

סמנים גנטיים מולקולריים – פריצת דרך בטיפוח בעלי חיים

י. הלל¹, א. הברפלד¹, ד. קלי², י. פלוצקי¹, א. לביא³

¹ היחידה לגנטיקה והשבחה של בע"ח, הפקולטה לחקלאות של האוניברסיטה העברית, רחובות, ² השרות להזרעה מלאכותית, ³ המחלקה לגנטיקה וטפוח מטעים, מכון וולקני.

חלב לבין גנוטיפ גרוע, ניתן יהיה לעמוד על הפוטנציאל הגנטי של הפר באופן ישיר.

משך דור ארוך. כדי לאמוד את הערך הטיפוחי של פרים יש צורך להתבסס על ביצועי קרובות משפחה, או על הערך הטיפוחי של קרובי משפחה. אומדן אמין חייב להיות מבוסס על מדגמים גדולים ולכן, יש צורך למדוד את תנובת החלב של מספר רב של בנות מכל פר במבחן. מכאן שמשך הדור הוא ארוך ונמשך שש שנים ויותר. מכיוון שההתקדמות הגנטית תלויה באופן פרופורציוני הפוך במשך הדור, הרי שקיצור משך הדור משש שנים לשלוש שנים, לדוגמא, עשוי להביא להכפלתה. הפוטנציאל הגנטי של הפר קבוע מיום היוולדו. "קריאת" מידע זה, באמצעות סמני DNA, תאפשר ביצוע סלקציה ראשונית של העגלים ביום היוולדם, תקצר באופן משמעותי את אורך הדור ותשפר מאד את ההתקדמות הגנטית.

פוטנציאל הייצור במשך החיים. דובר רבות על ההבדלים בכושר ההתמדה של הפרה בתוך ובין תחלובות. ואמנם, ידועים לא מעט מקרים שבנות פר מסויים מצטיינות בתחלובה הראשונה, המשמשת בסיס לסלקציה, בעוד שבתחלובות מתקדמות ביצועיהן יורדים. מכאן שיש לשאוף לכך, שהסלקציה של הפרים ואמהותיהם תהיה על סמך כושר הייצור הכללי במהלך כל החיים, כשאורך החיים והחוסן הבריאותי הם חלק ממדד זה. האמצעי הבדוק ביותר הוא להמתין להשלמת הביצועים של בנות הפר עד סוף ימיהן. פתרון זה אינו מעשי, משום שאז אין כבר את מי לברור. בנוסף, פעולה זו היתה מאריכה את משך הדור עד לגבול, שבו הוצאות הטיפוח היו עולות על התמורה הטיפוחית. אילו ניתן היה לאמוד את פוטנציאל הייצור הכללי של הפרה באמצעות סמנים

הטכנולוגיה של הקפאת זרמה והשימוש הנרחב בהזרעה מלאכותית איפשרו בניית מסגרת טיפוחית לשיפור תנובת החלב. מסגרת זו, שהוצעה ע"י רוברטסון ורנדל לפני כארבעים שנה, התבססה על ארבעה מסלולי סלקציה:

1. בחירת האבות הטובים ביותר לפרים העתידיים (BB).
2. בחירת האמהות הטובות ביותר לפרים העתידיים (CB).
3. בחירת האבות הטובים ביותר לפרות העתידיות (BC).
4. בחירת האמהות הטובות ביותר לפרות העתידיות (CC).

כיוון שקצב הריבוי של הפרה מוגבל מאד, זורמה ממספר מצומצם של פרים מספיקה להפריית כל עדד הבקר לחלב בישראל, הרי ברור שבגלל האפשרות להפעיל עוצמות סלקציה חזקות, עיקר ההתקדמות הגנטית בתנובת החלב מבוססת על שני המהלכים הראשוניים (BB ו-CB). מסגרת טיפוחית זו שרירה וקיימת עד היום ומביאה להתקדמות גנטית שנתית יפה של כ-1% מהממוצע השנתי של תנובת החלב.

מסגרת זו של תוכנית הטיפוח מותאמת למגבלות הביולוגיות שעיקרן יתואר להלן. בהמשך נראה, כיצד ניתן לצמצם את השפעותיהן של מגבלות ביולוגיות אלה בעזרת סמנים גנטיים.

הפר כיעד עיקרי בטיפוח אינו מייצר חלב. עובדה זו מקשה על אמידת הפוטנציאל הגנטי של פר לייצור חלב. הגנים המבקרים את ייצור החלב מצויים גם בפר, ובעזרת סמנים גנטיים המאפשרים להבחין בין גנוטיפ מצטיין לייצור

אימות זהות זרמה של פרים מצטיינים. מיותר לציין את הפערים במחיר מנות זרמה של פר "יחיד בדורי" לבין אלה של פר בינוני. רוכש הזרמה בחו"ל רוצה לקנות זרמה שמקורה מאומת באופן חיובי. אימות מקור הזרמה המיוצאת באמצעות מערכת סמנים גנטיים, יכולה לתת יתרון לייצוא הישראלי על ידי איפיון אמין ומתוחכם של מקור הזרמה.

