

האם פחמן דו-חמצני מפריע להתקדמות צבע פירות הדר בעת ההבחלה המסחרית? ומה התנאים המשפיעים על הצטברות CO_2 בחדר*

האיוורור להבטחת הספקת חמצן תקינה – מעל 15%, רמה המצויה תמיד בחדר, גם בתנאי איוורור גרועים ביותר. לפעמים אין האיוורור מונע הצטברות CO_2 בחדר.

כיוון שידוע לנו, שתנאים בחדרי הבחלה מסחריים שונים מהתנאים במעבדה, בהם ערכנו את ניסויי ההבחלה, רצינו לברר אם רמת האיוורור בחדר ההבחלה משפיעה על הצטברות CO_2 ; והאם רמה גבוהה של CO_2 בחדר ההבחלה משפיעה על התהליך עצמו ועל איכות הפרי המובחל בתנאים מסחריים.

שיטות עבודה

ערכנו ניסויים בשלושה בתי אריזה להדרים – אדיר רחובות – א', יכין יבנה – ב' ותנובה בילו – ג'. בכל בית אריזה בחרנו בזוג חדרים זהים בגודל, במבנה ובמערכת ההבחלה. תפוסת הפרי בחדרים בעת הניסויים היתה כ־100 – 120 מיכלי תפוזת בכל חדר. בכל ניסוי חילקנו פרי משלושה סטים שונים לשניים; חצי מכל סט הכנסנו לכל אחד מזוג החדרים.

בעת ההבחלה בבתי האריזה א' ו־ב' סידרנו תנאי איוורור טובים בחדר אחד – מעל 4% אוויר טרי לדקה, וגרועים בחדר השני – פחות מ־1% אוויר טרי לדקה.

התנאים בהם ערכנו את הניסוי בבית אריזה ג' היו שונים במקצת: איוורור רב יחד עם זרימת אתילן גדולה, שוטפת בחדר אחד; ואיוורור מועט ביותר יחד עם זרימת אתילן שוטפת קטנה בחדר שני (טבלה 1).

הטמפרטורה בחדרי ההבחלה היתה בכל הניסויים בין 24 ל־26 מ"צ והלחות היחסית כ־90%.

ההמלצות הניתנות כיום לבתי אריזה להדרים בארץ מחייבות הכנסת אוויר טרי לחדרי הבחלה בשיעור של 4% לדקה, כדי למנוע הצטברות של CO_2 בחדרים. כלומר, האוויר בחדרי ההבחלה מתחלף בשיעור 2.4 פעמים בשעה. מציאת CO_2 בחדר ההבחלה בריכוז גבוה מ־0.2%, מצביעה, לדעת מפקחי בתי האריזה בארץ, על איוורור לקוי הגורם לעיכוב בהתפתחות הצבע בפרי המובחל, ולרוב הפגמים האחרים המופיעים בפרי. הגדלת פתחי פליטת האוויר, פתיחת חלונות נוספים בוילון הדחיסה והרמת וילון הדחיסה לא תמיד מביאות להורדת רמת ה־ CO_2 בחדר ההבחלה, ומאידך גורמות לביזבזז אתילן, ובעיקר להפסדי חום ולחות מחדר ההבחלה.

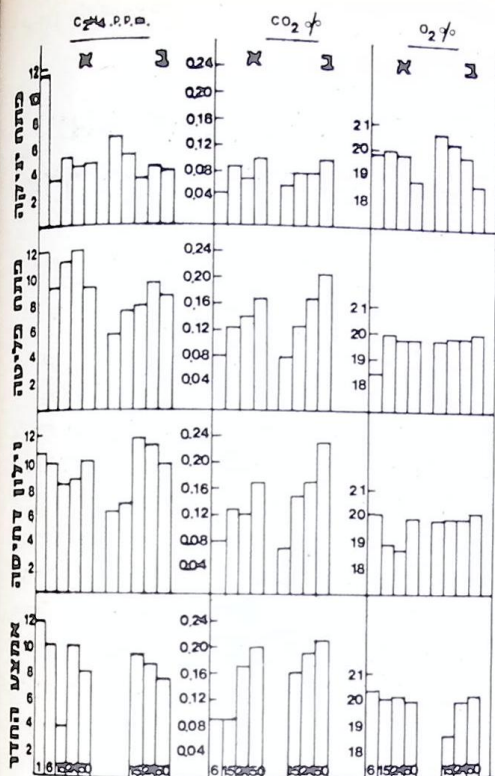
ההמלצות הנ"ל נבעו מהדיעה שהיתה קיימת לפני שנים רבות, הטוענת שריכוז גבוה של CO_2 , מעל ל־1.0%, בחדר ההבחלה גורם לעיכוב בהתפתחות הצבע האופייני בפרי ההדר המובחל (3, 4, 5, 8).

