

1999-2001

תקופת המחקר:

645-0029-01

קוד מחקר:

Subject: CO2 ENRICHMENT OF GREENHOUSES
ROSES

Principal investigator: ELI MATAN

Cooperative investigator: EHUD DAYAN, MARCEL
FUCHS, NISSIM PINES, ZVI PLAUT, YUNES MUGIRA

Institute: Southern R&D

שם המחקר: התאמת שיטת ההעשרה בפחמן
דו חמצני לשיטות הגידול ותנאי הסביבה
בחממות ורדים

חוקר ראשי: אלי מתן

חוקרים שותפים: אהוד דין, מרסל פוקס,
ניסים פינס, צבי פלאוט, יונס מוג'ירה

מוסד: מו"פ דרום, חוות הבשור, ד.ג. נגב 85400

תקציר

חשיבות ומטרות: בגלל מגבלות הנובעות מתנאי הטמפרטורה והקרינה המיוחדים לישראל והצורך התדיר לאוורר את החממות, השיטות המקובלות להעשרת חממות בפחמן דו חמצני (פד"ח) גורמות לבזבז פד"ח או לויתור על ההעשרה. מטרת העבודה הייתה לשפר את כלכליות העשרה חממות הורדים בפחמן דו חמצני (פד"ח) על ידי העשרה בכמויות פד"ח מבוקרות מותאמות מראש לצורכי הצמח, מאזני האנרגיה, דרישות האוורור ותחזית כלכליות.

מהלך ושיטות העבודה: פותח מזרק ואלגוריתם להעשרת חממות בפד"ח: המזרק מסוגל להעשיר בצורה מבוקרת ומדויקת שבע מערכות גידול לפי שבע תוכניות העשרה שונות. אלגוריתם הבקרה איפשר חישוב מראש של כמויות הפד"ח לפני כל הזרקה. המזרק והאלגוריתם נבחנו בתנאי שדה, שוכללו נבדקו והובאו לכלל פעולה מדויקת.

תוצאות עיקריות: נמצא שאפילו בחממה פתוחה ומאווררת דרישת הצמחים לפד"ח גבוהה מזו שהאוורור מספק. הוכח שעל ידי שימוש במזרק ובשיטות שפותחו בעבודה זאת ניתן לכסות את גרעון הפד"ח ולהשתמש לשם כך בכמויות פד"ח מבוקרות, המתאימות לצריכה מחושבת.

מסקנות והמלצות: ניתן להעשיר את החממות בכמויות מחושבות מראש אפילו בחממה פתוחה. ממצאים אלה מהווים בסיס איתן להמשך מחקר שיביא לפיתוח שיטה כלכלית להעשרה בפד"ח.

דו"ח לתוכנית מחקר 645-0029-01

העשרת חממות ורדים בפחמן דו חמצני.

CO₂ enrichment of roses in greenhouses

דו"ח סופי לחלק מעבודת המחקר שנעשה במסגרת מנהל המחקר החקלאי.

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

אהוד דיין. פיזיקה סביבתית- מינהל המחקר החקלאי- תחנת הניסויים גילת-בשור.
יוגני פרסנוב פיזיקה סביבתית- מינהל המחקר החקלאי- תחנת הניסויים גילת-בשור.
אליק סולפוי- מו"פ דרום-תחנת הניסויים-בשור.

Ehud Dayan . Environmental Physics, ARO Besor Exp. Stat. Mobile Post Negev 4.

Zip: 85400. E-mail: ehudayan@volcani.agri.gov.il

Eugene Presnov. Environmental Physics, ARO Besor Exp. Stat. Mobile Post Negev

Zip: 85400. E-mail: epresnov@volcani.agri.gov.il

Alik Slepoy. The southeren R&D. Besor Exp. Stat. Mobile Post Negev 4.

Zip: 85400. E-mail: alikzfy7@volcani.agri.gov.il

2000 JUN

סיוון חש"ב

אני מאשר

שהממצאים בדו"ח זה הנם תוצאות ניסויים ואינם מהווים המלצות לחקלאים

חתימת החוקר: אליק סולפוי



תקציר:

חשיבות ומטרות: בגלל מגבלות הנובעות מתנאי הטמפרטורה והקרינה המיוחדים לישראל והצורך התדיר לאוורר את החממות, השיטות המקובלות להעשרת חממות בפחמן דו חמצני (פד"ח) גורמות לבזבז פד"ח או לויתור על ההעשרה. מטרת העבודה הייתה לשפר את כלכליות העשרה חממות הורדים בפחמן דו חמצני (פד"ח) על ידי העשרה בכמויות פד"ח מבוקרות מותאמות מראש לצורכי הצמח, מאזני האנרגיה, דרישות האוורור ותחזית כלכליות.

מהלך ושיטות: פותח מזרק ואלגוריתם להעשרת חממות בפד"ח: המזרק מסוגל להעשיר בצורה מבוקרת ומדויקת שבע מערכות גידול לפי שבע תוכניות העשרה שונות. אלגוריתם הבקרה איפשר חישוב מראש של כמויות הפד"ח לפני כל הזרקה. המזרק והאלגוריתם נבחנו בתנאי שדה, שוכללו נבדקו והובאו לכלל פעולה מדויקת.

תוצאות עיקריות: נמצא שאפילו בחממה פתוחה ומאווררת דרישת הצמחים לפד"ח גבוהה מזו שהאוורור מספק. הוכח שעל ידי שימוש במזרק ובשיטות שפותחו בעבודה זאת ניתן לכסות את גרעון הפד"ח

ולהשתמש לשם כך בכמויות פד"ח מבוקרות, המתאימות לצריכה מחושבת.

מסקנות והמלצות: ניתן להעשיר את החממות בכמויות מחושבות מראש אפילו בחממה פתוחה. ממצאים אלה מהווים בסיס איתן להמשך מחקר שיביא לפיתוח שיטה כלכלית להעשרה בפד"ח.

משרד החקלאות - דו"ח לתוכניות מחקר

לקרן המדען הראשי

קוד זיהוי	א. נושא המחקר (בעברית)
645 - 0029 - 00	העשרת חממות ורדים בפחמן דו חמצני.

ג. כללי			
מוסד מחקר של החוקר הראשי			
סוג הדו"ח		תאריכים	
מסכם	תקופת המחקר עבורה מוגש הדו"ח	תאריך משלוח הדו"ח למקורות המימון	
		התחלה	סיום
		שנה / חודש	שנה / חודש
		01 / 00	11 / 02
		05 / 02	

ב. צוות החוקרים		
שם פרטי	שם משפחה	חוקר ראשי
אהוד	דיין	
חוקרים משניים		
1	דיין	אהוד
2	פרסנוב	יוגני
3	סולפוי	אלק
4		
5		
6		
7		

ד. מקורות מימון עבורם מיועד הדו"ח		
שם מקור המימון	קוד מקור מימון	סכום שאושר למחקר בשנת תיקצוב הדו"ח בשקלים
קרן מדען ראשי		

ה. תקציר
<p>חשיבות ומטרת: בגלל מגבלות הנובעות מתנאי הטמפרטורה והקרינה המיוחדים לישראל והצורך התדיר לאוורר את החממות, השיטות המקובלות להעשרת חממות בפחמן דו חמצני (פד"ח) גורמות לכזבזב פד"ח או לויתור על ההעשרה. מטרת העבודה הייתה לשפר את כלכליות העשרה חממות הורדים בפחמן דו חמצני (פד"ח) על ידי העשרה בכמויות פד"ח מבוקרות מותאמות מראש לצורכי הצמח, מאזני האנרגיה, דרישות האוורור ותחזית כלכליות. מהלך ושיטות: פותח מזרק ואלגוריתם להעשרת חממות בפד"ח: המזרק מסוגל להעשיר בצורה מבוקרת ומדויקת שבע מערכות גידול לפי שבע תוכניות העשרה שונות. אלגוריתם הבקרה איפשר חישוב מראש של כמויות הפד"ח לפני כל הזרקה. המזרק והאלגוריתם נבחנו בתנאי שדה, שוכללו נבדקו והובאו לכלל פעולה מדויקת. תוצאות עיקריות: נמצא שאפילו בחממה פתוחה ומאווררת דרישת הצמחים לפד"ח גבוהה מזו שהאוורור מספק. הוכח שעל ידי שימוש במזרק ובשיטות שפותחו בעבודה זאת ניתן לכסות את גרעון הפד"ח ולהשתמש לשם כך בכמויות פד"ח מבוקרות, המתאימות לצריכה מחושבת. מסקנות והמלצות: ניתן להעשיר את החממות בכמויות מחושבות מראש אפילו בחממה פתוחה. ממצאים אלה מהווים בסיס איתן להמשך מחקר שיביא לפיתוח שיטה כלכלית להעשרה בפד"ח.</p>

ו. אישורים

הנני מאשר שקראתי את ההנחיות להגשת דיווחים לקרן המדען הראשי והדו"ח המצ"ב מוגש לפיהן

חוקר ראשי	מנהל המחלקה	מנהל המכון (פקולטה)	אמרכלות (רשות המחקר)	תאריך (שנה) (חודש) (יום)
א. אה"צ				

א. אה"צ
11/9
א. אה"צ

העשרת חממות ורדים בפחמן דו חמצני.

תוכנית מחקר 645-0029-00

דו"ח סופי לחלק מעבודת המחקר שנעשה במסגרת מנהל המחקר החקלאי.

מגישים:

אהוד דיין.

