

מוטציות צבע בגולדיאנים

קובץ, תורגם ונערך על ידי תומר ג. ©

גנטיקה בסיסית

ברוב מיני החיות, כולל ביונקים ובציפורים, עובדת היותך זכר או נקבה נקבעת על פי כרומוזומי המין.

בבני אדם כרומוזומי המין כוללים שני סוגים הנקראים X ו-Y. אם יש לך שני כרומוזומי X (XX) את נקבה, אך אם יש לך X ו-Y (XY) הרי אתה זכר. נוכחות כרומוזום ה-Y היא זו הקובעת את המין. שלא כמו שאר הכרומוזומים, זוג כרומוזומי ה-X וה-Y נראים שונים לחלוטין זה מזה, ולמעשה כרומוזום ה-Y הוא קצר ונושא בעיקר את "הגבריות" ולא הרבה מעבר לכך. משמעות הדבר כי בזכר כמעט כל אלל (allele) הנישא על כרומוזום X יבוא לידי ביטוי מבלי קשר להיותו דומיננטי או רצסיבי, מכיוון שאין לו בן זוג בכרומוזום ה-Y.

זכרים לעולם יורשים את כרומוזום ה-Y מאביהם (זכר - XY), שכיוון שלאיים (נקבה - YY) אין כרומוזום X להוריש. כמו כן, כרומוזום ה-X חייב לבוא מהאם, מכיוון שכרומוזום ה-Y חייב היה לבוא מהאב (לאם אין Y להוריש).

במספר בעיות גנטיות הגן הפגום יושב על כרומוזומי המין. בעיות אלו נפוצות יותר בזכרים מכיוון שאם באלל הפגום יושב על כרומוזום ה-Y, אין בכרומוזום ה-X אלל מקביל תקין לפצות על הפגם. בנקבות לעומת זאת נדרש פגם בשני האללים בכדי להביא פגם רצסיבי לידי ביטוי.

מינוחים

קשור מין רצסיבי (sex linked recessive) – תכונות קשורת מין רצסיביות הן אלו הנישאות על כרומוזומי ה-X והמחייבות שני אללים פגומים בנקבה על מנת לבוא לידי ביטוי בפנוטיפ (מופע) שלה.

קשור מין דומיננטי (sex linked dominant) – מספיק אלל פגום אחד בנקבה על מנת שהתכונה תבוא לידי ביטוי בפנוטיפ.

בלתי תלוי מין רצסיבי (autosomal recessive) – האלל נמצא על כרומוזומים

הגולדיאנים מצטיינים במגוון הצבעים והצירופים המתקבלים בציפורים השונות. מוטציות הצבע מוגדרות לפי שלושה אזורים עיקריים: ראש, גוף וחזה. חלק מן המוטציות, כגון צבע ראש, נשלטות באופן עצמאי ולא משפיעות על צבע אזורי גוף אחרים. מנגד מוטציות אחרות, כגון צבע הגוף, יכולות להגיב עם מוטציות אחרות ליצירת צבעים ייחודיים לכל צירוף.

הבנת הצבע בגולדיאנים

הגורמים לצבע בגולדיאנים

קבלת הצבע בגולדיאנים (כמו גם בציפורים אחרות) מתקבלת בשתי דרכים: בעזרת פיגמנטים הטבועים בנוצות, וכתוצאה ממבנה הנוצות המשנה את תכונות האור המוחזר.

לגולדיאנים ארבעה פיגמנטים בלבד:

- שניים ממשפחת ה-melanins:
 - **Eumelanin** – הפיגמנט השחור
 - **Phaeomelanin** – צבע חום אדמדם
- שני הפיגמנטים האחרים הינם carotenoids, ומגיעים ממקורות אוכל שונים:
 - **Lutein** – ה- carotenoid הזהוב, מספק ישירות מהמזון ונאגר בנוצות
 - **Canthaxanthin** – ה- carotenoid האדום, נוצר מה-lutein.

הסוג השני של צבעים הינו מבני, ונובע מהתכונות האופטיות של הנוצות והשפעתו על הדרך בה הנוצות מחזירות את האור. הצבע הכחול בגולדיאנים מתקבל באופן זה.

ניתן להבחין בארבעה אזורי ניצוי האחרים לצבעים / מוטציות השונים: ראש, גב/בסיס הכנפיים, חזה ואיזור הבטן.

של מבנה הנוצה נמצא על כרומוזום Z ולכן המוטציה תלויה במין.

צבע הגב והבטן

הנוצות הירוקות האופייניות לצורה ה-"נורמלית" של הגולדיאן הן נוצות מבניות, הכוללות מרכז המכיל את ה-vacuoles ו-eumelanin שחור, איזור ספוגי ומעטפת המכילה luteine צהוב. הצבע הירוק מתקבל כתוצאה מבליעת אור היום ב-eumelanin, יצירת הצבע הכחול כתוצאה מהתגובה בין האור לאזור הספוגי בנוצה, והשתקפות האור הכחול הנוצר במעטפת המכילה luteine צהוב.

