

מועצה אזורית אשכול
מועצה אזורית שדות נגב
מועצה אזורית מרחבים



משרד החקלאות ובטחון המזון
קרן קיימת לישראל



דו"ח מסכם 2023-2025

תכנית 92-03-0007



מו"פ דרום / דו"ח סופי מסכם

- מספר מחקר: 92-03-0007

- שם התכנית: אקלום קקאו לגידול בבתי צמיחה בבשור

- חוקרת ראשית: טלי אילני

- חוקרים שותפים: אלן גרבר, מכון וולקני; משה ברונר, מו"פ דרום

- סטטוס התכנית: הסתיימה

- מועד התחלה וסיום התכנית: ינואר 2023 – דצמבר 2025

תקציר

המחקר בחן התכנות אגרונומית ופיזיולוגית של גידול עץ הקקאו (*Theobroma cacao*) באזור הבשור בבית צמיחה, במטרה להעריך שרידות, קצב התפתחות, פריחה, חנטה ועמידות לעקות סביבתיות. במסגרת המחקר הועברו למו"פ דרום מאות שתילים מ-18 קווים שונים, חלקם מורכבים על כנות ייעודיות שבוררו במכון וולקני. השתילים גודלו בעציצים ובתעלות קרקע, תוך ניטור רציף של טמפרטורה, לחות, קרינה והתפתחות מורפולוגית. לצורך יצירת תנאי גידול מיטביים הותקנו מערכות מתזים, אוורור וחימום, המופעלות אוטומטית על בסיס חיישני אקלים. ניתוח הנתונים הראה כי ניתן לשמור על טמפרטורות של 14–35 מ"צ ולחות יחסית מעל 40% ברוב ימות השנה — תנאים הנדרשים להתפתחות תקינה של קקאו.

נמצא כי מרבית האקוטיפים הציגו שרידות גבוהה (80%–100%) לאחר לפחות חצי שנה בשטח. החל מיולי 2024 נצפתה הופעת *Jorquette*, המהווה סמן פיזיולוגי למעבר לשלב הבוגר. פריחה ראשונה הופיעה לאחר 8.5–12 חודשים מזריעה — מוקדם משמעותית מהמדווח בספרות (3–4 שנים). ביולי 2025 נצפתה חנטה ראשונה, עדות להתאמה טובה של חלק מהאקוטיפים לתנאי האזור. ניסוי עמידות ליובש שבוצע על ארבעה גנוטיפים הראה שונות מובהקת בין הקווים KLA-12 נמצא כעמיד ביותר, ואחריו CCN51-55. בתחום הגנת הצומח זוהו מזיקים ומחלות אופייניים (אקריות, כנימות קמחיות, תריפס, *Botryosphaeria*) שטופלו בהצלחה. ממצאי המחקר מצביעים על פוטנציאל ממשי לפיתוח גידול קקאו מסחרי בישראל, בכפוף להמשך בחינת יבול, שיפור האבקה טבעית, בחינת כנות נוספות וייעול ניהול המיקרו-אקלים. הצלחת הפריחה והחנטה המוקדמת מהווה אינדיקציה משמעותית ליכולת ההתאמה של הגידול לאזור הבשור ולפוטנציאל כלכלי עתידי.

רקע קצר ותיאור הבעיה

הקקאו (*Theobroma cacao*) הוא עץ רב שנתי טרופי שמקורו בדרום ומרכז אמריקה. תרמילי הקקאו מכילים זרעים שלאחר התססתם משמשים להכנת שוקולד. ייצור הקקאו עולה בכ-2% בכל שנה ב-20 השנים האחרונות והצפי הוא כי ימשיך בעליה זו עקב עליה בצריכה במדינות המפותחות וכניסה של שווקים חדשים במדינות המתפתחות. היום הייצור עומד על 4.4 מיליון טון בשנה. ב-25 השנים האחרונות מחיר הקקאו לא השתנה משמעותית והוא עומד על כ-2500 דולר לטון ולפני שנה חלה עליה דרמטית במחיר הקקאו ליותר מ-10,000 דולר לטון. גם בישראל צריכת השוקולד עולה והיא עומדת על 3.5 קילוגרם לנפש בשנה וסך הכל בישראל צורכים כ-10,000 טון שוקולד בשנה כשאת כל חומרי הגלם של השוקולד מייבאים לישראל.

נכון להיום, מרבית מטעי הקקאו בעולם נמצאים במדינות מתפתחות, ומנוהלים ע"י חקלאים דלי אמצעים התלויים במשקעים טבעיים ובמאגר הנוטריינטים בקרקע. כתוצאה, על אף הצמיחה העולמית בדרישה לקקאו, במרבית אזורי הגידול (70%) היבול נמוך מאוד ועומד על 10% מהיבול הפוטנציאלי לחלקה (van Vliet & Giller, 2017). ב-50 השנים האחרונות אנו עדים לנדידה של מרכז הגידול של הקקאו מדרום אמריקה למדינות באפריקה המערבית המייצרות כיום כ-70%-75% מהקקאו העולמי. הסיבה העיקרית לנדידה זו היא חיפוש אחר שטחי גידול חדשים עקב פגיעה של מחלות שונות (החל ממחלות קרקע, פטריות, חרקים וכדומה) באזורי הגידול השונים אך גם פחיתה במשקעים, התחממות ופגיעה במאבקים טבעיים הם בין הגורמים. כתוצאה מתהליכים אלו, הפתרון הנפוץ ביותר ליצירת שטחי גידול חדשים הוא בירוא יערות אך ישנו גם ניסיון עולמי להוציא את הקקאו מאזורי הגידול הטבעיים שלו לאזורים נוספים. כך, פרוייקט גדול שנערך באוסטרליה במשך 8 שנים הראה שישנו פוטנציאל כלכלי לגידול קקאו במדינה זו (Diczbalis, et al., 2010).

את צמח הקקאו ניתן לרבות מזרעים, ייחורים או תרביית. ניתן גם לעשות הרכבות של זני קקאו מובחרים על כנות של זני קקאו חזקים יותר. תנאי הגידול המיטביים לצמחי קקאו הם הצללה של עד 70% ולאחר מכן ניתן לרדת בהצללה בהדרגה עד ל-25% הצללה, לחות גבוהה (70%-100%) וטמפרטורות של 18-32 מ"צ. בטמפרטורה נמוכה מ-10 מ"צ העץ כבר סובל. צמחי הקקאו יכולים לגדול בקרקעות שונות אך ישנה עדיפות לקרקע חולית מנוקזת היטב עם רמת מליחות נמוכה. עץ קקאו בוגר יכול להגיע עד ל-25 מטרים אולם לרב בגידול מסחרי גוזמים את העצים כך שלא יגיעו ליותר מ-3-4 מטרים.

בחממה שהוקמה ע"י ד"ר אלן גרבר כחלק מהמרכז לחקר הקקאו (Cocoa Cure Center - CCC) אותו יסדה יחד עם חוקרים נוספים במכון וולקני במטרה "להציל את השוקולד" היא הראתה כי ניתן לגדל קקאו בישראל תחת תנאים מבוקרים במכלים. על מנת להפוך את גידול הקקאו למסחרי יש לבחון את האפשרות לגדלו בשיטות גידול פשוטות יחסית שעלותן לא גבוהה מידי. בחרנו לנסות לגדל את הקקאו באזור הבשור ממספר סיבות: 1. באזור קרקע חולית מנוקזת היטב; 2. ההשקיה בחלקה היא ע"י מים מותפלים ברמת מליחות נמוכה ביותר והקרקעות באזור אינן סובלות מבעיות המלחה; 3. מנעד הטמפ' והלחות באזור אינו רחוק מהצרכים של הקקאו (לחות ממוצעת של 40%-92%, טמפ' של 12-28 מ"צ) וניתן באמצעים פשוטים יחסית להביא את התנאים בתוך בית צמיחה לתנאים האופטימליים לגידול קקאו.

