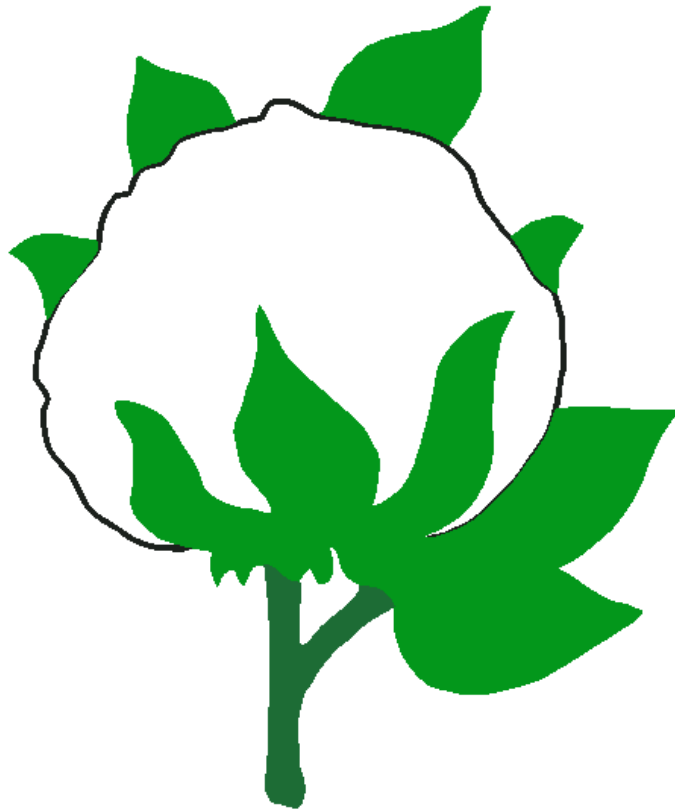


**לפניכם חוברת סיכום ניסויים שנעשו על ידי לייזי קלטר וצוותו
בין השנים 1970-2000.**

**תודה רבה ללייזי וצוותו על השנים הרבות שהקדישו למחקר בכותנה,
על הסיכומים המפורטים, ועל התובנות שעולות מהם.**



החוברת נערכה על ידי מיכל אקסלרוד ואריאלה ניב

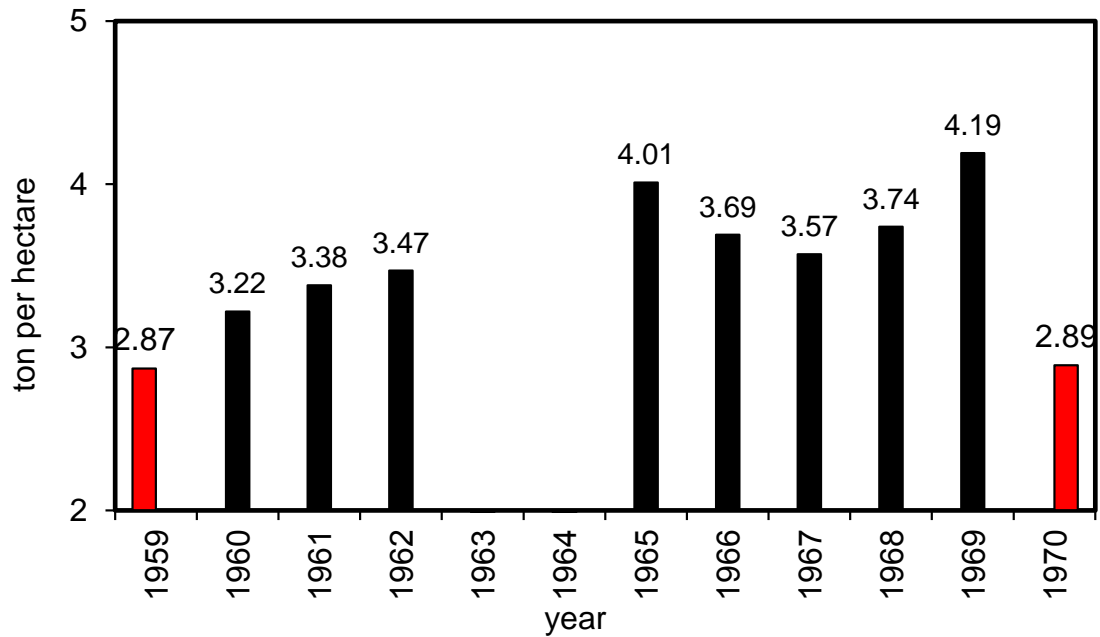
מועצת הכותנה

תוכן עניינים

ע"מ	
1	1. מבוא
2	הקדמה
5	2. ניטור
10	3. ניתוח תוצאות נתוני הניטור של 67 שדות המדגם
10	3. א. הצימוח הוגטטיבי
18	ניסוי "דינאמיקה של אברי הפרי"
21	3. ב. צימוח רפרודוקטיבי
48	4. א. ההשפעה של שינוי בגודל המבלע על התפתחות הצמח והיבול
56	4. ב. מנגנוני פיצוי של צמחי כותנה
71	5. פיתוח מודלים
71	5. א. מודל צמח הכותנה
78	5. ב. מודל ההליותיס

1. מבוא

ב-1959 נזרעו בחדרה שטחי הכותנה הראשונים. באותה השנה לא היה לחקלאים ולמערכת ההדרכה כל מושג על הגידול. גם בארץ היה הידע מועט והתרכז בעיקר בעמק בית שאן. הלמידה היתה תוך כדי עבודה, אך בנוסף לכך החלה מערכת ההדרכה בחדרה לעסוק גם בניסויי שדה. ואכן, החלו התוצאות להראות, ויבולי הכותנה כמו גם שטחי הגידול עלו משנה לשנה עד שהגיעו לשיא של 419 ק"ג/ד', בממוצע, בשנת 1969 (איור 1).



איור 1. יבול הכותן הגולמי באזור חדרה בטון להקטר לאורך שנים.

ניתן לראות שבשנת 1970 צנח היבול ל-289 ק"ג/ד', קרוב לשנת ההתחלה. נתוני יבול דומים היו גם באזורים נוספים בארץ באותה שנה, ובמדינות נוספות באגן הים התיכון, כמו טורקיה ויוון. המאפיין היה הרבה הלקטים במשקל נמוך ופתיחת הלקטים לא אופיינית (איור 2).



איור 2. שדה כותנה רגיל (ימין) ושדה כותנה בעין שמר 1970 (שמאל).

היבול הנמוך ב-1970 נתן את הדחיפה לעבודה המדווחת כאן.

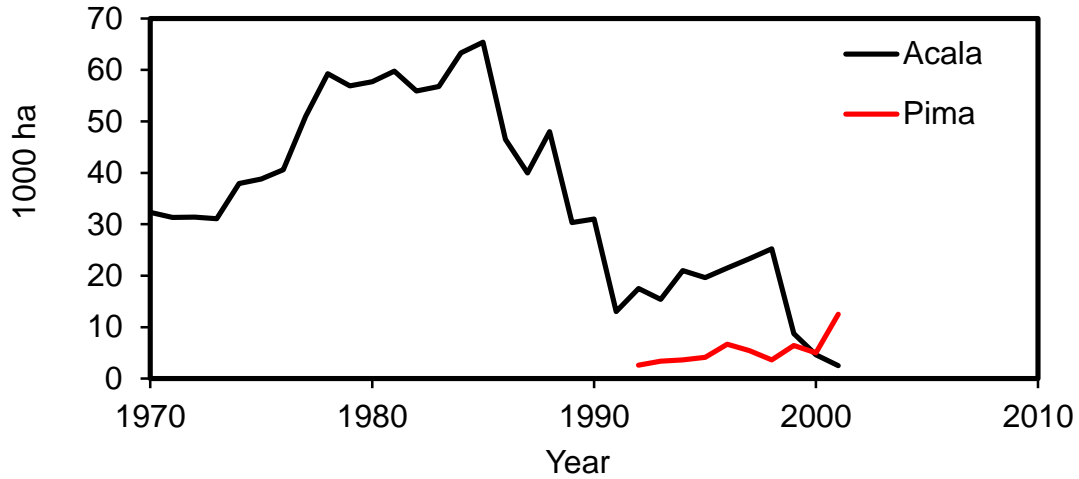
הייחודיות של העבודה-

- תקציב בלתי מוגבל
- העבודה בוצעה כשהיא מלווה במעקב רציף על התפתחות הצמחים ("ניטור") דבר שאיפשר להבין את התוצאות שהתקבלו.
- החשוב מכל - צוות קבוע לאורך כל תקופת העבודה, שכלל 3 חברי צוות לאורך כל העבודה, ועוד שניים שעבדו עם הצוות לאורך שבע עד חמש עשרה שנה, ועסקו, בעיקר, בניתוח תוצאות הניסויים ובסטטיסטיקה.
 - צוות קבוע חשוב משתי סיבות:
 1. העבודה נעשתה באותה שיטה לכן ניתן להשוות את הנתונים לאורך כל השנים.
 2. רצף מחשבה של 30 שנה.

הקדמה-

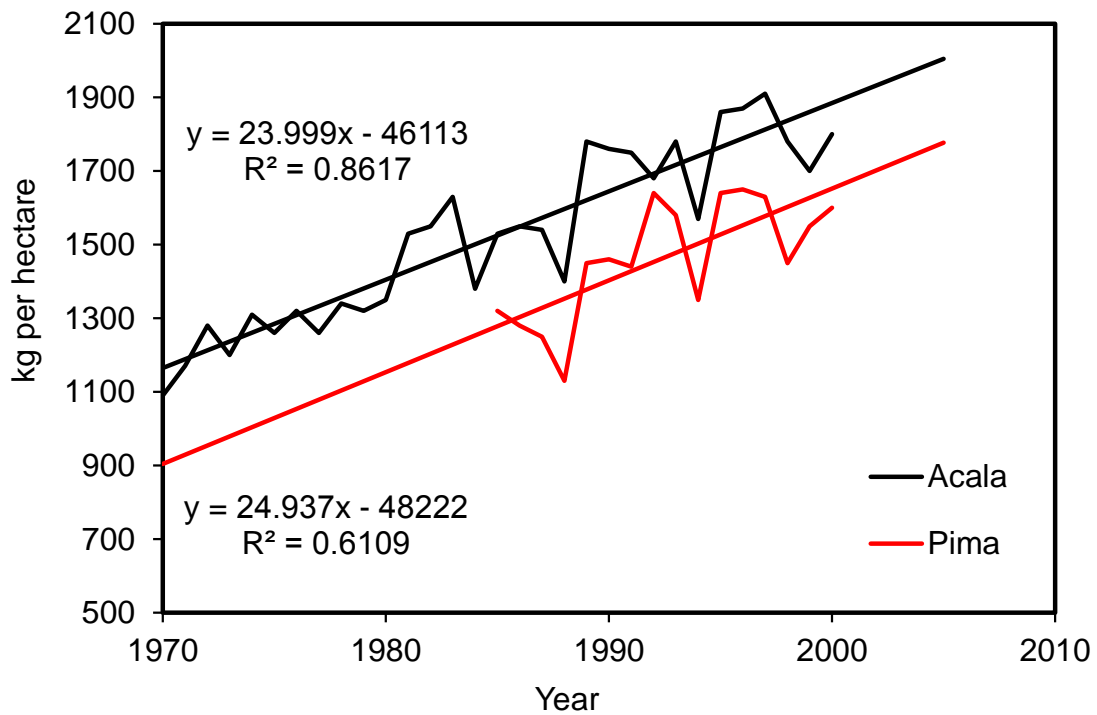
העבודה נעשתה בין השנים 1970-2000, באזור החוף מתל אביב עד חיפה, במרחק של עד 20 ק"מ מהחוף. האזור חולק ל-2 על ידי משרד החקלאות- אזור חדרה ואזור רעננה, כאשר רוב העבודה נעשתה באזור חדרה.

שטח גידול הכותנה בישראל- הגיע לשיא של 650 אלף דונם בשנת 84-85, וירד לכמעט 100 אלף דונם בשנת 2000. שטחי הפימה החלו לעלות כאשר שטחי האקלה החלו לרדת (**איור 3**).



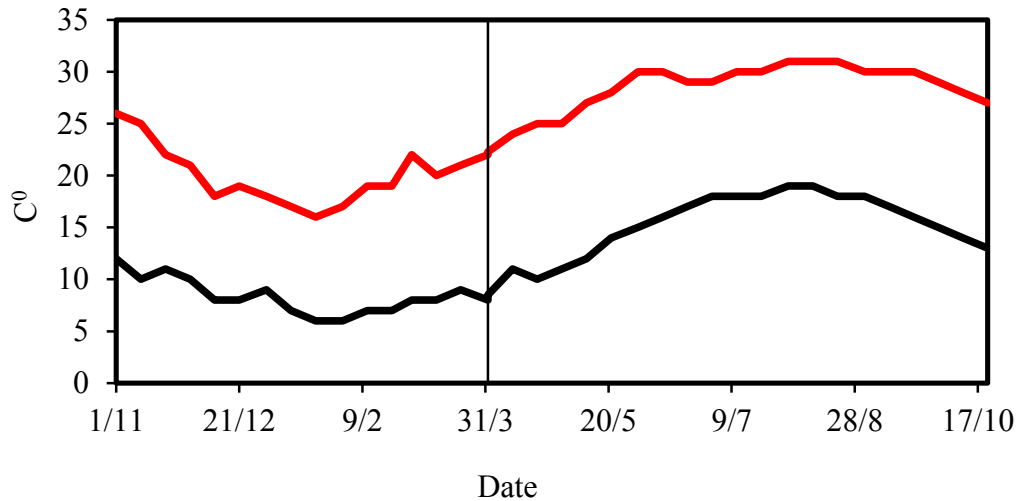
איור 3. שטח גידול הכותנה בארץ לאורך השנים.

יבול סיבים בארץ - במהלך השנים ישנה עלייה מתמדת ביבול, הן של זני פימה והן באקלה. העלייה מובהקת עם מתאם גבוה (איור 4).



איור 4. יבול הכותנה (ק"ג להקטר) בארץ לאורך השנים.

טמפי מינימום - מקסימום רב שנתי בתדרה - זוהי עקומה אשר רלוונטית לשנים בהן נערכה העבודה (איור 5). היום (2014), העקומות יותר גבוהות, בעיקר בטמפי הלילה. בעונת הגידול, בקיץ, טמפי המקסימום הגיעה בשיא ל-30 עד 32 מ"צ, בדומה למצב היום. השינוי הגדול הוא בטמפי המינימום, כאשר אז השיא היה סביב 20 מ"צ, היום מגיעים לטמפי לילה ממוצעת גבוהה יותר.



איור 5. טמפ' (ממוצעת) מינימום- מקסימום רב שנתית.

כיוון שתופעת היבול הנמוך ב-1970 כללה אזורים נרחבים בארץ ובשכנותיה, ההנחה היתה שיש קשר לאקלים. מנתוני האקלים שנמדדו באותם השנים, ב-1970 היתה חריגה ניכרת בנתוני טמפרטורות המינימום, כאשר במהלך אפריל-מאי הטמפרטורות בלילה היו נמוכות באופן בולט. על מנת להבין כיצד טמפ' מינימום יכולה להשפיע, נבנתה חממה עם שני חדרים אשר ניתן היה לווסת בהם את טמפ' המינימום.

בניסויים שנערכו בחממה בשנים 1973 ו-1975 היה ניסיון לבחון ולהבין את השפעת טמפ' הלילה הנמוכות על התפתחות צמחי הכותנה והשפעתה על היבול הסופי. תוצאות ניסויים אלה יובאו בהמשך.

אם הבעיה היא באקלים, מובן שאותו לא ניתן לשנות, אך חשוב לדעת איך לשנות את התגובה של החקלאי ולהתאימה למצב נתון. ישנם שילובים אינסופיים של טמפ', קרינה, התאדות, וכו', ולכן זה בלתי אפשרי להתאים טיפולים שונים לשינויים אקלימיים הנמדדים בזמן אמת. ההנחה היתה שהדבר היחידי שניתן לעקוב אחריו הוא הצמח. הוא חווה את השינויים ומגיב אליהם. הצמח מתפתח ואפשר לעקוב אחריו בלי לדעת מה גורם לו לשינויים.

בשלב הראשון, המטרה היתה לעקוב במשך שנים אחרי התפתחות הצמחים בשדות השונים, ולייצר עקומות התפתחות לפי הצמחים בשדות עם היבול הגבוה ביותר. בהמשך, השוואת ההתפתחות בשנה נתונה לעקומות אלו, תאפשר לראות האם אנו על העקומה "האידיאלית" או לא. אם לא, ניתן לבחון כיצד אפשר לחזור לעקומות האידיאליות.

2. ניטור

הניטור התחיל בשנת 1973. בהתחלה נבחן ניטור של צמחים בודדים בשדה (ללא עקירה), ולאחר מכן של קטעי שורה (מטר רץ) שנבדקו במעבדה. ב-1975 נקבעה הצורה הסופית של הניטור ושיטה זו נשארה קבועה לאורך כל שנות המחקר. לניטור יש 2 מטרות:

- א. **הדרכה** - בניית עקומות אידיאליות בעזרת שדות מדגם, והדרכה לפי עקומות אלו. הניטור מאפשר לדעת אם יש שינויים בהתפתחות עקב תנאים אקלימיים בזמן אמת, ובעקבות כך ניתן להגיב בהתאם. להדרכה מסוג זה קראנו הדרכה אקטיבית, בניגוד להדרכה פסיבית שהיא המקובלת, והיא בהתאם לאסטרטגיות סטנדרטיות ותחושות המדריך.
 - ב. **ניסיונות** - במקום ניסיונות "טיפול-יבול", בוצעו כל הניסיונות בלוי ניטור על מנת לדעת להסביר את השינויים בהתפתחות תחת טיפולים שונים, גם במקרים שבסופו של דבר אין הבדלים ביבול.
- בחירה של שדות המדגם** - שדות מדגם צריכים לייצג את האקלים, סוג הקרקע ויבול ממוצע של האזור. הם צריכים להיזרע בכל שנה באותו תאריך, פחות או יותר, ובאותו זן, וצריך לנהוג בהם כל השנים באותה השיטה בהתאם לאסטרטגיית הניהול המומלצת.
- בעבור ההדרכה נבחרו 8 שדות על פי מפות טופו-אקלימיות, כאשר בכל תת-אזור היו מספר שדות (3 בעמק חפר, 3 במנשה ו-2 בחוף כרמל). במשך השנים הוסבו חלק משדות המדגם לזן פימה, ועל כן אינם נכללים בסיכום זה. בשדות המדגם גידלו כותנה על כותנה, והם שימשו למעקב במשך 20 שנה ברציפות. הזן בכל שדות המדגם היה SJ-2, אשר נזרע בתאריך קבוע בין 5-1 לאפריל (ממוצע 2 באפריל), השדות הושקו באותה צורה כל השנים (בהמטרה או דמוי המטרה), טיפולים נגד מזיקים היו לפי סיפים דומים, וכו'. מכאן, יש להניח, שהשינויים שיהיו בין השנים בהתפתחות וביבול יהיו כתוצאה משינויים אקלימיים.
- שיטות הדגימה** - במשך רוב שנות העבודה שדות המדגם נדגמו ע"י אותו אדם ורק בשנים האחרונות הצטרפו לדוגם גם שני המדריכים, רן חדוותי ודורון נבו.

הניטור כלל חמישה שלבים

1. **דגימות הרסניות** - בתחילת העונה נקבע בכל "שדה מדגם" אזור של 2 דונם מהם נלקחו הדגימות באותה השנה. איסוף הצמחים התחיל כחודש לאחר הזריעה. בתוך אזור הדגימה נבחר מטר צמחים, באופן אקראי, ניבדק שאכן קטע זה מייצג את הצימוח באזור (ולא, נבחר קטע אחר באקראי). הצמחים באותו מטר נחתכו בבסיסם ונלקחו בתוך שקית פלסטיק למעבדה (**איור 6**). הצמחים הוחזקו בחדר קירור בטמפ' של 4 מ"צ עד לפירוק, אשר נגמר לא מאוחר מארבעה ימים לאחר האיסוף.



איור 6. דוגמא מהשטח לאופן ביצוע דגימת מטר צמחים.

מדידות אשר נעשו במעבדה-

- גובה הצמחים- נמדד הגובה של שלושה צמחים לא פגומים בעלי קודקוד צמיחה וללא פיצולים. המדידה היה מבסיס הצמח (אזור המעבר בין השורש לגבעול) ועד לאמיר.
 - מספר המפרקים- נספרו באותם שלושה צמחים, כאשר, הפסיגים נחשבו כ-2 (יכולים לצאת שני ענפים מהפסיגים), והספירה המשיכה עד למפרק האחרון בו היה עלה פתוח לגמרי.
 - מספר המפרקים עד ענף פריחה ראשון- נספר עד שלב הופעת פרח ראשון.
 - מספר אברי הריבוי- נספרו "כפתורים" אשר ניתנים להבחנה, והלקטים. הכפתורים הופרדו לקטנים (עד ס"מ בבסיסם) וגדולים (מעל 1 ס"מ בבסיסם). ההפרדה להלקטים קטנים לעומת הלקטים גדולים נעשתה לאחר מעקב אחר פרחים בשדה. מאות פרחים סומנו בשטח ובכל יום נאספו ההלקטים שנשרו והובאו למעבדה, שם הם נמדדו ונשקלו. נמצא כי ההלקטים נושרים מיום אחד אחרי הפריחה ועד היום ה-12. הלקטים שעברו את היום ה-13 לא נשרו. בנוסף, המשקל הטרי של ההלקטים הקטנים היה עד 10 גרם, וקוטרם לא עלה על 2 ס"מ. מכאן הוגדר כי הלקט קטן הוא הלקט מיום הפריחה ועד היום ה-12, יש סיכוי שהוא ינשור, משקלו עד 10 גרם חומר טרי והקוטר שלו עד 2 ס"מ. מעבר לכך ההלקטים נחשבו לגדולים (נתונים אלה מתייחסים לזן SJ-2 בלבד).
 - חומר יבש- הייבוש נעשה ב-80 מ"צ ונמשך עד אשר לא היה שינוי במשקל הדגימה. יובשו ונשקלו העלים, הגבעולים, כפתורים קטנים וגדולים בנפרד, הלקטים קטנים והלקטים גדולים.
- 2. ספירות פרחים** - בכל שדה מדגם סומנו חמישה קטעים של 5 מ' כל אחד, שבהם נספרו הפרחים. הפרחים שנספרו היו פרחים לבנים אשר נפתחו באותו יום. לקביעת תדירות הספירות סומנו מספר קטעים, ובהם נספרו הפרחים כל יום. מנתונים אלה חושבו עקומות ההצטברות. לאחר מכן, מאותם נתונים חושבו עקומות הצטברות במקרה שהספירות היו נערכות כל יומיים, והנתון החסר חושב כממוצע בין שני הנתונים הקיימים. חישוב דומה נעשה גם כשנלקחו נתונים כאילו נערכה הספירה אחת לשלושה ימים. נמצא שהתוצאות שהתקבלו מהחישוב לפי כל יומיים היו קרובות מאד לספירות של כל יום, בעוד שהתוצאות לפי חישוב ספירה של אחת לשלושה ימים היו שונות מהספירה היומית. לפיכך הוחלט לספור כל יומיים. הפרחים נספרו ממועד הופעת פרח ראשון עד ל-15 באוגוסט.

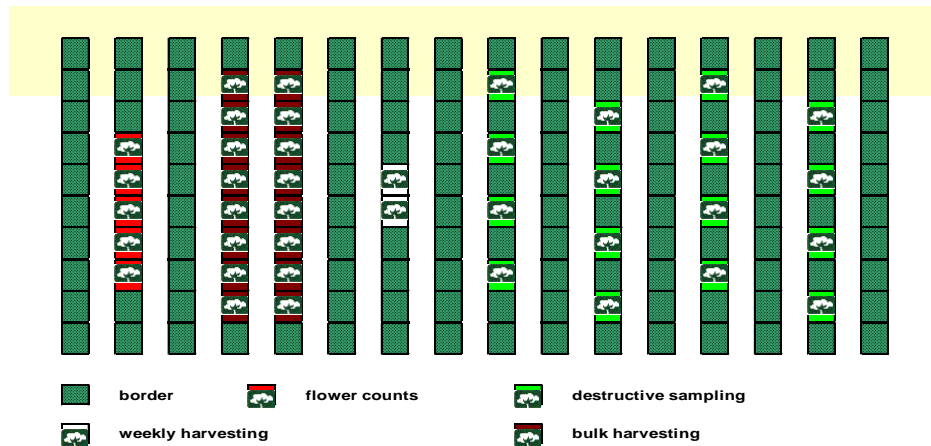
3. **קטיף מצטבר** - לקראת הקטיף סומנו חמישה קטעים של 2 מ' בכל חלקה, כאשר פעם בשבוע, ביום קבוע, נאספו ההלקטים שנפתחו. ההלקטים נקטפו עם מזמרה, הכותן יחד עם הקשוות. בכל מקטע נספרו ההלקטים והופרד הכותן הגולמי מהקשוות. הכותן הגולמי נשקל לאחר ייבוש אוויר, הקשוות יובשו בתנור ונשקלו. בנוסף, הכותן הגולמי נופט ונשקלו סיבי הכותנה. נבחרו עשרה הלקטים באופן אקראי ונספרו מספר המגורות, בעשרה פלחים נספרו הזרעים, ונמדד המשקל של 100 זרעים.

4. **קטיף מסחרי** - בכל חלקת ניסוי נקטפו בקטפת שתי שורות באורך של עשרה מטרים ישירות לשקים ונשקלו. השקים נשלחו למנפטה הניסיונית ונבדק אחוז הסיבים, משם נשלחו דוגמאות לבדיקות איכות.

5. **בדיקות איכות לסיבים** - 50 הלקטים פתוחים נאספו בחמש חזרות מכל חלקה, אלו נופטו ונשלחו לבדיקות איכות. איסוף חמישים ההלקטים נעשה בצורה זהה לאורך השנים. נבחר צמח באקראי, ממנו נקטף כל הכותן הגולמי ונספרו ההלקטים. אם היו פחות מ-50 נקטף גם הצמח הבא, וכך הלאה, עד לקבלת 50 הלקטים. לאחר מכן הושלם הקטיף של הצמח האחרון כך שנתקבלו יותר מ-50, אך הם ייצגו את כל הצמח.

סכמה של חלקת ניסוי-

רוחב של 16 שורות באורך של 12 מטר. לכל שורה ששימשה לדגימה היו שתי שורות שוליים משני צדדיה (איור 7).



איור 7. סכמה של חלקת הניסוי ואופן חלוקת החלקה לאזורי הדגימה.

ניסוי טמפ' ראשון שנת 1973

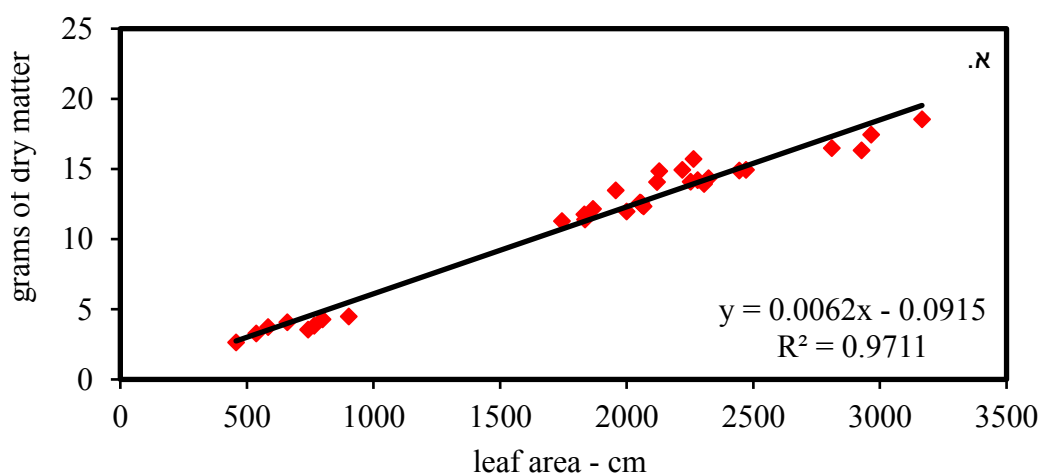
הניסוי נעשה בחורף בחממה שנבנתה במיוחד. בחממה היו שני חדרים, חדר אחד קר וחדר שני חם, עם הפרש של 5 מ"צ בטמפ' הלילה. טמפ' היום היתה זהה בשני החדרים. הניסוי נערך בצורה פקטוריאלית, שתי רמות של טמפרטורת לילה על שלוש תקופות. הצמחים הועברו בין החדרים על פי מתכונת טיפולים מסוימת, כדי ליצור את כל הצירופים האפשריים של הטיפולים (טבלה 1), סה"כ 8 טיפולים (2³). כל תקופה נמשכה שלושה שבועות. תקופה ראשונה היתה שלושה שבועות מהנביטה, תקופה שנייה שלושה שבועות לאחר מכן, וכך גם התקופה השלישית.

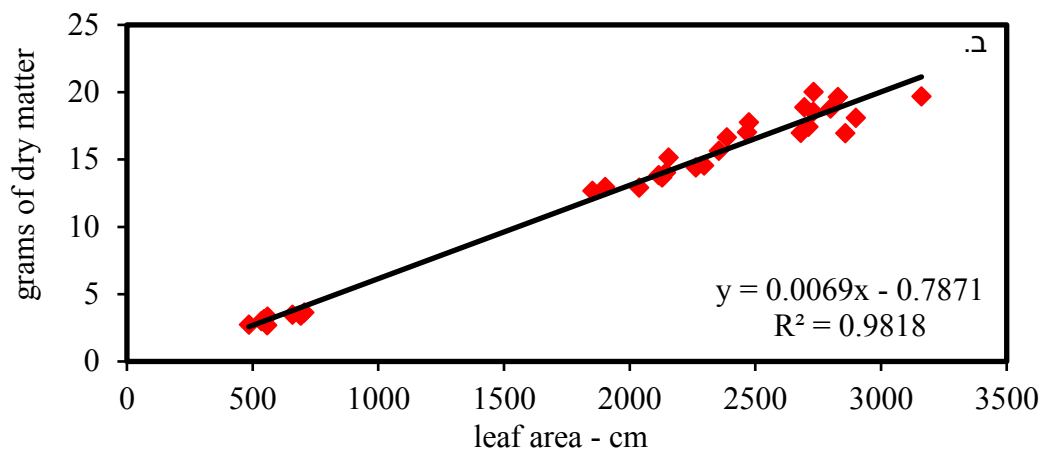
הניסוי נעשה בשני זני כותנה, זן פימה וזן אקלה. כל בדיקה שנערכה היתה ב-10 חזרות כל חזרה כללה צמח בודד בדלי של 10 ליטר.

טבלה 1. טיפולי הטמפי של צמחי הכותנה בניסוי הטמפי שנערך בשנת 1973.

טיפול	תקופה 1	תקופה 2	תקופה 3
1	קר	קר	קר
2	קר	קר	חס
3	קר	חס	קר
4	קר	חס	חס
5	חס	קר	קר
6	חס	קר	חס
7	חס	חס	קר
8	חס	חס	חס

בשישה תאריכים שונים נלקחו 10 צמחים מכל טיפול, כל העלים מהצמחים האלו הוסרו ונמדדו שטחם, לאחר מכן יובשו ונשקל החומר היבש. מנתונים אלה חושבה הקורלציה בין משקל חיי בעלוה לשטח העלוה. המתאמים חושבו בעבור כל זן בנפרד. המתאם חושב בעבור ארבעת תאריכי הדגימה האחרונים (איור 8). אפשר לראות כי המתאם גבוה במיוחד, ולכן ניתן להסיק מכך כי אפשר להשתמש במשקל העלים ובכך להימנע ממדידת שטחם.





איור 8. המתאם בין שטח העלים (סמ"ר) למשקלם היבש (גרם), בעבור צמחי פימה (א) וצמחי אקלה (ב).

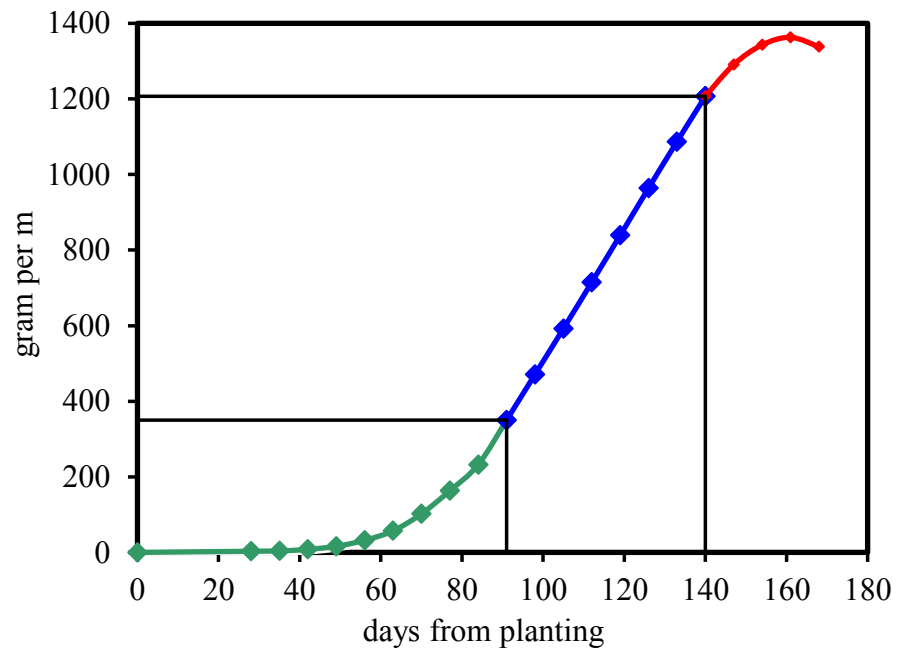
3. ניתוח תוצאות נתוני הניטור של 67 שדות המדגם

בין השנים 1976 ל-1991 נדגמו סה"כ 67 שדות מדגם. בשנים הראשונות היו 7-8 שדות כל שנה, ובשנים האחרונות היו פחות. הזן ששימש בכל שדות המדגם היה SJ-2 אשר נזרע בתחילת אפריל. כל השדות הושקו בהמטרה או בדמוי המטרה (טפטוף במועדים וכמויות מים זהות להמטרה), בממוצע של 400 קוב לדונם. לרוב אותם השדות שימשו שנה אחרי שנה. בכל שדות המדגם בוצעו הדגימות ההרסניות (5 קטעים של 1 מ"ר בכל שבוע בכל שדה), ספירות פריחה (שבוצעו רק בחלק מהשדות) בכל יומיים ב-5 קטעים קבועים של 5 מ' שורה וקטיף שבועי של 5 קטעים קבועים של שני מ' שורה.

היבול הממוצע של כל שדות המדגם היה 560 ק"ג לדונם, כאשר יש לציין כי הקטיף הינו ידני ולכן ישנה הטיה כלפי מעלה. סיכום נתוני הניטור מובאים בפרקים הבאים:

3. א. הצימוח הוגטטיבי

- סה"כ חומר יבש - החומר היבש כולל את משקל הגבעולים, עלים ואברי הריבוי. החלק הראשון של העקום הינו קעור, כלומר כל יום נוצר יותר מהיום הקודם. חלק שני לינארי, כלומר כל יום כמו ביום הקודם, וחלק שלישי שהוא קמור (**איור 9**). השיא של צבירת חומר יבש הינו ביום ה-161 מהזריעה שם נמדדו 1363 גרם למטר.



איור 9. עקום אינטגרלי של צבירת חומר יבש כללי מיום הזריעה.

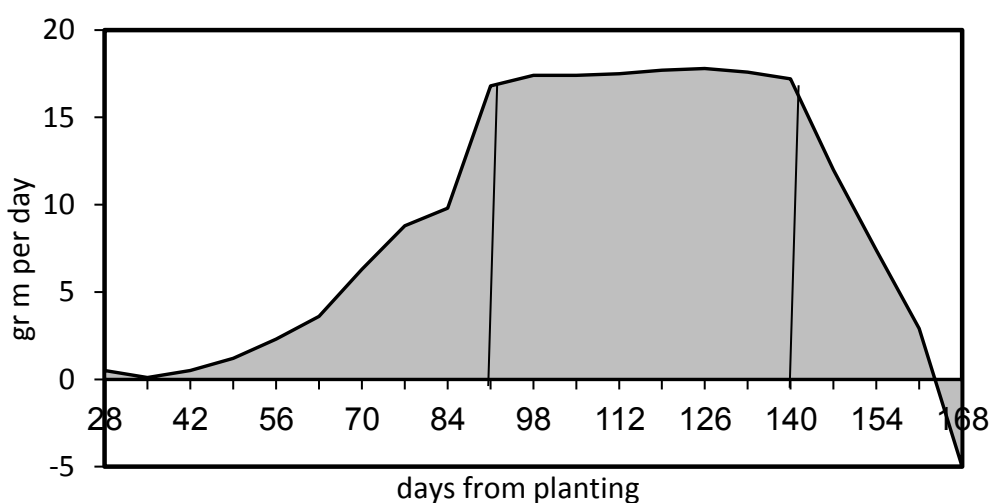
אם נשווה שדה לבית חרושת, אז העלים של הצמח מהווים את "המכונות", חומרי הגלם הם מים, פחמן דו חמצני, חנקן ועוד, כאשר האנרגיה באה מהשמש. התוצר העיקרי הוא סיבים וזרעים ואילו תוצרי הלוואי הם עלים, שורשים וגבעולים. מה שקובע את כושר הייצור הוא

הגורם המגביל, הגורם אשר נמצא במינימום. בשלב הקעור גורם המינימום זו העלווה. בכל יום נוספת עלווה והייצור גדל.

באיור 9 רואים שיש שתי נקודות מפנה בתהליך צבירת החומר היבש, כאשר בין שתי נקודות אלו נמצא השלב הליניארי בצבירה, שהוא גם השלב העיקרי. השלב הליניארי מתחיל ב-350 גרם ונגמר ב-1207 גרם, תוספת של 857 גרם. התקופה הזו מתחילה ב-91 יום מזריעה ונגמרת לאחר 140 יום מזריעה, משך תקופה של 49 יום. מתוך כך ניתן לחשב כי התוספת הינה של 17.48 גרם למטר בכל יום.

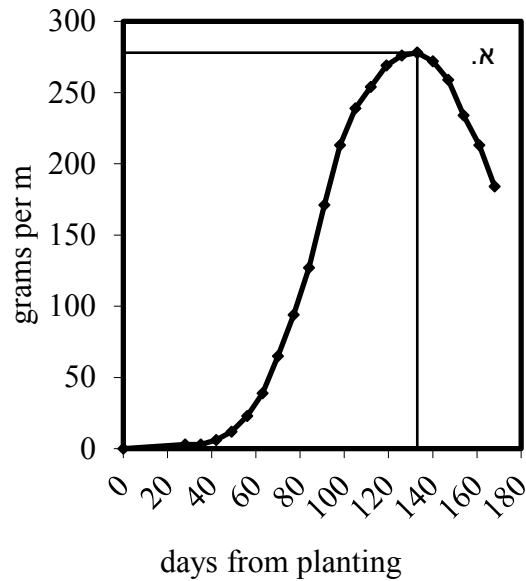
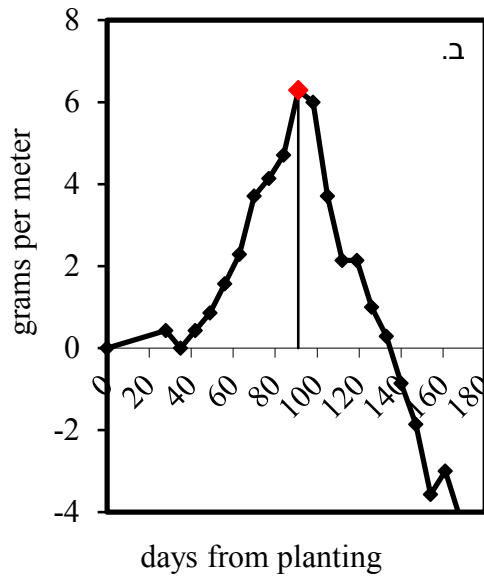
התוספת למשקל המדגם בשלב הליניארי שונה מאזור גידול אחד למשנהו. באזור חדרה התוספת היא כ-18 גרם/מ"יום, בגליל עליון נמדדו 24 גרם/מ"יום, כנ"ל גם בנגב, ובבית שאן 12 גרם/מ"יום. זהו אחד הגורמים אשר קובעים את פוטנציאל היבול, שכן, היבול הסופי נקבע על ידי הכמות שהצמח מייצר ביום, כמה מתוך זה עובר לאברי הריבוי ומה משך התקופה של התוספת לאברי הריבוי.