עם התפתחות ההנדסה הגנטית נוצרה, לראשונה מאז המהפכה הטיפוחית שהחלה בשנות החמישים, ההזדמנות להרהר מחדש בקשיים אלה ולבחון אותם לאור השיטות הגנטיות החדשות. שיטות אלה מאפשרות הסתכלות מעמיקה ומפורטת יותר בגנום בעזרת מערכת עשירה של סמנים גנטיים פולימורפיים.

לפני שנדון בנושא הסמנים המולקולריים ננסה להגדיר תחילה, מהו סמן גנטי טוב. סמן גנטי הוא כל תכונה או מעקובת DNA המאפשרת קבלת מידע על תכונות אחרות הנמצאות איתם בתאחיזה. כדי שסמן יוכל למלא את תפקידו כראוי עליו למלא אחר מספר דרישות בסיסיות:

1. **גן יחיד** – סמן חייב להיות תכונה המבוקרת על ידי גן אחד, כדי לאפשר את הקשר הישיר בין פנוטיפ לגנוטיפ.
2. **זהות בין פנוטיפ לגנוטיפ** – סמן חייב להיות מבוקר קודומיננטי, כדי שהפנוטיפ יהיה שווה לגנוטיפ. תכונה עם יחסי דומיננטיות רצסיבית אינה יכולה לשמש סמן טוב, כי אין אפשרות להבחין בין ההטרוזיגוט לבין ההומוזיגוט הדומיננטי.
3. **פולימורפיזם** – כדי שתכונה תשמש כסמן, חייבים להיות לה מספר מופעים שונים באוכלוסיה (חוסר מול נוכחות קרניים, צבע פרווה אחיד מול מנומר וכד'). תכונה המופיעה באוכלוסיה במופע אחד בלבד אינה מאפשרת בחינת ההתפלגות של תכונות אחרות המעניינות אותנו ונמצאות איתה בתאחיזה.
4. **הטרוזיגוטיות** – כדי שאפשר יהיה להבחין היטב בין הגנוטיפים של פרטים שונים ביחס לסמן, רצוי מאד שרוב הפרטים באוכלוסיה יהיו

גנטיים מתאימים, הרי שניתן היה לבצע סלקציה לתכונה זו בגיל מוקדם.

תורשתיות נמוכה. תורשתיות היא מדד שמשקף את התגובה הצפויה לסלקציה. ככל שתורשתיות התכונה גבוהה יותר, התגובה לסלקציה תהיה גדולה יותר, בהתאמה. למרות שהקריטריון העיקרי לסלקציה בעדר הבקר לחלב הוא תנובת החלב ומרכיביו, קיימות מספר תכונות חשובות כמו פוריות, ולדנות וחיוניות שהינן תכונות בעלות ערך נמוך של תורשתיות. בתכונות כאלה קשה להבחין בין גנוטיפ לביצוע מצטיין לבין גנוטיפ לביצועים גרועים, שכן ההשפעות הסביבתיות עלולות למשך את ההבלדים הגנטיים. סלקציה תוך הסתייעות בסמנים גנטיים יכולה היתה לאפשר הבחנה בין גנוטיפים שונים בתכונות אלה.

תכונות קשות ויקרות למדידה. כפי שהוזכר לעיל, תנובת החלב ומרכיביו אינם הקריטריונים הבלעדיים בסלקציה של בקר לחלב. תכונות חשובות אחרות אינן ניתנות למדידה במשך חי החיה, כמו איכות טבחה. תכונות נוספות, כמו נצילות מזון, הן תכונות שהערכתן יקרה מאד עקב הצורך בהקמת מבנים מבוקרים. יש גם תכונות שערכן הכמותי קשה להערכה, כמו הפוטנציאל הבריאותי של החיה או אורך חייה הצפוי. אילו עמדו לרשותנו סמנים גנטיים שמיקומם בשכונות לגנים המפקחים על התכונות הכמותיות החשובות לטיפוח בקר לחלב, הרי יכולנו להרחיב את יעדי הסלקציה מעבר ל"נפח הנוזל הלבן בכד" ולהגדיל את התמורה הכלכלית מכל יחידת ייצור.