מטרות המחקר

מטרת המחקר היא לבחון את ההתכנות של גידול עצי קקאו בישראל, באזור הבשור. הערכת כדאיות כלכלית שנעשתה ע"י ד"ר אפרת הדס (מנהל ההשקעות בחקלאות, משרד החקלאות), מראה כי כבר מיבול של 800 ק"ג לדונם קיימת כדאיות כלכלית לגידול הקקאו בישראל. על מנת שנוכל להגיע ליבול הנדרש עלינו לעמוד במספר מטרות משנה כאשר הראשונות הן:

בחינה של הישרדות ושגשוג הגידול באזור

מכיוון שעד היום לא גודל כלל קקאו באופן מסחרי באזור הבשור השלב הראשון בניסוי יהיה לבחון את ההיתכנות לגידול הצמח באזור. על סמך הנתונים וניסיון הגידול במרכז לחקר הקקאו נראה שישנה התכנות גבוהה לגידול בבית צמיחה באזור תוך התאמות מסוימות. ירידה של טמפ' מתחת ל-15 מעלות בבשור אינה

שכיחה אך יהיה צורך לחמם את בית הצמיחה מספר ימים בשנה. בנוסף, באזורי הגידול הטבעיים של הקקאו ישנן כמויות גדולות של חומר אורגני בקרקע ומכאן שיהיה צורך בהוספה של חומר אורגני ומצע מאוורר לקרקעות האזור שעובדו שנים רבות על מנת לתרום לקליטה מוצלחת יותר של הקקאו.

בחינת כנות ורוכבים

ישנם זנים רבים של קקאו. הפרקטיקה הנרחבת של גידול עצי פרי באמצעות הרכבות של רוכבים על כנות נובעת משילוב של יתרונות גנטיים המשפרים באופן משמעותי את הפוריות ועמידות הצמח. ההרכבה מאפשרת למגדלים לשלב את מאפייני הפרי הרצויים של זן ספציפי (הרוכב) עם מערכת השורשים המועילה של זן אחר (הכנה). כנות נבחרות עבור תכונות כמו עמידות למחלות, התאמה לסוגי קרקע ספציפיים ושליטה בגודל העץ, המשפיע ישירות על קלות הקטיפה וצפיפות המטע. שיטה זו גם מבטיחה אחידות גנטית לייצור פירות מסחרי מכיוון שריבוי הרוכבים הוא לרוב וגטיבי, תוך שמירה על המאפיינים המדויקים של עץ האם. יתר על כן, הרכבה יכולה לקצר את תקופת היובינליות, ולאפשר לעצים להניב פרי מוקדם יותר מאשר אם גודלו מזרע. בסופו של דבר, הרכבות של כנות ורוכבים מספקות כלי רב עוצמה לשיפור ביצועי עצי פרי ופוריותן, מה שהופך אותה לטכניקה הכרחית בניהול מטעים מודרניים. במרכז לחקר הקקאו הצליחו לבדוד מספר כנות המתאימות יותר לתנאים בארץ ויש צורך לבחון אותן בתנאי האזור. בנוסף, הישרדותם של 'הגנוטיפים הסופר-גיבורים' (אלו ששרדו ללא השקייה במו"פ בחודשי המלחמה) מעידה במידה רבה על כך שיש להם פוטנציאל ככנה חזקה ועמידה ליושב בקקאו. אפשרות זו ראויה להיבחן בניסויים ייעודיים.

מהלך המחקר ושיטות עבודה

הכנת שתילים מקווים נבחרים של קקאו

מתוך 18 קווים ומאות פריטים של קקאו שברשותה של ד"ר גרבר נבחרו כ-6 קווים שהם בעלי התאם עצמי ועמידים יחסית לטמפרטורות גבוהות. מכל קו נאספו בין 20 ל-100 זרעים (מספר הזרעים נקבע לפי מספר התרמילים הבשלים ומספר זרעים לתרמיל). הזרעים נזרעו בעציצים של 0.5 ליטר בתערובת מיוחדת שנמצאה בעבר על ידי גרבר מתאימה לנביטת זרעי קקאו. הנביטה התרחשה בקופסאות נביטה הנמצאות בתא גידול מבוקר אקלים. לאחר שהנבטים פיתחו שני עלים אמיתיים, הם הועתקו מקופסאות הנביטה והתחילו לקבל השקיה ודישון. לאחר כ-1.5 חודשים, השתילים הועתקו לעציצים של 3 ליטר עם תערובת טוף-כבול. הם גודלו בתנאים מבוקרי אקלים עם השקיה ודישון עד להעברתם לאחר כ-4 עד 12 חודשים למו"פ (בעקבות המלחמה חלק מהשתילים שהו כמה חודשים נוספים בתאי הגידול במכון וולקני).

הכנת שתילים מורכבים

במהלך הניסוי נערכו מאות ניסיונות להכנת הרכבות ראש איכותיות, תחילה על ידי גידול שתילים מזרעים, ולאחר מכן ע"י הרכבה מחומרי רוכב. לאחר השגת רמת ההצלחה הרצויה (גדול מכ-80%), הוכנו צמחים מורכבים להעברה למו"פ.

הכנת החממה לקליטת הצמחים

הניסוי נערך במבנה חמרשת בעל גג פוליאטילן ומעליו רשת צל 30% וקירות רשת 50 מש עם וילונות פוליאטילן. הותקנה במבנה תשתית ממטירונים (גרין ספין של נען-דן-ג'יין, 35 ל/ש, הצבה 3X3 מ') על מנת

שאפשר יהיה להוסיף לחות למבנה בימים בהם הלחות נמוכה. כמו כן הותקנו במבנה מאווררים המאפשרים פינוי לחות עודפת בעיקר בתקופת החורף והגברת הצינון ההתנדפותי בימים חמים במיוחד. הוכנס למבנה תנור חימום על בסיס סולר ונמתחו שרוולים בין הצמחים על מנת לוודא שהחימום מגיע לכל הצמחים. שלושת המערכות – המתזה, אוורור וחימום חוברו לחיישנים של טמפרטורה ולחות בגובה המרזב של חברת aqua המורים על פתיחה וסגירה של המערכות על פי ספים שנקבעו תוך כדי העונה לפי תגובת הצמחים. הקרינה, לחות יחסית וטמפרטורה במבנה בגובה הצמחים נמדדה באמצעות מערכת Gro-fit.

ב-4.10.23 הובאו 140 שתילים ראשונים ממכון וולקני אל מופ דרום. ביום שבת, ה-7.10.23, בעת מתקפת הטרור על האזור נותקו החשמל והמים לחווה כך שהצמחים שהובאו לא יכלו לקבל השקיה ודישון סדירים במשך כשלושה וחצי חודשים. כ-19 צמחים שרדו את התקופה הזו, 14 מהם מהקו שקיבל את השם super hero (גיבור על). הצמחים ששרדו הועברו למכון וולקני למחקר ממוקד בהם ועל מנת לייצר מהם כנות לצמחים חדשים. בפברואר 2024, לאחר חזרת המו"פ לעבודה (מלחמת חרבות ברזל), הובאו למו"פ כ-100 שתילים נוספים ממכון וולקני. מאותו זמן אחת למספר חודשים הובאו צמחים נוספים ממכון וולקני וצמחים שלא שרדו את המעבר או לא התפתחו הוצאו מהמבנה. פירוט הצמחים שהובאו ואלו שהוצאו ניתן לראות בטבלאות 1 ו-2 (לא מורכבים ומורכבים, בהתאמה). השתילים נשתלו תוך 24 שעות בעציצים של 25 ליטר המכילים מצע שתילה אודם של טוף 93 של טוף מרום גולן. לכל עציץ טפטפת מווסתת 4 ל/ש מפוצלת (טפטפות חץ).

טבלה 1. הקווים הלא מורכבים שהועברו למו"פ - עץ מקור, תאריך זריעה, כמות השתילים שהועברו לשטח המו"פ, מועד המעבר וכמות הצמחים שיש כיום בשטח.

קו	עץ מקור	תאריך זריעה	הגעת רב הצמחים למו"פ	כמות שהובאה	כמות שיש היום בשטח
1	אריאל	28/06/2023	מרץ 2024	4	1
		19/07/2023	מרץ 2024	44	22
2	אריאל מיני	15/06/2023	מרץ 2024	9	1
		19/07/2023	מרץ 2024	37	15
3	CNN51	03/05/2023	מרץ 2024	2	0
		07/08/2023	מרץ 2024	14	1
4	SH-5 (99)	27/04/2023	מרץ 2024	5	0
		29/02/2024	ספטמבר 2024	16	0
5	עץ הפלא	12/10/2023	יולי 2024	10	3
6	מונטזומה	26/05/2024	דצמבר 2024	14	11
7	SH-4	26/05/2024	דצמבר 2024	16	13
		18/09/2025	אוקטובר 2025	8	8
8	לין	26/05/2024	דצמבר 2024	24	14
		04/02/2025	אוקטובר 2025	5	5
9	m-23	26/05/2024	דצמבר 2024	13	8
10	גיבור על 1	02/02/2025	דצמבר 2025	2	2
	גיבור על 13, 17	09/03/2025	דצמבר 2025	4	4
	גיבור על 6	06/04/2025	דצמבר 2025	5	5
11	עץ מס' 10	02/02/2025	אוקטובר 2025	2	2

טבלה 2. הצמחים המורכבים שהועברו למו"פ – כנה + תאריך זריעה, רוכב + תאריך הרכבה, כמות השתילים שהובאו לשטח, המועד שהובאו רב הצמחים וכמות הצמחים שנמצאים כרגע בשטח.