בעקומה הדיפרנציאלית (**איור 10**) רואים כי ימי המפנה הם ביום ה-91 וביום ה-140. ביום ה-91 כל השטח מכוסה בעלווה ($LAI=3$) והעלווה איננה יותר "גורם מינימום" ומרגע זה גורם המינימום זו הקרינה. בעקום זה השטח שמתחת לעקום (השטח המושחר) מבטא את סה"כ החומר היבש. בסוף העונה מהיום ה-163 מהזריעה קיטע של הצטברות שלילית וזה כתוצאה מנשירת עלים שלא נאספו במדגם.



איור 10. עקום דיפרנציאלי של צבירת חומר יבש כללי מיום הזריעה.

חומר יבש בעלווה- 133 ימים לאחר הזריעה מגיעים לשיא צבירת החומר היבש בעלים. ביום זה, הגיעה כמות החומר היבש בעלים ל-287 גרם/מ', שהם 20.5% מכלל החומר היבש (**איור 11א**). לאחר יום זה ישנה ירידה במשקל החומר היבש בעלווה, הסיבה לירידה יכולה להיות נשירת עלים שלא נאספו או הזרמת מוטמעים מהעלים להלקטים. בגרף המתאר את התוספת היומית למשקל החומר היבש בעלים, רואים כי ישנה נקודת מפנה בתוספת היומית ביום ה-91 (**איור 11ב**). עד נקודה זו התוספת היומית למשקל הולכת וגדלה, כאשר לאחר נקודה זו התוספת למשקל קטנה.



איור 11. צבירת חומר יבש בעלים (גרם/מ'). (א) עקום אינטגראלי של צבירת חומר יבש בעלים, (ב) עקום דיפרנציאלי של צבירת חומר יבש ליום.

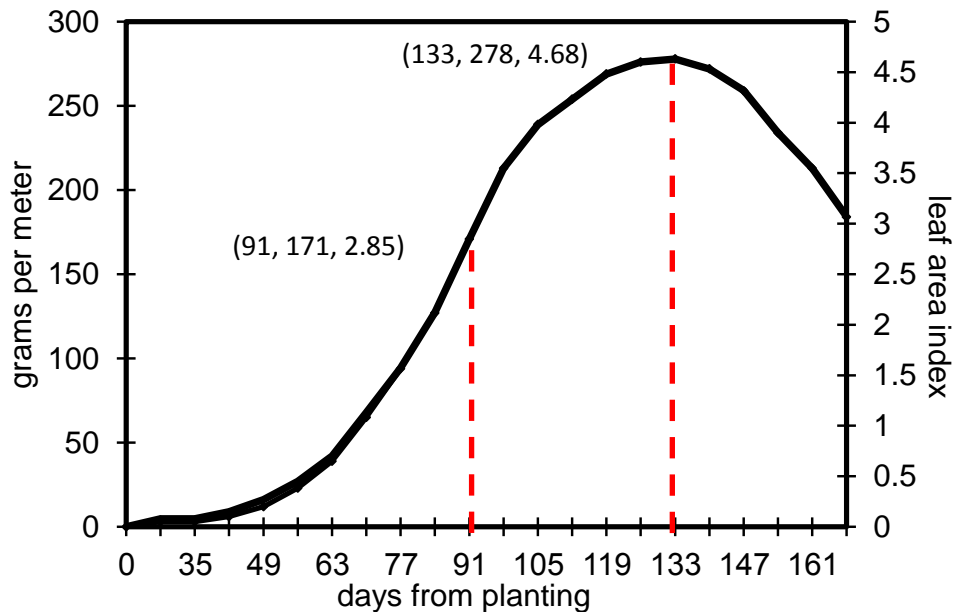
היבול של הזן SJ-2 גבוה, ועל כן יש להניח שההתפתחות שלו נעשית בצורה יעילה. עד ל-91 ימים מהזריעה הגורם המגביל הוא שטח העלוה, לפיכך עיקר המוטמעים הנוצרים משמשים, בעדיפות ראשונה, להגדלת שטח העלוה, וחלק קטן יותר מושקע בגבעולים הנושאים עלווה זו. בשלב זה כמעט לא מושקעים מוטמעים בחלק הרפרודוקטיבי. לאחר שכל השטח מכוסה בעלוה והקרינה כולה נקלטת בעלים, שטח העלוה איננו יותר גורם מגביל. בשלב זה, הצמח מתחיל להזרים את המוטמעים לכיוונים אחרים, אך כיוון שאין עדיין מספיק מבלעים באברי הפרי, מוזרם המקסימום האפשרי לבניית השלד (הגבעולים), ובו זמנית בונה הצמח מבלע הולך וגדל באברי הפרי. ההזרמה של המוטמעים לעלים בשלב זה משמשת את הצמח להוסיף עלים צעירים ויעילים הקולטים את הקרינה במקום העלים המזדקנים. ביום ה-133 ההלקט הראשון נפתח, והצמח מיום זה זקוק לפחות מוטמעים, לכן איננו ממשיך בפיתוח עלווה.

• **שטח העלים** (אינדקס שטח העלים - LAI - Leaf Area Index) – בפרק הניטור תוארה הקורלציה בין שטח העלוה ומשקל החומר היבש כפי שנמדדו בניסיון הטמפרטורות (איור 8). תוצאות המדידות מובאות ב**טבלה 2**. נמצאה קורלציה גבוהה בין משקל העלוה (ח"י) לשטח העלוה, כאשר הקורלציה הותאמה רק מ-4 תאריכי הדגימה האחרונים, בהם משקל העלים נע סביב ה-6 מ"ג/סמ"ר (60 גרם/מ"ר).

טבלה 2. משקל העלה (מ"ג לסמ"ר) תוצאות מניסוי הטמפרטורות.

תאריך הדגימה	פימה	אקלה
1/2	3.52	3.66
21/2	3.52	3.79
15/3	5.59	5.42
14/4	6.24	6.59
15/5	6.52	6.83
15/6	6.12	6.77

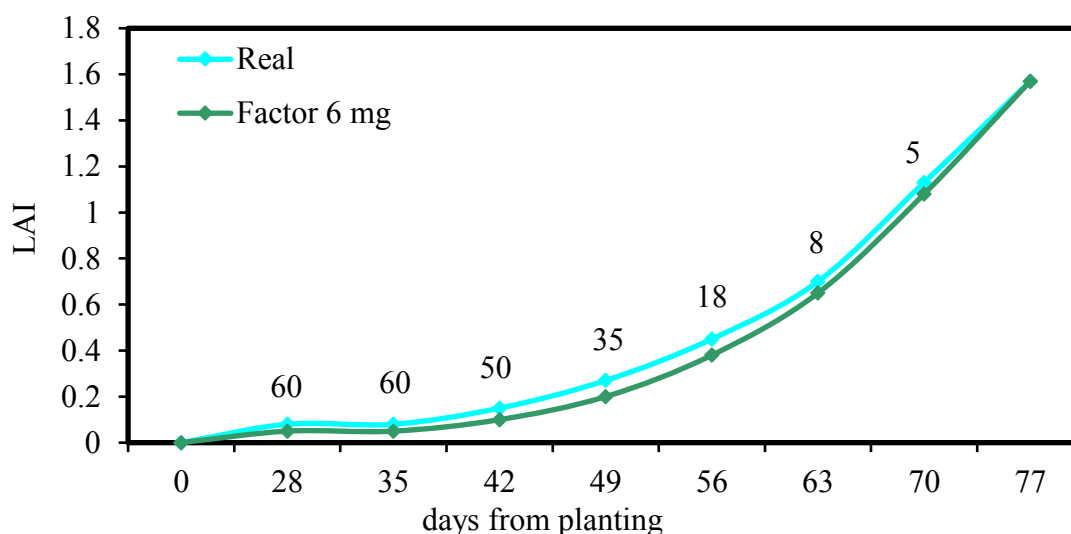
ביום ה-91 משקל ח"י בעלים הוא 171 גרם למטר, וניתן לחשב את אינדקס שטח העלים ביום זה ע"י חלוקת מספר זה ב-60 ($\frac{171 \text{ gr}/\text{m}^2}{60 \text{ gr}/\text{m}^2} = 2.85$). הערך המתקבל (2.85) קרוב מאד ל-3 שהוא הערך המקובל למצב שבו העלוה קולטת את כל הקרינה. בשיא, ביום ה-133 המשקל הוא 278 גרם למטר, כלומר, אינדקס שטח העלים הוא 4.68 (איור 12). למרות שהתוספת לעלים אחרי היום ה-91 הולכת ופוחתת, היא ממשיכה משתי סיבות: האחת, יעילותם הפוטוסינתטית של העלים המתבגרים פוחתת, ולכן נוצרים עלים צעירים המצלים על המבוגרים ותופסים את מקומם בייצור. השנייה, לצמח אין עדיין מספיק מבלע אליו ניתן להפנות את המוטמעים, לכן הוא ממשיך להעבירם לעלים ויוצר רזרבות בעלים שיוזרמו להלקטים בשלב מאוחר יותר.



איור 12. משקל העלוה (גרם/מטר) ואינדקס שטח העלים כפונקציה של ימים מזריעה.

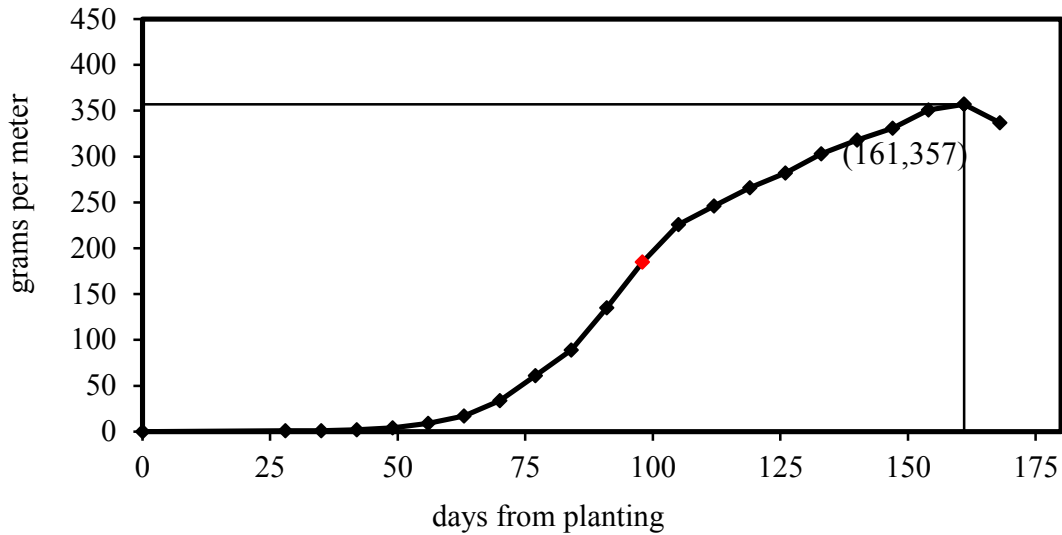
בשתי הדגימות הראשונות משקל ח"י בעלים הוא כ-3.5 מ"ג לסמ"ר. בתחילת הצימוח, הגורם המגביל ביכולת הייצור של הצמח הוא שטח העלווה, לכן הצמח מייצר בשלב זה עלים בשטח מקסימאלי עם כמות מוטמעים מינימאלית, כלומר עלה דק וגדול. רק לאחר ששטח העלווה איננו מהווה גורם מגביל העלים מתעבים וכנראה מהווים מחסן לחומרי תשמורת.

איור 13 מראה את ההבדל בשטח העלווה בין עלים דקים לעבים. למרות שניתן לחשוב שההבדל זניח, חישוב אחוז השינוי מראה שהוא משמעותי, ושטח העלווה בשלבים אלה גדול ב-50 עד 60 אחוז. למנגנון זה השפעה ניכרת על ההתפתחות ההתחלתית. מתקיים כאן "אפקט הגלגל". העלה הדק מגדיל את שטח העלווה ולמחרת שטח עלווה גבוה יותר גורם ליותר הטמעה וכך זה נימשך עד ששטח העלווה איננו מהווה מגבלה.



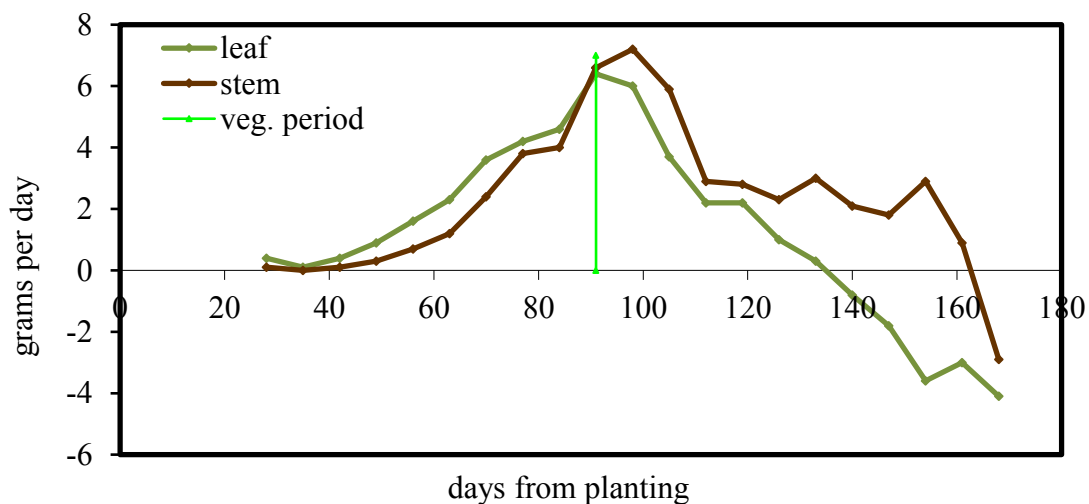
איור 13. אינדקס שטח העלים מחושב בהשוואה לערך מדוד (המספרים מייצגים את הסטייה מהערך המחושב באחוזים ב-LAI).

- **משקל גבעולים** - השיא במשקל החומר היבש בגבעולים הגיע ל-357 גרם למטר שהם 26% מסך החומר היבש הכללי, והתקבל ביום ה-161 (**איור 14**). נקודת המפנה היא ביום ה-98. עד ליום זה התוספת היומית לגבעולים הולכת וגדלה ומיום זה היא הולכת וקטנה. מהיום ה-161 רואים כי ישנה ירידה במשקל הגבעולים. מכיוון שגבעולים אינם נושרים כמו העלים, ניתן להסיק כי ישנה החזרה של חומרים מהגבעול לאברי הריבוי.



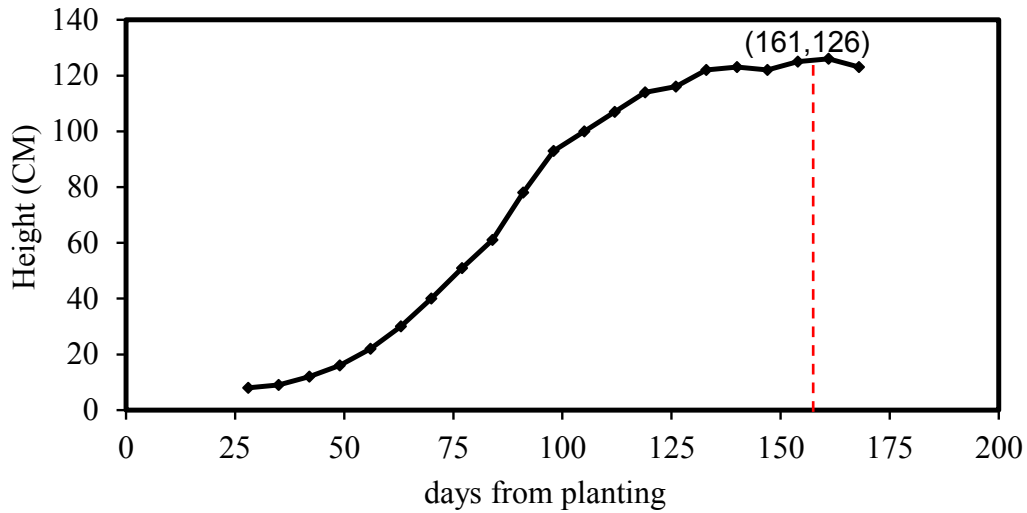
איור 14. צבירת החומר היבש בגבעולים (גרם למטר) כפונקציה של ימים מזריעה.

כאשר משווים את התוספת היומית למשקל היבש של העלים לזה של הגבעולים (איור 15) רואים כי עד היום ה-91 העדיפות הראשונה היא לעלים. מעבר ליום ה-91 נוצר עודף של מוטמעים בצמח שאיננו דרוש בעלים, ועדיין לא נוצר מבלע מספיק בעבורם באברי הריבוי. הצמח מנצל תקופה זו לפיתוח הגבעולים, ובשלושה שבועות בתקופה זו הוא בונה 31% ממסת הגבעולים הסופית. תוך כך המבלע באברי הריבוי הולך וגדל. כשהמבלע באברי הריבוי הופך למשמעותי ממשיכה הזרמה של כ-2.5 ג' ליום לגבעולים. מוטמעים אלה משמשים להמשך חיזוק השלד שיצטרך לשאת 2.5-3.5 טון/ד' חומר טרי בהלקטים. בנוסף לכך הם משמשים ליצירת מלאי בגבעולים, אשר ישמש את ההלקטים בשיא הדרישה שלהם. מהיום ה-161 אין צורך יותר לבנות את השלד ומצד שני קיים מבלע באברי הריבוי שהוא גדול מהייצור בתקופה זו ומתחילה הזרמת מוטמעים מהגבעולים להלקטים, המתבטא בעקומה בתוספת יומית שלילית.



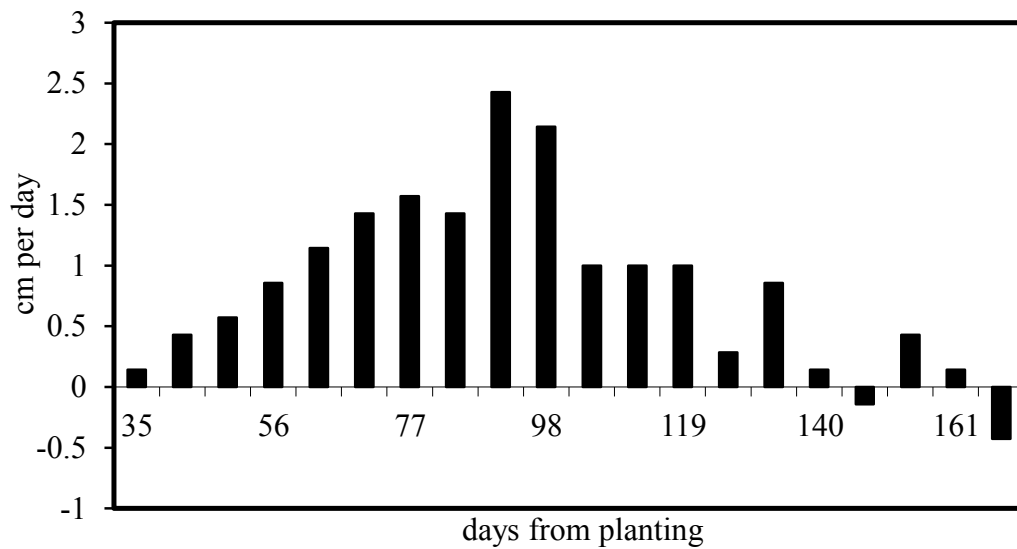
איור 15. התוספת היומית למשקל היבש של העלים והגבעולים כפונקציה של ימים מזריעה.

- גובה הצמח- הגובה הממוצע של הצמחים בשדות המדגם הגיע ל-126 ס"מ ביום ה-161 מהזריעה (איור 16).



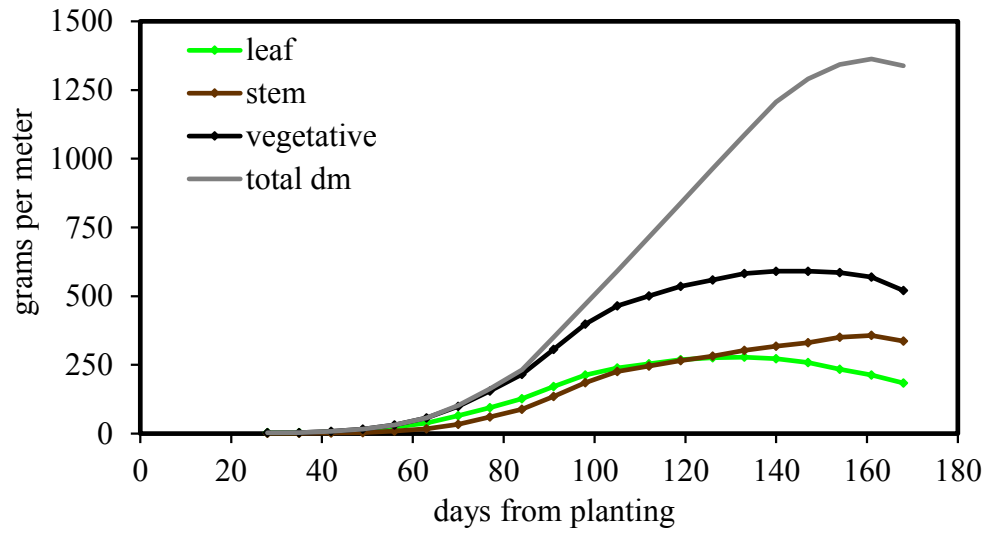
איור 16. גובה הצמח (ס"מ) כפונקציה של ימים מזריעה.

כאשר מסתכלים על תוספת הגובה היומית רואים כי התוספת היומית עולה עד למקסימום של 2.5 ס"מ ליום ביום ה-91, ומנקודה זו התוספת היומית יורדת (איור 17).



איור 17. התוספת היומית לגובה הצמח (ס"מ) כפונקציה של ימים מזריעה.

סיכום צימוח וגטטיבי- איור 18 מראה את הצטברות המשקל היבש של אברי הצמח השונים כפונקציה של ימים מזריעה. ניתן לראות כי עד ליום ה-91 בערך עיקר הצימוח הוא וגטטיבי (הגרף השחור חופף כמעט את האפור). מעבר ליום זה ישנה גם הפנייה לצימוח אברי ריבוי. ביום ה-91, כשמתחילים להיווצר הלקטים גדולים מתחילה הפנייה של מוטמעים אליהם. מעבר ליום זה נוצרים הפרשים משמעותיים במשקל החומר היבש בין הצימוח הוגטטיבי לרפרודוקטיבי. האברים הוגטטיביים של הצמח מהווים כ-40% מהמשקל הכללי ואילו האברים הרפרודוקטיביים מהווים את היתר.



איור 18. המשקל היבש של העלים, גבעולים, סה"כ ח"י וגטיבי כפונקציה של ימים מזריעה.

דינאמיקה של אברי הפרי-

בסדרת ניסויים שנערכה בתחילת שנות השמונים נבדקה תגובת צמח לשינויים במקור ובמבלע. הקטנת ההטמעה בוצעה על ידי הפעלת עקות מים בשלבים שונים של הגידול. עקות אלה בוצעו עם או בלי פגיעה ידנית באברי הריבוי. חמשת הניסויים כללו 12 טיפולים ב-5 חזרות בכל שנה, סה"כ 60 טיפולים. על ניסויים אלה ידווח בהרחבה בהמשך, בפרק העוסק בתגובת הצמח ל"הקטנת המקור". מתוך הניסויים האלה נבחרו 20 טיפולים בתוך 4 שנים, עליהם נבדקה באופן מפורט הדינאמיקה של יצירה ונשירה של אברי הריבוי. 20 הטיפולים שנבחרו כללו ביקורות, עקות מים שונות, נזקים לאברי ריבוי ושילוב של עקות ונזקים. כל חזרה של טיפול כללה מקטע של מטר שדולל ל-10 צמחים בדיוק. סה"כ היו 20 טיפולים, 5 חזרות לכל טיפול ו-10 צמחים בכל חזרה, כלומר סה"כ התבצע מעקב אחר 1000 צמחים. על צמחים אלו נעשה מעקב התפתחות על בסיס יום-יומי בעזרת מיפוי צמחי.

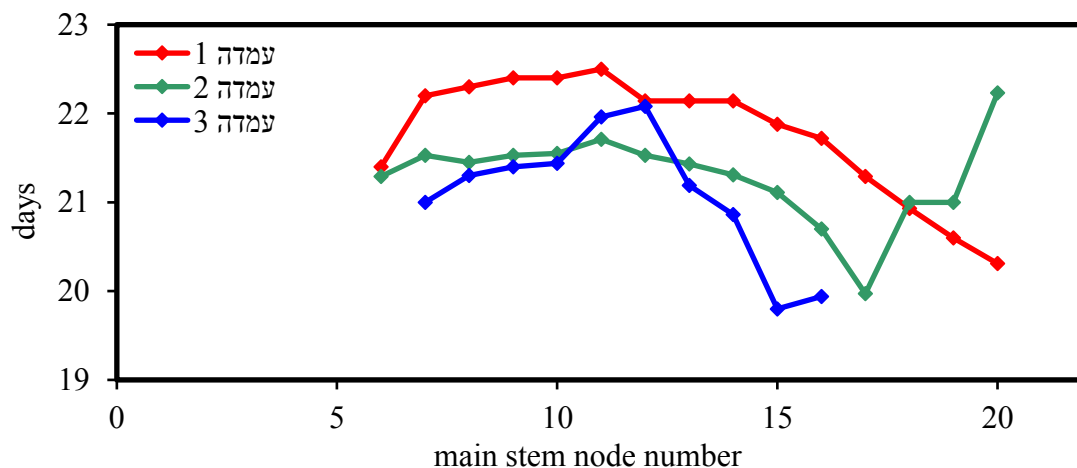
לגבי כל אחד מ-1000 הצמחים צוירה מפה לפי מפרק ומיקום על המפרק. התצפיות היו על בסיס יום יומי ונרשמו הפרטים הבאים: תאריך הופעת כל כפתור לפי מיקומו, תאריך נשירתו אם נשר ככפתור קטן, התאריך בו בסיס הכפתור הגיע ל-1 ס"מ, תאריך נשירתו אם נשר ככפתור גדול, תאריך הפריחה, תאריך הנשירה אם נשר כהלקט קטן, תאריך שקוטרו הגיע ל-2 ס"מ, תאריך ההסתדקות של ההלקט. בנוסף, כל הלקט נקטף בנפרד ונמדדו נתוני היבול עבור כל הלקט. משקל כותנה גולמית וסיבים, מספר מגורות, משקל קשוות, מספר הזרעים ומשקלם. הבדיקות האלו נעשו לכל אחד מאברי הריבוי על גבי הצמח, כאשר נרשם המיקום של כל אבר לפי המפרק והמקום על המפרק (טבלה 3).

טבלה 3. כמות הנתונים שנאספו על פי מיקום על הצמח.

992	מספר צמחים
46076	תאריך הופעת כפתור חדש
22577	תאריך נשירת כפתור
19944	תאריכי פריחה
9243	תאריכי נשירת הלקטים קטנים
4254	תאריכי הורדת אברים רפרודוקטיביים
10568	תאריכי הגעת הלקטים ל-2 ס"מ קוטר
9819	תאריכי פתיחת הלקטים
89	הלקטים ניזוקים
304389	זרעים שנספרו
45167	קשוות שנספרו

מתוך נתונים אלה ניתן לסכם זמנים וכמויות לגבי אירועים שונים. נתונים אלה משמשים בין השאר להסבר תופעות שנצפו בסיכום נתוני הניטור.

לדוגמה, **איור 19** מראה את מספר הימים שחלפו מהופעת כפתור גדול עד לפריחה אל מול מיקום ענף הפריחה על גבי הצמח, כאשר מפרידים במיקום של הכפתור הראשון, השני והשלישי על ענף הפריחה. רואים כי עיקר הפריחה מתרחשת בין 21 ל-22.5 ימים לאחר הופעת כפתור בגודל סנטימטר. בעמדה הראשונה מספר ההלקטים הנוצרים מעל מפרק 17 הוא זניח. כנ"ל גם בעמדה השנייה מעל מפרק 15, ובעמדה השלישית מעל מפרק 13. מכך ניתן להסיק כי הזמן הממוצע של המעבר מכפתור גדול לפרח הוא 22 יום.



איור 19. מספר הימים מכפתור גדול לפריחה בשלוש עמדות על גבי ענף הפריחה כפונקציה של מיקום ענף הפריחה על גבי הצמח.

דוגמה נוספת: לגבי 9819 הלקטים נרשם תאריך הפריחה ותאריך הסתדקות ההלקט. מנתונים אלה חושב משך הזמן שלקח לכל הלקט מהפריחה להסתדקות בכל אחת מארבעת שנות הניסוי. נתונים אלה מוצגים **בטבלה 4**.

טבלה 4. משך הזמן הממוצע בין פרח להסתדקות ההלקט.

ימים	ניסוי
53.3	1982
54.0	1983
54.3	1984
53.7	1985
53.8	ממוצע

תוצאות ניסויי הדינאמיקה של אברי הריבוי אפשרו חישובי זמן לאירועים התפתחותיים שונים במהלך הגידול (**טבלה 5**). בסיכום של מספר הימים מזריעה ועד להופעת הלקט גדול רואים כי עוברים 91 יום ואילו עד הלקט סדוק 133 יום. תוצאות אלה זהות לנתונים שהתקבלו משדות המדגם.

טבלה 5. משך הזמן (ימים) בין אירועים התפתחותיים שונים

אירוע התפתחותי	משך הזמן (ימים)	ימים מזריעה
מזריעה לכפתור	45	
מהופעת כפתור קטן לכפתור גדול	12	
מהופעת כפתור גדול לפרח	22	
מפריחה להלקט גדול	12	91
מהופעת פרח להיסדקות ההלקט	54	133

3. ב. צימוח רפרודוקטיבי

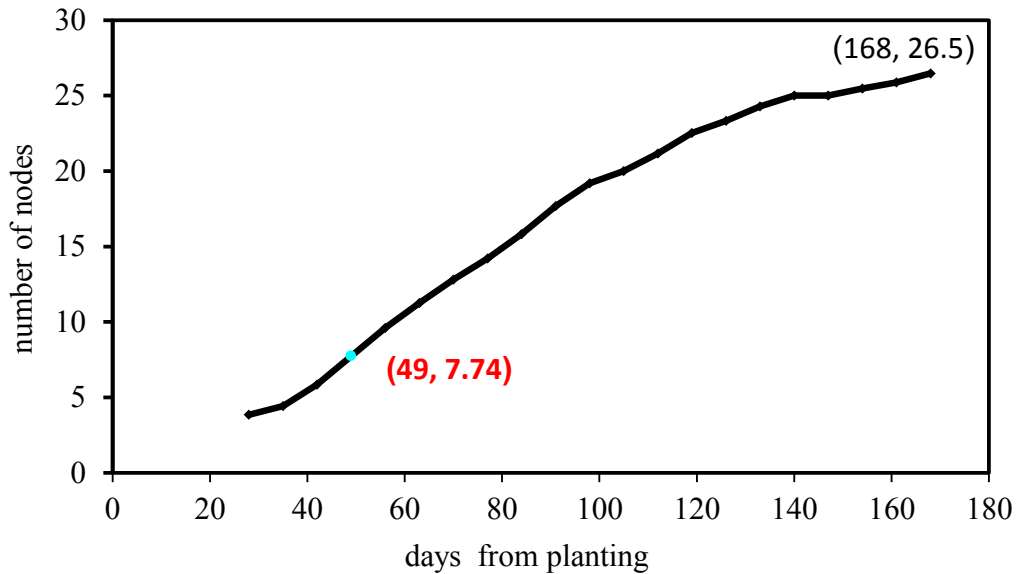
אופי צימוח הכותנה-

צמח הכותנה בנוי משני סוגי ענפים - ענף צימוח המכונה מונופודיום (Monopodium) וענף פרי המכונה סימפודיום (Symposium). ענף הצימוח הראשי (הגבעול), המכונה גם מונופודיום ראשי, מהווה את הציר הראשי של הצמח. הוא נושא עליו את שני טיפוסים הענפים, ענפי צימוח הדומים בתכונותיהם למונופודיום הראשי וענפי פרי. הגבעול מתארך הודות לפעילותו של קודקוד הצמיחה האמירי. תוך כדי התארכותו נוצרים מפרקים ופרקים חדשים. הענפים מתחילים להתפתח בחיקים של עלים. מהמפרקים התחתונים של המונופודיום הראשי, מתפתחים ענפי צימוח צדדיים. לרוב, מתפתח בשלב הראשון ניצן אחד והשני נשאר רדום. בתנאי גידול נוחים, עשויים להתפתח באותו מפרק שני ענפים צדדיים. במפרקים יותר גבוהים, הופך אחד הניצנים לענף פרי- סימפודיום. בד"כ מופיע הסימפודיום הראשון במפרק השישי עד השמיני, למרות שקיימים זנים בכירים יותר, שבהם מופיע הסימפודיום הראשון כבר במפרק הרביעי.

גם בראשית התפתחותו של הסימפודיום נוצרים תחילה פרק ועלה אמיתי. אולם קודקוד הצמיחה של הפרק המתפתח, מתמיין והופך לפרח, בשונה מגבעול מונופודיאלי. הפרח הוא קודקודו של הגבעול ועם גמר התפתחותו נפסקת למעשה התארכותו, אולם בחיקו של העלה שנוצר באותו מפרק, מתמיין ניצן חדש, ממנו נוצר פרח חדש, עלה אמיתי ופרח וכן הלאה. בעצם, נוצר מבנה זיגזג, כאשר כל פרק בזיגזג מסתיים בפרח הפונה לכיוון אחד ובעלה הפונה לכיוון אחר- התפתחות מסיימת. לעומת זאת, במונופודיום, התפתחות הציר הראשי נמשכת ברציפות, ללא הפסקות וללא שינוי כיוון- התפתחות בלתי- מסיימת (רימון 1985).

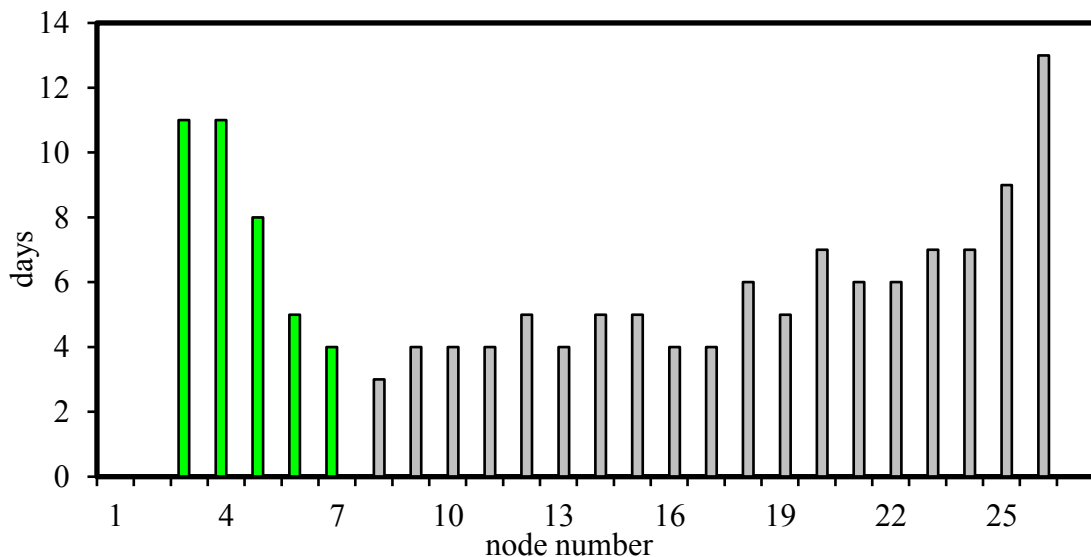
אופי צימוח (קצב היווצרות וכמות אברי פרי לצמח) בכותנה הוא תלוי זן, ובעיקר תלוי גודל השטח העומד לרשות הצמח הבודד. לדוגמא, ב- SJ-2 בעומד סביב 8000 צמחים לדונם, נוצרים עד שלושה כפתורים לענף פרי. ככל שמרחב המחיה לצמח עולה תהיה התמיינות ליותר משלושה כפתורים לענף.

- היווצרות מפרקים- סה"כ נוצרו 26 מפרקים ב-168 ימים. שני הפסיגים נספרו כשני מפרקים (איור 20). ביום ה- 49, בערך, הופיע ענף פרי ראשון. ענף הפרי הראשון הופיע על מפרק 7 עד 8 או ליתר דיוק על מפרק 7.74 כממוצע לכל 67 שדות המדגם.



איור 20. הצטברות מפרקים לפי ימים מזריעה.

- קצב יצירת המפרקים-** קצב היווצרות המפרקים בתחילת הגידול הוא איטי (**איור 21**). המפרק הראשון והשני הם הפסיגים, 22 ימים מהנביטה הופיעו 2 עלים אמיתיים (עלים פרושים לגמרי) כלומר 11 ימים במוצע בין מפרק 2 ל-3 ובין מפרק 3 ל-4. בהמשך ישנה ירידה במספר הימים בין היווצרות מפרק אחד למשנהו. כאשר מגיעים למפרק פריחה ראשון, ישנה כמעט התייצבות סביב 3.5-4 ימים למפרק, זאת עד שעומס ההלקטים עולה והופך מספיק גדול, כך שהוא עוצר את הצימוח הוגטטיבי ומשם משך הזמן ליצירת מפרק נוסף עולה (מעבר למפרק 19).



איור 21. משך הזמן ליצירת מפרקים (ימים).

היבול העיקרי בשדות המדגם נוצר על 12 ענפי פרי בין מפרק פרי ראשון (8) ועד מפרק 19, כולל. ענפי הפרי שנוצרו מעבר למפרק 19 כמעט ולא תרמו ליבול.