אימות הזהות של הורי הפר. לעתים קרובות זהות חלק מצאצאי הפר שבמבחן מוטלת בספק. קורה גם, שזהות עגל של הורים מצטיינים, העומד להיות מוכנס למערך הרבייה, אינה ברורה. כיום, אימות זהות זאת נעשה במעבדות בחו"ל במאצעות בדיקת קבוצות דם ומרכיבים אחרים בדם. הסקת המסקנות מבדיקות אלה היא בדרך השלילה. מערכת של סמנים גנטיים, בעלי שונות גדולה באוכלוסיה, יכולה לתת מענה לבעיות אלה תוך מתן תשובה בדרך החיובי.

- פולימורפי (מספר אללים בכל לוקוס).
- מופיע בכל הרקמות.
- מופיע בשני הזויגים (זכרים ונקבות).
- קבוע לכל אורך חיי הפרט.
- לא מותנה בפעילות של גן, או בקיום תוצריו.
- לא מושפע מאינטראקציות בין-גניות.

חסרונות ה-RFLP כסמן הם

- מספר האללים הקטן יחסית בכל לוקוס מכתוב רמות פולימורפיזם והטרזיגוטיות נמוכות.
- כל גלאי מאתר לוקוס יחיד.

סמני "טביעת האצבעות" של ה-DNA (DNA fingerprints)

על החסרונות של ה-RFLP ניתן להתגבר בעזרת סמני "טביעת האצבעות" של ה-(DFP) DNA. גלאי המאתר מידע זה מורכב ממספר חזרות גדול של מעקובת בסיסים אחת ונקשר לאזורים פולימורפיים ביותר בגנום הנקראים minisatellites. כל אחד מהגלאים בקבוצה זו נקשר למספר גדול של אתרים בגנום (לוקוסים), ובכל אתר קיימים הרבה מאד אללים באוכלוסיה נתונה. מקורו של הפולימורפיזם באזורים אלה הוא במספר חזרות שונה על המעקובת הבסיסית בכל אלל (איור 2). בגלל אופיו של הפולימורפיזם במערכת זו, קיימים אללים רבים בכל לוקוס (עשרות), ורמת הטרזיגוטיות באוכלוסיה היא גבוהה ביותר (במספר מקרים >97%). עקב הדמיון הרב יחסית בין המעקובות הנישנות בלוקוסים השונים של "טביעת האצבעות" של ה-DNA (DFP) ניתן לאתר בעזרת גלאי יחיד מספר לוקוסים רב וללמוד בעזרתו על מספר רב של תכונות.

מאפייני ה-DFP

מערכת הגלאים המוכרים כיום מאפשרת קבלת מידע על עשרות לוקוסים בגנום של מספר בעלי חיים ביניהם בקר, כבשים, סוסים,

הטרזיגוטיות. מערכת המאפשרת למעלה מ-50% הטרזיגוטיות באוכלוסיה היא מערכת בה קיימים יותר משני אללים בכל לוקוס.

5. זמינות - סמן טוב רצוי שיהיה חופשי ממגבלות גיל, מין, רקמה ופעילות של גן ספציפי.

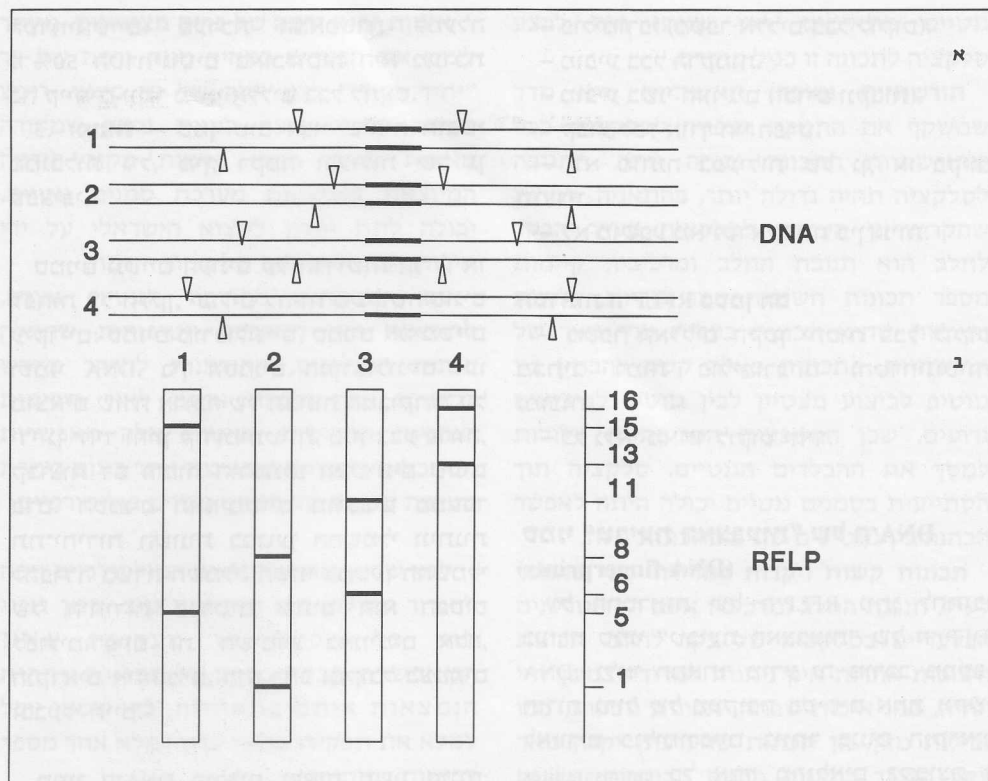
סמנים גנטיים העונים על הדרישות הנ"ל, או לפחות על חלקן, יכולים להיות משלושה סוגים עיקריים: סמנים מורפולוגיים, סמנים אנזימטיים וסמני DNA. בין הסמנים המורפולוגיים אנו מוצאים שורה ארוכה של תכונות המבוקרות על ידי גן יחיד והיגן קודומיננטיות, כגון צבע פרווה, קבוצות דם ורמות הורמונים ואנטיגנים שונים בדם. הסמנים האנזימטיים מורכבים ממספר תתי-יחידות השונות במטען החשמלי וניתנות להפרדה בשדה חשמלי. השוני במטען החשמלי של היחידות בפרטים שונים הוא הבסיס לפולימורפיזם זה. השימוש באנזימים אלה, הנקראים איזוזימים, הוא רחב ומקובל בצמחים ובעלי חיים.