קו הכנה (זריע)	תאריך זריעה	רוכב	תאריך הרכבה	הגעה למו"פ דרום	כמות שהובאה לשטח	כמות שיש היום בשטח
N17-	11/04/2024	לין	31/07/2024	דצמבר 2024	12	6
SPEC	16/04/2024	עץ מס' 10	04/09/2024	פברואר 2025	7	6
M-16	21/05/2024	עץ מס' 10	04/09/2024	ינואר 2025	27	27
BEA	16/04/2024	אריאל	14/08/2024	פברואר 2025	10	8
SH-4	13/06/2024	עץ מס' 10	27/01/2025	אוקטובר 2025	40	38
SH-4 (89,109)	26/05/2024	לין	11/02/2025	יולי 2025	18	16
SH-4 (108)	09/07/2024	לין	26/03/2025	דצמבר 2025	27	27

החל מחודש דצמבר 2024 נשתלו השתילים שהובאו למו"פ בתעלות ברוחב 0.7 מטר ועומק 0.6 מטר ובאורך 22 מטרים שמולאו במצע שתילה אודם 777 (טוף מרום גולן, מתבסס על כבול, קוקוס וטוף) וחמשת הסנטימטרים העליונים מולאו בקומפוסט 27 צמחים מקווים שונים שכבר אוקלמו במבנה במרחק של כ-3 מטר בין עץ לעץ. בחודש אוקטובר 2025 הוצאו הצמחים הלא מורכבים שנשתלו ובמקומם נשתלו צמחים מורכבים וצמחים לא מורכבים המשמשים כצמחי אם לשאר הצמחים. כפי שמפורט בטבלה 3.

טבלה 3. רשימת הקווים שנשתלו בקרקע במועדים השונים.

כנה	רוכב	מועד שתילה	מספר צמחים	בשטח היום
ללא	אריאל	דצמבר 2024	4	0
ללא	SH-5	דצמבר 2024	2	0
ללא	מונטזומה	דצמבר 2024	2	0
ללא	SH-4	דצמבר 2024	2	0
ללא	m-23	דצמבר 2024	1	0
N-17	לין	דצמבר 2024	3	1
M-16	עץ מס' 10	פברואר 2025	7	7
BEA	אריאל	פברואר 2025	5	5
SH-4	לין	יולי 2025	2	2
ללא	SH-4	ספטמבר 2025	2	2
ללא	עץ מס' 10	ספטמבר 2025	2	2
ללא	לין	ספטמבר 2025	4	4
SH-4	עץ מס' 10	ספטמבר 2025	3	3
SH-4	לין	ספטמבר 2025	1	1

ניטור צימח והגנת הצומח

במהלך השנה, פעם בחודש נמדד גובה העצים ונערך מעקב אחר נוכחות פרחים והתפצלות (חורקט, - jorquette נקודת המעבר בגזע האנכי של העץ לצמיחה בצורת מניפה, בנקודה זו מתפתחים ענפים צדדיים בזווית של כ-45 מעלות). ברגע שהחלו להופיע פירות החל מעקב גם אחר מספר הפירות. כמו כן, נערך מעקב אחר בעיות בהגנת הצומח.

האבקה

החל מחודש מאי 2025, בו החלו להופיע מספר משמעותי של פרחים על חלק מהעצים נערכה האבקה ידנית של הפרחים בשטח (באמצעות העברת אבקנים מפרח אחד לאחר בעצים שונים). ההאבקה בוצעה 4 ימים בשבוע בשעות הבוקר. מחודש ספטמבר 2025 הופסקה ההאבקה על כלל הצמחים והמשיכה רק על צמחים מסויימים שסומנו בשטח על מנת לעקוב אחר האבקה ידנית לעומת האבקה טבעית שכבר נצפית בשטח (עדיין אין מספיק נתונים להבחין ביעילות שיטות ההאבקה השונות).

בדיקת קווים לעמידות להצמאה

בוצעה הערכת התגובה של טיפוסים שונים לתנאי יובש באמצעות הפרוטוקול המוצע. הניסוי נעשה בקנה מידה קטן יחסית על מנת לבדוק את פרוטוקול הניסוי. נבדקו ארבעה גנוטיפים (KLA-12, CCN51-55, SH4-39, SH4-45), מ-3 משפחות שונות. הייחורים מכל קלון הושרשו ולאחר כ-6 חודשי התפתחות במצע גידול פרלייט נחשפו לתנאי בצורת (הצמאה לתקופה של כשלושה שבועות). נערך מעקב אחרי הנבילה שלהם. לאחר מכן התחילה השקיה חוזרת. ההחלמה שלהם 4 שעות, 24 שעות ושבוע לאחר השקיה חוזרת הוערכה.

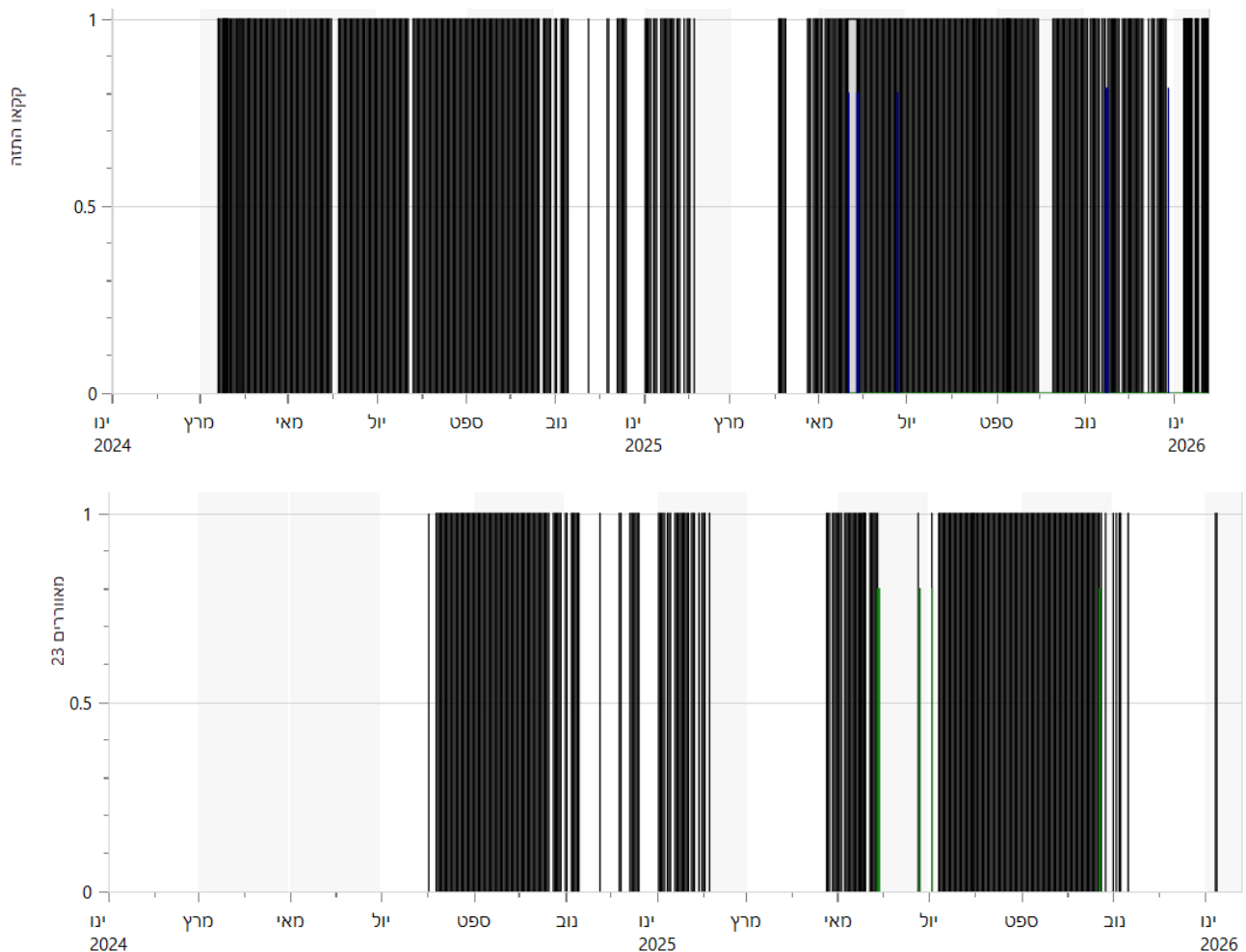
פיתוח פרוטוקול לעידוד צמיחה של נצרים אורתורופיים בקקאו