יוגני פרסנוב

אלק סולפוי

תקציר

חשיבות ומטרות: בגלל מגבלות הנובעות מתנאי הטמפרטורה והקרינה המיוחדים לישראל והצורך התדיר לאוורר את החממות, השיטות המקובלות להעשרת חממות בפחמן דו חמצני (פד"ח) גורמות לבזבז פד"ח או לויתור על ההעשרה. מטרת העבודה הייתה לשפר את כלכליות העשרה חממות הורדים בפחמן דו חמצני (פד"ח) על ידי העשרה בכמויות פד"ח מבוקרות מותאמות מראש לצורכי הצמח, מאזני האנגריה, דרישות האוורור ותחזית כלכליות.

מהלך ושיטות: פותח מזרק ואלגוריתם להעשרת חממות בפד"ח: המזרק מסוגל להעשיר בצורה מבוקרת ומדויקת שבע מערכות גידול לפי שבע תוכניות העשרה שונות. אלגוריתם הבקרה איפשר חישוב מראש של כמויות הפד"ח לפני כל הזרקה. המזרק והאלגוריתם נבחנו בתנאי שדה, שוכללו נבדקו והובאו לכלל פעולה מדויקת.

תוצאות עיקריות: נמצא שאפילו בחממה פתוחה ומאווררת דרישת הצמחים לפד"ח גבוהה מזו שהאוורור מספק. הוכח שעל ידי שימוש במזרק ובשיטות שפותחו בעבודה זאת ניתן לכסות את גרעון הפד"ח ולהשתמש לשם כך בכמויות פד"ח מבוקרות, המתאימות לצריכה מחושבת. מסקנות והמלצות: ניתן להעשיר את החממות בכמויות מחושבות מראש. אפילו חממה פתוחה אפשר להעשיר בפחות מ7 גר' לשעה. הממצאים הם בסיס להמשך מחקר שישפר את כלכלית ההעשרה בפד"ח.

רקע:

יותר מ 200 שנה מודעים לכך שהגדלה בריכוזי הפחמן הדו חמצני (פד"ח) סביב הצמח עשויה לגרום עליה לאיכויות ולכמויות היבולים שלו (Enoch and Kimball, 1986). תוצאות ההעשרה תלויות בתנאים ובגידולים. במקרים ובגידולים מסוימים הצליחו אפילו להכפיל יבולים (Dayan et al., 1991) (Kenig & Kramer 2000). חוקרים שעסקו בהעשרת חממות ורדים מדווחים על שיפור באורך, בגודל הפרחים, הפחתת % הפרחים העיוורים ומעוותים. (Zieslin et al., 1986) (Hanan 1986). העשרת חממות בפד"ח היא פרקטיקה מקובלת במיוחד בארצות שבהן נושא בקרת האקלים מפותח וכאשר קיימים תנאים ומקורות להספקת פד"ח במחיר סביר. כאשר מחיר הפד"ח מאפשר זאת, יש אפילו שמעשירים את החממות גם כאשר הן פתוחות לצורך אוורור (Nederhoff 2000). גם בארץ ניסו לפתח שיטות להעשרת חממות בכלל ולהעשרת חממות ורדים בפרט. התחיל בכך ד"ר צבי אנוך ז"ל (Enoch et al., 1973) ומאז עסקו בנושא קבוצות מחקר מרובות. ברוב המקרים נתקבלו תוצאות חיוביות ומבטיחות (Ephrat et al. 2001), (Zipori et al., 1986; Dayan et al., 1991), (Aloni et al., 2001; Kenig and Kramer, 2000). למרות דיווחים מעודדים אלה לא נתגבשו בארץ

שיטות יישום ומקורות הספקה זולים שיהפכו את הטכניקה הזאת לכלכלית ומקובלת. הקשיים נובעים מן הטמפרטורות ורמות הקרינה הגבוהות יחסית השוררות כאן. כתנאים אלה, אפילו בחורף, מתעורר צורך לאוורר את החממות בצורה תדירה. כאשר, מעשירים לאורך כל שעות היום (בד"כ בשיטה המכונה שיטת ה"פעילות" (Zipori et al. 1986) האוורור התדיר מביא לבזבז כמות פד"ח נכבדות. כאשר מעשירים את החממה בשיטת ה"קצוות" - על ידי העשרה בשעות בוקר ובשעות ערב - יעילות ההעשרה נמוכה (Zipori et al., 1986). כאשר מעדיפים לשמור על ריכוזי הפד"ח הגבוהים ולהתחשב פחות בצורכי האוורור, נגרמים נזקים לצמחים או לתוצריהם- גם בגלל תנאי המיקרו-אקלים שנוצרים גם בגלל אדפטציה של הצמחים וגם בגלל הצטברות מסוכנת של רעלנים (Enoch & Kimball 1986) (Nederhoff 2001), (Jones et al 1989).

בניסויים שנערכו בארץ להעשרת החממות בפד"ח לרמה של 700 – 1000 ח"מ הושקעו 5 ק"ג פד"ח ל מ"ר לעונה בת 5-6 חודשים (Zipori et al., 1986) – 10 ק"ג פד"ח למ"ר לעונה בת 3 חודשים (Aloni et al., 2001). לעומת זאת בהולנד מספיקים 10-13 ק"ג למ"ר של חממה סגורה, במשך 10 - 12 חודשים (כשהפד"ח זול, וההעשרה נעשית גם כאשר החממה פתוחה הכמויות עשויות להסתכם אף ב 60 ק"ג ויותר.) (Nederhoff 1996; 1995)

מטרת העבודה הנוכחית הייתה לשפר את כלכליות תהליך ההעשרה במגבלות הנובעות מתנאי הטמפרטורה והקרינה המיוחדים לישראל על ידי העשרה בכמויות מבוקרות, מותאמות - לצורכי הצמח בפד"ח, למאזני האנרגיה ודרישות האוורור של החממה וכן לתחזית כלכלית. ההנחה הייתה ששיפורים אלה ניתן להשיג על סמך ידע פיזיולוגי ובעזרת שיטות בקרה חדישות שיאפשרו לחשב לפני כל פעולה את כמויות הפד"ח שיש להשתמש בהן.

שיטות וחומרים:

חלקים בעבודה:

1. פיתוח מערכת הזרקת ומערכת חישה ואלגוריתם בקרה- ביצוע צוות מנהל המחקר החקלאי.
 2. לימוד ובדיקת יכולות הביצוע של מערכת הבקרה בחממה - ביצוע צוות מנהל המחקר החקלאי.
 3. בדיקת השפעתן של שיטות העשרה על יבולי ורדים בחממות - על ידי מו"פ דרום.
- דו"ח זה מוקדש לחלקי העבודה 1-2 שבוצעו על ידי צוות מנהל המחקר החקלאי.

חלק 1) פיתוח מערכת הזרקת ומערכת ניטור ואלגוריתם בקרה- (צוות מנהל המחקר החקלאי)

מערכת ההזרקת (צילום מס' 1) נבנתה לפי נתוני חממת המחקר בתחנת הניסויים הבשור, שבה היו אמורים להיערך הניסויים (צילומים 2-3). בחממה נשתלו ב 15 לספטמבר 1996 ורדים בתוך מיכלי גידול ממולאים בטוף (ראה צילום 3) והתצפיות היו אמורות להיערך על צמחים אלה. החממה הינה מכנה עזרום בעל שבעה גמלונים ברוחב 7.5 X 24 מ'. (צילום מס' 2) כל גמלון אפשר להפריד מן האחרים - על ידי וילון פלסטי נגלל- ולהשתמש בו כמערכת גידול נפרדת שנפחה כ 900 מ³.

כל מערכת כזאת ניתן לאוורור על ידי פתיחת כל אחד מוילונות הצד, חלון בקודקוד הגמלון מדרום וכן פתח גג ברוחב 1 לאורך כל המרזב המזרחי של הגמלון. שני מפוחים במשולש של קיר הגמלון הצפוני מאפשרים אוורור מאולץ לעת הצורך. מערכת העשרה בפד"ח הייתה אמורה לנהל שבעה משטרי ההעשרה שונים במקביל. העבודה כללה פיתוח של:

I. מערכת הזרקה ופיזור להעשרת פד"ח ב 7 מערכות נפרדות במקביל.

II. מערכת חישה לניטור רמות הפד"ח ב 7 מערכות נפרדות במקביל.

III. אלגוריתם בקרה לניהול ההעשרה ב 7 מערכות בהתאם למשוב מכל מערכת חישה.

(I) מערכת ההזרקה והפיזור:

הורכבה ממזרק ומערכת פיזור:

1. מזרק פד"ח – הוכשר להעשיר בו זמנית את שבע מערכות הגידול, כל אחת לפי תוכניות העשרה

שלה. המזרק הורכב משלושה חלקים:

(א). מקור פד"ח בלחץ גבוה (תחילה בלוני לחץ ולאחרונה מיכל פד"ח מקורר, (צילום 4) שאליו חוברו מיכלי לחץ נמוך (7-8 אטמוספרות) בקיבול של 20 קוב (צילום 6). הגז ממיל הלחץ הגבוה עבר למיכל הלחץ הנמוך בצורה רציפה מבעד למערכת חימום חשמלית, שמנעה קפיאת וסחים. (צילום 5). השימוש במיכל הלחץ הנמוך אפשר הזרקת כל כמות דרושה של פד"ח בכל עיתוי נדרש, מבלי שהספיקה תהיה מוגבלת בספיקת הוסתים הצנרת או מערכות החימום של מערכות הלחץ הגבוה. (ראה צילומים מס' 4-6).

(ב). כל אחת משבע מערכות הגידול, קיבלה הזנה משני ברוזים חשמליים האחד בקוטר 1.5" להספקה של שטפים גבוהים בתחילת תהליך ההעשרה השני בקוטר 0.5" להספקה של שטפים מדויקים (ראה צילום מס' 6 ב).

(ג). בקרה וניטור של שטפי הגז אל כל ברוז נעשתה בעזרת וסתי ספיקה אנלוגיים אוטומטיים שנוהלו בעזרת מערכת הבקרה ובעזרת ברוזי ויסות ומדי ספיקה ידניים (צילום מס' 7).

