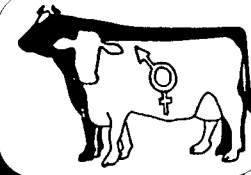


טיפוח פוריות



מיפוי גנים לתכונות ייצור על כרומוסום 6 בבקר

מ. רוני¹, ד. קליגר¹, א. פלדמסר¹, א. סרוסי¹, א. עזרא² וי. ולר¹
¹ המחלקה לגנטיקה, מכון וולקני; ² התאחדות מגדלי בקר

קיימים סבים להרבה גנים. לכן המבנה הנסיוני כולל מספר משפחות חצאיי-אחיות. אם הפר הוא הטרוזיגוט לסמן הגנטי, ניתן לחלק את בנותיו לשתי קבוצות השונות באלל שקיבלו ממנו. אם הסמן אחוז לגן מתפצל באותה משפחה, הרי השוואת תכונות הייצור של שתי קבוצות הבנות תראה את השפעת הגן. בגישה זאת איתרנו מספר גנים בעלי השפעות על תכונות כלכליות. הגנים נמצאים על כרומוסום 6, 7 ו-14 (חקר ומעש 22).

גנים מתפצלים על כרומוסום 6 המשפיעים על תכונות ייצור חלב אותרו על ידי מספר רב של קבוצות בעולם (ארה"ב, קנדה, הולנד, גרמניה, פינלנד, אנגליה וישראל). חלק מקבוצות המחקר הציגו ראיות לקיום שני גנים על כרומוסום 6, אך המדגם לא היה גדול מספיק כדי לדחות את ההשערה שקיים גן יחיד. מעבר לכך, המיקום המשוער של הגן(ים) היה שונה בין משפחות ומחקרים.

במחקר הנוכחי נבדקו מספר גנים על כרומוסום 6 המשפיעים על תכונות כלכליות ובוצע מיפוי עדין לגנים אלה. כמו כן, הורכבה רשימה של גנים מועמדים לגן הכמותי העיקרי. המדגם הנוכחי היה גדול בהרבה מכל הניסויים הקודמים, והעוצמה הסטטיסטית היתה בהתאם.

שיטות

דוגמאות דם נאספו מיותר מ-13,000 פרות ישראליות, מ-233 משקים בנות 11 פרים. זרמה נאספה מ-11 הפרים. כמחצית הפרות נבדקו

תשע משפחות של פרי הולשטיין ישראלי עם 2984 בנות נבדקו למיפוי גנים כמותיים על כרומוסום 6 המשפיעים על תכונות חלב. נבדקו 12 סמנים גנטיים מסוג מיקרוסטליטים המפוזרים לאורך כל הכרומוסום. הפרות חולקו לשתי קבוצות השונות באלל של הסמן הגנטי שהתקבל מהאב הטרוזיגוט. הבדל מובהק בתוך מבנה משפחתי, בין קבוצות הבנות לתכונות ייצור, מהווה ראיה לקיום גן מתפצל הנמצא בתאחיזה לסמן הגנטי. בשני פרים: מפי וגולית נמצאה התפצלות לגן המשפיע על אחוז החלבון בשיעור 0.18%, השקול לסטיית תקן פנוטיפית. פרט הומוזיגוט לאלל המעלה יהיה שונה מפרט הומוזיגוט לאלל המוריד ב-0.36% חלבון. גן זה מוקם למרווח של 4 יחידות מפה במרכז הכרומוסום במרחק 55 יחידות מפה מהצנטרומר. הפר מפי נמצא הטרוזיגוט לגן נוסף המשפיע על ייצור חלב, שומן וחלבון ליד הצנטרומר. ההשערה של שני גנים מתפצלים אומתה על ידי רגרסיה רבת-משתנים ומיפוי לפי מקטעים. גנים אלה ישולבו בטיפוח מלווה-בסמנים על ידי סלקציה יעילה יותר של פרים לטיפוח (חקר ומעש 22).

רקע

מחקרים רבים הראו שניתן לאתר גנים בעלי השפעה כמותית באמצעות סמנים גנטיים. ברב המחקרים מבנה האוכלוסיה כולל סבים עם מספר רב של גנים ונכדות. אנליזה של סמנים מופעלת על הבנים ואנליזה כמותית לתכונות הכלכליות מופעלת על הנכדות. בארץ לא

טבלה 1. מספר בנות אינפורמטיביות לפי סמן ולפי פר.