במחקר שעשינו בתנאי מעבדה בהבחלת תפוזי שמוטי באתילן מצאנו (1), שתערובת אוויר המכילה 5% CO_2 , לא גרמה לעיכוב בהתפתחות הצבע בקליפת הפרי – כאשר ריכוז החמצן באוויר היה נורמלי. מאידך, חל עיכוב בהתפתחות הצבע של קליפת הפרי המובחל כאשר ריכוז החמצן באוויר היה נמוך מ־15%, וריכוז CO_2 היה נורמלי, כמו באוויר.

מכאן היגענו להשערה, שלמעשה מיועד

* מפרסומי מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני, סדרה מס' 1842.

** מרכז וולקני, המחלקה לאחסון פירות וירקות.



שעות הבחלה

במשך ההבחלה עקבנו אחר הרכב האוויר שנוצר בחדר, דהיינו ריכוז חמצן, CO_2 ואחילון, ובתום ההבחלה הישונו את צבע הפרי שהתפתח בחדרי ההבחלה השונים.

לשם קביעת הרכב האוויר בחדרי ההבחלה השונים, לקחנו בעזרת מזרקים דוגמאות של אוויר מארבעה מקומות שונים בכל חדר: מפתח היניקה, מפתח הפליטה, סמוך לוילון הדחיסה, ומבין הפירות המצויים במיכל התפזורת האמצעי, העומד באמצע חדר ההבחלה. הדבר התאפשר עלידי השחלת צינור גומי דק בעת מילוי החדר, אשר קצהו האחד הונח בין הפירות במיכל שבאמצע החדר וקצהו השני בלט מחוץ לחדר ההבחלה.

בתום ההבחלה העברנו את הפרי במערך בית האריזה, הישונו את התקדמות הצבע ואת אחוז הבררה בפירות בסטים השונים, כן לקחנו 4 קרטונים מכל סיפול לאחסון למשך חודש בטמפרטורה של $14^{\circ}C$. בפירות אלו בדקנו הפסד במשקל הפרי, מהלך הנשימה והפרשת האחילון, שינויים בהרכב הכימי של הפרי, התפתחות פגמים והופעת רקבונות.

תוצאות ומסקנות

הבחלה בבית אריזה א'

ההבדל בהרכב האוויר שנוצר בשני חדרי ההבחלה - החדר המאוורר בהשוואה לחדר הפחות מאוורר - היה קטן ולא קבוע, וזאת כאשר זרימת האחילון השוטפת בשני החדרים והטמפרטורה ששררה היו כמעט דומים (ציור 1). בפתח היניקה היו ריכוזי האחילון וה- CO_2 נמוכים בדרך כלל מאשר בתוך החדר, אולי בגלל מיהול האוויר בחדר עם האוויר הטרי שנכנס. ביתר המקומות בהם לקחנו דגימות - פתח הפליטה, וילון הדחיסה ואמצע החדר - לא היו הבדלים בולטים בהרכב האוויר וברמת האוויר, הן בתוך החדר והן בין שני החדרים: החמצן נע בין 18.5% ל- 20.5% CO_2 0.16% - 0.20% והאחילון 8 - 10 ח"מ. לא היה הבדל בצבע הפרי המובחל.

