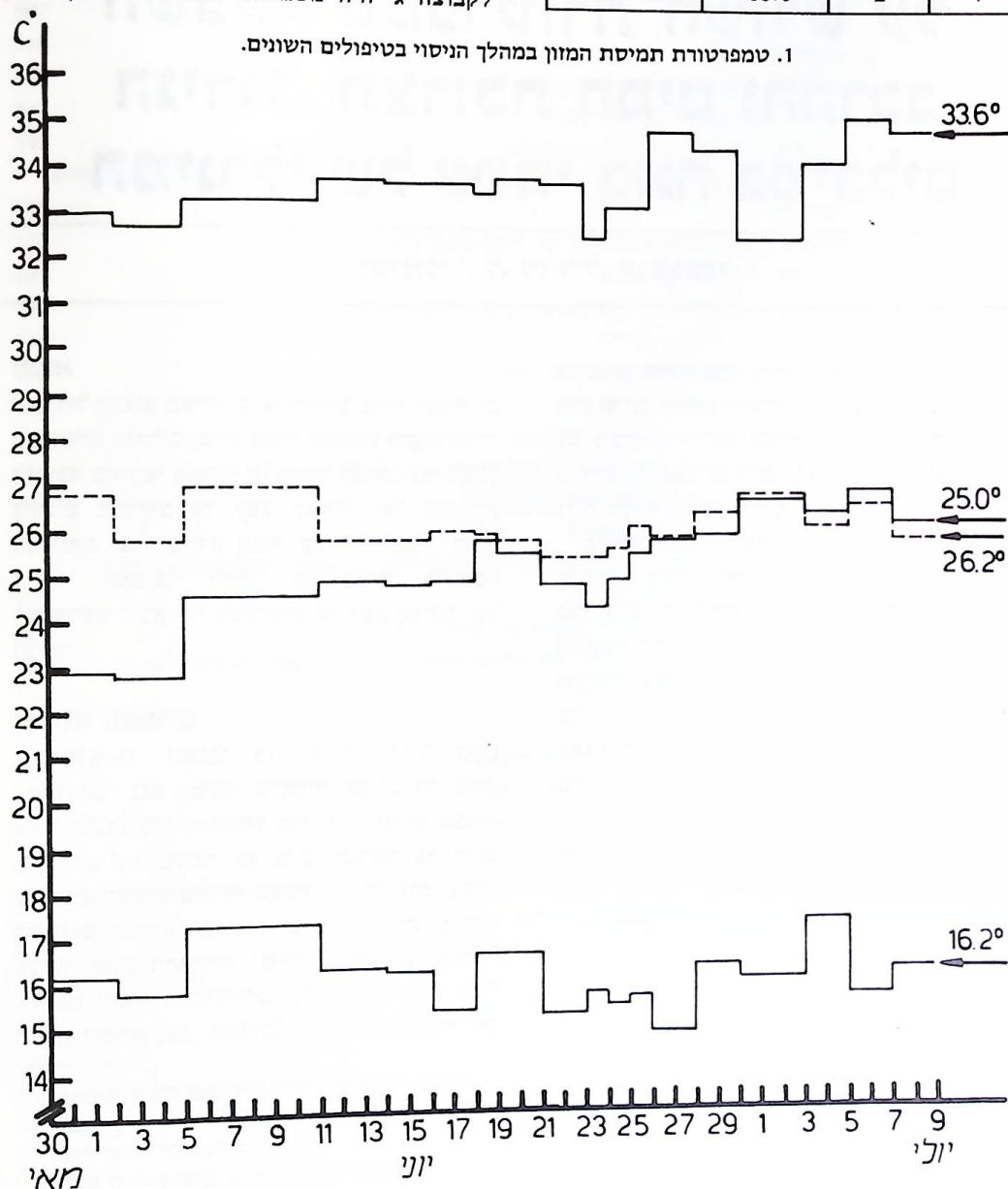
הצמחים שגודלו בטמפרטורה גבוהה (כ-36 מ"צ) מתו במהלך הניסוי. ליקויים טכניים הביאו לתמותה של שני צמחים נוספים. הטמפרטורות שהתקבלו בפועל מעת הנהגת הטמפרטורות הדיפרנציאליות (28.5.70) ועד סיום הניסוי (10.7.70) מובאות בטבלה 1.

