

# להפיל את החרקים ברשת

רשתות נגד חרקים ליישום ממשק גידול תקין בבתי צמיחה

הגידול, החדירה לתוך בתי הצמיחה היא יומית, ודי ברמת אוכלוסייה נמוכה, 1.5 כנימות בממוצע/מלכודת/ליום, לאילוח הצמחים בצהבון האמיר של העגבנייה בממדים כאלה שיגרום לנזק כלכלי. תוצאות המחקרים הביאו להכרה בצורך לחסום פיזית את הפלישה של החרקים לתוך בתי הצמיחה.

תחילה שימשה למטרה זו יריעת "אגריל", יריעה אוורירית בלתי ארוגה, עשויה מסיבי פוליפרופילן. יריעה זו נכנסה לשימוש בחלקות האורגניות ואיפשרה גידול עגבניות ללא ריסוסים. חסרונה העיקרי התבטא בעליית הטמפרטורות מחוסר אוורור מספיק. היה צורך ברשת אוורירית יותר שגם תחסום את כנימת עש הטבק, כלומר רשת מיטבית שתאפשר מקסימום אוורור

**הרשתות פותחו למניעת חדירה של כנימת עש הטבק ואילוח הצמחים בצהבון האמיר של העגבניה. כל שינוי מצריך בדיקת התאמה**

ומינימום חדירת כע"ט. בשיתוף פעולה הדוק עם התעשייה, המדריכים החקלאיים ומגדלים פותחה הרשת המצויה כיום בשימוש מסחרי. במקביל פותחה שיטה מעבדתית לבחינה מהירה של יעילות רשתות לחסימת כע"ט. בדיקה זו מבוססת על מיתאם טוב שנמצא בבדיקות במעבדה, במנהרות נמוכות, במנהרות עבירות ובבתי צמיחה מסחריים. הרשתות שנמצאו יעילות קיבלו אישור של מינהלת ההשקעות בחקלאות (משרד החקלאות) לצורך קבלת עזרה כספית לשם

הנרחב בארץ שלב מקדים הכרחי ליישום הדברה ביולוגית ודבורים להאבקה.

כיום מרושתים כל בתי הצמיחה של עגבניות, למעלה מ-5,000 ד'. לאור הצלחה זו מתכוונים להגדיל בשנים הקרובות את שטח בתי הצמיחה המרושתים בעוד כמה מאות דונמים של "שאר ירקות" ופרחים. הרשתות מפחיתות במידה ניכרת את פלישת החרקים, עד כדי מניעת נזק כלכלי בסתיו-חורף כמעט ללא צורך בריסוסים (איור 1). עם זאת, הרשתות אינן עוצרות באופן מוחלט את חדירת המזיקים. המזיקים שמצליחים לחדור מוצאים תנאים מיטביים: צמחים מוזנים היטב, נקיים מחומרי הדברה, ומוג אוויר נח לריבויים. ריבוי זה יכול לגרום לנזקים כלכליים בעיקר בשליש האחרון של עונת הגידול, עם עליית הטמפרטורות באביב, כשהקטיף בעיצומו. השיטה הטובה ביותר למנוע את הנזק היא ללא ספק הדברה ביולוגית, ובמקרה הצורך בתוספת של "הדברה משלימה" בעזרת תכשירים ידידותיים לסביבה.