(ד). במקביל למערכת הזרקת הפד"ח הותקנה מערכת להזרקת גז סימון N_2O . על ידי שימוש באותן מערכות ויסות והזרקת ניתן לפזר בחממה גם גז סימון ולערוך לפיו חישובים לגבי חילופי אוויר, מאזני אנרגיה ומסות (צילום 8).

(2) מערכת פיזור בחממה – בכל מערכת גידול הוקמה מערכת פיזור כפולה:

(א). מערכת פיזור לכמויות גבוהות בחממה סגורה: מניפת פיזור בהספק 30.000 m^3 אוויר לשעה. המניפה הוצבה בחממה או מחוץ לחממה, לפי תנאי הטיפול. אל תוך המניפה הזרק הפד"ח מתוך ברוז הספיקה הגבוהה של המזרק, בעזרת צינור הובלה בקוטר 40 מ"מ. אל המניפה חוברו שרולי פוליאטילן מחוררים בקוטר של 30 ס"מ, אחד בכל שביל בחממה (צילום מס' 9).

(ב). מערכת פיזור לכמויות מדויקות: המערכת מניפת פיזור בהספק 1.000 m^3 אוויר לשעה. המניפה הוצבה בתוך החממה. אל תוך המניפה הזרק הפד"ח מתוך ברוז הספיקה המדויקת של המזרק, בעזרת

צינור הובלה בקוטר 32 מ"מ. אל המניפה חוברו שרוליי פוליאיתילן מחוררים בקוטר של 5 ס"מ, שנפרשו- על פני הקרקע, אחד בין כל צמד שורות על גבי מיכלי הגידול. (צילום מס' 10).

II) מערכת ניטור-

פותחה מערכת ממוחשבת לאיסוף דוגמאות אוויר ולבדיקת הרכבן. המערכת הורכבה מארבעה חלקים: (א). בכל מערכת גידול הוצבה משאבת אוויר בספיקה של 200 ליטר דקה, ששאבה אוויר מבעד ל4 פתחי יניקה באתרים מיצגים בחממה. המשאבה הזרימה את האוויר לאתר ניטור המרכזי בעזרת צינור 8 מ"מ באורך קבוע של 110 מ. הצינור הונח בתוך תעלה מחוממת, למניעת התעבות מים. (צילום מס' 11) (ב). האוויר מכל מערכת הועבר סינון, ייבוש- בעזרת ספירלות זכוכית בתוך מעטפות קירור. צינור האוויר מכל מערכת חובר למולטיפלקסר ממוחשב ונותב בתורו לתוך מערכת הניטור (צילום 12). (ג). מערכת הניטור כללה מערכת ניתוב וכן ארבע מערכות IRGA מדויקות מחוברות בטור (צילום 13) שאפשרו מדידה בו זמנית של:

- רמת הפד"ח האבסולוטית. בחלל החממה. – IRGA מתוצרת Optima
- רמת פד"ח דיפרנציאלית- ביחס לרמת הפד"ח מחוץ לחממה- IRGA מתוצרת ADC.
- רמת N_2O - גז ניטור שהוזרק לצורכי מדידה. – IRGA של ADC.
- רמת אדי מים באוויר. – בדיקה בעזרת IRGA מטיפוס Licor 6000.

III) מערכת ואלגוריתם בקרה:

1. חומרה:

המערכת הורכבה ממשבש מרכזי Pentium II שאליו חוברו בתקשורת טורית יחידות בקרה Field point אנאלוגיות ודיגיטליות לאיסוף נתונים ולהעברת פקודות הפעלה למערכות החשמליות. הבקרה נוהלה בעזרת תוכנת Labview 5 של חברת National instrument. התוכנה הכילה אלמטים של Fuzzy Logic שנכתבו ב Matlab. (קטע זה נעשה בשת"פ עם חוקרים בטכניון במסגרת מחקר אחר). (צילום מס' 14-15).

2. תוכנה:

(א). לפני כל פעולת ההעשרה, עריכת חיזוי מקדים- למשך מחצית השעה הבאה- של מאזני האנרגיה בחממה כדי להימנע מההעשרה סמוך למועד חידוש האוויר.

(ב). חישוב מראש- לפני כל פעולת העשרה – של רמות וכמויות הפד"ח שראוי להכניס לחממה, התאמתן:

A. לרמות קרינה.

B. למצב הפיזיולוגי של הצמח כדי שהצמח יעשה בהן שימוש כלכלי (למשל כאשר הקרינה מרובה והצמחים מכסים את הקרקע, הכנסת כמות פד"ח גבוהה יותר, כאשר הקרינה נמוכה- שימוש בכמות פד"ח קטנה יותר).

C. לתוכניות האוורור : מייד עם סגירת החממה מעשירים במהירות לרמה הנדרשת (כדי לנצל את משך הזמן שהפיוניות פתוחות). ואחריה מקימים את הרמה הנדרשת אולם 15 דקות לפני פתיחה מתוכננת לאוורור מפסיקים בהעשרה. שיטה זאת אמורה להפחית מכמויות הפד"ח האובדות בשעת אוורור. כאשר החממה הייתה פתוחה- נערכה העשרה למניעת גרעון בהשוואה לרמת הפד"ח מחוץ לחממה.

חלק 2 (בדיקת יכולות הביצוע של מערכת הבקרה בחממה. (צוות מנהל המחקר החקלאי).

חלק זה של הניסוי נערך בשניים מתוך שבעה תאי החממה. בוצעו שני ניסויים:

(א). ניסיון לבדיקת רגישות מערכת הניטור.

(ב). ניסיון לבדיקת יכולות אלגוריתם הבקרה.

הניסוי נערך בחממה מונחת : שתילים גוססים, קירות וגגות פלסטיים קרועים. מוצגות תוצאות של ימים נבחרים בלבד. פרוט מצבן של מערכות האוורור במהלך ימים אלה מפורט בטבלה מס' 1.

(א.) בדיקת רגישות מערכת הניטור.

פעולתה של מערכת הניטור נבדקה על ידי השוואת רמות הפד"ח- תוצאות הניטור שהתקבלו בשתי מערכות גידול בחממה, לאלה שנמדדו במקביל מחוץ למבנה. התוצאות מראות:

1. בחממה פתוחה קיים מחסור בפד"ח המתבטא ברמת פד"ח נמוכה ב כ 15 ח"מ מזו שמחוץ

למבנה. (ציורים 1-3). ההבדלים בין ריכוזי הפד"ח בחממה הפתוחה לבין ריכוזי הפד"ח מחוץ

לחממה תלויים בשעה ביום- בקרינה, ברוח, ובאקטיביות של הצמחים בחממה.

2. כאשר שתי מערכות הגידול הופעלו בצורה זוה כשכל פתחי האוורור פתוחים לגמרי נמדדו בשתייהן רמות דומות (ציורים 1-3) . כאשר מערכות האוורור הופעלו בצורה שונה הפחתה באוורור

מתבטא ברמה נמוכה יותר של פד"ח במערכת. גם ההבדלים ברמות הפד"ח בין מערכות גידול

עשויים להגיע עד לכ 15 ח"מ. (ציורים 4-6). התוצאות מראות שהמערכת מסוגלת להבחין גם

בשינויים קטנים ברמות הפד"ח הנוצרים על ידי הפעלה שונה של פתחי האוורור.

(ב). בדיקת יכולות המערכת בשמירת ריכוזי פד"ח .

המדידות המוצגות בציורים 7-12 נערכו בחממה בלתי מועשרת (Chamber 3) ובחממה שהועשרה

ל 400 ח"מ, (Chamber 5) וכן מחוץ לחממה. ציורים 7-9 מראים רמות פד"ח שנמדדו במהלך

שלושה ימים במערכת הזרקה מונחית בהיזון לאחר. ציורים מס' 10 - 12 מראים תוצאות שנמדדו

באותן מערכות כשהחממה מועשרת בעזרת בקרה מונחית. ההנחיה נעשתה על ידי חישובים מראש

של כמויות הפד"ח שאותן יש להחדיר בכל פעולה- לפי שיעורי הקרינה. הציורים מראים שבימים

בהם הבקרה נעשתה בהיזון לאחר בלבד (ציורים 7-9) רמות הפד"ח השתנו בטווח רחב ביותר,

ובשעות הערב חרגו והיו גבוהות בהרבה מן הדרוש. התוצאות המוצגות בציורים 10-12 מראות שעל

ידי הכנסת החישובים לאלגוריתם הבקרה של מערכת ההזרקה הושגה רמה אחידה יותר של פד"ח

ונמנעו החריגות ברמות הפד"ח.

ציור מס' 13 מראה שהוצאות ההעשרה של מערכת פתוחה- לרמה של 400 פד"ח במשך 10 שעות כל יום הגיעו לכדי $75 \text{ g, m}^{-2} \text{ day}^{-1}$.

