

## בתי צמיחה

*1993/94* העשרת מנהרות עבירות לגידול מלונים בפחמן דו חמצני

אריה קניג, משה בן דר - תחנת נסיונות "ערבה"

שלמה קרמר - שה"מ - לשכת הדרכה נגב

בעקבות ניסויים שנערכו בערבה נמצא כי העשרת מלונים הגדלים במנהרות עבירות בפד"ח (בפחמן דו חמצני) מביאה לתוספת יבול עד כדי הכפלתו (די"ן וחוברין, 1991). הבעיה העיקרית המתעוררת היא הניגוד שבין הצורך בפד"ח והנזק הנגרם מטמפרטורות גבוהות מדי (פגיעה באיכות). עבודה חישובית קודמת הראתה כי אזורר והעשרה בו זמניים ומינון מתואם יכולים להשיג אופטימום כלכלי של התהליך (עומיחוס, 1989) ניתוח כלכלי שנערך על ידי ועדיה ואופנבר, 1991, מצביע על הכדאיות הכלכלית של תוספת הרווח הצפויה לחקלאי, כתוצאה משימוש בהעשרה בשיטת הפעימות. הניתוח הראה כי השקעה רבה במיכל פד"ח בינוני (5 טון) או מיכל מרכזי גדול בשילוב עם טכניקת העשרה בפעימות הינה כדאית כלכלית ורווחית. השערת המחקר הנוכחי היא כי ניתן להגביר את התועלת הכלכלית מהעשרה בפעימות של חממות מלונים בפד"ח בתנאי האקלים של הערבה. במהלך עונת 91-92 הוחל במאמץ ללימוד הנושא מהבחינות הפיסיולוגיות וההנדסיות. בשנה זו נבנתה בתחנת נסיונות ערבה תשתית של 8 יחידות לצורך לימוד נושא ההעשרה בפד"ח. היחידות בנויות על בסיס של מנהרות עבירות רחבות, עם וילונות צד ממונעים, בממדים של 12 x 9 ובגובה של 3.20. תוצאות הניסוי הצביעו על תוספת של כ- 80% ביבול בתגובה להעשרה ב-CO<sub>2</sub> לרמה של 1000ppv. לתוספת CO<sub>2</sub> היתה השפעה ניכרת על הבכרת הפרי. התוצאות מראות על הבכרה של כ-10 ימים בטיפול ההעשרה לעומת הביקורת (קניג וסגיבר, 1993). תוצאות בכיוון דומה התקבלו גם בצפיפויות צמחים גדולות

כאשר עיקר השפעת הפרי בצפיפויות אלה היה על הבכרה ניכרת בהבשלת הפרי (קניג, 1994).

בעקבות תוצאות אלה תוכנן בעונת 93-94 ניסוי ללימוד ההשפעה המשולבת של CO<sub>2</sub> וטמפרטורת לילה על גידול מילון מודלה.

מטרות הניסוי היו לבחון את:

- תגובת הגידול להעשרה ב-CO<sub>2</sub>.
- תגובת הגידול לשינוי במהלך היומי של העשרה ב-CO<sub>2</sub>.
- תגובת הגידול לחימום לילה.
- תגובת הגידול להשפעה המשולבת של העשרה ב-CO<sub>2</sub> וחימום לילה.

#### שיטות וחומרים

באותה מערכת גידול המתוארת לעיל נזרעו בתאריך 25.11.93 מלונים מזן ערבה. פירוט של מערכת הגידול ואיסוף הנתונים מתואר אצל קניג 1993. סיכום של נתוני הניסוי הנוכחי מובא בטבלה מס' 1.

#### טבלה מס' 1

סיכום נתונים של ניסוי העשרה ב CO<sub>2</sub> וחימום לילה בתחנת נסיונות ערבה בעונת 1993/4

אתר הנסוי	תחנת נסיונות ערבה
זן מלון	ערבה
תאריך זריעה	25 בנובמבר, 1993
צפיפות זריעה (מ <sup>2</sup> )	2.7
שטח טיפול (מ <sup>2</sup> )	75
שטח לקטיף (מ <sup>2</sup> )	37
תחילת קטיף	28 בפברואר, 1994
סיום קטיף	1 במאי 1994