מספר בנות אינפורמטיביות לפי סמן*													
מספר בנות	BM739	BM8124	BM415	BMS360	BMS483	BMS518	BM143	BMS2508	BM1329	ILSTS090	INRA133	ILSTS093	מספר בנות
הפר	(122.5)	(99.8)	(80.8)	(73.5)	(67.5)	(61.0)	(55.4)	(47.7)	(38.9)	(16.4)	(6.9)	(0)	הפר
מפי	482		364	562	335	326	393	396	343	280		507	683
גנדי			177				179						241
פלרי			102										168
בוטרי			290	354	211	210	385				387	350	607
פצפון			116				132				84	136	172
גולית	95		125	146			163	145					233
סיר			210				164						171
סינד			197				335						384
טבע							228						325
סה"כ	976	298	1581	1062	546	536	1979	541	343	280	471	993	2984

* מיקום הסמן במפה הגנטית נמצא בסוגריים מותחת לשם.

לסמנים גנטיים. נבדקו 12 סמנים גנטיים הפזורים על כרומוסום 6 מעמדה 0, ליד הצנטרומר, ועד כ-122 יחידות מפה על בנות תשעה פרים. שמונה משפחות נבדקו עבור לפחות שני סמנים. לכל סמן נקבע האלל האבהי שעבר לפרה. מספר הבנות האינפורמטיביות לכל סמן מופיע בטבלה 1. הגנוטיפ נחשב אינפורמטיבי כאשר גנוטיפ הבת שונה מגנוטיפ האב וניתן לקבוע איזה אלל אבהי עבר לפרה.

אנליזה סטטיסטית בוצעה לכל סמן גנטי בנפרד. בתוך מבנה משפחתי של פר הושוו שתי קבוצות הפרות, הנושאות אללים שונים של האב, לתכונות ייצור חלב, שומן וחלבון, ואחוז שומן וחלבון. השפעה מובהקת מהווה ראיה להתפלגות גן כמותי. מיפוי לפי מקטעים בוצע לסמנים הנמצאים יחד על הכרומוסום. הופעה שיטה סטטיסטית של רגרסיה מרובה וטרנספורמציה למשתנים קנוניים לקביעת מספר הגנים המתפלגים. נבדקו בניגוד של הפרים מפי וגולית עם גן מתפלג ונקבע, האם הם ירשו את האלל המעלה או המוריד לתכונות הייצור.

תוצאות

השפעות מובהקות לתכונות הייצור לפי סמנים BM143 ו-BM415 מוצגות בטבלה 2 לניתוח שונות עם כל המשפחות עם אבות הטרוויגוטים לסמנים הגנטיים. מוצגות גם ההשפעה התוך-משפחתית וערכי t למשפחות המובהקות. ההשפעה לפי סמן BM143 היתה מובהקת לכל התכונות ($p < 0.05$) פרט לכמות השומן. ההשפעות לייצור חלב ו-% שומן וחלבון היו מובהקות מאד בשני הסמנים הגנטיים. השפעות מובהקות התקבלו במשפחות הפרים מפי, גולית ובוטח. תוצאות מיפוי לפי מקטעים מוצגות באיורים 1 עד 3, בנפרד לכל משפחה. השיא של הגרף מייצג את מיקום הגן. הגן הכמותי העיקרי נמצא במרכז הכרומוסום, ומתפלג במשפחות מפי וגולית. ההשפעות הן הפוכות על ייצור חלב מחד, ועל שומן וחלבון מאידך, ולכן הן מתבטאות

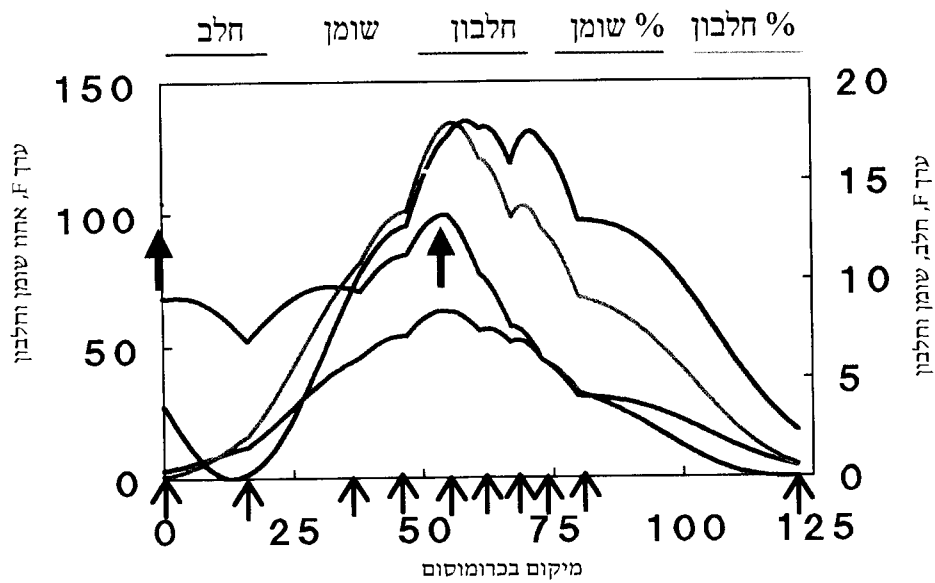
טבלה 2. השפעות מובהקות לתכונות הייצור לפי סמנים BM143 ו-BM415.

