



מבוא לגנטיקה בגופים

ד"ר גל הרצוג¹

¹סניפירים- חוות גידול דגי נוי, קיבוץ חפץ חיים. 050-5966801
Snapirimfarm@gmail.com

הוגש לפרסום: 23/05/15

הקדמה:

דגמי ביטוי גנים

טענו כי גנים הם הקובעים את תכונות הדג (תוך התעלמות מההשפעה הסביבתית, לצורך נוחות). קבענו גם שלגן מסוים ישנם שני עותקים (אללים), האחד מורש מהאב, והאחר מהאם. אם נניח שלגן מסוים יתכנו שני מופעים שונים, האחד נציין כ 'A' והאחר כ 'a', יתכנו שלוש אפשרויות גנטיות בייצור: AA, Aa ו-aa. במקרה ששני העותקים (אללים) של הגן הם זהים (aa או AA בדוגמה שלנו), נכנה את המצב 'הומוזיגוטיות'. מצב בו עותקי הגן שונים (Aa) מכונה הטרוזיגוטיות.

דג הגופי (*Poecilia reticulata*) משמש מזה זמן רב כמודל גנטי לחקר הורשה. ככל מודל נחקר, עם הזמן התגלה מידע רב על הבסיס הגנטי לצבעיו של הדג והנחו יסודות להשבתתו הגנטית באמצעות סלקציה. במאמר זה, נשתמש במושגי יסוד מעולם הגנטיקה הקלאסית, על מנת לתאר קווים אחדים מתוך אלפי קווי הגופי הנמצאים כיום בשוק. המאמר הינו מאמר כללי בלבד, לקריאה נוספת ומעמיקה הרבה יותר אנו ממליצים על [1] ועל [10].

גנים ויחסי הגומלין בניהם

יחסי דומיננטיות

אם כן, כיצד יראה צאצא הומוזיגוט או הטרוזיגוט לגן מסוים?

התשובה תלויה בטיב הגן. גן דומיננטי הוא גן בו אלל אחד מספיק כדי לקבל את הפנוטיפ. גן רצסיבי הוא זה אשר דרושים שני אללים ממנו על מנת לקבוע את הפנוטיפ.

על מנת להמחיש את הרעיון, ניתן דוגמה: גן לצבע אלבינו מוגד כ aa. גן לצבע אפור (נורמלי) מוגדר כ AA. אם ניקח אב אלבינו (הומוזיגוט aa) ואם אפורה (הומוזיגוטית AA) ונכליא בניהם, נקבל בהכרח צאצאים Aa (הטרוזיגוטים), אשר קיבלו עותק אחד מהאב ואת העותק האחר מהאם. עד כאן תארנו את מצב הגנים בייצור (או 'גנוטיפ'). כאשר נתבונן במופע הצבעים בצאצא (פנוטיפ) נראה שכולם אפורים, זאת כיוון שהאלל האפור A דומיננטי על האלל הרצסיבי a. בגלל ש a הוא רצסיבי, רק כאשר נקבל ייצור עם aa- הפנוטיפ יהיה אלבינו. במצב Aa או AA- נקבל צאצאים אפורים בלבד.

גן הינו יחידת מידע המועברת מאורגניזם לצאצאיו באמצעות החומר התורשתי. המידע הטמון בגנים קובע את תכונותיו של האורגניזם. הגנים מכילים את "הוראות הייצור" לחלבוני התא, ובכך אחראים לקביעת רובן המוחלט של תכונות האורגניזם. במאמר זה ניתן דגש מיוחד לגנים הקובעים את צבעי גופו של דג הגופי. כל גן מורכב משני עותקים (המכונים אללים), האחד מורש מהאב, והאחר מהאם. אומנם אנו מייחסים תכונה זאת או אחרת בדג לגנים שלו (אם לרגע נתעלם מההשפעה הסביבתית), אך חשוב גם להתייחס ליחסי הגומלין בין הגנים עצמם (אפיסטטיות). ההשפעות ההדדיות בין גנים מתארות מצב מורכב בו צבע הדג אינו נקבע ע"פ הגנים המורשים בלבד אלא גם ע"פ ההשפעה ההדדית של גנים מסוימים על אחרים.



סנפירים
חנות גדולה דגני בני

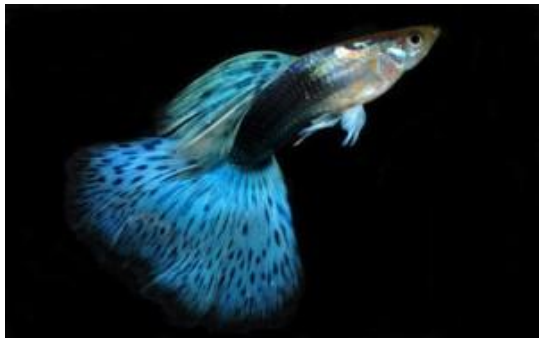
רובי-בלונד Red Blond Guppy (תמונה 2)