דיון:

תוצאות ניטור רמות הפד"ח בחממות פתוחות ללא העשרה בפד"ח, מראות שרמת הפד"ח בחממה נמוכה מאשר מחוץ לחממה אפילו כאשר החממות מאווררות ופתוחות לגמרי. התופעה הזאת מוכרת בשם Depletion (Nederhoff 1994, 1995, 1996, 2000, 2001). התהוותה מעידה על מחסור בפד"ח כתוצאה מכך ששטפי הפד"ח אל הצמחים גבוהים משטפי הפד"ח המגיע בהסעה ובדיפוזיה מחוץ לחממה. יש לשים לב שהניסוי נערך בחממה מוזנחת, צרה מן המקובל, כאשר נוסף לפתחים היו גם קרעים בגג. בתנאים אמיתיים צפוי שריכוזי הפד"ח יהיו נמוכים עוד יותר ואמנם סגירה של חלק מוילונות הצד מביאה לירידה גדולה יותר בריכוזי הפד"ח (ציורים 4-6). רמות הפד"ח בחלל הפיוניות עשויות לרדת לגבול תחתון התלוי בקרינה, בצמח ובאדפטציה שהוא עובר. בד"כ הרמה התחתונה אינה נמוכה הרבה מ 200 ח"מ (Enoch & Kimball 1986) (בעלים של צמחים השווים זמן רב בסביבה מועשרת בפד"ח רמות הפד"ח בחלל הפיוניות הן גבוהות יותר. (Jones et al 1991)). המפל אותו מסוגל הצמח ליצור על ידי הפחתה של ריכוזי הפד"ח בפיוניות הוא אפוא מוגבל ואת התהוות ה Depletion והמחסור בפד"ח ניתן למנוע רק על ידי ההעשרה. נראה שההעשרה דרושה אפילו בחממות פתוחות. התופעה צריכה להדאיג את המגדלים ולהיות מטופלת על ידי מחקר מתאים. לא הועמדה לרשותנו חממה מתפקדת שבה אפשר לבנות ריכוזי פד"ח גבוהים ולכן נבדקו ביצועי מערכת ההזרקה רק בעת שמירה של ריכוזים נמוכים- קרובים למצוי בחוץ (= מניעת Depletion) המערכת שנבחנה פתנאים אלה הוכחה כאמינה גם מבחינת הריכוזים היציבים שניתן לקיים בעזרתה (סביב 400 ח"מ) וגם מבחינת כמויות הפד"ח: צמחים מסוג C3 קולטים 1-6 גר למ"ר לשעה – בהתאם למצב שטח העלים הקרינה והצמחים (Enoch & Kimball 1986), (Bakker et al 1995) בהספקה מדויקת של פד"ח עד לכיסוי ה Depletion אין צורך להשתמש ביותר מ 5-6 ק"ג למ"ר ליום ההעשרה בן 10 שעות (Nederhoff 2001) ציורים 10-12 וציור מס' 13 מראים שעל ידי שימוש בתוכנה ובמזרק שפותחו – הצלחנו לקיים ריכוז של 400 ח"מ סביב הצמח ולהשתמש רק ב $75 \text{ g, m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ (7.5 גר לשעה). תוצאות אלה הולמות את התחזית. השלמת עבודת הפיתוח המתוכננת תביא להפחתה ב 40%. סיכום ומסקנות: בתנאי הגידול ובחממות המקובלות לשימוש בישראל, קיים Depletion המעיד על מחסור בפד"ח. העשרת חממות, לפחות עד רמות הפד"ח באוויר שבחוץ, היא הכרחית. ניתן לעשות זאת ביעילות באמצעות מערכת הזרקת הפד"ח ומערכת הניטור שפותחו במסגרת מחקר זה. למרות המאמצים בזמן בכסף ובמחשבה שהושקעו, למרות שמערכת ההזרקה על מרכיביה מוכנה וערוכה לביצוע הניסוי, המחקר הופסק בגלל העדפה- לדעתנו העדפה בלתי שקולה- של נושאים אחרים. כדאי לחדש אותו ולערוך אותו לפי התוכנית. מומלץ להוציא פטנטים ולשמור זכויות יוצרים לגבי המזרק ואלגוריתם הבקרה.

1. מטרת המחקר לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתוכנית העבודה מטרת העבודה הייתה לשפר את כלכליות העשרת חממות הורדים בפחמן דו חמצני (פד"ח), במגבלות הנובעות מתנאי הטמפרטורה והקרינה המיוחדים לישראל. בגלל הצורך התדיר לאורר – מבזבזים היום פד"ח או מוותרים על ההעשרה ההנחה היא שניתן להפוך תהליך זה לכדאי על ידי העשרה בכמויות פד"ח מבוקרות מותאמות מראש לצורכי הצמח, מאזני האנרגיה, דרישות האורור ותחזית כלכליות בנוגע לשווי התוצר.
2. עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח פותח מזרק ואלגוריתם להעשרת חממות בפד"ח תוך שימוש בידע פיזיולוגי ובשיטות בקרה חדישות: המזרק מסוגל להעשיר בצורה מבוקרת ומדויקת שבע מערכות גידול לפי שבע תוכניות העשרה שונות. בעזרת האלגוריתם אפשר ללמוד ולחשב מראש את כמויות הפד"ח לפני כל הזרקה. המזרק והאלגוריתם נבחנו כתנאי שדה ונמצאו יעילים. ניתן לכסות באמצעותם אפילו את גרעון הפד"ח שנוצר בחממה פתוחה ולהשתמש לשם כך בפחות מ 7.5 גר פד"ח למ"ר לשעה.
3. המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. נמצא שאפילו בחממה פתוחה ומאווררת דרישת הצמחים לפד"ח גבוהה מזו שניתן להשיג על ידי אורור בלבד, סביר שפעילות הצמח מוגבלת ויש להוסיף פד"ח למערכת. כאשר העשרה נעשית בצורה מדויקת – למשל על ידי שימוש במזרק ובשיטות החישוב והבקרה הנ"ל – ניתן לכסות את גרעון הפד"ח שנוצר על ידי כמויות גז הדומות לשיעורים המחושבים של הפוטוסינתזה.
4. הבעיות שנתרו לפתרון ואו השינויים שחלו במהלך העבודה (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים); התייחסות המשך המחקר לגביהן. המערכת נוסתה בחממה בלה על גבי צמחים זקנים ומוזנחים ורק במשך תקופה מצומצמת. יש לבחון את ביצועי המערכת בהזרקה ובשמירה של ריכוזי פד"ח גבוהים כמו כן יש לבדוק את תגובות הצמחים למשטרי ההעשרה שונים ולאורך זמן - כמתוכנן. המחקר הופסק בגלל העדפה של נושאים אחרים. כדאי לחדש אותו ולערוך אותו לפי התוכנית.
5. האם הוחל כבר בהפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח – יש לפרט: פרסומים – כמקובל בביבליוגרפיה, פטנטים – יש לציין מס' פטנט, הרצאות וימי עיון – יש לפרט מקום ותאריך. מומלץ להוציא פטנטים ולשמור זכויות יוצרים לגבי המזרק ואלגוריתם הבקרה. עדיין לא נעשה.

Reference List

- .1 The Measurement and automation. [Catalog 2001]. 2001. Austin Texas, National Instruments .

Ref Type: Catalog

- .2 Aloni, B., Karni, L., Yechezkel, H., Shmuel, D., Dinar, M., Matan, E., and Posalski, Y. Enrichment of sweet pepper by hot and cold CO₂ .Matan, E. [1999/2000], 145-168. 2001. Besor Exp. Stat., Southern R&D. The Annual Proc. of the Western Negev R&D Network .

Ref Type: Serial (Book, Monograph)

- .3 Bakker, J.C., G.P.A. Bot, H. Challa, and N.J.v.d. Braak. 1995. Greenhouse Climate Control, An Integrated Approach. Wageningen Pers, Wageningen.

- .4 Dayan, E., Enoch, H. Z., Moreshet, S., Fuchs, M., and Zipori, I. Application of elevated CO₂ pulses in greenhouses. 306-0140, 1-100. 1985. Beit Dagan, Agricultural Research Organization. Ministry of agricultural Israel .

