

## שימוש בקלחי תירס מכלוא להוראת תורשה

נכתב ע"י תמי קפה אברמוביץ<sup>1</sup>.

התירס הוא אחד מהגידולים החשובים ביותר בעולם. בשל חשיבותו הכלכלית, הגנטיקה של התירס נחקרה לעומק. אמנם לוקח זמן רב לגדל כל צמח, וגם הגנום של התירס הוא גדול, אבל בזכות התכונות הפנוטיפיות (התכונות הבאות לידי ביטוי) של גרעיני התירס, ניתן להתגבר על המגרעות הללו: כל גרעין תירס מהווה למעשה את הדור הבא, וכך ניתן לזהות את ההורים. את התירס מכרים בצורה מלאכותית על ידי מברשת, לאחר שמונעים הפריה טבעית של הפרח על ידי כיסויו בשקית ניילון.

בניסוי שלפנינו, נבחן הכלאות שונות בתירס. הפנוטיפים אותם נבחן הנם צבע הגרעין של התירס (צהוב או סגול) והמרקם שלו (חלק או מקומט).

עליך לאסוף מידע לגבי מספר הגרעינים המבטאים פנוטיפים שונים, ואז, תוך הפעלת שיקולים הגיוניים, לשער מחו סוג ההכלאה שיצרה את התירס, ולאחר מכן לבחון את השערתך במבחן Chi ריבוע ( $\chi^2$ ). זהו מבחן סטטיסטי שיקבע האם השערתך נכונה. השערתך תהיה: האם התכונות מתנהגות כפי שצפוי מהן בהתבסס על חוקי מנדל לסרגציה שווה?

קיימים 4 פנוטיפים שונים: A סגול חלק, B סגול מקומט, C צהוב חלק ו-D צהוב מקומט.



דומיננטיים: P סגול, S חלק רצסיביים: p צהוב, s מקומט.

בטבלה 1 מוצגות הגמטות והגנוטיפים השונים בהכלאת הורים הטרוזיגוטיים PpSsX PpSs.

בטבלה נראים ארבעה פנוטיפים שונים המציגים את היחסים הבאים: 9/16 סגולים וחלקים (בתכלת), 3/16 סגולים ומקומטים (באדום), 3/16 צהובים וחלקים (בירוק), 1/16 צהובים ומקומטים (בצהוב). קיימים תשעה גנוטיפים שונים. הגמטות האפשריות רשומות בראש הטבלה ובטור השמאלי. הטבלה נקראת טבלת Punnett על שמו של ממציאה שפיתח את השיטה.

<sup>1</sup> ד"ר תמי קפה אברמוביץ, מורה לביולוגיה בב"יס נוה-שרה הרצוג, בני-ברק וסטודנטית בחוג להכשרת מורים, ביה"ס לחינוך, אוניברסיטת בר-אילן.

גמטות	PS	P <sub>s</sub>	pS	ps
PS	PPSS	PPS <sub>s</sub>	PpSS	PpS <sub>s</sub>
P <sub>s</sub>	PPS <sub>s</sub>	PPss	PpS <sub>s</sub>	Ppss
pS	PpSS	PpS <sub>s</sub>	ppSS	ppS <sub>s</sub>
ps	PpS <sub>s</sub>	Ppss	ppS <sub>s</sub>	ppss

טבלה 1: סך כל הגנוטיפים האפשריים בהכלאת הורים הטרוזיגוטיים PpSs X PpSs.

על מנת לבדוק האם היחסים המספריים שבידינו, מתאימים ליחסים המנדליאניים הרצויים, רצוי לבצע מבחן סטטיסטי שנקרא מבחן  $\chi^2$ . במבחן זה סטטיסטיקאים משתמשים על מנת לבחון האם היפותזה תתקבל או תידחה. נוסחת המבחן היא:  $\chi^2 = \sum (d^2/e)$ . כאשר d הוא הסטייה בין הערך הרצוי למצוי, e הוא הערך הרצוי. ברגע שיודעים מהו ערך  $\chi^2$ , משווים אותו לטבלה של ערכי  $\chi^2$ , ומשם מוציאים את ערך p שהוא ההסתברות שההיפותזה שנבחנה – היא נכונה, או, במקרה שלנו, מידת ההתאמה של יחסי הפנוטיפים שנצפו, ליחס רצוי מסוים. לשם קביעת ערך ה-p יש לדעת כמה דרגות חופש קיימות. במקרה שלנו, זהו מספר סוגי הפנוטיפים מינוס 1, כלומר, 3.

דוגמא: לקלח תירס יש 381 גרעינים, כאשר 216 מהם סגולים וחלקים, 79 סגולים ומקומטים, 65 צהובים וחלקים ו-21 צהובים ומקומטים. לפניך טבלה ובה הוכנסו, בין השאר, הנתונים הללו.

המטרה: אנו מעוניינים לדעת האם הפנוטיפים שנצפו על גבי התירס, מתאימים להכלאה של שני הטרוזיגוטים זה בזה, כלומר, של PpSs X PpSs. מכיוון שידוע שהכלאה שכזו מניבה יחס צאצאים, במקרה הזה גרעינים, מסויים, של 9:3:3:1, ננסה לבדוק האם היחס אותו קיבלנו, כלומר, הנצפה, אכן תואם את היחס האידיאלי הנ"ל.