טבלה 1: טמפרטורה ממוצעת של תמיסת המזון מעת הפעלת הטמפרטורות הדיפרנציאליות (28.5.70) עד סיום הניסוי (10.9.70)

קבוצה	מספר צמחים בקבוצה	טמפרטורה ממוצעת (מ"צ)	טווח הטמפרטורה (מ"צ)
א'	3	16.2	14.8-17.3
ב'	2	25.0	22.8-26.9
ג'	3	26.2	25.9-26.4
ד'	2	33.6	32.5-35.3

כמסתבר מטבלה 1, הטמפרטורות שהתקבלו בפועל היו שונות מהמתוכנן. הבדלים אלה נובעים ממגבלות טכניות של הציוד. הליקוי העיקרי בקבוצה ב'. הפרש בטמפרטורה בין קבוצה זו לקבוצה ג' היה משמעותי בחודש הראשון אולם

1. טמפרטורות תמיסת המזון במהלך הניסוי בטיפולים השונים.



תאריך

בעשרת הימים האחרונים השתוותה בערך הטמפרטורה בשתי קבוצות אלו.

טמפרטורת האויר בתחנת דגניה בחודשים יוני ויולי היתה בממוצע 27.2 ו-29.0 מ"צ בהתאמה ולחות יחסית ממוצעת 48.4%, 51.4% בהתאמה. הטמפרטורה המינימלית ביוני היתה 15.7 מ"צ והמכסימלית 34.8 וביולי 22.1 ו-35.9 מ"צ.

הלחות היחסית נעה בין-32% בשעה 14⁰⁰ -60% ב-08⁰⁰ כל תקופת הניסוי.

ציור 1 מאפשר לעקוב אחרי השתנות הטמפרטורה במהלך הניסוי בקבוצות השונות. במהלך הניסוי נערך מעקב אחר מספר העלים ושטחם (אורך×רוחב). לראשונה נרשמו נתונים ב-27.5.70, ולאחר מכן עוד שלוש פעמים. מדידה אחרונה נערכה ב-3.7.70. עם סיום הניסוי, ב-10.7.70, הוצאו הצמחים מהמיכלים וכל אחד מהם נחתך לחלקיו: שורשים, עקר, גזעול, פטוטרת העלים והעורק המרכזי וטרפי העלים. החלקים נשטפו במי ברז ובמים מזוקקים, נשקלו (משקל טרי) ויובשו בתנור ב-70 מ"צ משך 48 שעות. לאחר מדידת המשקל היבש נטחן החומר היבש ונשרף בחומצה גפרתית בתוספת מי חמצן. נקבעו חנקן בשיטת קיילדהל, זרחן - בשיטה קלורימטרית, אשלגן בפוטומטר להבה וסידן ומגנזיום בספקטרומטר של בליעה אטומית.

תוצאות ודיון

השפעת טמפרטורות השורשים על קצב הופעת העלים מספר העלים שנוספו בפרק זמן נתון ושטחם

מאפשרים לאמוד את השפעת טמפרטורת תמיסת המזון על הגידול הוגסטיבי.

בתקופה שלפני הנהגת הטמפרטורות הדיפרנציאליות נוספו 0.10 עד 0.11 עלים ליום, והתוספת היומית בשטח עלווה היתה 0.021 עד 0.025 מ"ר (טבלה 2). יש לזכור שבתחילת הניסוי, עם העתקת השתילים למיכלים, הוסרו כל העלים.