- קצב יצירת כפתורים-** מתוך הניסוי "דינאמיקה של אברי ריבוי", שבו הנתונים נבדקו יום-יום, חושב קצב יצירת כפתורים ממוצע לאורך ענף הפריחה, והקצב בין ענפי הפריחה. **טבלה 6** מציגה את הנתונים בין ענפי הפריחה, כשהחישוב נערך כממוצע לכל ענפי הפריחה החל מהענף השני,

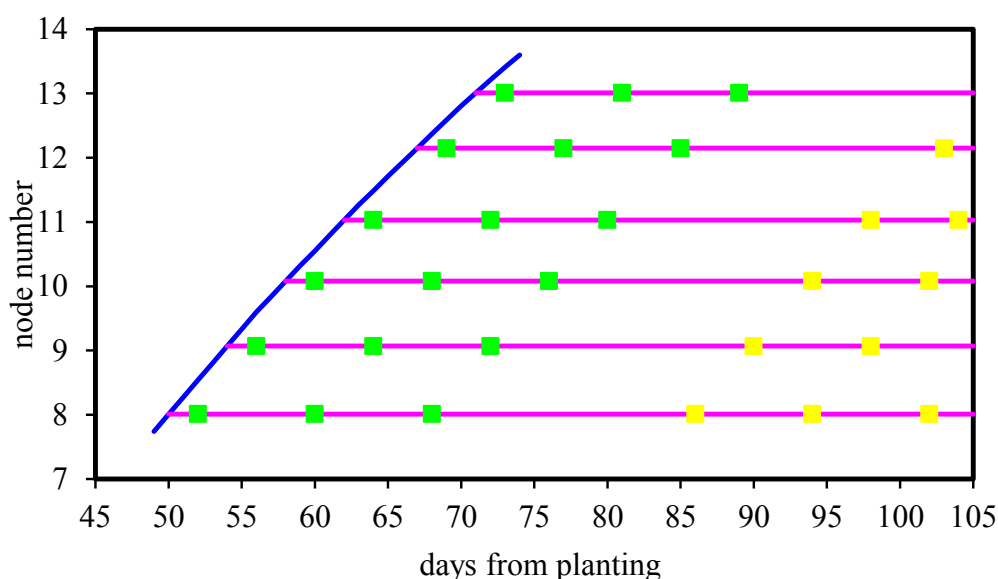
ופעם נוספת מענף הפריחה השני ועד העשירי. התוצאות מראות כי ממוצע קצב היצירה מהמפרק השני ועד האחרון הוא 3.93 ימים לכפתור ומהמפרק השני ועד העשירי הוא 3.48 ימים. מכך מסיקים כי משך ההיווצרות נע בין 3.5-4 ימים. קצב זה תואם את קצב יצירת המפרקים.

טבלה 6. קצב יצירת הכפתורים בין ענפי הפריחה על פי הניסוי "דינאמיקה של אברי ריבוי".

Experiment	Sympodia in analysis (Days)	
	2 to Highest	2 to 10
1982	3.67	3.22
1983	3.80	3.57
1984	4.13	3.34
1985	4.13	3.82
Average	3.93	3.48

קצב יצירת הכפתורים לאורך ענף הפריחה נע בין 8 ל-8.4 ימים.

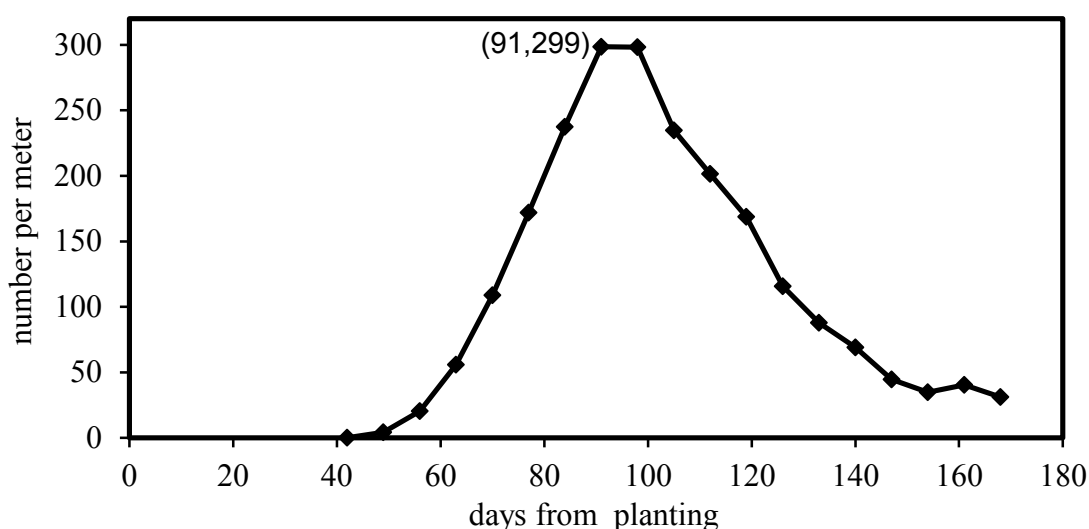
סכמה של הופעת כפתורים- המפרק השמיני הוא מפרק פריחה ראשון, עליו נוצר כפתור. ארבעה ימים לאחר מכן נוצר הכפתור הראשון בענף של מפרק 9. לאחר ארבעה ימים נוספים נוצר הכפתור הראשון בענף פריחה במפרק 10, יחד עם הכפתור השני בענף הפריחה הראשון (מפרק 8). לאחר 4 ימים נוספים נוצר הכפתור הראשון על מפרק 11 יחד עם כפתור שני על ענף מפרק 9. לאחר 4 ימים נוספים נוצר הראשון על מפרק 12, השני על 10 והשלישי על מפרק 8. לסיכום, בהתחלה נוצר כפתור אחד כל 4 ימים, בהמשך זה עולה לשניים ואח"כ לשלושה וכך נוצר הקטע הקעור בעקומת ההצטברות של הכפתורים. כשעומס ההלקטים עולה העקומה הופכת לליניארית ובעומס גבוה לעקומה קמורה (איור 22).



איור 22. סכמה של הופעת כפתורים ופרחים על גבי הצמח.

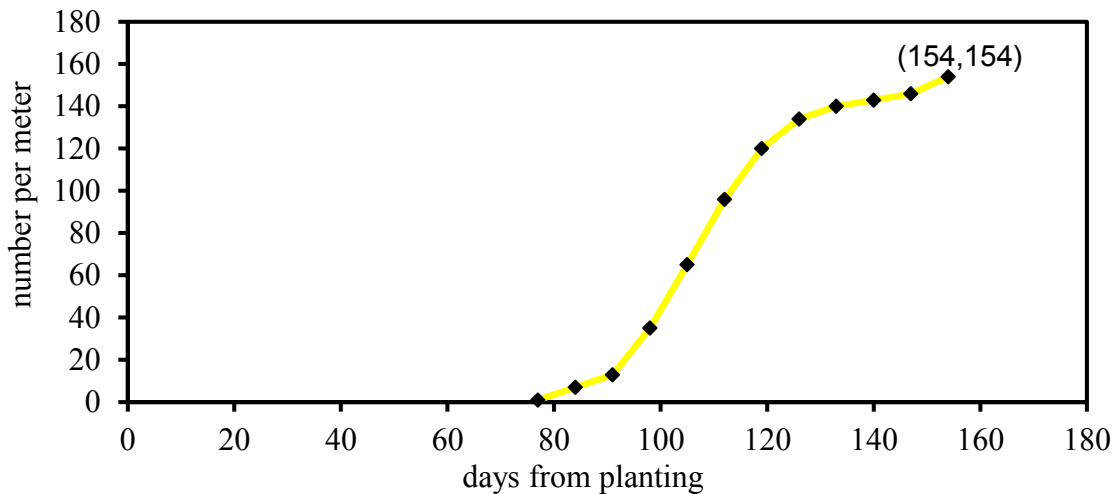
נתונים על מספר הכפתורים למ"ר ניתנים באיור 23. עקומה זו היא צילום מצב בכל יום נתון ומורכבת מיצירה, נשירה וכפתורים שעברו למצב פריחה ואינם נספרים יותר ככפתורים. תחילה מקבלים עקומה עולה שבחלקה קעורה ובחלקה ליניארית, ותואמת את ההסבר באיור 22. השיא במספר הכפתורים למ"ר התקבל 91 ימים לאחר הזריעה, עם 299 כפתורים למטר. החל מהיום ה-91 מספר הכפתורים למ"ר הולך ויורד וזה משלוש סיבות. הראשונה, חלק מהכפתורים פורח ולא נספרים יותר ככפתורים. השנייה, עומס ההלקטים עולה וגורם להאטה בקצב יצירתם, והשלישית, עומס ההלקטים עולה וגורם לנשירה מוגברת של כפתורים. ככל שעומס ההלקטים גדולים עולה, קצב ייצור הכפתורים החדשים יורד. זה נובע מזמן רב יותר שעובר בין הווצרות המפרקים, ומיצירת פחות כפתורים על אותו מפרק. בנוסף לכך, קצב הנשירה עולה, עד שמספר הכפתורים מגיע ל-0. זה קורה בסביבות יום ה-"Cut-Out" כשכל המוטמעים מוזרמים להלקטים גדולים.

הירידה במספר הכפתורים מתחילה ביום ה-91, וזה מצביע על ההתאמה הטובה של הזן לאזור הגידול. באזור חדרה קיימים בשנה כ-180 יום המתאימים לגידול כותנה. כפתור הנוצר ביום ה-92 יפרח לאחר 34 ימים, כלומר, ביום ה-126 וההלקט יפתח לאחר 54 ימים נוספים שהוא היום ה-180. כפתורים הנוצרים לאחר היום ה-91 כמעט ואינם תורמים ליבול.



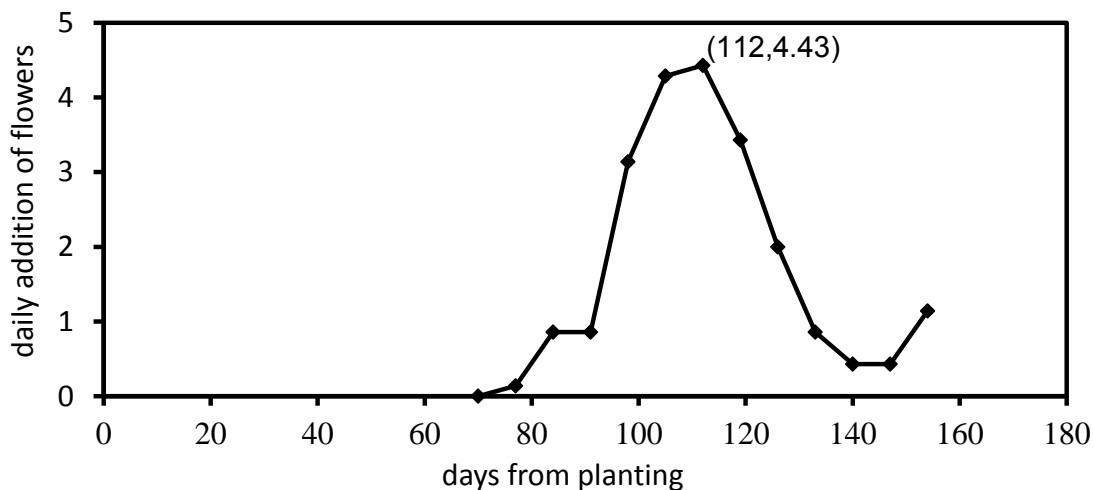
איור 23. מספר הכפתורים למ"ר ביום נתון כפונקציה של ימים מזריעה.

- יצירת פרחים - עקומת הפרחים נובעת ישירות מעקומת הכפתורים. אך בעוד שעקומת הכפתורים היא צילום מצב, עקומת הפרחים היא עקומה מצטברת (**איור 24**). עקומת הפריחה מורכבת משתי פאזות. בראשונה, כל יום נוצרים יותר פרחים מהיום הקודם. בשנייה, כל יום נוצרים פחות פרחים מהיום הקודם כשהמפנה ביום ה-112 מהזריעה (**איור 25**). סה"כ מספר הפרחים הגיע ל-154 ביום ה-154. העלייה במספר הפרחים שנראית בגרף לאחר היום ה-154 היא בעקבות גל פריחה שני שהיה בארבעה משדות המדגם. את גל הפריחה השני ניתן לראות היטב באיור 25.



איור 24. מספר הפרחים כפונקציה של ימים מזריעה.

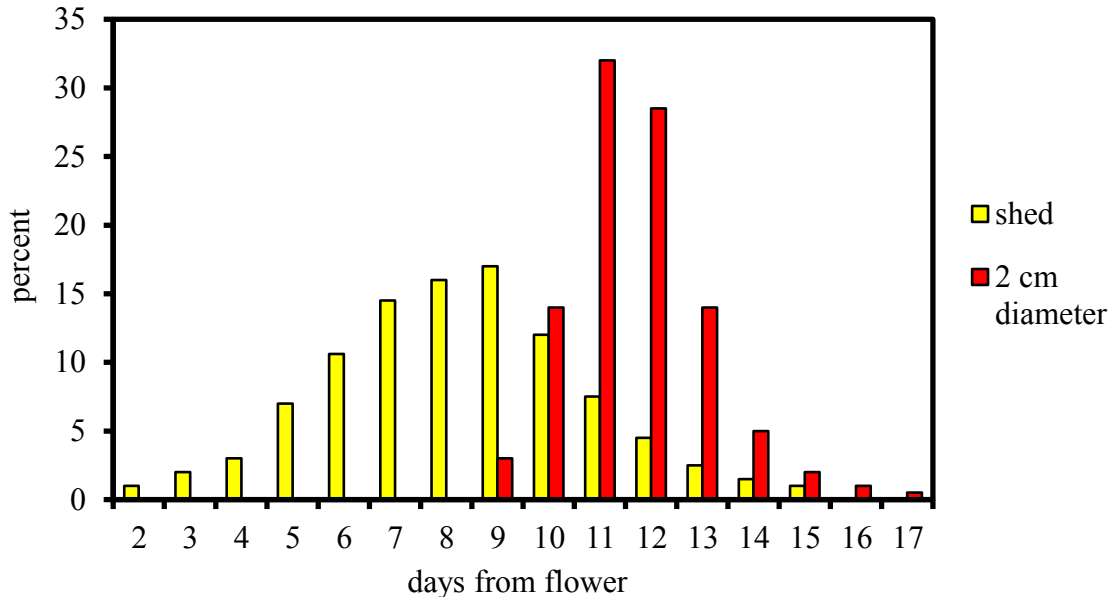
העובדה שהמפנה חל ביום ה-112 ניתנת להסבר. 91 יום לאחר הזריעה מופיעים ההלקטים הגדולים הראשונים, והופכים למבלע הולך וגדל של מוטמעים. ביום ה-91 קיימים על הצמח כפתורים קטנים וכפתורים גדולים. כתוצאה מעליית הצריכה של מוטמעים ע"י ההלקטים הגדולים מתגברת הנשירה של הכפתורים. כפתורים קטנים נוטים לנשור יותר מכפתורים גדולים (נדון על זה בהמשך). לכפתור גדול לוקח 22 יום עד לפריחה, זאת אומרת שהפרחים שמופיעים עד ליום ה-113 מקורם בכפתורים שהיו כבר גדולים ביום ה-91. פרחים שהופיעו לאחר היום ה-113 מקורם בכפתורים שהיו קטנים ביום ה-91 ועל כן נשירתם היתה גבוהה. כשעומס ההלקטים הביא את הצמח ל-"Cut-Out" כל הכפתורים נשרו ואין תוספת פרחים (חוץ מאשר בשדות שחל בהם גל שני כתוצאה מכניסה מוקדמת ל-"Cut-Out").



איור 25. התוספת היומית של פרחים כפונקציה של ימים מזריעה.

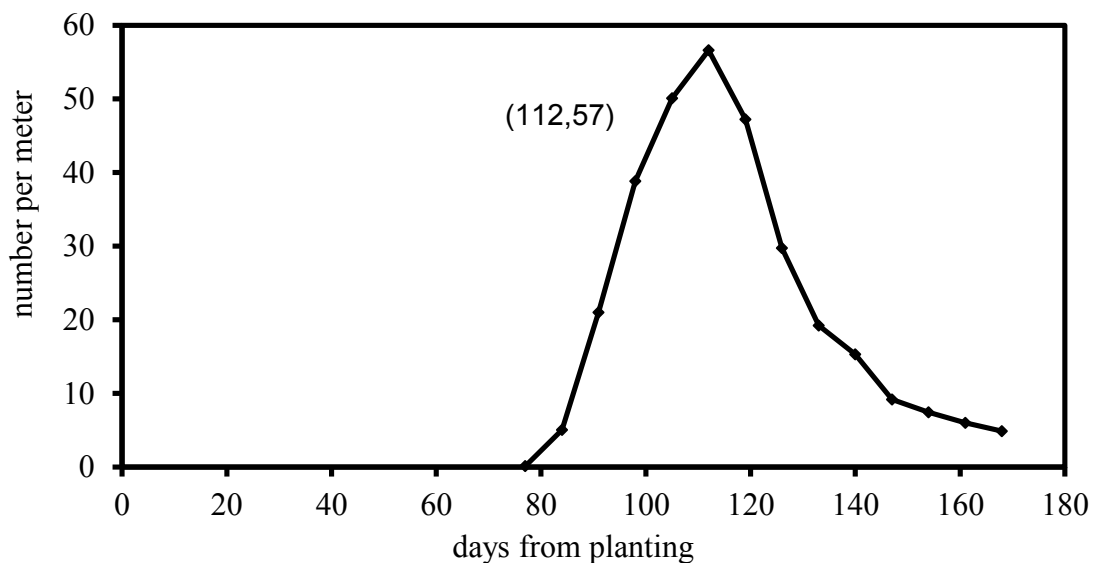
- יצירת הלקטים - בניסוי "דינאמיקה של אברי ריבוי" תועד תאריך הפריחה של כל פרח, מיקומו על גבי הצמח ואם נשר, מתי הוא נשר. מתוך כ-20,000 פרחים נשרו 9243 הלקטים קטנים. **איור 26** מראה את תדירות הנשירה של הלקטים אלה כימים מפריחה. יומיים לאחר הפריחה היתה נשירה של אחוז אחד מכלל הלקטים שנשרו, שלושה ימים לאחר הפריחה היתה נשירה של עוד שלושה אחוזים וכך הלאה. בתוך 12 יום נשרו 95 אחוז מכלל הלקטים שנשרו. כל הלקט

שנשאר סומן ותועד מתי הוא הגיע לקוטר של 2 ס"מ. רוב ההלקטים הגיעו לקוטר זה כ-13 ימים לאחר הפריחה. לכן, מנתונים אלו הוגדר ההבדל בין הלקט קטן להלקט גדול. הלקט קטן הוא הלקט שמסוגל לנשור נשירה טבעית, גילו 1-12 ימים לאחר פריחה, קוטרו קטן מ-2 ס"מ, ומשקלו הטרי פחות מ-10 גרם. הלקט גדול הוגדר כהלקט בקוטר מעל 2 ס"מ, משקלו הטרי מעל 10 גרם והוא איננו נושר באופן טבעי. לצורך עבודה זו, פרח ביום פריחתו נספר כהלקט קטן. יש לזכור שנתוני הגודל והמשקל מתייחסים לזן SJ-2.



איור 26. תדירות נשירת הלקטים קטנים והגעת הנותרים לקוטר 2 ס"מ כפונקציה של ימים מפריחה.

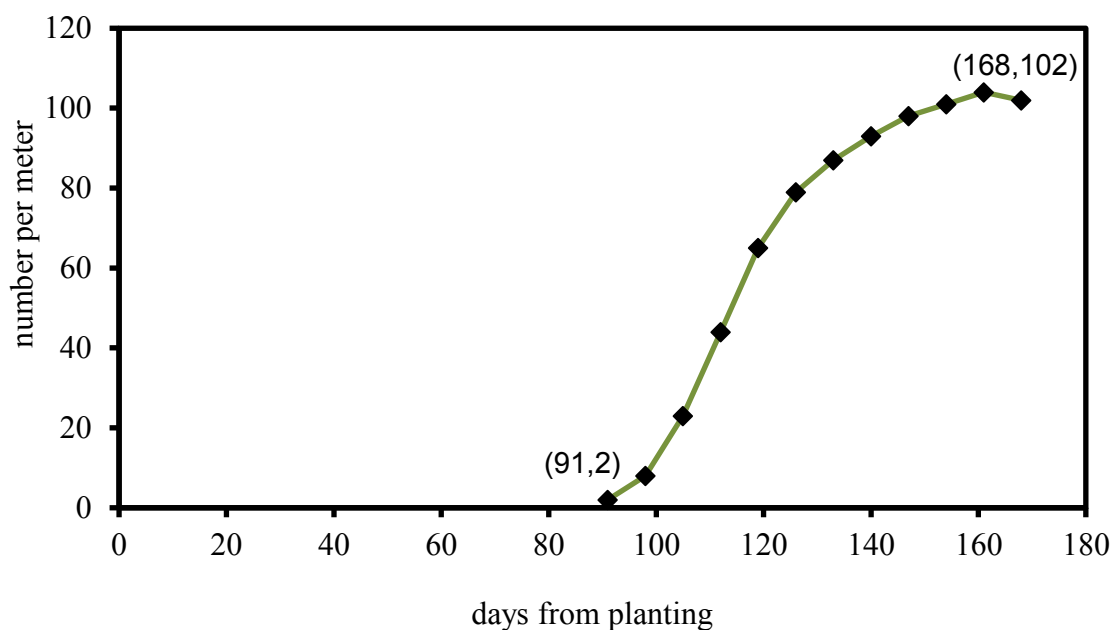
- הלקטים קטנים - תמונת המצב של מספר ההלקטים הקטנים ברגע נתון מוצגת ב**איור 27**. מספר ההלקטים הקטנים נקבע על ידי שלושה גורמים. האחד, תוספת הנקבעת ע"י קצב הפריחה. השנייה, נשירה של הלקטים קטנים, והשלישית, הפיכתם לגדולים. השיא במספר ההלקטים הקטנים הוא ביום ה-112 מהזריעה עם 57 הלקטים למטר.



איור 27. מספר הלקטים קטנים כפונקציה של ימים מזריעה.

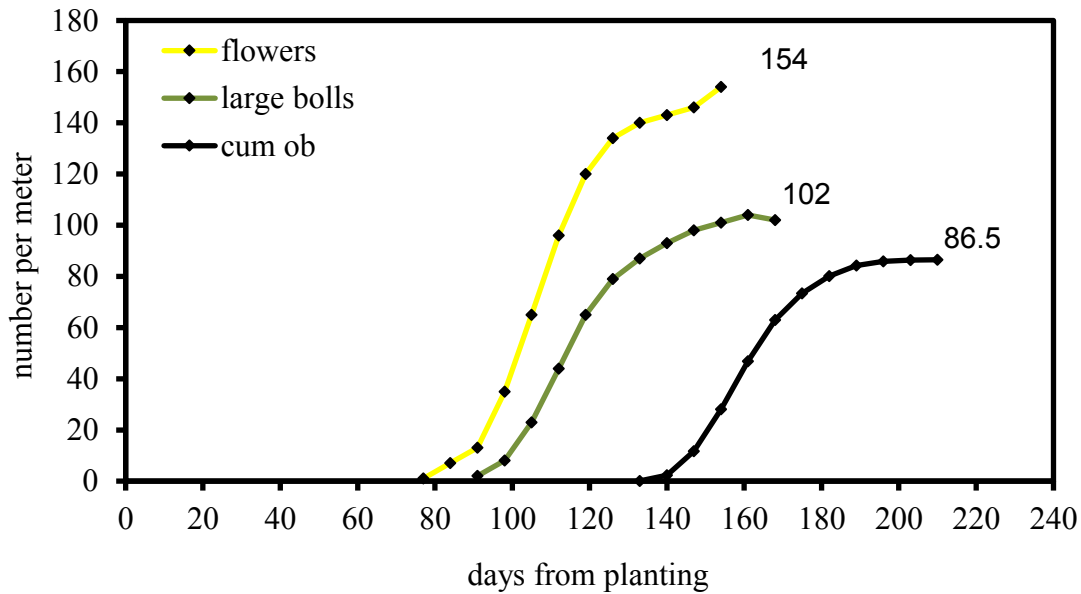
מספר ההלקטים הקטנים מתקרב ל-0 אחרי 168 ימים מהזריעה וזה בגלל עומס ההלקטים הגדולים במועד זה. לעובדה של המצאות 57 הלקטים קטנים למטר ביום ה-112 יש חשיבות מרובה ונדון על כך בהרחבה בפרק העוסק במנגנוני הפיצוי של הצמח.

- הלקטים גדולים**- הופעת הלקטים גדולים היא ביום ה-91 עם 2 הלקטים למטר (איור 28). אם הלקט גדול היה נוצר לפני היום ה-91 הוא היה מאט את הווגטציה בתקופה ששטח העלוח מהווה עדין את גורם המינימום. אם ההלקט הגדול הראשון היה נוצר אחרי היום ה-91, היו מוטמעים שלא היה לאן להפנות אותם, אלא, לצימוח וגטיבי שאינו נחוץ יותר. מקסימום ההלקטים הגדולים הוא ביום ה-168 עם 102 הלקטים למטר. כלומר, מתוך 154 פרחים שפרחו התקבלו בסופו של דבר 102 הלקטים, משמע, 52 נשרו בתור הלקטים קטנים. התחלת ההיווצרות היא קעורה, וכאשר מתחיל עומס הלקטים הצבירה הופכת איטית יותר.



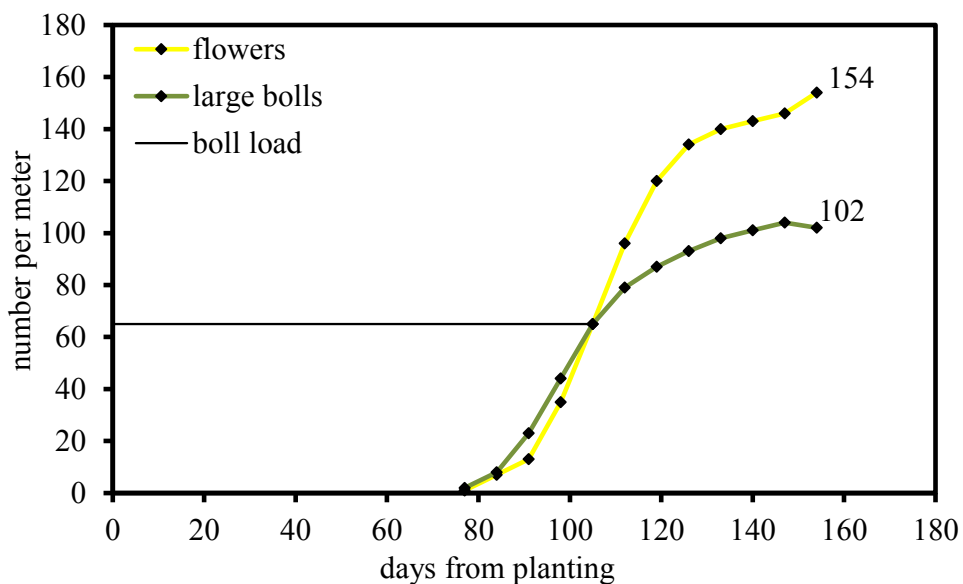
איור 28. עקומה מצטברת של מספר ההלקטים הגדולים כפונקציה של ימים מזריעה.

- הלקטים פתוחים**- תחילת פתיחת ההלקטים מתרחשת ביום ה-133, 42 ימים לאחר הופעת הלקט גדול ראשון, או 54 ימים מפרח ראשון. **באיור 29** מוצגים שלושה עקומים יחד, פרחים, הלקטים ירוקים גדולים והלקטים פתוחים. מ-154 פרחים, נוצרו 102 הלקטים גדולים ובסופו של דבר מתוכם נפתחו 86 הלקטים. לכאורה, נראה כי ישנה נשירה גם של הלקטים גדולים, בניגוד להגדרות שניתנו קודם לכן.



איור 29. עקומות מצטברות של פרחים, הלקטים גדולים והלקטים פתוחים.

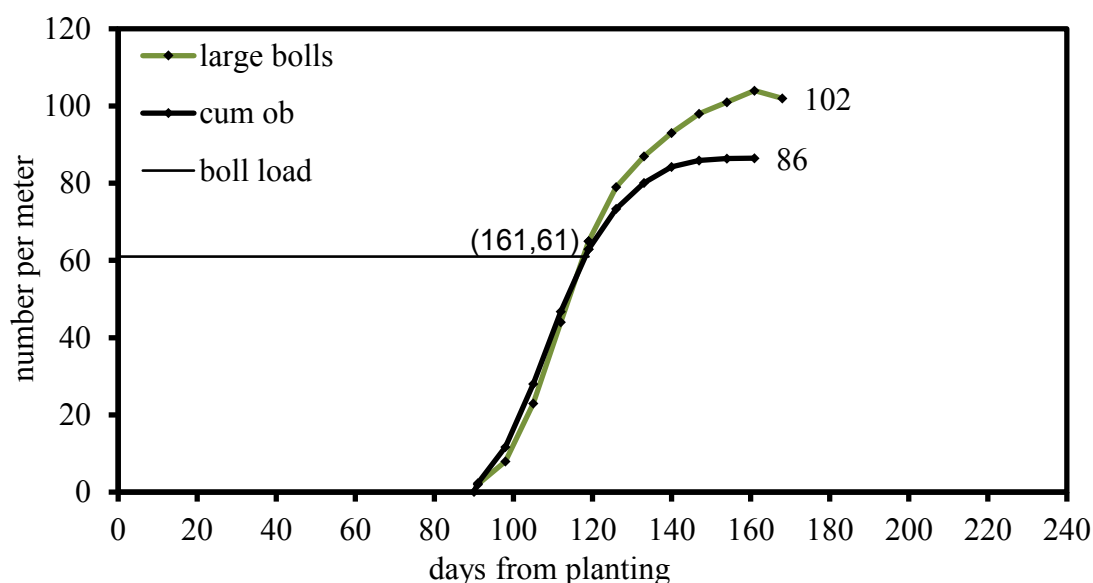
- נשירת הלקטים קטנים - ניתן ללמוד על הנשירה ע"י השוואת עקום ההלקטים הגדולים לעקום הפריחה. משך זמן ההתפתחות מפרח להלקט גדול הוא 12 יום, לכן אם מזיזים את העקום של ההלקטים הגדולים 12 יום אחורה ניתן להשליך מאיזה פרח יצא איזה הלקט (**איור 30**). 65 ההלקטים הגדולים הראשונים נוצרו מ-65 הפרחים הראשונים. בתקופה זו אין עדיין עקת מוטמעים, ולכן אין נשירה של הלקטים קטנים. בגרף נקודה זו נמצאת ביום ה-105, וכאשר מוסיפים את 12 הימים, מקבלים ש-65 הלקטים התקבלו ביום ה-117. מעבר ליום ה-117 מתחילה נשירה של הלקטים קטנים, כאשר בסה"כ נושרים 34% מסך כל ההלקטים הקטנים.



איור 30. עקום צבירת פרחים ועקום צבירת הלקטים אשר הוזז 12 יום אחורה.

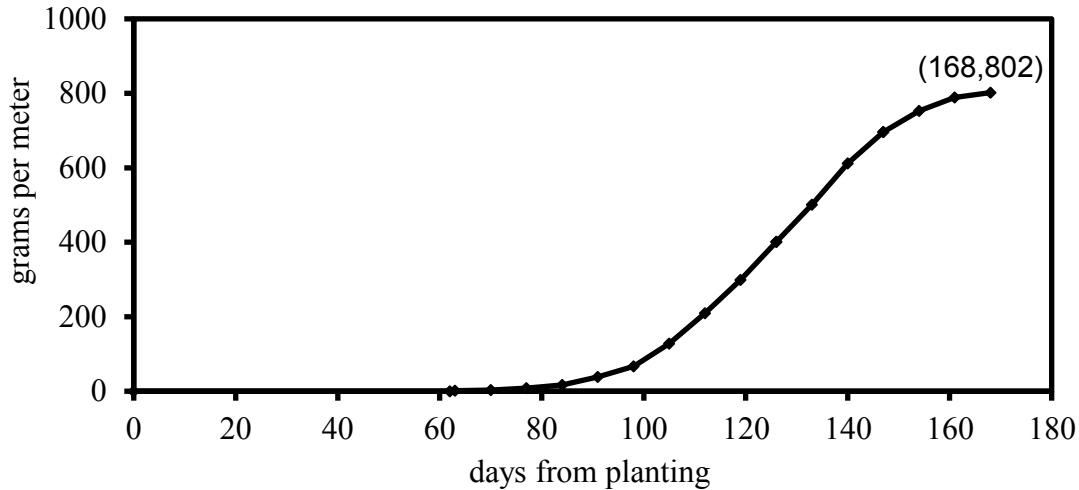
ההפרש בין שתי העקומות מציין את הכמות המצטברת של ההלקטים שנשרו. הנשירה נמשכת במשך שלושה שבועות מהיום ה-117 (הפער בין שתי העקומות הולך וגדל), לאחר מכן הקווים המקבילים מצביעים על הפסקת הנשירה.

- הלקטים פתוחים** - השוואה בין עקומות ההלקטים הגדולים וההלקטים הפתוחים מראה כי קיים הפרש של כ-15% במספרם, לכאורה מעיד על נשירת הלקטים גדולים (**איור 31**). משך הזמן מהופעת הלקט גדול ועד לפתיחתו הוא 42 יום, לכן אם מזיזים את עקום ההלקטים הפתוחים 42 יום אחורה ניתן להשליך איזה הלקט גדול נפתח. עד ל-61 הלקטים פתוחים ביום ה-119 (שהוא בעצם היום ה-161) יש חפיפה בין העקומות. כלומר, 61 ההלקטים הראשונים שנוצרו גם נפתחו. מנקודה זו מתחיל להיווצר הפרש בין מספר ההלקטים הגדולים למספר ההלקטים הפתוחים, כאשר ההפרש הולך וגדל עד הסוף. כמות המוטמעים העומדת לרשות ההלקטים הגדולים איננה מספיקה להשלמת ההתפתחות של 102 הלקטים ועל כן הצמח מווסת את עומס ההלקטים כך שחלקם ממשיך להתפתח בזמן שאחרים מתחילים להתנוון תוך הזרמת מוטמעים מההלקטים המתנוונים לעבר המתפתחים. בהמשך הלקטים אלו הופכים לקטנים ומנוונים, אך אינם נושרים ואינם נפתחים. תהליך זה מתרחש רק כאשר נוצר עומס הלקטים גדול. על מנגנון ויסות המוטמעים בצמח בשעת מחסור נדון בהרחבה בפרק העוסק במשקל הלקט.



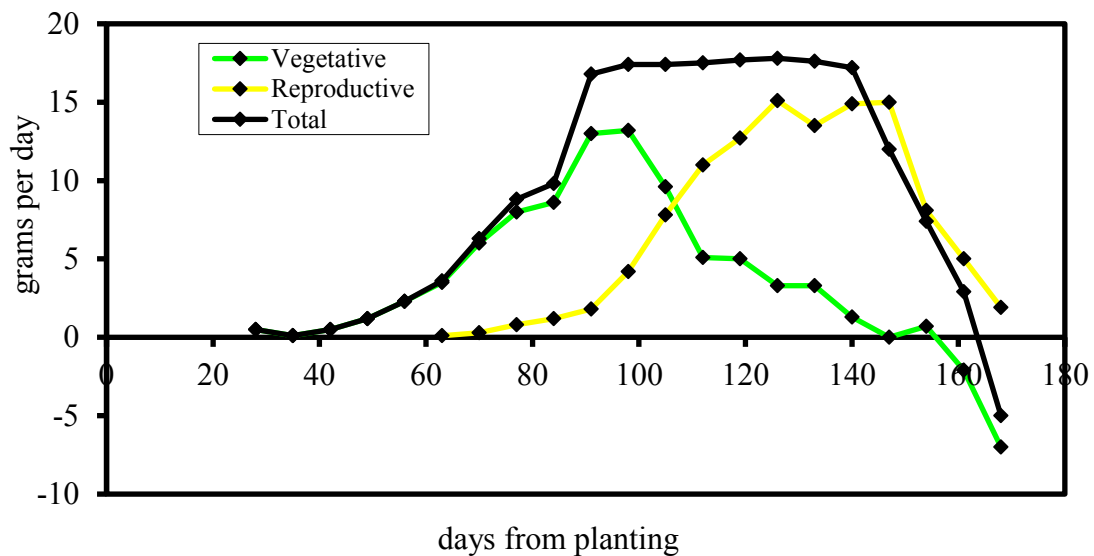
איור 31. עקום צבירת הלקטים ירוקים גדולים ועקום צבירת הלקטים פתוחים שהוזז 42 יום אחורה.

- משקל חיי רפרודוקטיבי** - כפי שהוזכר קודם לכן, המשקל היבש הכללי היה 1360 גרם למטר בערך, מתוך זה 802 גרם הוזרמו לחלק הרפרודוקטיבי (**איור 32**) שהם קצת מתחת ל-59%.



איור 32. מהלך צבירת חומר יבש רפרודוקטיבי כפונקציה של ימים מזריעה.

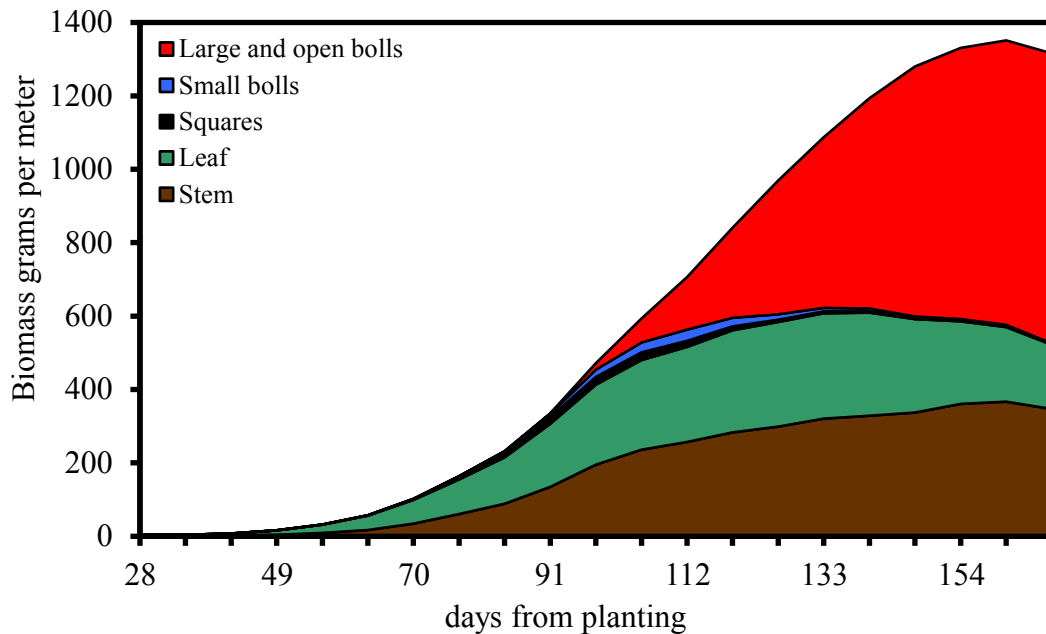
- תוספת יומית של משקל חיי באברי הצמח - אחרי היום ה-140 ישנה ירידה בתוספת היומית לצבירה הכללית (**איור 33**). באותו זמן בחלק הרפרודוקטיבי יש מבלע שהוא גדול יותר מהתוספת לסך כל הייצור. תופעה זו מתאפשרת הודות להחזרת מוטמעים מהנוף, וזה מתבטא בתוספת יומית שלילית בחלק הוגטיבי. ההחזרה נעשית תחילה, מהעלים ולאחר מכן מהגבעולים. כפי שראינו גם באיור 15.



איור 33. התוספת היומית למשקל היבש של האברים הוגטיביים, הרפרודוקטיביים וסה"כ כפונקציה של ימים מזריעה.

באיור 33 השטח שמתחת לכל אחת משלושת העקומות מייצג את סה"כ החומר היבש בחלק הוגטיבי, בחלק הרפרודוקטיבי ובסה"כ הצמח.

