

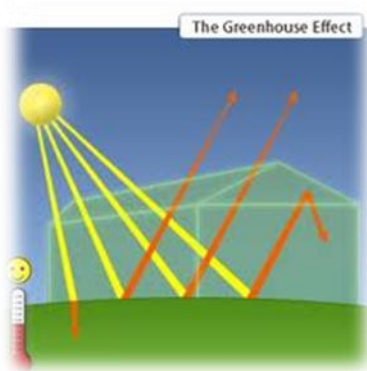
אקלים בבתי צמיחה – הפחתת עומסי חום .. ולחות בבתי צמיחה

יצחק אסקירה
מיקור חוץ משרד החקלאות

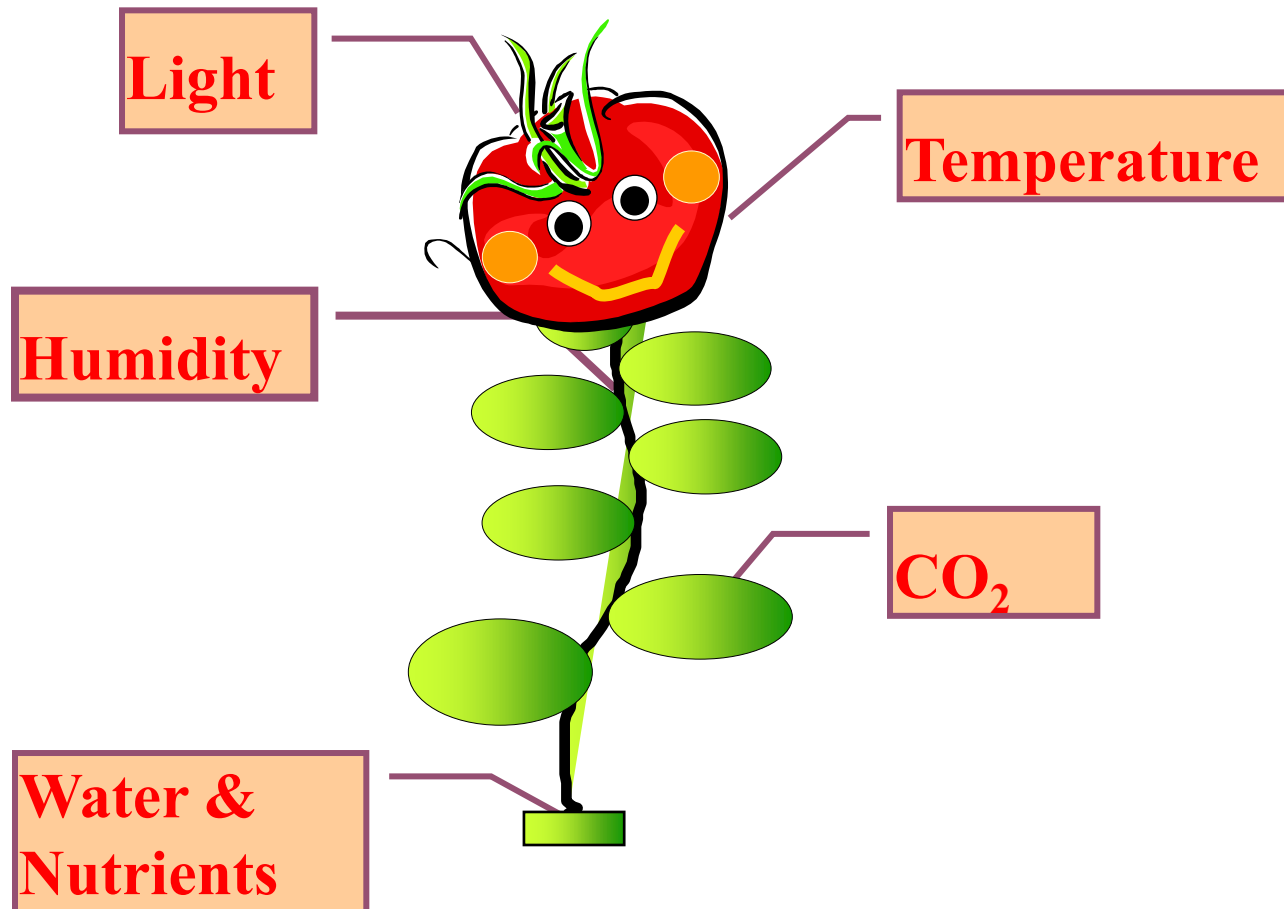


נושאים:

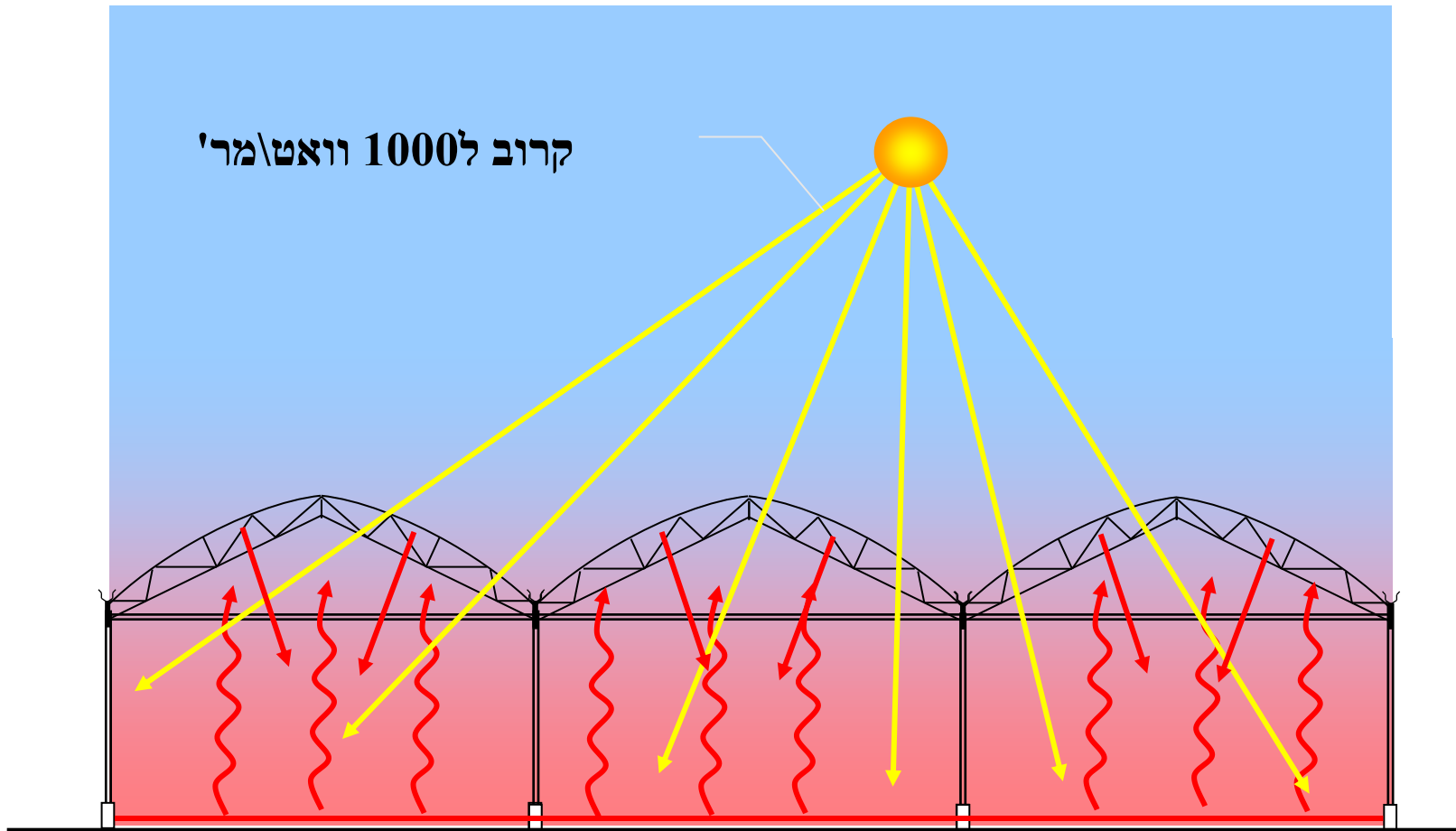
- עקרונות אקלים בתי צמיחה (דגש על לחות)
- פסיכרומטריה (יחסי אוויר – מים)
- הגורמים המשפיעים על אקלים בתי הצמיחה
- אמצעים להפחתת עומסי חום/צינון ולחות
- סיכום



אופטימיזציה של תנאי הגידול

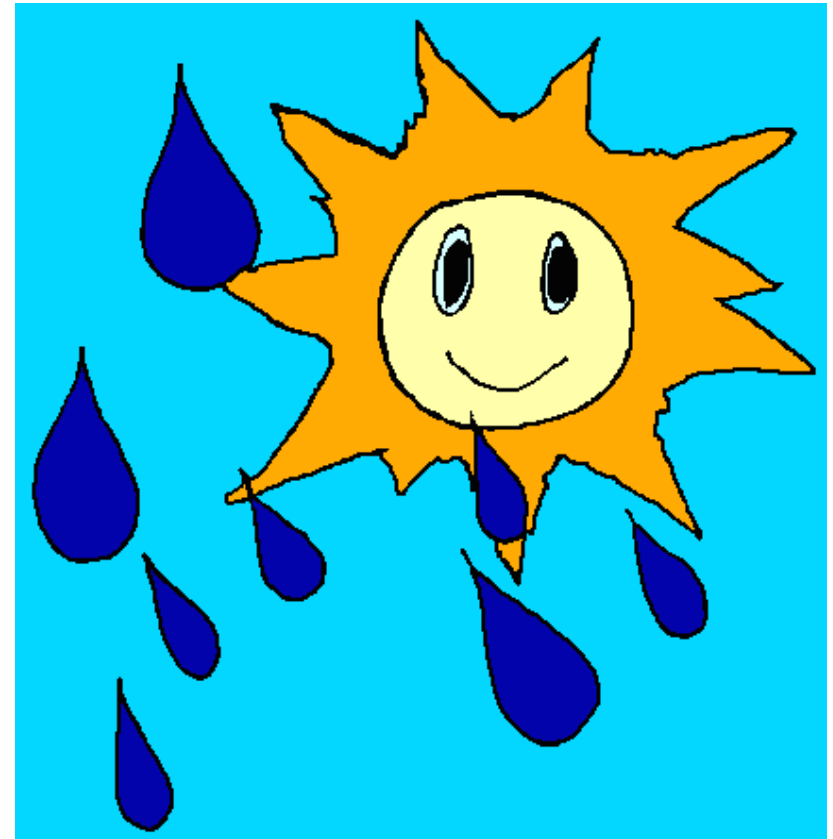
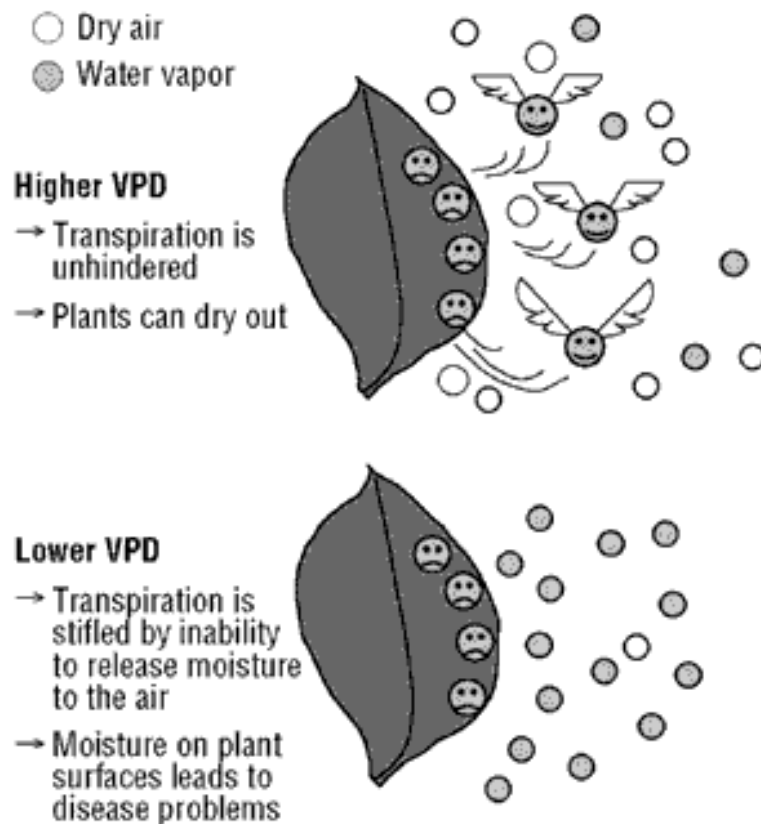


הבעיה!!!