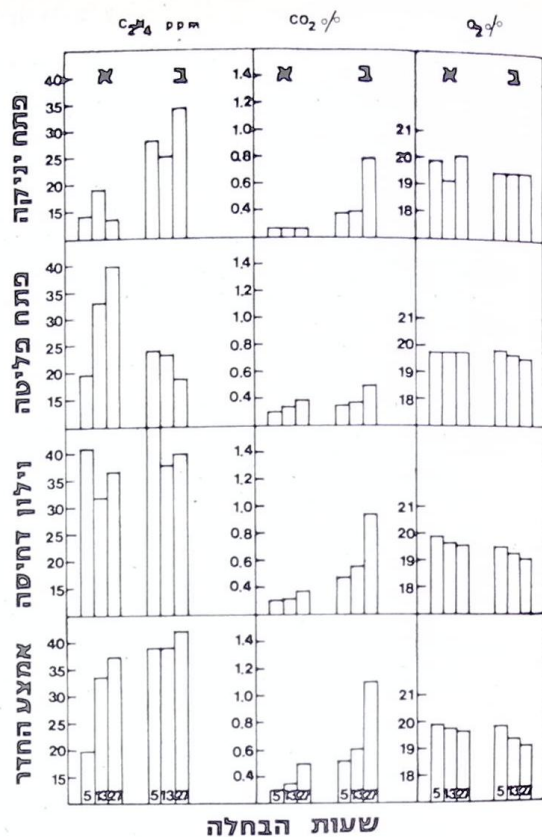
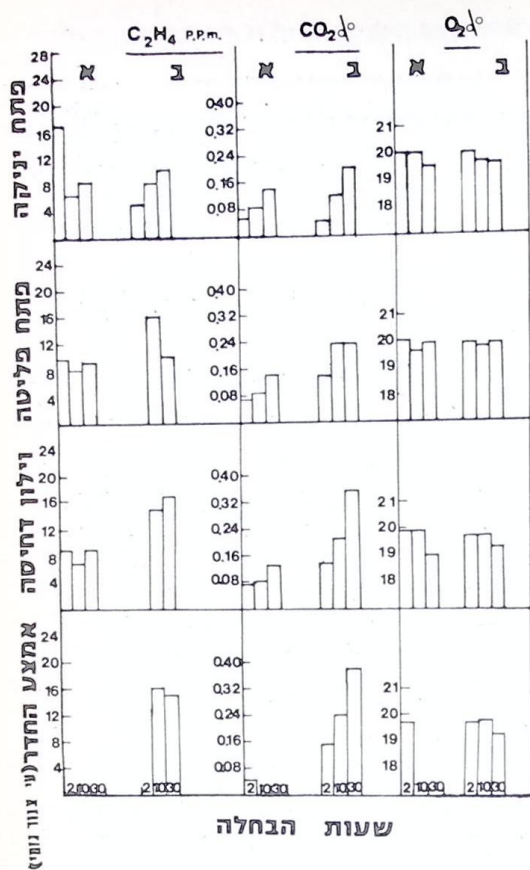
הבחלה בבית אריזה ב'

הרכב האוויר שמצאנו בחדר עם האוויר המועט ביותר (חדר כמעט אטום) דמה ברמת החמצן לזה

1. הרכב האוויר בעת ההבחלה בחדרים בעלי רמות איורור שונות (בית אריזה אדיר רחובות). א - חדר מאוורר; ב - חדר בלתי מאוורר

שבחדר המקביל, המאוורר היטב. לעומת זאת היה שוני ברמת האחילון וה- CO_2 שהיתה גבוהה יותר: ריכוז החמצן בשני החדרים היה 19% - 20% , ריכוז ה- CO_2 הגיע במקומות מסויימים, בחדר הלא מאוורר, ל- 0.38% ובחדר המאוורר ל- 0.16% וריכוז האחילון הגיע, בחדר הלא מאוורר, ל- 16 ח"מ ובמאוורר ל- 8 ח"מ (ציור 2). הרכב האוויר שמצאנו בחדר הלא מאוורר מעיד על מציאותם של סדקים בקירות, דרכם עבר מבחוץ לתוך חדר ההבחלה מספיק אוויר המכיל 21% חמצן, וכך נשמרה רמת חמצן גבוהה. לעומת זאת, פיעפוע עודף ה- CO_2 והאחילון מתוך חדר ההבחלה החוצה היה איטי, כנראה בגלל הריכוז הנמוך של הגזים האלה. גם בניסוי הזה היה צבע הפרי המובחל טוב, ללא הבדל בין הפרי שהובחל בשני החדרים השונים.

משני הניסויים היה ברור שרמת ה- CO_2 הנמצאת בחדר ההבחלה אינה תלויה רק ברמת האוויר.