נצרים אורתורופיים עדיפים לשמש כייחורים לרכבים ממספר סיבות: (1) קקאו הינו הטרוזיגוטי וצמחים הגדלים מזרעים יכולים להיות בעלי שונות גבוהה; (2) בניגוד לייחורים מענפים פלגיוטרופיים, ייחורים מנצרים אורתורופיים מפתחים שורש מרכזי ומערכת שורשים מאורגנת היטב; (3) בניגוד לייחורים מענפים פלגיוטרופיים, ייחורים מנצרים אורתורופיים נוטים לפתח גזע אנכי. עד כה, האמצעי היחיד לגרום להתפתחות נצרים אורתורופיים הוא ע"י כיפוף הגזע כאשר הצמח צעיר יחסית. אולם הנצרים המתפתחים בעזרת טכניקה זו אינם בעלי מאפייני חיות אחידים. במשימה זו, נבחן שימוש בציטוקינין וג'יברלין בריכוזים שונים לעידוד התפתחות נצרים אורתורופיים מניצנים חיקיים על עץ הקקאו במטרה להגדיל את הייצור של קלונים עבור הרכבים. בשנה זו נפתח פרוטוקול אופטימלי עבור אקוטיפ אחד.

תוצאות ביניים

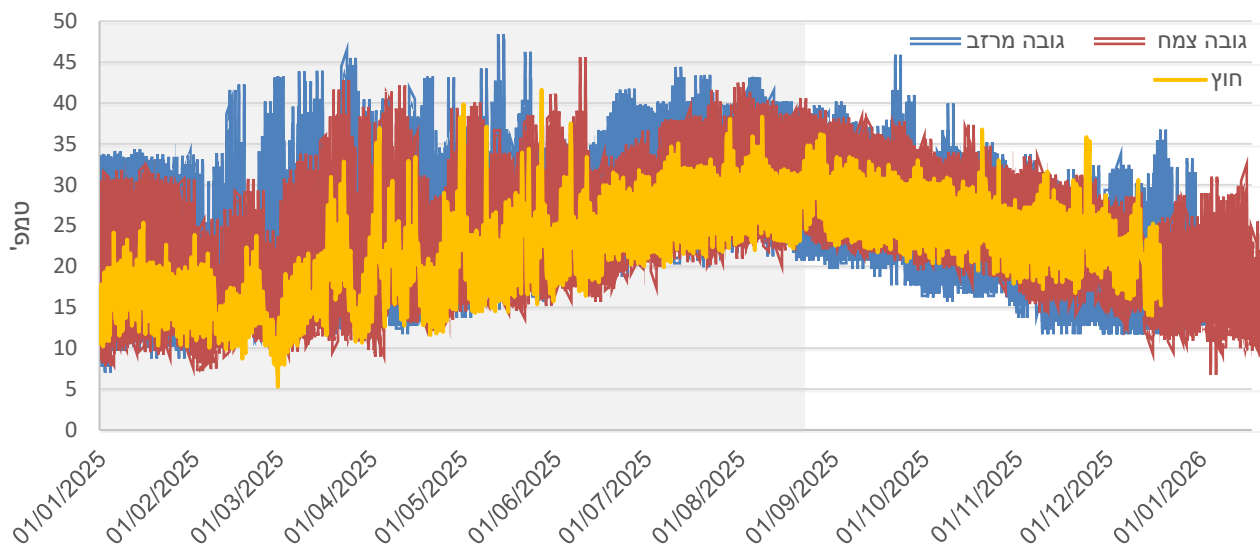
במהלך העונה עקבנו אחר הטמפ' והלחות במבנה ועשינו התאמות ע"י הפעלת מתזים ומאוררים בימים החמים ותנור חימום בלילות הקרים. מצאנו כי הפעלת מערכת ההמתזה והאורור כאשר הטמפ' עולה מעל 35 מ"צ והלחות יורדת מתחת ל-55% שומרת במבנה על תנאים מתאימים לצמחי הקקאו. באיור 1 אפשר לראות כי המתזים הופעלו כמעט כל יום בחודשים יוני עד אוקטובר ומאז אוקטובר תדירות ההפעלה ירדה בשנת 2024. בשנת 2025 תדירות הפעלת המתזים בחודשים נובמבר ודצמבר היתה מעט גבוהה יותר.

תדירות הפעלת המאוררים (שהופעלו רק כשהטמפ' עלתה מעל 35 מ"צ) היתה גבוהה רק בחודשים אוגוסט עד נובמבר. בין פברואר למאי הם כמעט לא פעלו כלל.



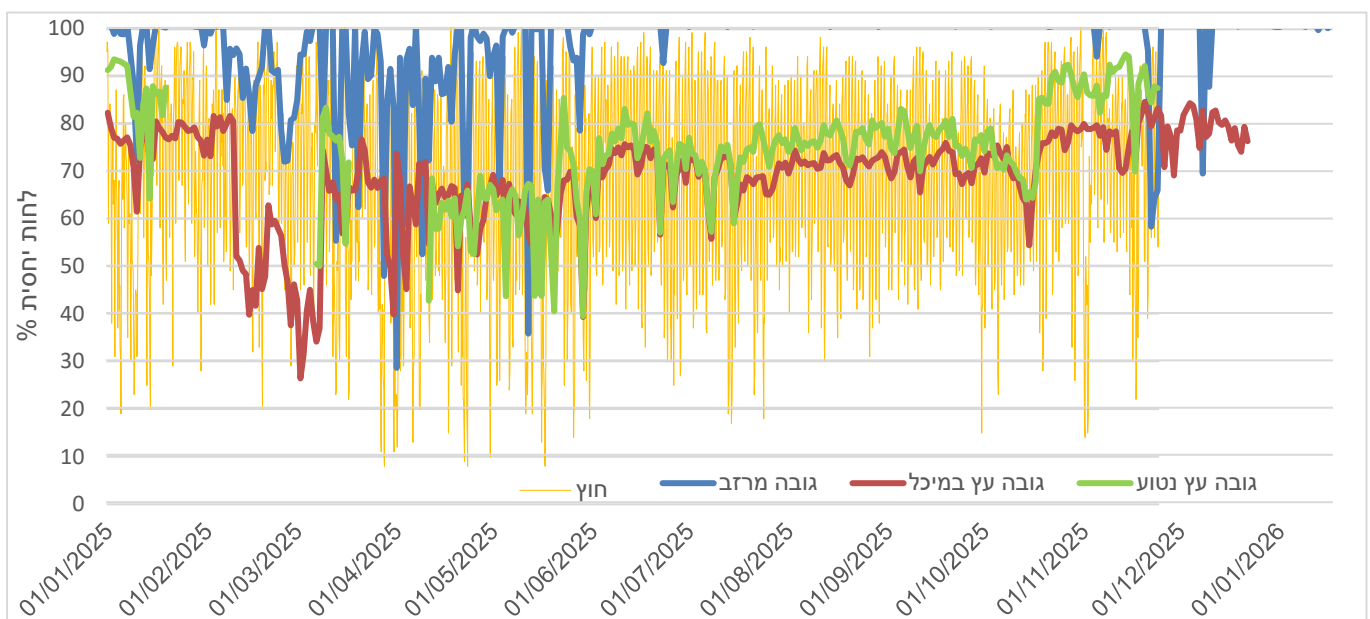
איור 1. הפעלת מערכת ההמתזה (א) והמאוררים (ב) במהלך המחקר.

באיור 2 ו-3 אפשר לראות את מנעד הטמפ' והלחות במבנה ומחוץ למבנה בשנת 2025. מנעד הטמפ' בתוך מבני גידול לרב גבוה יותר מבחוץ כפי שניתן לראות באיור 2. בחורף זהו יתרון. אפשר לראות כי בין ינואר למרץ חלה ירידה של טמפ' המינימום מתחת ל-10 מ"צ מחוץ למבנה. החל מאמצע חודש ינואר החלה לפעול מערכת החימום במבנה כאשר הטמפ' ירדה מתחת ל-14 מ"צ ואפשר לראות שמאותו זמן הטמפ' במבנה נשמרה סביב 14 מ"צ. בחודשי הקיץ הטמפ' במבנה גבוהה מהטמפ' מחוץ למבנה. אפשר לראות שבגובה המרזב הטמפ' עולה לעיתים מעל 40 מ"צ אך ברוב הימים הטמפ' בגובה הצמח נשמרה נמוכה יותר.