פירוט הטיפולים מובא בטבלה 2. העשרה ב CO<sub>2</sub> בכל טיפולי ההעשרה היתה לרמה של 1000ppv, כאשר טיפול הביקורת לא הועשר כלל (-330ppv) בטיפולי חימום לילה המינהרה חוממה כאשר הטמפרטורה ירדה מ - 15°C. בטיפולים ללא חימום הטמפרטורה בלילה במהלך הניסוי לא ירדה מ 10°C, פרט לשבוע הראשון של פברואר. לכן מצוין טיפול זה כחימום ל - 10°C. כל טיפולי ההעשרה כללו העשרת קצוות, כאשר העשרה בפעימות התבצעה למשך 2 שעות ו- 4 נטו של העשרה שעות בטיפולים E+2 ו-E+4, בהתאמה, בשתי רמות החימום. בהתאם, בטיפולים אלה נפרשה ההעשרה בפעימות באופן אחיד בין השעות 9.00 ל-3.00 אחר הצהריים.

#### תוצאות ודין

התוצאות המובאות בטבלה 3 וציור 1 מצביעות על תגובה משמעותית של ביצועי מלון מודלה להעשרה ב- CO<sub>2</sub> וחימום לילה. העשרה מקסימלית במשך היום וחימום לילה ל-15°C (טיפול E+4:H) הניבו את היבול הגבוה ביותר 14.1 טון לדונם, לעומת 8.2 טון לדונם בטיפול הביקורת (טבלה 3). מעניין לציין כי חימום בלבד גרם ליבול נמוך יותר מהביקורת וזאת כנראה משום נשימת יתר בטיפול החמום שגרמה לגידול נטו קטן יותר מאשר הביקורת. העשרה בלבד ללא חימום הביאה לתוספת של כ- 3 טון לדונם. העשרת קצוות וקצוות עם העשרה בפעימות למשך שעתיים (E+2 ו-E) לא הביאה לתגובה משמעותית יחסית לטיפול הביקורת. יש לציין שטיפול E ויותר מכך הטיפולים E+2 ו-E+4 גרמו להבכרה בהבשלה יחסית לטיפול הביקורת (טור החציון בטבלה 3). ההבכרה מבטאת כאן כיבול שנקטף עד למחצית תקופת הקטיף, 35 יום. בטיפול E+4:H (חימום והעשרה מקסימלית) נרשמה ההבכרה הרבה ביותר: 9.7 טון לדונם לעומת 2.5 טון לדונם בטיפול הביקורת.

השוואת ההבכרה בטיפולים השונים נראית בצורה ברורה בציור מס' 2. במהלך החלק המאוחר של תקופת הקטיף הניב טיפול הביקורת כמות דומה ליבול שהתקבל בטיפול העשרה מקסימלית (E+4) ואף יותר מטיפול העשרה מקסימלית

והימיום לילה (E+4:H), לעומת זאת, טיפולי העשרה בפולסים למשך שעותיים ביום וללא הימיום (E+2 - O) הינו בחלק המוקדם של עונת הקטיף כמות דומה להעשרה בפולסים למשך 4 שעות ביום (E+4), אך הינו פחות פרי בחלק המאוחר של העונה (ציורים 1 ו-2). תופעה זו התרחשה כנראה כתוצאה מפרקי זמן ארוכים במשך היום בהם הצמחים היו תחת ריכוזי CO<sub>2</sub> נמוכים. כתוצאה מכך, במועד הגל השני התקבלו מספר מופחת של פרחי נקבה, חנטת פירות לקויה והתייבשות חנטים גדולים עד לקוטר של כ- 4 ס"מ תופעה זו דומה לאשר התרחש בהפסקה מוחלטת של ההעשרה שבועיים לאחר החנטה כפי שדווח על ידי קניג וסג'נר, 1993.

## טבלה מס' 2

פירוט הטיפולים של ניסוי העשרה ב - CO<sub>2</sub> והימיום לילה בתחנת נסיונות ערבה בעונת 1993/4

טיפול	לילה חימום (°C)	משך העשרה (hr)	רכוז CO <sub>2</sub> (ppv)
O	10	0	~330
O:H	15	0	~330
E	10	קצוות	1000
E:H	15	קצוות	1000
E+2	10	קצוות + ~2	1000
E+2:H	15	קצוות + ~2	1000
E+4	10	קצבות + ~4	1000
E+4:H	15	קצוות + ~4	1000

איכות הפרי, המבוטאת בטבלה 3 כאחוז הפרי הראוי ליצוא מכלל הפרי הקטוף, לא היתה שונה מהותית בין הטיפולים. חריגה מסוימת כלפי מעלה