סמני ה-DNA כוללים גלאים משני סוגים: RFLP ו"טביעת האצבעות" של ה-DNA (DFP), שעליהם נרחיב להלן.

RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism) גלאים אלה כוללים קבוצה גדולה של מקטעי DNA הנקשרים לאזורים פולימורפיים בגנום. חיתוך הגנום באנזים רסטריקציה, הפרדת המקטעים השונים לפי גודלם על ג'ל בשדה חשמלי, העברתם לממברנה מיוחדת וקשירה לגלאי המסומן באטומים רדיואקטיביים, מאפשרים קבלת 1-2 פסים הנבדלים באורכם בגלל המיקום השונה של אתרי הרסטריקציה באללים השונים של הפרטים השונים. המקור לפולימורפיזם באזורים אלה הוא אובדן או תוספת של אתר חיתוך של אנזים רסטריקציה מסויים עקב מוטציה (בד"כ נקודתית), ומכאן שמם (ראה איור 1).

יתרונות ה-RFLP כסמן נובעים מהיותו

- קודומיננטי.



איור 1. איור סכמטי של הבדלים גנטיים מסוג ה-RFLP.

א. קטעי DNA המולוגים של ארבעה פרטים (1, 2, 3, 4); לכל פרט שני חוטי DNA, את האחד קיבל מאביו ואת השני מאמו. לכל אחד משמונה חוטי ה-DNA יש אזור משותף (מודגש בקו עבה), בכל חוט מסומנים אתרי חיתוך של אנזים רסטריוקזיה (Δ) במקומות שונים משני עברי האזור המשותף.

ב. תאור סכמטי של דגם פסים, שהתקבל לאחר חיתוך ה-DNA של ארבעת הפרטים, הרצתו בג'ל, העברתו לממברנה וחשיפת הממברנה להיברדיזציה עם מקטע ה-DNA המשותף לכל הפרטים, כשהוא מסומן בחומר רדיואקטיבי (מקטע DNA זה נקרא גלאי ויכול להיות מורכב ממעקובת בסיסים כלשהי המשותפת לפרטים השונים). כל פרט מאופיין על ידי שני פסים בעלי אורך מסויים (שנמדד בעזרת "סרגל" לקביעת אורך המקטעים השונים באלפי נוקלאוטידים [Kilobase=KB] המצוי מימין לאיור). כל פס מקורו מהמולוג אחד (חוט DNA אחד) המכיל את האזור המשותף. הפרטים השונים נבדלים זה מזה בדגם הפסים, הבדלים אלה מקורם בקיום אתרי חיתוך שונים בפרטים השונים. שוני גנטי זה (פולימורפיזם גנטי) אינו מותנה בפונקציונליות קטע ה-DNA שהוא מייצג.

1. זיהוי

א. זיהוי אישי - תצורת הפסים ב"טביעת אצבעות" של פרט היא ייחודית לו ברמת מובהקות של כ- 10^{-15} בבקר (ראה תמונה 1), וגבוהה בהרבה בעופות ובבני אדם. כלומר,

עופות, דגים, כלבים ועוד. מאחר והלוקוסים השונים ב"טביעת האצבעות" של ה-DNA מורגשים בדרך מנדלית פשוטה, ללא יחסי דומיננטיות, ניתן להשתמש בהם במספר אופנים לצרכי זיהוי וניתוחי תאחיוה.