הצבע הצהוב מתקבל כאשר חסר eumelanin שחור, כך שהאור לא נבלע, אלא מוחזר מיידית על ידי המעטפת המכילה luteine צהוב.

הצבע הכחול מתקבל כאשר חסר luteine צהוב אך ה-eumelanin השחור נמצא, ונוצר הצבע הכחול. הסיבה לצבע הכחול היא פגם גנטי המונע מהציפור מלייצר carotenoids, וכתוצאה מכך הן חסרות הצבעים האדומים והצהובים. הגן נמצא על כרומוזום שונה מכרומוזומי המין ולכן מוטציה זו אינה מותנה מין (autosomal), ויכולה לבוא בשילובים שונים עם צבעי גוף, ראש, חזה ובטן. המוטציה הינה רצסיבית ובאה לידי ביטוי רק במידה ושני הגנים בציפור פגומים.

הנוצות הצהובות בבטן חסרות את ה-eumelanin כך שהאור לא נבלע, אלא מוחזר על ידי המעטפת. בציפור כחולה החסרה גם את ה-luteine הצהוב, צבע נוצות החזה הינו לבנבן, כאשר מעט הצבע הנותר מקורו בכמויות שוליות של luteine. כמויות שוליות אלו הן גם האחראיות לגוון של הראש בציפורים בעלות ראש אדום או צהוב.

צבע החזה

הצבע הסגול הוא תוצאה של מעבר האור באזור הספוגי של הנוצה יחד עם השפעת ה-phaeomelanin הנמצא מתחת לאזור הספוגי בנוצה, כמו גם בקצוות. מתחת לאזור הסגול ניתן למצוא אזור חום. בסיס הנוצה מכיל מעט eumelanin. בנקבות תפקיד האזור הסגול מצומצם, בעוד לאזור החום יש יותר השפעה, דבר המוביל לצבע הבהיר יותר בנקבות.

המוטציות של חזה לילך וחזה לבן נובעות ממוטציה המשבשת או מונעת את ייצור ה-

(outosomes), התכונה דורשת אלל פגום בשני הגנים על מנת לבוא לידי ביטוי בפנוטיפ.

בלתי תלוי מין דומיננטי (autosomal dominant) – האלל נמצא על כרומוזומים אחרים מכרומוזומי המין (outosomes). מספיק אלל פגום באחד משני הגנים על מנת לבוא לידי ביטוי בפנוטיפ.

בלתי תלוי קו-דומיננטי (co dominant) – מצב בו שני האללים של הגן באים לידי ביטוי.

נישא (split) – מצב בו תכונה רצסיבית קיימת באחד האללים, אך לא באלל השני. במצב זה התכונה לא תבוא לידי ביטוי, אך עשויה לבוא לידי ביטוי בדור הבא.

גנטיקה בציפורים

Z ו-W מציינים את כרומוזומי המין בציפורים (בדומה ל-X ו-Y ביונקים). בציפורים, הזכר הוא בעל שני הגנים הזחים (ZZ) בעוד הנקבה שני גנים שונים (ZW) (בניגוד ליונקים).

בזיהוי הציפורים אנו נוטים להתייחס לגנוטיפ (genotype) – המבנה הגנטי של הציפור, ולפנוטיפ (phenotype) – המופע של הציפור. בהמשך מוסבר כיצד ה-phenotype השונים נוצרים על ידי ה-genotypes השונים, או במילים אחרות: כיצד המופע של הציפור נקבע על ידי המבנה הגנטי שלה. באופן זה ניתן גם לחזות את התוצאה של זיווגים בין genotypes או phenotypes שונים, ולקבל את ההסתברויות למוטציות השונות.

צבע הראש

צבע הראש האדום נוצר על ידי canthaxanthine בנוצות. כאשר ייצור ה-canthaxanthine המופרע, התוצאה היא החלשה של הצבע המובילה לנוצות כתומות (ראש צהוב). מוטציה זו המובילה להפרעה ביצור ה-canthaxanthine נמצאת על כרומוזום שאינו Z או W, ולכן אוטוסומאלית ורצסיבית לראש אדום.

צבע הראש השחור נוצר על ידי eumelanin בנוצות. הנוצות עצמן פחות מפותחות מהנוצות של צבע הראש האדום, וחסרות את החלק העליון אשר בו נמצא ה-canthaxanthine המוביל לצבע האדום. הגן המוביל למוטציה זו

phaeomelanin, וכתוצאה מכך גורמת להבהרת החזה.

צבע הראש

לגולדיאנים שלושה צבעי ראש: אדום, שחור וצהוב.