אפקט החממה

בבתי צמיחה הבעיה וגם הפתרון הינה הלחות ולא החום (מלבד שמפרטורת הלילה.... בהמשך)

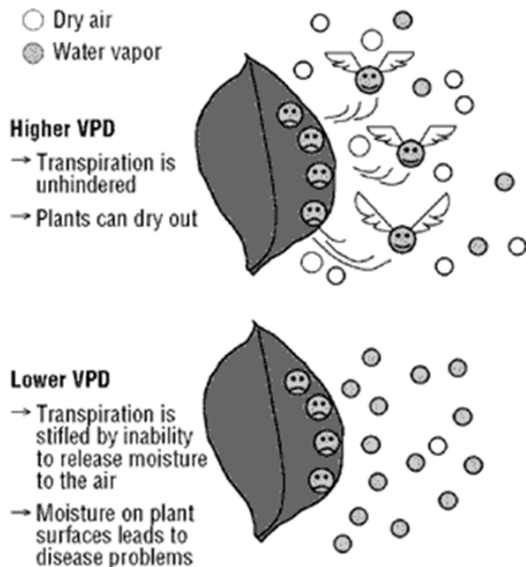


מושגים:

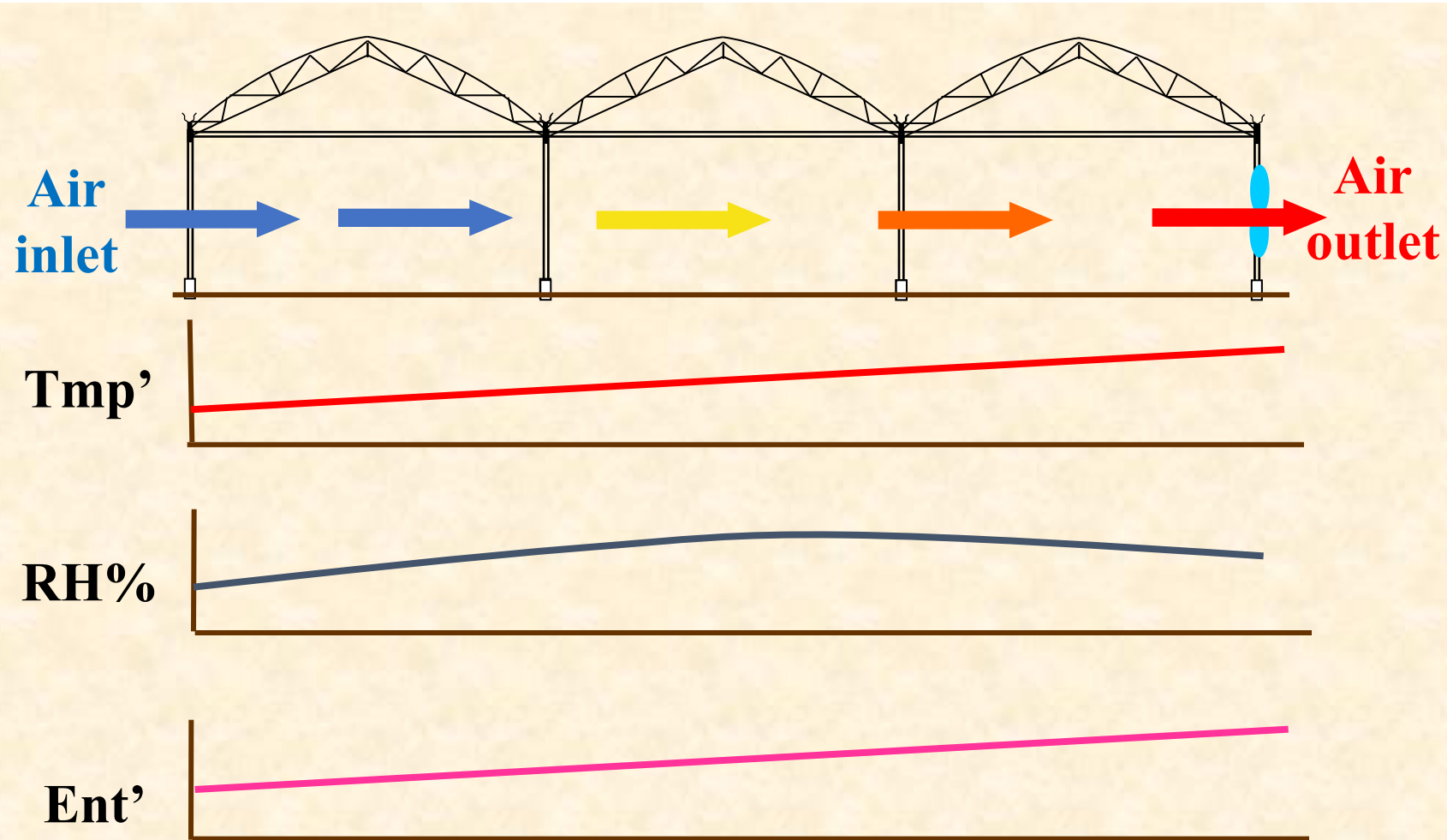
• **לחות יחסית** - יחס המבוטא באחוזים בין כמות האדים שבאוויר בטמפרטורה נתונה, לבין כמות האדים שאוויר בנפח זה יכול להכיל במצב של רוויה.

• **לחות מוחלטת** היא המסה של אדי המים הנמצאת בכמות מוגדרת של אוויר או גז אחר. בדרך כלל מודדים לחות מוחלטת בגרמים למטר מעוקב

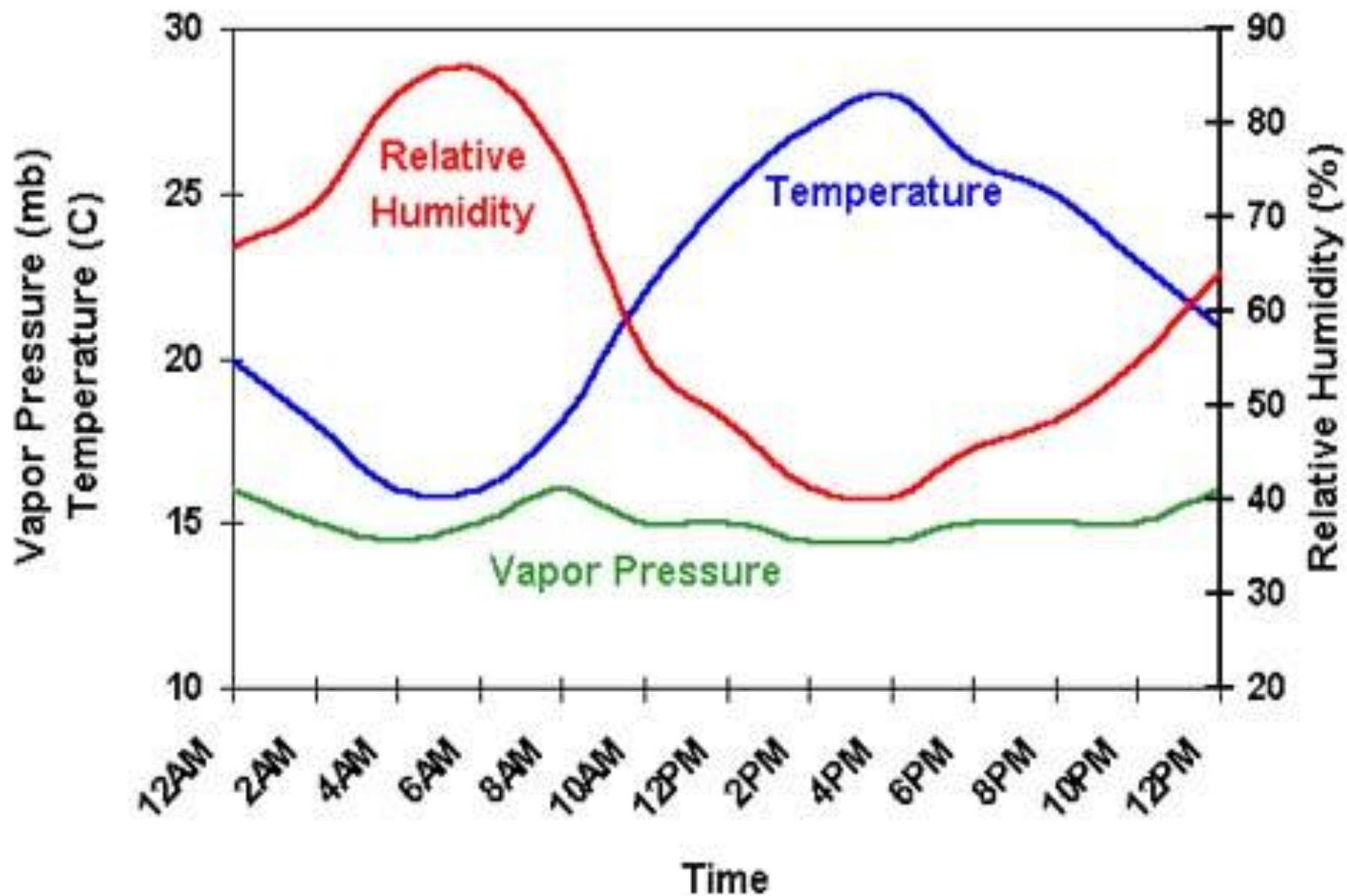
• **גירעון לחץ אדים (VPD)** היכולת של האוויר לייבש. מדובר על ההפרש בין כמות האדים הנמצאת באוויר לעומת כמות האדים המקסימלית היכולה להימצא. ככל שההפרש גדול יותר מים ירצו להתאדות לאוויר. נמדד ב kPa טווח 0.2-2.0