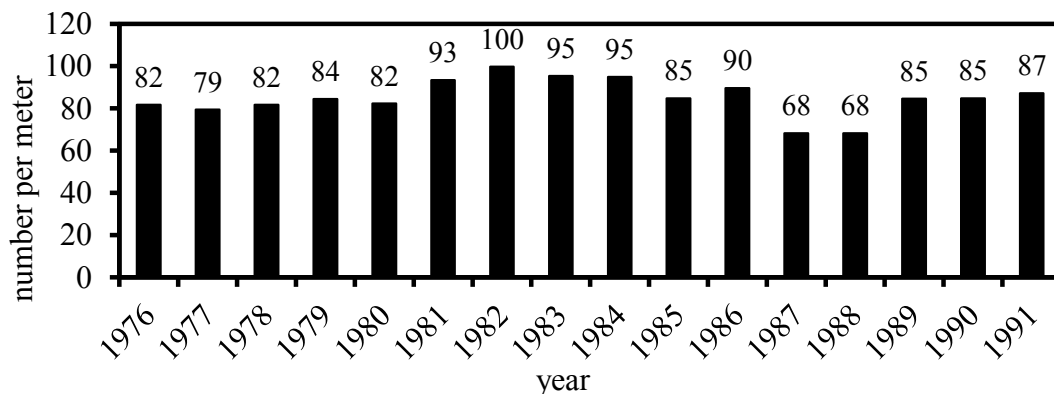
איור 34 מציג את עקומות ההצטברות עבור עלים, עלים וגבעולים, עלים, גבעולים וכפתורים וכך הלאה עד לסה"כ חומר יבש.



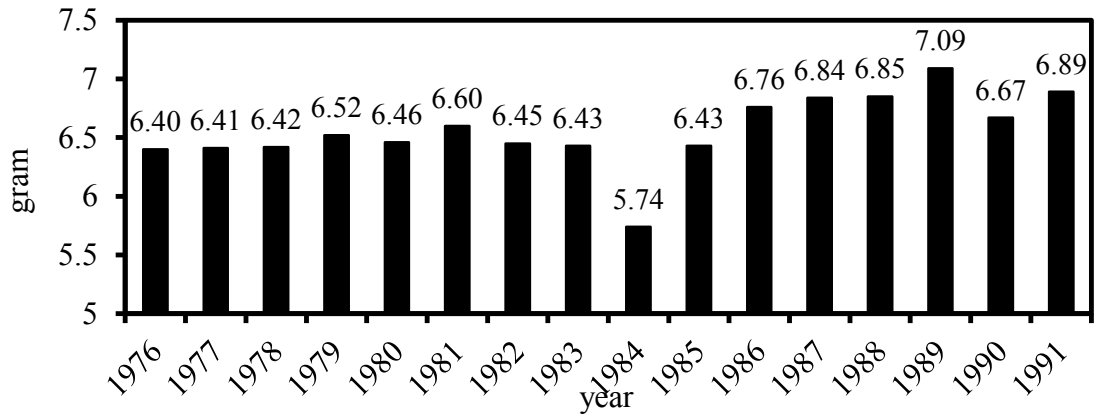
איור 34. חלוקה ממוצעת של הביומסה בין חלקי הצמח כפונקציה של ימים מזריעה.

המעניין באיור 34 זו המסה של הכפתורים ושל ההלקטים הקטנים (שחור וכחול בהתאמה), שהם נמוכים במיוחד, וזאת משתי סיבות. האחת, הצמח משקיע מינימום מוטמעים באברים העלולים לנשור. השנייה, בזמן עקה זמנית, גם אם נשארת כמות מוטמעים קטנה היא מספיקה כדי למנוע נשירה של אברים אלה.

מרכיבי היבול בשדות המדגם (מספר ההלקטים ומשקלם הממוצע) - המספר הממוצע של הלקטים פתוחים בשנים 1987 ו-1988 היה הנמוך ביותר, עם ממוצע של 68 הלקטים למ"ר. בשנת 1982 התקבל הממוצע הגבוה ביותר עם 100 הלקטים פתוחים למ"ר. שאר השנים נעו בין 80 ל-95 הלקטים (**איור 35א**). במשקל הלקט ממוצע, שנת 1984 היתה חריגה, עם משקל נמוך במיוחד של 5.74 ג' להלקט, ושנת 1989 עם המשקל הגבוה ביותר, 7.09 ג' להלקט. שאר השנים נעו סביב ה-6.5 ג' להלקט (**איור 35ב**). ישנו קשר בין מספר ההלקטים לבין משקלם הממוצע. ההלקטים האחרונים משקלם נמוך מהראשונים, ועל כן מורידים את הממוצע. בתחום הריאלי יוצא שתמיד כדאי להוסיף הלקטים גם אם זה מוריד את משקלם הממוצע.



א.



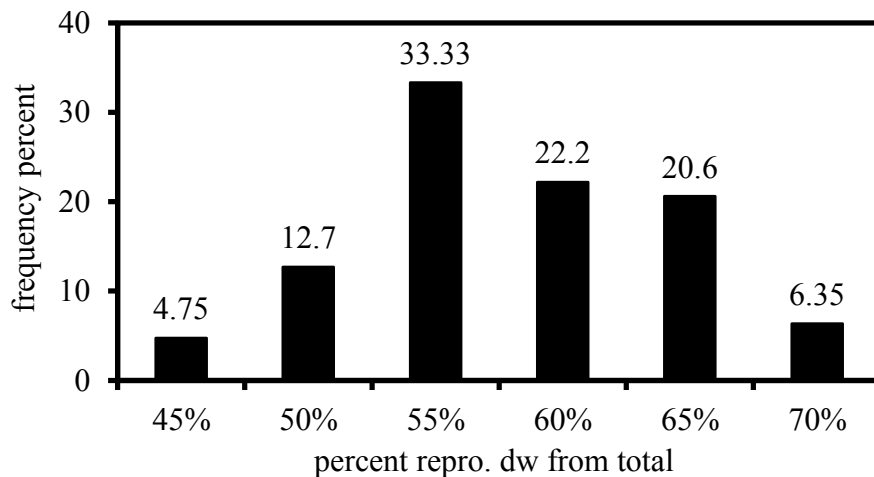
ב.

איור 35. מרכיבי היבול לאורך שנות המדגם, (א) מספר ממוצע של הלקטים פתוחים, (ב) משקל הלקט ממוצע.

• סיכום היבול ומרכיביו ל-67 שדות המדגם-

560 ק"ג לדונם	יבול ממוצע-
34.2%	אחוז הסיבים-
192 ק"ג לדונם	יבול הסיבים-
86.5	מספר הלקטים למטר-
6.47 גרם	משקל הלקט ממוצע-
59.2%	אחוז חומר יבש רפרודוקטיבי מהסה"כ-

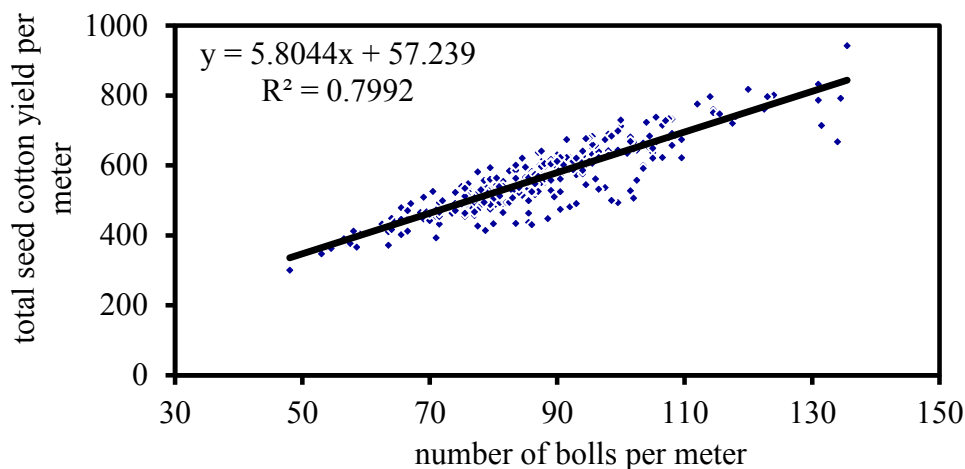
• התפלגות אחוז החומר היבש הרפרודוקטיבי מסך החומר היבש בשדות המדגם- אחוז החומר היבש בחלק הרפרודוקטיבי בסוף העונה נע בין 45% (3 שדות עם צימוח וגטטיבי עודף) עד 70% כשהממוצע 59.2% (איור 36).



איור 36. התפלגות אחוז החומר היבש הרפרודוקטיבי מהסה"כ בשנות המדגם.

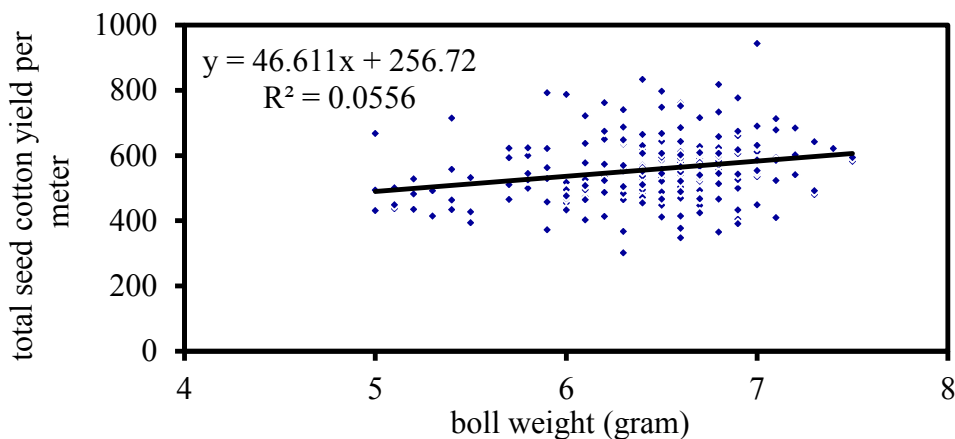
ב-6.35% מהמקרים החומר היבש הרפרודוקטיבי היווה 70%. זוהי תוצאה חריגה אשר משקפת ארבעה שדות אשר היו בעקת מים ולכן הגיעו ל-70% חומר יבש.

- מתאמים בין מרכיבי היבול (מספר הלקטים ומשקלם) ובין היבול- מנתוני כל 67 שדות המדגם, שכללו 5 חזרות של 2 מטר מכל שדה, נבדקו המתאמים בין מספר ההלקטים ליבול. איור 37 מציג התאמה גבוהה של כ-80%.



איור 37. המתאם בין היבול למספר ההלקטים במטר.

בקורלציה בין משקל ההלקט ליבול רואים כי המתאם נמוך ומהווה כ-5.5% בלבד (**איור 38**). כלומר, התרומה של משקל ההלקט ליבול היא נמוכה לכאורה. למעשה זה צפוי, קודם לכן הוזכר שבשדה נתון אם נוספים הלקטים מאוחרים, הלקטים אלה מעלים את היבול, אך באותו הזמן הם מורידים את המשקל הממוצע של ההלקטים באותו השדה.

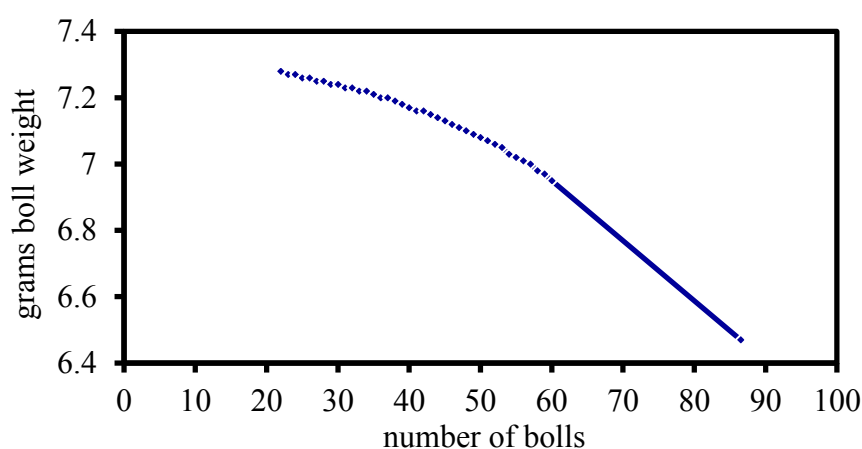


איור 38. המתאם בין היבול למשקל הלקט ממוצע.

כדי לראות את התרומה האמיתית של משקל ההלקט ליבול, הוכנה לגבי כל שדה עקומה של משקל ההלקט הממוצע כשבציר ה-X, במקום תאריך הקטיף, מופיע המספר המצטבר של ההלקטים שנקטפו. לקבלת הנתונים לגרף זה, בכל אחד מתאריכי הקטיף סוכמה הכמות המצטברת של הכותן הגולמי שנקטף עד תאריך זה, ומספר זה חולק במספר ההלקטים המצטבר שנקטפו עד תאריך זה. מהנתונים שהתקבלו הוכנה טבלה שהעמודה הימנית שלה היא "מספר הלקטים מצטבר" ולעמודה זו הוכנסו המספרים מ-1 עד 120. עמודות 2 עד 68 היו כל 67 שדות המדגם, עמודה לשדה. לגבי כל שדה הוכנסו הנתונים שחושבו מקודם. כלומר, מול

המספר המצטבר של הלקטים שנקטפו בכל תאריך הוכנס המשקל המצטבר שחושב. בשלב הבא נערכה אינטרפולציה ליניארית בין כל שני מספרים סמוכים באותה עמודה וכך התקבלה אינפורמציה רציפה לגבי כל שדה על כל מספר של הלקטים. בשלב האחרון הוספה לטבלה עמודה 69 ובעמודה זו חושב המשקל הממוצע לכל 67 שדות המדגם, לכל מספר הלקטים מ-1 עד 120. אינפורמציה מלאה מכל 67 שדות המדגם היתה משלב של 22 הלקטים למטר ועד ל-60 הלקטים, וזאת מהסיבה שבמספר שדות נקטפו כבר בקטיף הראשון 20 הלקטים ובמספר שדות לא היו יותר מ-60 הלקטים.

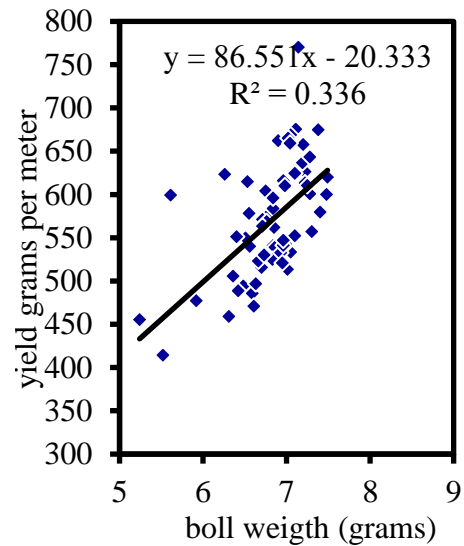
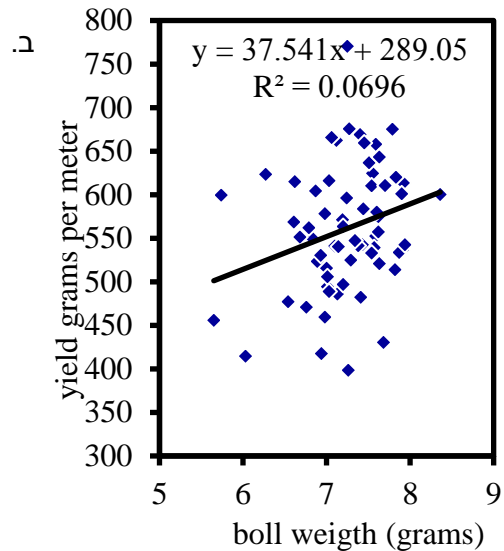
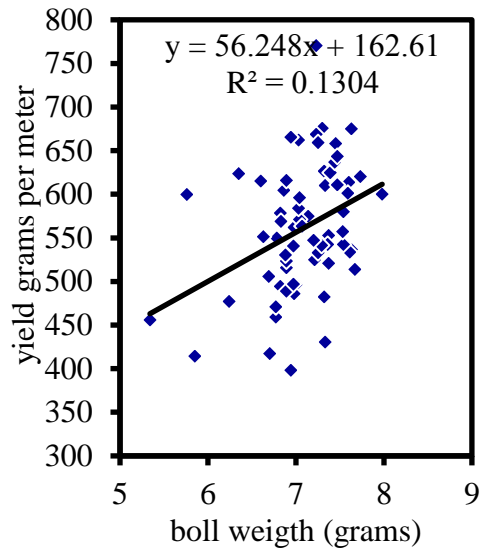
איור 39 ציר ה-X הוא המספר המצטבר של ההלקטים (עמודה 1 בטבלה) וציר ה-Y הוא משקלם המצטבר הממוצע (עמודה 69 בטבלה).



איור 39. משקל הלקט ממוצע כפונקציה של מספר ההלקטים (ממוצע לכל שדות המדגם). הקו הרציף הוא חיבור בין הנקודה האחרונה שבה היו נתונים מכל 67 השדות לבין משקל ההלקט הממוצע לכל השדות.

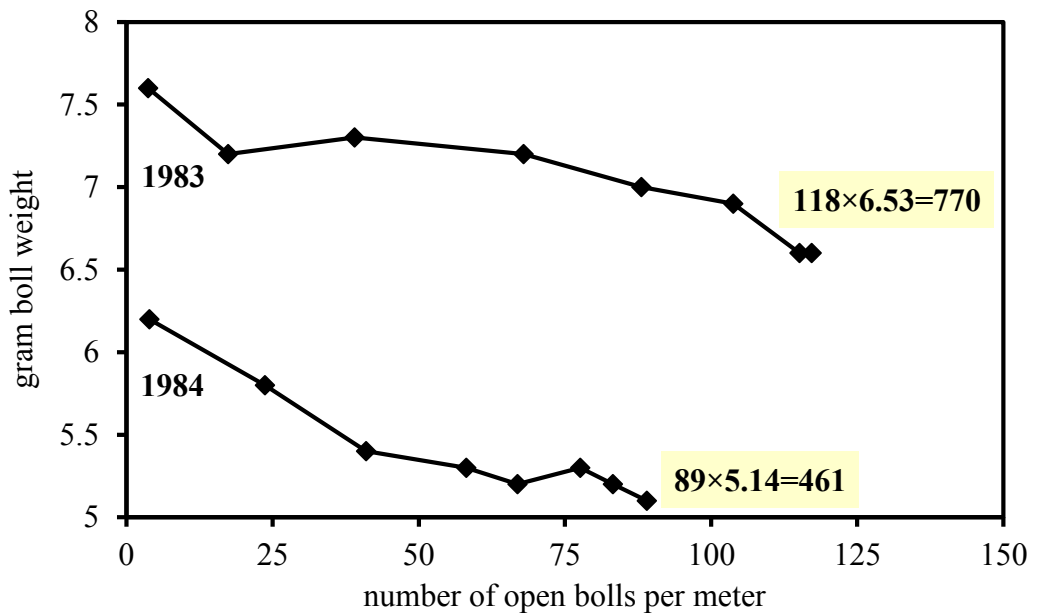
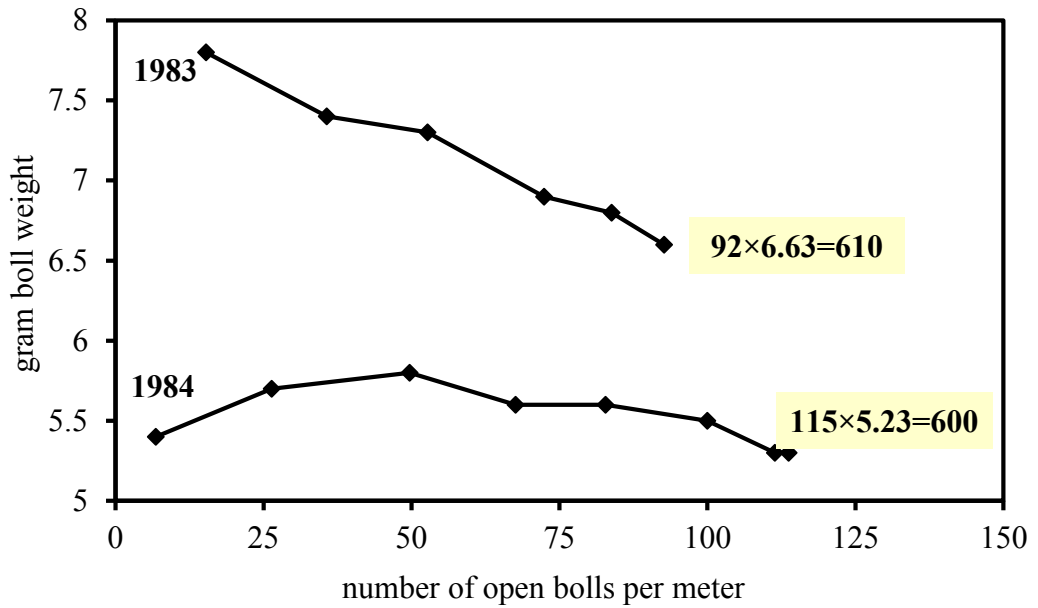
איור 40 א, ב ו-ג מציג קורלציה בין המשקל הממוצע של 30, 50 ו-70 ההלקטים הראשונים בהתאמה לבין היבול.

ההתאמה בין היבול למשקלם הממוצע של 30 ההלקטים הראשונים נמוך - 6.9% (**איור 40א**). בבדיקה של 50 ההלקטים הראשונים (**איור 40ב**) ישנה עלייה במתאם ליבול ל-13%. כאשר בודקים את ההשפעה של משקל 70 ההלקטים הראשונים על היבול (**איור 40ג**) יש עלייה במתאם ל-33%. למרות העלייה במתאם בקשר בין משקל הלקט ממוצע ליבול, רואים כי עיקר ההשפעה על היבול נובעת ממספר ההלקטים (**איור 37**) ופחות ממשקלם.



איור 40. הקשר בין משקל ההלקטים ליבול הסופי, (א) בעבור 30 ההלקטים, (ב) בעבור 50 הלקטים ו- (ג) בעבור 70 הלקטים ראשוניים.

כזכור, שנת 1984 היתה חריגה והצטיינה במשקל הלקט נמוך במיוחד (**איור 35ב**). נביא כאן מספר דוגמאות להשפעת מספר ההלקטים ומשקלם הממוצע על היבול הסופי. לשם כך נשווה בין שדות ב-1984 לשדות בשנת 1983. ההשוואות תהיינה לגבי עין שמר (**איור 41א**) ועין כרמל (**איור 41ב**). בשדה של עין שמר משקל ההלקטים גבוה יותר ב-1983 מאשר ב-1984 וזאת בכל מספר הלקטים מצטבר. בשנת 1983, משקל הראשונים היה 7.8 ג' / להלקט והסה"כ ירד עד 6.6 ג'. בשנת 1984 משקל הראשונים היה 5.4 ג', והוא נשאר קבוע פחות או יותר עד הסוף. גם בשדה של עין הכרמל המגמה דומה, כשב-1983 משקל ההלקטים גבוה בכל מספר מצטבר בהשוואה לשנת 1984. השונה בין שני שדות אלה היה במספר ההלקטים. בעין שמר היו בשנת 1984 עשרים ושלושה הלקטים למ"ר יותר מאשר ב-1983, והתוצאה היא יבול דומה, כשתוספת ההלקטים מפצה על משקלם. מאיור 41א נראה בברור שהמשקל הסופי הנמוך של ההלקטים בשנת 1984 איננו קשור לתוספת של 23 הלקטים אלה. בעין כרמל לעומת זאת, בנוסף למשקל הנמוך של ההלקטים בשנת 1984 היתה גם פחיתה במספרם. צירוף 2 נתונים אלה גרם ב-1984 לפחיתה של כ-40% ביבול.



איור 41. השוואה בין שנת 1983 ושנת 1984 במשקל הלקט מצטבר ממוצע והשפעתם על היבול הסופי בעין שמר (א) ובעין כרמל (ב).

- הדרישות של הלקטים קטנים וגדולים למוטמעים- נתונים מהניסוי "דינאמיקה של אברי ריבוי" מאפשרים לחשב את הדרישה היומית למוטמעים בהלקטים קטנים וגדולים. ב-6 טיפולים שונים בניסוי נאספו כל יום ההלקטים הקטנים שנשרו. לגבי כל הלקט שנאסף היו הנתונים של תאריך הפריחה והנשירה ומשקל החומר היבש. מנתונים אלה חושבה התוספת היומית למשקל הלקטים קטנים שנשרו = 0.025 גרם להלקט ליום (טבלה 7). תוספת נמוכה מאוד, שיתכן כי היא נובעת מהחזרה של מוטמעים לצמח לפני הנשירה, ומהפסקה של הזרמת מוטמעים להלקט ש"סומן" לנשור. בשולי אותם 6 טיפולים סומנו עשרות פרחים. לאחר 12 ימים נקטפו ההלקטים שלא נשרו, יובשו בתנור, ומסה"כ החומר היבש חושבה התוספת היומית להלקטים קטנים שאינם נושרים. הממוצע של התוספת היומית היה 0.12 גרם ליום (טבלה 7). התוספת היומית להלקטים גדולים חושבה מהלקטים שנפתחו, לגביהם היו הנתונים של משקל

חיי בהלקט פתוח (כולל הקשוות). ממשקל זה הופחת משקל החומר היבש של הלקט בגיל 12 יום והתוצאה חולקה במספר הימים מהלקט גדול לפתוח. נמצא שהתוספת היתה 0.18 גרם ליום, אך באותו זמן יש התעבות של גבעולים הנושאים את ההלקטים ונוכל לדבר על דרישה ממוצעת של 0.2 גרם להלקט ליום.

טבלה 7. הדרישה היומית למוטמעים של הלקטים קטנים שנשרו או לא נשרו ושל הלקטים גדולים.

מפרח עד פתיחה גרם/יום	הלקט גדול גרם/יום	הלקט קטן גרם/יום	נשירת הלקט קטן גרם/יום	טיפול
0.14	0.17	0.12	0.02	1
0.14	0.17	0.12	0.02	2
0.14	0.17	0.12	0.02	3
0.15	0.17	0.12	0.04	4
0.16	0.19	0.12	0.02	5
0.18	0.21	0.12	0.03	6
0.152	0.18	0.12	0.025	ממוצע

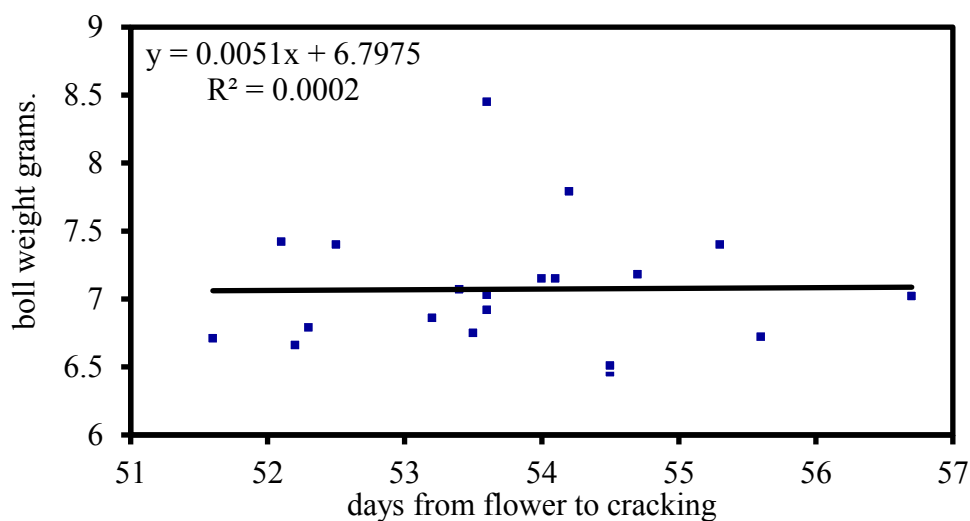
ניתן לבדוק את סבירות הנתונים בחישוב הבא (טבלה 8).

טבלה 8. חישוב תיאורטי של משקל הלקט לפי מספר הימים בשלב והדרישה היומית.

משקל הלקט (גרם)	צבירה יומית (גרם)	ימים להתפתחות	
1.44	0.12	12	הלקטים קטנים
7.56	0.18	42	הלקטים גדולים
9			סה"כ
1.98			קשוות (22%)
7.02			משקל הלקט ממוצע

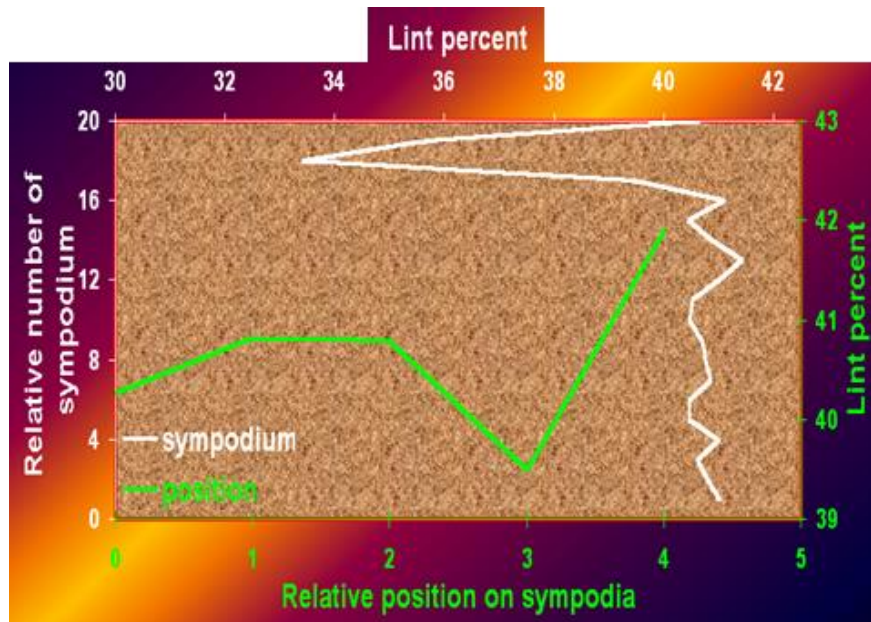
אומנם התוצאה שהתקבלה בחישוב התיאורטי סבירה, אך היא איננה מסבירה את העובדה שהלקטים שונים הם במשקל שונה. לשם הבנת הגורמים המשפיעים על משקל ההלקט נערך ניתוח של הנתונים שנצברו בניסיון "דינאמיקה של אברי ריבוי".

מניסוי "דינאמיקה של אברי ריבוי" התקבלו נתונים לגבי 9819 הלקטים שנפתחו. לגבי כל הלקט היו הנתונים של המשקל הסופי של הקשוות, הסיבים, הזרעים ומספר הזרעים. כמו כן, היו הנתונים לגבי תאריך הפריחה והפתיחה (הסתדקות ההלקט), תאריך בו הגיע לקוטר 2 ס"מ וכל זה לפי מספר ענף הפריחה והמקום על הענף. כל החישובים נעשו לפי מפרק יחסי, כלומר, בכל צמח ענף הפריחה הראשון נספר כאחד, ושאר ענפי הפריחה נספרו באופן יחסי לענף זה. בשלב הראשון נבדק האם משקלם השונה של ההלקטים הוא תוצאה של משך ההתפתחות. היתה אינפורמציה על תאריכי הפריחה והפתיחה של 9819 הלקטים. טווח משך ההתפתחות מפרח להלקט פתוח היה בין 51 ל-57 ימים, עם ממוצע של 54 ימים. נמצא שלמשך הזמן מפריחה ועד להיסדקות אין השפעה על משקל ההלקט הסופי (איור 42).



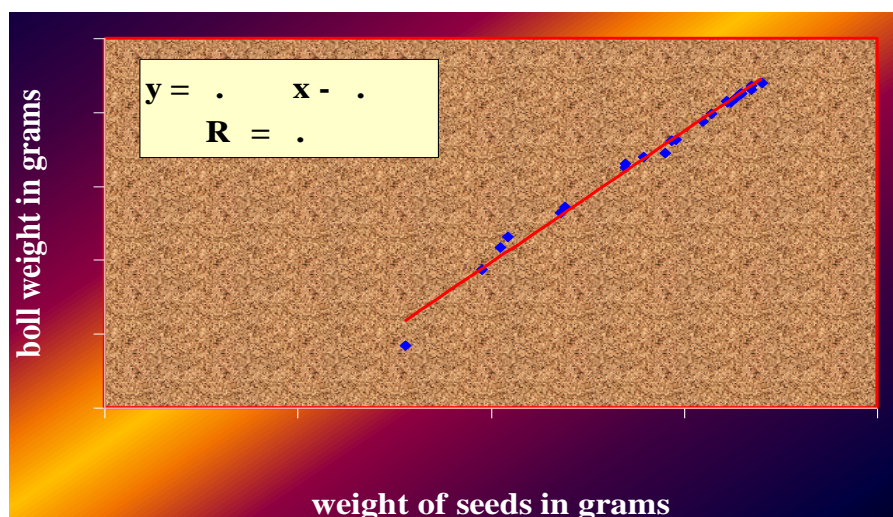
איור 42. משקל ההלקט (גרמים) כפונקציה של משך הזמן מפריחה להיסדקות ההלקט.

ההלקט מורכב מזרעים וסיבים. איור 43 מציג את אחוז הסיבים בכל הלקט על פי מיקומו על הצמח. הקו הלבן מייצג את אחוז הסיבים ביחס למיקום ההלקטים בין ענפי הפרי והקו הירוק מייצג את אחוז הסיבים בין הלקטים על גבי ענף הפרי. רואים שאחוז הסיבים קבוע פחות או יותר ואיננו מושפע ממיקום ההלקטים על הצמח. סטיות נצפו מעל ענף הפרי ה-16 ומתייחס למספר אפסי של הלקטים במקומות אלה. כמו כן, נצפו סטיות במקום 4 על ענף הפרי וגם זה מתייחס למספר אפסי של הלקטים. רק לירידת אחוז הסיבים במקום 3 על ענף הפרי יש אולי משמעות.



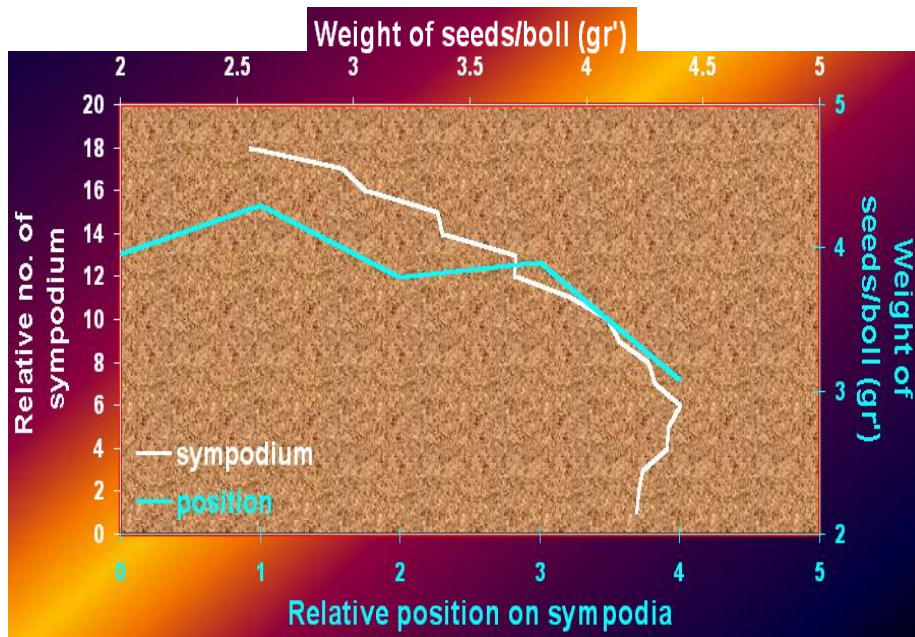
איור 43. אחוז הסיבים כפונקציה של מיקום ההלקט על גבי הצמח. קו לבן מייצג את אחוז הסיבים כפונקציה של מיקומו בין ענפי הפרי. קו ירוק מייצג את אחוז הסיבים כפונקציה של מיקומו על ענף הפריחה.

כאמור, משקל ההלקט שווה למשקל הסיבים והזרעים שבתוכו, וכיוון שאחוז הסיבים קבוע ללא תלות במיקומו על הצמח, אין זה מפתיע שמשקל ההלקט הוא פונקציה של משקל הזרעים. ואכן נמצאה קורלציה גבוהה ביותר בין משקל ההלקט למשקל הזרעים בהלקט, עם מתאם של 98.91%. עצם הקורלציה הגבוהה הזו מאשרת את העובדה ש-98.91% הסיבים קבוע לכל ההלקטים (**איור 44**).



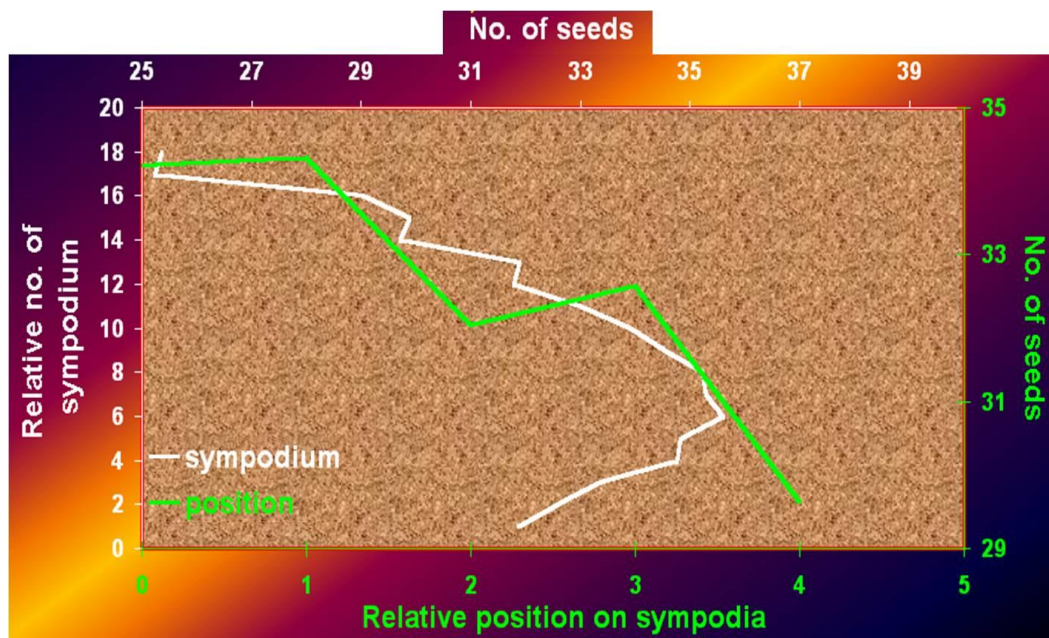
איור 44. קורלציה בין משקל ההלקט למשקל הזרעים.

משקל הזרעים בהלקט תלוי במספר הזרעים ובמשקל ממוצע של הזרע הבודד. משקל הזרעים להלקט נע מ-4.2 עד 4.4 גרם להלקט בענף הפריחה הראשון עד השמיני. לאחר מכן, המשקל יורד עד ל-2.5 גרם בענף ה-18. על ענף הפרי יורד משקל הזרעים ממקום ראשון לשלישי (**איור 45**).



איור 45. משקל הזרעים כפונקציה של מיקום ההלקט על גבי הצמח. קו לבן מייצג את משקל הזרעים להלקט כפונקציה של מיקומו בין ענפי הפרי. הקו הכחול מייצג את משקל הזרעים להלקט כפונקציה של מיקומו על ענף הפריחה.