3. הרכב האוויר בעת ההבחלה בחדרים בעלי רמות איורור שונות (בית אריזה תנובה בילו). א – חדר מאוורר; ב – חדר בלתי מאוורר

2. הרכב האוויר בעת ההבחלה בחדרים בעלי רמות איורור שונות (בית אריזה יכין יבנה). א – חדר מאוורר; ב – חדר בלתי מאוורר

חשיבות בתהליך ההבחלה היה דומה בשני החדרים 19% – 20%; ריכוז האתילן במשך ההבחלה עלה ל-40 ח"מ; ריכוז ה- CO_2 הגיע בחדר המאוורר ל-0.5% ובחדר הלא מאוורר ל-1.1%. לדעתנו, העליה בריכוז האתילן נגרמה בגלל זרימה שוטפת גדולה של האתילן בחדר המאוורר, והצטברות האתילן בגלל איורור לקוי במיוחד בחדר השני. במחקר אחר מצאנו קשר בין העליה בריכוז האתילן בעת ההבחלה לבין העליה בעוצמת הנשימה ופליטת CO_2 בפ"מ המובחל (1). את העליה בריכוז CO_2 שנתקבלה בהבחלה מסחרית במחקר זה, יש לייחס ישירות להשפעת ריכוז האתילן הגבוה בחדרים, ולא לרמת האיורור.

הבדיקות שעשינו בעת האריזה ולאחר האחסון, לקביעת איכות הפרי שהובחל בתנאים המסחריים הראו את התוצאות הבאות:

יתכן ומציאת CO_2 בריכוז גבוה קשורה בריכוז אתילן גבוה המצוי בחדר ההבחלה. למרות האיורור הלקוי שהיה בחדרים היתה רמת החמצן גבוהה, והבחלת הפירות היתה טובה.

הבחלה בבית אריזה ג'

בניסוי זה סידרנו חדר הבחלה אחד בעל איורור טוב (החלפת האוויר בחדר כל 20 דקות) יחד עם זרימת אתילן שוטפת גבוהה; וחדר הבחלה שני בעל איורור לקוי ביותר (החלפת אוויר כל 28 שעות) יחד עם זרימת אתילן שוטפת קטנה ביותר. פירוט התנאים מובא בטבלה 1.

למרות השוני הרב ברמת האיורור בשני החדרים ההבדלים בהרכב האוויר שנוצר במשך תהליך ההבחלה לא היו גדולים וגם לא קבועים (צוור 3): ריכוז החמצן אשר אנו מיחסים לו

טבלה 1. התנאים בחדרי ההבחלה בהם נערך הניסוי בבית אריזה ג'

התנאים	חדר 1	חדר 2
נפח חדר ההבחלה	198.5 מ ³	198.5 מ ³
כמות אוויר טרי לדקה, שנכנס	5.38%	0.06%
דרך פתח היניקה	3.24	0.036
מספר החלפות אוויר	החלפה כל 20 דקות	החלפה כל 28 שעות
זרימת אתילן שוטפת במשך ההבחלה	20-15 ליטר/שעה	5-3 ליטר/שעה

טבלה 2. אחוז הבררה בשמוטי, מובחל בתנאי איוורור שונים

הטיפול הפרדס	חדר 1 (מאוויר)			חדר 2 (לא מאוויר)		
	א	ב	ג	א	ב	ג
משקל הפרי ברוטו ק"ג (12 מיכלים)	4410	4560	3750	4400	4540	3700
משקל הפרי נטו ק"ג (פרי ארוז)	3320	3070	2610	3270	3050	2540
% הבררה	24.8	32.7	30.7	25.7	32.9	31.4

התפתחות הצבע - בסיום ההבחלה לא היה הבדל בצבע הפרי שהובחל בחדרי ההבחלה שהיו שונים ברמת האיוורור. כל הפרי הגיע לצבע הרצוי.

אחוז הבררה בעת האריזה מובא בטבלה 2. מהטבלה מתברר שלא היה הבדל באחוז הבררה בפרי שהובחל בשני חדרי ההבחלה, בפרי שנלקח משלושה פרדסים שונים. פירות הבררה נפסלו בגלל סיבות שונות בדומה לפירות בררה מסטים רגילים, שלא השתתפו בניסוי.