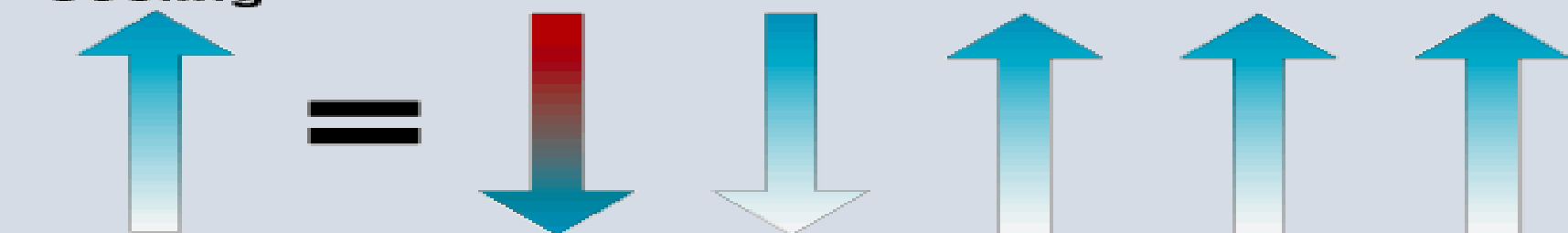
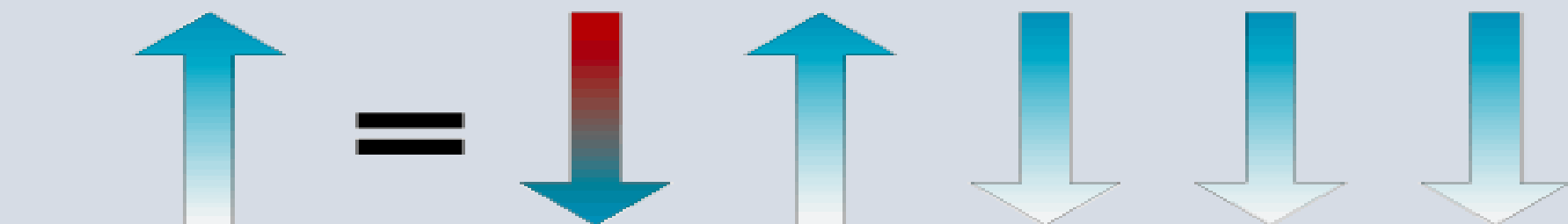
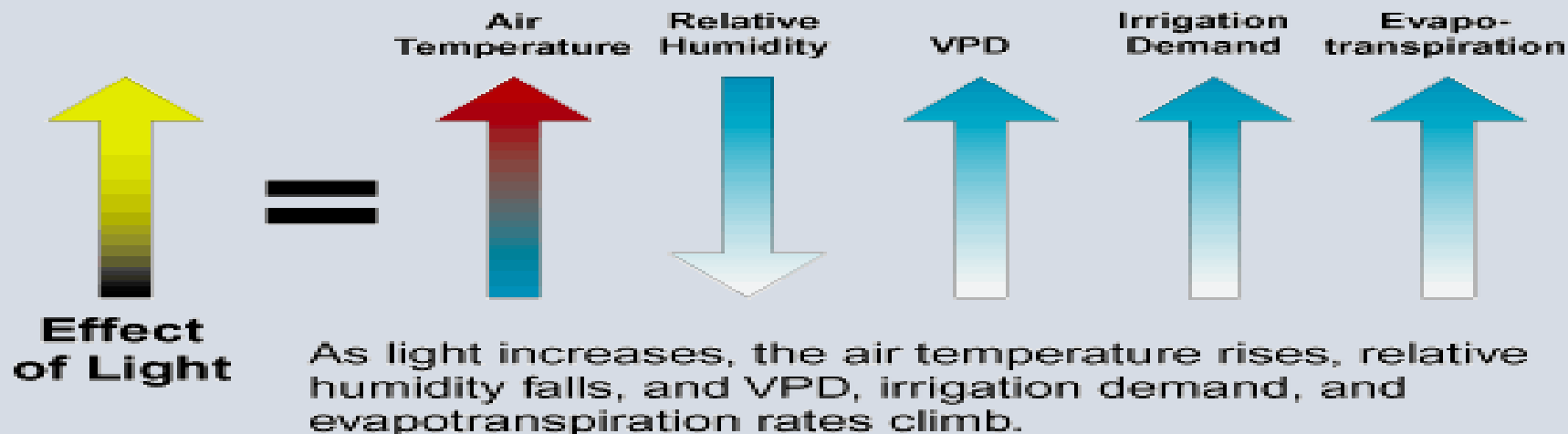
השתנות הטמפ', לחות ואנטלפיה של האויר בין כניסתו ליציאתו



Diurnal Relative Humidity Patterns



Greenhouse Cooling Relationships



(when outside air is cooler)

Ventilation and evaporative cooling work well together since they both tend to increase cooling, while balancing the other climate effects.

גורמים המשפיעים על טמפרטורת המבנה

- קרינה חיצונית
- זווית הפגיעה של הקרינה (צורת המבנה)
- גובה המבנה, אוורור גג או ללא, גאומטריית המבנה (אורך, רוחב)
- סוג הכיסוי
- לחות (רטיבות) הקרקע, לחות באוויר (אחוזים), כמות המים באוויר (משקלית), לחץ אדים
- נוכחות/העדר צמחים
- רוחב בסיס המבנה או יחס כיסוי אוורור
- שונות – ניקיון הגג, אבק, אטימת המבנה וכו'

עקרונות מנחים להפחתת עומסי חום בבתי צמיחה

- שימוש מינימאלי באנרגיה חיצונית לבקרת האקלים בחממה
- ייצור ידידותי לסביבה (ראה סעיף קודם)
- בחירת מבנה מתאים – חממה, בית רשת, מנהרה
- סוג הגידול
- אגרוטכניקת הגידול

• כדאיות כלכלית

צינון התנדפותי בבתי צמיחה

Greenhouse roof:

Ridge height: 6m

Cover: polyethylene 150 μm , UV, IR

Light transmission: 60%

Weather: Summer

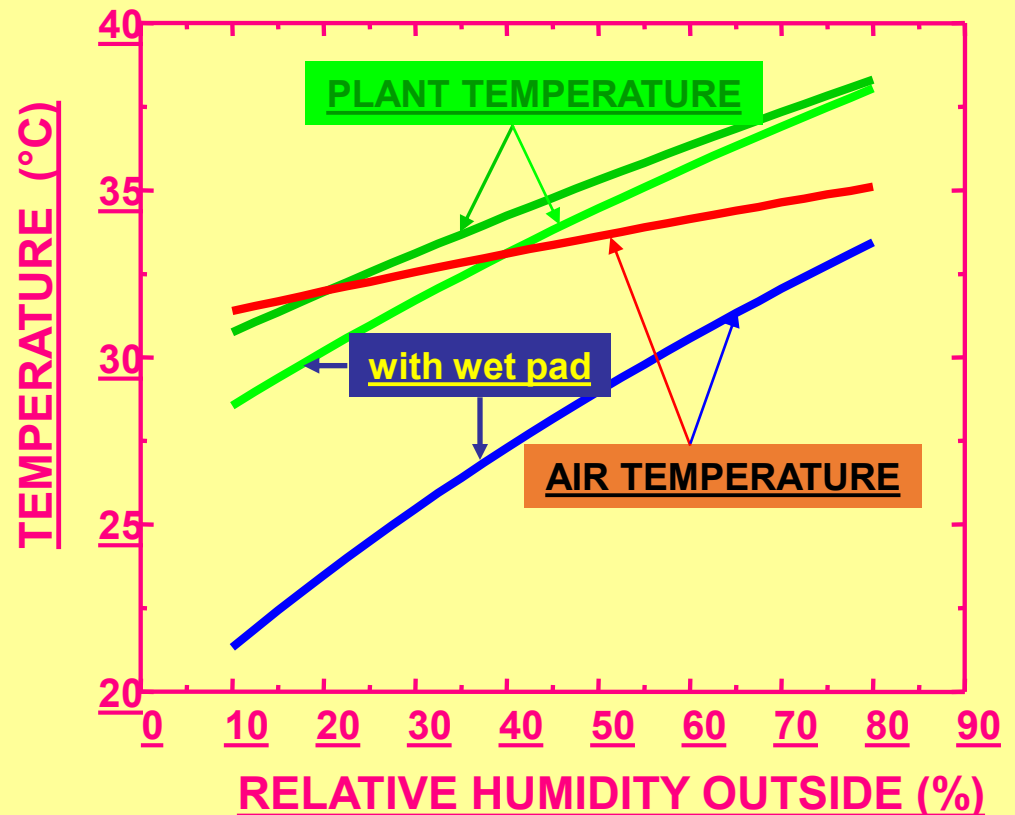
Air temperature outside: 32°C

Full sunshine: 1000 Wm^{-2}

Ventilation: Exhaust fans
20 air exchanges per hour

השפעת הלחות החיצונית על השמפרטורות בחממה

WET PAD COOLS THE AIR MORE THAN
IT COOLS THE PLANT



צינון התנדפותי בבתי צמיחה

Greenhouse roof:

Ridge height: 6m

Cover: polyethylene 150 μm , UV, IR

Light transmission: 60%

Weather: Summer

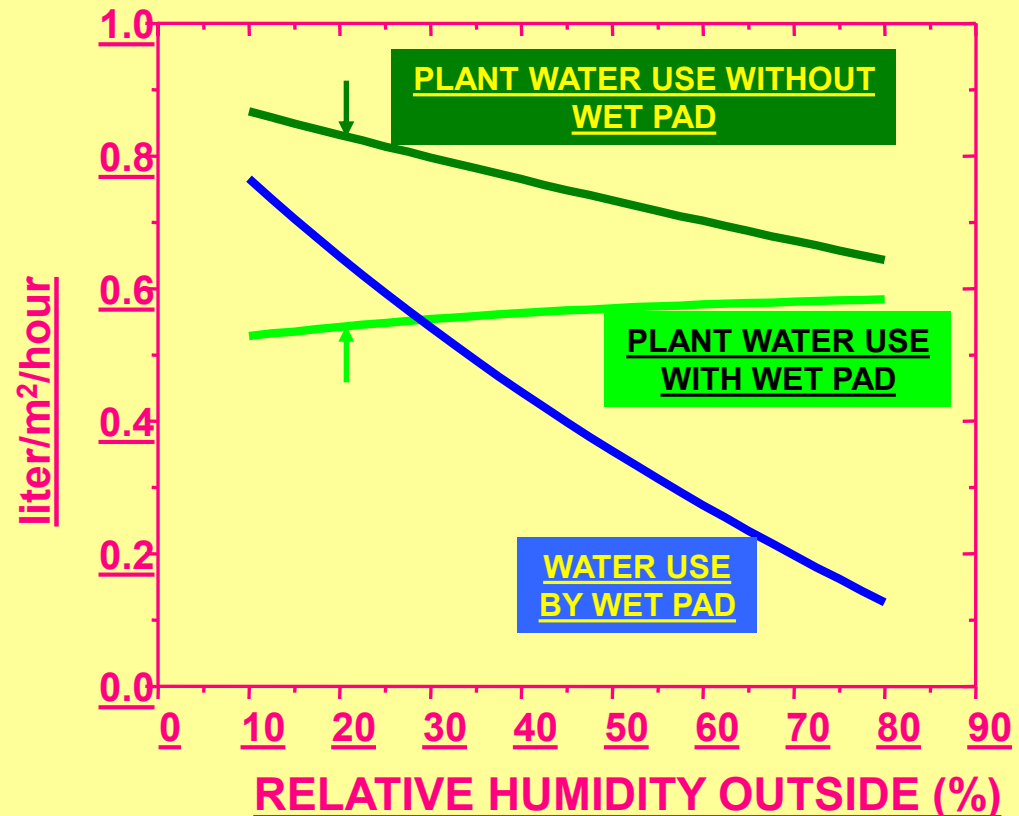
Air temperature outside: 32°C

Full sunshine: 1000 Wm^{-2}

Ventilation: Exhaust fans
20 air exchanges per hour

השפעת לחות חיצונית על צריכת המים של הצמח
וצינון התנדפותי בחממה

THE WET PAD IMPROVES GROWING CONDITIONS
BY DECREASING PLANT WATER NEEDS IN
DRY CLIMATES



שימוש במסך הצללה להפחתת עומסי חום בחממה

Greenhouse roof:

