

מדריך בסיסי לגנטיקה והשבחת צמחים

מנורת הפלפל

חן שיפריס



מינהל המחקר החקלאי – מרכז ולקני

מדריך בסיסי לגנטיקה והשבחת צמחים

מנורת הפלפל

חן שיפריס

מינהל המחקר החקלאי - מרכז וולקני

בית דגן



הוצאת ראובן מס, ירושלים

THE PEPPER MENORAH

Chen Shifriss

Department of Plant Genetics
The Volcani Center, Bet Dagan, Israel

תוכן העניינים

7	הבעת תודות
8	הקדמה
10	מבוא: מנורת הפלפל על שום מה?
12	1. גנטיקה וגנים
24	2. און כלאיים (הטרוזיס), זני מכלוא ועקרות זכרית
34	3. הפלפל - בוטניקה והיסטוריה
41	4. השונות הגנטית בפלפל
46	5. הגנים הקשורים להשבחת זני נוי של פלפל
58	6. יצירת זני מכלוא
64	7. השימוש בגן fa למטרות ההשבחה
72	8. שלבים בתהליך ההשבחה
78	9. יצירת מכלואים נעדרי חריפות - "מתוקים"
84	10. תאחיזה בין הגנים fa ו- y
87	11. העמידות נגד וירוס המוזאיקה של הטבק (TMV)
	נספחים:
90	א. תרומת ההנדסה הגנטית להשבחת הפלפל
91	ב. תפקיד חברת הזרעים ביצירת המכלואים
94-100	ג. תמונות זנים
101	ספרות עזר

רשימת תמונות

11	.....	Salvia	הצמח מורית ירושלים, מהסוג מרווה	1
26	.....		סרוס פרח הפלפל	2
27	.....		האבקת פרח הפלפל בעזרת צינורית	3
35	.....		ארבעה עלי שחלה המתפתחים לפרי	4
36	.....	<u>fa fa</u>	"חכמת" ההפריה בפלפל מטיפוס	5
37	.....		התפצלות ענפים דרקרנית אופיינית	6
39	.....		ציור יפני קדום	7
42	.....	<u>A</u>	ביטוי האלל ליצירת אנתוציאן בשלב הנבט	8
43	.....		השונות בעוצמת הפיגמנטציה בפרחים	9
43	.....		שונות בגודל הפירות, בצורתם ובצבעם	10
44	.....		שונות בגודל הפרי	11
12	חחתי רוחב בפירות למאכל - השונות בעוצמת הצבע בדופן			
45	.....		ובכמות הזרעים	
45	.....	<u>fa</u> (fasciculate)	צמחים נושאי האלל	13
49	.....		שמונה צבעי הפרי המבוקרים ע"י שלושה גנים	14
50	.....		שונות חלקית של צבעי הפרי הבשל	15
51	.....	<u>fa</u>	השפעת האלל על חנטת פירות בצמרות הענפים	16
17	ניקוד וירלי והתיבשות מקומית בעלי צמח פלפל העמיד			
51	.....		לוירוס מוזאיקת הטבק	
52	.....	<u>ms ms</u>	פרחי צמחים עקרים זכרית מטיפוס	18
53	.....	<u>ms ms</u>	צמח נורמלי ליד צמח עקר זכרי	19
54	.....	<u>Rf rf</u> (S) ו <u>rf rf</u> (S)	צמח פורה מטיפוס ועקר זכרי	20
55	.....	<u>up</u>	תכונת עמדת הפרי המפוקחת ע"י הגן	21
56	.....		צמח נורמלי עם ענף חריג מטיפוס לבקן	22
23	ניסוי בהפרית חרקים: שתי אמהות <u>rf rf</u> (S) והורה			
59	.....	<u>Rf Rf</u> (N)	מפרה	