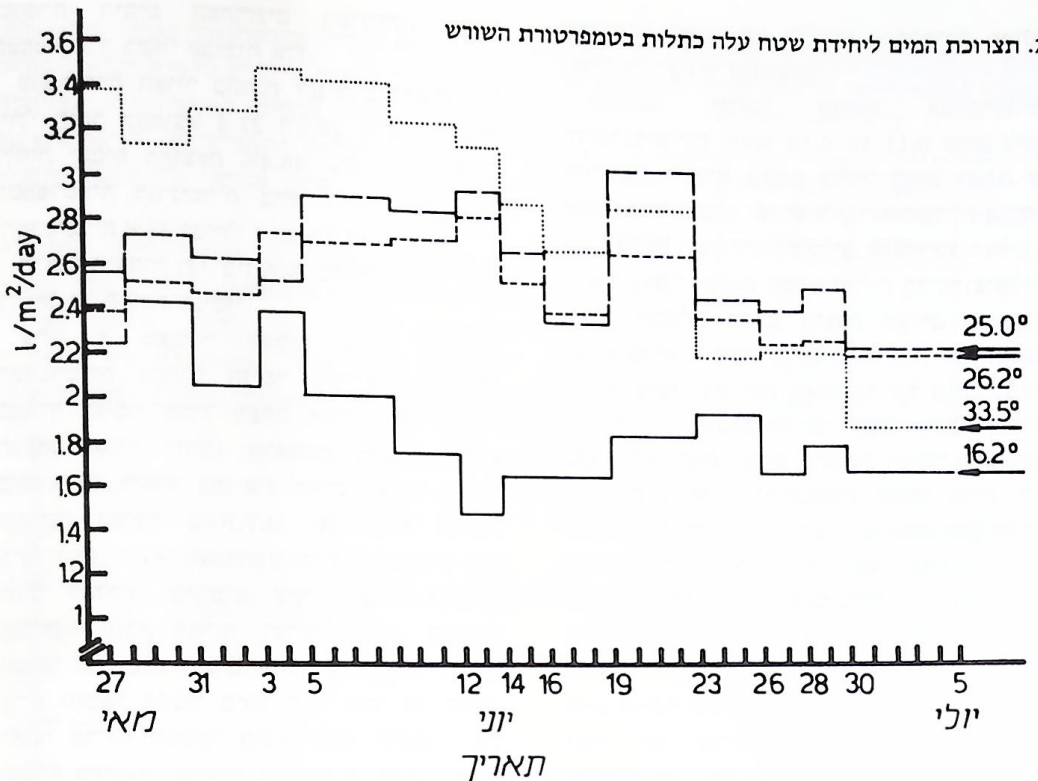
מיד לאחר הנהגת הטמפרטורות הדיפרנציאליות נוצרו הבדלים בקצב הופעת העלים ובשטחם. בטמפרטורה הנמוכה (16.2 מ"צ) היה קצב הופעת העלים איטי ובתקופה האחרונה של הניסוי הגיע ל-50% מזה שבקבוצה ב'. קצב הופעת העלים בקבוצה זו הגיע לשיאו בתקופת הניסוי הראשונה, בה הושלם שלב ההתבססות ומכאן ואילך היה בירידה מתמדת. בקבוצות ב' ו-ג' נמצא קצב הופעת העלים בעליה מתמדת, כפי שצפוי בתקופה זו של השנה. קבוצה ד', בטמפרטורה הגבוהה ביותר (33.6 מ"צ) הגיעה לשיא מיד עם הפעלת מיתקני החימום ונשארה לאחר מכן ברמה קבועה. לקראת סיום הניסוי היה שיעור גידול העלים ב-33.6 מ"צ נמוך מזה שב-26.2 מ"צ. זוהי עדות לכך שהטמפרטורה של 33.6 מ"צ היא מעבר לאופטימום לשורשי הבננה. בין קבוצות ב' ו-ג' קיים הפרש ניכר, לטובת קבוצה ג', למרות שההפרש בטמפרטורות קטן. הדבר יכול להעיד על כך שבתחום הטמפרטורה 23-27 מ"צ יש רגישות רבה של הבננה לשינוי בטמפרטורת השורשים. יחד עם זאת יתכן שההפרש בפועל בין קבוצות אלו היה גבוה במשהו מן ההפרש המחושב, לאור מגבלות השמירה על הטמפרטורה (ראה פרק "שיטות").

לגבי התוספת בשטח העלוה, ההפרשים בעלי

טבלה 2: השפעת טמפרטורות תמיסת המזון על התוספת היומית במספר עלים ובשטחם. טמפרטורות דיפרנציאליות הונהגו החל מ-28.5.70. כל נתון הוא ממוצע ל-2-3 צמחים וממוצע לתקופה

תקופה		27/5-15/3		12/6-28/5		24/6-13/6		3/7-25/6	
ימים		59		16		12		9	
טמפ' תמיסת המזון (מ"צ)	מס' עלים	שטח מ"ר	מספר עלים	שטח מ"ר	מספר עלים	שטח מ"ר	מספר עלים	שטח מ"ר	מספר עלים
16.2	0.10	0.021	0.13	0.047	0.11	0.044	0.09	0.036	
25.0	0.11	0.021	0.16	0.072	0.16	0.079	0.18	0.092	
26.2	0.11	0.025	0.19	0.094	0.17	0.103	0.21	0.132	
33.6	0.11	0.021	0.19	0.107	0.19	0.104	0.19	0.129	