Ref Type: Report

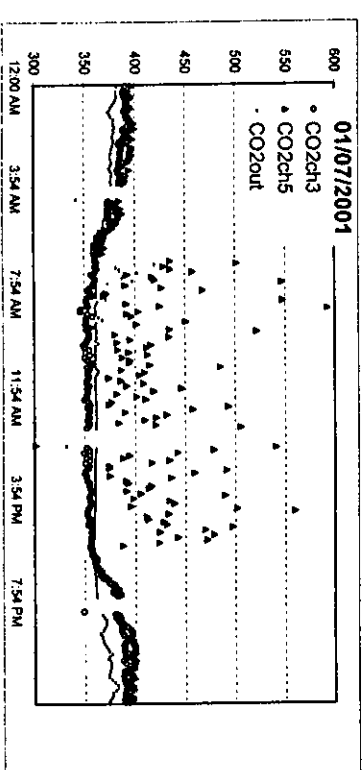
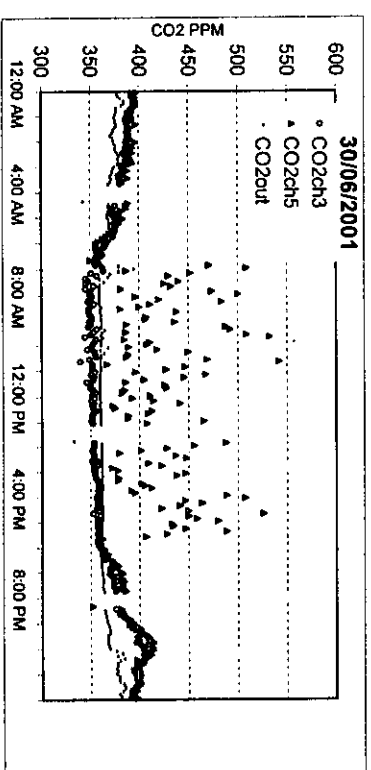
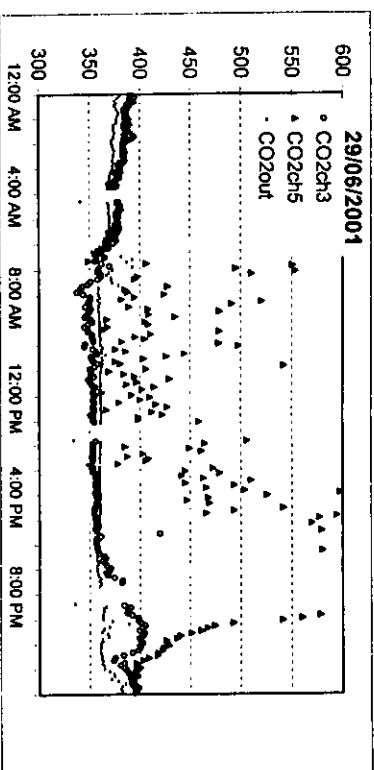
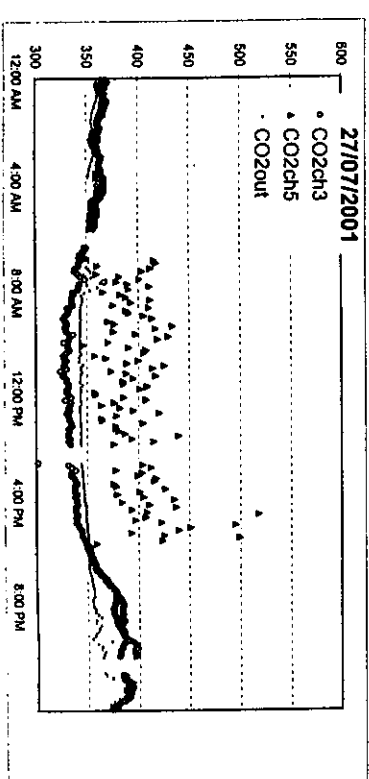
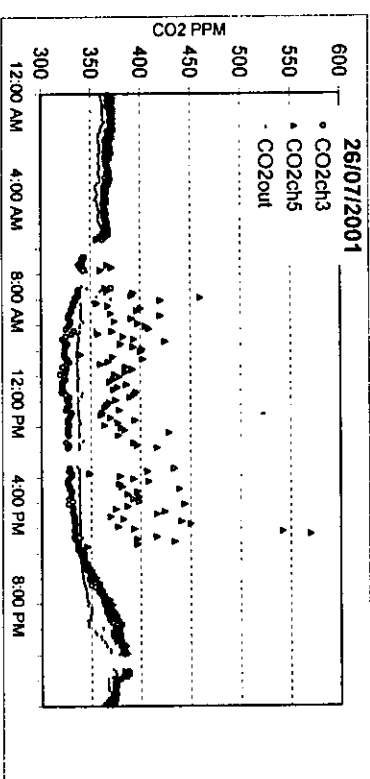
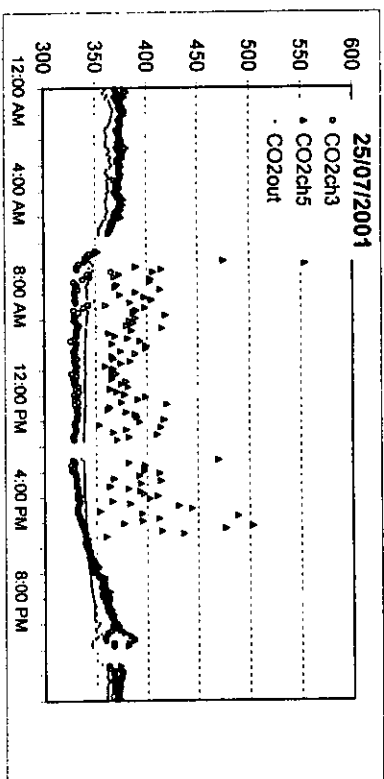
- .5 Dayan, E., H. Keulen, J.W. Jones, I. Zipori, D. Shmuel, and H. Challa. 1993a. Development calibration and validation of a greenhouse tomato growth model: II. Field calibration and validation. Agric. Syst. 43:165-183.
- .6 Dayan, E., H. Van Keulen, J.W. Jones, I. Zipori, D. Shmuel, and H. Challa. 1993b. Development calibration and validation of a greenhouse tomato growth model: I. Description of the model. Agric. Syst. 43:145-163.
- .7 Dayan, E., I. Zipori, D. Samuel, and A. Chausho. 1991. Enrichment of melons, grown in walk-through tunnels, with CO₂. Hassade 72:187-195.
- .8 Enoch, H. Z., and B. A. Kimball. 1986. Carbon Dioxide Enrichment of Greenhouse Crops. CRC Press, Boca Raton FL.
- .9 Enoch, H. Z., N. Zieslin, A. H. Halevy, I. Biran, A. H. Schwartz, B. Kessler, and D. Shimshi. 1973. Principals of CO₂ nutrition research. Acta Hort. 32:97-117.
- .10 Ephrath, J. E., J. Ben-Asher, C. Alekparov, M. Silberbush, and E. Dayan. 2001. The growth and development of *Hippeastrum* in response to temperature and CO₂. Biotronics 30:63-73.
- .11 Hanan, J. J. 1986. Carbon Dioxide Enrichment for Greenhouse rose production. p. 387-398. In H. Z. Enoch, and B. A. Kimball (ed.) Carbon Dioxide Enrichment of Greenhouse Crops. CRC Press, CRC Press.

- .12 Hanan, J.J. 1998. Greenhouses Advanced Technology for Protected Horticulture. CRC Press LLC, Boca Raton, Boston, London, NY, Washington.
- .13 Jones, J. W., Dayan, E., Jones, P. H., Allen, L. H. Jr., Zipori, I., Baird, D., Fuchs, M., Dayan, J., and Seginer, I. Online computer control system for greenhouses under high radiation and high temperature regime. US871/84, IS 306 - 0154, 1-399. 1989. Gainesville, Florida .

Ref Type: Report

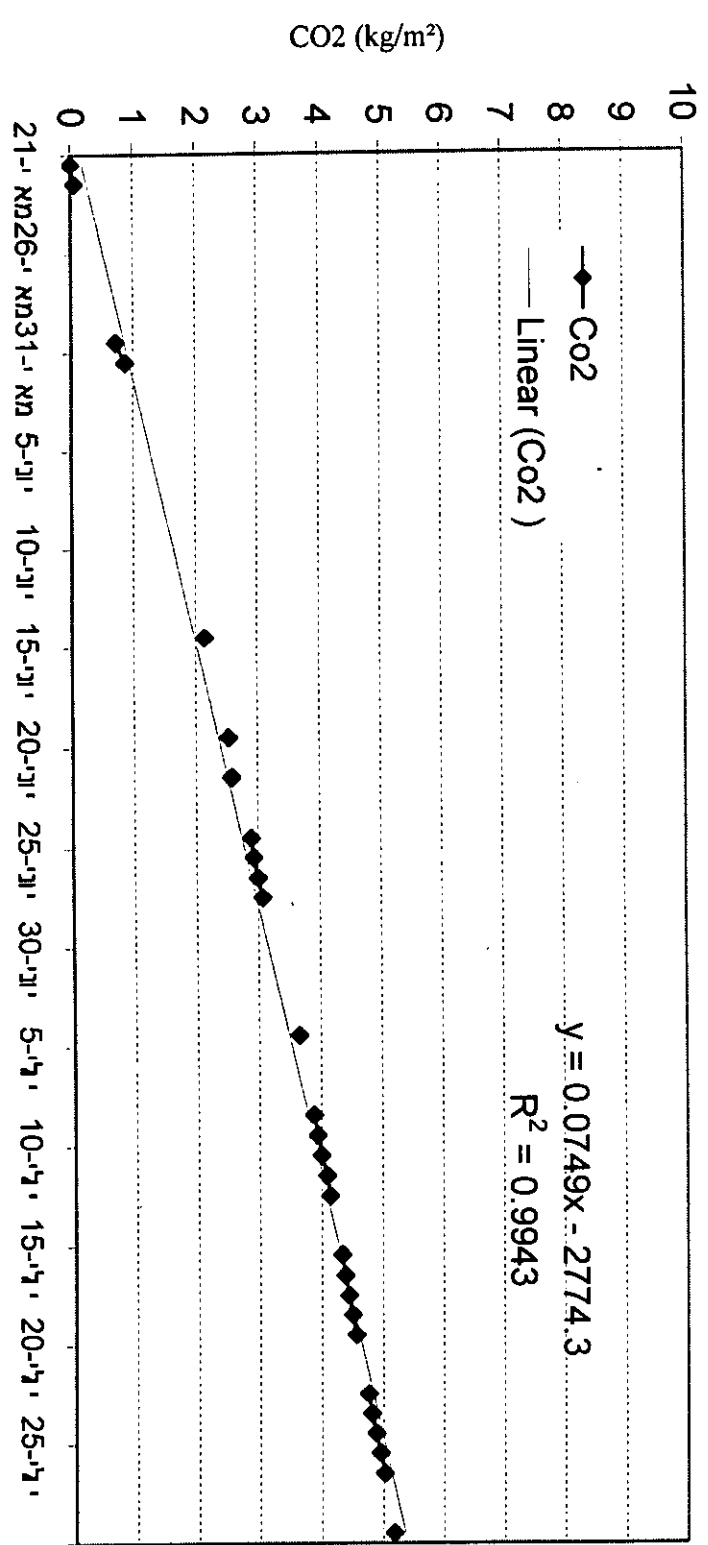
- .14 Kenig, A., and S. Kramer. 2000a. CO₂ enrichment in greenhouse production: Practic and bottlenecks. *Acta Hort.* **534**:221-230.
- 15 . Nederhoff, E.M. 1994. Effects of CO₂ concentration on photosynthesis, transpiration and production of greenhouse fruit vegetable crops. PhD thesis, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.
- 16 Nederhoff, E.M. 1995. Techniques of CO₂ enrichment. p. 195-201. *In* J.C. Bakker, G.P.A. Bot, H. Challa, and N.J.v.d. Braak (ed.) Greenhouse Climate Control, An Integrated Approach. Wageningen Pers, Wageningen Pers.
- 17 . Nederhoff, E.M. 1996. The A to Z guide for using CO₂. *Commercial Grower* Aug 96:36-37.
- 18 . Nederhoff, E.M. 2000. Calculating the value for CO₂ enrichment. *FlowerTech* 3:22-25.
- 19 . Nederhoff, E.M. 2001. Using flue gases for CO₂ enrichment. *FlowerTech* 4:28-31.
- .20 Zieslin, N., L.M. Mortensen, and R. Moe. 1986. Carbon dioxide enrichment and flower formation in rose plants. *Acta Hort.* 189:173-179.
- .21 Zipori, I., E. Dayan, and H.Z. Enoch. 1986. A comparison of two techniques for CO₂ enrichment in greenhouse in regions with high levels of solar radiation. *Biotronics* 15:1-7.