גם מוטציית הבלונד או הגולד (כמו שמכונה בארה"ב) מתארת פגיעה בייצור המלנין כמו שתואר במוטציית האלבינו, אך כאן מדובר בפגיעה חלקית. צבע הרקע בדג הוא צהוב ומלווה בצבעי צהוב נוספים או אדום. יש לשים לב שהעיניים של קו זה הם שחורות ולא אדומות כמו בקו האלבינו. [4]



גופי כחול Blue Guppy (תמונה 3):

גופי בעל צבע רקע כחול-כסוף. הם חסרי יכולת לייצר את הצבע האדום והצהוב. אלה גופים פחות נפוצים. טווח הצבעים בגופי זה הוא גדול ונע בין כחול שמים ועד כחול כהה [3]



גופי אדום מלא All red guppy (תמונה 4)

בעל צבע אדום אחיד לאורך כול הגוף, גם בבטן. הקו הזה פותח ע"י אד כיאזון לאחר 10 שנים של סלקציה [5].

אם כן, כיצד נקבל צאצאים אלבינו מצאצא אפור Aa? נבצע הכלאה מחזירה (Backcrossing). אם ניקח את הצאצא ההטרוזיגוטי האפור שקיבלנו קודם (Aa) ונכליא אותו בחזרה על ההורה האלבינו (aa), נקבל צאצאים בעלי שני מופעים: Aa (הטרוזיגוט אפור- מחצית מהצאצאים) וצאצאים aa (הומוזיגוט אלבינו- מחצית מהצאצאים). באמצעות מספר רב של הכלאות מחזירות שכאלה ניתן "לנקות" גנוטיפ ולהישאר עם תכונה רצסיבית מבוקשת וקבלת קו גופים נקי.

חשוב לציין כי מופע האלבינו של גן, מתאר סטייה של הטבע מהמצב הנורמלי בו עור הדג בצבע אפור. זוהי למעשה מוטציה. היא מעניינת אותנו במיוחד כיוון ששינוי שכזה בגנוטיפ מוביל לפנוטיפ ברור. נתאר בהמשך מספר מוטציות או גנים מעניינים המשפיעים על צבעי הדג [2].

מוטציות רצסיביות בגופים

אלבינו Albino (תמונה 1)

הגן הפגוע מוביל לפגיעה בייצור המלנין בעור הדג (הפיגמנט הכהה). בשל מחסור חמור במלנין גופים אלה בעלי צבע לבן, עיניים אדומות וחסרי כל גוון כהה בעור. הצבעים המצטרפים בד"כ למוטציה זו הם אדומים או צהובים. גן האלבינו פוגע קשות ביכולת הראיה של גופים, במיוחד בצאצאים הצעירים, לכן יש לבודד אותם מהבוגרים, מוקדם ככל הניתן על מנת שלא יאכלו [3].





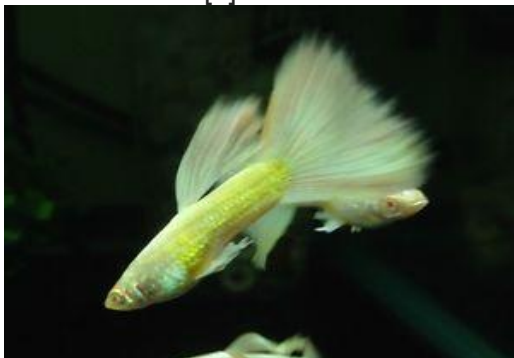
יפני כחול Japan blue (תמונה 7):

מחציתו האחורית של הזכר בצבע כחול מבריק. בדומה לעור הנחש, הכלאה של זכר יפני כחול עם נקבה תוביל לצאצא עם צבע כחול על מחציתו האחורית. מעניין לציין שנקבות גופי יפני כחול מעדיפות להזדווג עם זכרים בהם הצבע הכחול שולט על חלק נכבד יותר של גופם [8].



גופי פלטינום (תמונה 8):

המוטציה מובילה ל צבע זהוב מטאלי באזור הראש. פותח במקור במטרה ליצור זנב משולש. [3]



חרב כפולה Double sword tail (תמונה 5)

זהו גן רצסיבי (בניגוד למתואר במספר מאמרים אחרים). בהכלאה בין נקבת גופי חרב כפולה לבין זכר זהה, יתקבלו בד"כ צאצאים בעלי זנב משולש. למעוניינים בפירוט כיצד פותח הזן: vienna-emerald swordtail [6].