המסופקת על ידי מכון להזרעה מלאכותית כזרמת פר מצטיין היא באמת זרמת אותו פר, על ידי השוואת "טביעת האצבעות" הגנטית של הזרמה לזו של הפר. בצורה דומה ניתן לזהות חיות גנובות על ידי השוואת "טביעת האצבעות" הגנטית של החיה שנמצאה לזו של דוגמא המצויה במאגר המידע.

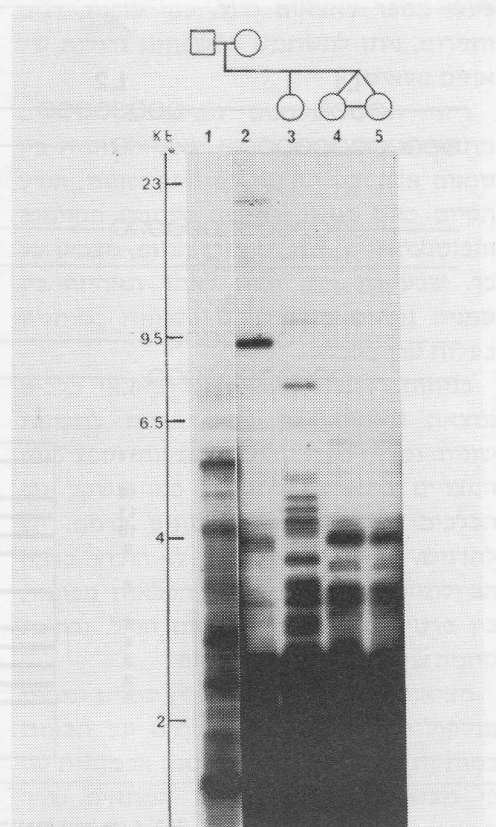
ב. זיהוי משפחתי – עקב האופי המנדלי של ה-DFP ניתן לשייך כל פס של הצאצא לאחד מהוריו. אין אפשרות, שב"טביעת אצבעות" של DNA של פרט יהיו פסים שאינם מופיעים בהוריו. המספר הגדול של הלוקוסים והשונות הגדולה באוכלוסיה מאפשרים לבחון בדרך זו קרבת משפחה ברמות מובהקות, שלא היו מוכרות עד היום. כך למשל, ניתן לקבוע הורות בבקר ברמת מובהקות של כ- 10^{-10} , מה שמאפשר למעשה זיהוי הורות על דרך החיוב, או לקבוע בדיעבד מבנה משפחתי של עדר בו הזיווגים בלתי מכוונים ובלתי מבוקרים.

ג. זיהוי קבוצתי – בעזרת ה-DFP ניתן לקבוע שיוך לקבוצה גנטית כמו קווי סלקציה, גזעים או מכלואים ואולי להשתמש ב-DFP כסמל מסחרי של קווים מטופחים.

2. תאחיזה

מציאות הסמן והגן המפקח על תכונה כמותית בצמידות פיסית על הכרומוסום (תאחיזה), ניתנת לניצול לצרכי טיפוח בע"ח, בעיקר בשני מישורים: האחד ניתן ליישום ברוב בעלי החיים ונקרא מודל לינארי, והשני ישים לבעלי חיים בעלי מספר ולדות גדול כגון עופות, חזירים ודגים ומכונה סלקציה גנומית.