פיתוח ויישום של ממשק כלכלי ובר-קיימא הכולל הדברה משולבת תוך פגיעה מזערית בסביבה והבטחת ייצור ירקות ופרחים בכמות ובאיכות הנדרשות, יאפשר למגדלים להמשיך גם בעתיד בשיווק וביצוא תוצרתם לשווקים בעלי מודעות אקולוגית, שבהם הדרישה לפרי "ביולוגי" הנקי משאריות רעל היא תנאי בל יעבור. כן יוכלו ליצא למדינות שבהן חל איסור חוקי על השימוש בתכשירי הדברה מסוימים. החיפוש אחר דרכי הדברה חלופיות לכנימת עש הטבק (כע"ט), המפיץ הבלעדי של וירוס צהבון האמיר של העגבניה (וצא"ע), כלל, בין היתר, את לימוד מועדי ההופעה העונתית והיומית, מרחקי התעופה, חשיבות חוש הראייה, וההתנהגות בתעופה, בנחיתה ובבחירת הצמח הפונדקאי של הכנימה. מחקר זה הביא למסקנות הבאות: א. הכנימות באות בתעופה ממרחקים גדולים, עשרות ק"מ ואולי יותר, ולפיכך לא ניתן להדבירן באתרי המוצא; ב. בסתיו, תחילת עונת

**מנחם י. ברלינגר,**  
המעבדה לאנטומולוגיה,  
מינהל המחקר החקלאי,  
תחנת ניסויים גילת\*  
**מאיר טייטל,**  
המכון להנדסה חקלאית,  
מינהל המחקר החקלאי, בית דגן  
**שרה לביוש-מרדכי,**  
המעבדה לאנטומולוגיה,  
מינהל המחקר החקלאי,  
תחנת ניסויים גילת

## רקע

חשיבות בתי הצמיחה (בת"צ) היא ביכולתם לתת מענה לשתי בעיות יסוד חשובות: א) גידול צמחים בתנאים של גורם ייצור מגביל (אקלים, קרקע, מים, מזיקים וכו'); ב) הבטחת הייצור בכמות ובאיכות כנדרש בשוק. בעולם וגם בארץ, מזיקים ואקלים הם הגורמים המגבילים העיקריים.

גידולי בתי צמיחה נתקפים על ידי קבוצת מזיקים דומה ומוגדרת, שהעיקריים שבה הם: כנימות עש, זבובי מנהרות, אקריות, כנימות עלה ותרפססים ממינים שונים. מזיקים אלה מהווים במקרים רבים גורם מגביל לגידול המסכן את כדאיותו. ההדברה הכימית המקובלת - שלא נתנה פתרון מספק, הצורך להשתמש בחרקים להאבקה, ודרישות השוק לפרי נקי משאריות רעל - כל אלה הצריכו פיתוח דרכי הדברה חלופיות. באירופה הצליחו ביישום ממשק של הדברה ביולוגית בירקות. אויבים טבעיים אינם יכולים למנוע את הפלישה ההמונית לתוך בתי צמיחה של המזיקים בסוף הקיץ, ולא את ההפצה הראשונית של מחלות וירוס על-ידם. לכן היה פיתוח "רשתות החרקים" ויישום המסחרי

\* פירסום של מינהל המחקר החקלאי, סדרה ה', 1996, מס' 1304.



לאיתור חורים ברשת.

\* לפתח של בית הצמיחה צריך להתקין כניסה כפולה הסגורה ברשת ולהקפיד מאוד על סגירת שני הפתחים. כניסה מרושלת זו מונעת כניסת

## בעת בחירת הרשת צריך לוודא שהיא תענה על דרישות האוורור וחסיומת חרקים ושאריגתה תהיה אחידה

החרקים. כאמצעי נוסף להפחתת חדירת החרקים רצוי להוסיף מאוורר, אשר יגרום ללחץ אוויר חזק לכיוון הפתח החיצוני כאשר פותחים אותו. \* אבק המצטבר על הרשת מצל על המבנה ומפחית את הקרינה. על כן חשוב לשטוף אותו בעת הצורך בעזרת זרם מים חזק המופעל מתוך המבנה החוצה.