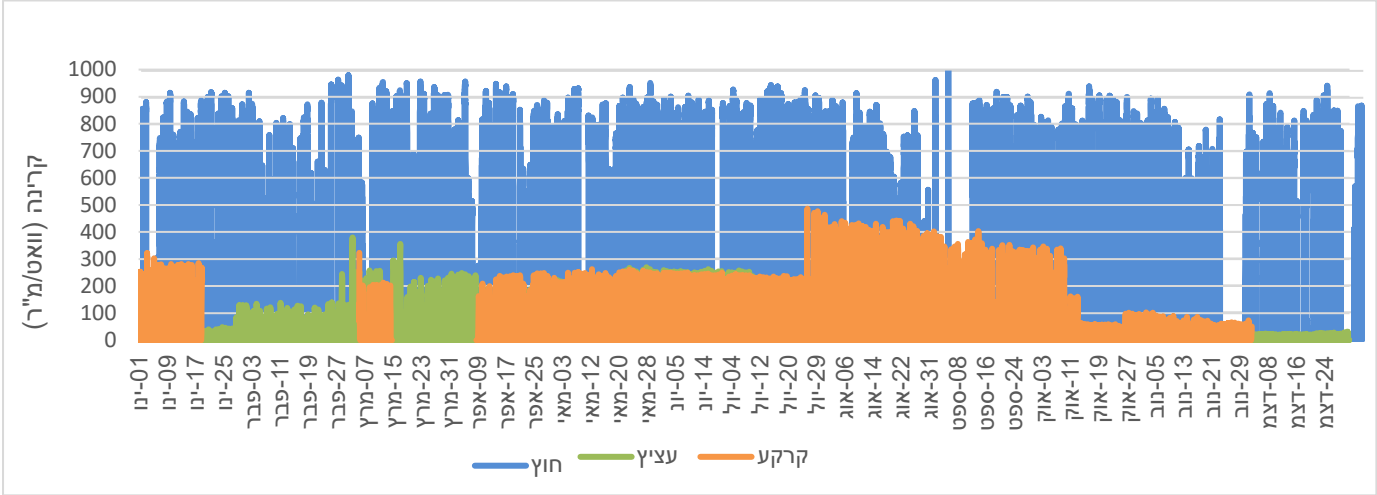
איור 2. טמפ' האויר במהלך השנה האחרונה ב תוך המבנה בגובה המרזב ובגובה הצמח (צמח במיכל וצמח נטוע בקרקע) ומחוץ למבנה.

הלחות היחסית בגובה המרזב בחממה הגיעה קרוב ל- 100% כמעט בכל יום ובעיקר בקיץ, לחות מעט גבוהה יותר מהלחות מחוץ למבנה (איור 3). בדומה ללחות מחוץ למבנה (איור 3). בגובה הצמחים, בשני המיקומים שנמדדו הלחות היחסית המקסימלית היתה נמוכה מהלחות בגובה המרזב. הפעלת המתזים נועדה לשמור על לחות יחסית מינימלית במבנה, בעיקר בסביבת הצמח. אפשר לראות כי בתוך המבנה, ברב הימים, הלחות היחסית המינימלית בגובה הצמחים היתה מעט גבוהה יותר מאשר הלחות היחסית מחוץ למבנה ורב הזמן הצלחנו לשמור על לחות מעל 40%.



איור 3. הלחות היחסית (%) במהלך השנה האחרונה בתוך המבנה בגובה המרזב (סגול) ובשני מיקומים שונים בגובה הצמחים (כחול ואדום) ומחוץ למבנה (ירוק).

איור 4 מציג את הקרינה שנמדדה מחוץ למבנה ובתוך המבנה בגובה הצמח בשני מיקומים (איור 4). הקרינה בתוך המבנה היתה מההתחלה נמוכה משמעותית מאשר בחוץ, כצפוי. אולם, עם ההגעה של הצמחים הם מיד סבלו מהקרינה במבנה ולכן כמה ימים לאחר הגעתם הותקנה רשת צל 30% וניתן לראות את הירידה הנוספת בקרינה בעקבות הוספת הרשת.



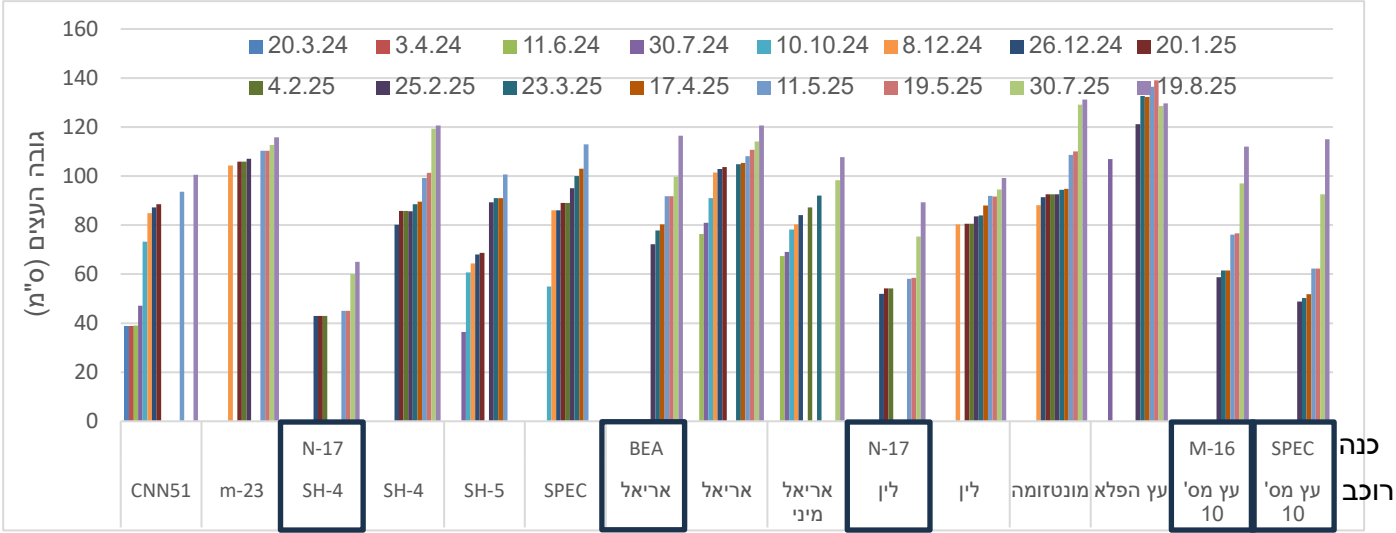
איור 4. הקרינה שנמדדה בתוך המבנה בגובה בצמחים (כתום וירוק) והקרינה שנמדדה מחוץ למבנה (כחול) במהלך שנת 2025.

עצים שלא התפתחו כלל במשך חצי שנה או מתו מסיבות שונות הוצאו מהחממה. בטבלה 4 מופיע אחוז הצמחים ששרדו במצב טוב לפחות חצי שנה בשטח. בטבלה ישנה התייחסות רק לשתילים ששוהים בחממה כבר למעלה מחצי שנה. שתילים רבים הובאו רק בחודשים האחרונים ולכן עדיין לא נכללים במעקב זה. שרידות רב העצים היתה טובה אולם חלקם לא התפתחו כמעט ולכן הוצאו מהשטח. כל העצים שנשתלו בקרקע עד כה נראה שנקלטו יפה והם מתפתחים בצורה טובה.

טבלה 4. אחוז השתילים ששרדו לפחות חצי שנה מכל קו.

אקוטיפ	כנה	% עצים ששרדו	הערות
אריאל		88	
אריאל	BEA	50	
אריאל מיני		83	
CNN51		100	אבל פרט לעץ אחד - לא התפתחו
m-23		100	
SH-4		100	מאלו שהובאו לפני יותר מחצי שנה
SH-5		80	
לין		92	מאלו שהובאו לפני יותר מחצי שנה
לין	N-17	83	
מונטזומה		100	
עץ הפלא		90	
עץ מס' 10	M-16	70	
עץ מס' 10	SPEC	100	

איור 5 מראה את ההשתנות בגובה העצים. מתוארים רק עצים שהובאו לפני דצמבר 2025 ויש כבר מספר מדידות שלהם. אפשר לראות כי על העצים הרתפתחו משמעותית בחודשי הקיץ לעומת החורף שם ההתפתחות עוכבה מאוד. בהכללה, גובה הצמחים המורכבים נמוך יותר מגובה הצמחים הלא מורכבים וזאת בשל עיצוב העץ השונה כאשר עץ לא מורכב מתפתח עד לגובה החרוקט ואילו עץ מורכב עוצב כמניפה בשלב זה.