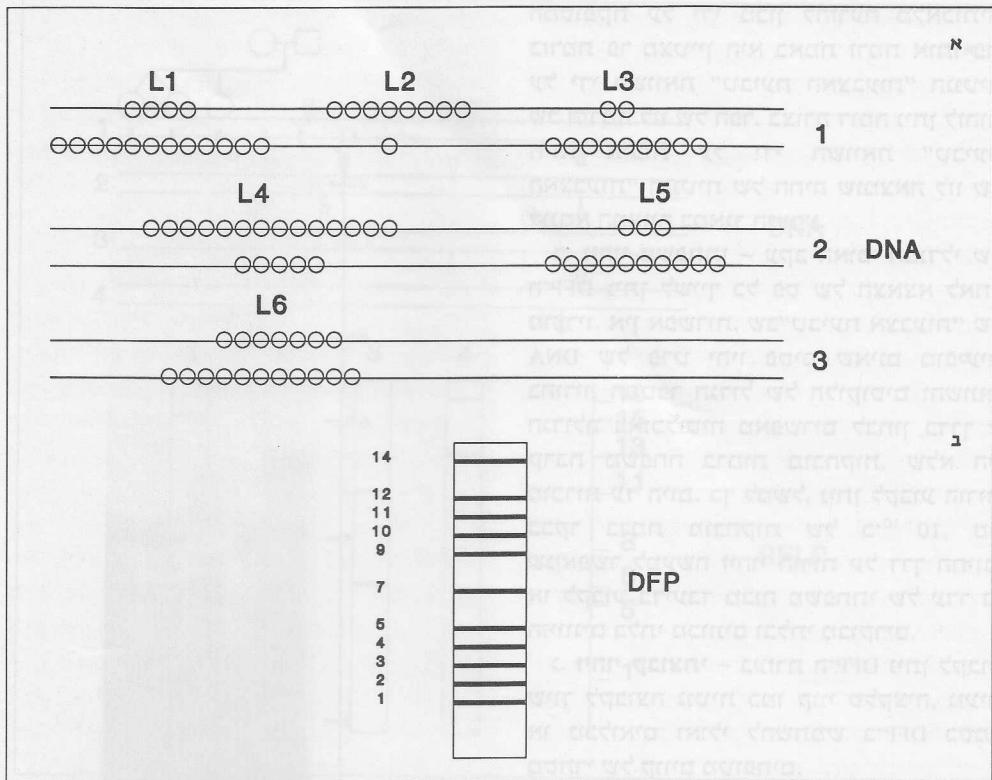
א. מודל לינארי – שיטה זאת משמשת לאיפיון וזיהוי הקשר שבין סמנים גנטיים ובין גנים המפקחים על תכונה כמותית. השיטה מתבססת על קיומה של תאחיזה גנטית בין הפס (כלומר לוקוס "טביעת אצבעות" של ה-DNA) ובין גנים המשפיעים על התכונה הכמותית (תנובת חלב, משקל גוף וכד'). מודל לינארי הוא שיטה סטטיסטית, המבוססת על רגרסיה רבת משתנים, ומאפשרת זיהוי קשר כזה במידה



תמונה 1. "טביעת אצבעות" של DNA של בקר.

"טביעת אצבעות" של DNA של פר (1), פרה (2) ושלוש בנותיהם (3-5). פרטים 4 ו-5 הן תאומות זהות ולכן "טביעות האצבעות" של ה-DNA שלהן זהות לחלוטין. פרט 3 – אחותן של התאומות – היא בעלת דגם "טביעת אצבעות" של ה-DNA שונה מזה של אחיותיה.

ההסתברות למצוא שני בני בקר בעלי דגם פסים זהה היא 10^{-15} . תצורה זו קבועה מיום היוולדו של הפרט ועד לאחר מותו וניתן לקבלה מכל רקמה בגופו המכילה DNA (דם, זרע, שריר, שורשי שיער וכד'). לכן נוכל לבחון, האם זרמה



איור 2. איור סכמטי להמחשבת טביעות אצבעות של ה-DNA.

א. קטעי DNA הומולוגים של שלושה זוגות כרומוסומים (2,1 ו-3) שעליהם ממוקמים שישה אתרים (לוקוסים - L1 עד L6) המאופיינים בקטעי DNA (עיגולים לעיל), שחוזרים על עצמם מספר רב ושונה של פעמים. אתרים אלה נקראים minisatellites וכל עיגול מציין מאה חזרות של היחידה הנשנית. כך למשל, בלוקוס L1 האלל העליון מורכב מ-400 חזרות והאלל התחתון מ-1200 חזרות. השוני בין אללים של לוקוס נתון ובין לוקוסים שונים נובע מהשוני באורך ה-DNA באזורים אלה.

ב. חיתוך ה-DNA באנזימים שחותכים מחוץ ללוקוסים אלה, הרצה בג'ל והיברידיזציה עם גלאי ה-DNA שמורכב מהיחידה הבסיסית הנשנית ומסומן בחומר רדיואקטיבי, מגלה דגם פסים שונים בגודלם, ולכן מיקומם ועוצמתם הם ייחודיים לפרט. לכן מכוונה דגם פסים זה "טביעת האצבעות" של ה-DNA ומסומן לעיל כ-DFP. משמאל לדגם הפסים מצוי "סרגל" לקביעת אורך המקטעים השונים באלפי נוקלאוטידים (Kilobase=KB).