## לפתח של בית צמיחה צריך להתקין כניסה כפולה הסגורה ברשת, ורצוי להוסיף מאוורר שיגרום ללחץ אוויר חזק לכיוון הפתח החיצוני

### השימוש ברשת מאפשר את הדברים הבאים:

\* הפחתה ניכרת של השימוש בתכשירים להדברת מזיקים, גם אם חייבים לפעמים להוסיף במשך העונה 4-2 ריסוסים נגד מחלות עלים; \* שימוש בדבורים להאבקה, המביאות לגידול ניכר בשיעור החנטה וכמות הפרי, כמות גם לשיפור רב באיכות הפרי; \* יישום ממשק של הדברה ביולוגית להדברת החרקים שהצליחו לחדור לתוך בית הצמיחה

### חשוב לזכור

\* הרשתות פותחו למניעת חדירה של כעי"ט ואילוח הצמחים בוצא"ע בעגבניות. כל שינוי - כגון שימוש ברשת בגידול שונה מעגבניות או שימוש בה במועד אחר (בחודשים החמים) - מצריך בדיקת התאמה. בראש ובראשונה צריך לבדוק את השפעת הרשת על הגידול. \* הרשתות המסחריות, הידועות בשמות מסחריים שונים כגון: "רשת 50 משי", "רשת כנימות" "רשת אנטי וירוס" וכו', חוסמות היטב חדירת חרקים שגודל גופם שווה לממדי גופה של כעי"ט או גדול ממנה (כנימות עלה, זבובי מנהרות, וכו'), אך הן אינן חוסמות חדירת תריפסים הקטנים מכעי"ט. אף שחדירת תריפסים דרך הרשתות המסחריות מופחתת, לרוב אין די בשיעור זה של הפחתה, ובוודאי לא בגידולים הרגישים לתריפסים.

\* צריך להתקין את הרשת לפני השתילה כי יתרונה היחיד הוא בחסיומת החדירה. לאחר החדירה לתוך בית הצמיחה מאפשרת הרשת

התקנתן בבתי צמיחה קיימים או חדשים. את הרשתות מוכרים כיום מספר ספקים.

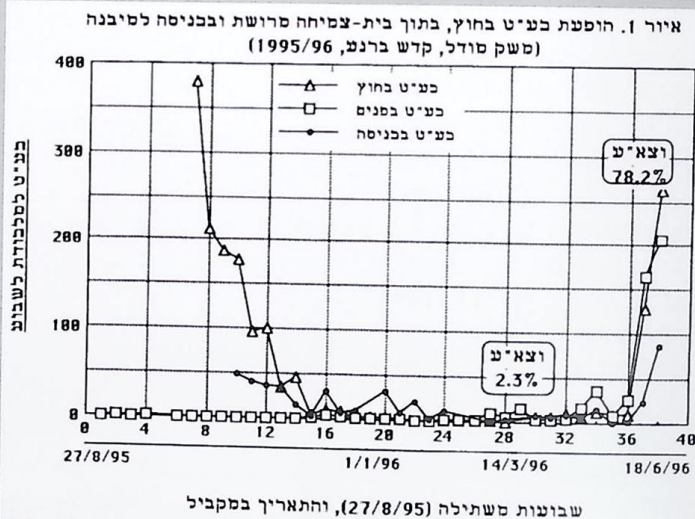
### הרשתות וטיבן

הרשתות המשמשות כיום בחקלאות לחסיומת כעי"ט הן רשתות ארוגות (איור 2), שבהן יש לפחות 25 חוטי ערב ו-50 חוטי שתי לאינץ' רץ, כאשר עובי החוט הוא 0.22 מ"מ. הרשתות עמידות לקרינה ולרוח, ומחזיקות מספר שנים. מידת האוורור של הרשת ( $\alpha$ ) נקבעת באמצעות היחס שבין השטח של פתחי הרשת לבין השטח הכללי של אותה פיסת רשת:

$$\alpha = (m-d)(n-d)/mn$$

### תפקיד הרשת

הרשת חוסמת חדירה של חרקים (איור 1). יחד עם חסיומת הפלישה של חרקים היא חוסמת גם את זרימת האוויר. כך מופחת האוורור (מספר חילופי האוויר של בית הצמיחה ביחידת זמן), ובעקבות זאת גדלים עומס החום והלחות בתוך



התפתחות טובה של המזיקים הודות לתנאי האקלים המשופרים.