Day Chamber	W	E	N	S	R	G	V	Temp.	Flower	Hum	Rad(m/m2)	הערה
25/07/2001	3							28.84	28.51	30.12	0.65	15.83
5								29.36	29.32	30.36	0.72	16.61
Out								28.58			0.60	27.17
26/07/2001	3							28.63	28.25	30.21	0.66	13.40
5								29.30	29.84	30.29	0.72	16.85
Out								28.41			0.61	27.53
27/07/2001	3							29.66	29.10	31.40	0.67	13.25
5								30.23	30.69	31.08	0.72	16.87
Out								29.54			0.58	27.46
30/07/2001	3							29.78	29.31	31.38	0.71	12.85
5								30.44	31.67	31.66	0.72	15.58 (שנים)
Out								29.94			0.61	26.69
01/08/2001	3							29.33	28.77	30.80	0.70	12.91
5								30.41		31.07	0.69	14.74
Out								29.27			0.62	25.56
02/08/2001	3							29.21	28.62	30.36	0.70	12.38
5								29.33	29.07	30.25	0.74	8.15
Out								29.28			0.62	24.34
31/07/2001	3							29.50	29.29	31.41	0.70	13.21
5								32.44		34.13	0.73	15.82 (שנים)
Out								29.37			0.61	26.02
04/08/2001	3							29.22	28.71	30.09	0.69	12.62
5								29.39	28.93	30.45	0.75	8.28
Out								29.59			0.61	25.01
05/08/2001	3							29.55	29.35	30.09	0.70	12.59
5								29.78	29.12	31.07	0.73	8.35
Out								30.12			0.60	25.22



CO₂ עת ג

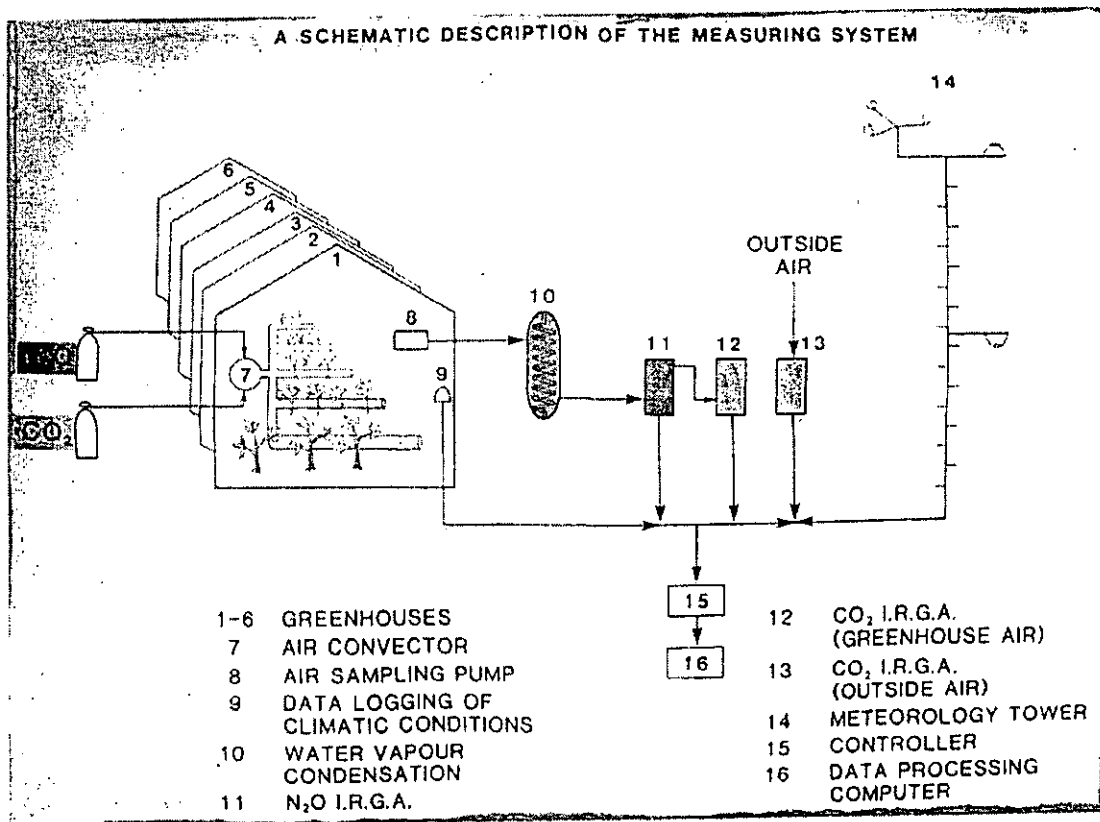
צק 13



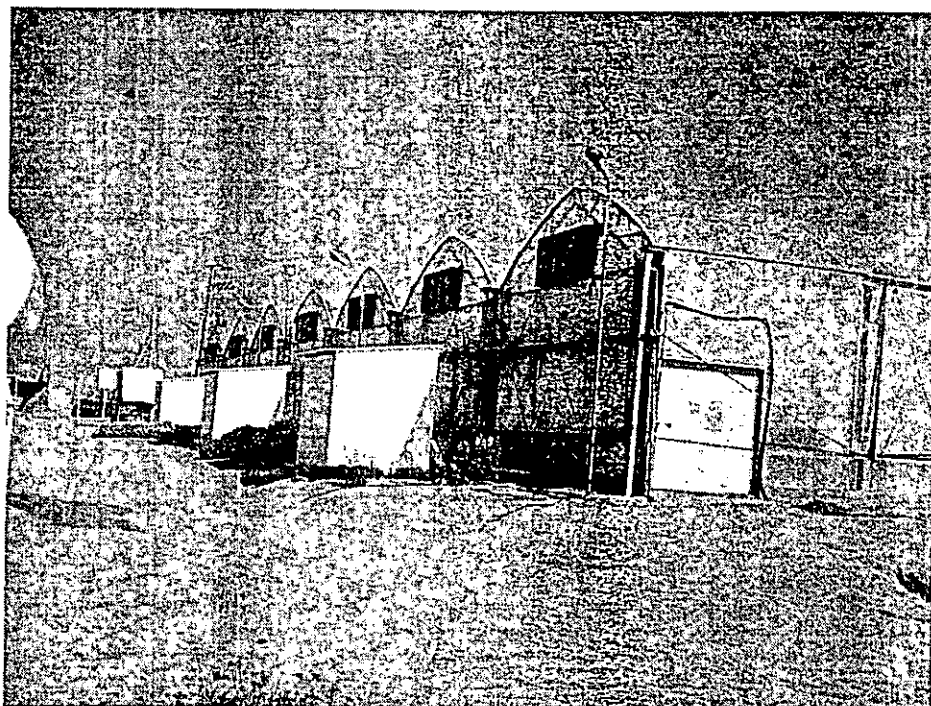
נספח:
רשימת צילומים:

1. סכמה של המערכת
2. מראה החממה מבחוץ.
3. מראה החממה מבפנים.
4. צובר להספקת פד"ח - לחץ גבוה.
5. מערכת חימום וויסות במעבר מלחץ גבוה לנמוך.
6. צובר להכלת פד"ח בלחץ נמוך + מערכת ברזים חשמליים להספקת גז בספיקות גבוהות ונמוכות.
7. מערכות אוטומטיות וידניות לויסות כמויות הפד"ח המוזרקות לחממה.
8. מערכת להזרקת גז סימון (N_2O).
9. מערכת פיזור לספיקות גז גבוהות.
10. מערכת פיזור לספיקות גז נמוכות.
11. משאבה וצינורות יניקה והובלה של דוגמאות אוויר מן החממה למרכז הבקרה.
12. מערכת ייבוש וסינון.
13. מערכת ניטור: מכשירי ניתוב ומכשירי IRGA.
14. מערכת בקרה ותוכנת Labview
15. מערכת יחידות Field point

1: סכמה של המערכת



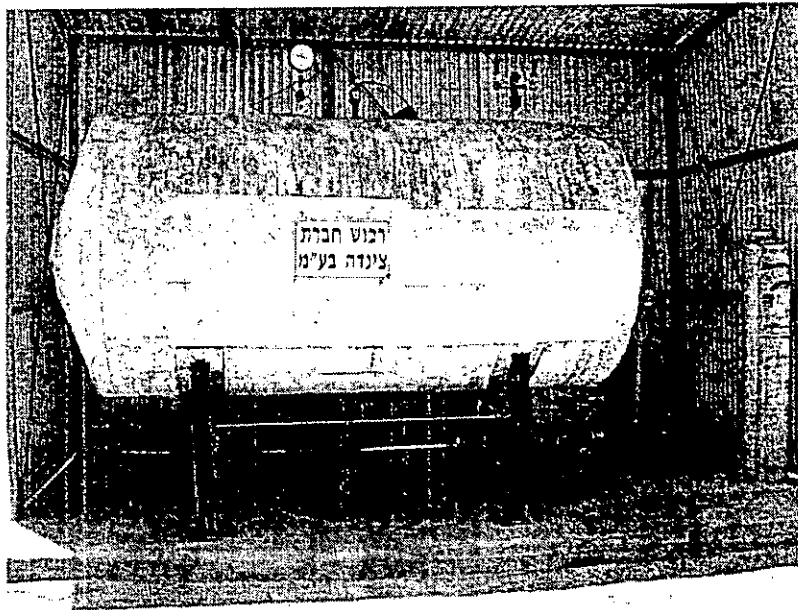
2. מראה החממה מבחוץ.