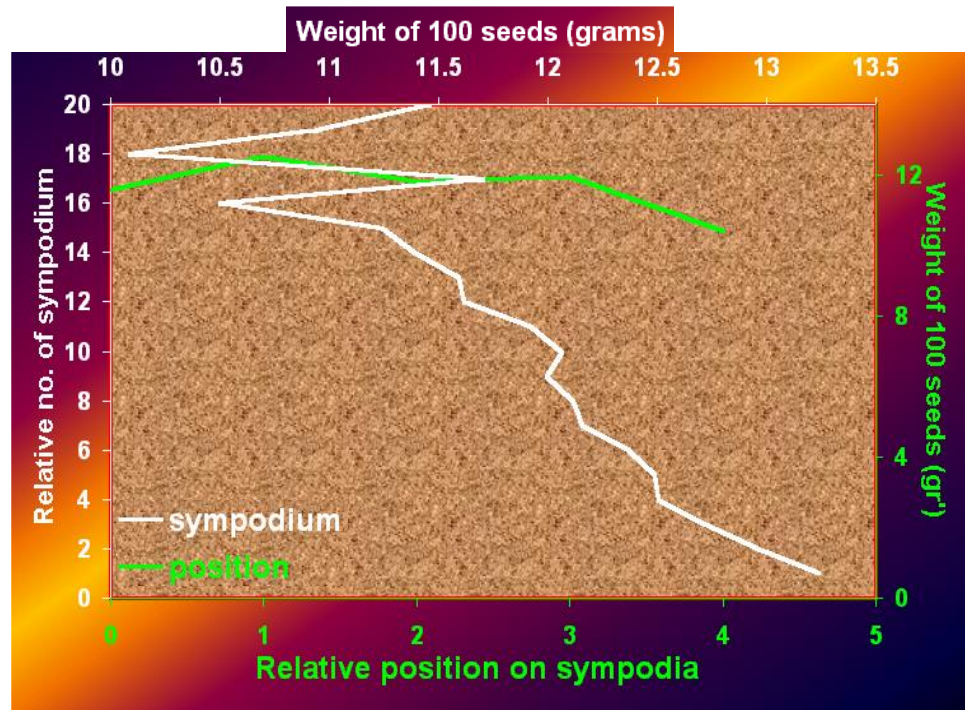
איור 46 מציג את מספר הזרעים להלקט לפי המיקום. בענפי הפרי הראשונים מספר הזרעים עולה ומגיע למעל 35 בענפים 4 עד 8. אחרי ענף 8 המספר הולך ויורד עד ל-25 בענף 17 (העקום הלבן). לעומת זאת, מספר הזרעים הולך ויורד על ענף הפריחה מ-34 זרעים להלקט במקום הראשון לפחות מ-30 באחרון (העקום הירוק).



איור 46. מספר הזרעים להלקט לפי מיקומו על הצמח.

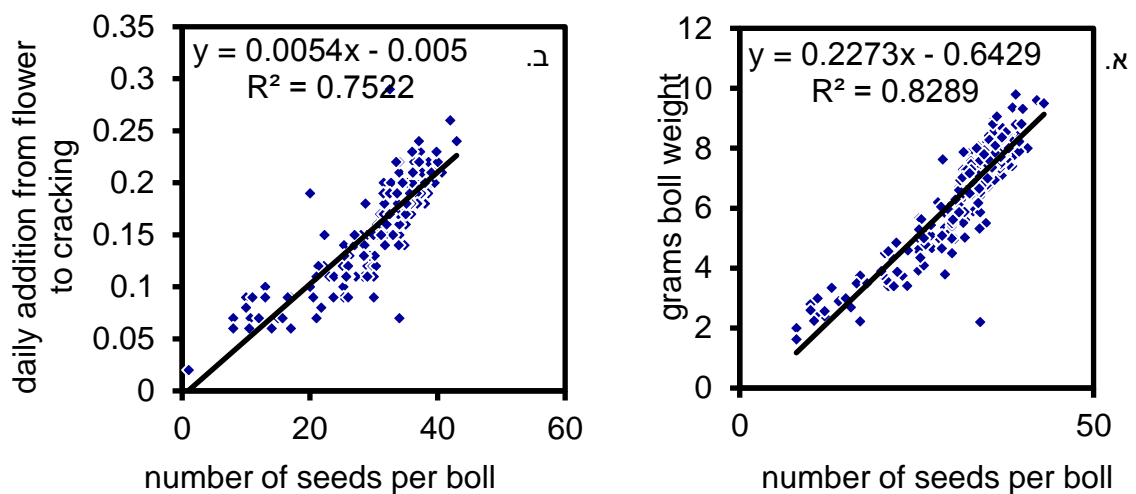
משקל מאה זרעים כתלות במיקום ההלקט על הצמח מוצג ב**איור 47**. משקלם של 100 זרעים הולך וקטן ככל שעולים בענף הפריחה, החל ממשקל של מעל 13 גרם ל-100 זרעים עד סביב ל-10 גרם,

זאת למרות שמספר הזרעים בהלקט עולה עד הענף השמיני, כמתואר באיור 46, ורק אח"כ מתחיל לרדת. גם לאורך ענף הפריחה המשקל יורד ממקום ראשון לרביעי.



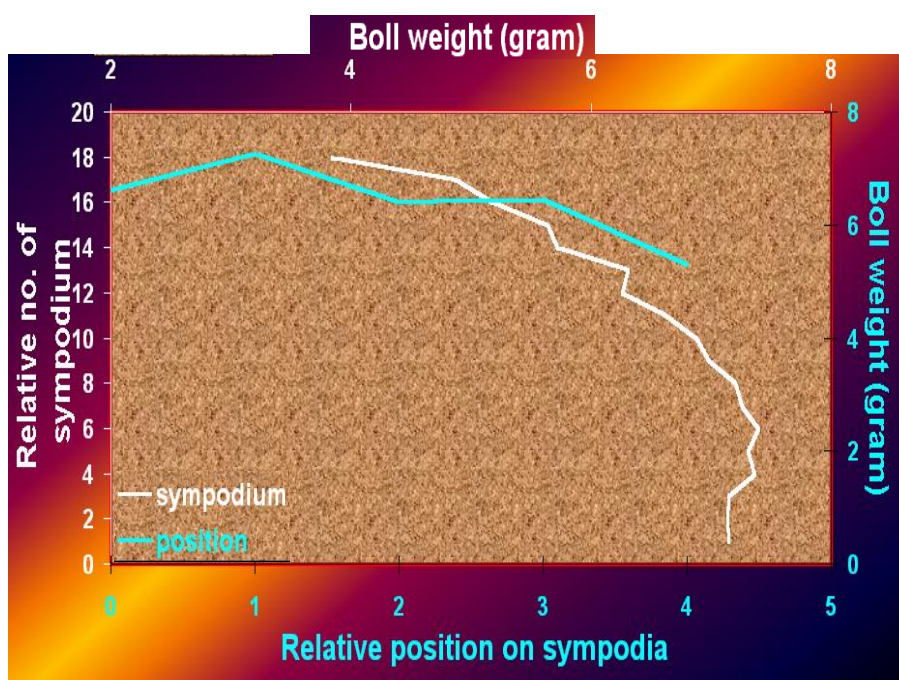
איור 47. משקל 100 זרעים כפונקציה של מיקום ההלקט על גבי הצמח. קו לבן מייצג את משקל 100 זרעים כפונקציה של מיקומו בין ענפי הפרי. הקו הירוק מייצג את משקל 100 זרעים כפונקציה של מיקום ההלקט על ענף הפריחה.

איור 48א מציג את הקשר בין משקל ההלקט למספר הזרעים שבתוכו, ו**איור 48ב** מציג את הקשר בין משקל זרע בודד למשקל ההלקט. המתאם הגבוה של כ-83% ושל 75.5% בהתאמה מראה שגם מספר הזרעים וגם משקל הזרע הבודד משפיעים בצורה ברורה על המשקל הסופי של ההלקט.

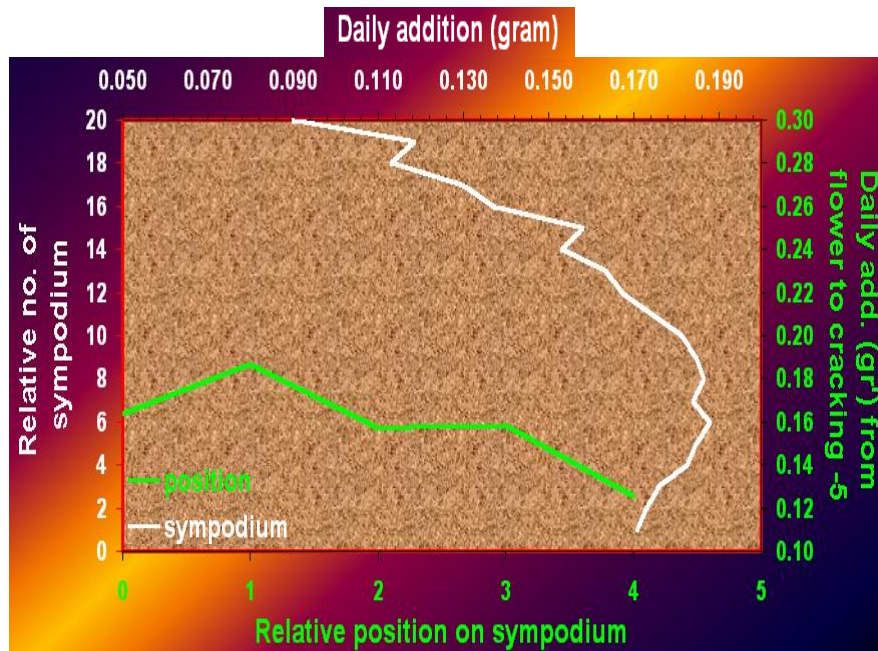


איור 48. קורלציה בין מספר הזרעים בתוך ההלקט למשקל ההלקט (א), וקורלציה בין משקל זרע בודד למשקל ההלקט (ב).

באיור 49 מוצג משקל ההלקט בהתאם למיקומו על הצמח. הקו הלבן מייצג את משקל ההלקט ביחס למיקומו היחסי בין ענפי הפרי. הקו הכחול מייצג את משקל ההלקט בהתאם למיקומו על ענף הפרי. משקל ההלקט מענף הפרי הראשון עד השמיני כמעט ללא שינוי, ונובע מעליה במספר הזרעים (**איור 46**) וירידה במשקל הזרע הבודד (**איור 47**). על ענף הפרי ישנה ירידה במשקל ההלקט ממקום ראשון ואילך, וזה נובע מירידה במספר הזרעים להלקט (**איור 46**) וגם במשקלם (**איור 47**). בכל מקרה, עיקר היבול מתבטא ב-12 ענפי הפרי הראשונים, כאשר בתחום זה משקל ההלקטים הוא מעל 6 גרם. ההלקטים שנוצרים מעבר לענף פרי 12 הם זניחים, משקלם נמוך ומספרם מועט. ניתן לחשב את התוספת היומית להלקטים גדולים כפונקציה של מיקום ההלקט על הצמח. החישוב נעשה בצורה הבאה: הלקט הופך לגדול 12 יום לאחר הפריחה, והמשקל הממוצע של החומר היבש בהלקט בשלב זה הוא 1.44 גרם (12 ימים מוכפל ב-0.12 ליום). לפיכך, לגבי כל הלקט הופחת ממשקלו הסופי (כולל הקשוות) משקל של 1.44 גרם והתוצאה חולקה במספר הימים מפריחה עד להסתדקות פחות 12. התוצאה נותנת את התוספת היומית למשקל הלקט גדול. לצורך הצגת התוספת הזו לסיבים וזרעים בלבד (ללא הקשוות) הופחתו מהמספר שהתקבל 22%. התוצאות מוצגות **באיור 50**. באופן כללי ניתן לראות שעקומות התוספת היומית מזכירות את עקומות משקל ההלקט.

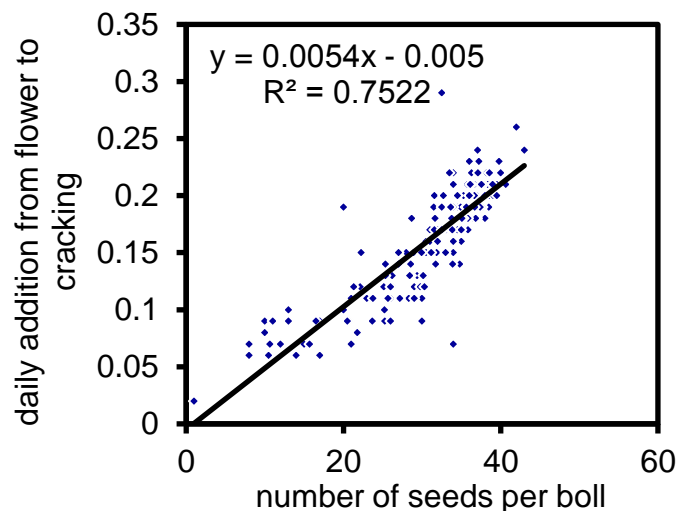


איור 49. משקל הלקט (ללא קשוות) כפונקציה של מיקום ההלקט על גבי הצמח. קו לבן מייצג את משקל ההלקט כפונקציה של מיקומו בין ענפי הפרי. קו כחול מייצג את משקל ההלקט כפונקציה של מיקומו על ענף הפריחה.



איור 50. התוספת היומית למשקל ההלקט (ללא קשוות) כפונקציה של מיקום ההלקט על גבי הצמח. קו לבן מייצג את התוספת היומית למשקל ההלקט כפונקציה של מיקומו בין ענפי הפרי. קו ירוק מייצג את התוספת למשקל ההלקט כפונקציה של מיקומו על ענף הפרי.

קורלציה שחושבה בין התוספת היומית למשקל הלקט, לבין מספר הזרעים בהלקט הראתה מתאם גבוה של 75% (איור 51).



איור 51. קורלציה בין התוספת היומית להלקט מפרח למספר הזרעים שבהלקט.

סיכום מנגנוני הוויסות של חלוקת המוטמעים בצמח - סיכום נתוני 67 שדות המדגם מראה שביום ה-91 מגיע שטח העלוה ל- LAI 3, כלומר, כל הקרינה נקלטת בעלווה ושטח העלווה איננו מהווה יותר את גורם המינימום. ביום זה גם הופיעו שני ההלקטים הגדולים הראשונים למטר. כמות ההלקטים הגדולים הולכת ועולה מיום ליום ומהווה מבלע הולך וגדל למוטמעים. ביום ה-91

כשקיים עודף מוטמעים, הצמח מייצר הלקטים עם מספר גדול של זרעים ובמשקל זרעים גבוה. הוא ממשיך לייצר הלקטים עם הרבה זרעים גם כשמתחילה עקה של מוטמעים, ומוסת את המחזור ע"י הקטנת משקל הזרעים. ואכן, איור 46 מראה שמספר הזרעים נשאר גבוה על 8 הקומות התחתונות (העקום הלבן). רק לאחר מכן ויסות המחזור במוטמעים הוא ע"י ירידה מתמדת במספר הזרעים להלקט בכל קומה נוספת. לעומת זאת, לגבי משקל זרע בודד (איור 47), הוא הולך ויורד כבר מהקומה השנייה והלאה. יש לזכור שמילוי הלקט גדול נמשך 42 יום והירידה במשקל הזרעים לא חייבת להתחיל 4 ימים לאחר היווצרות ההלקט הראשון בקומה הראשונה, שזה יום היווצרותו של ההלקט הראשון בקומה השנייה. רק כשעוברים עוד מספר ימים ועומס ההלקטים עולה מוזרמים פחות מוטמעים לכל הלקט, והתוצאה, זרעים עם משקל נמוך יותר. בסיכום, מחזור במוטמעים מווסת בהתחלה ע"י הלקטים עם מספר רב של זרעים ומשקל נמוך יותר של הזרע הבודד. בשלב השני, כשמנגנון זה איננו מספיק הצמח מייצר הלקטים עם פחות זרעים. מנגנון זה חכם ו"אופטימי". הוא כאילו אומר "היום יש חוסר ולכן מקטין משקל זרעים. מחר יהיה יותר טוב ואוכל להגדילם שנית". לעומת זאת, אם היה מקטין מספר זרעים - אין דרך חזרה.

מה קורה כשעומס ההלקטים ממשיך לעלות ושני מנגנונים אלה לא מספיקים:

כדי להבין את מנגנון הוויסות השלישי נערוך חישוב תיאורטי (טבלה 9). טבלה 9 מציגה חישוב של הדרישה היומית למוטמעים של ההלקטים. מספרי ההלקטים הקטנים והגדולים בכל שבוע נלקחו מהממוצע של 67 שדות המדגם. הדרישה היומית של ההלקטים הקטנים חושבה על ידי הכפלה של מספרם באותו שבוע ב-0.12 גרם. הדרישה היומית של ההלקטים הגדולים חושבה על ידי הכפלה של מספר ההלקטים הגדולים, בתוספת היומית להלקט אשר משתנה כפי שחושב באיור 50, ובתוספת של 22% עבור הקשוות. החיבור של דרישת ההלקטים הקטנים והגדולים מהווה את הדרישה הכוללת של המוטמעים על ידי ההלקטים. בין היום ה-112 ליום ה-119 הדרישה של ההלקטים הגיעה ל-18 גרם ליום, שזה המקסימום שהצמח מייצר. משלב זה, הצמח מווסת את עודף הדרישה של ההלקטים ע"י השרה של הלקטים קטנים. ביום ה-119 היו על הצמחים 65 הלקטים גדולים למטר, כלומר, נשירת ההלקטים הקטנים החלה רק לאחר הצטברות 65 הלקטים גדולים, ממצא אותו ראינו באיור 31. נשירת ההלקטים הקטנים מתחילה בין היום ה-112 ליום ה-119, וגם זה תואם את הממצא באיור 30, לפיו נשירת ההלקטים הקטנים התחילה ביום ה-117.

טבלה 9. מספר ההלקטים הקטנים והגדולים למטר ודרישתם היומית למוטמעים.

ימים מזריעה	מס' הלקטים קטנים	דרישה (גרמים) של הלקטים קטנים	מס' הלקטים גדולים	דרישה (גרמים) של הלקטים גדולים	סה"כ דרישת מוטמעים של ההלקטים
91	21.0	2.5	2.0	0.5	3.0
98	38.9	4.7	8.0	1.8	6.5
105	50.1	6.0	23.0	4.9	10.9
112	56.6	6.8	44.0	9.0	15.8
119	47.2	5.7	65.0	12.8	18.5
126	29.8	3.6	79.0	14.9	18.5
133	19.2	2.3	87.0	15.7	18.0
140	15.3	1.8	93.0	16.1	17.9
147	9.2	1.1	98.0	16.1	17.2
154	7.5	0.9	101.0	15.8	16.7
161	6.0	0.7	104.0	15.4	16.1
168	4.9	0.6	102.0	14.3	14.9

לסיכום, סך כל החומר היבש הוא 1363 גרם (מקור), ומצוין באיור 52 כשטח שמתחת לעקום השחור. צמח מזרים את המוטמעים מהמקור למבלע. המבלעים בצמח קיימים בגבעולים ובעלים שהם החלק הוגטטיבי, ובכפתורים, הלקטים קטנים והלקטים גדולים שהם החלק הרפרודוקטיבי. לצמח במצב דטרמיננטי יש העדפות לחלוקה של המוטמעים. העדפה ראשונה להלקטים הגדולים, לאחר מכן להלקטים קטנים וכפתורים, ולבסוף לצימוח הוגטטיבי.

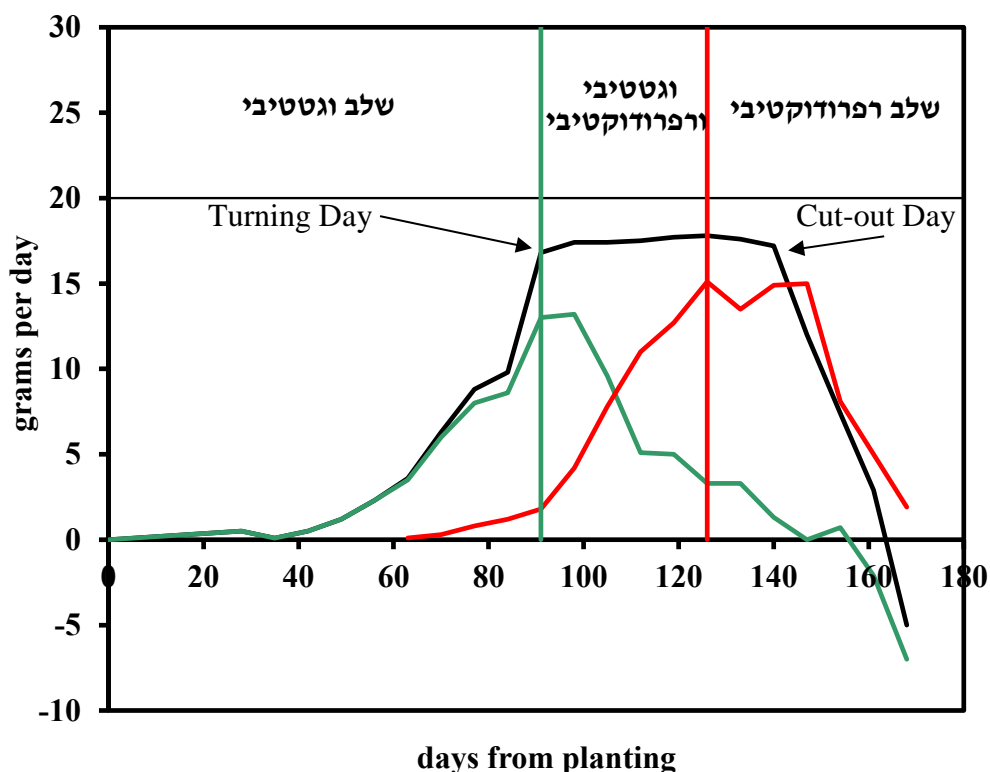
הגדרות שפותחו כתוצאה מהמחקר שנערך-

- זן מסיים (דטרמיננטי)- זן אשר מקיים שני תנאים :
 - א. זן המייצר מבלע מספיק גדול באברי הריבוי לקליטת כל המוטמעים המיוצרים.
 - ב. זן אשר מזרים את המוטמעים בעדיפות ראשונה לאברי הריבוי.
- יש זנים עם עוצמות שונות של דטרמיננטיות. צמח יותר דטרמיננטי מאופיין ע"י הקדמת המבלע בחלק הרפרודוקטיבי, או יצירתו בקצב מהיר יותר ו/או שמירה על המצב הדטרמיננטי בתנאי סביבה משתנים בטווח רחב יותר.
- יום המהפך (Turning Day)- היום בו גורם המינימום הופך משטח עלווה לקרינה (איור 52). בזן SJ-2, באזור חדרה, בזריעות של תחילת אפריל היום הזה הוא 91 ימים מהזריעה. בזן דטרמיננטי בעל יבול גבוה :
 - א. התוספת היומית לשטח העלים עולה עד ליום זה ויורדת לאחוריו.
 - ב. התוספת היומית למשקל היבש של הגבעולים עד ליום זה נמוכה מתוספת החומר היבש לעלים, ולאחריו התוספת בגבעולים גבוהה מאשר בעלים.
 - ג. ביום זה אינדקס שטח העלים עובר את הערך-3.

ד. מספר הכפתורים למ"ר עולה עד ליום זה ולאחריו יורד.

ה. ביום המהפך מופיע ההלקט הגדול הראשון ("היום ה-91").

- Cut-out Day - היום הראשון שבו כל המוטמעים שמיוצרים בצמח עוברים לחלק הרפרודוקטיבי, ואין תוספת צימוח של העלוח (איור 52) (יכול לקרות רק בזן דטרמיננטי).
- Cut-out Period - התקופה בה נמשך מצב זה. למשל, אם נוצר גל שני, עם תחילת הצימוח החדש נפסקת תקופת ה-"Cut-Out".



איור 52. עקום ייצור יומי של ח"י. קו שחור מייצג את כלל החומר היבש, קו ירוק את החומר היבש הוגטיבי וקו אדום את החומר היבש הרפרודוקטיבי.

הנתונים של הצימוח שהוצגו לעיל מאפיינים את הזן SJ-2 באזור חדרה, אך העקרונות של הגידול הם זהים לכל זני הכותנה ולכל אזורי הגידול השונים בעולם. הבנת המנגנונים של הצמח כפי שהוצגו בפרק הוגטיבי והרפרודוקטיבי מאפשרים לפתח אסטרטגיה של הגידול.

היבול הסופי הוא פונקציה של שלושה גורמים:

1. כמות המוטמעים שהצמח מייצר כל יום.
2. כמה מהמוטמעים מועברים לחלק הרפרודוקטיבי.
3. משך התהליך.

על מנת לייצר את המקסימום ליום, צריך להסיר בהתחלה את גורם המינימום שהוא שטח העלווה. רצוי להגיע ל-LAI של 3 ביום הופעת הלקט גדול ראשון. הקדמה תגרום לחוסר מבלע בהלקטים ותזרז צימוח וגטטיבי, שיהיה צורך לעוצרו על ידי עקת מים קטנה. במקרה של איחור יש סכנה לכניסה מוקדמת ל-CUT-OUT שתגרום לירידה ביבול או ליצירת גל פריחה שני.

כל האמור בסעיף האחרון מתייחס לגידול בתנאים רגילים, ואיננו מתייחס לתנאים מיוחדים כמו לאחר חורף יבש עם חתך שאיננו רווי, או שדות שנפגעו קשות ממזיקים או מעקה קשה כלשהי וכו'.

בניתוח נתוני ניטור של 67 שדות מדגם נבחנו מאות מודלים להסבר שונות ביבול. התוצאות הראו כי אין קשר פשוט בין התפתחות צמחית לבין היבול. נמצאו קשרים מובהקים רבים בעלי רמת הסבר נמוכה עד בינונית. מסתבר כי מכל הניתוחים הסטטיסטיים לא ניתן להגיע לרמת הסבר שונות גבוהה מאוד של היבול על סמך נתוני הניטור. כלומר, היבול מושפע מגורמים רבים, ולא ניתן להצביע על גורמים ספציפיים האחראיים לו. היבול מושפע מתהליכים שונים אשר מתרחשים לאורך כל עונת הגידול.

4. א. ההשפעה של שינוי בגודל המבלע על התפתחות הצמח והיבול

בפרקים הקודמים תוארו היחסים בין מקור למבלע בשדות שגדלו ללא הפרעות יזומות. הפרקים הבאים יעסקו בתגובת הצמח לשינויים יזומים בגודל המבלע או בגודל המקור או בשניהם גם יחד. בשנים 1978 עד 1984 בוצעה מערכת ניסויים אשר בחנה כיצד הצמח מגיב לנזק לאברים רפרודוקטיביים (שינוי במבלע). הטפולים כללו נזק לאברים שונים, בזמנים שונים ובעוצמות שונות. (בהמשך נערכו גם ניסויים עם פגיעה משולבת גם במבלע וגם במקור). עוצמות הנזק שנבחנו בניסויים נקבעה לאור תצפיות (ללא חזרות) שנערכו ב-1977. ניסוי המדגים היטב את תוצאות הניסויים האלה הוא הניסוי שנערך בקבוץ עין שמר בשנת 1979.

ניסוי חיקוי נזק, עין שמר 1979:

הניסוי בעין שמר תוכנן במבנה פקטוריאלי עם שישה טיפולי נזק בשני מועדים (מוקדם ומאוחר) וב-4 חזרות. כל חזרה היתה של 4 שורות לאורך של כ-15 מטר. מועדי הנזק היו בשלב מוקדם, או נזק שנעשה 10 ימים מאוחר מהמועד המוקדם. ההסרה של האברים הרפרודוקטיביים נעשתה בשלושה מועדים, 40 כפתורים או 20 הלקטים בכל מועד, וזאת מאחר שבכל מועד הסרה, לא היו מספיק אברי ריבוי להסרה חד פעמית.

טבלה 10. טיפולים בניסוי נזק לאברי ריבוי בשלב מוקדם ובשלב מאוחר יותר של הצימוח.

ח"י שהוסר (ג'/'מ')	תאריך ההסרה (פגיעה בשלב מאוחר)	ח"י שהוסר (ג'/'מ')	תאריך ההסרה (פגיעה בשלב מוקדם)	מס' האברים שהוסרו (למטר)	טיפול
					ביקורת- ללא הסרה
1.4	4/7, 27/6, 20/6	1.4	24/6, 17/6, 10/6	120	כפתורים קטנים
19.1	8/7, 1/7, 24/6	19.1	27/6, 20/6, 13/6	120	כפתורים גדולים
2.4	4/7, 27/6, 20/6 18/7, 11/7	2.4	24/6, 20/6, 13/6 8/7, 1/7	200	כפתורים קטנים
24	25/7, 18/7, 11/7	25	15/7, 8/7, 1/7	60	כפתורים קטנים
259	1/8, 25/7, 18/7	163	22/7, 15/7, 8/7	60	כפתורים גדולים

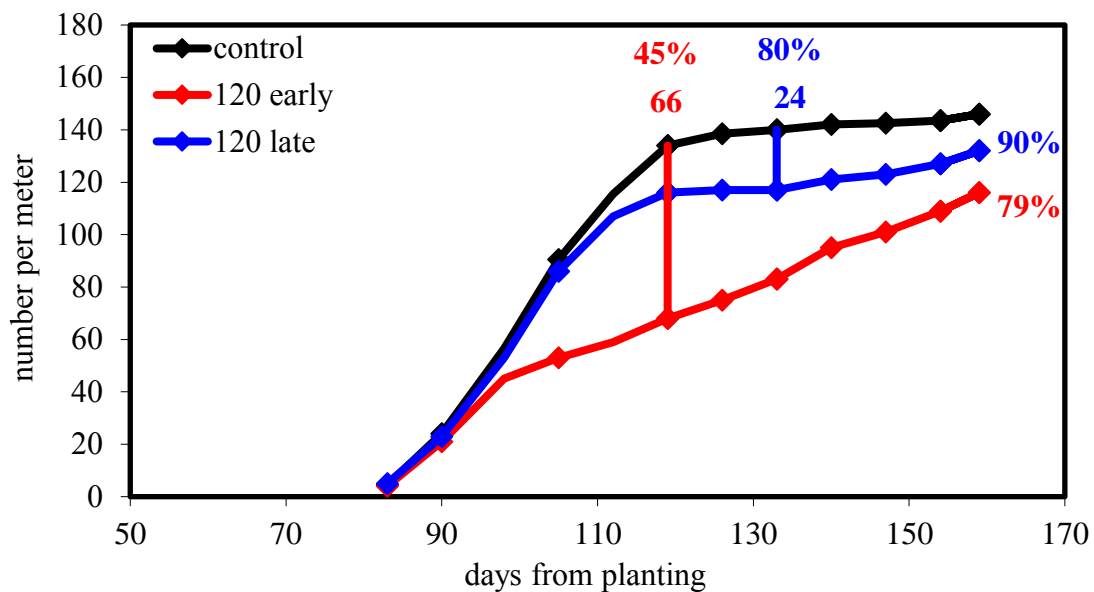
* בכפתורים קטנים אורך הבסיס נמוך מ-0.5 ס"מ, ובכפתורים גדולים הבסיס גדול מ-1.5 ס"מ. הלקטים קטנים משקלם נמוך מ-10 גרם משקל טרי, ואילו הלקטים גדולים משקלם מעל 10 גרם משקל טרי.

על מנת לעקוב אחר השינויים שהתרחשו בצמח נעשה ניטור צמחי במספר מועדים, וכן נעשה מעקב אחר צבירת היבול ורכיביו.

השפעת נזק למבלע על עקומת הפריחה-

הפריחה בטיפול הביקורת התחילה 79 ימים מהזריעה והגיעה סה"כ ל-134 פרחים למ"ר (איור 53). לאחר 119 יום מהזריעה תוספת הפרחים היא אפסית והסיבה היא שעומס ההלקטים בשלב זה גרם לנשירת הכפתורים ובלי כפתורים, אין פרחים.

נזק ל-120 כפתורים קטנים מוקדם בוצע מיום 76 עד יום 90 מהזריעה. כפתורים קטנים (0.5 ס"מ) שהוסרו היו פורחים כ-30 יום מאוחר יותר. ואכן מיום 106 מתחילים לראות הפרשים לעומת עקומת הביקורת, וזה מגיע לשיא ההפרש ב- $90+30=120$ יום מהזריעה. נזק מוקדם ל-120 כפתורים קטנים גרם להפחתה מקסימאלית של 66 פרחים. כלומר, בשלב זה כבר פוצה 45% מהנזק. נזק ל-120 כפתורים בשלב מאוחר יותר הביא לפחיתה מקסימאלית של 24 פרחים, כלומר, 80% מהנזק פוצה בשלב זה.

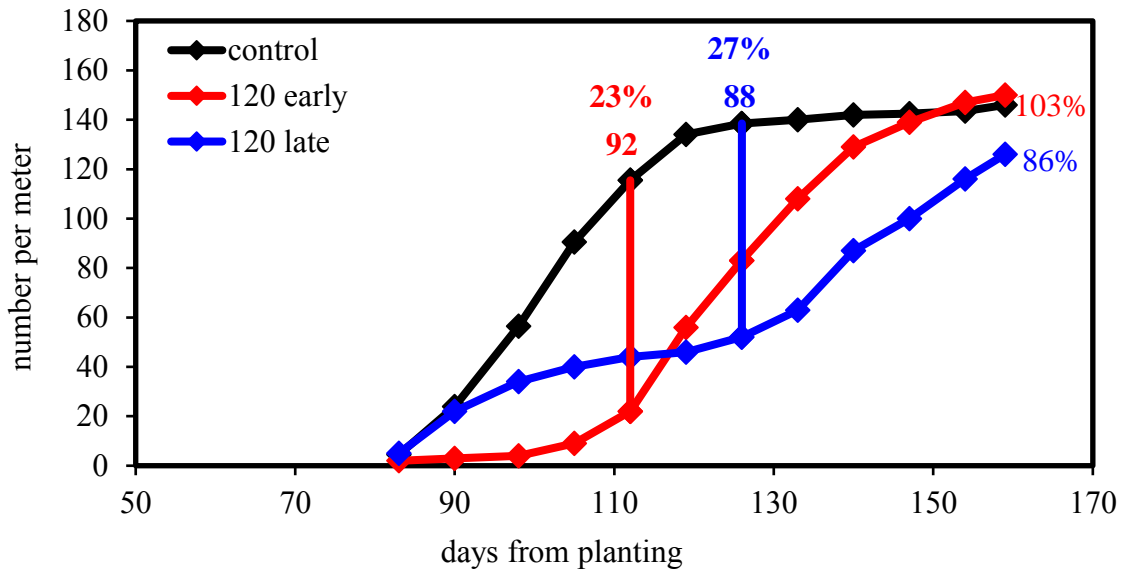


איור 53. מספר פרחים מצטבר לאחר הסרה של 120 כפתורים קטנים בשלב מוקדם ובשלב מאוחר.

ההסבר הוא – שבהסרה אקראית של 120 כפתורים מוסרים כפתורים שהיו פורחים, אבל גם כפתורים שהיו נושרים נשירה טבעית. כפתורים אשר נושרים נשירה טבעית ואשר הוסרו בנזק אינם מהווים נזק. מהעובדה שהפיצוי עלה מ-45% בנזק מוקדם ל-80% בנזק מאוחר ניתן להסיק שאחוז הנשירה הטבעית של הכפתורים הקטנים עולה עם הזמן, או ליתר דיוק עם העלייה בעומס ההלקטים. עד לסוף הפריחה אחוזי הנזק צומצמו עוד יותר ע"י שני מנגנונים נוספים, עליהם נדווח בהמשך.

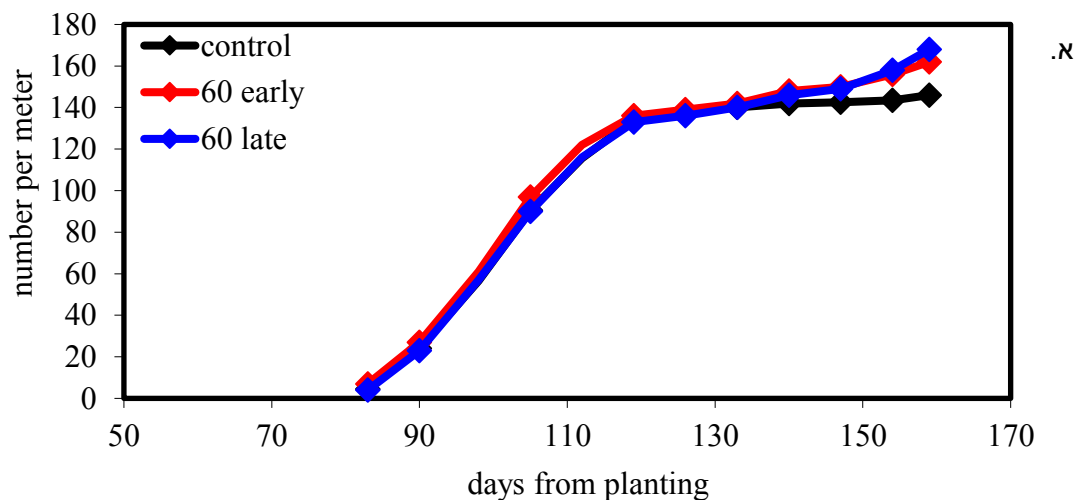
באיור 54 מוצגת ההשפעה של הסרת כפתורים גדולים בשני המועדים על עקום הופעת הפרחים. נזק מוקדם מפחית את מספר הפרחים מוקדם יותר, ונזק לכפתורים גדולים משפיע חזק יותר מאשר נזק לכפתורים קטנים (הפרש מקסימאלי של 92 פרחים לעומת 66 פרחים). הסיבה - כפתור קטן יכול לנשור ככפתור קטן, ואם לא נשר ככפתור קטן עדיין יש לו סיכוי לנשור ככפתור גדול. כפתור גדול יכול לנשור רק ככפתור גדול. בהמשך, לאחר השפעת הנזק על הנפילה הגדולה במספר הפרחים בנזק המוקדם, חלה עלייה מהירה בהצטברות הפרחים עד שזה משיג את הביקורת. בנזק מאוחר יותר

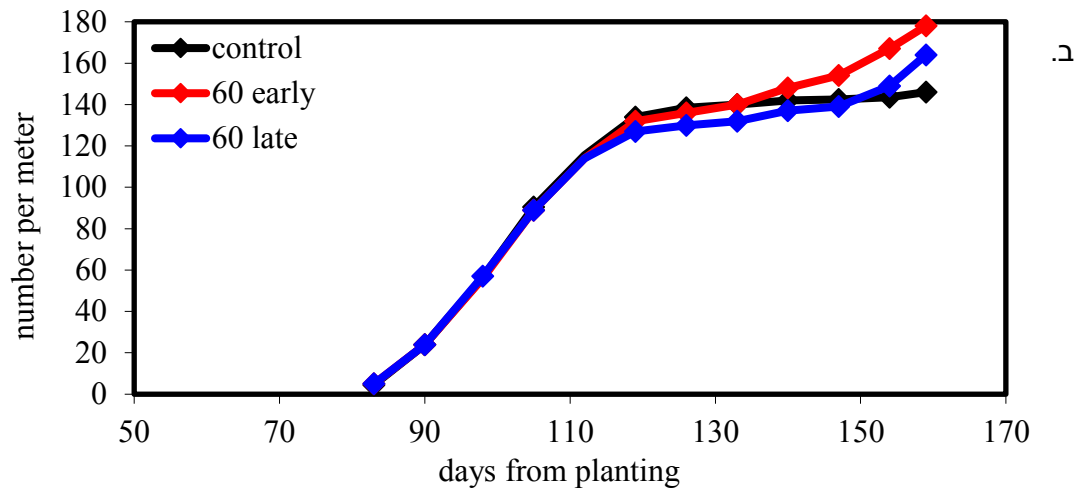
הפחיתה במספר הפרחים החלה מאוחר יותר, וגם התוספת של הפרחים החלה יותר מאוחר, וסה"כ הפרחים הגיע רק ל-86% מהביקורת. ניתוח המספרים של העקומות האלה מראה שהפחיתה המקסימאלית של נזק מוקדם היתה הפחתה של 92 פרחים לעומת 120 כפתורים, כלומר, פיצוי של 23% מהנזק. בנזק מאוחר ההפרש המקסימאלי היה 88 פרחים שזה פיצוי על 27% מהנזק. ניתן ללמוד מזה שכפתורים גדולים נושרים הרבה פחות מכפתורים קטנים, ועם הזמן העלייה בנשירה קטנה. גם בניסויים אחרים נמצא שנזק לכפתורים פוצה באחוזים דומים.