\* צריך להקפיד מאוד על סגירה מדוקדקת של כל הפתחים ועל שלימות הרשת. כעי"ט ומזיקים אחרים חודרים דרך כל פתח או קרע שברשת, אפילו כזה שקוטרו אינו עולה על מילימטרים ספורים. ניטור המזיקים בעזרת מלכודות, כגון מלכודות דבק צהובות מגודל 10x10 ס"מ ומעלה ובכמות של 10 מלכודות לדונם, כשהן פזורות בצורה אחידה במבנה, עוזר

בית הצמיחה. אם לא די באוורור הטבעי לסילוק עודפי החום או הלחות, יש צורך באוורור מאולץ המחייב השקעה של אנרגיה ולפיכך מעלה את הוצאות הייצור.

### על מה חשוב להקפיד בעת בחירת רשת

בעת בחירת הרשת צריך לוודא שהיא תענה באופן מרבי על דרישות האוורור וחסיומת חרקים כאחת ושתהיה ארוגה בצורה אחידה.



## מסקנות והמלצות ליישום התוצאות

להתקין רשת נגד חרקים מתאימה, לסגור אותה היטב ולסדר כניסה כפולה לבית הצמיחה. אם נדרש אוורור מאולץ - יש להתקין בצורה שלא תגרום לשאיבת חרקים לתוך בית הצמיחה. לעקוב אחר החדירה היומית של המזיקים ולנקוט אמצעי הדברה לפי הצורך. להשתמש בתכשירי הדברה לא רעילים (שמנים, סבונים) ורק במידת הצורך. להדגיש בעתיד את ההדברה הביולוגית בעזרת אויבים טבעיים.

כיום נבדקים תכשירים נוספים, כמו תכשירי נים ופירתורם.  
\* שיפור האוורור: אוורור טבעי או מאולץ בדרך שתמנע את חדירת המזיקים.  
\* שיפור ההדברה הביולוגית לרמה שתאפשר מתן המלצות, בהתאם לגידול, לגבי הנתונים הבאים: ניטור, סף פעולה, מין האויב הטבעי, כמות הפרטים של אויבים טבעיים הדרושה להדברה יעילה.  
\* שיפור ההדברה המשלימה - לימוד היעילות של תכשירים ידידותיים לסביבה ואופן השימוש בהם.

למרות הרשתות, ובכך למנוע את התפתחות אוכלוסיותיהם בתוך המבנה לממדים של גרימת נזק כלכלי.  
\* במקרים שלא ידוע אויב טבעי יעיל - כמו במקרה של אקרית החלודה של העגבניה, או במקרים שהמדבירים הביולוגיים אינם די יעילים או שאוכלוסיית המזיק נתגלתה בצפיפות רבה המונעת הדברה ביולוגית יעילה - דרושה הדברה משלימה, כלומר שימוש בתכשירי הדברה ובתנאי שיהיו ידידותיים לסביבה, לאדם ולאויבים הטבעיים. נראה כי שמן מינרלי (וירול/וירותר) או סבון (LQ-215), יכולים לשמש למטרה זו.