נרשמה בטיפול E+2 וכלפי מטה בטיפול E+4:H כללית תוצאות האיכות אינן שונות משמעותית בין טיפולי ההעשרה וחימום לילה לבין הביקורת. מהשוואה בין הטיפולים השונים עולה כי חימום לילה בלבד לא הגדיל את היבול ואף הפחיתו במידה מסויימת. לעומת זאת העשרה מקסימלית במשך היום מלווה בחימום לילה הניבה יכול גבוה יותר מאשר העשרה בלבד. נראה מהתוצאות על קיום לכאורה של סינרגיזם בין השפעות העשרה ב - CO<sub>2</sub> וחימום לילה. ההסבר לכך נעוץ כנראה בקשר בין תהליכי הפוטוסינתזה והנשימה. קיבוע של כמויות גדולות של CO<sub>2</sub> במשך היום מצריך קצב גדול יותר של תהליך הנשימה לשם ייצור תרכובות מבניות. הגדלת הטמפרטורה בלילה ל 15°C מאפשרת לתהליך הנשימה להתבצע גם בשעות הקרות ובכך מגדילה את כמות הפוטוסינטטים המוטמעים לתרכובות מבניות.

מטבלה 3 נראה כי עיקר תוספת היבול בטיפול ההעשרה וחימום לילה נבע מעליה במספר הפירות. התמונה ברורה יותר כאשר בוחנים את נתוני היבול ומספר פירות על בסיס יחסי, כפי שמובא בטבלה 4. טבלה 4 מצביעה כי גודל הפרי הממוצע המבוטא כמספר פירות סגולי (מספר יחסי/יבול יחסי) קטן עם עלייה ברמת ההעשרה ועם תוספת חימום לילה. זאת משום העליה במספר פירות כתוצאה מהעשרה וחימום לילה.

כאשר בוחנים את קצב גידול הפירות (צויר 3) רואים כי ניתן לחלק את גידול הפרי לשני שלבים.

השלב הראשון של גידול הפרי מאופיין בקצב גידול מהיר, בעוד השלב השני מתאפיין בקצב גידול איטי מאוד. המעבר משלב לשלב בולט בייחוד בטיפול ההעשרה בפולסים למשך 4 ביום (E+4 - I E+4) ומתרחש כשבועיים לאחר חנטה. תופעה דומה לזו נצפתה על ידי קניג וסגינר 1993, בגידול מילונים מועשרים ב CO<sub>2</sub>. גם באותו ניסוי דווח על ירידה משמעותית בקצב גידול הפרי כשבועיים לאחר חנטה. ראוי לציין כי חימום לילה בנוסף להעשרה ממתן את הירידה בקצב גידול הפרי לעומת העשרה בלבד. תופעה זו בולטת בעיקר

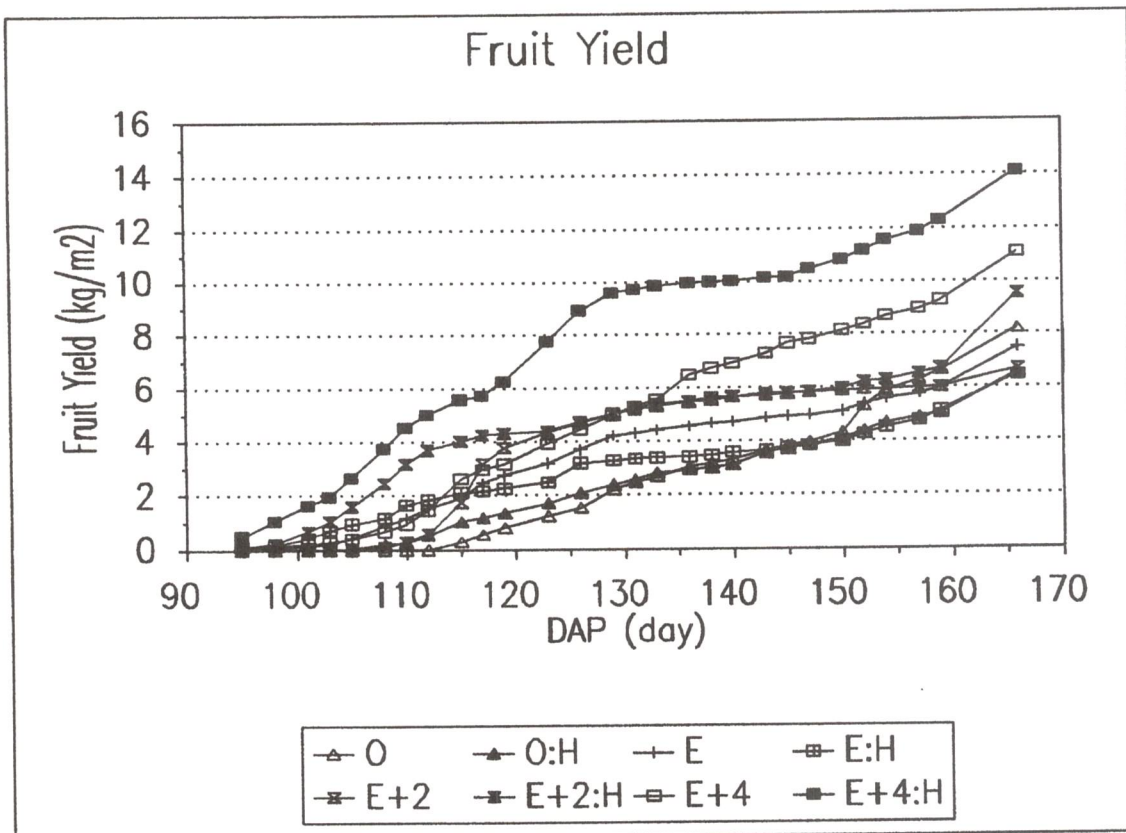
בטיפול: E+4:H - | E+2:H.