הפסד במשקל הפרי - לא היה הבדל בהפסד משקל הפירות שהובחלו בתנאי האיוורור השונים. ההפסד במשקל הפרי בטיפולים השונים נע בין 4.1% ל-4.6%, לאחר 30 יום ב-14 מ"צ. עוצמת הנשימה, פליטת האתילן וההרכב הכימי - לא היה הבדל בעוצמת הנשימה ובהרכב הכימי

של הפירות שהובחלו בתנאים השונים, בבדיקות שעשינו במשך חודש ימים, בפרי ששהה באחסון ב-14 מ"צ: עוצמת הנשימה של הפירות מכל הטיפולים היתה בתחילת האחסון 11-12 מ"ג CO₂/ק"ג/שעה ובתום האחסון 11.3 - 13 מ"ג CO₂/ק"ג/שעה. ההרכב הכימי של הפרי היה בתחילת האחסון 1.25% - 1.45% חומצה ציטרית ו-38% - 42% מיץ. ו-1.15% - 1.4% ח' ציטרית בסוף האחסון, כאשר באחוז המיץ כמעט ולא חל שינוי.

הרכב האווירה הפנימית בפירות לאחר האחסון - לא מצאנו הבדלים משמעותיים בריכוז החמצן הפנימי, ה-CO₂ והאתילן בפירות אשר הובחלו בתנאים שונים, והיו חודש ימים באחסון ב-14 מ"צ. תוצאות אלה היו דומות בפרי משלושה פרדסים שונים, (טבלה 3).

טבלה 3. הרכב האווירה הפנימית של הפרי המובחל בתנאי איוורור שונים

הפרדס	חדר הבחלה	פחמן דו-חמצני %	חמצן %	אתילן ח"מ
פרדס א'	מאוויר	11.23	3.90	0.25
	לא מאוויר	10.60	3.90	0.24
פרדס ב'	מאוויר	10.85	2.97	0.15
	לא מאוויר	11.10	3.40	0.16
פרדס ג'	מאוויר	9.73	3.47	0.18
	לא מאוויר	8.48	3.75	0.20

הפרדס	חדר ההבחלה	פגמים %			רקבונות %		
		קל	בינוני	ניכר	עובש	עוקץ	סה"כ
פרדס א'	מאורר	6.1	1.9	0	0.2	0	0.2
	לא מאורר	5.6	0.5	0.2	0	0	0
פרדס ב'	מאורר	7.9	4.4	0.2	0.2	0	0.2
	לא מאורר	7.8	2.4	0.7	0	0	0
פרדס ג'	מאורר	6.1	2.7	0.2	0.4	0.2	0.6
	לא מאורר	7.3	2.7	0.2	0	0	0

CO₂ בחדר הבחלה מסחרי, בריכוז גבוה מעל 1.0%, לא תמיד קשורה עם רמת האיוורור בחדרי ההבחלה. ריכוז CO₂ עלה בהשפעת הצטברות אתילן בחדרי ההבחלה. עליה ניכרת בריכוז CO₂ בחדר הבחלה מסחרי מצאנו גם כאשר הטמפרטורה בחדר ההבחלה היתה גבוהה, 28-30 מ"צ, למרות

הופעת פגמים והתפתחות רקבונות - לא היו הבדלים משמעותיים וקבועים בהופעת פגמים ובהתפתחות רקבונות בפירות שהובחלו בתנאים השונים, לאחר אחסון של חודש ימים ב-14 מ"צ (טבלה 4).
לסיכום אפשר לומר שמחקר זה הראה שמציאות

קוטל העשבים הסיסטמי
להדברת עשבים דגניים
חד ורב-שנתיים

מופץ ע"י:

מכתשים

מכתלים כימים בנ"ח

ייעוץ והדרכה: הסחלקה החקלאית ח.ר. 60



באסכמפון
כולל: משטח

מיוצר ע"י:

BASF



האתילן, תוך שמירה על התנאים הדרושים להבחלה בחדר, משך כל זמן ההבחלה. ניסויי הבחלה ראשונים שעשינו בשיטה זו ב-1975/76 הצליחו ובשנה הבאה נמשיך בהם.