איור 54. מספר פרחים מצטבר לאחר הסרה של 120 כפתורים גדולים בשלב מוקדם ובשלב מאוחר.

נזק שנגרם להלקטים קטנים או גדולים אינו משנה את מספר הפרחים עד למועד הנזק (איור 55א,ב). רק לקראת 140 ימים מהזריעה אפשר לראות עליה קלה במספר הפרחים בשני הטיפולים. העלייה נובעת מכך שבקבוצת ההסרה של ההלקטים הקטנים או הגדולים השתחררו מוטמעים שהקטינו את נשירת הכפתורים הגדולים. בנזק שנגרם להלקטים גדולים התוספת המאוחרת חזקה יותר כי הלקט גדול משחרר יותר מוטמעים.

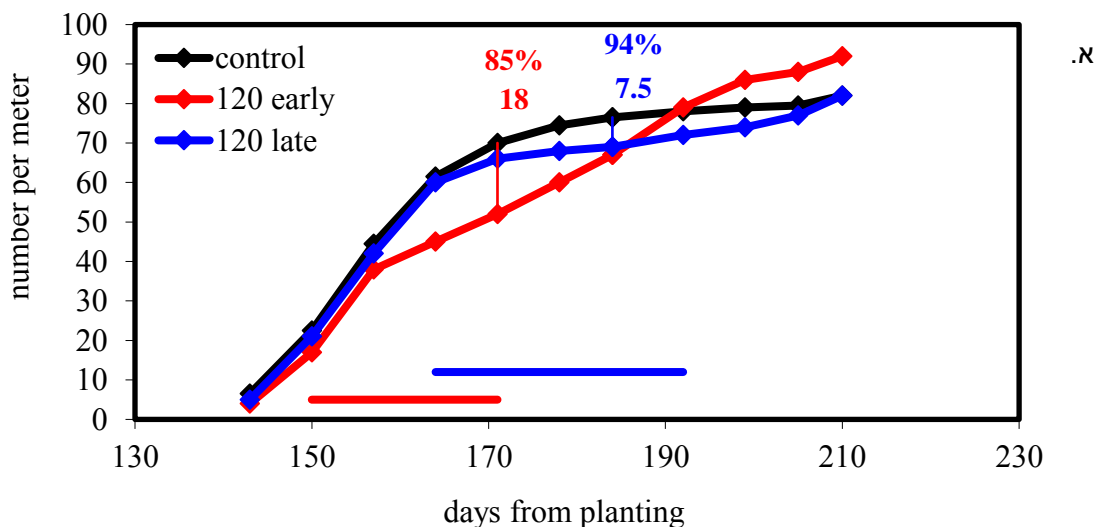


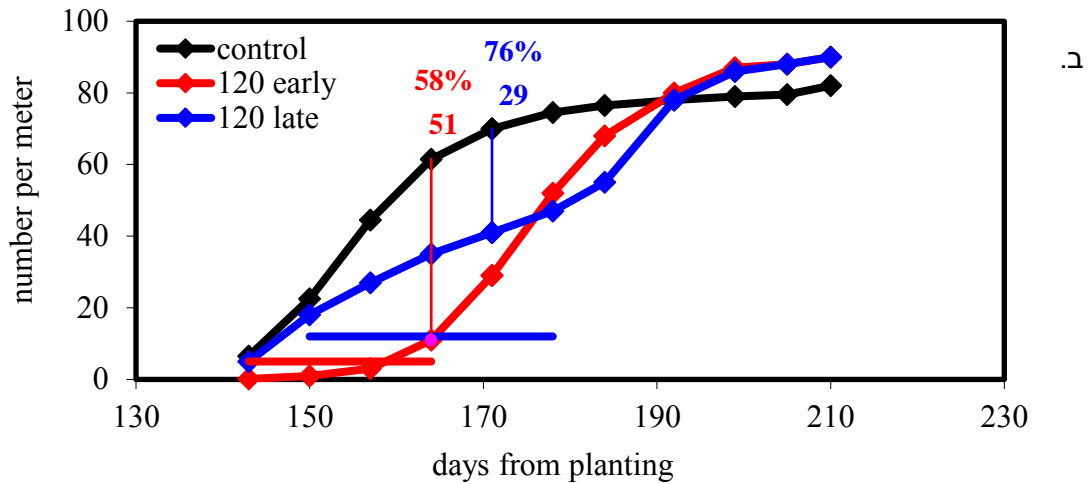


איור 55. מספר פרחים מצטבר לאחר הסרה של: (א) 60 הלקטים קטנים מוקדם או מאוחר, (ב) 60 הלקטים גדולים מוקדם או מאוחר.

השפעת נזק למבלע על פתיחת ההלקטים-

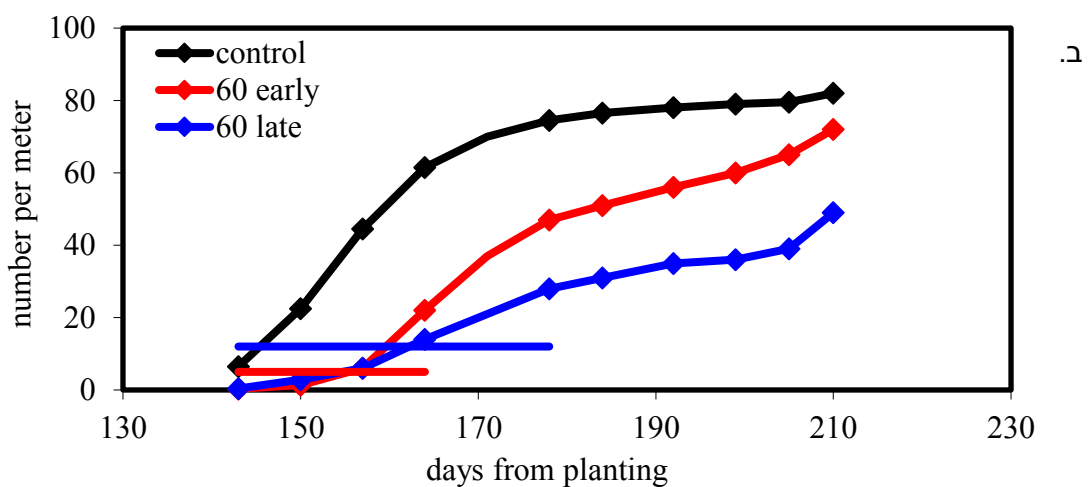
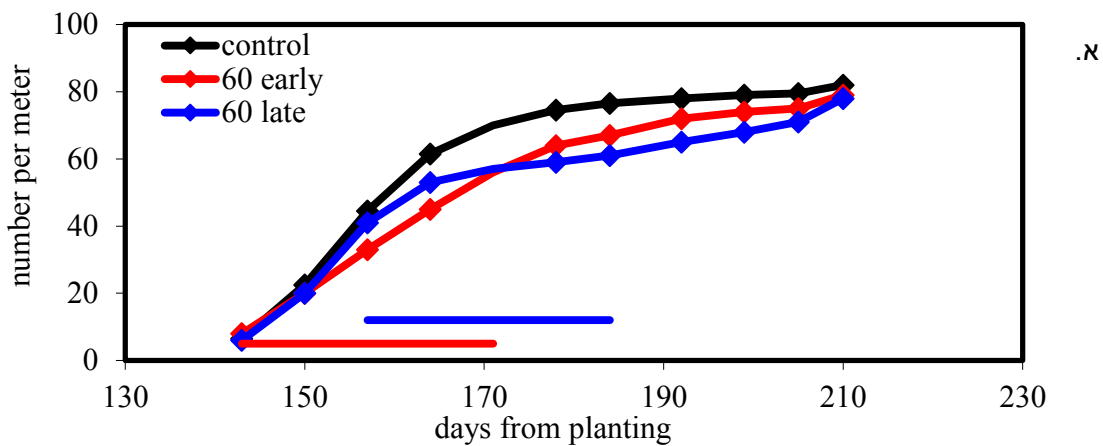
עקומות פתיחת ההלקטים נובעות מעקומות הפריחה, אין תוספת פרחים אז אין תוספת הלקטים. כאשר הנזק מאוחר בעונה ונעשה בכפתורים קטנים, הפגיעה היא נמוכה, כי רוב הכפתורים הקטנים נושרים באופן טבעי בסוף העונה. כשהפגיעה היא בשלב מוקדם, ישנו פיצוי של המנגנון הפאסיבי אך זה אינו מספיק. אם נשווה את אחוז הפיצוי בפרחים בשלב ההפרש המקסימאלי כתוצאה מנזק מוקדם לכפתורים, 45%-ו-80%, לנזק מוקדם ומאוחר בהתאמה (איור 53), נראה שבשלב של הלקטים פתוחים הפיצוי עלה ל-85%-ו-94% בהתאמה, כתוצאה מהפעלת מנגנונים נוספים עליהם ידווח בפרק הבא (איור 56 א).





איור 56. מספר הלקטים פתוחים מצטבר לאחר הסרה של: (א) כפתורים קטנים מוקדם או מאוחר, (ב) 120 כפתורים גדולים בשלב מוקדם או מאוחר. הקווים האופקיים מייצגים את מועד הופעת הנזק לפי החישוב.

כאשר מסירים הלקטים קטנים עדיין מתקבל אותו מספר הלקטים פתוחים כמו בטיפול הביקורת, אך באיחור מסוים (איור 57א). בנזק ל-60 הלקטים גדולים, אין פיצוי מלא ובעיקר בנזק המאוחר (איור 57ב).

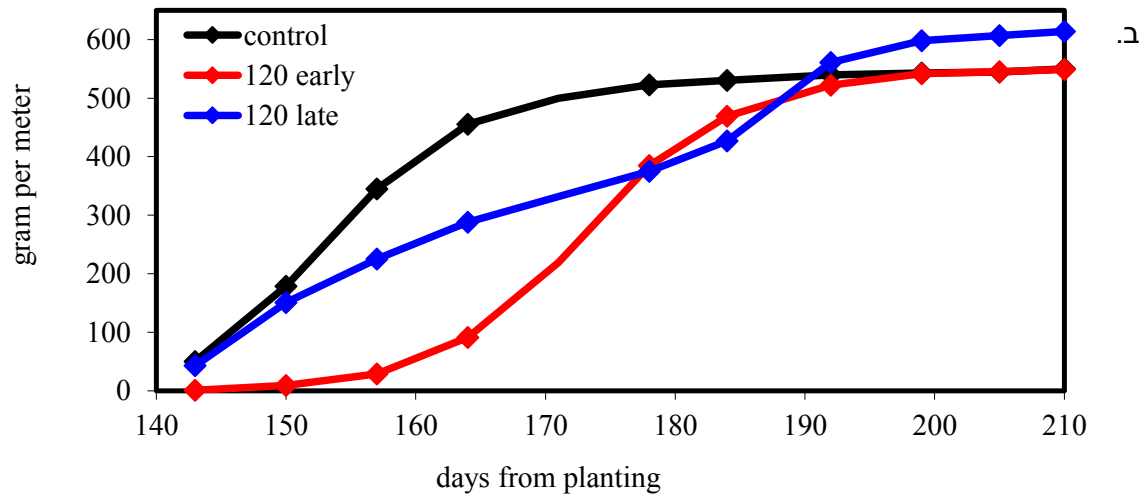
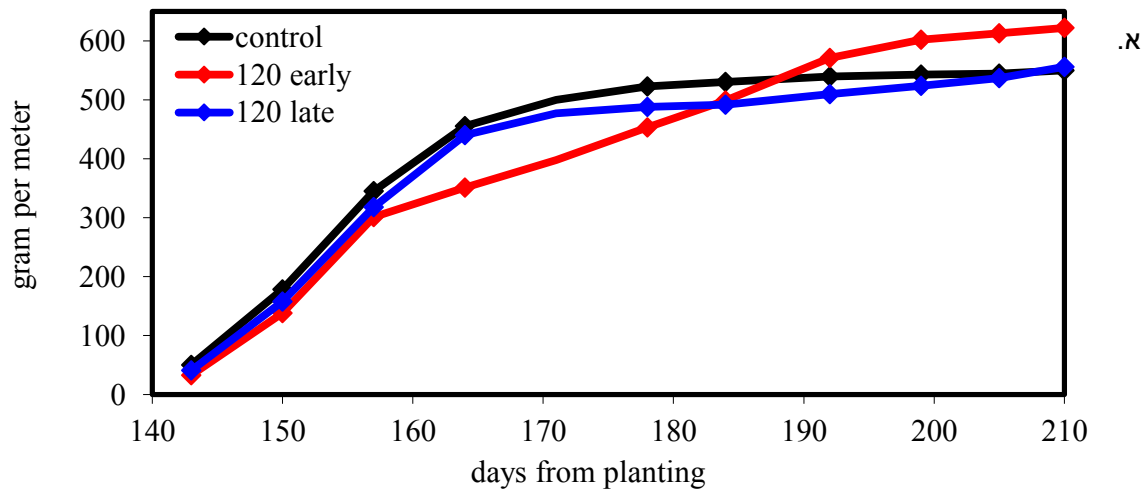


איור 57. מספר מצטבר של הלקטים פתוחים לאחר הסרה של (א) 60 הלקטים קטנים בשלב מוקדם או בשלב מאוחר, (ב) 60 הלקטים גדולים בשלב מוקדם ובשלב מאוחר.

השפעת נזק למבלע על יבול כותן גולמי-

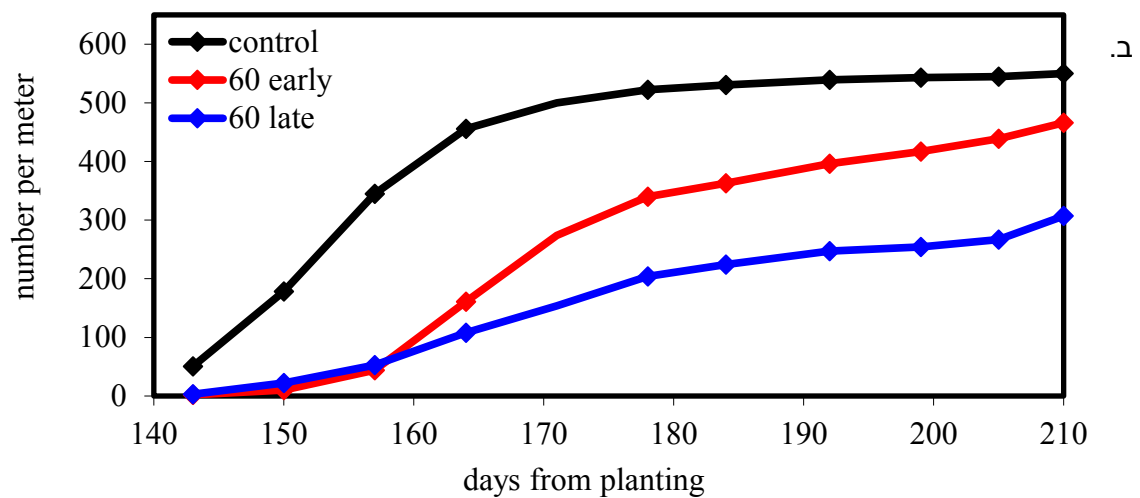
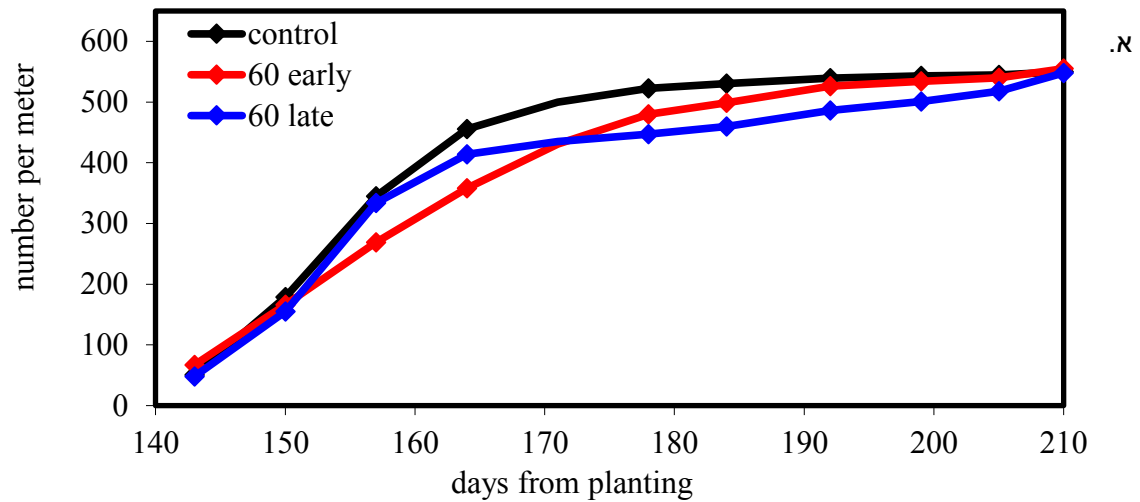
היבול הגולמי בביקורת היה 550 ק"ג לדונם.

כאשר נעשה נזק מוקדם לכפתורים קטנים, צבירת היבול תחילה איטית יותר, אך ביום ה-185 היבול בטיפול זה משתווה לביקורת, ומאוחר יותר אף עולה עליה. כלומר, על נזק ל-120 כפתורים קטנים מוקדם יש פיצוי מלא ללא אפילות. כשההסרה נעשית מאוחר רואים כי בסופו של דבר מגיעים לאותו יבול כמו הביקורת, אך בתאריך מאוחר יותר (איור 58א).
כאשר הפגיעה היתה בכפתורים גדולים, יש פיצוי מלא לנזק, אך המחיר הוא דחייה של מספר ימים בקטיף.



איור 58. יבול כותן גולמי לאחר הסרה של: (א) 120 כפתורים קטנים מוקדם ומאוחר בעונה (ב) 120 כפתורים גדולים מוקדם ומאוחר בעונה.

בהסרת 60 הלקטים קטנים היבול בסופו של דבר מגיע ליבול הביקורת. גם במקרה זה במחיר אפילות של מספר ימים בנזק המוקדם, ואיחור גדול יותר במאוחר (איור 59א).
בנזק להלקטים גדולים מקבלים הפסדי יבול גבוהים ובעיקר בנזק מאוחר. אין פיצוי מספיק מהיר שיכול לפצות את העדר ההלקטים שהוסרו (איור 59ב).



איור 59. יבול כותן גולמי לאחר הסרה של: (א) הלקטים קטנים מוקדם ומאוחר בעונה, (ב) הלקטים גדולים מוקדם ומאוחר.

סיכום סופי של תוצאות הניסוי מראה שרק נזק להלקטים גדולים ונזק מאוחר ל-200 כפתורים קטנים הוריד את היבול הסופי באופן מובהק (טבלה 11, טבלה 12). במספר טיפולים היבול הסופי התקבל באיחור. רק בטיפולים של נזק מאוחר ל-120 כפתורים גדולים, ונזק מאוחר ל-60 הלקטים קטנים האפילות נמצאה מובהקת. הנזקים השונים פוצו על ידי מספר מנגנונים הקיימים בצמח, מהם פרטנו בעיקר את המנגנון הפסיבי של נשירה טבעית של כפתורים. הפרק הבא יפרט בעזרת דוגמאות את כל המנגנונים הקיימים.

טבלה 11. יבול כותן גולמי (ק"ג/דונם) בטיפולים השונים כאשר ההסרה של אברי הריבוי נעשתה בשלב מוקדם.

מובהקות	יבול	טיפול
א ב	544	ביקורת
א	622	120 כפתורים קטנים
א ב	569	120 כפתורים גדולים
א ב	608	200 כפתורים קטנים
א ב	555	60 הלקטים קטנים
ג	466	60 הלקטים גדולים

טבלה 12. יבול כותן גולמי (ק"ג/דונם) בטיפולים השונים כאשר ההסרה של אברי הריבוי נעשתה בשלב מאוחר.

מובהקות	יבול	טיפול
א ב	556	ביקורת
א ב	556	120 כפתורים קטנים
א ב	614	120 כפתורים גדולים
ב	529	200 כפתורים קטנים
א ב	548	60 הלקטים קטנים
ד	307	60 הלקטים גדולים

4. ב. מנגנוני פיצוי של צמחי כותנה

ניסוי עין שמר 1979 כלל עשרה טיפולי נזק ושתי ביקורות. מתוך עשרת טיפולי הנזק, בשבעה היה פיצוי מלא ליבול (בשני מקרים על חשבון אפילות מסוימת). שלושת הטיפולים בהם הפיצוי לא היה מלא היה נזק מאוחר ל-200 כפתורים קטנים (טבלה 12) ונזק מוקדם או מאוחר ל-60 הלקטים גדולים (איור 59). תוצאות אלה מצביעות בבירור על מנגנונים הנמצאים בצמח, ותפקידם להקטין נזקים אפשריים. בפרק זה ננתח את כל מנגנוני הפיצוי שמצאנו, וניתן דוגמאות מעבודתנו. סה"כ נמצאו שישה מנגנוני פיצוי שחולקו ל-2 קבוצות: שני מנגנונים פאסיביים וארבעה מנגנונים אקטיביים.

מנגנונים פאסיביים-

הגדרה: מנגנונים פסיביים הם מנגנונים הקיימים בצמח, פועלים מיידית עם היווצרות הנזק, ואינם קשורים לשינוי בחלוקת המוטמעים בצמח. בעבודתנו זוהו שני מנגנונים כאלה:

1. יצירת כפתורים רבים בהרבה מהנדרש לייצור סופי של כ-90 הלקטים למ"ר ונשירה טבעית של רובם. נזק שנגרם לכפתורים שבכל מקרה היו נושרים באופן טבעי איננו נזק.
2. יצירת הלקטים קטנים רבים בהרבה מהנדרש ונשירתם כשעומס ההלקטים הגדולים עולה. נזק שנגרם להלקט קטן שבכל מקרה היה נושר איננו נזק.

מנגנונים אקטיביים-

הגדרה: מנגנונים אקטיביים מוגדרים כמנגנונים הקשורים לשינוי בחלוקת המוטמעים בצמח. בעקבות נזק שנוצר, קטן המבלע למוטמעים באברי הריבוי, לפעמים זה קורה מיד עם היווצרות הנזק. לדוגמא, בנזק להלקטים גדולים, לפעמים קיימת דחייה בזמן הפעלת המנגנון, למשל, נזק שנגרם לכפתור ולא פוצה ע"י מנגנון פסיבי, יופעל מאוחר יותר, כשנוצר עודף מוטמעים בעקבות הלקט גדול חסר. במקרים כאלה, עודפי המוטמעים יופנו למבלעים אחרים, כיוון שכפתורים אינם מהווים מבלע למוטמעים, רק פחיתה בהלקטים תפעיל מנגנונים אלה. המנגנונים האקטיביים הם:

3. חידוש צמיחה ויצירת כפתורים חדשים.
4. מניעת נשירה של כפתורים קיימים, בעיקר כפתורים קטנים (כשעומס ההלקטים עולה, הנשירה שלהם עולה. כאן יורד עומס ההלקטים, ולכן הנשירה תרד).
5. אחוז חנטה יותר גבוה של פרחים.
6. עלייה במשקל ההלקט. כתוצאה מכך שאין עומס הלקטים, יותר מוטמעים מועברים לכל הלקט, ולכן משקל ההלקט עולה. זהו מנגנון אשר יופעל רק מוקדם בעונה, כשמספר הזרעים הסופי עוד לא נקבע בהלקטים.

פיצוי של מנגנונים פאסיביים-

חלק גדול מהנתונים שנציג בהמשך נלקחו מניסוי "דינאמיקה של אברי ריבוי".
תיאור הניסוי: הניסוי בוצע בשנים 1981 עד 1984 בשדות קיבוץ גן שמואל. בניסוי נבדקו טיפולים שונים, כל אחד ב-5 חזרות. חלקה בניסוי היתה קטע שורה של 1 מ' של צמחים מייצגים. הקטע דולל ל-10 צמחים, ואם צמחו ענפי צמיחה הם הוסרו מיד. סה"כ נערך מעקב אחר 1000 צמחים שהם 20

טיפול, שכל טיפול כלל 10 צמחים ב-5 חזרות (50 צמחים לטיפול). הטיפולים כללו ביקורות וטיפול נזק שונים. לכל צמח הוכן תרשים של "עץ כותנה", כלומר, ציר מרכזי "הגבעול" אשר עליו סומנו מפרקים. המפרקים לא תאמו את מפרקי הצמח, אלא מפרק מספר שש בכל התרשימים היה המפרק עליו הופיע מפרק הפריחה הראשון בצמח. על ענפי הפריחה בתרשים סומנו מקומות הכפתורים, כשמתחת לכל כפתור ריבוע מחולק ל-20 משבצות. הריבוע מייצג הסתברות של 100% ומשבצת אחת מייצגת 5%. לדוגמה, אם במקום מסוים נמצא פרח בכל 50 הצמחים של הטיפול, הרי בריבוע יסומן כ-100% הסתברות. הספירות נעשו על בסיס יומי. כל יום (פרט לשבת) נרשמו הדברים הבאים: אם הופיע כפתור חדש נרשם על ה"עץ" תאריך ההופעה לפי המיקום על הצמח. לאחר מכן, נרשמו מתחת למספר הזה תאריך הנשירה, אם נשר. אח"כ תאריך כשבסיסו הגיע ל-1 ס"מ, תאריך הפריחה, תאריך נשירה אם נשר כהלקט קטן, תאריך שהפך להלקט גדול, ותאריך ההיסדקות. בנוסף לזאת, כל הלקט פתוח נקטף וסומן לפי מיקומו על הצמח, הופרדו הקשוות מהכותן ונשקלו בנפרד. בכל הלקט נספרו הזרעים והכותנה נופטה ונשקלה. לבסוף אוחדו כל הזרעים מאותו טיפול מכל החזרות מאותו מיקום, ונקבע משקל הזרע הממוצע. נתונים אלה היו בסיס לחישובים שונים ולהבנת תהליכים שונים בצמח.

אחוז הנשירה הטבעית של הכפתורים - טבלה 13 מציגה את אחוז הנשירה הטבעית של כפתורים לפי הגילאים השונים שלהם. הנתונים חושבו כממוצע של צמחי הביקורת מכל השנים. 67.9% מהכפתורים שנשרו היו כפתורים קטנים לפני הגיעם לגודל של 1 ס"מ. אלה כפתורים בגיל 1 עד 12 יום מהופעתם. הנשירה של הכפתורים הגדולים לפי קבוצות גיל היא פחות או יותר קבועה, ואחוז הנשירה נמוך (סביב 3% לחמישה ימים). בסה"כ 49% מכלל הכפתורים על הצמח נושרים נשירה טבעית.

טבלה 13. תדירות נשירת הכפתורים לפי קבוצות גיל בביקורות ניסוי "דינאמיקה של אברי ריבוי"

	כפתורים קטנים מ-1 ס"מ	כפתורים גדולים מ-1 ס"מ					סה"כ ב-%
		מספר ימים עד שהגיעו ל-1 ס"מ					
		1-5	6-10	11-15	16-20	מעל 21 יום	
מכלל הכפתורים על הצמח %	33.2	3.3	3.6	4.0	3.4	1.5	49
מהכפתורים שנשרו %	67.9	6.7	7.3	8.1	6.9	3.1	100

בנוסף, נבחנה הנשירה הטבעית של ההלקטים (**טבלה 14**). הנשירה היתה בעיקר של הלקטים קטנים. הלקטים גדולים מתנוונים על הצמח ולכן נחשבים ככאלו שנשרו. סה"כ 39% מהלקטים נושרים בצורות שונות.

טבלה 14. נשירת הלקטים לפי גודלם בביקורות ניסוי "דינאמיקה של אברי ריבוי".

סה"כ הלקטים שנשפרו	נשירת הלקטים			
	הלקטים קטנים	הלקטים גדולים	סה"כ הלקטים שנשרו	% מכלל ההלקטים
23499	8990	253	9243	39.3

חישוב תיאורטי יראה שאם יוצרים נזק ל-100 כפתורים, 49 מהם היו נושרים נשירה טבעית, כלומר, נזק נגרם ל-51 מהכפתורים. מתוך הכפתורים שהיו נשארים והופכים להלקטים קטנים 39.3% היו נושרים באופן טבעי, שהם 20 הלקטים קטנים. כלומר, בפועל נגרם נזק רק ל-31 הלקטים. זו דוגמה לפוטנציאל הפיצוי לנזק על ידי המנגנונים הפסיביים.

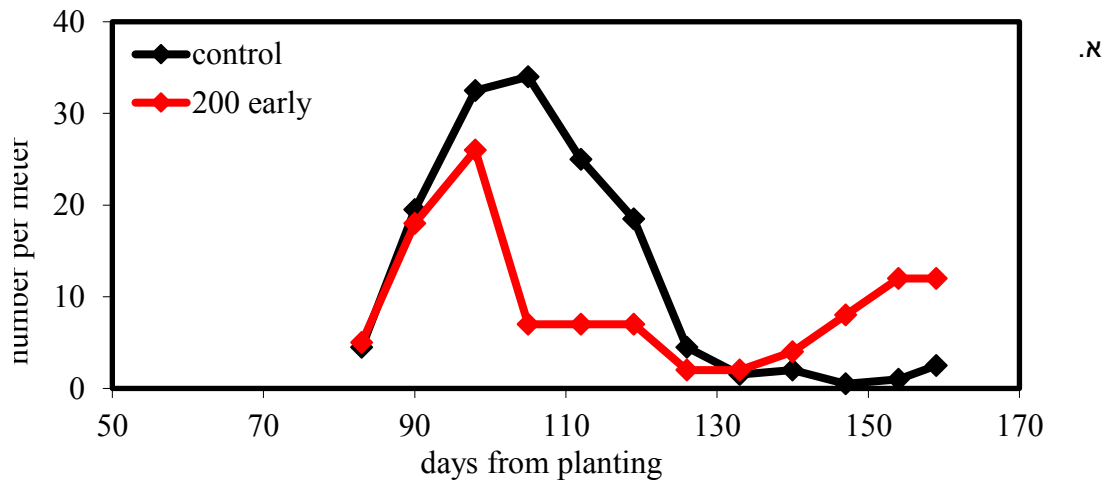
פיצוי של מנגנונים אקטיביים-

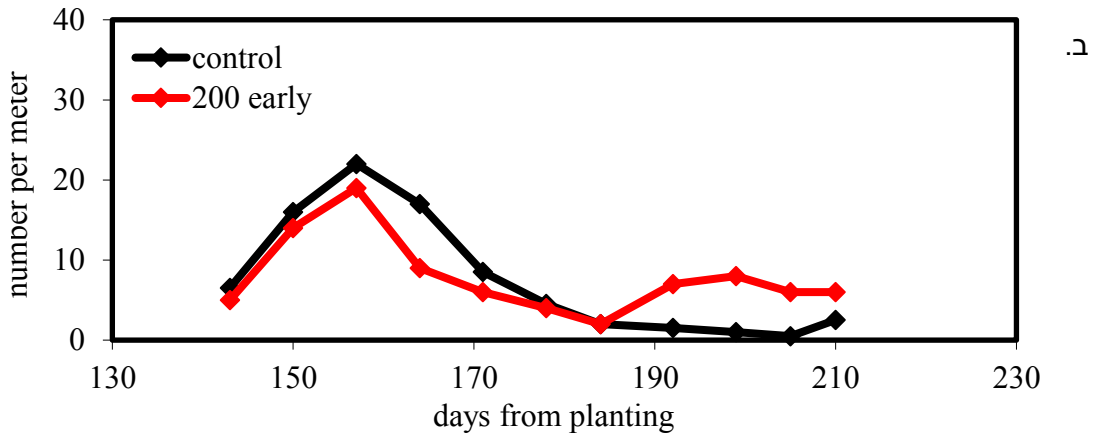
מנגנונים אלו מתחלקים ל-2 קבוצות, האחת, מנגנונים שמתרחשים לפני התחלת הפריחה, והשנייה, מנגנונים שמתרחשים לאחר הפריחה.

מנגנונים אקטיביים שמשפיעים לפני הפריחה –

- מנגנון מס' 3- הפחתה במספר ההלקטים הגדולים גורם להקטנת המבלע בהלקטים ועודף המוטמעים גורם לחידוש צימוח ויצירת כפתורים חדשים. מנגנון זה יגרום לאפילות.
- מנגנון מס' 4- הקטנת המבלע בהלקטים הגדולים מאפשר להקטין נשירה של כפתורים.

דוגמה למנגנון מס' 3, חידוש צימוח ויצירת כפתורים חדשים- נזק מוקדם ל-200 כפתורים קטנים (עין שמר 1979) גרם לחידוש הצמיחה ויצירת כפתורים חדשים, אשר התבטאה בפרחים חדשים החל מהיום ה-130 מהזריעה (איור 60א). תוספת פרחים זו גרמה לתוספת הלקטים פתוחים החל מהיום ה-180 מהזריעה (איור 60ב).

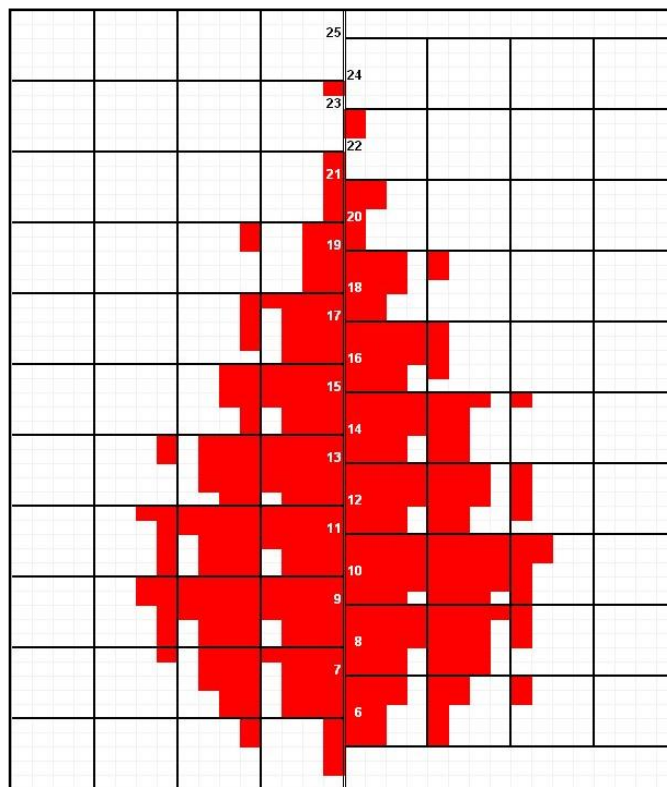




איור 60. תוספת שבועית של: (א) פרחים (ב) הלקטים פתוחים, לאחר נזק ל-200 כפתורים קטנים בהשוואה לביקורת.

דוגמה למנגנון מס' 4, הקטנת המבלע בהלקטים הגדולים מקטין נשירה טבעית של כפתורים- הדוגמה הבאה נלקחה מניסוי "הדינאמיקה של אברי ריבוי". להשוואה נלקחו שני טיפולים, ביקורת ונזק ל-120 כפתורים.

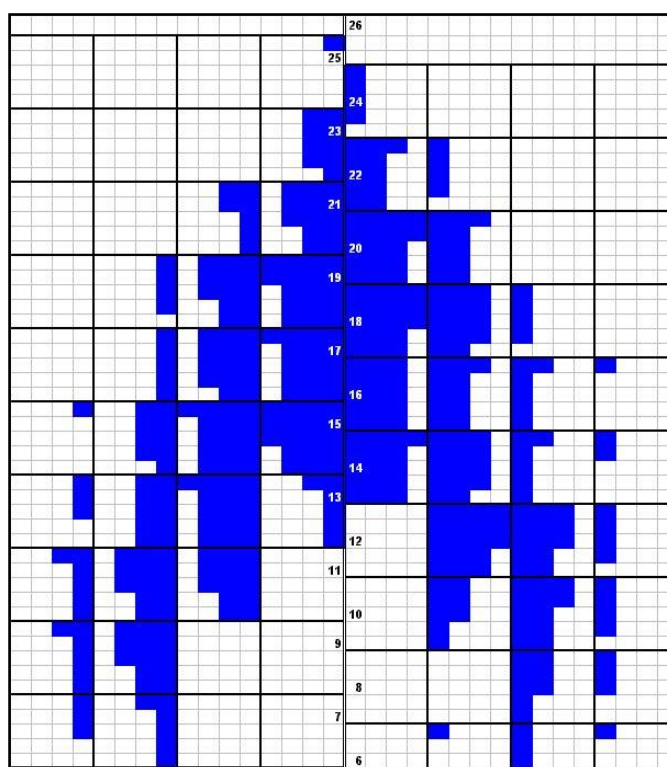
להמחשה, צוירה דיאגרמה של "העץ". על הציר המרכזי סומנו המפרקים החל ממפרק 6. כשמפרק 6 מסמן את ענף הפריחה הראשון של כל צמח. זה אפשר לעשות את כל החישובים בהתאם למספר ענף הפריחה ולא למספר המפרק. מכל מפרק יוצא ענף פריחה עליו מסומנים מקומות הכפתורים. מתחת לכל כפתור צויר רבוע המחולק ל-20 משבצות. כל משבצת מייצגת הסתברות של 5 אחוז (20 משבצות X 5% = 100%).



איור 61. מיפוי צמחי וההסתברות של הופעת פרחים בעמדות השונות בצמחי הביקורת.

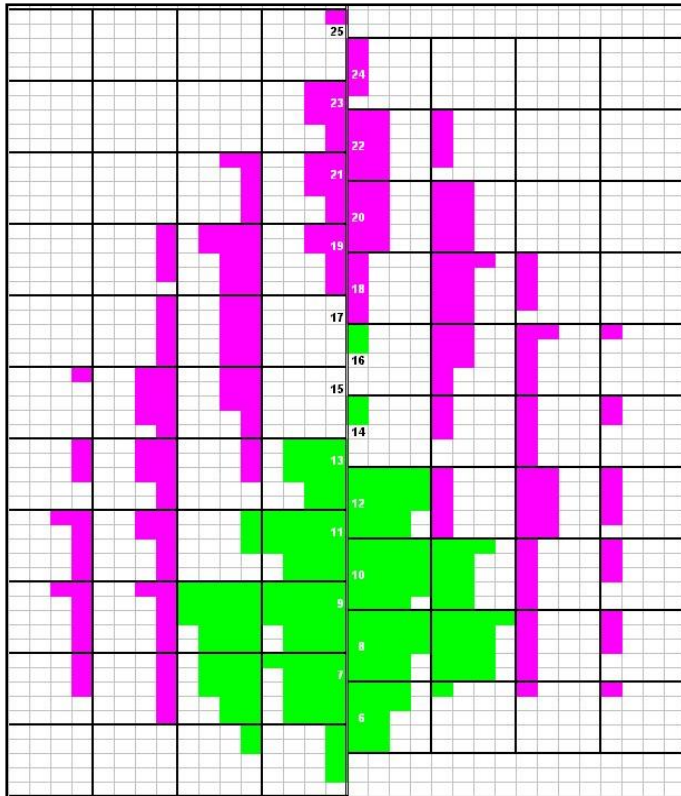
איור 61 מציג את ההסתברות להופעת פרחים על "עץ" של צמחי הביקורת. עיקר הפרחים הינם מענף פרי 7 ועד 20, בעמדות 1 ו-2 של ענף הפרי. סה"כ בצמחי הביקורת התקבלו 21.7 פרחים בממוצע לצמח.