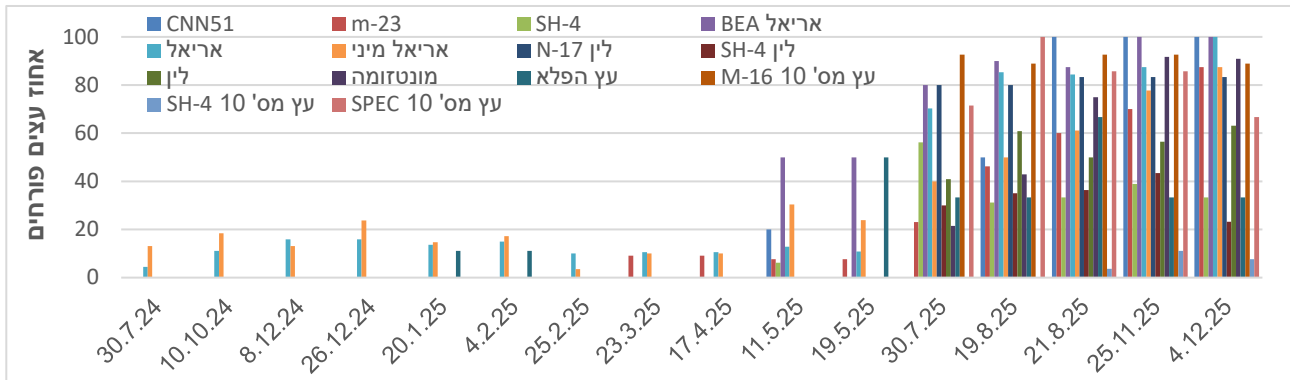
איור 5. גובה העצים (ס"מ) בקווים השונים (מורכבים, במסגרת כחולה ולא מורכבים, ללא מסגרת) כפי שנמדד במהלך הניסוי.

החל מחודש יולי 2024 (כ-4 חודשים לאחר הגעת העצים הראשונים) החלו הצמחים הראשונים להגיע לשלב הבגרות (איור 5). ישנה מגמה מאוד ברורה – לעצים שנזרעו מוקדם לקח זמן רב יותר להגיע לבגרות לעומת הצמחים שנזרעו מאוחר יותר ולרוב הגיעו צעירים יותר אל המו"פ.

טבלה 5. מספר החודשים שעברו מזריעה ועד להתפתחות חרוקט (התפצלות ענפי העץ בקודקוד, סימן לבגרות העץ) בעצים הלא מורכבים.

אקוטיפ	תאריך זריעה	חודשים מזריעה לחרוקט
CNN51	03/05/2023	24.3
אריאל מיני	15/06/2023	14.9
אריאל	28/06/2023	16.4
אריאל	19/07/2023	16.6
אריאל מיני	19/07/2023	15.1
CNN51	07/08/2023	16.9
עץ הפלא	12/10/2023	12.7
SH-5	29/02/2024	10.9
m-23	26/05/2024	11.1
SH-4	26/05/2024	11.9
לין	26/05/2024	12.7
מונטזומה	26/05/2024	13.6
SH-4	18/09/2024	13.1
עץ מס' 10	02/02/2025	8.6
לין	04/02/2025	8.5

החל מחודש יולי 2024 החלו להופיע פרחים ראשונים (איור 7) על העצים והחל מחודש מאי 2025 מספר משמעותי של פרחים נראה על העצים ועם הזמן הופיעו פרחים על יותר ויותר עצים בחממה (איור 6). כמעט על הקווים שהובאו הופיעו כבר פרחים כאשר על העצים המורכבים הופיעו פרחים מוקדם יותר וכמות גדולה יותר של פרחים. עם הכניסה לחורף נראה היה שמספר הפרחים על העצים ירד משמעותית וכן אחוז העצים עם פרחים (בחלק מהעצים הפסיקה הפריחה כמעט לחלוטין על אף שהצמח המשיך להתפתח).

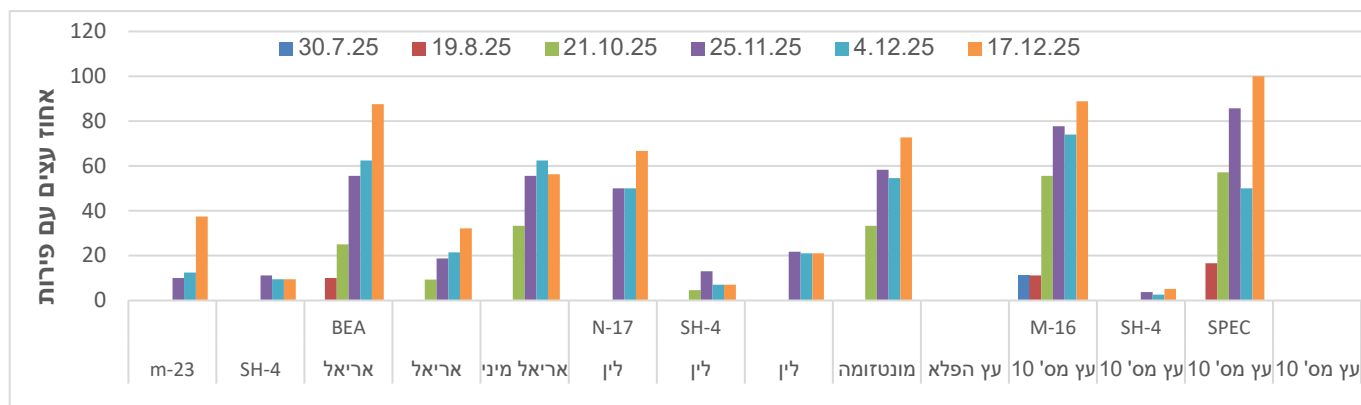


איור 6. אחוז העצים מכל קו מורכב או לא מורכב עליהם הופיעו פרחים בכל מועד.

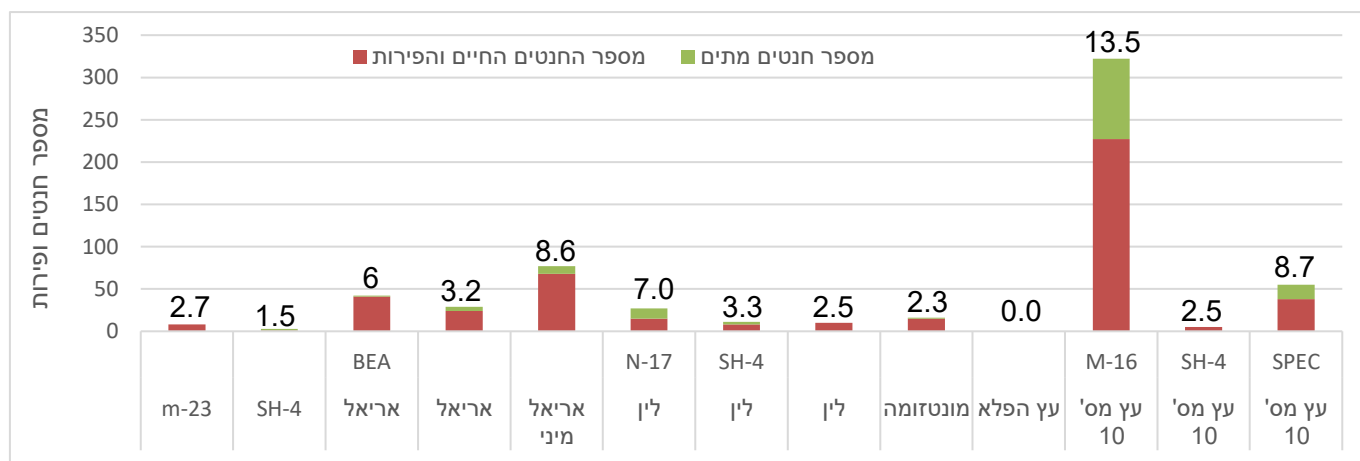
כאשר נצפתה כמות משמעותית של פרחים, החל מחודש מאי 2025, החלו בהאבקה ידנית של הצמחים בין פעם ל-4 פעמים בשבוע. ביולי 2025 הופיעו החנטים הראשונים (איורים 7 ו-8) על העצים המורכבים (עץ מס' 10 מורכב על כנת M-16 ולאחריו אריאל על כנת BEA ועץ מס' 10 על כנת SPEC). בשלב מאוחר יותר החלו להופיע חנטים גם על העצים הלא מורכבים. אנו מניחים כי רב החנטים הראשונים שהופיעו היו תוצאה של האבקה הידנית. חנטים שהופיעו החל מחודש ספטמבר כבר היו שילוב של האבקה ידנית על העצים הנבחרים והאבקה טבעית בשאר העצים (ניתוח תוצאות של האבקה ידנית מול טבעית ידווחו בדוח הבא מאחר ובשלב זה ישנן מעט מעט תוצאות לניתוח). בשלב הראשון חנטים רבים מתו מספר שבועות לאחר שחנטו. בשלב זה ערכנו שינוי קטן בתדירות הפעלת המתזים ונראה ששינוי זה עזר בשמירה על יותר חנטים חיים אבל אלו ממצאים ראשוניים בלבד. נכון לכתיבת שורות אלו עץ מס' 10 המורכב על כנת M-16 הוא בעל מספר החנטים הגדול ביותר וגם בעל מספר החנטים הגדול ביותר שנפל (איור 9). אנחנו עדיין בשלב מוקדם יחסית של הופעת חנטים והראשונים מתחילים להתקרב לשלב ההבשלה בימים אלו כך שעוד מוקדם לבחון את אחוז ההשרדות של החנטים.