Ridge height: 6m

Cover: polyethylene 150 μm , UV, IR

Light transmission: 60%

Weather: Summer

Air temperature outside: 32°C

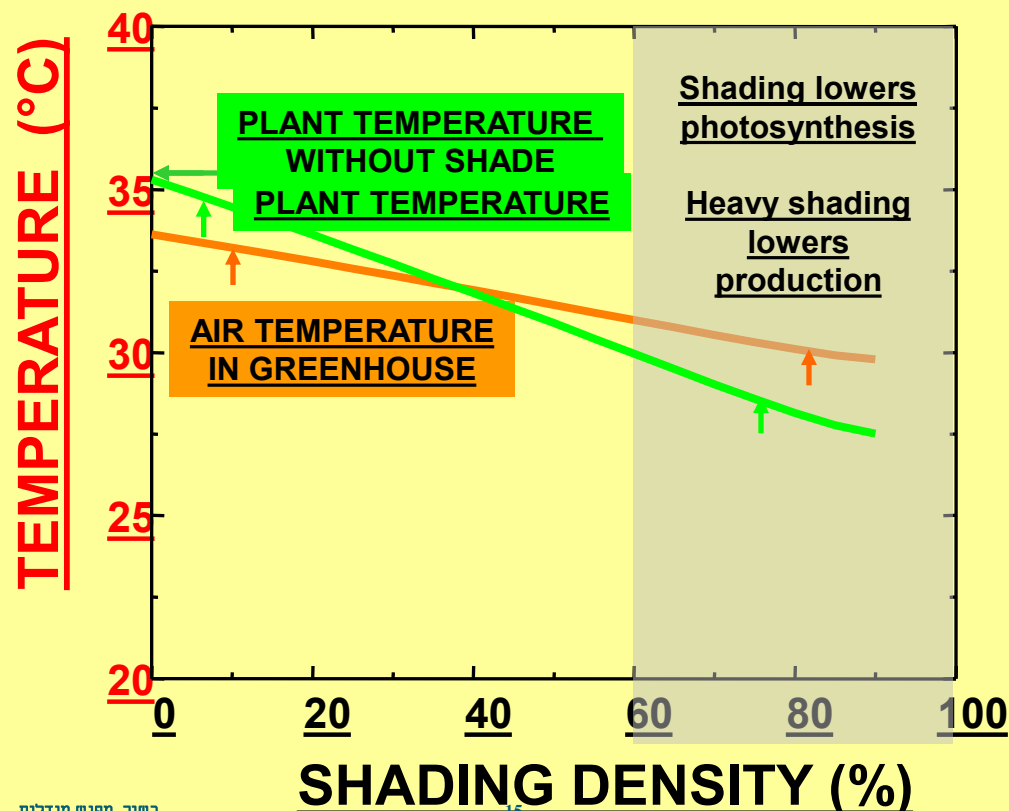
Full sunshine: 1000 Wm^{-2}

Humidity outside: 50%

Ventilation: Exhaust fans
20 air exchanges per hour

השפעת ההצללה על הטמפרטורה בחממה

SHADING LOWERS PLANT TEMPERATURE MORE THAN AIR TEMPERATURE



שימוש במסך הצללה להפחתת עומסי חום בחממה

Greenhouse roof:

Ridge height: 6m

Cover: polyethylene 150 μm , UV, IR

Light transmission: 60%

Weather: Summer

Air temperature outside: 32°C

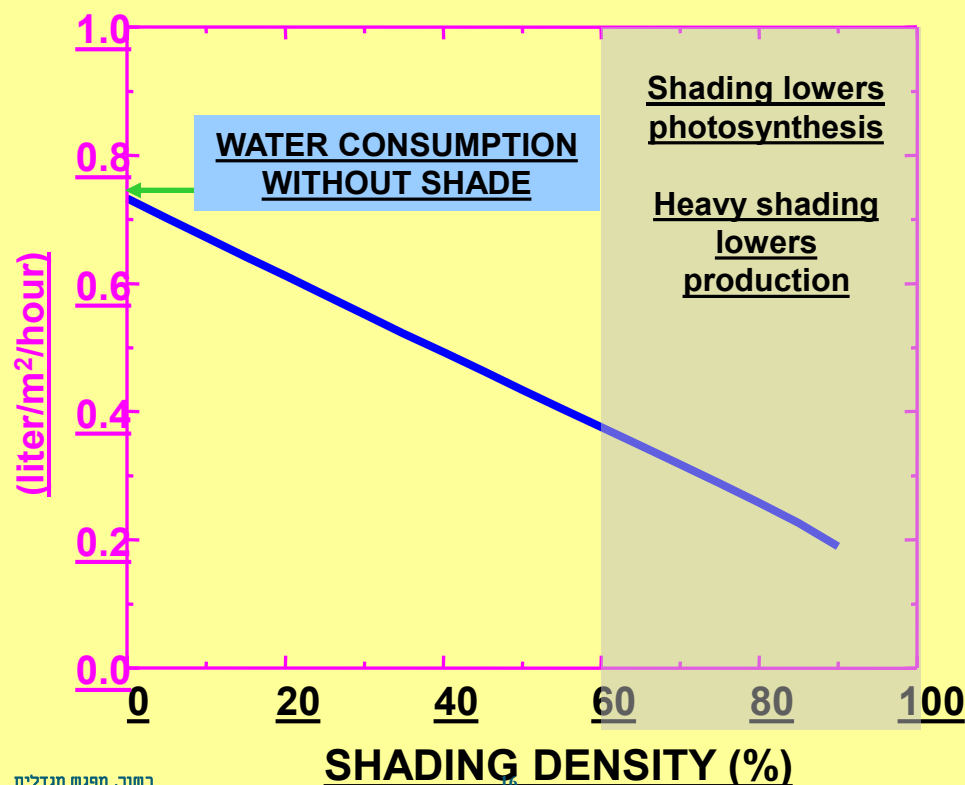
Humidity outside: 50%

Full sunshine: 1000 Wm^{-2}

Ventilation: Exhaust fans
20 air exchanges per hour

EFFECT ON WATER CONSUMPTION

SHADING LOWERS WATER CONSUMPTION



השפעת האוורור הצללה והתזה על הפרש טמפרטורה בבית צמיחה ללא צמחים באזור לח (71%) החוף

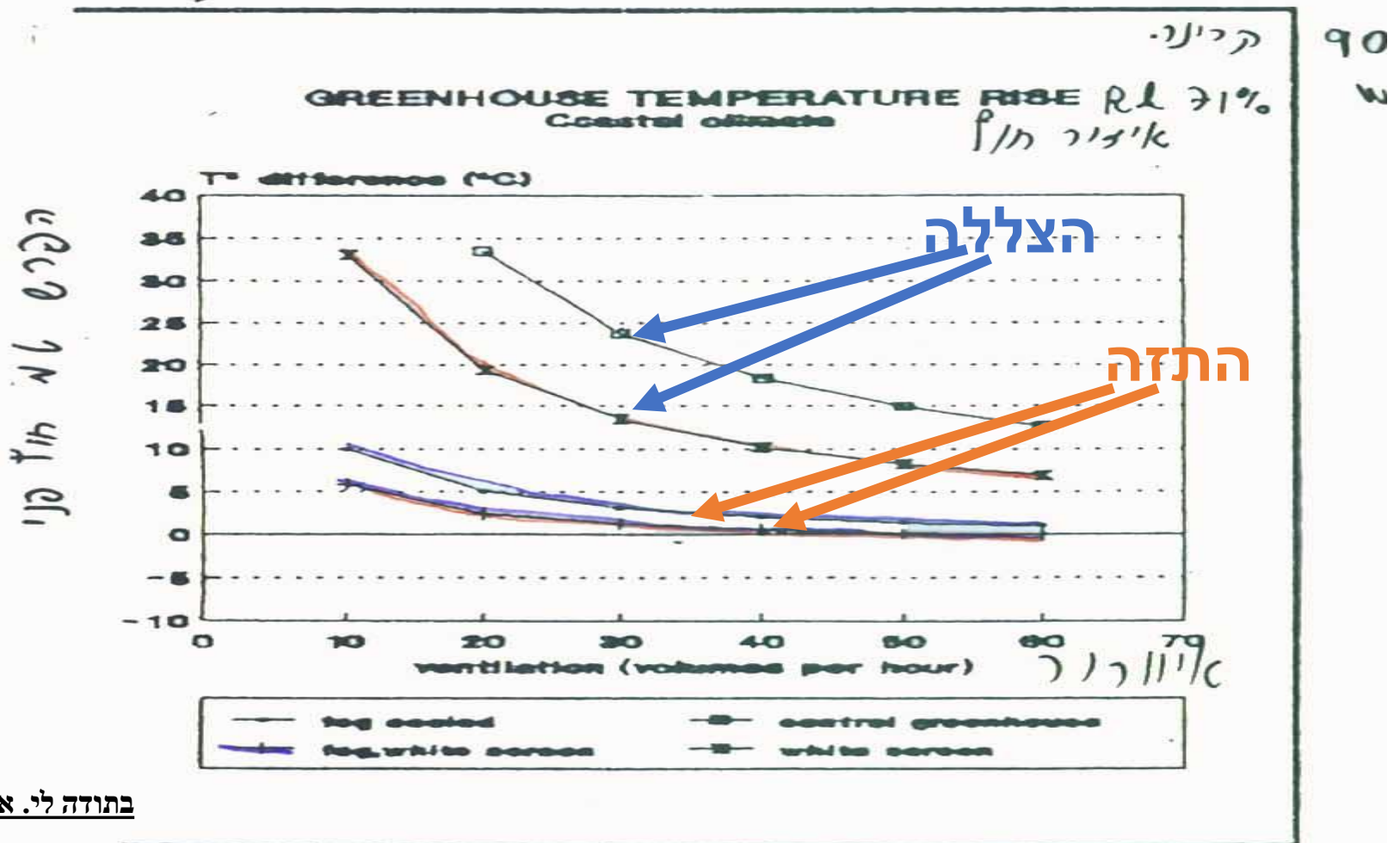


figure 5a.

בתודה לי. אלקינד

השפעת האוורור הצללה והתזה על הפרש הטמפרטורות בבית צמיחה ללא צמחים באיזור יבש (38%) ערבה