הסתברות	גודל ההשפעה ^ד	מספר בנות ^ב	הפר	הסתברות F ^א	התכונה	מספר פרות	פרים	הסמן
10 ⁻⁵	179	372	מפי	.0001	חלב	1979	8	BM143
10 ⁻⁵	251	163	גולית					
.0024	2.9	372	מפי	.0399	חלבון			
.0375	2.0	362	בוטח					
10 ⁻¹⁰	.084	372	מפי	10 ⁻¹¹	שומן, %			
10 ⁻⁶	.108	163	גולית					
10 ⁻¹⁴	.074	372	מפי	10 ⁻¹⁴	חלבון, %			
10 ⁻¹⁰	.064	163	גולית					
10 ⁻⁷	168	371	מפי	10 ⁻⁵	PD96			
.0004	144	343	מפי	.0004	חלב	1483	8	BM415
.0029	163	270	בוטח					
.0109	140	210	סינבד					
.0028	.039	343	מפי	.0350	שומן, %			
10 ⁻⁹	.041	343	מפי	10 ⁻⁷	חלבון, %			
.0066	.025	270	בוטח					
.0369	.019	210	סינבד					

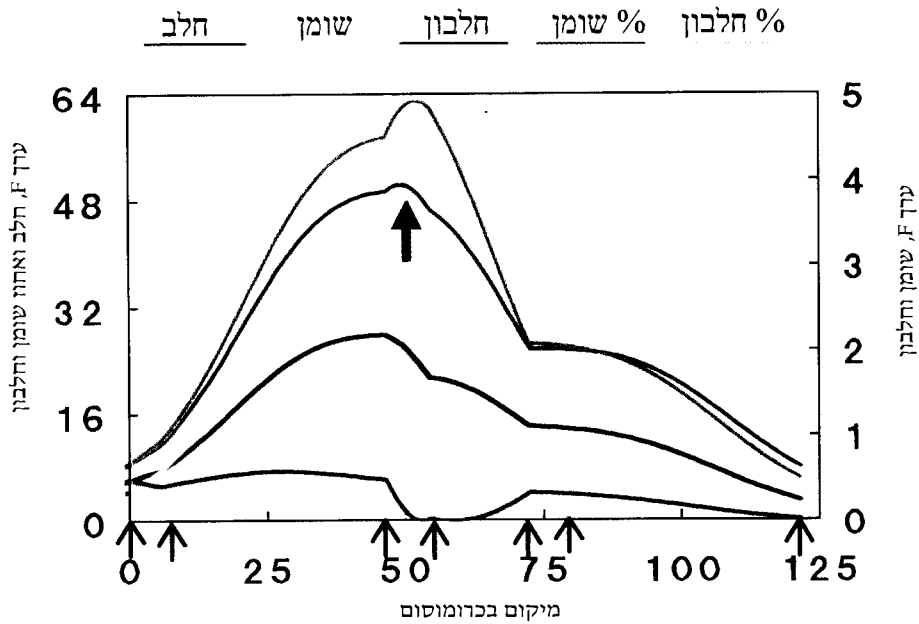
^א מובהקות ההשפעה של אלל אבהי לסמן הגנטי המחושב לכל הפרים ההטרוזיגוטים.
^ב מספר בנות אינפורמטיביות לאב.
^ג השפעת הגן במרכז הכרומוסום (אלל מעלה לעומת אלל מוריד) בק"ג לייצור חלב, שומן וחלבון, ובאחוז לתכולת שומן וחלבון.
^ד מובהקות ההשפעה התוך-משפחתית לסמן גנטי.

ציור 1. עצמת ההשפעה של הגן לאורך כרומוסום 6 בבנות מפי.

