

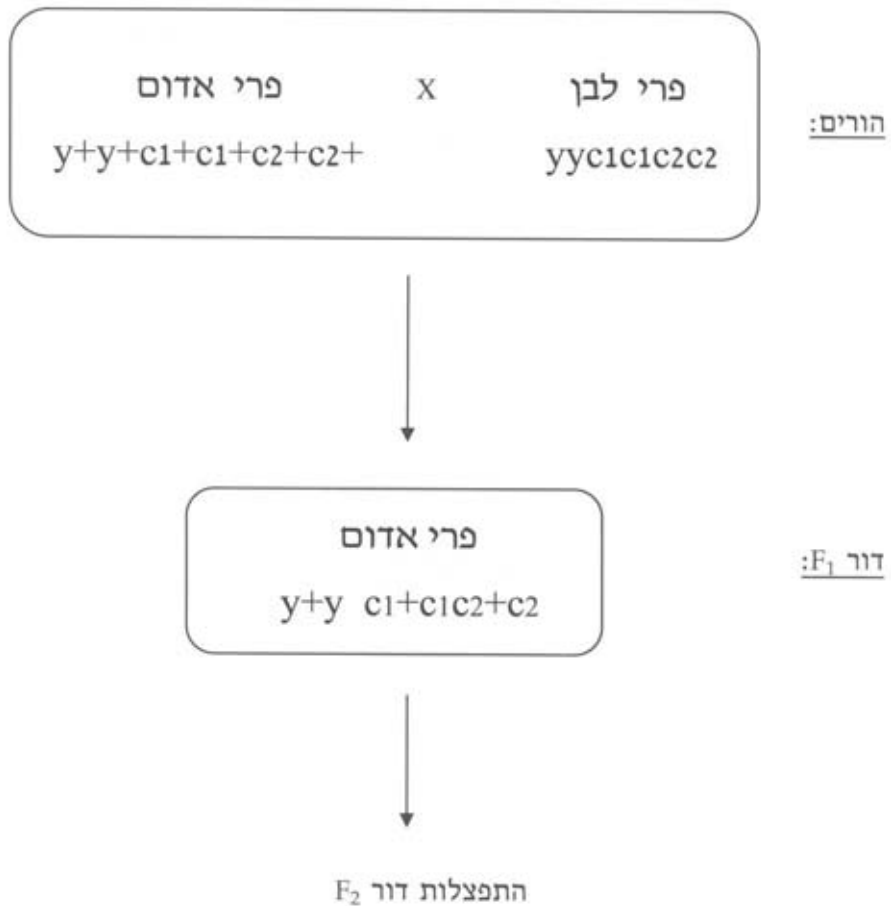
פרק 5: הגנים הקשורים להשבחת זני נוי של פלפל

להלן האללים הקשורים להשבחת הפלפל, סימניהם והתכונות המבוקרות על ידם (נוהגים לסמן אלל דומיננטי באות אנגלית גדולה או באות קטנה בתוספת סימן פלוס (+) ואת האלל הרצסיבי באות קטנה):

1. האלל A מייצר אנזים האחראי לצבען (פיגמנט) סגול אנתוציאן (anthocyanin) בחלקי הצמח, כמו תת-פסיג (היפוקוטייל), פסיגים, עלווה, פרקים ומפרקי הגבעול והפרחים, ובמהלך ההבשלה גם בפירות (תמונות 8, 9). האלל a הינו בעל מעקובת DNA פגומה, שאינה מייצרת אנזים, ולכן רוב אברי הצמח ההומוזיגוט (aa) ירוקים.
2. Mo-A (modifier) הינו אלל המשפיע על פעולת הגן A ע"י הגברת עוצמת צבע האנתוציאן.
3. האלל al (anthocyanin-less) במצב הומוזיגוטי מונע התפתחות אנתוציאן בכל אברי הצמח.
4. האלל y+ מייצר אנזים האחראי בפרי הבשל לקבלת הקרוטנואידים האדומים Capsanthin ו-Capsorubin. האלל y מייצר אנזים האחראי לצבען צהוב בפרי הבשל.
5. c1+ ו-c2+ הם אללים של גנים דומיננטיים שונים המאפשרים סינתזה של קרוטן בפרי הבשל.
6. c1 ו-c2 הינם האללים הרצסיביים שמונעים סינתזה של צבע קרוטן בפרי הבשל.