2. תצרוכת המים ליחידת שטח עלה כתלות בטמפרטורת השורש



בקבוצה א' (16.2 מ"צ) תצרוכת המים ליחידת שטח-עלה היתה הנמוכה ביותר. בקבוצה ד' (33.6 מ"צ) היתה התצרוכת גבוהה בתחילת הניסוי (אגב – לא ברור לנו מדוע ב-27/5 הראתה קבוצה זו תצרוכת גבוהה משל האחרות), אולם היא הלכה ופחתה במהלך הניסוי. לקראת סיום הניסוי היתה התצרוכת בקבוצה זו נמוכה מזו שבקבוצה ב' (25.0 מ"צ) וב-ג' (26.2 מ"צ). יש לזכור שכל הצמחים נצבו בתנאי סביבה זהים, לבד מטמפרטורת תמיסת המזון, מכאן שקליטת המים על-ידי השורשים מלאה תפקיד מכריע בתצרוכת המים. טמפרטורה של 16.2 מ"צ היתה מתחת לאופטימום וטמפרטורה של 33.6 מ"צ היתה מעבר לו. בטיפולים ב' ו-ג' ישנה הקבלה והם עלו עם סיום הניסוי על א' ו-ד'.

למרות העליה בתצרוכת המים הכוללת, הקשורה לגידול בשטח העלון, התצרוכת ליחידת שטח נמצאה במגמה של ירידה, והיא נמוכה עם סיום הניסוי בהשוואה לתחילתו.

השפעת טמפרטורת תמיסת המזון על העליה במשקל וקליטת המינרלים המשקל הטרי של אברי הצמח השונים מובא בטבלה 4. ההבדל הגדול בין הטיפולים מתבטא

מגמה דומה, אולם בולטים עוד יותר מאשר ההפרשים בקצב הופעת העלים (טבלה 2). בטמפרטורת שורש של 16.0 מ"צ היתה התוספת היומית בשטח עלון בתקופת הניסוי האחרונה רק 27.0% מהתוספת ב-26.0 מ"צ. ניתן, אם כן, לומר שבטמפרטורה הנמוכה הופיעו עלים מעטים ושטחם היה מצומצם. בטמפרטורה הבינונית התקבל מספר עלים מירבי בשטח מירבי ובטמפרטורה הגבוהה היה הגידול (הן במספר והן בשטח) תחילה מהיר, אולם נעצר בהמשך הניסוי.

מספר העלים ושטחם כעבור 4 ו-7 שבועות מיום התחלת טיפולי טמפרטורות השורשים, מופיעים בטבלה 3. כעבור שבועה שבועות מסתמן הבדל מובהק בשטח העלים, כאשר הטמפרטורה הנמוכה מעכבת את גידול העלה.

השפעת טמפרטורת תמיסת המזון על תצרוכת המים

תצרוכת המים מושפעת, כמוכח, באופן ישיר משטח העלון. צפויים, על כן, הפרשים ניכרים בין הקבוצות השונות בהתאם להבדלים בשטח העלון. אולם כאשר בוחנים את תצרוכת המים ליחידת שטח-עלה, מתקבלים הפרשים נוספים (ציור 2).

טבלה 3: גידול נצרי בונה בתמיסות מזון בנות טמפרטורות שונות, מספר העלים ושטח כולל של העלים בתאריכים שונים

הטמפרטורה הממוצעת במיכלים (מ"צ)	מספר העלים ב־24.6	מספר העלים ב־3.7	שטח העלים ב־24.6 סמ"ר	שטח העלים ב־3.7 סמ"ר
16.2	9.0	9.8	25412	27886
25.0	11.5	12.5	38444	42062
26.2	11.3	13.2	42017	52816
33.6	12.0	13.5	43218	53408

טבלה 4: משקל אברי הצמח השונים, עם גמר הניסוי (גרם)

טמפרטורה (מ"צ)	זעולים	טרפים	פטוטות ועורקים	עקרים	שורשים	חלקים על הקרקע	חלקים תת־קרקעיים
16.2	4347	757	763	5173	1667	5984	6840
25.0	6015	1440	1160	6450	1970	9490	8420
26.2	7377	1953	1467	6627	2850	11504	9477
33.6	7840	2005	1580	6150	1955	12285	8105

50 גרם לצמח בטמפרטורה הנמוכה ו־55 גרם ב־26 מ"צ במקסימום.