# רקע הנדסי לחישוב מפל הלחץ על רשת

כנימת עש הטבק ותרופים באמצעות רשתות. גודלם האופייני של חרקים אלה הוא 0.28 מ"מ ו-0.19 מ"מ, בהתאמה. כדי למנוע כניסה של חרקים בגדלים כאלה יש להתקין רשתות צפופות על כל פתחי החממה. לרשת "50 מ"ש" הנפוצה כיום למניעת חדירת כע"ט המידות הבאות:  $n-d \sim 0.25$  ו- $m-d \sim 0.75$ , כשהקוטר האופייני של החוט ממנו עשויה הרשת הוא כ-0.25 מ"מ. על מנת לייצר רשת המיועדת למנוע חדירת תרופים, תוך שמירה על מפל לחץ זהה לזה שמתקבל ברשת "50 מ"ש", נצטרך להקטין את קוטר החוטים ואת הרווח שביניהם. לדוגמה, רווח בין חוטים ( $n-d$ ) של 0.17 מ"מ עם קוטר חוט  $d=0.19$  יאפשר לשמור על מפל לחץ זהה לזה המתקבל ברשת "50 מ"ש", מאחר ש- $\alpha$  זהה בשני המקרים. כאן המקום להדגיש כי המושג רשת "50 מ"ש" אינו מדעי, ולמעשה אינו נותן כל מידע על הרשת, מלבד העובדה שברשת יש 50 חוטים באינץ' באחד הכיוונים (שתי או ערב). למעשה יכולות להיות הרבה מאוד רשתות 50 מ"ש, כאשר על כל אחת מהן יהיה מפל לחץ שונה באותה מהירות רוח. מפל הלחץ השונה יהיה תוצאה של קוטר חוט שונה אשר ישפיע על הגודל  $\alpha$ .

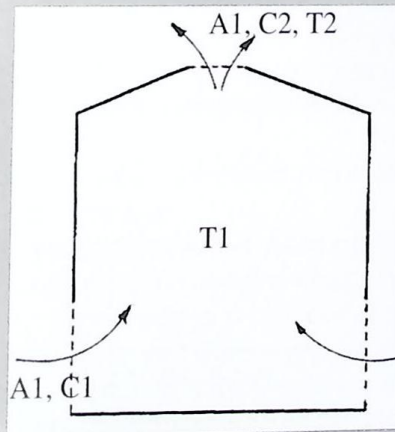
פונקציה של צפיפות החוטים והקוטר שלהם ובמהירות הרוח.  
יחס השטח הפתוח לסך-הכול השטח ( $\alpha$ ) של רשת העשויה מחוטי שתי וערב (איור 2) נתון על ידי:

$$\alpha = \frac{(m-d)(n-d)}{mn} \quad 2.$$

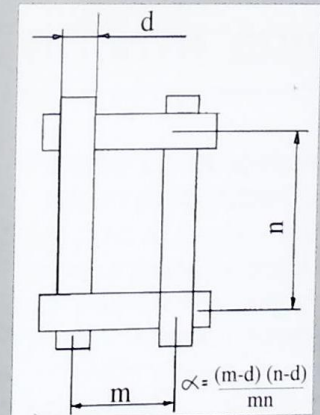
בעיית האוורור בבתי צמיחה מחריפה כאשר רוצים למנוע כניסה של חרקים זעירים כמו

מהספרות ידוע כי מפל הלחץ  $\Delta P$  על רשת נתון על-ידי:  $\Delta P = 0.5 K \rho U^2$  1. כאשר  $K$  הוא מקדם מפל הלחץ,  $U$  מהירות הרוח הממוצעת בחתך, בניצב לרשת, במעלה הזרם,  $\rho$  צפיפות האוויר.  
בספרות נתונות כמה משוואות אמפיריות המאפשרות לחשב, בדרגות דיוק שונות, את מקדם מפל הלחץ  $K$  עבור רשת ארוגה מחוטי שתי וערב. ערכו המספרי של מקדם זה תלוי בזווית הרוח כלפי הרשת  $\theta$ , בגודל  $\alpha$  שהוא

איור 3. תיאור סכימטי של בית צמיחה הנתון לאוורור טבעי.



איור 2. תא "בודד" של רשת המציג את דרך החישוב של הפתח ביחס ליחידת שטח רשת (מידת האוורור  $\alpha$ ).