טבלה מס' 3 - השפעת הטיפולים על יבול מלונים ואיכות יצוא

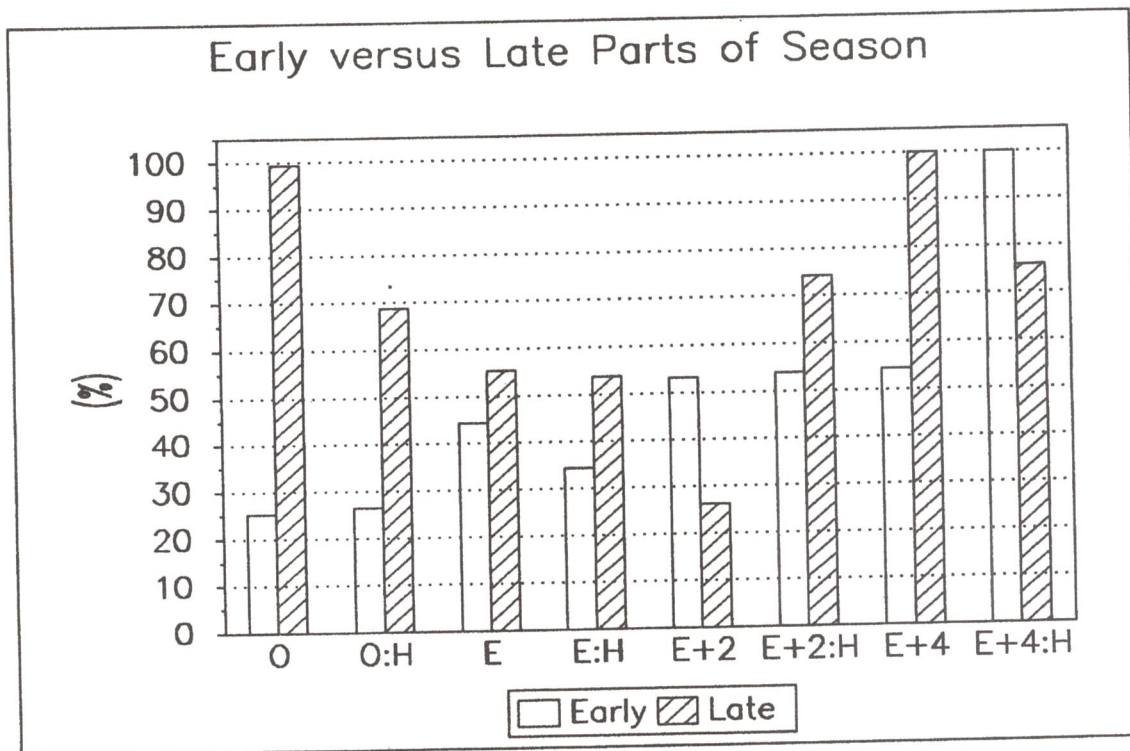
איכות (%)	מספר פירות (plant 1)	חציון <sup>2</sup> kg/m	יבול <sup>2</sup> kg/m	טיפול
87	4.1	2.5	8.2	O
82	3.5	2.6	6.5	O:H
83	4.6	4.3	7.5	E
78	4.0	3.3	6.4	E:H
95	3.0	5.2	6.7	E+2
83	5.4	5.2	9.5	E+2
84	7.4	5.3	11.1	E+4
79	9.0	9.7	14.1	E+4