ההבדל הגדול בין הטיפולים מתבטא בחלוקת האשלגן בין החלקים השונים. מחצית האשלגן הנקלט בטמפרטורה הנמוכה נשאר בחלקים התת־קרקעיים ואינו נע כלפי מעלה, בעוד שרק רבע מכמות האשלגן נשארת בחלקים התת־קרקעיים בטמפרטורת השורש הגבוהה.

לצערנו לא נבדקה תכולת החנקן החופשית בשורשים ובנוף. בעבודה דומה שבוצעה בעגבניות (רות גמור, ע. כפכפי – בהדפסה) ואשר בה נתקבלו תוצאות דומות, נמצא שעיקר ההשפעה של טמפרטורה נמוכה התבטאה בהקטנת ההעברה של יון החנקן (NO_3) הנקלט עם האשלגן מהשורשים אל הנוף ומכאן שאספקה של חנקן נמנעה מהנוף ובכך הושפעה עוצמת גידול הנוף.

תקציר

השפעת טמפרטורות שורשים על גידול, הוצאת מים וחלוקת המינרלים בצמח נבחנה בתמיסת מזון בצמחי בננות מזן קוונדיש ננסי. הצמחים גודלו במיכלים שנצבו בתוך מטע בננות מסחרי. טמפרטורות השורשים נקבעו בין 16 ל־34 מ"צ. תצרוכת המים ליחידת שטח עלה היתה הנמוכה ביותר ב־16 מ"צ. בטמפרטורה הגבוהה ביותר חלה

בעליה גדולה במשקל החלקים העל־קרקעיים עם העליה בטמפרטורה.

אחוז החומר היבש לחלקי הצמח השונים מובא בטבלה 5.

טבלה 5: אחוז החומר היבש בחלקי הצמח השונים

טמפ' (מ"צ)	זעולים	טרפים	פטוטות ועורקים	עקרים	שורשים
16.2	4.7	19.4	8.4	7.6	4.3
25.0	4.5	18.4	8.5	5.7	3.7
26.2	4.7	18.4	9.1	5.6	4.3
33.6	4.7	18.3	8.4	4.2	3.8

עיקר ההבדלים נמצאים בחלקים השרויים בתמיסה – העקר והשורשים. בטמפרטורה הנמוכה קיים ריכוז חומר יבש גבוה, בעיקר בטמפרטורה של 16.0 מ"צ והריכוז יורד כמעט פי 2 עם העליה ל־33.0 מ"צ.

ריכוז יסודות ההזנה בחלקי הצמח השונים מפורט בטבלה 6. בכל החלקים גבוה ריכוז האשלגן בטמפרטורה הנמוכה ונמוך בגבוהה. המכפלה של ריכוז האשלגן בסה"כ החומר היבש של החלקים השונים מתוארת בציור 3.

כמות האשלגן שנקלטה בכל הטיפולים נעה בין

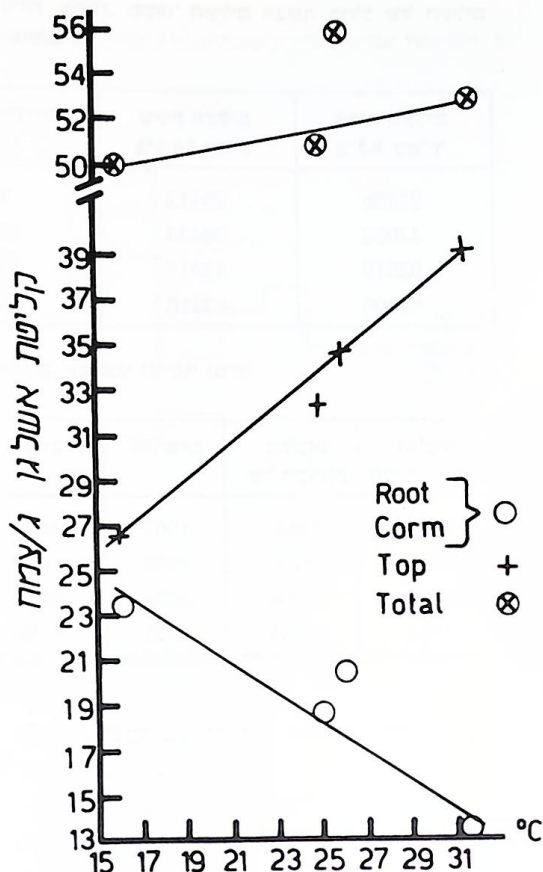
טבלה 6: יסודות ההזנה בחלקי הצמח השונים (%)
מחומר יבש