אוורור טבעי:

ספיקת האוויר,  $Q$ , במקרה של מבנה הנתון

המבוזבז בכניסה;  $\Delta H_c$  - ההספק המבוזבז על העברת האוויר דרך הצמחייה;  $\Delta H_o$  - ההספק המבוזבז בפתח היציאה דרך המאוורר. בחממה ללא רשת, מפל הלחץ העיקרי הוא ביציאה (דרך המאוורר), וההספק המבוזבז בכניסה הוא כ-1-2 אחוזים מן ההספק הכללי. ניתן להראות כי ההספק ליחידת רוחב פתח, המבוזבז בכניסה לחממה, נתון על ידי:

$$\Delta H_i = 0.5 p U^3 L \frac{K_i}{L_i^2} \quad 5.$$

כאשר  $K_i$  מסמן את מקדם מפל הלחץ בכניסה,  $L$  מסמן את גובה החממה ו-  $L_i$  מסמן את גובה הפתח דרכו נכנס האוויר. מאחר שהתקנת רשת "מש" בפתח הכניסה תגדיל את  $K_i$  פי 6-10 בערך (במהירות רוח של כ-0.5 מ"שנייה), ולכן תגדיל גם את הספק האנרגיה המבוזבז בכניסה, הרי שיהיה צורך להגדיל את גובה הפתח  $L_i$  פי 2.5-3 כדי לשמור על אותו מפל לחץ כפי שהיה ללא רשת.

בערך 2.

כאשר שמים רשת על הפתחים, מקדם מפל הלחץ  $K$  במהירות רוח של כ-0.5 מ"שנייה הוא בערך 12. כלומר, במהירות של כ-0.5 מ"שנייה מקדם מפל הלחץ של פתח עם רשת גדול פי 6 בערך מזה של פתח ללא רשת. משמעות הדבר היא שיש להגדיל את שטח הפתח כמעט פי שניים וחצי, על מנת לשמור על אותה רמת אוורור כמו עם פתח ללא רשת.

### אוורור מאולץ

אוורור מאולץ מתבצע בדרך כלל ביניקה (החממה נמצאת בתת לחץ). הפסדי העומד (האנרגיה) של האוויר הזורם הם תוצאת הפסדים בכניסה לחממה וביציאה ממנה והפסד בשל זרימה דרך הצמחייה. ההספק הנדרש מהמאוורר הוא לכן:

$$\Delta H_t = \Delta H_i + \Delta H_c + \Delta H_o \quad 4.$$

$\Delta H_t$  הוא ההספק הכללי;  $\Delta H_i$  הוא ההספק

לאוורור טבעי (איור 3) עקב כוחות הציפה (כוחות הנוצרים כתוצאה מהבדלים בצפיפות האוויר וגורמים לתנועתו) (Pearson and Owen, 1994), נתונה על ידי:

$$Q = \sqrt{\frac{2gL\Delta T}{T_i(-\frac{C_1}{A_1^2} + \frac{C_2}{A_2^2})}} \quad 3.$$

כאשר  $C_1$  ו-  $C_2$  הם מקדמי מפל הלחץ בפתח הכניסה והיציאה בהתאמה (איור 2). באוורור טבעי דרך פתח ללא רשת מקובל בדרך כלל לקחת ערכים של כ-0.65-0.75 למקדמים אלה, בתלות בגודל הפתח ובצורתו.  $\Delta T$  הוא הפרש הטמפרטורה בין פנים החממה והאוויר בחוץ,  $L$  הוא המרחק בין החלון התחתון ממנו נכנס האוויר והחלון העליון ממנו יוצא האוויר,  $T_i$  מייצג את טמפרטורת האוויר בחממה,  $A_1$  ו-  $A_2$  מייצגים את שטח הפתח התחתון והעליון בהתאמה,  $g$  מייצג את תאוצת הכובד. אפשר להראות שקיים הקשר  $K=1/C^2$ , ולכן עבור פתח ללא רשת ערכו של מקדם מפל הלחץ  $K$  הוא