ראש אדום

ראש אדום (Read Head – RH) היא תכונה דומיננטית הקשורה למין. זכרים הנושאים תכונה זו יכולים להיות double factor (DF) או single factor, בעוד הנקבות יכולות להיות single factor בלבד, ובכל מקרה התכונה תבוא לידי ביטוי.

ראש שחור

ראש שחור (Black Head – BH) היא תכונה רצסיבית הקשורה למין. זכרים הנושאים תכונה זו יכולים להיות double factor (DF) או single factor, ותבוא לידי ביטוי, או single factor ואז יהיו נושאים של התכונה. הנקבות יכולות להיות single factor בלבד, ובמקרה זה התכונה תבוא לידי ביטוי.

ראש צהוב

ראש צהוב (Yellow Head – YH) היא תכונה רצסיבית אוטוסומאלית, אך מחייבת נוכחות של גן ראש אדום אחד לפחות כדי לבוא לידי ביטוי. ציפורים (זכרים או נקבות) הנושאות תכונה זו יכולים להיות double factor (DF) או single factor, ואז אם הציפור נושא גן אדום התכונה תבוא לידי ביטוי, בעוד שציפור שאינה בעלת גן ראש אדום תהיה בעלת ראש שחור, אך בעלת קצה מקור צהוב (yellow tipped beak – YTB). כמו כן הציפור יכולה להיות single factor, ואז תהיה נושאת של התכונה. הנקבות יכולות להיות single factor בלבד, ובמקרה זה התכונה תבוא לידי ביטוי.

צבע החזה

לגולדיאנים שלושה צבעי חזה: סגול, לילך ולבן. לפי הידוע כל הצבעים נובעים מואריאציות שונות (alleles) של אותו גן הקובע את צבע החזה.

חזה סגול

חזה סגול (Purple Breast – PB) היא תכונה דומיננטית אוטוסומאלית. חזה סגול דומיננטי לחזה לילך וחזה לבן. ציפורים (זכרים או נקבות) הנושאות תכונה זו יכולים להיות double factor (DF) או single factor (SF). בשני המקרים לציפור יהיה חזה סגול. חזה סגול יכול להופיע עם כל קומבינציה של צבע ראש וצבע גוף.

חזה לילך

חזה לילך (Lilac Breast – LB) היא תכונה רצסיבית אוטוסומאלית. חזה לילך רצסיבי לחזה סגול אך דומיננטי לחזה לבן. ציפורים (זכרים או נקבות) הנושאות תכונה זו יכולים להיות double factor (DF) ואז המופע יהיה של חזה לילך. במקרה של single factor (SF) הציפור תהיה גם single factor לחזה סגול ואז המופע יהיה חזה סגול, או single factor נשא לחזה לבן ואז המופע יהיה חזה לילך. חזה לילך יכול להופיע עם כל קומבינציה של צבע ראש וצבע גוף, למעט זכרים מדוללים (diluted) ופסטל, אשר המופע מותנה בחזה סגול.

חזה לבן

חזה לבן (white Breast – WB) היא תכונה רצסיבית אוטוסומאלית. חזה לבן רצסיבי לחזה סגול ולחזה לבן. ציפורים (זכרים או נקבות) הנושאות תכונה זו יכולים להיות double factor (DF) או single factor, ואז המופע יהיה של חזה לבן, או single factor (SF) והציפור תהיה נושאת לחזה לבן, מבלי לבטא תכונה זו. חזה לבן יכול להופיע עם כל קומבינציה של צבע ראש וצבע גוף, למעט זכרים מדוללים (diluted) ופסטל, אשר המופע מותנה בחזה סגול.

צבע הגוף

לגולדיאנים שלושה צבעי גוף בסיסיים: ירוק, צהוב וכחול, ובנוסף מספר צבעים הנובעים משילוב של הצבעים הבסיסיים: כסף (silver) לנקבות, ומדולל (diluted), פסטל (pastel) וכסף (silver) לזכרים¹. צבע הגוף עשוי

¹ קיים עירוב מונחים בכלל ובתרגום לעברית בפרט. רבים מהמגדלים משתמשים במינוח פסטל ל-diluted ו-pastel ביחד.

אך מכיוון שהגן הכחול מדכא את הביטוי של אדום וצהוב, ציפור בעלת ראש אדום או צהוב תראה כבעלת ראש ורדרד וגוף תחתון לבנבן.

גוף מדולל (diluted) (לפעמים נקרא ירוק פסטל SF)

גוף מדולל הוא התוצאה של שילוב גן ירוק וגן צהוב בציפור בעלת חזה סגול. היות ונדרשים שני גנים מותני מין לשם כך, מופע זה קיים בזכרים בלבד. זכר מדולל לא יכול להיות בעל חזה לבן (מכיוון שאז יהיה בעל מופע צהוב), אבל יכול להיות נשא לחזה לבן, מכיוון שהגן הצהוב מדכא את הצבא השחור והגן הירוק מעוות את המופע של הגן הצהוב, כך שאזורים אשר היו שחורים בציפור ירוקה יופיעו אפורים ולא לבנים.