סידן	מגנזיום	אשלגן	זרחן	חנקן	טמפ' (מ"צ)
גזעולים					
2.02	0.43	7.7	0.40	3.09	16.2
2.35	0.52	6.1	0.55	3.10	25.0
2.35	0.61	4.2	0.58	3.07	26.2
1.92	0.50	5.4	0.48	2.88	33.6
פטוטורות ועורקים					
1.55	0.38	7.4	0.40	2.74	16.2
3.42	0.40	6.0	0.58	2.40	25.0
2.60	0.46	4.9	0.55	2.99	26.2
2.30	0.39	4.1	0.44	2.43	33.6
שורשים					
1.47	0.54	4.7	0.51	2.91	16.2
1.12	0.62	3.0	0.32	2.90	25.0
0.95	0.69	3.5	0.29	2.30	26.2
1.13	0.90	2.5	0.33	3.11	33.6
טרפים					
2.17	0.53	4.2	0.31	3.76	16.2
2.15	0.51	3.8	0.35	3.72	25.0
2.44	0.59	3.4	0.39	3.53	26.2
2.32	0.54	3.8	0.36	3.44	33.6
עקרים					
0.68	0.40	5.1	0.23	2.46	16.2
0.91	0.46	4.5	0.40	2.72	25.0
1.58	0.57	4.4	0.34	2.63	26.2
1.20	0.68	4.2	0.33	2.83	33.6

הבעת תודה

המחברים מודים ללוי עשת (דגניה ב') על עזרתו הטכנית בביצוע הניסוי ובהבאתו לדפוס.
ספרות:

1. Mallesard, R. 1966. Etude de la mycoflore de racines du bananier 'Poyo'. Fruits, 21: 543—552.



3. השפעת טמפרטורת השורש על קליטת אשלגן וחלוקתו בצמח, בין העליון, העקר והשורשים.

לאחר שבועיים ירידה במעבר המים ליחידת שטח עלה.

קצב גידול העלים הגדול ביותר התקבל בטמפרטורת שורש של 26 מ"צ.

בטמפרטורות שורש נמוכות, 16 מ"צ, מתרכז האשלגן בשורש ובעקרון העברתו לעליון מתעכבת.

חקלאי — בעל משק משפחתי! הדאגת לעתידך?

"תגמולים במושבים" עושה זאת עבורך.
הקופה שומרת על ערך החסכון ומאפשרת הקטנת חבותך בס הכנסה.

30,000 חברים — הינם הוכחה להצלחת הקופה משך 21 שנה.
פנה עוד היום ל"תגמולים במושבים" לקבלת חוברת הסברה.
תל-אביב, רח' לאונרדו דה-וינצ'י 19, טל. 03/258473
בית תנועת המושבים — קומה ג'.



RATE OF LEAF GROWTH, WATER UPTAKE AND MINERAL CONTENT OF BANANA PLANTS GROWN IN NUTRIENT SOLUTION AT VARIOUS TEMPERATURES

Y. Israeli, D. Ziv, U. Kafkafi

Banana plants were grown in 50 liter containers of nutrient solution. The plants were placed within a soil-grown banana plantation. The solutions temperature were kept at 16°, 25°, 26.5° and 33.5°C. These conditions were chosen to simulate soil temperatures prevailing in banana plantations in the Jordan Valley at various

seasons. Water uptake and rate of leaf growth was lowest at 16° and 33°C with a maximum at 26°. Increasing root temperature resulted in increase in dry weight of leaves and stem, decrease in the percentage of dry matter in root and corm, and increase of potassium percentage in the top and its decrease in the corm and roots.