הפנוטיפ	מספר נצפה:	יחס נצפה: (חלוקת מספר נצפה במספר הנמוך ביותר הנצפה)	יחס צפוי	מספר צפוי	[מספר נצפה - מספר צפוי] <sup>2</sup> ÷ מספר צפוי
סגול וחלק	216	10.3	9	381 x 9/16 = 214	2 <sup>2</sup> ÷ 214 = 0.019
סגול ומצומק	79	3.8	3	318 x 3/16 = 71	8 <sup>2</sup> ÷ 71 = 0.901
צהוב וחלק	65	3.1	3	381 x 3/16 = 71	6 <sup>2</sup> ÷ 71 = 0.507
צהוב ומקומט	21	1.0	1	381 x 1/16 = 24	3 <sup>2</sup> ÷ 24 = 0.375
סה"כ:	381			ערך $\chi^2$ :	1.80

טבלה 2: דוגמה לחישוב ערך  $\chi^2$ .

מספר דרגות החופש (df) :  $4-1=3$ . בטבלה הבאה (טבלה מספר 3) עליכם למצוא מספר בשורה 3, הקרוב ביותר למספר שמצאנו, 1.80. הערך הקרוב ביותר הנו 1.85. לכן פונים לראש הטבלה ומוצאים מהו הערך של הסיכוי,  $\alpha$ . במקרה שלנו – הערך הוא 0.60. לכן ההסתברות שההיפותזה אינה נכונה היא 0.4 כלומר 40% וההשערה תתקבל, כלומר, ההורים אכן היו הטרוזיגוטים לשתי התכונות שנמדדו והיחס של גרעיני התירס קרוב מספיק ליחס הצפוי, האידיאלי, של 9: 3: 3: 1.

Df דרגות חופש	התאמה טובה בין קלח למידע							התאמה גרועה	
	.90	.70	.60	.50	.30	.20	.10	.05	.01
1	.02	.15	.31	.46	1.07	1.64	2.71	3.85	6.64
2	.21	.71	1.05	1.39	2.41	3.22	4.60	5.99	9.21
3	.58	1.42	1.85	2.37	3.66	4.64	6.25	7.82	11.34
4	1.06	2.20	2.78	3.36	4.88	5.99	7.78	9.49	13.28

טבלה 3: הסתברות של ערכי  $\chi^2$ .

#### פתרו את הבעיה הבאה:

בתירס שלפניכם, ספרו כמה גרעינים הנם: סגולים וחלקים, סגולים ומקומטים, צהובים וחלקים וצהובים ומקומטים. מלאו את הערכים בטבלה שלפניכם, בטור של מספר נצפה. בטור של יחס נצפה חלקו את המספר הנצפה בערך הנמוך ביותר בטור המספר הנצפה.

**השערתכם:** קלח התירס שלפניכם נוצר ע"י הכלאה דיהיברידיית בה מעורבים שני זוגות של גנים הטרוזיגוטיים. לכן היחס הצפוי הנו 9: 3: 3: 1. לכן היחס הצפוי הנו 9: 3: 3: 1. (ייתכנו כמובן גם יחסים שונים כגון 1: 1: 1: 1 שנוצר כתוצאה מהכלאת מבחן בה הטרוזיגוט מוכלא עם הומוזיגוט רצסיבי.  $PpSs \times ppss$ ).

מטרתכם : לבחון את ערכי  $\chi^2$  ולאשר או לסתור את היחס הנ"ל. מלאו את הטבלה הבאה בדומה לטבלה מסי 2 וענו על השאלות שלאחריה.

הפנוטיפ	מספר נצפה:	יחס נצפה : (חלוקת מספר נצפה במספר הנמוך ביותר הנצפה)	יחס צפוי	מספר צפוי	[מספר נצפה - מספר צפוי] <sup>2</sup> / מספר צפוי
סגול וחלק			9		
סגול ומצומק			3		
צהוב וחלק			3		
צהוב ומקומט			1		
סה"כ:				עיד $\chi^2$ :	

שאלות:

ערך  $\chi^2$  הוא:

מספר דרגות החופש הנו:

הערך המתאים בטבלה מסי 3 הוא:

לכן ההשערה שלנו: נדחית / מתקבלת (מחק את המיותר).

החומר עובד מתוך האתרים:

<http://waynesword.palomar.edu/lmexer4.htm>

<http://www.grisda.org/tstandish/teachers/labs/corngen.doc>

ניתן להזמין קלחי תירס בהשאלה מהמרכז לפיתוח ותמיכה במעבדות בתי ספר, בביה"ס לחינוך, אוניברסיטת בר-אילן, רמת גן 52900. 03-5318751

<http://www.biu.ac.il/SOC/se/biocenter/index.html>

סוג הקלחים האפשריים הן הכלאות מונוהיברידיות ביחסים של 1:1, או 1:3, או דיהיברידיות ביחסים של 1:1:1:1, ו-1:3:3:9.