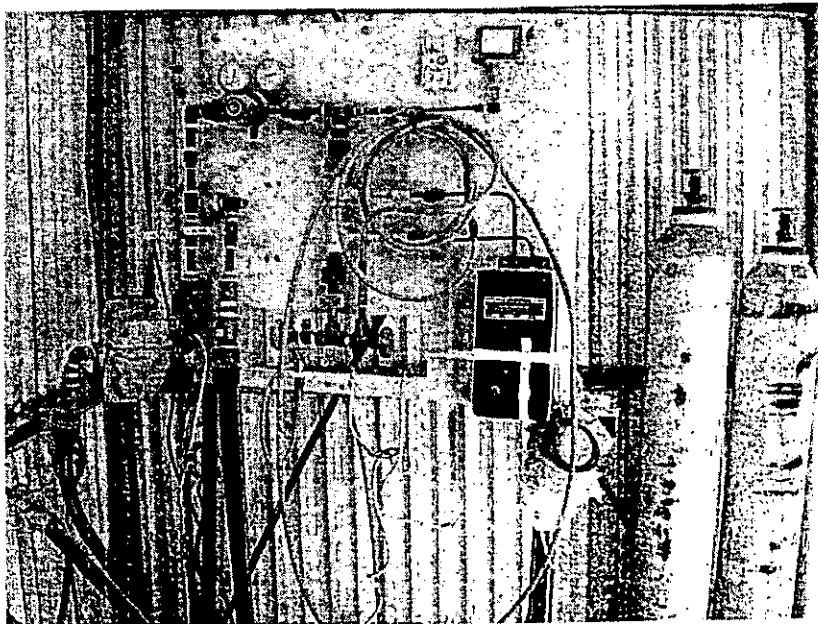
3. מראה החממה מבפנים.



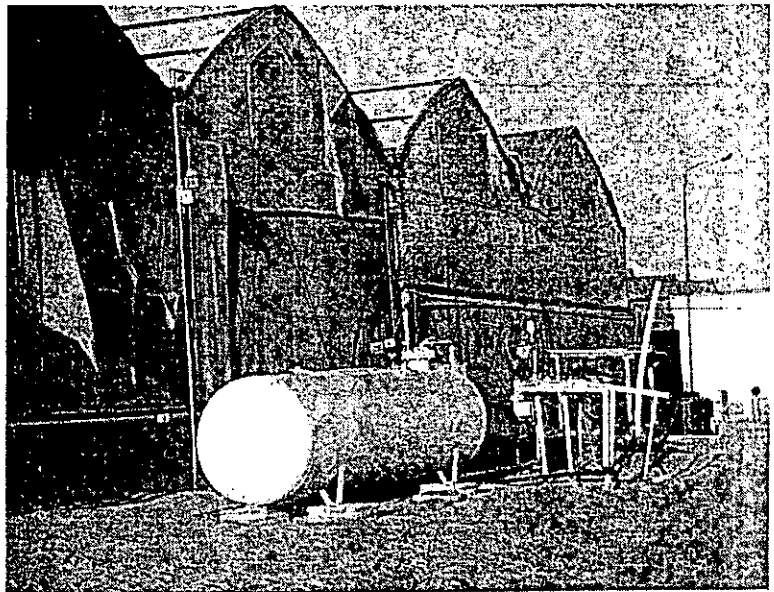
4. צובר להספקת פד"ח - לחץ גבוה.



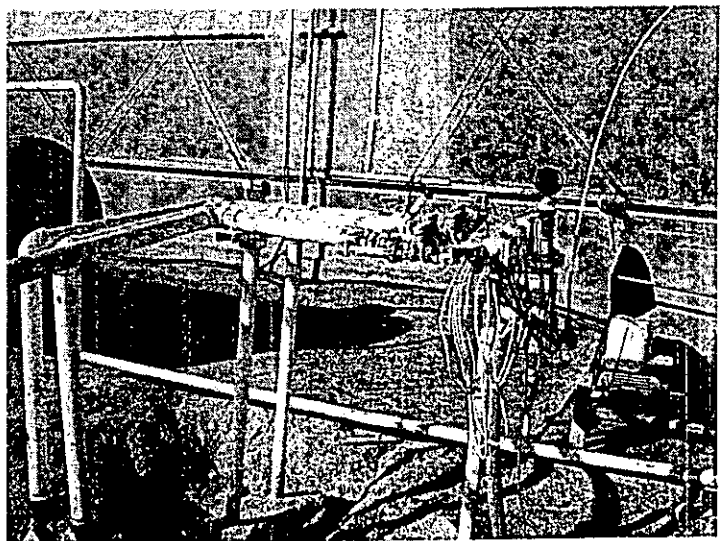
5. מערכת חימום וויסות במעבר מלחץ גבוה לנמוך..



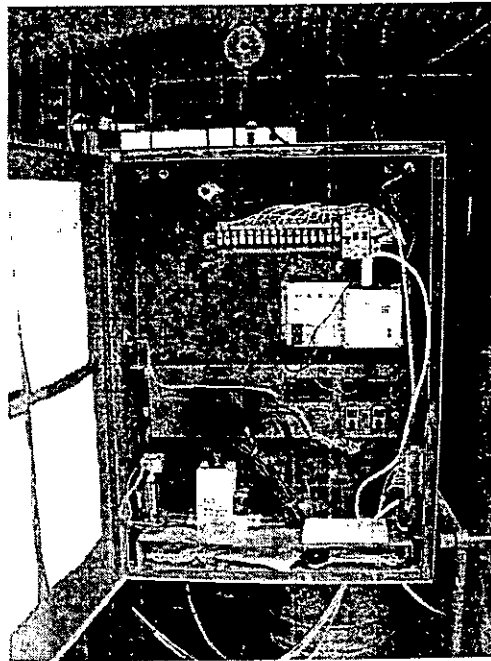
א6: צובר להכלת פד"ח בלחץ נמוך



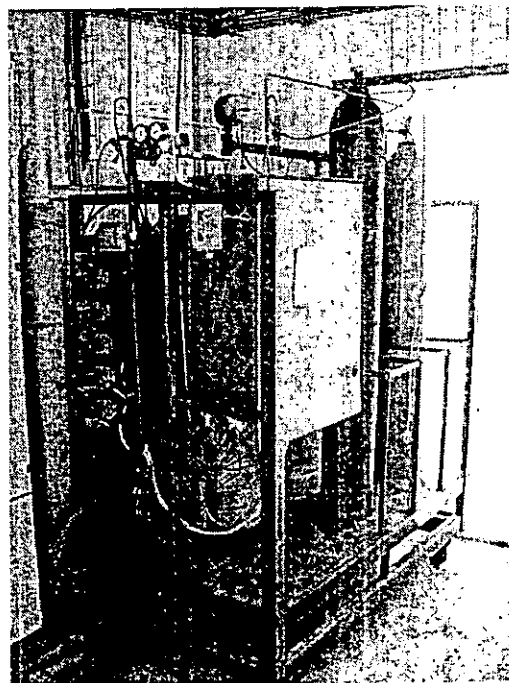
ב6: מערכת ברזים חשמליים להספקת גז בספיקות גבוהות ונמוכות.

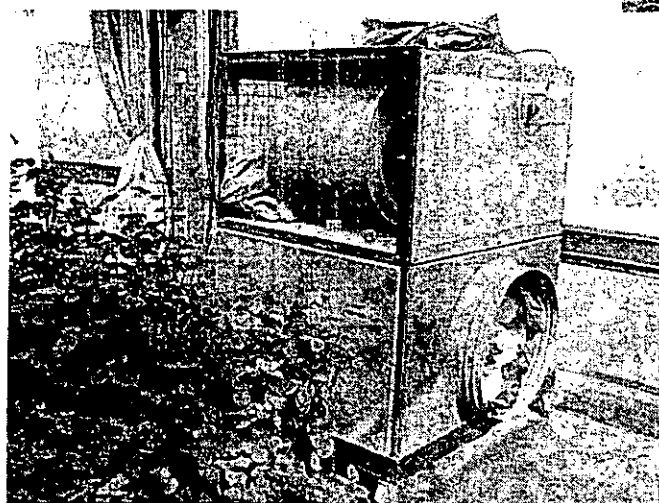
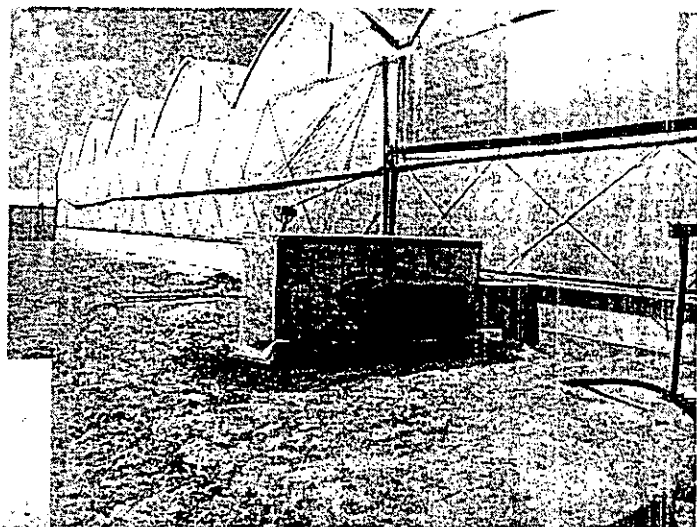


7: מערכות אוטומטיות וידניות לויסות כמויות הפד"ח המוזרקות לחממה.