איור 7. פרחים וחנטים ראשונים שהופיעו בשטח.



איור 8. אחוז העצים מכל קו מורכב או לא מורכב עליהם הופיעו פירות בכל מועד.



איור 9. מספר חנטיים ומתים עבור כלל העצים עם פירות באותו קו מורכב או לא מורכב. המספרים מעל מייצגים את מספר הפירות הכולל הממוצע לעץ.

פרוטוקול יצירת נצרים אורתופטיים לריבוי הצמחים

לנצרים **אורתופטיים** (צומחים לגובה) חשיבות רבה כמקור לשיבוט (קלונים) בעלי תכונות הדומות לצימוח מזרע, לרבות פיתוח שורש שיפודי ומבנה עץ סימטרי. משום כך, לשימוש בהם ערך רב ביצירת קלונים של כנות נבחרות ושל עצים שלמים לצורך רישום זנים ומטרות נוספות. במחקרנו מצאנו כי ניתן לעודד צימוח אינטנסיבי של נצרים אלו על ידי אספקת עודפי חנקן בתמיסת הדשן. שיטת ריבוי זו משרה פריצת נצרים אורתופטיים לא רק על הגזע המרכזי, אלא גם על ענפים **פלאגיוטרוניים** אופקיים.

דרך נוספת לייצור כמות נצרים גדולה היא שימוש בשתילים צעירים מזרע:

1. מסירים את המריסטמה האפיקלית (הקודקודית) לאחר שהשתיל מפתח שני עלים אמיתיים.
 2. שני גבעולים חדשים מתפתחים מתוך הניצנים החיקיים שבחיקי הפסיגים.
 3. כאשר הגבעולים מגיעים לגודל המתאים, מסירים ומשרשים אותם, מה שמעודד צמיחת גבעולים חדשים תחתיהם.
- תהליך זה ניתן לביצוע באופן מחזורי, ובאמצעות גיזום מושכל, ניתן להגיע למצב שבו עד שישה גבעולים מובילים מתפתחים בו-זמנית על אותה מערכת שורשים.

הגנת הצומח

במהלך כל הגידול, לפחות אחת לשבוע, נערך מעקב הגנת הצומח במבנה. מזיקים ומחלות שנראו במבנה מופיעים בטבלה 6 כמו גם סוג הטיפול שניתן להתמודדות. אקריות, חדקוניות וכנימות הופיעו במהלך כל הגידול עד כה כאשר עוצמת הנגיעות עולה ויורדת אך בכל מצב לא הגענו לנגיעות גבוהה. תריפס נצפה במבנה רק בחודשי אוקטובר ומיד הודבר. חדקוניות נצפו במבנה עם הבאת העצים ודי מהר התגברנו עליהן. בתחילת 2025 הופיעו על כ- 4 עצים תסמינים של בוטריוספריה, פטריה הגורמת להתייבשות של העלים ובסופו של דבר לתמותת העץ. עצים אלו הוצאו מיד מהמבנה על מנת למנוע התפשטות של הפטריה וניתנו טיפולי מנע. עד כה נראה שטיפולים אלו עזרו והמחלה לא חזרה. עוד התפשטות מדאיגה היתה של כנימה קמחית שנראה שמתיישבת במיוחד על בסיס הפירות. בעזרת הדברה משולבת (אויבים טבעיים בשילוב עם חומרי הדברה כימיים רכים) מאפשרים שליטה במזיק.

טבלה 5. מזיקים שנצפו על העצים, תקופת הניטור, רמת הנגיעות והטיפול שניתן.

המזיק	חודשים בהם נצפה	נגיעות	טיפול	חומרים
אקריות	במהלך כל השנה	נמוכה	ריסוס	פוליס, אקסמייט, פרדיסו, אפולו, דפנדר, ביוריה, תמר-טק, טיפיקי, פרוביט, ברק
			פיזור	פרסימיליס
חדקוניות	מאי-אוקטובר	נמוכה	פיזור	ספסן
נמלים	במהלך כל השנה	בינונית	מריחת העציץ	דבק
מניעה	מאי		הגמעה	קנון
כנימה קמחית	במהלך כל השנה	נמוכה	ריסוס	פלאש, אפלורד, נימיקס, תמר-טק, איפון, נימזל
תריפס	אוקטובר	נמוכה	ריסוס	טרייסר, פרפקט
בוטריוספריה	ינואר-מרץ	נמוכה	הוצאת עצים נגועים	
			מנע	סוויץ, הרקולס, מטאל-גולד

בדיקת אקוטיפים לעמידות להצמאה

נמצא שהקלון KLA-12 עמיד ביותר ליובש, עם CCN51-55 במקום השני. אף קלון לא התאושש טוב במיוחד לאחר הרטבה מחדש, אם כי ה-KLA-12 אכן מתפתח טוב יותר מקלון CCN51-55. שניהם מדגימים עיכובים התפתחותיים מתמשכים של מספר חודשים לאחר הרטבה מחדש. בחינת עמידות ליובש ממשיכה עם קלונים של "גיבורי העל" ולין, צאצאים של גיבורי העל, וצאצאים של אריאל ו-N-34.

דיון

פרוייקט אקלום הקקאו בחבל הבשור החל במהלך שנת 2023 כאשר 150 צמחים הועברו למו"פ בתחילת אוקטובר 2023. בעקבות האירועים הבטחוניים, הפרוייקט החל שוב בחודש מרץ 2024 כאשר מו"פ דרום חזר לפעולה. בשלב הראשון הובאו למו"פ צמחים שאמורים היו להגיע למו"פ כבר באוקטובר ורק בשלב השני (החל מחודש ספטמבר הובאו צמחים שהוכנו מחדש בייחוד עבור האיקלום).

הצלחת האיקלום הראשונית שהושגה במחקר זה – שרידות של 80%-100% עבור מרבית הקווים שנבחנו, לצד הופעת פריחה ואף חנטים ראשונים – מהווה ממצא חשוב בהקשר של נסיונות עולמיים לגדל קקאו מחוץ לאזורי המוצא הטרופיים שלו. מחקרים באוסטרליה שנמשכו שמונה שנים הראו כי בתנאים מבוקרים חלקית ניתן להשיג גידול מסחרי בר-קיימא מחוץ לחגורה המשוונית (Diczbalis et al., 2010). ממצאי המחקר הנוכחי תואמים את המסקנה כי בהשקעה לא גדולה ניתן לספק לצמח את תנאי הטמפ' והלחות הנחוצים, כפי שתואר בספרות (Läderach et al., 2013; Schroth et al., 2016).

ניהול מיקרואקלים בבית הצמיחה: אחד הגורמים המגבילים לגידול קקאו שנמצא הוא הצורך של הצמחים בהצללה. הצמחים הראשונים שהובאו למו"פ סבלו מקשיי קליטה (החמת עלים, מוות של קודקוד הצמיחה) עד שהונחה רשת צל על המבנה ונראתה התאוששות של רב הצמחים. ממצאי הניטור האקלימי שהוצגו במחקר מדגישים את מרכזיות ניהול הלחות היחסית ומניעת חשיפה לטמפרטורות קיצוניות. הפעלת מערכת המתזה פשוטה כמעט יומיומית בחודשי הקיץ (יוני-אוקטובר) הצליחה לשמור על לחות מינימלית של כ-40% בגובה הצמחים, ערך שהוגדר בספרות כסף התחתון לגידול תקין של קקאו (Wood & Lass, 1985; Acheampong et al., 2013). הטמפ' המתאימה לגידול קקאו היא 27 מ"צ (מקס' של 35 מ"צ ומינימום של 14-16 מ"צ), למרות שלד"ר גרבר עדויות שהעצים שורדים בלי פגיעה גם ב-10 מ"צ. פתיחת מאווררים בקיץ יחד עם ההמתזה אפשרה שמירה על טמפ' מקסימלית סביב 35 מ"צ. בחורף, בימים המעטים בהם הטמפ' ירדה מתחת ל-10 מ"צ חימום קצר איפשר שמירה על טמפ' מתאימה לצמחים.