ועתה הבה נרכיב את הקלסטרון הגנטי של שמונה צבעי פרי בשל (תמונות 14, 15), המתקבלים כתוצאה מהכלאה בין זן אדום פרי לזן בעל פרי לבן. בהכלאה זאת מתפצלים 3 גנים בדור F_2 , כדלהלן:

דורות:



מבנה גנטי *	תדירות הקבוצות	
$y\ c1\ c2$	1	לבן
$y\ c1\ c2+$	3	צהוב לימון
$y\ c1+ c2$	3	כתום צהוב בהיר
$y\ c1+ c2+$	3	כתום צהוב
$y+ c1\ c2$	9	כתום בהיר
$y+ c1+ c2$	9	כתום
$y+ c1\ c2+$	9	אדום בהיר
$y+ c1+ c2+$	27	אדום

* המבנה הגנטי מסומן ע"י מחצית האללים שקיימים ומשפיעים בגנוטיפ; לדוגמה,

$$yc1c2 = yyc1c1c2c2$$

7. האלל $c1+$ (קשור לכלורופיל ושונה מהאללים $c1$ ו- $c2$) מאפשר את פרוק הכלורופיל בפרי הבשל. האלל $c1$ שומר על הכלורופיל בפרי מפני פירוקו. כשהוא מצוי עם הגן $Y+$ האחראי לצבע האדום, או בצירוף עם הגן Y



תמונה 14. שמונה צבעי הפרי המבוקרים ע"י שלושה גנים, מאדום - כהה (עליון מימין) ועד לבן (תחתון משמאל)

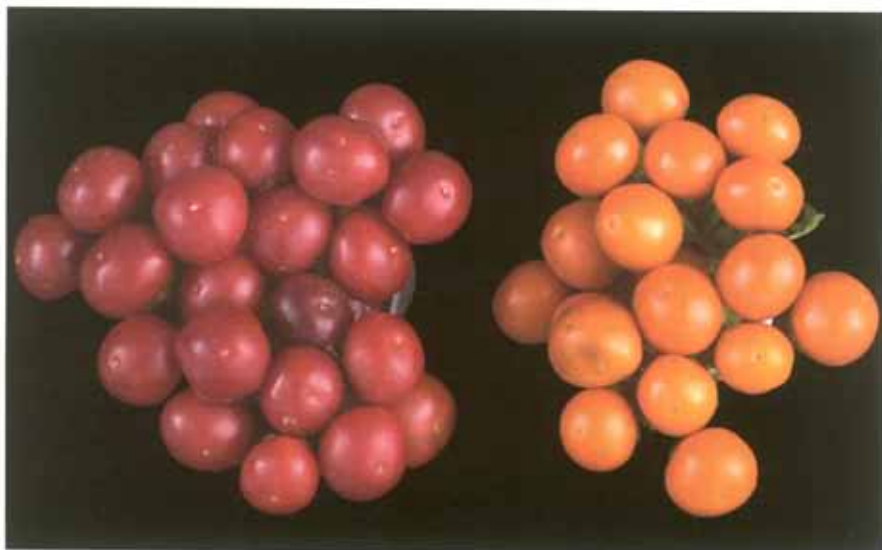


תמונה 15. שונות חלקית של צבעי הפרי הבשל (כמוצג לפי מחוגי השעון): שעה 1 – לבן, שעה 6 – ירוק-קבוע, ושעה 7 – "שוקולד"

האחראי לצבע הצהוב, מתקבלים, בהתאמה, פירות בצבע חום ופירות בצבע ירוק-קבוע (permanent green), כזה שאינו משתנה עם ההבשלה.

8. *fa* (fasciculate) הינו אלל רצסיבי המתבטא בהופעת פירות הנישאים בראש הענפים כצרוורות (תמונה 16).

9. L1, L2, L3, L4 הינם 4 אללים של גן המקנה עמידות בפני וירוס מוזאיקת הטבק (TMV). הוירוס יכול לעבור מצמח אחד למשנהו ע"י מגע, ולאחר מעברו לצמח רגיש הוא "זורם" דרך מערכת ההובלה אל כל חלקי הצמח ומגיע גם אל רקמת הפרי, שם נצמד אל הזרעים, וכך משמשים הם מקור הדבקה גם לנבטים החדשים. בצמחים העמידים מסדרת האללים L קיימת מערכת עמידות המתבטאת בתגובה הנקראת רגישות - יתר



תמונה 16. פעילות האלל *fa* בפירות המצויים בצמרות שני ענפים שונים (מבט מלמעלה)



תמונה 17. ניקוד וירלי והתיבשות מקומית בעלים של צמח פלפל העמיד לוירוס מוזאיקת הטבק



תמונה 18. פרחי צמחים עקרים זכרית הנושאים את הגנים $\underline{ms} \underline{ms}$ (בשורה התחתונה), ופרחים בעלי אבקנים נורמלים (בשורה העליונה)

(hypersensitivity) של הצמח לחדירת הוירוס, וזאת ע"י הרס ויבוש רקמת העלה באופן נקודתי (local lesion) מסביב לנקודת ההדבקה. כך מבודד הוירוס ונמנעת תנועתו ממקום ההדבקה לאזורי הצמח האחרים (תמונה 17).
 10. \underline{ms} הינו אלל רצסיבי לעקרות זכרית, ונוכחותו בצמח מתבטאת באבקנים מנוונים, מצומקים וחסרי אבקה, והצמח שנותר עם שחלות פוריות הופך עקב כך לנקבי (תמונות 18, 19).