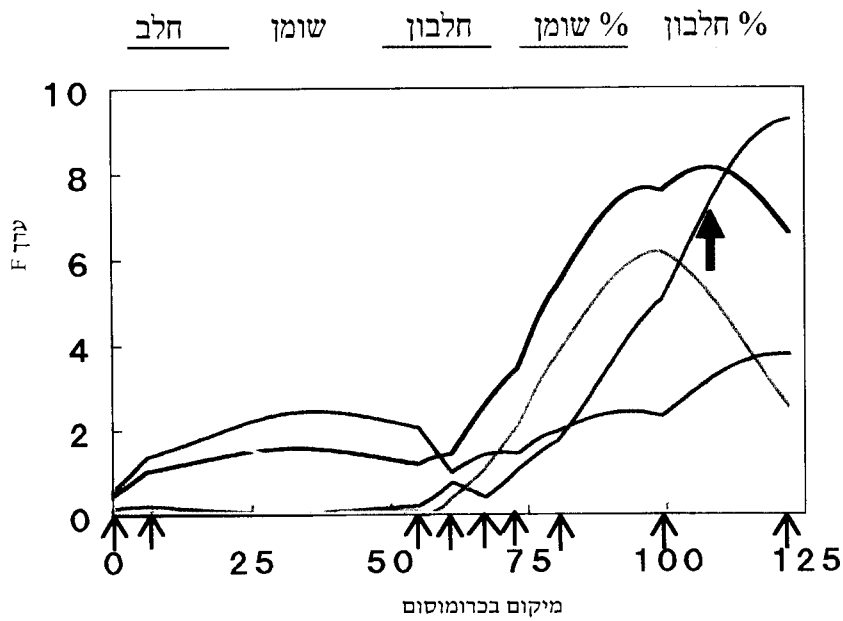
מיקום הסמנים מסומן בחיצים דקים. מיקום הגן מסומן בחיצים עבים.



ציור 2. עצמת ההשפעה של הגן לאורך כרומוסום 6 בבנות גולית. מיקום הסמנים מסומן בחיצים דקים. מיקום הגן מסומן בחיצים עבים.



ציור 3. עצמת ההשפעה של הגן לאורך כרומוסום 6 בבנות בוטח. מיקום הסמנים מסומן בחיצים דקים. מיקום הגן מסומן בחיצים עבים.



סיטת און - האורור
הנכון לעת הרפת

האורור תורם:
 - להגדלת תנובת החלב מהפרות, כמותית
 מהורדת הטמפרטורה שלהן
 - לשמירת מצע הקש במצב ובש זכות
 השימוש במאוררים.

לאנאן שיטות מתקדמות ומאונות
לאורור הסככות הרפת, האור
האבוס, ובאכון החליהה.

אנא פנו אלינו ליעוץ ולתכנון
מפעל גל-און, טל. 08-6872610
08-6872428 פקס.
קיבוץ גל-און ד.ג. שדה זית

בהשפעות חזקות על אחוז שומן וחלבון. גן זה מוקם למרווח של 4 יחידות מפה במרכז הכרומוסום, כאשר השיא נמצא במרחק 55 יחידות מפה מהצנטרומר. על ידי קביעת הגוטיפי של בני מפי לסמנים במרכז הכרומוסום נמצא, שמפי העביר את האלל המעלה חלבון לבנים מגף, משי ומופת, ואת האלל המוריד לבנים מפדר, מיפל וברוש. מהפרים האלה רק מגף חזר לשימוש נרחב.

הפר מפי נמצא הטרוזיגוט לגן כמותי נוסף, קרוב לצנטרומר, המשפיע באותו כיוון על ייצור חלב, שומן וחלבון. ההשפעות המובהקות בפר בוטח שונות משני הפרים האחרים. הגן המתפלל בבנות בוטח מוקם כ-100 יחידות מפה מהצנטרומר.

נסרקו רצפי דנא של הגנום האנושי, ממאגר הנתונים של חברה סלרה והפרויקט הפדראלי בארה"ב, התואמים את מרכז כרומוסום 6 בבקר והורכבה רשימה של 12 גנים אשר אחד מהם עשוי להיות הגן האחראי לגן הכמותי בבקר.

דיון

מחקרים קודמים מצאו גנים המשפיעים על תכונות ייצור על כרומוסום 6, האחד במרכז הכרומוסום והשני יותר רחוק מהצנטרומר. הגן הקרוב לעמדה של 50 יחידות מפה אותר בבירור במחקר הנוכחי ונמצא מתפלל בפרים מפי וגולית. על ידי מיפוי עדין נקבע רווח אמינות של 4 יחידות מפה למיקום הגן סביב לעמדה 55. עד עתה לא מופה גן כמותי כזה באוכלוסיה מסחרית של בעלי-חיים. גן שני מתפלל בבנות הפר מפי באזור הצנטרומר וגן שלישי בפר בוטח בקצה הכרומוסום.

השפעת הגן במרכז הכרומוסום (אלל מעלה לעומת אלל מוריד) היא 0.18% חלבון, השקולה לסטיית תקן פנוטיפית. השפעה זאת דומה להשפעות שנמצאו באוכלוסיות ארה"ב, הולנד ופינלנד. אם האלל המעלה חלבון הוא נדיר יחסית באוכלוסיה, פוטנציאל התרומה להתקדמות גנטית מסלקציה לאלל זה הוא רב.

המיר