של תאחיזה אמיתית. לצורך זה יש להשתמש, בין היתר, במספר מספיק של פסי "טביעות אצבעות" ובמשפחות גדולות ככל האפשר. פיתוח מודל לינארי בבקר יחייב שימוש במשפחות של חצאי אחים מאב משותף, או שילוב של טכניקת העברת עוברים. בבעלי חיים

המגבלות של שיטה סטטיסטית זאת קשורות ביכולת האבחנה בין "תאחיזה אמיתית" של הסמנים לתכונה הכמותית לבין "תאחיזה מדומה" ביניהם. בעזרת שיטות סטטיסטיות וביולוגיות ניתן להקטין את אפשרות הטעות ולהעלות את הבטחון בזיהוי

בעזרת דגם "טביעת האצבעות" של ה-DNA ניתן, להערכתנו, לזהות כבר בצאצאי ההכלאה המחזירה הראשונה והשניה פרטים שמכילים את התכונה הרצויה, אך גם דומים ביותר לגנום של הגזע המשובח. פרטים אלה מהווים מיעוט קטן באוכלוסיה ובדורות הראשונים ניתן לזהותם רק בעזרת סמנים גנטיים מולקולריים רבים ופולימורפיים כגון סמני "טביעת האצבעות" של ה-DNA. כשלב ראשון ליישום השיטה בבעלי חיים הצלחנו להראות, שדמיון בדגם "טביעת האצבעות" של ה-DNA אכן מבטא דמיון גנטי בין פרטים.

את מידת הדמיון בדגם "טביעת האצבעות" של ה-DNA ניתן לאפיין כמותית ובכך להעריך את מידת הדמיון הגנטי בין פרטים מדור ההכלאה המחזירה לבין הסב הדוחק או הנדחק. בשיטה זאת ניתן לאתר צאצאים של ההכלאה המחזירה הראשונה הדומים ככל האפשר לקו המסחרי אך גם מכילים את התכונה הרצויה. ניתן להראות, שברמת סלקציה של 10%, שמופעלת בדור ההכלאה המחזירה הראשונה ובאותה רמת סלקציה בדור ההכלאה המחזירה השניה, אפשר להגיע לדמיון של 99.9% לגזע המשובח, לעומת 10 דורות הדרושים לאותה מטרה ללא סלקציה גנומית.

בסלקציה גנומית ניתן להשתמש לא רק בתוכניות המשלבות החדרת גנים חדשים לאוכלוסיה, אלא גם בתוכניות טיפוח שמטרתן דחיקת גנום מקומי גרוע בגנום משובח. תהליך כזה התבצע בארץ, כאשר הגנום של הבקר הדמשקאי נדחק על ידי הגנום של הפרה ההולנדית, ומאוחר יותר גם גנום זה נדחק על ידי גנום הפרות ההולשטיין-פריזיות מקנדה. בעזרת סלקציה גנומית ניתן לקצר את תהליך הדחיקה באופן משמעותי. קיצור משמעותי זה במספר הדורות הנדרשים להחלפת הגנום הנו בעל משמעות רבה מהבטי העלות והיעילות של תוכנית ההשבחה.

יש להדגיש, שבדומה למודל הלינארי, סלקציה גנומית תהיה יעילה בעיקר בבע"ח בעלי מספר ולדות גדול כמו עופות, דגים

בעלי מספר צאצאים גדול, כמו עופות, דגים וחזירים, ניתן להשתמש במשפחות גדולות של אחים מלאים.

ריווי הגנים בסמנים גנטיים מולקולריים מתאימים הוא תנאי לזיהוי תאחיזה גנטית בין סמנים אלה ובין תכונות כמותיות שונות. הידע הקיים כיום באשר למספר הסמנים הקיימים והפוטנציאליים, כמו גם אורך הגנום, מצביע על כך, שבעקרון ניתן יהיה לאתר תאחיזה בין סמנים גנטיים מולקולריים ותכונות כמותיות בעלות ערך כלכלי.

בניתוח ראשוני שעשינו על צאצאי כלבים נמצאה תאחיזה בין פסים שונים לתכונות שונות: נמצאו פסי "טביעת אצבעות" ספציפיים המצויים בתאחיזה לתכונות כמו משקל גוף הכלבים ותכולת אנוימים שונים בדמם. יש להדגיש, שתאחיזה זאת עדיין לא הוכחה ברמה הביולוגית. ההוכחה מחייבת הכלאות מכוונות בין פרטים בעלי וחסרי הפסים הנ"ל, ובחינת קיומה של התאחיזה בצאצאיהם.

מציאות תאחיזה ספציפית בין סמנים גנטיים מולקולריים לבין גנים המפקחים על תכונות כמותיות תאפשר הערכת התכונה הכמותית על פי מציאות או היעדר הפס המתאים. בכך תתאפשר הערכת צאצא מיד עם היוולדו; למשל, קביעת תנובת החלב הצפויה של עגלה על סמך בדיקת דגם "טביעת האצבעות" של ה-DNA שלה, או הערכה גנטית של עגל לגבי יכולתו לתרום לתנובת החלב של בנותיו. יתר על כן, בטווח הרחוק יותר, מציאות תאחיזה מעין זאת תאפשר, תוך שימוש בשיטות מולקולריות מתקדמות, בידוד גנים שונים האחראיים לתכונות הכמותיות.