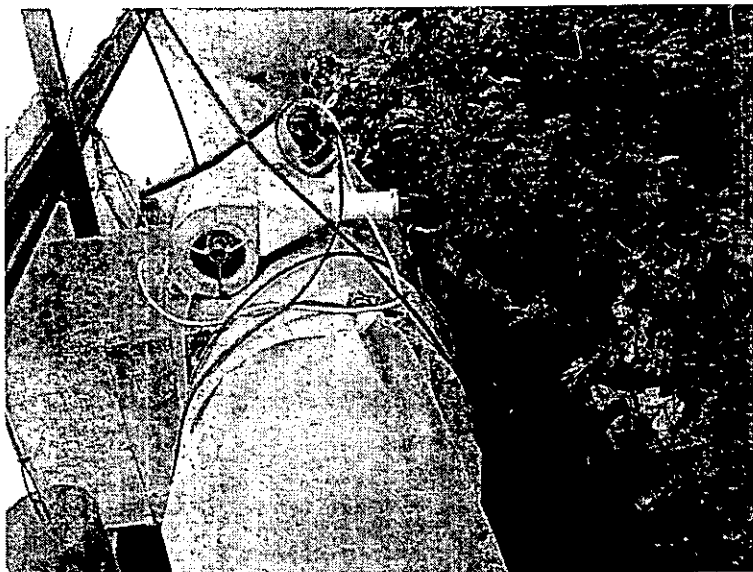


8: מערכת להזרקת פד"ח וגז סימון (N₂O).

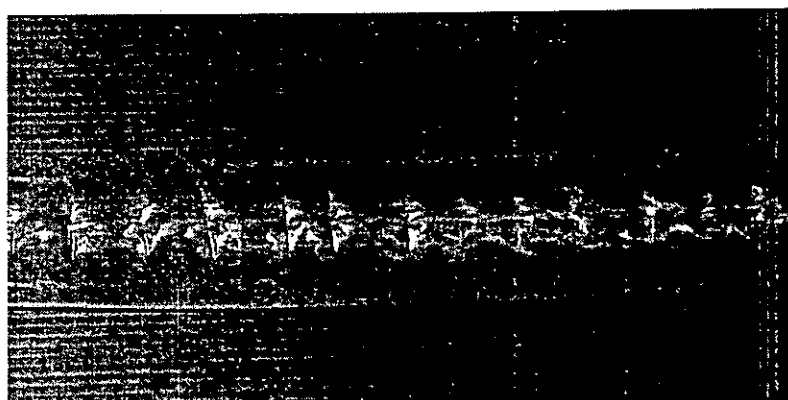




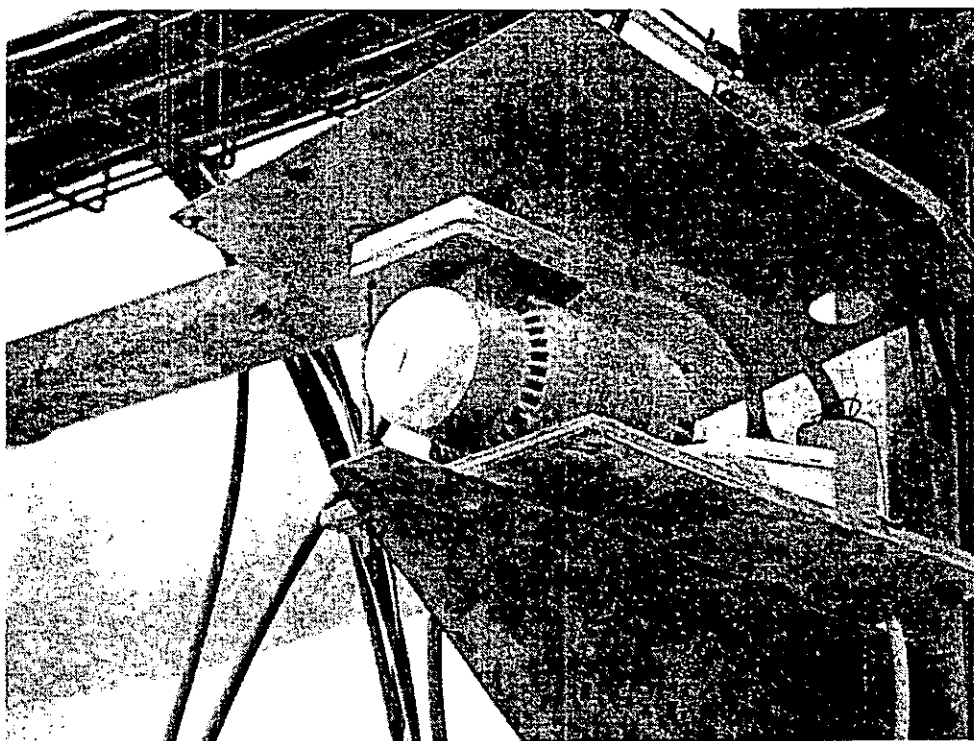
10א: מפוח קטן לפיזור פד"ח בספיקות נמוכות.



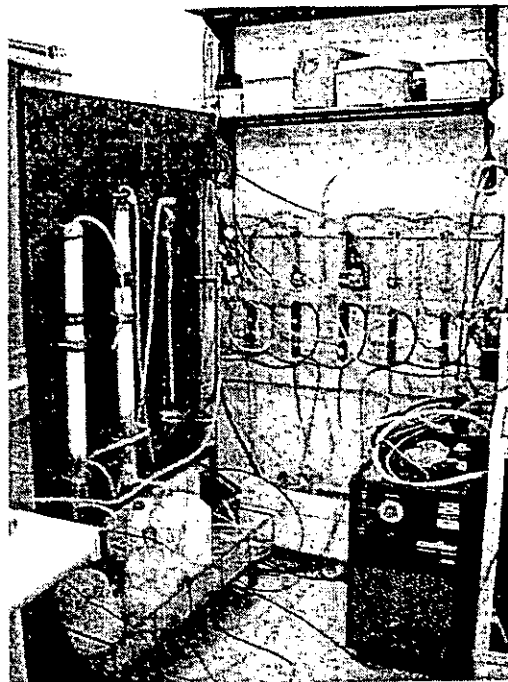
10ב: צינורות לפיזור פד"ח בספיקות גז נמוכות.



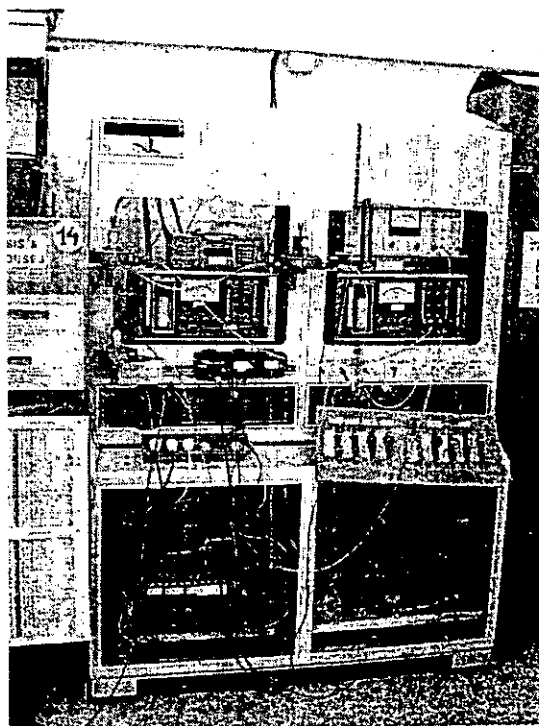
11: משאבות וצינורות יניקה והובלה של דוגמאות אוויר מן התממה למרכז הבקרה.



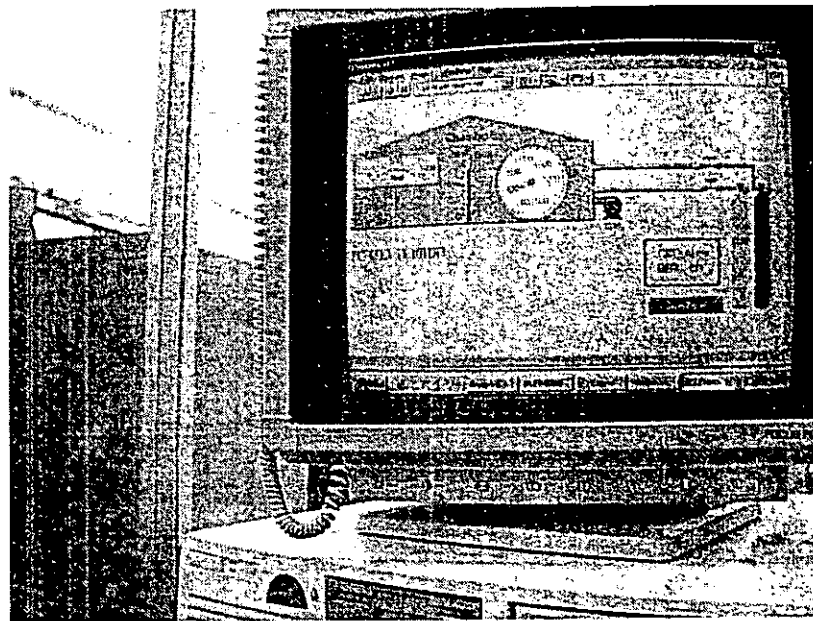
12: מערכת ייבוש וסינון.



13: מערכת ניטור: מכשירי ניתוב ומכשירי IRGA



14: מערכת בקרה ותוכנת Labview



15: מערכת יחידות Field point