ציור מס' 1

המהלך העונתי (ימים לאחר זריעה DAP) של יבול מצטבר (Fruit Yield) כתלות ברמת העשרה ב-C<sub>2</sub>, משך זמן העשרה וחימום בלילה



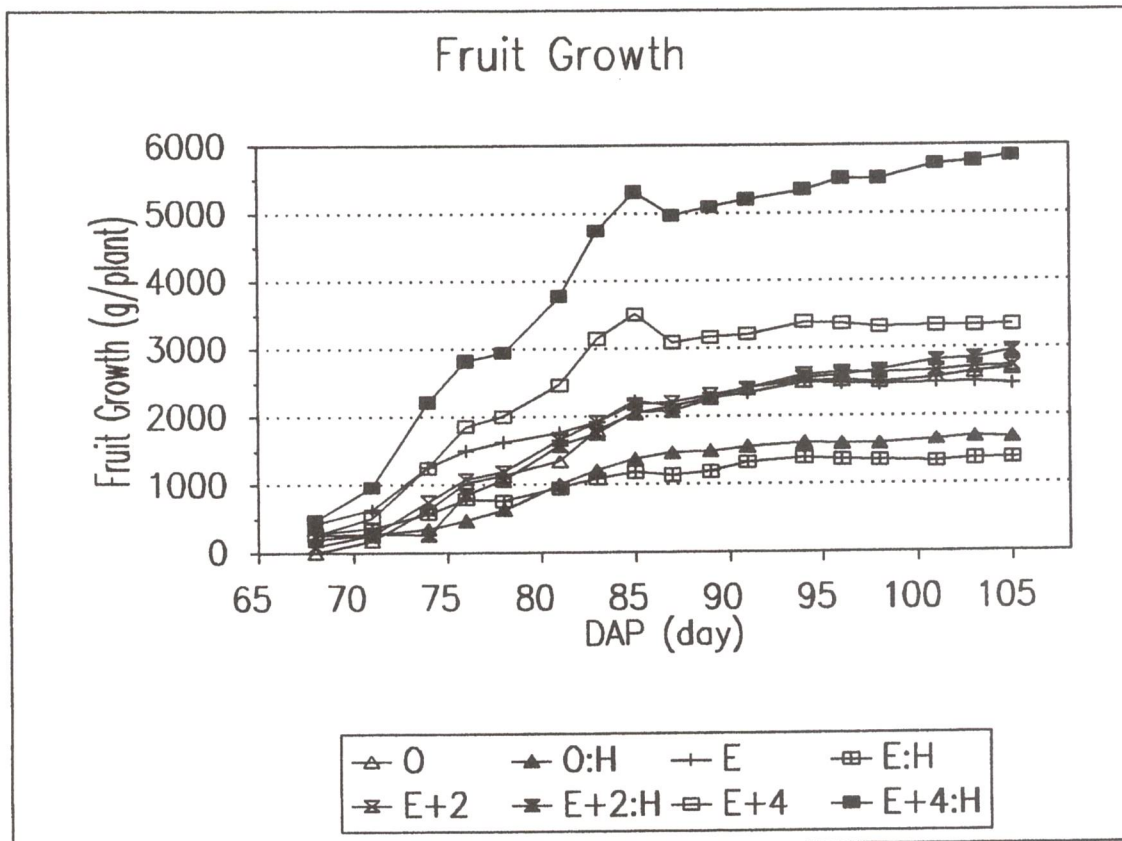
**ציור מס' 2**  
**השוואה בין יבול החלק המוקדם של עונת הקטיף לחלק המאוחר בין הטיפולים**  
**השונים כפי שפורטו בטבלה מס' 2**



**טבלה מס' 4 - יבול יחסי ומספר פירות יחסי בניסוי העשרה וחימום לילה**

טיפול	יבול (%)	יחסי	מספר פירות יחסי	מספר פירות סגולי
O	58		45	0.78
O:H	46		39	0.85
E	53		51	0.96
E:H	46		44	0.97
E+2	47		33	0.70
E+2:H	68		60	0.89
E+4	79		82	1.05
E+4:H	100		100	1.00

ציר מס' 3  
 מהלך (ימים לאחר זריעה DAP) של משקל פרי טרי מצטבר לצמח (Fruit Growth)  
 כתלות בטיפולים המפורטים בטבלה מס' 2



### מסקנות

מתוצאות הניסוי ניתן להסיק כי לחימום לילה בנוסף להעשרה ב- CO<sub>2</sub> ביום יש יתרון לעומת העשרה בלבד. לא נמצא כל יתרון להעשרה בקצוות היום בלבד.