רשימת ספרות

1. אליהו כהן. 1973. השפעת הרכב האוויר ורמת האווירור על הבחלת הפרי. עלון הנוסע 27, 115-122.
2. אליהו כהן, משקה שועלי. 1976. הבחלת תפוזי טבורי (נבל) בהשפעת ריכוז אתילן, טמפרטורה ולחות יחסית שונים. עלון הנוסע 1: 43-53.
3. Aharoni Y. and Lattar F.S. 1963. The effect of ethylene on the development of Navel orange color. Prelim. Rep. No. 426.
4. Anonymous, 1932. Coloring citrus fruit. Calif. Fruit Growers Exchanges. Unnumbered publication.
5. Burg, S.P. and Burg, E.A. 1967. Molecular requirements for the biological activity of ethylene. Plant Physiol. 42, 144-152.
6. Jahn O.L., Chace W.G. Jr. and Cubbage, R.H. 1969. Degreening of citrus fruits in response to varying levels of fruits in response to varying levels of oxygen and ethylene. J. Am. Soc. hort. Sci. 94: 123-125.
7. Gillespie K., Tugwell, B.L. 1975. New techniques in gas coloring citrus. Dept. Agric. South Australia, Spec. Bull. No. 4: 75.
8. Grierson W. and Newhall W.F. 1960. Degreening of Florida citrus fruits. Bull. Fla. Agric. Exp. Stan. 620.
9. Phan, Chon-Ton et Hsu, Hua, 1875. L'ethylene et le deverdisage des tissus vegetaux. Physiologie Vegetale, 13: 427-434.

שרמת האווירור וריכוז האתילן היו תקינים (2). בכל המקרים לא ירד ריכוז החמצן מ-19%, ריכוז אשר מבחינה ביולוגית אינו שונה מהריכוז המצוי באווירה נורמלית, ולכן לא היתה השפעה על התקדמות הצבע התקין של הפרי המובחל.

יוצא אפוא, שתוצאות הניסויים המסחריים שעשינו במחקר זה היו דומים לתוצאות המחקר הבסיסי שעשינו בתנאי מעבדה (1). עבודה אוסטרלית (7) הראתה שעוצמת ההבחלה של פרי הדר בעזרת אתילן ירדה כאשר ריכוז ה- CO_2 היה מעל ל-4.0%. במחקר אחר שפורסם ב-1975 (9) נמצאה השפעה סינרגיסטית (מעודדת) בולטת של ה- CO_2 באטמוספירה על פעילות אתילן חיצוני בפירוק הכלורופיל בעלי תרד "הבחלה". פעילות האתילן היתה מכסימלית כאשר ריכוז ה- CO_2 באוויר היה 10%. מימצא זה דומה מחד לתוצאות שלנו מ-1973 (1), אשר בהן טענו ש- CO_2 גם בריכוז של 5%, אינו מעכב פעילות של אתילן חיצוני בהבחלת פרי הדר, ומאידך מנוגד למה שעדיין נכתב ע"י חוקרים (7) ולמה שהיה מקובל מאז 1967 (5) בעת שפורסם ע"י Burg and Burg, שה- CO_2 מעכב פעילות האתילן בפירוק הכלורופיל.

מחקר זה עשוי לתרום מבחינה כלכלית לנושא של הבחלת פרי הדר. הבחלה מסחרית שתעשה ברמת אווירור קטנה, מסביב לחצי החלפת אוויר לשעה, במקום 2.5 החלפות אוויר כמקובל היום, מקטינה מאוד את האנרגיה המושקעת בחימום החדרים, חוסכת בגז האתילן ושומרת על לחות גבוהה בחדר. התנאים הנוצרים עשויים לדעת, לשמור טוב יותר על איכות הפרי המובחל.

מחקר זה הביא אותנו לפתח שיטה חדשה בהבחלת פרי הדר עם אתילן. השיטה מבוססת על הפסקות לסירוגין בחימום החדרים ובהורמת

תמרי עצים ופיתוח בע"מ

מקבלים עבודות עקירה של מטעים ופרדסים.
מעוניינים בקניית עצי ברז, אורן ואקליפטוס.
משלמים מחירים גבוהים.

בדבר פרטים

נא לפנות במשך שעות היום לטלפון: 03-611234, 03-613707.
בשעות הערב 03-754158.