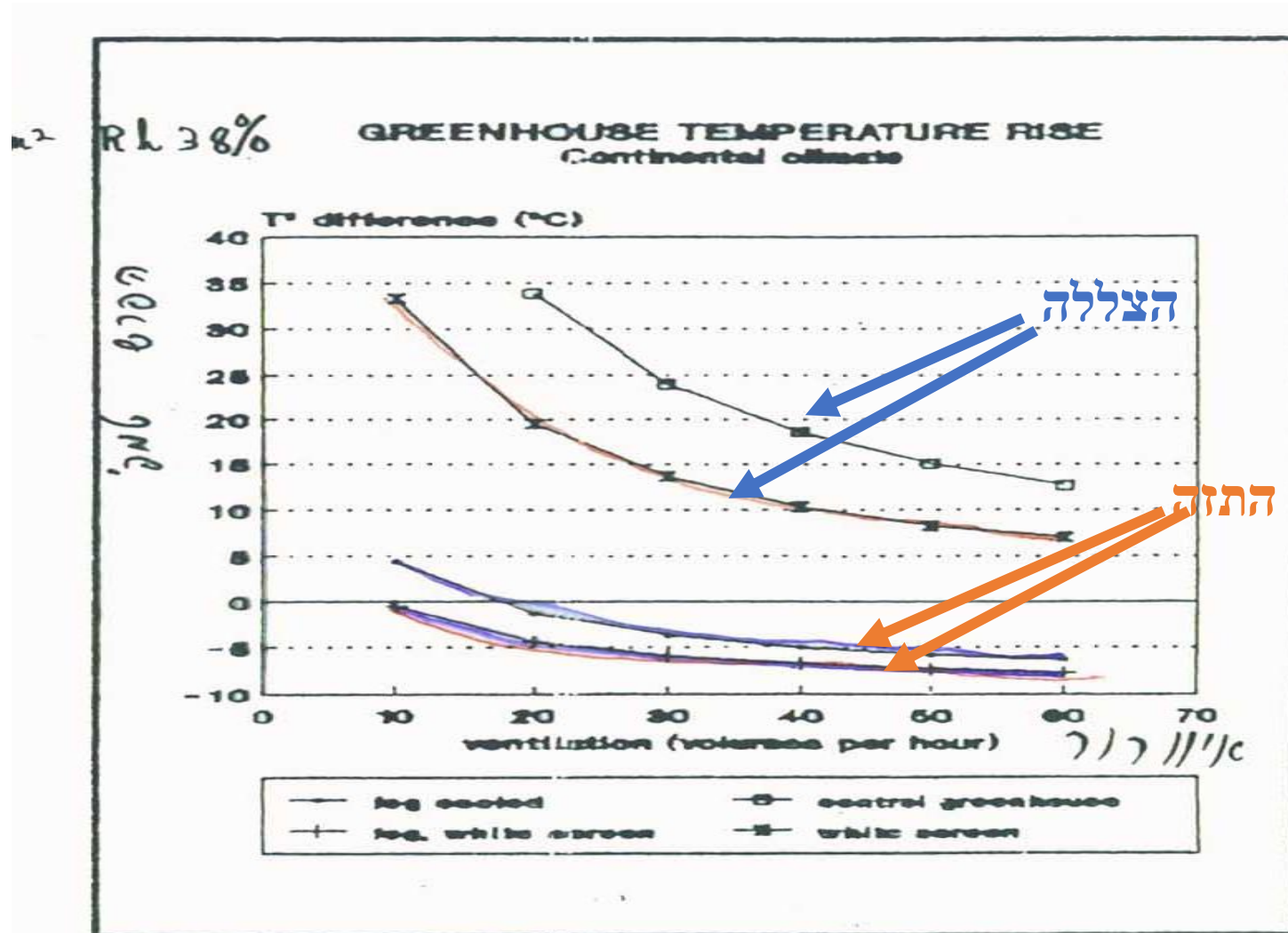
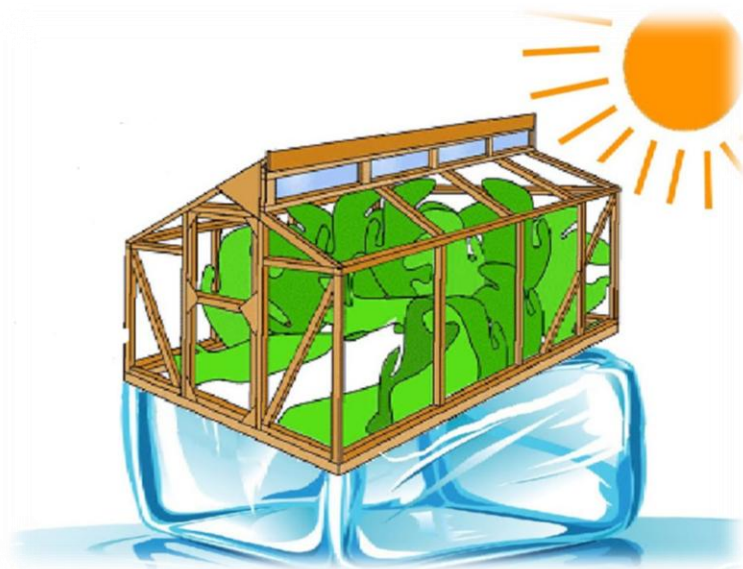


Figure 5b.

אמצעים להפחתת עומסי חום בבית הצמיחה

- מבנה מתאים (אורור גג, בית רשת, החלפת חומרי הכסות..)
- הצללה
- אורור טבעי, מאולץ
- סחרור (תנועת אויר בתוך הנוף)
- ערפול/המתזה
- מסכים
- מזרנים לחים



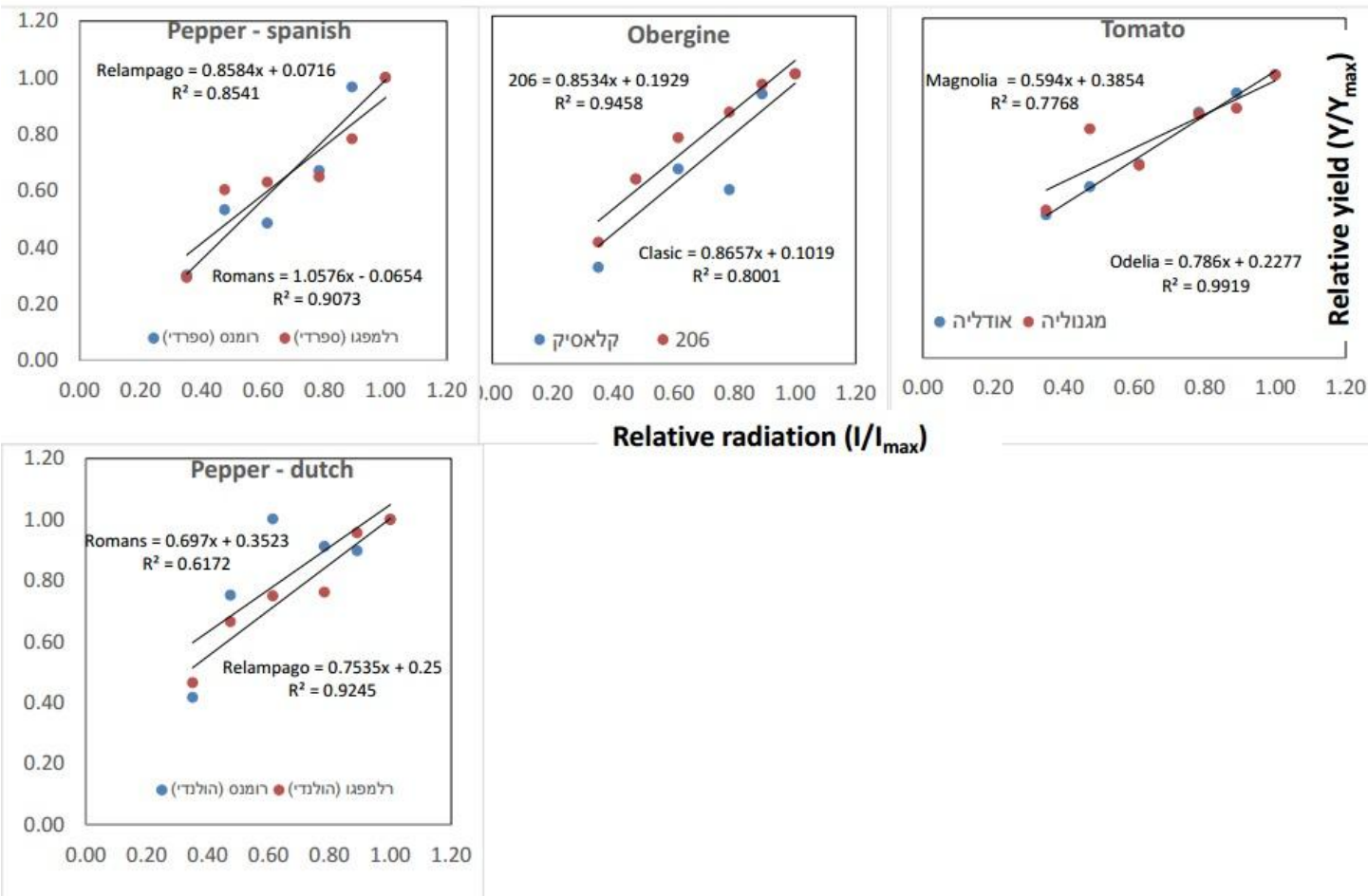
הצללה



אמצעי הצללה:

- יריעת הכיסוי – סוג היריעה, רמת השקיפות ופיזור האור
- הלבנה – אמצעי פשוט ומסוכן במידה מסוימת ואינו מומלץ
- רשת הצללה חיצונית – פרוסה באופן אופקי
- רשת הצללה פנימית – לתקופות קצרות בלבד
- מסך חיצוני – יקר ואינו שכיח
- מסך פנימי – דואלי הן לחיסכון באנרגיה והן להצללה בהתאם לצורך

תגובת יבול לקרינה לפי זנים - 2015



ל. אברהם 2015



אוורור



אורור

- תפקיד האורור בחממה הוא לפתור את האוריר הכלוא בחממה מעודפי חום ולחות.
- עודפי החום נוצרים עקב קרינת השמש ועודפי הלחות עקב אידוד הצמחים.
- עודפי החום מופיעים בצורת חום כמוס או חום מוחש.
- ייצור חום כמוס נקבע ע"י הצמחים (ע"י מצב הפיוניות). בחממה ללא צמחים כל עודף החום מופיע כחום מוחש.

אוורור



- הורדת הטמפרטורה במבנה
- הוצאת אדי מים להורדת הלחות ומניעת התעבות
- העלאה או שמירה על ריכוז הפד"ח
- הורדת ריכוז גזים וחומרים רעילים בבית הצמיחה
- יצירת תנועת אוויר בסמוך לעלווה

שיטות אורור

- אורור טבעי -

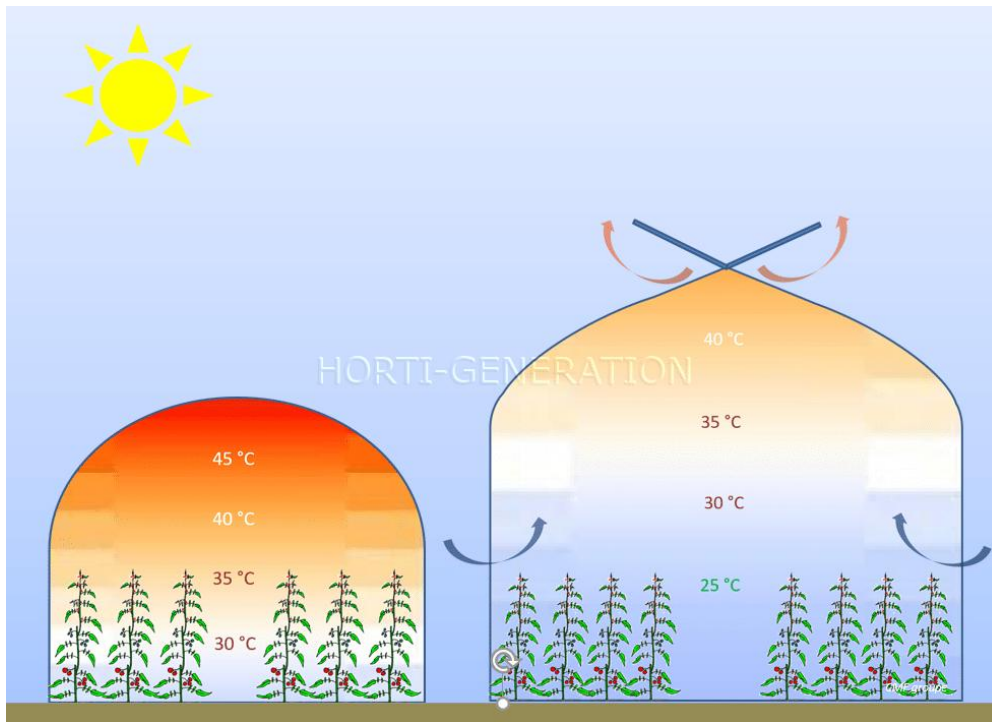
- רוח

- כוחות ציפה (הפרשי צפיפות)