קצב הגעה לבגרות ופריחה: בצמחים הלא מורכבים, סמן מורפולוגי לתחילת בגרות הוא הופעת החרוקט (Jorquette). מגמה בולטת שנראתה היא שלצמחים שנזרעו מוקדם יותר לקח זמן רב יותר להגיע לבגרות. הממצאים שהתקבלו כאן מתיישבים עם הספרות על השפעת גיל הצמח, זן ותנאי גידול על מהירות ההגעה לבגרות (Daymond & Hadley, 2004). במקרה זה, בתחילת הניסוי לקח זמן עד שמצאנו את התנאים המתאימים לגידול הקקאו ונראה היה שהצמחים מתקשים. כאשר הצלחנו לאזן את רמות ההצללה, הלחות והטמפ' במבנה בהתאם לצרכי הצמחים נראה היה שחל שיפור משמעותי בקצב התפתחות הצמחים. ביבול קקאו מסחרי בתנאים סטנדרטיים מדווח בדרך כלל על פריחה ראשונה 3-4 שנים לאחר זריעה כתלות בתנאי הסביבה (Wibaux et al., 2025) לכן הממצא הנוכחי, המצביע על פריחה תוך 8.5-12 חודשים בלבד מזריעה מדגים פוטנציאל ייצור משמעותי.

הופעת חנטים ואיבוד ראשוני של פירות: הופעת החנטים הראשונים ביולי 2025, גם אם אחרי האבקה ידנית, כ-16 חודשים מהכנסת השתילים הראשונים ו-7 חודשים מהכנסת הצמחים המורכבים, מהווה אבן דרך

חשובה. עם זאת, דפוס נפילת חנטים גבוה בשלב הראשוני שנצפה תואם תופעת נפוצה של נפילה פיזיולוגית של חנטים צעירים המוכרת בספרות ומכונה Cherelle wilt, תופעה זו נפוצה בעיקר בעצים צעירים ובתנאי לחות לא אופטימליים (Melnick, 2016). שינוי בתדירות הפעלת המתזים השפיע לחיוב על שמירת החנטים, בהתאם להמלצות בספרות לגבי חשיבות הלחות בשלב הקליטה הראשוני של הפרי (Baligar et al., 2008). עם זאת, הנתונים עדיין ראשוניים ונדרש מעקב ממושך יותר לאישור הממצא.

עמידות ליובש: בדיקת קווים לעמידות להצמאה – נמצאה עדיפות ברורה של הקלון KLA-12 בעמידות ליובש עם CCN51-55 במקום השני. ממצא זה חשוב במיוחד לאור תחזיות שינויי האקלים המצביעות על ירידה בזמינות המים באזורים רבים בהם גדל קקאו (Läderach et al., 2013). עם זאת, המחקר גם הראה שגם הקלון העמיד לא התאושש במהירות לאחר חידוש ההשקיה ועיכובי הצמחיה שנמשכו מספר חודשים לאחר מכן עולים בקנה אחד עם ממצאי Lahive et al. (2018) על עיכוב פיזיולוגי ממושך לאחר עקת מים בקקאו.

הגנת הצומח: המזיקים שאובחנו – אקריות, כנימות קמחיות, תריפס, וחדקוניות הם מזיקים שמוכרים בארץ ובאזור בגידולי ירקות. הופעת הפטריה *Botryosphaeria* sp בתחילת 2025 ראויה לתשומת לב מיוחדת, שכן מחלות מסוג זה מהוות אחד מגורמי הנזק המשמעותיים בגידולי קקאו בתנאים לא אופטימליים (Huda-Shakirah et al., 2022). הסרת הצמחים הנגועים בשלב מוקדם ויישום פרוטוקול טיפול מונע נראה כמענה אפקטיבי בנסיבות אלו. שיטת ניהול המזיקים המשולבת (IPM) שיושמה, המשלבת אויבים טבעיים עם חומרים כימיים ממוקדים, עולה בקנה אחד עם ההמלצות המקצועיות לגידול קקאו בר קיימא.

לסיכום, ממצאי המחקר עד כה מצביעים על כך שגידול קקאו מסחרי בבית גידול מבוקר באזור הבשור הינו בעל פוטנציאל ממשי (איור 10). שלושה ממצאים מרכזיים עולים מהניסוי: ראשית, רב הקווים שנבחנו הראו שרידות טובה ויכולת גידול ופריחה, כאשר עצים מורכבים הראו פריחה מוקדמת ועשירה יותר וכן חנטה מוקדמת. שנית, ניתן לשמור על תנאי גידול מתאימים לקקאו בתנאי הבשור באמצעות שילוב של המתזה, אוורור וחימום, אמצעים פשוטים יחסית ולא מאוד יקרים. שלישית, הופיעו חנטים ראשוניים – ממצא מבטיח לפיתוח מסחרי. עם זאת, יש לבסס נתוני יבול מלאים, לבחון שיפור האבקה טבעית ושיטות עיצוב הצמח לשיפור תנאי המיקרואקלים ומיקסום היבול. בנוסף, ישנו צורך לבחון את איכות היבול שיתקבל.



איור 10. פירות בגילאים שונים על עץ קקאו מורכב (עץ מס' 10 על כנת SH-4) השתול בקרקע.

- Acheampong, K., Hadley, P., & Daymond, A. J. 2013. Photosynthetic activity and early growth of four cacao (*Theobroma cacao* L.) genotypes as influenced by different shade regimes under West African dry season conditions. *Experimental Agriculture*, 49(1), 31–42.
- Baligar, V. C., Bunce, J. A., Machado, R. C. R., & Elson, M. K. 2008. Photosynthetic photon flux density, carbon dioxide concentration, and vapor pressure deficit effects on photosynthesis in cacao seedlings. *Photosynthetica*, 46(2), 216–221.
- Daymond, A. J., & Hadley, P. 2004. The effects of temperature and light integral on early vegetative growth and chlorophyll fluorescence of four contrasting genotypes of cacao (*Theobroma cacao*). *Annals of Applied Biology*, 145(3), 257–262
- Diczbalis, Y., Lemin, C., Richards, N. & Wicks, C. 2010 .*Producing Cocoa in Northern Australia* ,BARTON: Rural Industries Research and Development Corporation.
- Huda-Shakirah, A.R., Mohamed Nor, N.M.I., Zakaria, L., Leong Y.H. & Mohd M.H. 2022. Lasiodiplodia theobromae as a causal pathogen of leaf blight, stem canker, and pod rot of *Theobroma cacao* in Malaysia. *Science Report*, 12, 8966. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13057-9>
- Melnick, R.L. 2016. Cherelle Wilt of Cacao: A Physiological Condition. In: Bailey, B., Meinhardt, L. (eds) *Cacao Diseases*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24789-2_15.
- Schroth, G., Läderach, P., Martinez-Valle, A. I., Bunn, C., Jassogne, L., & Autumn, S. 2016. Vulnerability to climate change of cocoa in West Africa: Patterns, opportunities and limits to adaptation. *Science of the Total Environment*, 556, 231–241.
- van Vliet, J & .Giller, K .E., 2017 .Mineral Nutrition of Cocoa: A Review .*Adv. Agron*, Issue, 141pp. 185–270, <https://doi.org/10.1016/BS.AGRON.2016.10.017>.
- Weinstein, M., Baram, S., Yermiyahu, U., Leiberman-Lazarovich, M., Tsehansky, L., Elmakias, A., Kumar, P. and Graber, E.R. 2024. Nitrogen, phosphorus and potassium nutrition effects on flowering and reproduction in an F1 segregating population of the *Theobroma cacao* L. CCN-51 cultivar. *Scientia Horticulturae*. 337:113591. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113591/>
- Wibaux T., P.É. Lauri, A.A. M'Bo Kacou, O.P. Kouakou and R. Vezy. 2025. A spatial perspective on flowering in cauliflorous cacao: architecture defines flower cushion location, not its early activity. *Annals of Botany* 136: 309–323.
- Wood, G. A. R., & Lass, R. A. (1985). *Cocoa* (4th ed.). Longman.