גוף פסטל (pastel) (לפעמים נקרא גם blue pastel)

גוף פסטל הוא תוצאה של שילוב שלוב גן צהוב מותנה מין, גן ירוק מותנה מין, ו-DF לגוף כחול בלתי מותנה במין בציפור בעלת חזה סגול. היות ונדרשים שני גנים מותני מין לשם כך, מופע זה קיים בזכרים בלבד. זכר פסטל לא יכול להיות בעל חזה לבן (מכיוון שאז יהיה בעל מופע כסוף), אבל יכול להיות נשא לחזה לבן, מכיוון שהגן הצהוב מדכא את הצבא השחור והגן הירוק מעוות את המופע של הגן הצהוב, כך שאזורים אשר היו שחורים בציפור ירוקה יופיעו אפורים ולא לבנים. בנוסף הגן הכחול מדכא צבעים אדומים וצהובים, כך שאזורים אשר היו אדומים או צהובים יופיעו כורדרדים / לבנבנים בהתאמה.

גוף כסוף (silver)

גוף כסוף הוא תוצאה של שילוב שלוב גנים צהובים עם גנים כחולים. ציפור כחולה צהובה גנטית תהיה בעלת מופע כסוף. זכר SF צהוב DF כחול יראה כסוף רק עם חזה לבן, אחרת יראה פסטל. מכיוון שהגן הצהוב מדכא את הצבא השחור והגן הכחול מדכא צבעים אדומים וצהובים, כל הגוף של הציפור נראה לבן או כמעט לבן. הצבע הסגול של החזה אינו מושפע, וציפורים בעלות ראש אדום או צהוב יופיעו עם ראש ורדרד. לכן, הדרך לקבל ציפור כמעט לבנה היא מציפור כחולה בעלת ראש שחור, חזה לבן, וגנים צהובים. בכדי לקבל את הצבע היפה ביותר בזכרים רצוי שיהיו DFYB.

גוף ירוק

גוף ירוק (Green Body) היא תכונה קו-דומיננטית התלויה במין. גוף ירוק מושפע מנוכחות מוטציה לגוף צהוב אשר גם הוא תלוי במין, ודומיננטי לגוף כחול אשר אינו תלוי במין (autosomal). זכרים הנושאים תכונה זו יכולים להיות double factor (DF) או single factor (SF) (עם SF צהוב), בעוד הנקבות הינן SF בלבד. גוף ירוק יכול להופיע עם כל צבע ראש או חזה. בזכרים בעלי SF לירוק ו-SF לצהוב ובעלי חזה סגול, הצבע יראה כמדולל. לעומת זאת, אם צבע החזה הינו לילך או לבן הזכר יהיה בעל מופע צהוב ויהיה נשא לירוק.

גוף צהוב

גוף צהוב (Yellow Body) היא תכונה קו-דומיננטית התלויה במין. גוף צהוב מושפע מנוכחות מוטציה לגוף ירוק אשר גם הוא תלוי במין, ודומיננטי לגוף כחול אשר אינו תלוי במין (autosomal). זכרים הנושאים תכונה זו יכולים להיות double factor (DF) או single factor (SF) (עם SF ירוק), בעוד הנקבות הינן SF בלבד. גוף צהוב יכול להופיע עם כל צבע ראש או חזה. בזכרים בעלי SF לירוק ו-SF לצהוב ובעלי חזה סגול, הצבע יראה כמדולל. לעומת זאת, אם צבע החזה הינו לילך או לבן הזכר יהיה בעל מופע צהוב ויהיה נשא לירוק. הגן הצהוב מדכא את הצבע השחור, ולכן כל איזור אשר היה שחור בציפור ירוקה יופיע כלבן או אפרפר בציפור צהובה. לכן ציפורים בעלות ראש שחור (גנטי) וגוף צהוב יהיו בעלות ראשים לבנים או אפרפרים.

גוף כחול

גוף כחול (Blue Body) היא תכונה היא תכונה רצסיבית אוטוסומאלית. ציפורים (זכרים או נקבות) הנושאות תכונה זו יכולים להיות double factor (DF) ואז המופע יהיה של גוף כחול. במקרה של single factor (SF) (SF) הציפור תהיה נשאית לגוף כחול. גוף כחול יבוא לידי ביטוי רק בציפור הנושאת גנים ירוקים בלבד (התלויים במין) היא גם DF לגן כחול. גוף כחול יכול להופיע עם כל צבע ראש או חזה,