- אורור מאולץ -

- מאוררים

- שרוולים

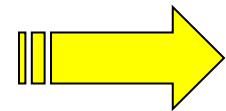
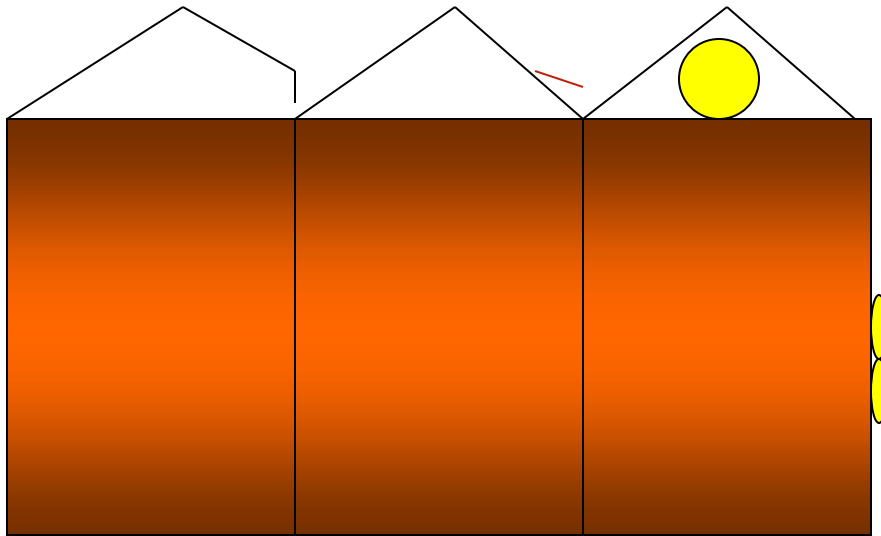


אורור טבעי

- כוחות ציפה ורוח חיצונית
- פתיחת חלונות בקירות הצד של המבנה
- פתיחת חלונות בגג
- שילוב של חלונות צד וגג
- עלות התקנה לא גבוהה, עלות תפעול נמוכה.
- קשה לבצע בקרה מדויקת על הטמפרטורה והלחות

אפשרויות אורור בית צמיחה

כיוון הרוח



אורור מולץ

- מאוררים ציריים המותקנים על קירות החממה (בחלק התחתון) ולפעמים גם בגג.
- שרולי פוליאטילן מחוררים המחברים למאוררים (לחץ חיובי או שלילי) או מדחסים (לחץ חיובי).
- אפשר לשלוט על הטמפרטורה והלחות ביתר קלות ובצורה מדויקת יותר.
- עלות התקנה ותפעול גבוהים.
- המאוררים בד"כ יונקים אוויר מהחממה דרך פתחים הנמצאים בקיר הנגדי ויוצרים תת לחץ בחממה.
- הפעלה ע"פ ספים או רציף בעזרת ממירי תדר (דימר).

• בחממה סגורה היטב קצב האוורור הנו כ 1-4 חילופי אוויר בשעה.

Infiltration

• אוורור טבעי:

• בד"כ הפתחים שבמורד הרוח (Leeward) נפתחים לפני הפתחים שבמעלה הרוח (Windward).

• סה"כ שטח הפתחים (גג + צד) המומלץ באוורור טבעי, כ 10-20 אחוז משטח הרצפה.

• קצב החלפות אוויר רצוי בחממה כ 20 בשעה

• אוורור מאולץ:

• המאווררים בד"כ מותקנים בקיר שנמצא במורד הרוח. אם צריך להתקינם על קיר במעלה הרוח יש להגדיל הספיקה ב 10 אחוז.





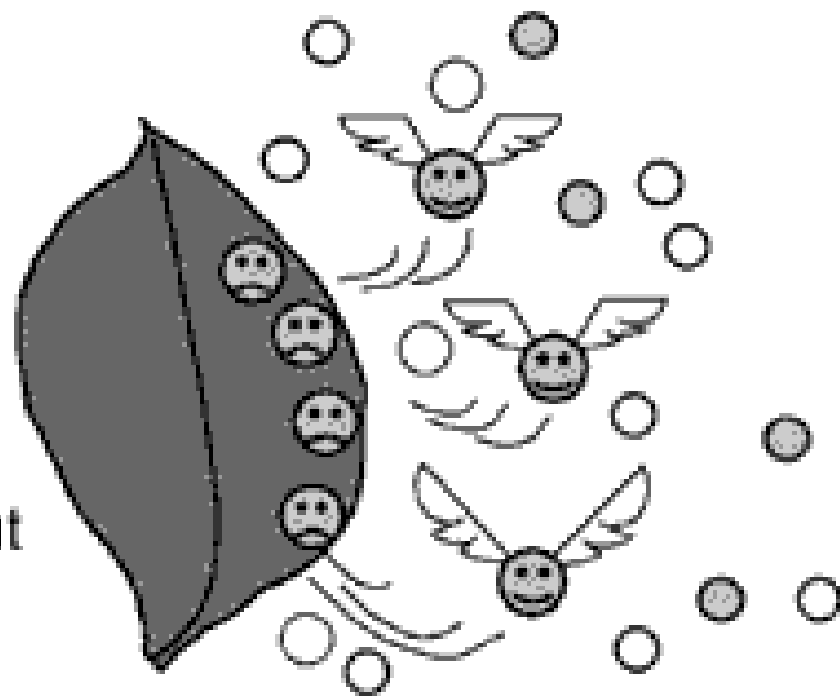
מסחרים



- Dry air
- Water vapor

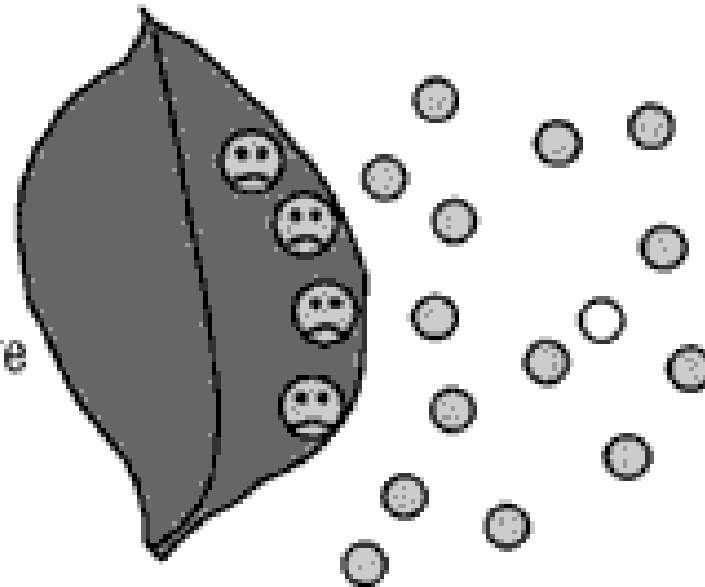
Higher VPD

- Transpiration is unhindered
- Plants can dry out



Lower VPD

- Transpiration is stifled by inability to release moisture to the air
- Moisture on plant surfaces leads to disease problems



מסחררים

- תפקיד המסחררים להניע/לסחרר את האויר בבית הצמיחה במטרה לאפשר לצמח ליעל את הצינור העצמי שלו ע"י הגברת הדיות.
- לאפשר יישום של חומרי הדברה בנפח נמוך (פוגר קר)
- האחדת טמפ' האויר במבנה (בחימום וצינור)

המלצות למהירות אוויר בסמוך לעלווה (סחרור אוויר)

- מהירות האוויר האופטימלית בסמוך לעלווה מבחינת התפתחות התקינה של הצמח 0.2-0.5 מ"/שניה
- מעל 1.0 מ"/שניה לאורך זמן יגרום להאטת קצב הגדילה.
- מעל 4-5 מ"/שניה יגרם נזק פיסי לצמח.
- קצב האוורור של החממה פחות או יותר ליניארי כפונקציה של מהירות הרוח בחוץ.
- קצב האוורור נמדד ע"י גז סימון ונמדד כמספר חילופי אוויר בשעה או ספיקת אוויר ליחידת שטח רצפה

מסחררים

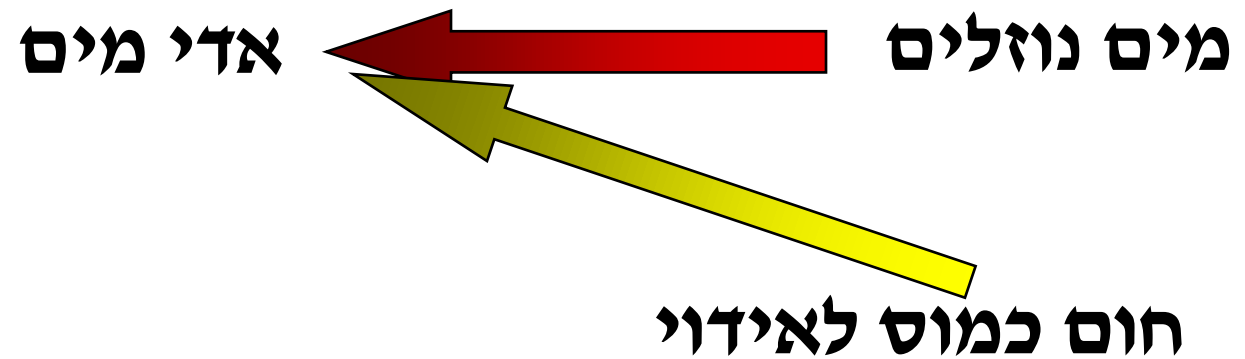
- לסחרור למטרות צינון נדרשים 4 מסחררים לדונם
- ליישום חומרי הדברה אחד לדונם
- גודל מומלץ – 28"
- אופן ההצבה – מותנה במטרת הסחרור (צינון, פוגר), סוג המבנה וצורתו (מומלץ להתייעץ עם מדריך המיכון המקומי), גודל המסחרר, צורת הגידול, סוג הגידול.

ציריבון

שיטת הצינון האדיאבטית:

- בשיטה זו אין מוסיפים ואין גורעים אנרגיה מהאוויר במבנה
- הורדת הטמפ' במבנה נעשית ע"י הגדלת תחולת אידי המים באוויר
- לצורך מעבר של 1cc מים ממצב נוזלי למצב גזי (אדים) יש צורך בכ 600cal

עקרון הצינון האדיאבטי (צינון התנדפות)



שיטות צינור:

- התזה
- ערפול
- ערפול/אורור
- מזרון לח

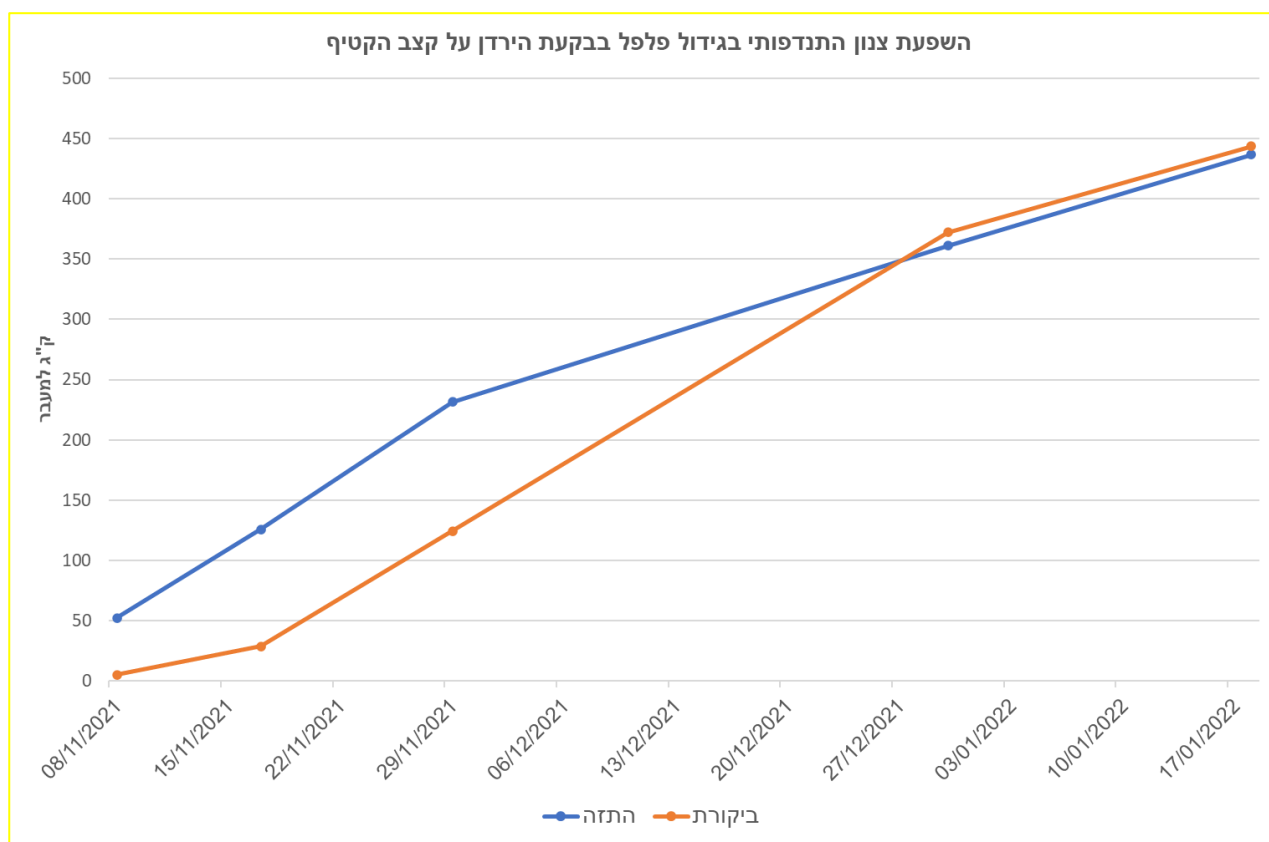
שיטות הצינון ההתנדפותי (1)