איור 62 מוצגת ההסתברות לקבלת פרחים בצמחים שנגרם להם נזק ל-12 כפתורים גדולים בכל צמח. כל העמדות הראשונות ריקות מאברי פרי כתוצאה מהנזק. בצמחים שנגרם להם נזק התקבלו בממוצע 23.5 פרחים לצמח, מעט יותר מאשר בצמחי הביקורת.



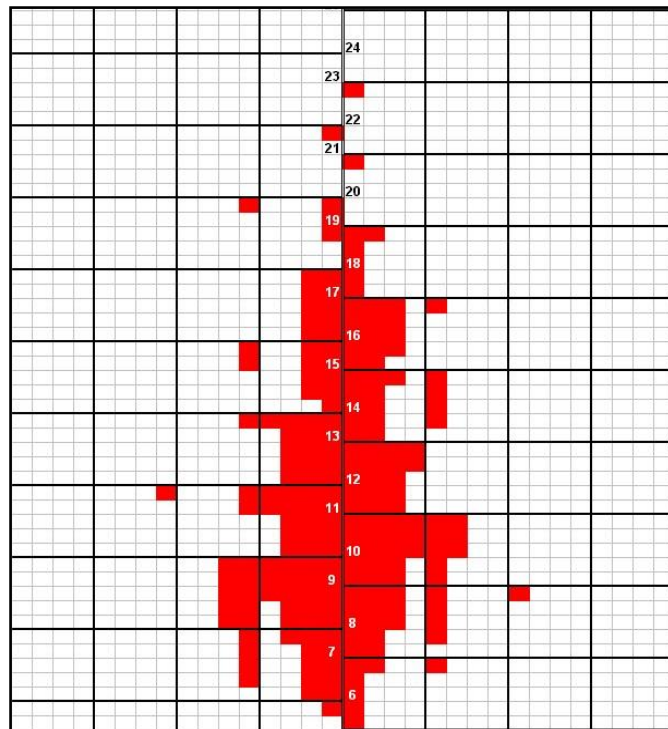
איור 62. מיפוי צמחי וההסתברות של הופעת פרחים בעמדות השונות בצמחים אשר הוסרו מהם 12 כפתורים גדולים לצמח.

בסיכום של שני הטיפולים, רואים בצבע ירוק את מקום אברי הפרי שהוסרו בנזק, ובורוד את הפיצוי שהתקבל (**איור 63**). הפיצוי נעשה בשני מקומות על הצמח. הראשון, במקום הראשון על ענף הפריחה, לדוגמה במפרקים 19 עד 22, והסיבה יכולה להיות רק הקטנת הנשירה של כפתורים. זה קורה במפרקים הגבוהים, כי עובר זמן מהתרחשות הנזק עד שהנזק יפחית את מספר ההלקטים הגדולים, ויפעיל מנגנון זה. המקום השני לפיצוי הוא בשולי הצמח. כאן לא ניתן להבדיל בביטחון בין מניעת נשירה לחידוש צמיחה, אך חשוב לציין שמנגנון זה לא בהכרח גורם לאפילות. תוספת כפתור על ענף פריחה נמשכת 7 עד 8 ימים, קוטפים בערך עד 19-20 מפרקים, תוספת מפרק נמשכת כ-3.5 ימים, ולכן אפילות נגרמת רק ע"י פיצוי המתרחש בענפי פריחה גבוהים, או בצמרת הצמח.



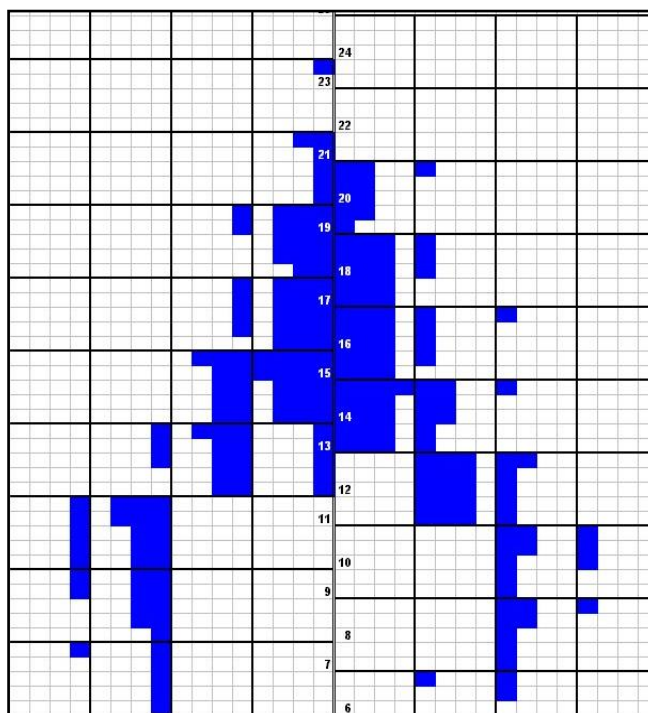
איור 63. ההסתברות להופעת פרחים בצמחים עם נזק ל-12 כפתורים גדולים. צבע ירוק מסמל את אברי הפרי שהוסרו בנזק, וורוד את אברי הפרי שהופיעו על הצמח כפיצוי.

ממוצע מספר ההלקטים הפתוחים לצמח ביקורת היה 10.8 (**איור 64**). התפלגותם היא בעיקר בעמדה הראשונה עד מפרק 20.



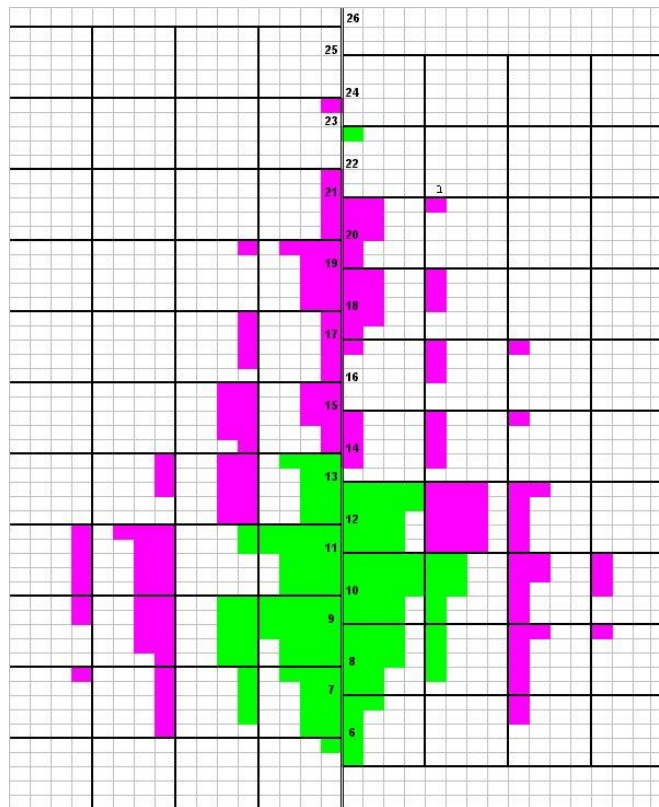
איור 64. ההסתברות לקבלת הלקט פתוח על צמחי הביקורת לפי המיקום.

בצמחים עם נזק ל-12 כפתורים גדולים התקבלו בממוצע 12 הלקטים לצמח, כשכמעט כל ההלקטים בעמודה ראשונה. הפיצוי ע"י קבלת הלקטים פתוחים במקומות 3 ו-4, בעיקר על המפרקים הנמוכים הבולטים לעין (איור 65).



איור 65. ההסתברות לקבלת הלקט פתוח לפי המיקום על הצמחים עם נזק.

בסיכום של שני הטיפולים, רואים בצבע ירוק את המקום שהיו צריכים להיות הלקטים פתוחים, אך הם חסרים בגלל הנזק. בצבע ורוד מסומנים ההלקטים הפתוחים שהתקבלו כפיצוי לנזק (איור 66). הפיצוי נעשה בשלושה מקומות על הצמח. הראשון במקום 3 ו-4 על ענפי הפריחה עד למפרק 12. השני על מקום 1 ו-2 ממפרק 13 עד מפרק 20, והשלישי הלקטים שנוספו מעל מפרק 20. שתי הקבוצות הראשונות לא גורמות לשום אפילות כי הן נוצרות תוך הזמן שנוצרים 20 המפרקים הראשונים, ומעל מפרק 20 התוספת לפיצוי קטנה מהלקט אחד, מה גם שבטיפול הנזק קטפו 12 הלקטים לצמח לעומת 10.8 הלקטים בבקורת.



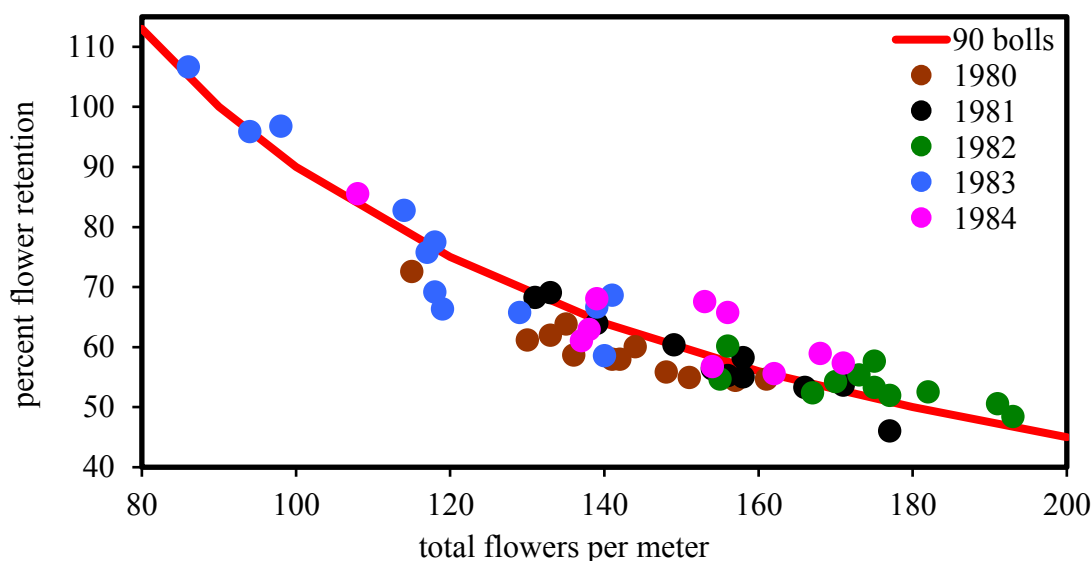
איור 66. ההסתברות של הופעת הלקטים פתוחים לצמחים עם נזק ל-12 כפתורים גדולים לעומת הביקורת. צבע ירוק מסמל את אברי הפרי שהוסרו בנוק וורוד את אברי הפרי שהופיעו על הצמח כפיצוי.

- מנגנונים אקטיביים שמשפיעים לאחר הופעת פריחה –
- מנגנון מס' 5 - אחוז גבוה של חנטת פרחים.
- מנגנון מס' 6 - עלייה במשקל הלקט.

דוגמה למנגנון 5, אחוז גבוה של חנטת פרחים - מנגנון זה הוא, כנראה, המנגנון העיקרי והאפקטיבי ביותר שפועל בצמח הכותנה. איור 27 מראה את מספר ההלקטים הקטנים למטר. בשיא נמצאים על הצמחים 57 הלקטים קטנים למ"ר בו זמנית. זאת אומרת, אם ההלקטים האלו לא נושרים הם תורמים 57 הלקטים ליבול מתוך כ-90 הנחוצים לקבלת יבול מלא. **איור 67**, מייצג את התלות בין מספר הפרחים למטר שורה לאחוז החנטה של הפרחים (או ל-% הנשירה של ההלקטים הקטנים). **באיור 67** מוצג באופן סכמטי קו המייצג את הימצאותם של כ-90 הלקטים למטר, כלומר, בכל נקודה על הקו יתקבלו 90 הלקטים (שמעידים על יבול מלא). לדוגמא, אם יש 90 פרחים צריך 100% חנטה, אם יש 180 פרחים צריך 50% חנטה, וכן הלאה. על עקום זה הושלכו תוצאות ניסויי חיקוי נזק שנערכו בין השנים 1980 עד 1984. סה"כ היו 60 טיפולים ב-5 חזרות. כל נקודה מייצגת ממוצע של חמשת החזרות.

נקודות שנמצאות מתחת לקו הסכמטי מעידות שהיו פחות מ-90 הלקטים, ונקודות מעל הקו הסכמטי מציינות תוצאות מעל 90 הלקטים. התוצאות מראות שבמקרה של פגיעה באברי הפרי

יהיה בהמשך עודף מוטמעים, שבצמח במצב דטרמיננטי, יופנו כולם לאברי הריבוי ויעלו את אחוז החנטה ע"י הפסקת הנשירה של הלקטים קטנים עד שיוצר מבלע גדול מספיק לקליטה של כל עודפי המוטמעים.



איור 67. אחוז החנטה של פרחים כתלות בסה"כ מספר הפרחים.

סך ייצור ההלקטים הגדולים מוגבל, ונקבע לפי ייצור של 18 גרם מוטמעים ליום ודרישה יומית של 0.2 גרם ליום ע"י הלקט גדול. זה מאפשר רק ל-90 הלקטים להתפתח. כיוון שיש עדיפות להלקטים הגדולים, תהיה נשירה של הקטנים. נזק שיגרורם להקטנת מספר ההלקטים הגדולים יקטין את הדרישות למוטמעים בגדולים, יפנה אותם לקטנים, וימנע את נשירתם. הלקטים קטנים שאינם נושרים דורשים 1 עד 12 ימים עד שיהפכו לגדולים.

דוגמא למנגנון 6, עלייה במשקל הלקט - בניסוי שנערך בלהבות חביבה בשנת 1977, היו 3 טיפולי נזק ל-120 כפתורים (מוקדם בעונה, באמצע העונה ובסוף העונה) וביקורת ללא נזק (טבלה 15). היבול בכל ארבעת הטיפולים היה דומה ללא הבדלים סטטיסטיים. בחינת מרכיבי היבול מראה שמספר ההלקטים היה נמוך יותר, ובאופן מובהק, בטיפולים בהם בוצע נזק לכפתורים מוקדם או באמצע העונה. כאשר בוחנים את משקל ההלקט הממוצע בטיפולים אלה רואים כי בטיפולי הנזק המוקדם ובאמצע העונה, משקלם היה גבוה, באופן מובהק, מהביקורת ומטיפול הנזק המאוחר. משקל ההלקט בנזק המאוחר היה בין טיפולים אלה לביקורת. כלומר, ישנה אפשרות לקבל פיצוי גם ע"י עלייה במשקל הלקט.

משקל ההלקט נקבע בשני שלבים: בשלב הראשון הצמח מגדיל את מספר הזרעים באותם הלקטים בהם המספר הסופי של הזרעים עדיין לא נקבע. בשלב השני הוא מגדיל את משקל הזרעים בהתאם לעודף המוטמעים והמשקל המקסימאלי האפשרי. הפיצוי ע"י משקל הזרעים הוא שולי. עיקר הפיצוי ע"י משקל ההלקט הוא אם המנגנון מופעל מוקדם מספיק ומאפשר הגדלת מספר הזרעים.

טבלה 15. מרכיבי היבול בניסוי בלהבות חביבה-1977.

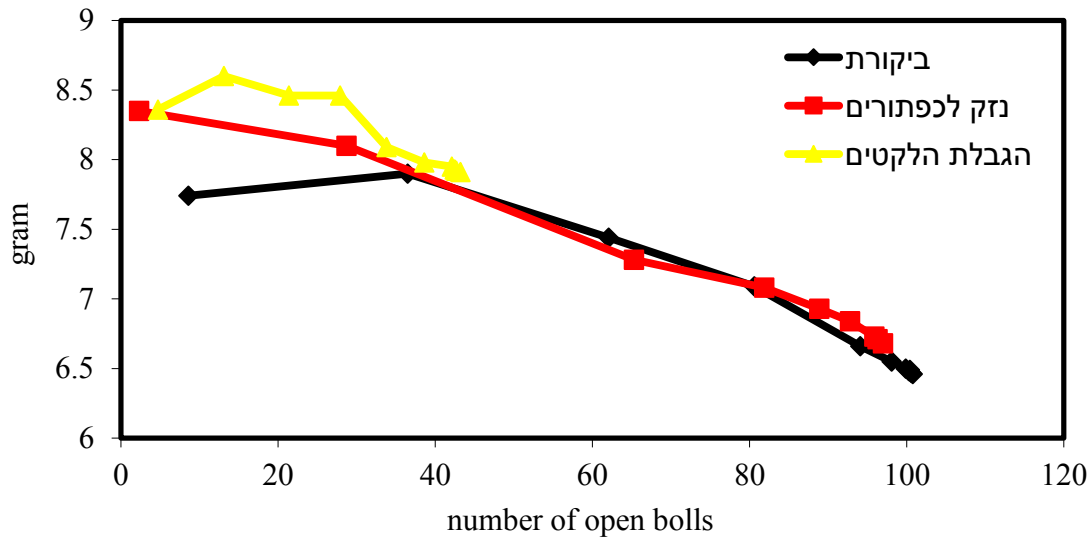
טיפול	מס' ההלקטים (מ')	משקל הלקט (ג')	יבול (גרם/מ'²)
ביקורת	א 68	ג 6.2	א 419
נזק מוקדם	ב 60	א 7.2	א 435
נזק באמצע העונה	ב 60	א 6.9	א 412
נזק מאוחר	א 66	ב 6.6	א 436

מניסוי הדינאמיקה של אברי פרי נלקחו שלושה טיפולים : ביקורת, נזק ל-120 כפתורים והגבלה ל-40 הלקטים גדולים. ההגבלה בוצעה ע"י הסרה ידנית של כל אבר ריבוי שהופיע לאחר שעל הצמח היו כבר 4 הלקטים גדולים. **בטבלה 16** מופיעים נתונים על היבול ומרכיביו. בביקורת היו קצת פחות פרחים וקצת יותר הלקטים פתוחים בהשוואה לטיפול הנזק. בהגבלת מספר ההלקטים התקבלו 43 הלקטים. הדבר הבולט היה העלייה הבולטת של משקל ההלקט בטיפול זה. ננסה לבדוק אם העלייה מציינת הפעלת מנגנון מספר 6 או סתם התרשמות כוזבת.

טבלה 16. מרכיבי היבול בניסוי בו נעשה נזק ל-120 כפתורים והגבלה של הלקטים אל מול הביקורת.

טיפול	מספר פרחים (מ')	מספר הלקטים (מ')	משקל הלקט (גרם)	יבול (גרם/מ'²)
ביקורת	175	101	6.5	א 652
נזק לכפתורים	193	97	6.7	א 648
הגבלת הלקטים	-	43	7.9	ב 342

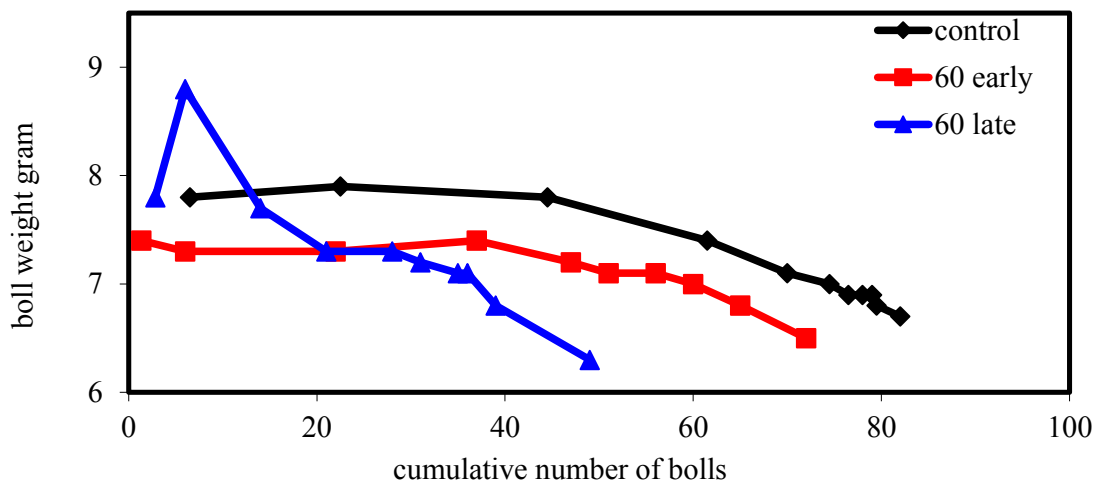
לברור נושא זה נסתכל על עקום משקל ההלקט כתלות במספר ההלקטים המצטבר (**איור 68**), ההלקטים הראשונים בביקורת שקלו כ-7.8 גרם ועלו קצת ל-7.98 (השיא), כשהצטברו 40 הלקטים קטופים. בטיפול הנזק לכפתורים, שני ההלקטים הראשונים שקלו 8.35 גרם. כשהצטברו בטיפול זה 40 הלקטים פתוחים, משקלם היה זהה ל-40 ההלקטים הראשונים בביקורת. בשני הטיפולים האלה כשהתווספו הלקטים הם הורידו את משקל ההלקט הממוצע. הסיבה, 40 ההלקטים הראשונים התפתחו בתנאים ללא עקת פחמימות, ולכן משקלם פחות או יותר היה קבוע. הלקטים שנוספו אחרי 40 הלקטים התפתחו בתנאי עקת פחמימות הולכת ועולה ולכן משקלם הלך ופחת. בכל פעם שמוסיפים למשקל המצטבר קבוצת הלקטים במשקל פחות המשקל המצטבר יורד. בטיפול של הגבלת ההלקטים, לא היו ההלקטים המאוחרים אשר מורידים משמעותית את הממוצע של משקל הלקט. כלומר, הפיצוי הוא **מדומה**, כי הממוצע של 40 ההלקטים הללו נעשה רק מההלקטים הראשונים שמתפתחים ללא עקת פחמימות.



איור 68. משקל הלקט ממוצע כתלות במספר ההלקטים המצטבר.

כיוון שהפיצוי ע"י מנגנון זה קשה להבנה נביא דוגמה נוספת מניסוי עין שמר 1979.

איור 69 מציג את משקל ההלקט המצטבר לפי מספר ההלקטים בביקורת ובנזק ל-60 הלקטים גדולים, בשלב מוקדם או בשלב מאוחר של העונה. משקל ההלקטים בצמחי הביקורת היה יחסית גבוה וקבוע, עד שעומס ההלקטים עלה (מעבר ל-40), ואז התחילה ירידה במשקלם הממוצע. כאשר נעשה נזק בשלב מוקדם יחסית, הירידה בדרישה לפחמימות הפעילה מיידית את המנגנון האקטיבי ומנעה נשירה של הלקטים קטנים, ולכן היה פיצוי כמעט מלא למספר.



איור 69. משקל הלקט ממוצע כתלות במספר הלקטים מצטבר, כאשר נעשה נזק ל-60 הלקטים גדולים בשלב מוקדם (אדום) ובשלב מאוחר (כחול) אל מול הביקורת (שחור).

בנזק מאוחר להלקטים גדולים כבר לא היו על הצמח מספיק הלקטים קטנים לקבלת פיצוי מלא. הנתון המעניין הוא דווקא במשקל ההלקט הממוצע בשני טיפולי הנזק. בנזק מוקדם פחת משקל ההלקטים הראשונים וזאת משום שהוסרו 60 ההלקטים הראשונים, אשר משקלם הוא הגבוה ביותר. הנזק למספר ההלקטים הגדולים שהוסרו פוצה ע"י מניעת הנשירה של הלקטים קטנים.

העובדה שלא רואים עלייה פתאומית במשקל ההלקטים כתוצאה מעודף המוטמעים שנוצר, נובעת מכך שברב ההלקטים הקטנים מספר הזרעים כבר נקבע. בטיפול הנזק המאוחר נקטפו סה"כ 49 הלקטים גדולים. 12 מהם במשקל גבוה כי נוצרו לפני הנזק, ולא הוסרו בנזק. קבוצת ההלקטים שהיתה במשקל גבוה יחסית ושנוצרה לאחר 12 הלקטים אלה הוסרה בנזק ונותרו 37 הלקטים שנוצרו בזמן שעומס ההלקטים היה גבוה, ועל כן מספר הזרעים בהם היה קבוע ונמוך. במצב כזה רק משקל הזרעים עשוי להשתנות ולעלות וכבר ציינו שזו לא תוספת משמעותית.

גיזום אנכי של הכותנה-

הפרק עוסק בניסוי שנערך ב-1986 במושב הבונים בזן פימה S-5. ניסוי זה היה מבוסס על ניתוח הנתונים של הניסיונות השונים שעסקו במנגנוני הפיצוי לנזק לאברי ריבוי. הניסוי נזרע בסוף מרץ. היו 2 טיפולים ב-4 חזרות. טיפול ביקורת וטיפול גיזום אנכי. החלקות הגזומות היו בגודל של 2.5 דונם ונגזמו במכשיר ידני המיועד לגיזום גדר חיה. בחלקות הגזומות נערכו 2 גיזומים. הראשון ב-23/6, כשהצמחים הגיעו למצב סגירה בין השורות. הגיזום השני היה מתוכנן לתאריך שבו השטח ייסגר מחדש, וזה קרה אחרי 17 ימים. למעשה הוא נגזם רק ב-17/7 (איחור של 10 ימים). הרעיון המרכזי היה, שאם על נזק ל-120 כפתורים גדולים, שברובם הוסרו במקום ראשון ושני על מפרק הפריחה (איור 64), היה פיצוי מלא, הרי שבגיזום אנכי נגזם בעיקר כפתורים במקום 3 ו-4. במקומות אלה הכפתורים בשלב זה יהיו קטנים והסיכוי שלהם לנשירה טבעית יהיה גבוה מאד. מסיבה זו רוב הנזק הזה יפוצה ע"י המנגנון הפסיבי הראשון, וכידוע מנגנון זה איננו מעורר את המנגנונים האקטיביים, ועל כן היבול לא יהיה אפיל יותר. ע"י גיזום אנכי ניתן לקבל יתרונות שונים לפחות מהבחינה התיאורטית.

1. יאפשר מעבר חופשי של טרקטורים לביצוע עבודות שונות משך כל העונה.
2. יאפשר חדירה טובה יותר של חומרי ריסוס וכיסוי מלא יותר של כל נוף הצמח. התוצאה תהיה הדברה טובה יותר של מזיקים ומחלות.
3. יאפשר פיזור של טמיק מאוחר בעונה. באותה תקופה כנגד כנימת עש הטבק (כע"ט) נהגו לטפל בטמיק שהוצנע ע"י ההשקייה בהמטרה. בזן פימה כשהשטח נסגר בין השרות לא ניתן לעבור בטרקטור לביצוע פיזור הטמיק, ועל כן הטמיק פוזר לפני סגירת השטח, כלומר לפני השקיה ראשונה, שניתנה כשהופיעו הפרחים הראשונים בשדה. כע"ט הופיע בד"כ רק 3 שבועות לאחר מכן והיה הפסד ניכר במשך הפעולה של הטמיק. גיזום אנכי מאפשר דחיית מתן הטמיק לשלב של לפני השקייה שניה כלומר בזמן הופעת כע"ט זו הסיבה שניסוי זה נערך בזן פימה S-5 ולא SJ-2.
4. יתרון תיאורטי נוסף לגיזום אנכי הוא אוורור הנוף ומניעה של ריקבון הלקטים תחתונים.
5. באותה תקופה ניסינו לפתח מרסס ירידות כדי לקבל כיסוי טוב יותר של 2 צדי העלה, דבר שהיה מאפשר שימוש בחומרי הדברה רכים יותר כמו שמנים או דטרגנטים. גיזום אנכי מאפשר מעבר נוח של הירידות לתוך הנוף.

לאחר כל גיזום נאספו הכפתורים וההלקטים שנגזמו מקטעים של 10 מ"שורה. הם נספרו והתוצאות מופיעות בטבלה 17. סה"כ הנוק מ-2 הגיזומים היה הפסד של 152 כפתורים, 18 הלקטים קטנים ו-2 הלקטים גדולים/מ².

טבלה 17. מספר אברי פרי (למ"ר) שהוסרו כתוצאה מגיזום אנכי של שורות הכותנה.

תאריך גיזום	כפתורים	הלקטים קטנים	הלקטים גדולים
23.6.86	79	-	-
17.7.86	73	18	2
סה"כ	152	18	2

טבלה 18 מציגה את מרכיבי היבול בביקורת לעומת גיזום. לא נמצאו הפרשים מובהקים. בחלקות הגיזום נספרו סה"כ קצת פחות פרחים/מ"ר מאשר בחלקות הביקורת. היתה גם הפחתה קטנה במספר ההלקטים הפתוחים/מ"ר, אך מצד שני היתה תוספת קטנה במשקל הממוצע. כל שלשת הפרמטרים האלה לא היו מובהקים. הגיזום לא גרם לאפילות כל שהיא, להיפך, אינדקס הבכרה נמוך יותר מצביע על יבול בכיר יותר, אך כמובן לא מובהק.

טבלה 18. מרכיבי היבול בטיפול הגיזום בהשוואה לביקורת.

טיפול	מס' הפרחים	מספר הלקטים	משקל הלקט	אינדקס בשלות
ביקורת	251	145	3.48	47.4
גיזום	241	141	3.64	46.7
מובהקות	N.S	N.S	N.S	N.S

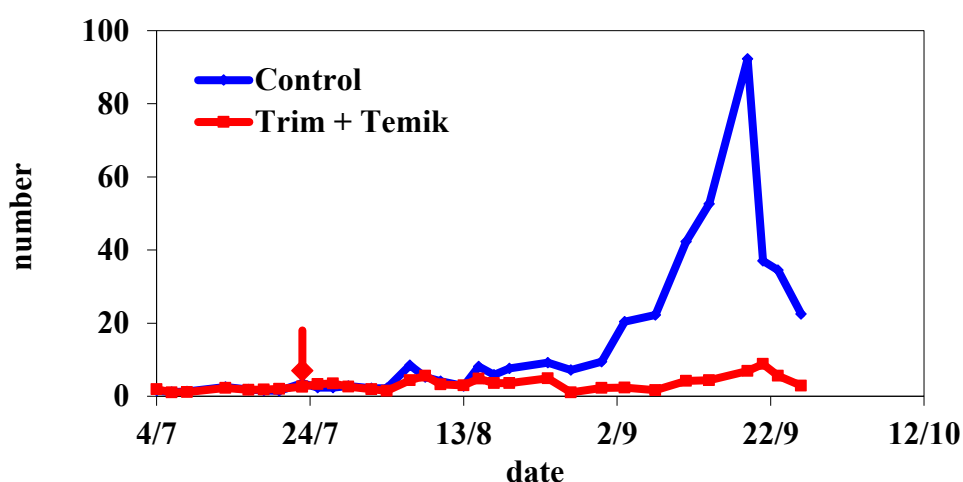
לבסוף, נבדק היבול הסופי של טיפול הגיזום אל מול הביקורת, כאשר היבול נאסף בקטיף מכאני או קטיף ידני (**טבלה 19**). לא נמצאו הבדלים מובהקים ביבול בקטיף המכאני. כנ"ל לגבי היבול הגולמי ויבול הסיבים בקטיף הידני. נמצא הבדל מובהק רק באחוז הסיבים, כאשר בטיפול הגיזום

טבלה 19. יבול הכותנה בטיפול הגיזום בהשוואה לביקורת.

טיפול	קטיף מכאני (ק"ג/ד')	קטיף ידני		
		גולמי	% סיבים	יבול סיבים
ביקורת	432	506	37.08 B	187
גיזום	425	514	37.82 A	194
מובהקות	N.S	N.S	***	N.S

אחוז הסיבים גבוה באופן מובהק בהשוואה לביקורת. ניתן לייחס זאת לשינוי המיקום של ההלקטים על הצמח. במקום הלקטים במקום 3-4 על ענף הפרי (פימה) חנטו יותר הלקטים במקומות 1 ו-2. ההפרש באחוז הסיבים לא הביא להפרשים מובהקים ביבול הסיבים.

בטיפול הגיזום ניתן טמיק ב-23/7 לפני ההשקייה השנייה, כחודש מאוחר יותר מטיפול הביקורת. הטיפול המאוחר בטמיק שמר על אוכלוסייה נמוכה של זחלי כע"ט, של פחות מ-10 זחלים לעלה (איור 70) עד סוף הגידול. בטיפול הביקורת כאשר הטמיק ניתן כחודש מוקדם יותר נשמרה הרמה הנמוכה של זחלים עד סוף אוגוסט, ובמשך חודש ספטמבר חלה עלייה, עד לגובה של 90 זחלים/עלה ב-29/9.



איור 70. מספר זחלי כע"ט לעלה בטיפול מוקדם ומאוחר בטמיק.

בסיכום, ניסיון זה הראה שגם נזק קיצוני מאד, פוצה לגמרי, וזאת בעיקר ע"י המנגנון הפסיבי הראשון. השיטה לא אומצה מבחינה מסחרית כי יש חשש שבמקרים מסוימים בכל זאת ייגרם נזק. בכל אופן מניסוי זה פותחה מגזמה הגוזמת אנכית 2 שורות כל 18 שורות, ומאפשרת מעבר נוח לטרקטור המרסס בלי לגרום נזק ליבול. שיטה זו מאפשרת לרסס מהקרקע את שטחי הכותנה בישראל (איור 71, איור 72).



איור 71. כלי גיזום לכותנה ל-6 שורות.



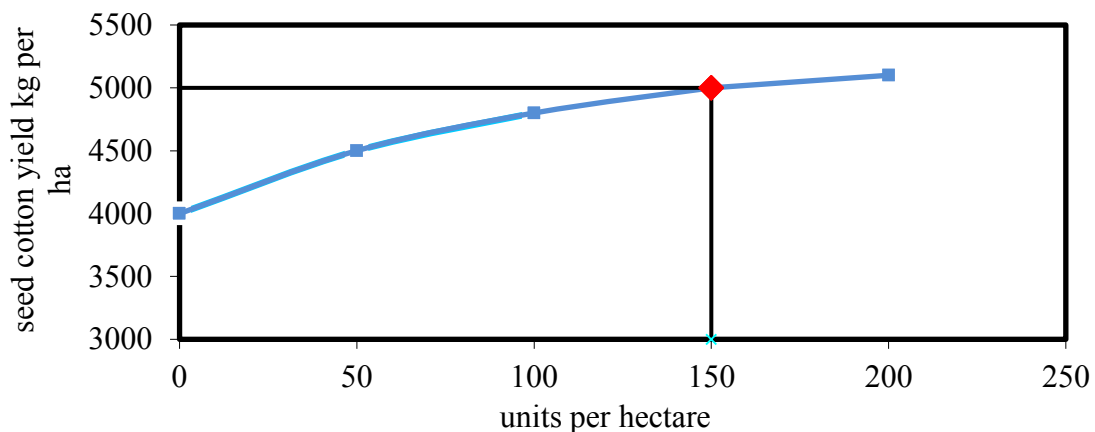
איור 72. כלי גיזום לכותנה ל-2 שורות.

5. פיתוח מודלים

5.א מודל צמח הכותנה

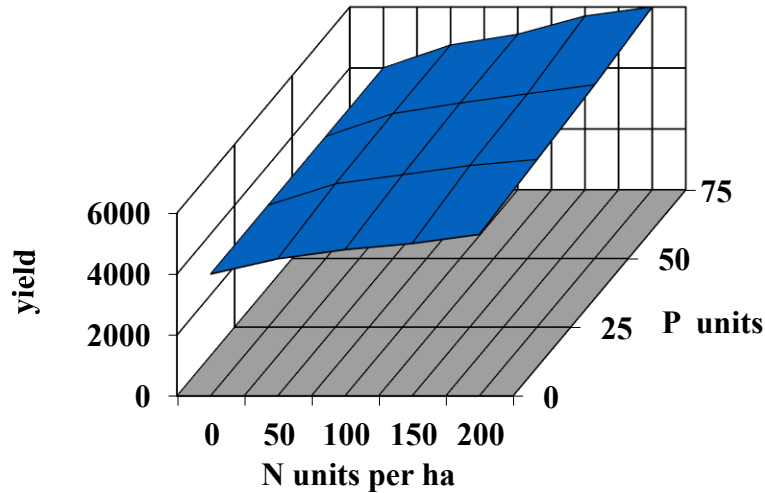
לאחר שפותחה התיאוריה של מנגנוני פיצוי לנזק באברי הריבוי, נכתב מודל מתמטי המבוסס על תיאוריה זו, כשהפרמטרים נלקחים מ-6 ניסויי חיקוי נזק שנערכו בזן SJ-2. המודל נכתב כך שהוא מניח שהמקור נשאר קבוע וזהו לממוצע שהתקבל משדות הניטור. בחיזוי בשדה נתון ניתן לשפר את דיוק החיזוי ע"י לקיחת דגימות שבועיות מהשדה, חישוב התוספות השבועיות של החומר היבש, והזנתם במודל. ואז, מנתונים אלה יחושב גודל המקור לשדה הנתון. המודל עצמו מחשב באופן רציף את השינויים ואת התגובות לשינויים באברי הריבוי, כלומר, למבלע. כדי להדגים כיצד פועל המודל, נדגים בהתחלה מספר מודלים פשוטים יותר.

- מודל משתנה בודד - ניקח מודל פשוט שבו יש לנו רק משתנה אחד. לדוגמא, אנו רוצים לבנות מודל הנותן לנו חיזוי של השפעת דישון חנקני על היבול. נבצע ניסוי ובו נבדוק את הכמויות הבאות של חנקן: 0, 50, 100 ו-200 יחידות חנקן להקטר. את התוצאות אנו רואים באיור 73. ניתן לחבר את התוצאות שהתקבלו ע"י קו רציף. קו רציף זה הוא למעשה מודל החוזה את התגובה לכמויות החנקן המשתנות. לדוגמא, בניסוי לא בחנו כמות של 150 יחידות, אך לפי המודל ניתן לחזות שהיבול יהיה 5 טון/הקטר. ניתן לראות שפתרון של מודל עם משתנה אחד הוא קו במישור, כשהקו הוא אוסף כל הנקודות של תוצאות כל רמות החנקן האפשריות.



איור 73. השפעת רמות החנקן על יבול הכותנה (ק"ג/הקטר).

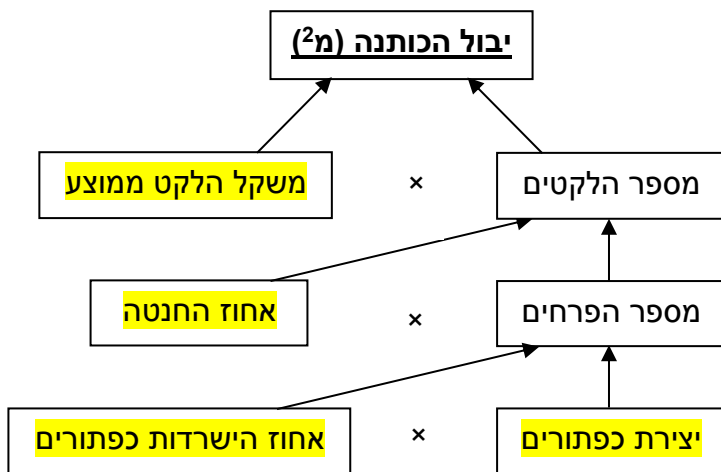
- מודל בו שני משתנים - ננסה לתאר עכשיו כיצד ייראה מודל שבו שני משתנים. לדוגמא, ההשפעה על היבול של צירופים שונים של חנקן וזרחן. נבצע ניסוי עם שילובים שונים, ואת התוצאות נעלה על גרף תלת-ממדי (איור 74). אם יש לנו מספיק נקודות, ניתן לקבל משטח בחלל (המשטח הכחול), שהוא אוסף כל הנקודות המהוות את היבולים בצירופים שונים של חנקן וזרחן. כדי לדעת את היבול החזוי של צירופי חנקן וזרחן אשר לא נבדקו בניסוי, נוכל לבדוק את הנקודה המתאימה על המשטח הני"ל.