59	.....	(S) rf rf	הפריה זרה: חנטת פירות בשתי אמהות	24
60	.....	(S) rf rf	הפריה זרה: חנטה בצמח אם מטיפוס	25
64	.....	fa	ביטוי האלל בפלפל בעל פרי גדול ומתוק	26
65	.....	fa fa	ענפים צדדיים בגנוטיפ, הנושא פרי צהוב	27
65	.....		מכלואים שונים כמקור לענפי קישוט	28
66	.....	fa	ביטוי האלל בענפי פלפל נוי	29
67	.....	fa fa	מעבר הצבע מירוק לאדום בצמח	30
67	.....	fa fa	גנוטיפים צבעוניים שונים מטיפוס	31
68	.....	fa fa	שינוי הצבע בעת הבשלת הפירות בצמח	32
70	.....	fa	פעילותו של האלל בקודקוד הצמיחה	33
70	.....	fa fa	הגנוטיפ בתפארתו המרחבית	34
71	.....	fa	צורות פרי בקצות שבעת הענפים כביטוי לאלל	35
75	.....		פירות פלפל בעלי צבע שחור וחום	36
75	.....	fa fa	צמח מטיפוס חריג בשפע הפרי וריכוזו	37
77	.....		במרכז - "הנסיך השחור"	38
			רשימת מכלואים של פלפל נוי מתוך קטלוג זרעים	39
93-92	.....		של חברת "הזרע"	
100-94	.....		מכלואי נוי שהוצעו לגידול מסחרי	40-46

רשימת האיורים

19	.....		התפלגות די־היברידיה לצבע הפרי בטרם הבשלתו	1
21	.....	A	תורשתיות הגן לצבע הפרח	2
23	.....		התפלגות אורך קלח התירס	3
33	.....		הדגמת שיטת הכלאות הדחיקה	4
34	.....		תאור סכמטי של פרח הפלפל	5
74	.....		הנוסחאות הכימיות של הקרוטנואידים בפירות	6

מוקדש ליקרים לי:
רעייתי אורה וילדי זהר, נתן, אביבי ורוני
בתודה.

הבעת תודות

חובה נעימה היא לי להביע בזאת תודה והוקרה למספר חוקרים וחברים, שדרכי המקצועית שלוהב בעבודתם. בפתח, אבקש להעלות את זכרו היקר של פרופ' רפי פרנקל ז"ל, מייסד המחלקה לגנטיקה והשבחת צמחים במכון וולקני, אשר הכשיר דור של חוקרים ועשה רבות הן ליצירת זנים מצטיינים והן לקידום מקצוע ההשבחה בישראל.

עוד אבקש להעלות כאן את זכרו היקר של חברנו ברוך אשל ז"ל, איש האדמה והפרח, אשר תרם רבות לעבודתנו ולקידום המחקר בצמחי נוי בחברת "הזרע". אסיר תודה אני לאחי פרופ' עובד שיפריס, אשר בדרכו המקצועית ביקשתי ללכת. עובד הינו המדען הראשון בעולם שיצר עוד בשנות הארבעים זני מכלוא מסחריים של עגבניה ומלפפון בחברת הזרעים האמריקאית הנודעת Burpee. בשנת 1950 יסד את המחלקה לגנטיקה של צמחים במכון וייצמן, ובכך היה לחלוץ בארץ בתחום הגנטיקה של הצמח.

תודתי העמוקה נתונה לעמיתי - ידידי המדענים פרופ' משה טל ופרופ' אלן ויצטום מאוניברסיטת בן-גוריון, פרופ' עמרם אשרי מהאוניברסיטה העברית, וד"ר עודד זיו, פרופ' אריה לוי, ד"ר דבורה לפושנר, ד"ר אילן פארן, ד"ר מאיר פילובסקי וד"ר אורי קושניר ממינהל המחקר החקלאי - מרכז וולקני, אשר קראו חיבור זה ותרמו לו בהערות חשובות ומועילות.

כן נתונה תודתי למינהל המחקר החקלאי - מרכז וולקני, מקום עבודתי, ולחברת "הזרע ג'נטיקס", על האפשרויות שהעניקו לי בתוכניות להשבחת הפלפל לאורך שנים.