- התזה :
- התזת מים באמצעות ממטירונים ע"פ העלווה ולקרקע, מעל ובתוך המבנה (150, 250, 350 ל/ש).
- הגדלת שטח פני טיפות המים והגדלת קצב האידוי.
- תהליך האידוי גורם לירידת טמפרטורת המים עד טמפ' הלח של האוויר בסביבתו הקרובה.
- חסרונותיה של השיטה ביעילותה הנמוכה, יצירת תנעים להתפרצות מחלות נוף מעודדות לחות וביצירת משקעים על פני העלווה.
- יתרונה – עלות נמוכה





השפעת צינון התנדפותי בעזרת מתזים על יבול פלפל בבית רשת בבקעת הירדן 2021



שיטות הצינון ההתנדפותי (2)

- **ערפול:**

- מבוססת על הספקת מים בצורת טיפות קטנות ככל הניתן במגמה להגדיל את שטח פני המים הבאים במגע עם האוויר. ככל שהטיפה קטנה יותר קצב נפילתה קטן יותר ונישאת עם זרם האוויר בקלות.

- **יתרונות:**

- אינה מוגבלת בגאומטריה של המבנה.

- אחידות

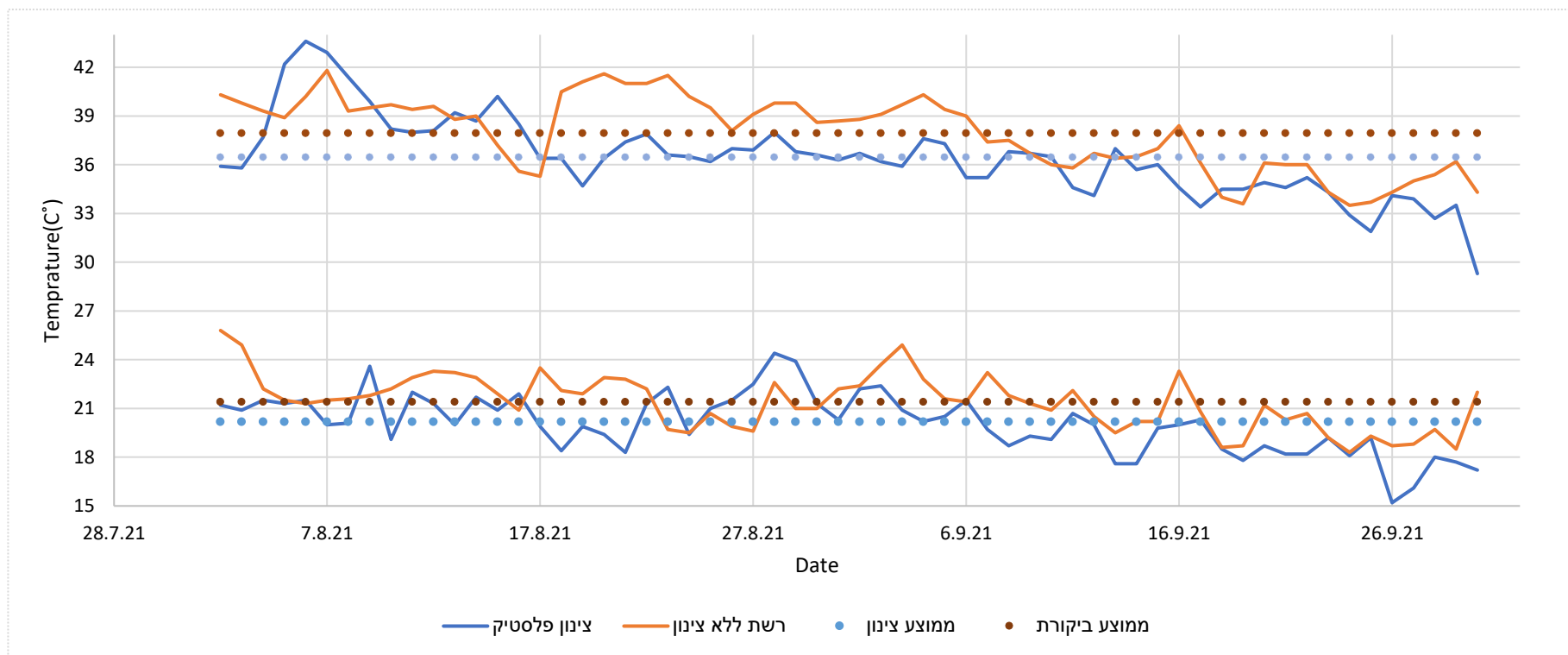
- **חסרונות:**

- -מחייבת טיפול במים
- תפעול לא נכון עלול להרטיב את הצמחים/עלים
- עלות יחסית גבוהה (בהשוואה להתזה..)

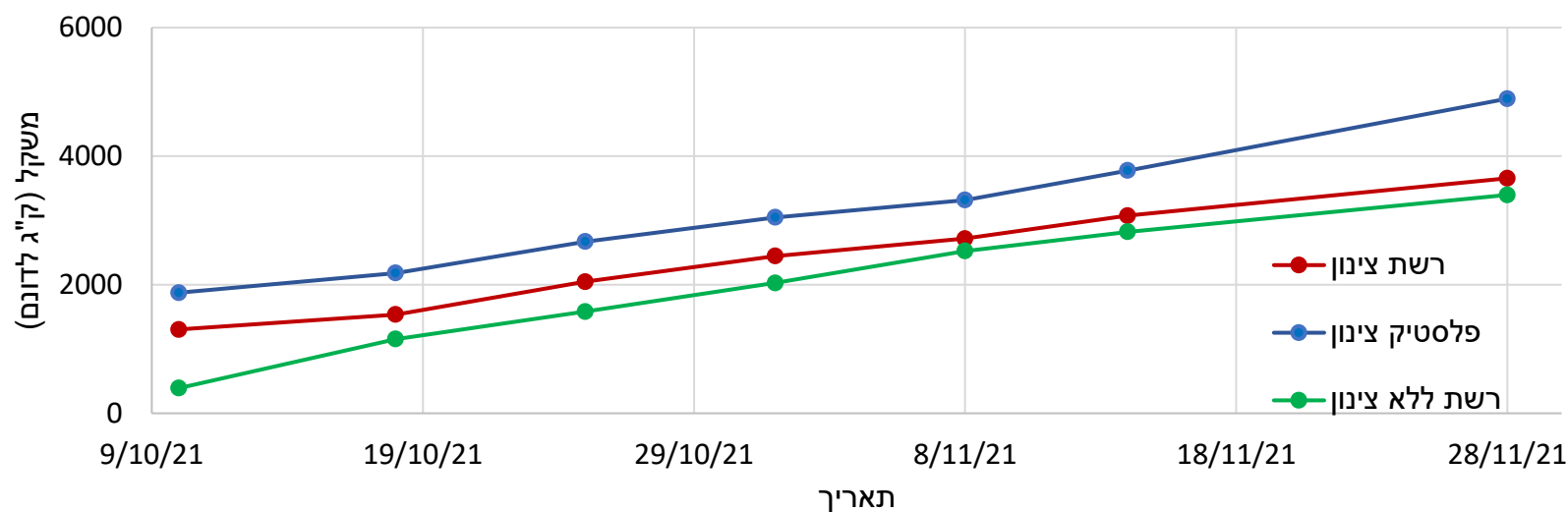
מערפלים 4*5.5 (22 ל/ש) בחממה לגידול פלפל בערבה



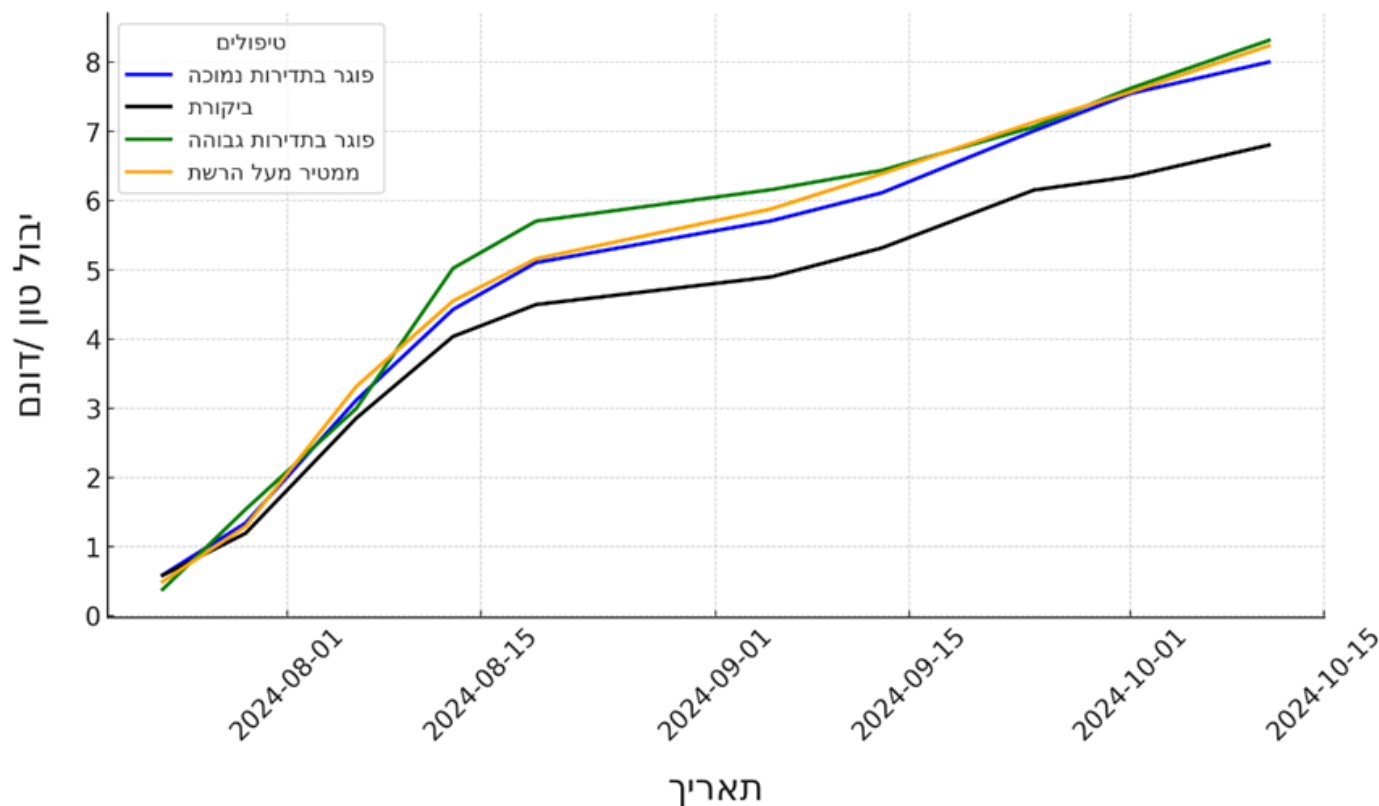
השפעת הצינון על טמפרטורות המקסימום והמינימום במהלך החודשים 2021 אוגוסט ספטמבר ערבה, מושב צופר