איור 74. השפעת ריכוזי חנקן וזרחן שונים על יבול גרעיני הכותנה (ק"ג/הקטר).

- מודל בו שלושה משתנים - לדוגמא, מהי ההשפעה של צירופים שונים של חנקן, זרחן ואשלגן על היבול. לשם כך יש להכין משטחי תגובה רבים לזרחן וחנקן, כשכל משטח מתייחס לרמת אשלגן שונה. כלומר, לקבלת חיזוי של צירוף חנקן-זרחן-ואשלגן שלא נוסו, יהיה צורך לבחור את המשטח המתאים של רמת האשלגן הרצויה ועליו לבדוק את הצירוף של חנקן וזרחן.

למתמטיקה יש כלים לטפל גם במודלים רחבים יותר, הכוללים מספר רב יותר של משתנים. מודל הכותנה אשר פותח לתיאור פיצוי על נזק לאברי הריבוי מתבסס על ארבעה משתנים שתורגמו ל-4 משוואות דיפרנציאליות, כאשר פתרון סימולטני של ארבע המשוואות נותן את המודל.



יבול הכותנה הוא פונקציה של מספר ההלקטים ליחידת שטח כפול **המשקל הממוצע של ההלקט**. גורם ראשון הדרוש לחיזוי הוא משקל ההלקט ולכן זוהי המשוואה הראשונה במודל. מספר ההלקטים הוא פונקציה של מספר הפרחים כפול **אחוז החנטה**. אחוז החנטה הוא המשוואה השנייה של המודל. מספר הפרחים הוא פונקציה של **יצירת כפתורים** ו**אחוז הישרדות** שלהם. שני אלו מחושבים על ידי שתי משוואות דיפרנציאליות נוספות.

כלומר, ארבעת הפרמטרים האלה תורגמו ל-4 משוואות דיפרנציאליות, אשר תלויות בעומס ההלקטים על הצמח.

- קצב ייצור הכפתורים תחילה עולה, וכשעומס ההלקטים מתחיל לעלות, קצב יצירת הכפתורים הולך ויורד עד ל-0. אם מורידים את כל ההלקטים מתקבל ייצור מקסימאלי אפשרי. הטווח הוא בין כמות מקסימאלית קבועה ל-0. תלוי בגודל המקור.

- אחוז הישרדות של כפתורים, כשאין עומס, הוא קבוע כשהעומס עולה, עולה גם הנשירה עד לנשירת כולם. הקטנת העומס מקטינה נשירה.
- חנטה של הלקטים קטנים נעה בין 0 ל-100%. כשאין עומס הלקטים אחוז הנשירה שווה ל-0. נשירת הלקטים קטנים מתחילה לאחר שהדרישה למוטמעים ע"י ההלקטים הגדולים והקטנים יחד צורכת את כל המוטמעים הקיימים.
- משקל ההלקט קבוע כשאין מחסור במוטמעים והוא הולך ויורד כשעומס ההלקטים עולה. בהתחלה ע"י הפחתה במשקל הזרעים (שינוי קטן וזניח), ואח"כ ע"י הקטנת מספר הזרעים הלקט, בהלקטים בהם המספר עדיין לא נקבע סופית. אם עומס ההלקטים יורד (נזק להלקטים גדולים) ניתן לקבל פיצוי ע"י מנגנון זה רק אם הנזק קרה מספיק מוקדם בעונה, כשעדיין ישנם הלקטים בהם מספר הזרעים עוד לא נקבע סופית.

המודל שנכתב נותן חיזוי לתגובת הצמח לאחר קרות שינוי למבלע ומתאים לזן SJ-2 ולפרמטרים שנלקחו מניסויי הנזק או משדות המדגם, אך ניתן להתאים את המודל לכל זן דטרמיננטי אחר, לשם כך, יש לשנות את הפרמטרים בהתאם לזן ולתנאי הגידול.

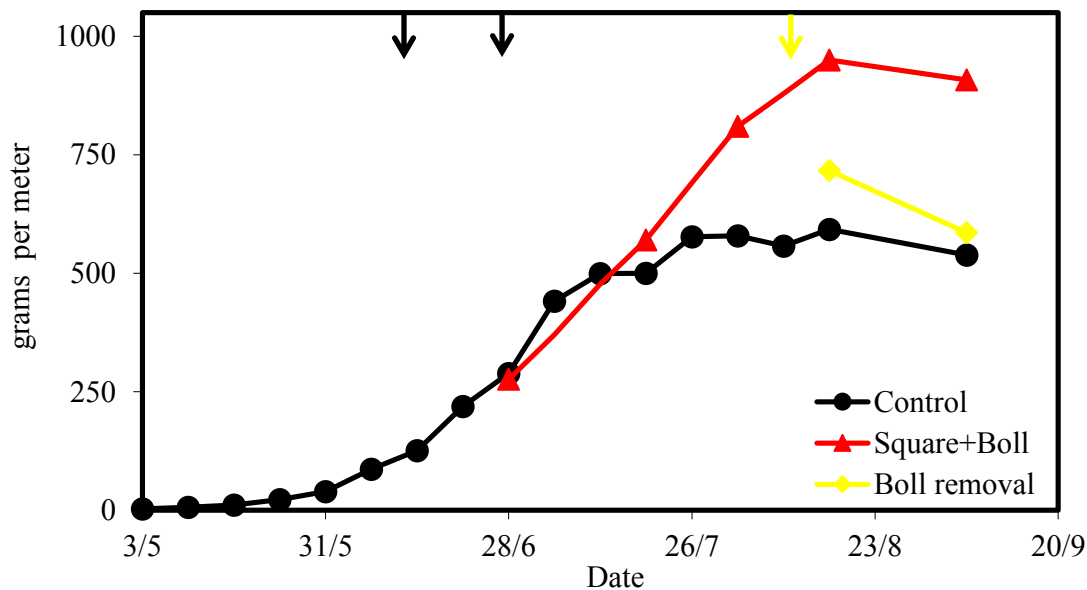
בדיקת המודל: הדרך המקובלת לבדיקת מודל היא ע"י הזנתו בנתונים משדות שונים וקבלת חיזוי להתפתחות השדות האלה, ובעיקר ליבול הסופי, ולבסוף, השוואת החיזוי לתוצאות האמתיות בשדות.

בעבודה זו נבחרה דרך אחרת. נעשו הרבה הרצות של המודל עם נתוני נזק היפותטיים שונים, ונעשתה הערכה לגבי התוצאות שנתקבלו, האם הן הגיוניות או לא. כשהתקבלה תוצאה שנראתה כלא הגיונית, הוחלט לבדוק אותה בניסוי בשדה. לניסוי נבחרה הרצה שכללה נזק ל-120 כפתורים גדולים מוקדם בעונה, ובנוסף לנזק זה, גם נזק ל-30 הלקטים גדולים מאוחר בעונה, כשעומס ההלקטים יגיע לעומס המקסימאלי. היה ידוע שנזק מוקדם ל-120 כפתורים גדולים מפוצה במלואו על ידי המנגנונים הפאסיביים והאקטיביים, אך היבול מתקבל קצת באיחור. כמו כן, היה ידוע שנזק מאוחר ל-30 הלקטים גדולים איננו מפוצה במלואו עד לסוף העונה, כי הלקטים גדולים אינם נושרים נשירה טבעית. כלומר, אין מנגנון פסיבי, והפעלת המנגנונים האקטיביים, במקרה זה, היא מאוחרת מידי (פחיתה של עד 30% מהיבול). המודל אמר שנזק מוקדם לכפתורים, ובנוסף נזק מאוחר להלקטים גדולים, לא יוריד את היבול. כלומר, שנזק לכפתורים גדולים יגרום לפיצוי על הנזק להלקטים גדולים מאוחר יותר. ההסבר שניתן ע"י המודל היה כזה: הנזק המוקדם לכפתורים יפוצה בחלקו על ידי המנגנונים הפאסיביים, ובנוסף יפעיל את המנגנונים האקטיביים אשר יפצו בהמשך על הנזק המאוחר.

החישוב היה כזה: בחלקה ללא נזק מוקדם לכפתורים יהיו 90 הלקטים גדולים למ"ר ב-10.8, ויצרכו את כל ה-18 גרם של המוטמעים. אחרי הסרת 30 הלקטים גדולים, הצריכה תקטן ל-12 גרם מוטמעים (0.2×60 גרם/הלקט). יישאר עודף של 6 גרם אשר יופנה לחידוש צמיחה. עד להופעת כפתור ראשון דרושים לפחות 7 ימים, מכפתור לפרח עוד 34 ימים, ומפרח להלקט פתוח עוד 54 יום, לפחות. אם מסכמים, הלקט פתוח ראשון ממנגנון הפיצוי האקטיבי יתקבל לאחר 95 ימים. 95 ימים לאחר ה-10.8 זה באמצע נובמבר, משמע אין פיצוי אמיתי.

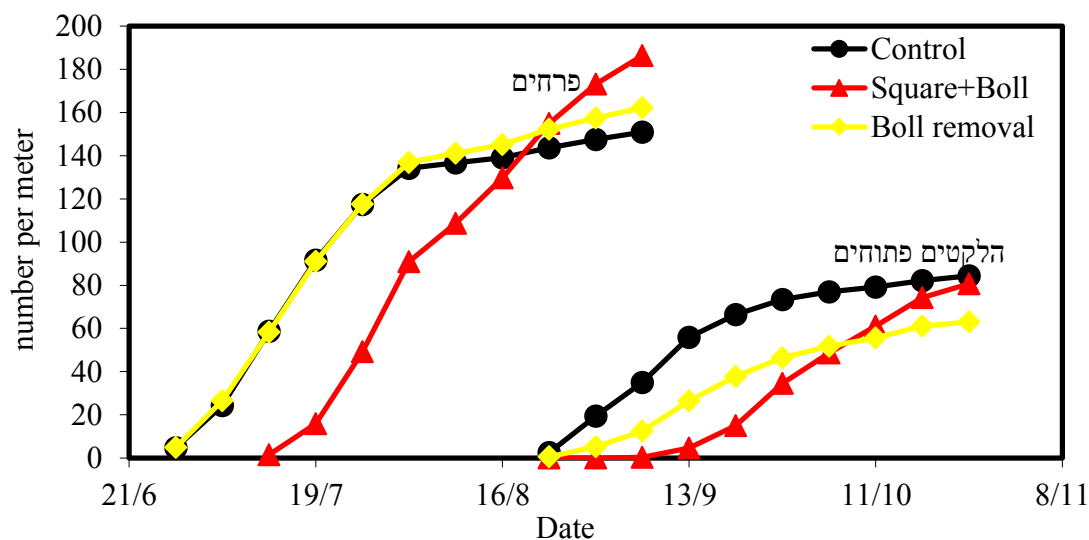
כאשר נגרם נזק מוקדם לכפתורים ולאחר מכן נזק מאוחר להלקטים, המודל נתן את ההסבר הבא- נזק מוקדם לכפתורים גדולים (אחוז הנשירה של כפתורים גדולים אינו גבוה) יפוצה בחלקו על ידי המנגנון הפסיבי, ועל כן אחרי כחודש יחסרו הלקטים גדולים, וייוצר עודף מוטמעים שיפעילו את המנגנונים האקטיביים. אם הנזק לכפתורים יעשה באמצע יוני המנגנונים האקטיביים יופעלו כבר החל מה-10.7. נזק ל-120 כפתורים גדולים יגרום לכך שב-10.8 לא יהיו עדיין 90 הלקטים גדולים. אם למשל יהיו רק 60 הלקטים גדולים, הם ידרשו סה"כ 12 גרם מוטמעים וישארו 6 גרם אשר יספיקו לקיום כל הכפתורים וההלקטים הקטנים שעל הצמח, ואף לצימוח וגוטיבי. אם נסיר 30 הלקטים גדולים ב-10.8, מתוך 60 הלקטים גדולים שקיימים ישארו רק 30, אך קיימים בערך 50 הלקטים קטנים. במצב זה יופעל המנגנון החשוב ביותר, והוא מניעת נשירה של הלקטים קטנים (או הגדלת אחוז החנטה עד כמעט 100%), ותוך שבוע ניתן באופן תיאורטי לפצות על עיקר הנזק, במובן של קבלת הלקטים גדולים חדשים. מהלקט גדול עד הלקט פתוח דרושים 42 ימים. גם אם נזדקק לפיצוי מכפתורים גדולים הנמצאים על הצמח ביום הנזק, יעברו מכפתור גדול להלקט פתוח כ-55 עד 76 ימים, וניתן לקטוף יבול מכפתורים אלה באמצע אוקטובר. לפיכך, ניתן לקבל פיצוי מלא על נזק מאוחר להלקטים הגדולים, כאשר בוצע נזק ל-120 כפתורים גדולים מוקדם בעונה. לסיכום, נזק מאוחר להלקטים גדולים אינו מפוצה על ידי מנגנון פסיבי, משום שהלקטים גדולים אינם נושרים נשירה טבעית. בשלב זה כבר אין על הצמח מספיק כפתורים או הלקטים קטנים. לפיכך, פיצוי לנזק יכול לבוא רק מהמנגנון האקטיבי שהוא פיתוח כפתורים חדשים, אך מנגנון זה דורש הרבה זמן, כיוון שהנזק נגרם מאוחר ואין די זמן לפיצוי על ידי מנגנון זה. נזק מאוחר להלקטים גדולים המלווה בנזק מוקדם ל-120 כפתורים גדולים יכול להיות מפוצה, היות שהנזק המוקדם מפעיל את המנגנונים האקטיביים מוקדם, ובזמן הנזק להלקטים הגדולים, המנגנונים האקטיביים כבר קיימים ומספיק חזקים כדי לפצות על מלוא הנזק. בדיקת החיזוי של המודל נערכה בקיבוץ גן שמואל בשנת 1981. בוצע ניסוי שכלל שלושה טיפולים ב-5 חזרות. הטיפולים היו: ביקורת ללא נזק, נזק ל-30 הלקטים גדולים ב-10.8, ונזק ל-120 כפתורים גדולים במהלך חודש יוני, ובנוסף לכך נזק ל-30 הלקטים גדולים ב-10.8. על מנת שלא יתקבלו מניסוי זה רק תוצאות של "טיפול – יבול" נערך בניסוי ניטור צמחי מלא, המאפשר בנוסף ליבול גם לעקוב אחר תהליכי ההתפתחות עד להגעה ליבול הסופי.

איור 75 מראה את התפתחות החומר היבש בחלק הוגטיבי לאורך העונה. טיפול הביקורת וטיפול ההסרה המאוחרת של 30 הלקטים צברו סה"כ כ-600 גרם ח"י למ"ר בדומה ל-67 שדות המדגם (איורים 12, 14). בטיפול הנזק המוקדם לכפתורים, ביוני, חלה התפרצות בצימוח הוגטיבי במועד שהכפתורים שהוסרו היו צריכים להיות הלקטים גדולים. בטיפול זה נוצרו סה"כ כ-950 גרם למ"ר רבוע לעומת כ-600 בביקורת.



איור 75. משקל חומר יבש וגטטיבי בטיפולים השונים.

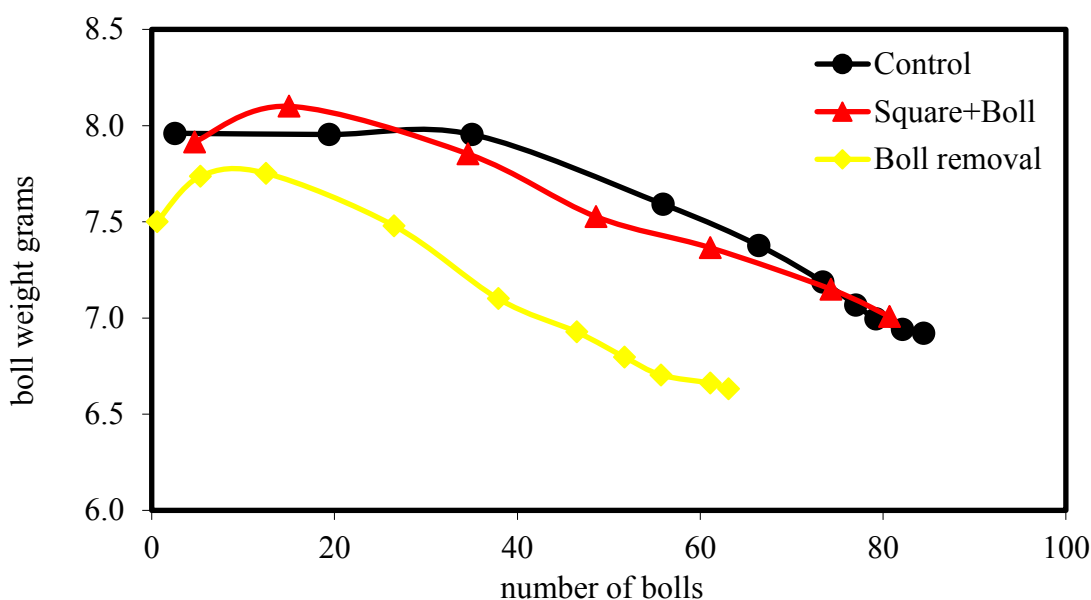
איור 76 מציג את הצטברות הפרחים בשלושת הטיפולים. עד 10/8 הפריחות בביקורת ובנוק המאוחר היו דומות (137 ו-141, בהתאמה). לאחר תאריך זה נוספו בביקורת 14 פרחים ובנוק המאוחר 21 פרחים. תוספת של 21 פרחים בנוק המאוחר מצביעה על כך שבתאריך הנזק הצמח עוד לא היה ב-"CUT OUT", ושעדיין היו על הצמחים כפתורים, שבהמשך הפכו לפרחים. בטיפול של הנזק המוקדם והמאוחר הפריחה התחילה בתאריך מאוחר יותר, ובשיא חסרו 75 פרחים (ב-19/7) בטיפול בו הוסרו הכפתורים. מתאריך זה ההפרש הולך וניסגר עד שב-16/8 מספר הפרחים משתווה ולאחר מכן מספר הפרחים בנוק המוקדם עולה על הביקורת ומגיע לסה"כ של 186 פרחים לעומת 151 בביקורת.



איור 76, 77. מספר פרחים מצטבר ומספר הלקטים פתוחים מצטבר בשלושת הטיפולים השונים.

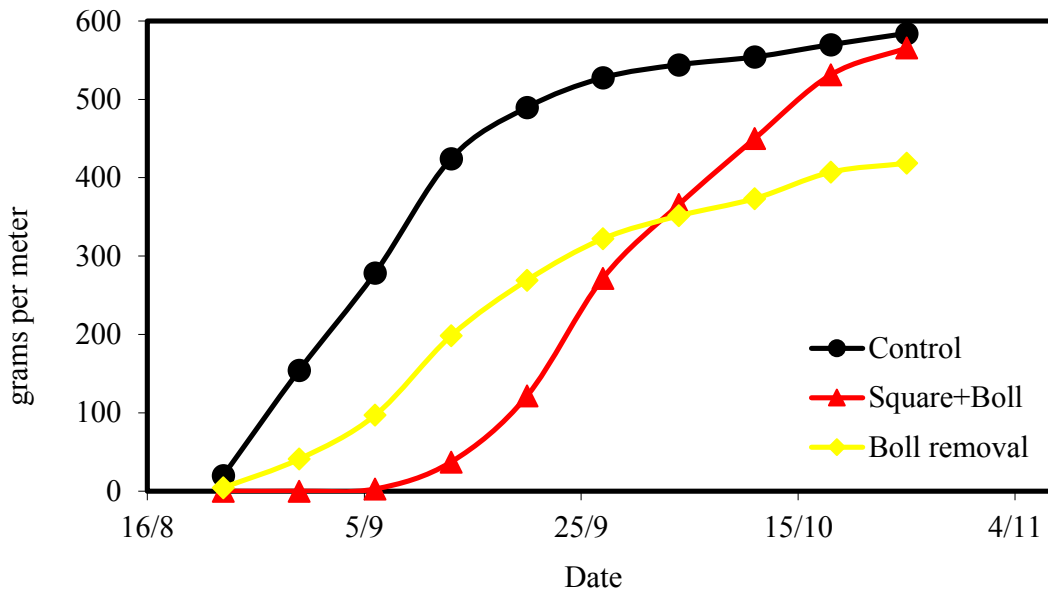
איור 77 מציג את מהלך פתיחת ההלקטים בניסוי. בביקורת, בטיפול הנזק המוקדם + המאוחר ובטיפול הנזק המאוחר בלבד היו סה"כ 84, 81 ו-63 הלקטים פתוחים בהתאמה (**איור 77**). מנתונים אלה ניתן לראות שהיה פיצוי כמעט מלא בטיפול עם הנזק לכפתורים, בעוד שלנזק המאוחר חסרו 21 הלקטים מתוך ה-30 שהוסרו.

איור 78 מציג את משקל ההלקט המצטבר, משוקלל לפי מספר ההלקטים. משקל ההלקט בטיפול הנזק המשולב דומה מאוד למשקל ההלקט בביקורת. הסיבה: הנזק לכפתורים אומנם מנע את ההלקטים הראשונים שהם הכבדים ביותר, אך בו זמנית הוא גם דחה את הזמן בו החל לעלות עומס ההלקטים. כיוון שהוא נעשה בשלב מספיק מוקדם, המספר הסופי של הזרעים להלקט עדיין לא נקבע. בטיפול נזק להלקטים גדולים בלבד, משקל ההלקט נמוך יותר מאשר בביקורת וזה כבר מההלקטים הראשונים. זה נובע מהסרת ההלקטים הגדולים הראשונים והכבדים ביותר, בשעה שהמספר הסופי של הזרעים בהלקטים האחרים כבר נקבע. באיור 78 זה מתבטא בירידה במשקל ההלקטים כבר מההלקטים הראשונים, למרות שמספר ההלקטים בטיפול זה נמוך יותר.



איור 78. משקל הלקט משוקלל לפי מספר ההלקטים בשלושת הטיפולים השונים

איור 79 מציין את מהלך ההצטברות של יבול הכותן הגולמי בהתאם לטיפולים השונים. יבול הביקורת היה 584 ק"ג/ד'. טיפול הנזק להלקטים הגדולים הניב יבול של 418 ק"ג/ד', כלומר פחיתה של 28.5% מהיבול. טיפול הנזק המשולב נתן יבול של 566 ק"ג/ד', שהם פחיתה של 3% בלבד (ללא מובהקות סטטיסטית). וכל זאת בתאריך שהוא עדין סביר לקטיף (25/10).



איור 79. יבול של כותן גולמי והצטברותו בשלושת הטיפולים השונים.

סיכום: לפי מיטב הידע שהיה קיים באותו זמן, הטיפול המשולב היה צריך להביא לפחיתה ניכרת ביבול, גדולה אפילו מהנזק המאוחר עצמו. בעבודה זו פותחה תאוריה לתגובת הצמח לשינויים במבלע. לאור התאוריה שפותחה נכתב מודל מתמטי המתאר התנהגות זו. מודל הכותנה הראה שזק מוקדם יפצה על נזק מאוחר, ואף הצביע על הסבר להתנהגות זו. תוצאות הניסוי בגן שמואל 1981 אכן היו מפתיעות. תוצאות הניסוי אישרו את המודל שנכתב, אך יחד עם זאת, תוצאות אלה מאשרות גם את התאוריה שנבנתה על מנגנוני פיצוי הנזק. ניסויים אלה השלימו את ההבנה של תגובת צמח הכותנה לשינויים במבלע. התאוריה והוכחתה ע"י מודל הכותנה שינו את ההבנה של הצמח.

5.ב. מודל ההליוטיס

ההליוטיס נבחר כמזיק עליו ייכתב המודל משתי סיבות: (1) בזמן ההוא ההליוטיס בישראל קיים רק דור אחד במשך עונת גידול הכותנה, וזה קרה בתחילת יוני, על כן קל לעסוק במזיק זה כי המודל לא צריך להביא בחשבון השפעה של ריסוס נוכחי על גודל האוכלוסייה בעתיד. (2) ההליוטיס מטיל ביצים בודדות ובאקראי (לא בתטולות מרוכזות כמו הפרודניה, למשל), ועל כן ניתן להתייחס לנזק על פי מודל צמח הכותנה.

כדי לפתח מודל להליוטיס נחוצים שני דברים: (1) חישוב כמות הנזק אשר תגרם ע"י אוכלוסייה נתונה. (2) השפעת הנזק הנ"ל על צמח הכותנה.

את החלק השני ניתן לקבל ע"י הרצת מודל הצמח כאשר הוא מוזן בכמות הנזק המחושבת ע"י מודל ההליוטיס. מסיבה זו מודל ההליוטיס עסק בחישוב של נזק עתידי במובן של הפסד בכמות אברי הריבוי לפי סוגיהם, כתוצאה מאוכלוסיות שנספרות בשדה.

נערכו 2 ניסויים בקיבוץ מעין צבי בשנים 1980 ו-1981 בזן SJ-2. מטרת הניסויים היתה לאסוף אינפורמציה לבניית המודל. האינפורמציה שנדרשה היתה:

(1) לוח חיים של ההליוטיס. לשם כך חולקה תקופת החיים לפי גודלי הזחלים.

א. ביצים

ב. זחלים מבקיעה עד גודל 4 מ"מ

ג. זחלים בגודל 5-10 מ"מ

ד. זחלים בגודל 11-15 מ"מ

ה. זחלים מעל 15 מ"מ

יש צורך לחשב את משך השהייה של הזחל בכל קבוצת גיל.

(2) צריך לקבוע את ההישרדות של הזחלים בהתאם לקבוצות גיל.

(3) יש צורך לחשב את כמות הנזק היומי שעושה זחל בהתאם לקבוצת הגיל, ולגודל האברים בהם פגע. לשם כך חולקו אברי הריבוי לפי גודלם.

א. כפתורים עד גודל 8 מ"מ

ב. כפתורים בגודל 9 עד 15 מ"מ

ג. כפתורים מעל 15 מ"מ

לשם השגת האינפורמציה הדרושה למודל בוצעו הניסויים בצורה הבאה: בכל שנה נבחר שדה אשר לא רוסס בשום חומר עד סוף תקופת הניסוי. בשדה זה סומנו זחלי ההליוטיס או ביצים, ע"י מקל גבוה עם דגל שהוצמד לצמח הנגוע. אם היו יותר מפריט אחד על הצמח, הושאר רק אחד. צוירה מפה של הצמח, ועל המפה סומן המיקום של הזחל או הביצה לפי מפרק ומיקום. צמחים אלה נבדקו אחת ליום. בכל ביקור צוין על המפה גודל הזחל באותו התאריך. אם הוא נמצא מת צוין תאריך

התמותה, אם הוא נעלם צוין התאריך, וכן נכתב שהוא נעלם. צוין מהיכן להיכן הוא נע, כמות הנזק שנעשתה ביום האחרון, והאבר שנפגע לפי קבוצת הגודל. אברים שנספרו כנגועים, הוסרו.

בשנת 1980 נאספו נתונים על 304 ביצים וזחלים בין התאריכים 17.6.80 - 27.7.80. נזק נגרם ל-277 כפתורים ו-18 הלקטים.

בשנת 1981 נאספו נתונים על 508 ביצים וזחלים בין התאריכים 2.6.81 - 22.7.81. נזק נגרם ל-509 כפתורים ו-20 הלקטים. מתוך הנתונים שנאספו חושב זמן שהייה של כל זחל בתוך קבוצת הגיל. לחישוב זה שמשו רק זחלים אשר נצפה יום הכניסה שלהם לקבוצת הגיל ויום היציאה. הדבר השני שחושב הוא כמות הנזק היומית וסוג אברי הריבוי שנפגעו בהתאם לקבוצות הגיל של הזחל. לשם כך נלקחו בחשבון כל הזחלים.

במקרים בהם הזחל מת, הוא נרשם כמת. במקרים בהם לא נמצא הזחל היה קשה לקבוע את ההישרדות של הפרטים האלו, משום שהם יכולים להיות מתים או חיים במקום שלא מוצאים אותם. הדבר האחרון שחושב זו ההישרדות של הזחלים בכל קבוצת גיל. ההישרדות חושבה בשתי צורות: (1) ההישרדות המקסימאלית: נלקחו בחשבון רק הזחלים שנמצאו מתים, בעוד שזחלים שנעלמו נחשבו כחיים. (2) ההישרדות המינימאלית: כשכל הזחלים שנעלמו נחשבו כמתים. נוסף לנתונים האלה הוצבה בשדה תחנה מטאורולוגית ונמדדו נתוני הטמפרטורות והלחות.

תוצאות

טבלה 20 מציגה את משך השהות של הזחלים בכל קבוצת גיל. רק נתונים של זחלים אשר קיים תיעוד של יום כניסתם ויום יציאתם מהקבוצה שימשו לחישוב. זחלים שנעלמו לא נכנסו לחישוב.

טבלה 20. משך השהייה בימים של זחלי ההליותיס לפי קבוצת גודל.

משך זמן ההתפתחות			מספר הזחלים בדגימה	ערך דרגת הזחל	גודל הזחל (מ"מ)
ימי מעלה (ספרות)	ימי מעלה	ימים			
35	31	2.7	16	1+2	4>
30	30	3.0	24	3	5-10
17	20	2.0	54	4	11-15
62	50	4.8	21	5+6	15<

קבוצת הגיל הבעייתית היא של אלה מעל 15 מ"מ. שם יש לפעמים תמותה ולפעמים העלמות כתוצאה מירידה להתגלמות. רוב הזחלים שנמצאו מתים בקבוצה זו, מתו ב-3 הימים הראשונים. בקבוצה זו נצפו 21 זחלים וממוצע הזמן היה 4.8 ימים.

משך השהייה בכל קבוצת גיל חושב גם במספר "ימי המעלה", לפי הנתונים מהתחנה המטאורולוגית שהוצבה בשטח, ואלה הושוו לימי מעלה שנלקחו מהספרות. קיימת התאמה טובה בכל הגילים פרט

לגודל מעל 15 מ"מ. יתכן שבתנאי מעבדה ניתן היה לראות במדויק את התאריך שבו הזחל יורד להתגלם.

טבלה 21 מציגה את ההישרדות של זחלים לפי קבוצות גיל. לגבי זחלים שנעלמו קיימת האפשרות שהתמותה שלהם בין אפס למאה אחוז. בחישוב ההישרדות המינימאלית ההנחה היתה 100% תמותה, ובחישוב ההישרדות המקסימאלית ההנחה היתה 0% תמותה. התוצאות בטבלה 21 הן הממוצע בין מקסימום למינימום הישרדות ומשמשות להפעלת המודל לפני ספירות המזיקים בשדה. לאחר שהחלו ספירות המזיקים בשדה, הם מוזנים למודל ולאחר הזנת שני תאריכי ספירה המודל החל לחשב בעצמו את ההישרדות בשדה הנבדק.

לגבי כל החישובים, הישרדות של ביצים חושבה כ-100% ללא תלות אם השדה רוסס או לא. בנוסף לשני הניסויים במעין צבי בוצעו בשנתיים אלה ספירות במספר שדות לפני ואחרי ריסוס אנדוסולפן. נמצא שהריסוס אינו פוגע בביצים וקוטל 85% מהזחלים ללא תלות בגודלם.

טבלה 21. הישרדות ממוצעת של זחלי הליותיס לפי קבוצת גיל.

גודל הזחל	1980	1981
בקיעה- 4 מ"מ	0.56	0.48
5-14 מ"מ	0.49	0.39
15 מ"מ עד עזיבת הצמח	0.51	0.34
בקיעה- עזיבת הצמח	0.14	0.06

טבלה 22 מסכמת את סך הנזק היומי לאברי פרי השונים לפי קבוצת גיל הזחל בשתי שנות הניסוי. החישובים כאן נעשו לגבי כל הזחלים. לגבי זחלים שמתו נלקחו הנתונים עד יום המוות. אפשר לראות שהנתונים דומים בשתי השנים. קיימת עלייה בכמות הנזק היומי וכן בגודל האבר שניזוק עם עליית גיל הזחל. בסה"כ ניזוקו 867 כפתורים, 35 הלקטים קטנים ו-3 הלקטים גדולים.

נמצאה קורלציה בין אברי הריבוי שנמצאו על הצמח לבין אברי הריבוי שניזוקו. זה ברור שבתקופה המוקדמת, כשעדיין לא היו הלקטים גדולים או קטנים, לא ניתן היה לפגוע בהלקטים כאלה. מסיבה זו ניתן להניח שאם התקפת ההליותיס בישראל היתה מופיעה בתקופה מאוחרת יותר היחס של אברי הריבוי הניזוקים היה שונה.

טבלה 22. כמות הנזק היומית שנגרמת לאברי הצמח השונים על ידי זחלי ההליותיס

1981			1980			דרגת הזחל
הלקטים קטנים	כפתורים גדולים	כפתורים קטנים	הלקטים קטנים	כפתורים גדולים	כפתורים קטנים	
-	-	0.1	-	-	0.07	4>
0.01>	0.04	0.58	0.01>	0.01	0.46	5-10
0.02	0.15	0.70	0.02	0.05	0.65	11-15
0.10	0.33	0.49	0.11	0.25	0.56	15<

לאור נתונים אלה נכתב מודל ההליותיס.

ה-input במודל הוא ספירה בשדה של זחלים בהתאם לקבוצת גודל. לאחר הזנת שתי ספירות, לפחות, המודל מחשב את ההישרדות בשדה הנדון ומעדכן אותה ככל שנוספות ספירות. בשלב השני, המודל מחשב קדימה בכל יום, מה יהיה הרכב קבוצת הזחלים וכמותם (לפי ההישרדות ומספר ימי שהייה בכל קבוצת גיל, עד להיעלמות הזחל האחרון). לבסוף, המודל מכפיל את הכמות לפי קבוצת גיל בכל יום בנזק היומי, ומסכם את הנזק במונחים של מספר אברי פרי שניזוקו, גודלם ותאריך הנזק.

עתה ניתן לחשב את סף הפעולה. סף הפעולה מוגדר כנקודה בה עלות הריסוס שווה למחיר הנזק לכותנה, אם הריסוס לא יינתן. מתוך המשוואה הזו, מחיר הריסוס ידוע. מחיר הנזק לכותנה שווה לכמות הכותנה מוכפלת במחיר הכותנה. מחיר הכותנה מורכב מכמות ואיכות, הכוללת את גורמי הטיב, אורך, חוזק, עדינות, סוכרים, הדבקה, וכו'. ידוע שהליותיס איננו פוגע בטיב, לכן צריך לחשב רק את כמות הנפגעים.

בשלב האחרון מריצים את מודל הכותנה פעמיים. בפעם הראשונה עם הנזק שחושב לגבי אוכלוסייה ללא ריסוס, ובפעם השנייה עם האוכלוסייה השורדת לאחר ריסוס. מחשבים את ההפרש ביבול ומכפילים במחיר הכותנה. את התוצאה המתקבלת משווים למחיר ריסוס.

יתרונות לשימוש במודל ההליותיס-

- הסף המקובל הוא סף סטטי ואיננו משתנה מיום ליום. לעומת זאת, מודל ההליותיס הוא דינאמי, כלומר מתחשב בכל הרצה בהרכב אברי הריבוי באותו יום.
- המודל לוקח בחשבון נזק מצטבר.
- מחשב את ההישרדות בשדה הנדון.
- המודל מתחשב בגיל הצמח. ככל שהגיל יתקדם הוא מגדיל את הפיצוי ע"י מנגנון הפסיבי ומקטין את האקטיבי.

המודל שימש גם לחישוב סף פעולה סטטי חדש. לשם כך הורץ המודל מספר פעמים. ההרצה הראשונה כללה חישוב נזק מ-100 ביצים מיום הבקיעה ועד שהזחל האחרון מקבוצה זו עזב את השדה. המודל מניח שכל הביצים יבקעו, והחל מהבקיעה הוא מחשב את הנזק. אחרי 2.7 ימים מעביר המודל את הזחלים מקבוצה 0-4 לקבוצה 5-10 לאחר שהקטין את מספרם לפי אחוזי ההישרדות של קבוצה זו. בשלב זה המודל מחשב את הנזק המצטבר באותה השיטה כשמתחילים מ-100 זחלים קטנים, וחוזרים על החישוב לגבי בינוניים או גדולים.

טבלה 23 מסכמת את ההרצות הנ"ל. הטבלה מראה את הנזק מזחל בודד לגבי כל גיל של זחל. הטבלה מראה שהנזק הגדול ביותר מתקבל מזחלים בינוניים. זחל גדול גורם פחות ממחצית הנזק של זחל בינוני. אמנם זחלים גדולים עושים נזק גדול יותר בכל יום שהם קיימים, אך הם קיימים למספר קטן של ימים. לעומת זאת, זחל קטן עושה נזק קטן בהתחלה, אבל אחוז מסוים יעבור לקבוצת גיל שנייה וימשיך לעשות נזק שם, וכך הלאה, עד לקבוצת גיל האחרונה, וסה"כ הנזק שהוא עושה בחייו הוא סיכום של אחוזי ההישרדות ושל הנזק של כל קבוצת גיל. הנזק הגדול ביותר שהתקבל היה מזחלים שהחלו בגיל 5 עד 10 מ"מ והיה 3.7 כפתורים פלוס 0.3 הלקטים בממוצע לזחל.

טבלה 23. טבלה מסכמת לכמות הנזק שנגרמת לאברי הריבוי כתוצאה מזחל בודד בגדלים השונים

אברים רפרודוקטיביים		נזק מצטבר מכניסה לשדה עד מות או היעלמות הזחל האחרון
הלקטים	כפתורים	
0.1	2.3	ביצים
0.2	2.9	זחלים עד 4 מ"מ
0.3	3.7	5-10 מ"מ
0.4	3.2	11-15 מ"מ
0.2	1.8	<15 מ"מ

לאחר השימוש במודל ההליותיס שונה הסף לסף הבא: הסף הועלה ל-3 זחלי סטנדרט/מ"ר וזחל סטנדרט חושב בצורה הבאה: ביצים וזחלים עד 4 מ"מ = 0, זחלים מעל 4 מ"מ = זחל סטנדרט אחד, כלומר, בוטלה המכפלה של זחלים מעל גודל 15 מ"מ ב-3.

שינוי הסף הוריד את המספר הממוצע של הריסוסים כנגד הליותיס בישראל. לפני הסף החדש היו מרססים בין 3-4 ריסוסים כנגד הליותיס, לאחר הסף החדש ממוצע הריסוסים ירד ל-2 ריסוסים לעונה. וזאת בעיקר כתוצאה מדחיית מועד הריסוס הראשון.

לאימות הסף החדש נערך במעין צבי ניסוי השוואתי. היו 2 טיפולים ב-4 חזרות בחלקות בגודל של 2 הקטר כל חלקה. טיפול אחד היה ריסוס לפי הסף החדש, וטיפול השני היה ריסוס לפי הרצת המודל. לפי הרצת המודל לא היה צורך ולא ניתן שום ריסוס נגד הליותיס. לפי הסף החדש ניתן ריסוס אחד כנגד הליותיס. היבולים ב-2 הטיפולים היו זהים, מה שמוכיח שגם בסף החדש יש מרווח בטיחות.