עוד מודה אני לידידי אנשי החינוך, מר ישראל ויסנשטרן ראש המינהל לחינוך התיישבותי ועליית הנוער במשרד החינוך, והגב' דליה וולף מהיחידה לנוער שוחר מדע במרכז וולקני.

תמונות הספר הוכנו במרכז וולקני במעבדת דני שביט, ע"י דני שביט וראובן קריקון, וכן ע"י ד"ר אבי לאלזר, ועל כך מסורה להם התודה. ידידי, הגב' לביאה אלטחן ומר סעדיה נהון, תודתי להם עבור תבונת כפיים ושום שכל בעבודתנו המשותפת.

ואחרונים חביבים - לצוות עובדי-כתר: דיאנה שטינגלר, גליה שניידר, עמי גרין ואופיר ארדיטי, תודתי עבור חלקם המיוחד בהכנת הספר.

הקדמה

מקצוע ההשבחה בכלל, והשבחת צמחים בפרט, מלווה את האדם משחר ההיסטוריה, מראשית עיסוקו בחקלאות. תחילה בירר והירבה צמחים, כפרטים המצטיינים בתכונות חשובות בחלקת שדהו, ולימים, בנדודיו על פני כדור הארץ, נהג לקחת עימו את מיני הזרעים החשובים והמצטיינים, כגון זרעי דגנים, שיבטיחו לו קיום במקומו החדש, וכך נפוצו זני צמחים שונים לאורך מסלולי התישבותו של האדם.

בשיטות הבירור הקדומות הגיעו להישגים חשובים מאוד, הודות לאינטליגנציה הטבעית של העוסקים במלאכה. ואולם רק בראשית המאה העשרים, בעקבות חשיפת חוקי התורשה ע"י גרגור מנדל והתפתחות מקצוע הגנטיקה, ניתן הסבר להישגים ולמגבלות של ההשבחה בעבר, ונוצר אתגר גדול לגנטיקאים להשביח צמחים על בסיס מדעי מוצק. בימינו, בעידן הביולוגיה המולקולרית וההנדסה הגנטית הנגזרת ממנה, נפתחו אופקים חדשים בהשבחת הצמחים, אשר כבר עתה מיושמים בתנאי השדה, וביטויים בפיתוח זנים חדשים ומצטיינים שלא ניתן היה ליצרם בשיטות ההשבחה המקובלות.

ראוי לציין כי המקצוע המרתק של השבחת צמחים דומה למקצוע ההלחנה, במובן זה שהמשביחים יוצרים קומפוזיציה חדשה של גנים (בדומה לצלילים). בהשבחה עוסקים ב"משרה מלאה" מעט מאוד חוקרים, כ-30 בישראל, וביחס דומה גם בארצות אחרות. אולם, דומה שאין ערוך לגודל התרומה של משביח הצמחים, אם דרכו צולחת, וזנים חדשים משלו זוכים לתפוצה רחבה. ובהזדמנות זו אזכיר את נורמן בורלוג, משביח החיטה האמריקאי ואבי "המהפכה הירוקה", אשר זכה בפרס נובל לשלום בזכות הזנים שיצר, אשר תרמו להגדלת היבול בארצות מתפתחות ודלות יבול.

בספר זה אדגים את הדרכים המקובלות ליישום חוקי הגנטיקה והידע הביולוגי הכללי, כדי לקבל זנים חדשים של פלפל נוי. פיתוח זנים אלו נבחר על ידי כאתגר חדש, בעקבות עבודתי ונסיוני הקודמים בהשבחת פלפל מתוק

למאכל טרי. חיבור זה מהווה גם סיכום חלקי של עבודתי במסגרת המחלקה לגנטיקה והשבחה במינהל המחקר החקלאי – מכון וולקני. הבנה מלאה של הכתוב כאן דורשת אך ידע בסיסי קודם של עקרונות הגנטיקה המנדלית. תקוותנו אפוא שבאמצעות סיפור השבחה של פלפל הנוי ימצאו הקוראים עניין הן במקצוע השבחה, קרי גנטיקה שימושית, והן בנפלאות הטבע והחקלאות.