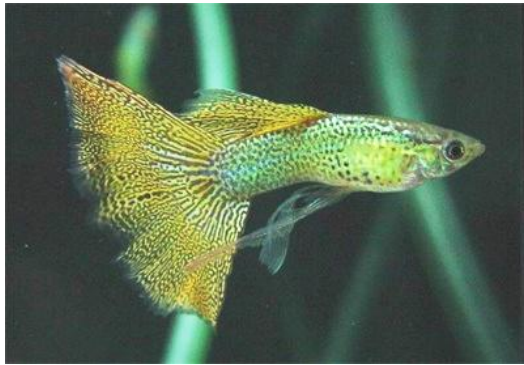


גנים אחוזים למין

לנקבות גופי, בדומה לבני אדם, שני כרומוזומים מסוג X (גנוטיפ XX), בעוד לזכרים כרומוזום אחד מסוג X והאחר מסוג Y (גנוטיפ XY). חלק גדול מהמוטציות הנפוצות ביותר בגופים ממוקמות על כרומוזום Y ולכן מורשות מהאב. נביא מספר דוגמות לגנים הקשורים לצבע ומקורם בכרומוזומי המין.

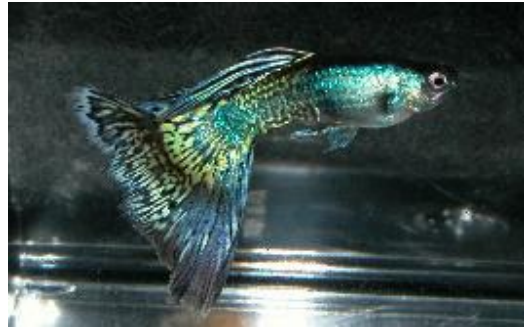
גופי עור נחש (קובריה) Snakeskin Guppy (תמונה 7)

זהו גן אשר בד"כ מורש מהאב (ממוקם ע"ג כרומוזום Y). הפנוטיפ: גוף צהוב המעוטר בפסים דקיקים (יתכן גם מופע אדום). הגן דומיננטי ולכן הכלאה עם זכר עור נחש יתבטא בד"כ בצאצאים הזכריים בפנוטיפ עור נחש [7].



ראש מטאלי Metal head (תמונה 9):

גופי בעל ראש בצבע כחול עמוק. הזן פותח לראשונה במוסקבה בשנות ה-80. במקור, בעל ראש כחול וגוף "עור נחש". זאת המוטציה המקורית של הזן "מוסקבה כחול". הגופי נושא את התכונה ע"ג כרומוזום Y.



גנים המורשים מהאם ומהאב

טוקסידו אדום Red Tuxedo Guppy (תמונה 12):

הפנוטיפ המעניין הזה נוצר בצאצא מהכלאה בין נקבה חצי שחורה וזכר אדום. כך, הצבע השחור מורש מהאם והסנפירים האדומים מהאב. צאצא נקבי של טוקסידו אדום יתכן ויכיל כתמים סגולים או כחולים בנוסף לצבע האדום בסנפיר. ישנם קווים בעלי שילוב צבעים שונה [3].

גנים המורשים מהאם:

גופי חצי שחור Half black (תמונה 10):

הגן מוביל לצבע שחור חזק במחצית הגוף האחורית. המטרה של רב המטפחים היא להגיע לצבע שחור בכל הגוף, ללא צבעים משניים. רב הגופים השחורים בגודל בינוני-קטן [3].



גופי נמר Leopard guppy (תמונה 14):

הקו הזה נוצר כתוצאה מהכלאה בין זכר "עור נחש" ונקבה "חצי שחורה". כתמים ע"ג הזנב והסנפירים.



גופי תחרה (תמונה 11):

אומנם הגן בעצמו אינו מוביל לצבע, אך מסוגל להשפיע על הגן ל"עור נחש" (המורש מהאב). ההשפעה ההדדית בין הגנים הללו היא דוגמה לאפיסטזיס המובילה לדגם עור נחש יותר עדין [3].





גופי מוסקבה כחול Blue Moscow (תמונה)
:16

גופי בעל צבע כחול. נוצר כתוצאה מהכלאה בין זכר "ראש מתכת" ונקבת גופי כחול. הכלאה של נקבות מוסקבה כחול עם זכרים כמו יפני כחול, מוביל לתוצאות מרשימות ביותר [9]

מקורות מידע:

1. Klee AJ., **Genetics of the Guppy (1964)** *The Aquarium magazine*.
2. Genetics/Crosses by Tom Allen
<http://www.guppychicago.org/articles/geneticcrosses-by-tom-allen/>
3. Shaddock P. **Deciphering the galaxy guppy phenotype** (2011) AACL Bioflux, Vol 4. Issue1
4. Guppies.com: <http://www.guppies.com/forums/showthread.php/19812-What-is-the-genetic-difference-between-albinos-and-blonde-guppies>
5. Ed Chiasson website: <http://www.fullredguppy.com/>
6. <http://swordtailguppies.blogspot.co.il/2011/02/creating-strain-of-vienna-emerald.html>
7. Guppywest.com : <http://www.guppywest.com/snakeskin.htm>
8. Sathyan R and Couldridge VSC Female preference for blue in Japan blue guppies (*Poecilia reticulata*) (2013) *Environmental Biology of Fishes*, Vol. 96, Issue 8, pp 953-95
9. <http://www.guppychicago.org/guppy-types/>
10. Shaddock P., **Genetics Primer- An introduction to guppy genetics for the absolute beginner**. For: www.guppydesigner.com