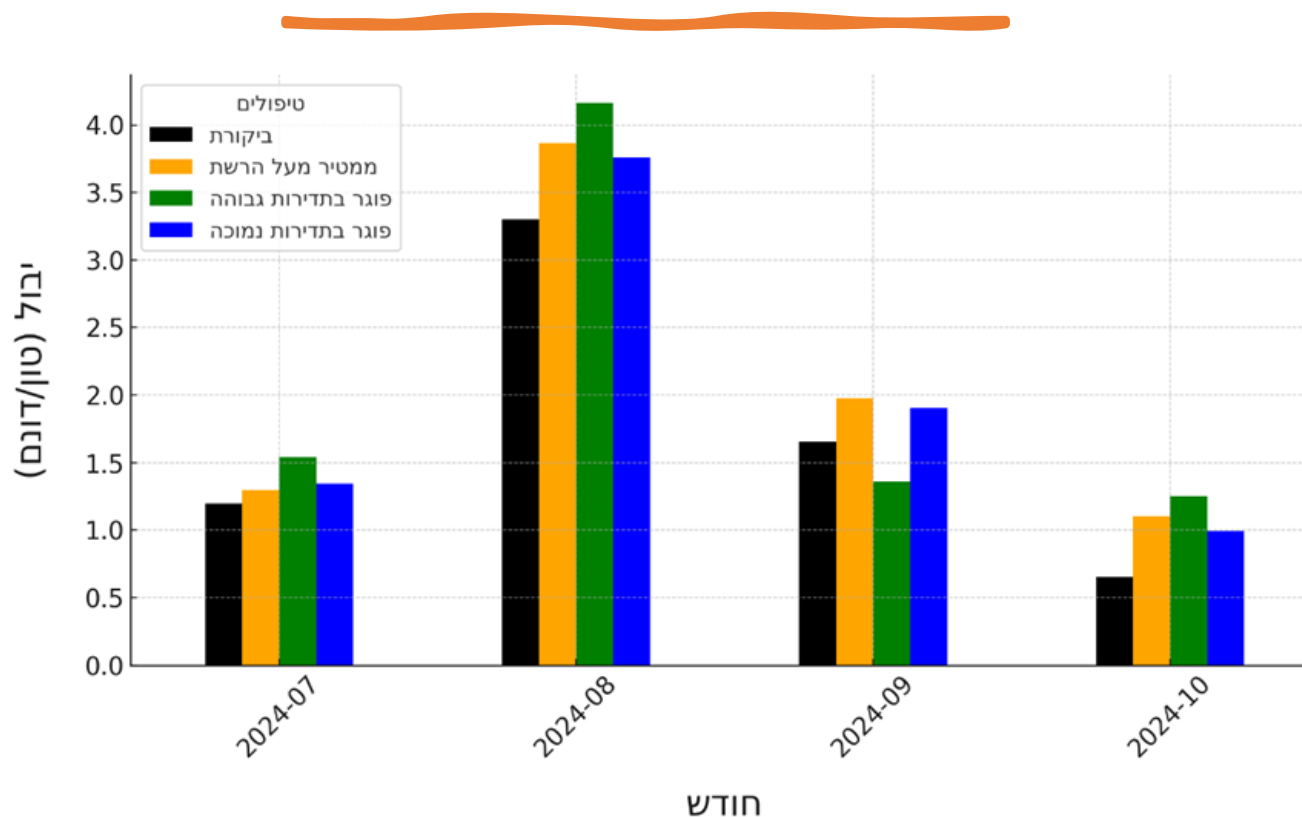
השפעת טיפולי צינון תחת רשת ותחת פלסטיק בהשוואה לבקורת לא מצוננת על יכולת הפלפל בחודשי ההנבה המוקדמים, אוקטובר-דצמבר 2021, מושב צופר



יבול כללי מצטבר בין החודשים יולי – ספטמבר בבתי רשת לגידול פלפל באזור הבשור (גד"ש חלוצה) תחת משטרי צינון שונים 2024.



יבול פלפל, ע"פ חודשי הנבה, בבתי רשת לגידול פלפל באזור הבשור תחת משטרי צינון שונים 2024.



משטרי הפעלת מערכות הצינון במועדים השונים

מערפלים (פוגר) ממשק גבוה (14)				
תאריך	זמן פעולה	תדירות (דקות)	משך פולס (שניות)	סה"כ מים (ל/דונם/יום)
06/06-06/07	11:00-14:00	12	25	206
06/07-30/08	09:00-16:00	6	25	960
01/09-06/10	11:00-16:00	6	25	687

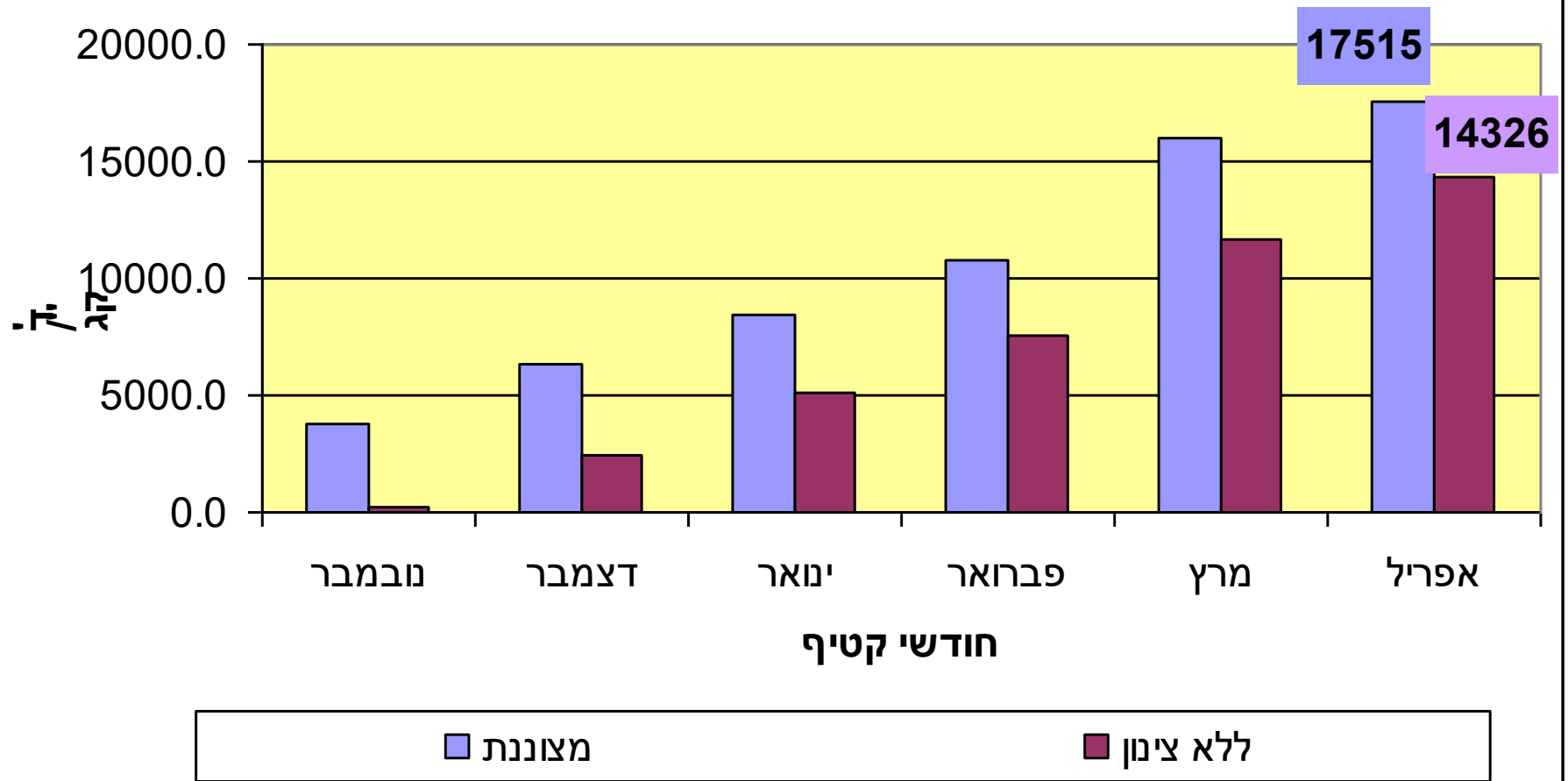
מערפלים (פוגר) ממשק נמוך (13)				
תאריך	זמן פעולה	תדירות (דקות)	משך פולס (שניות)	סה"כ מים (ל/דונם/יום)
06/06-06/07	11:00-14:00	15	15	165
06/07-30/08	09:00-16:00	6	15	570
01/09-06/10	11:00-16:00	6	15	412

המטרה (12)				
תאריך	זמן פעולה	תדירות (דקות)	משך פולס (שניות)	סה"כ מים (ל/דונם/יום)
06/06-06/07	11:00-14:00	30	90	928
06/07-30/08	09:00-16:00	30	90	2165
01/09-06/10	11:00-16:00	45	90	1500





יבול מצטבר - פרויקט צינון מורדכי ברזני 2003/2004



ערפול בלחץ גבוהה



שיטות הצינון ההתנדפותי (אדיאבטי) (3)

- מזרן לח:
- אויר חיצוני מוזרם דרך מזרן רטוב ומועשר במים אל תוך בית הצמיחה.
- כתוצאה מכך טמפ' האוויר יורדת והלחות עולה.
- מגבלות:
- -השיטה מחייבת אוורור מאולץ
- -האוויר המטופל מוזרם לאורך בית הצמיחה דבר הגורם לשינוי הדרגתי
- -בטמפרטורה ובלחות.
- -עלות גבוהה.
- -מוגבלת בגיאומטריה של המבנה
- יתרון:
- -ניסיון מוכח

סיכום

- הגורם המגביל העיקרי בחממה הוא הלחות ולא הטמפרטורה
- גורם מגביל נוסף וחשוב – טמפרטורת הלילה
- תנועת אוויר (החלפות אוויר בנוף) מיעלים את הצינון העצמי של הצמח ומעשירים את הסביבה בפד"ח
- צינון התנדפותי נמצא יעיל להשאת היבול במספר גידולים באזור הבשור
- אופני הפחתת עומסי חום בבתי הצמיחה
- מבנה מתאים (חממה – חורף, בית רשת – קיץ)
- רוטציה בין פלסטיק ורשת וחזרה (אין לפרוס רשת ופלסטיק בו זמנית ע"ג המבנה)
- רשת הצללה ע"ג המבנה בהתאם לדרישות הגידול
- מסך נייד בתוך המבנה (ייעול ניצול הקרינה בשולי היום ושמירת החום בלילה בחורף)
- ערפול/המתזה
- צינון מבוקר (מזרון לח)