מבוא: מנורת הפלפל על שום מה?

בטרם נכנס אל הדיון בגנטיקה וישומיה להשבחת צמחים, ובפרט בצמח הפלפל למטרות נוי, נציג את הקשר הסימלי – רעיוני בין צורתו של צמח זה לבין צורתה של מנורת שבעת הקנים.

בספר שמות, במסגרת הכנת כלי המשכן ע"י בצלאל בן אורי, מסופר: "וַיַּעַשׂ אֶת־הַמְּנֹרָה זֶהב טהור מקשה עשה את־הַמְּנֹרָה ירכה וקנה גביעיה כפתריה ופרחיה ממנה היו: וששה קנים יצאים מצדיה שלשה קני מנרה מצדה האחד ושלשה קני מנרה מצדה השני: ... וַיַּעַשׂ אֶת־נֹרְתֶיהָ שְׁבַע... (ל"ז, פס' ידכב).

בחזון הנביא זכריה, אשר פעל בתקופת שיבת ציון, ועל רקע השלמת בנייתו של בית המקדש השני, אנו קוראים: "וַיֵּשֶׁב הַמֶּלֶאךָ הַדָּבָר בִּי וַיַּעֲרִינִי כְּאִישׁ אֲשֶׁר יָעוֹד מִשְׁנָתוֹ: וַיֹּאמֶר אֵלַי מָה אַתָּה רֹאֶה וַיֹּאמֶר רֵאִיתִי וְהִנֵּה־מְנוֹרַת זָהָב כְּלָה וְגִלְהָה עַל־רֹאשָׁהּ וְשִׁבְעָה נֹרְתֶיהָ עָלֶיהָ שְׁבַעַה וְשִׁבְעָה מוֹצְקוֹת לְנוֹרוֹת אֲשֶׁר עַל־רֹאשָׁהּ:" (זכריה ד', פס' א-ב). תאורים אלו מתייחסים כפי הנראה לדגם מנורת שבעת הקנים שהיתה במקדש. לימים, לאחר חורבן הבית השני ובזיזת כליו ע"י הרומאים, נחקק דגם המנורה ברומא, על שער טיטוס.

במשך הדורות היתה מנורת שבעת הקנים לאחד מסמלי העם היהודי, ועם קום מדינת ישראל אומצה כסמל המדינה. הבוטנאי ומייסד 'נאות־קדומים', נגה הראובני, מתאר במאמרו "כפתור ופרח במעשה המנורה" את מחקרי הוריו ד"ר אפרים וחנה הראובני ז"ל, אשר הציעו הקשר בוטני לדמיון שבין מנורת שבעת הקנים לבין מיני צמחים מסויימים בארץ ישראל וסביבתה, תוך הדגשת צמח המרווה ממשפחת השפתניים. כמו כן קיימת התייחסות ייחודית לצמח מורית ירושלים, שבהסתעפות ענפיו דומה לצורת המנורה, כפי שמופיע בתמונה 1. במרכז התמונה רואים אנו ציר מרכזי הנושא שישה ענפים צדדיים, שלשה מכל צד, כמצוי בדגם המנורה.

לאור דמיון זה, ובעקבות פעילותו של הגן *fa* (fasciculate) בפלפל, הגורם לריכוז פירות בצמרת הצמח, וכן בעקבות הסתעפות ענפים ייחודית בצמח זה,

מציע אני את הדמיון בין צמח הפלפל הנושא תכונות אלה, לבין מבנה המנורה, וזאת מתוך מבט אמנותי – גנטי גרידא, ללא קשר לעובדות ההיסטוריות, שכן צמח הפלפל עצמו, כידוע, לא הובא לאזורנו בימי קדם אלא שנים רבות לאחר מסעות קולומבוס.



תמונה 1. הצמח מוריית ירושלים, מהסוג מרווה *Salvia* (באדיבות נגה הראובני ו'נאות'קדומים')