טיפולים אלו הראו על ירידה בביצועי גידול המילון בהשוואה לביקורת ללא העשרה וחימום. העשרה בפולסים במשך היום הניבה תוצאות יפות כאשר ניתנו 4 שעות לעומת 2 בלבד. הטיפול האחרון הניב תוצאות משביעות רק בחלק הראשון של תקופת הקטיפי אך לא בחלקה השני. בנוסף, טיפול זה כמו גם העשרת קצוות גרם לירידה בכמות פרחי נקבה, בחנטה ולנשירת פירות במועד



גל הפירות השני.

ניתן להסיק כי בגידול מלוני ערבה במנהרות בעיצוב צמח מודלה משך זמן ההעשרה ב-CO<sub>2</sub> חייב להיות מקסימלי: כ - 4 שעות נטו של העשרה בין 9.00 בבוקר ל-3.00 אחר הצהריים. בתנאים אלה בכדי להפיק את מקסימום ביצועי הגידול יש ללוות את ההעשרה בחימום לילה לטמפרטורה גבוהה מ 12°C. בכדי לבחון את הכדאיות הכלכלית של הפרוטוקול המוצע בעבודה זו נערכה הערכה כלכלית של ביצועי הגידול כנגד ההוצאות הכרוכות בתשתיות המוצעות של אוטומציה ומערכת העשרה ב- CO<sub>2</sub> תעשייתי קר. הנתונים נאספו ממקורות שונים ונתוני המכירה נאספו מחקלאים אשר שיווקו ליצוא אותה תקופת קטיף כמו בניסוי הנוכחי. ראשית תורגמו חלק מנתוני היבול בטבלה 3 לתוצאות כספיות.

טבלה מס' 5 - השפעת ממשק הגידול על הבכרת מלון אביבי מודלה במנהרות בעונת 1993/4

סוג	ממשק	הכנסות לאחר הוצאות שיווק ש"ח		יבול טון/לדונם	
		לאחר 35 יום	סופי	לאחר 35 יום	סופי
גידול רגיל	8,800	18,600	2.5	8.2	
תוספת חימום	10,950	20,025	2.6	6.5	
תוספת CO <sub>2</sub>	14,800	30,950	5.3	11.1	
תוספת CO <sub>2</sub> וחימום	41,200	59,900	9.7	14.1	

מטבלה 5 ניתן לראות כי ההבכרה המושגת בטכנולוגיות העשרה וחימום לילה הינה בעלת משמעות כלכלית. ההבכרה בשילוב עם אחוז גדול יותר של פירות גדולים גרמו לגידול רב בהכנסות יחסית לביקורת. נתוני הכנסות אלה בשילוב עם הוצאות שוטפות, הוצאות להחזר הון והוצאות עבודה מסוכמים בטבלה 6. סיכום הניתוח הכלכלי המובא כאן הוא עבור מערכת ניסויית

ואינו מצביע בהכרח כי תוצאות זהות יושגו במערכות מסחריות מקובלות. בכל מקרה, התוצאות המובאות כאן מצביעות כי כדאי לבחון את הטכנולוגיה המוצעת כאן במערכות מסחריות תוך לימוד הבעיות הכרוכות במעבר לקנה מידה מסחרי.

טבלה מס' 6 - סיכום תחשיב מילון אביבי מודלה במנהרות

השוואה בין ממשקי גידול שונים (ערכים בשי"ח לדונם)

תוספת CO2 וחימום	תוספת CO2	תוספת חימום	גידול רגיל	
14	11	6.5	8	יבול (טון לדונם)
59,900	30,950	20,025	18,600	הכנסות לאחר הוצאות שיווק
14,681	9,681	10,361	5,361	עלות ייצור
45,219	21,269	9,664	13,239	תרומה א'
4,500	4,050	3,330	3,525	הוצאות עבודה
40,719	17,219	6,364	9,714	תרומה ב
5,658	3,211	2,885	439	החזר הון כולל מענק
35,034	14,008	3,479	9,275	תרומה ג
378	151	38	100	תרומה ג ב-%
887	473	261	331	תרומה ליום עבודה