ב. סלקציה גנומית – תוכניות טיפוח רבות מיועדות להחדרת תכונה ספציפית (כגון עמידות למחלה) לזן מסחרי קיים. תוכניות אלה מבוססות על מספר רב של הכלאות חוזרות שמטרתן סילוק תכונות בלתי רצויות מהאוכלוסיה. שימוש בסמנים גנטיים מולקולריים עשוי לקצר את מספר הדורות הנדרש לתוכניות אלה.

ספרות:

1. Jeffreys A.J., Wilson V. and Thein S.L. 1985: Hypervariable 'minisatellite' regions in human DNA. Nature 314:67.
2. Jeffreys A.J., Wilson V. and Thein S.L. 1985: Individual-specific 'fingerprints' of human DNA. Nature 316:76.
3. Robertson A. and Rendel J.M. 1950: The use of progeny testing with artificial insemination in dairy science. J. Genet. 50:21.
4. Vassart G., Georges M. and Monsieur E.A. 1987: A sequence in M13 phage detects hypervariable minisatellites in human and animal DNA. Science 235:683.
5. לבנון א', אופנהיים ע' 1987: הודסה גנטית מנוף לעתיד. מדע, כרך ל' עמ' 241-247.
6. רום מ', בקמן ז' 1985: רבגוניות ב-DNA, כלי חדש לזיהוי ולמיפוי גנטי. מדע, כרך כ"ט עמ' 123-128.
7. פאלק ר' 1982: דיוקנו של כרומוסום. לדעת, כרך י"ב (3-4) עמ' 19-24.

וחזירים, או בשילוב עם טכניקת העברת עוברים בבקר.

לסיכום, שימוש ב"טביעת האצבעות" של ה-DNA יכול לסייע בעתיד הלא-רחוק במספר תחומים במסגרת מערך הטיפוח של עדר הבקר לחלב בישראל. ברמת הזיהוי ניתן יהיה לאמת את נכונות הרישום של הורי כל עגל שיצורף למערך הרבייה. עם הכנסת הטכניקה של העברת העוברים לשימוש רחב ניתן יהיה לאמת את נכונות הרישום של הורי הפרות שייבחרו כתורמות עוברים. בנוסף ניתן יהיה לאמת מקורות זרמה, מיובאת כמיוצאת, על ידי השוואת "טביעת האצבעות" של הזרמה והפר ממנו נלקחה. סמנים גנטיים הנמצאים בתאחיזה עם גנים המפקחים על תכונות ייצור, יאפשרו סלקציה מהירה יותר ויעילה יותר ויתרמו לשיפור ההתקדמות הגנטית הן בייצור חלב והן בתכונות חשובות אחרות.

אסטרומט

ESTRUMATE (CLOPROSTENOL)

לטיפול ב:

- ◆ דלקות רחם
- ◆ זירוז המלטה
- ◆ הפסקת הריון
- ◆ ציסטות בשחלות

משפר את:

- ◆ גילוי וריכוז הייחומים
- ◆ שיעור ההתעברות
- ◆ תכנון ממשק הרבייה בעדר
- ◆ תנובת החלב

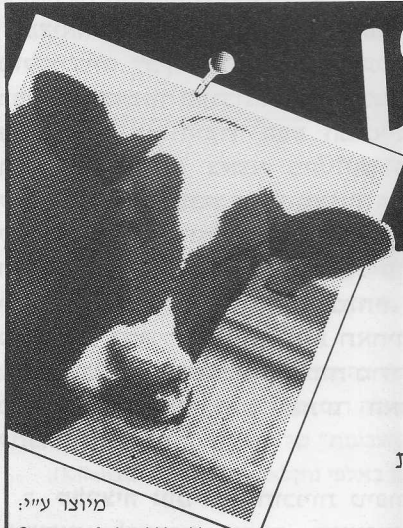
התוצאה:

שיפור ניכר ברווחיות

פרוסטגלנדין סינטטי לשיפור הפוריות בעדרך!

מצטיין ב:

- ◆ פעילות לוטאוליטית גבוהה
- ◆ טווח בטיחות רחב
- ◆ יציבות בטמפרטורות קיצוניות
- ◆ חופשי מתגובות לוואי
- ◆ מינון אחיד (2 סמ"ק) בכל ההתוויות.



מיוצר ע"י:

Coopers Animal Health
England



משווק ע"י:

תעשיות חימויות
תפוז

בע"מ

טל: 03-9665044-6, 941593