11. $\underline{rf} \underline{rf}$ (S) הינו הרכב גנטי הקובע עקרות זכרית, הדומה פנוטיפית לעקרות הנ"ל שנקבעת ע"י הגן \underline{ms} . אולם בניגוד לאחרונה, הראשונה נובעת מיחסי גומלין בין גן או גנים שבציטופלסמה מטיפוס (S) לבין האלל \underline{rf} שבגרעין התא. האלל הדומיננטי \underline{Rf} גורם להחזרת הפוריות בצמח מטיפוס $\underline{Rf} \underline{rf}$ (S), ולכן צמח שכולל אלל דומיננטי זה הינו פורה (תמונה 20).

12. \underline{c} הינו אלל בגן ראשי האחראי לחריפות (חומר ה-Capsaicin) בפרי. קיימים גם גנים נוספים המשפיעים על דרגת החריפות.



תמונה 19. צמח נורמלי (מימין), ליד צמח עקר זכרי ms ms שגדל בחלקה מבודדת מצמחים פוריים (משמאל)

13. up הוא אלל הגורם לעמדת פרי זקוף (upright), לעומת פרי תלוי שנקבע ע"י האלל הדומיננטי - חלקית Up (תמונה 21).



תמונה 20. צמח פורה מטיפוס *Rf rf* (מימין), ומשמאלו עקר זכרי *rf rf* (S) החונט חלקית כתוצאה מהפריה זרה של חרקים



תמונה 21. תכונת עמדת הפרי המפוקחת ע"י הגן up

בתמונה 21 ניתן להבחין, מימין לשמאל בצמח עם פירות זקופים, הומוזיגוטי $Up Up$; צמח הטרוזיגוטי $Up up$ עם פירות אופקיים וצמח הומוזיגוטי $up up$ עם פירות תלויים. כל הצמחים הינם גם הומוזיגוטים לצורות פרי $fa fa$. האללים Up ו- up הינם חסרי דומיננטיות ורצסיביות ובמצב הטרוזיגוטי מבטאים דומיננטיות משותפת (codominance) או חלקית.

מוטציות ספונטניות שנחשפו במהלך השבחת הפלפל

במהלך שנות עבודת המחבר הופיעו בשדות ובחממות צמחים בעלי פנוטיפ חריג שנבע, כפי שהתברר, ממוטציות רצסיביות אשר נחשפו במצב הומוזיגוטי, וביניהן:

1. פרי בצבע "שוקולד" – שני צמחים נדירים בצבע זה הופיעו בזן 'מאור', שפירותיו הבשלים הינם אדומים. האחד צמח בערבה, והשני בבקעת יבנאל. צבע חום זה נוצר כתוצאה מהמוטציה מ- cl^+ ל- cl^- , אלל שמונע את פרוק



תמונה 22: צמח נורמלי, שפירותיו משנים צבעם מירוק לאדום, עם ענף חריג מטיפוס לבקן, משמאל

הכלורופיל בפרי הבשל. אילו פנוטיפ זה היה מקובל על הצרכנים, הרי שהיינו זוכים לזן מסחרי חדש, כתוצאה ממוטציה ספונטנית. אולם מכיוון שצבע חום בפלפל אינו מבוקש ע"י הצרכנים, נמנעה הפיכתו של טיפוס מיוחד זה לזן.

2. פרי צהוב – בין הצמחים אדומי הפרי התקבלו מספר פעמים צמחים צהובי פרי, כתוצאה ממוטציה מ- y^+ ל- y^- .

3. אללים לעקרות זכרית (ms) – מספר גנים הנמצאים באתרים שונים על הכרומוזומים עברו מוטציה מ- Ms ל- ms , והופיעו בשדה כצמחים חריגים בגובהם, ובחממה כצמחים שאינם חונטים פרי.

4. **מוטנטים מטיפוס לבקן (albino)** – גורמים להופעת נבטים עם פסיגים לבנים המתנוונים כבר סמוך לנביטה, כתוצאה מהעדר כלורופיל. לעתים הופיעו ענפים מטיפוס זה כתוצאה ממוטציה בקודקוד הצמיחה (תמונה 22). פרחיהם של אותם ענפים יצרו פירות ללא כלורופיל, והזרעים שהתפתחו בתוכם כתוצאה מהפריה עצמית, נבטו כלבקנים.

הפלואידים – לצד הופעת המוטציות הספונטניות דלעיל, קיימת גם תופעה נדירה של הצצת שני נבטים כתאומים מזרע אחד, כאשר אחד נורמלי והשני מוגבל בצמיחתו. התברר כי הנבט החלש נושא מחצית מספר כרומוזומים (הפלואיד), ומוצאו ברוב המקרים מביצית שלא הופרתה. צמחים שכאלו מתהפכים לעיתים לנורמלים (דיפלואידים) באופן ספונטני. כמו כן ניתן להופכם לנורמלים ע"י טיפול בחומר הכימי קולכיצין. צמחים דיפלואידים ממקור שכזה הינם הומוזיגוטים מלאים.