

שילוב חומר גנטי מחו"ל בטיפוח הבקר הישראלי

אפרים עזרא¹, יהודה ולר² ומיכה רוני²
¹המ"ב, ²מינהל המחקר החקלאי

הקדמה

לאחרונה הועלו הצעות לייבוא נרחב של חומר גנטי (ח"ג) מחו"ל, ובעיקר מארה"ב והולנד שהן המדינות המובילות בענף. ברשימה זו נסקור את האפשרויות הקיימות של ייבוא ח"ג ונתייחס לעלות ולכדאיות שלהן. נתייחס לאיכות הפרים הישראליים, בהשוואה לפרים במדינות הנ"ל. נסקור את הבעיות בהשוואת מבחנים גנטיים מארצות שונות, נחשב את נוסחת ההמרה של מבחנים גנטיים מאוכלוסיות שונות לעדר בישראל, ונציע ניסוי השוואתי כדי לקבוע נוסחת המרה אמינה למבחנים גנטיים מארה"ב לישראל.

סיבות לייבוא ח"ג

- מטרות הייבוא של ח"ג הן:
 - ליעל את הטיפוח כאשר התרומה הכלכלית של ח"ג (מארץ המוצא) גבוהה מעלות רכישתו.
 - לצמצם קרבה בשורות.
 - לקבוע את הרמה הגנטית של הארץ המייבאת, בהשוואה לארצות אחרות.

כמות ועלות של ח"ג זר הדרוש להשפיע על ההרכב הגנטי בארץ

א) זרמה להזרעת אמהות לפרים צעירים

דרושים כ-10 מנות זרמה של פר נבחן לקבלת עגל המתאים למבחן פרים ולכן, דרוש ייבוא של מאות מנות זרמה בשנה של פרים נבחים, במחיר 10-50 דולר למנה, כדי להשיג השפעה ממשית על ההרכב הגנטי בעדר המקומי.

ב) זרמה להזרעת פרות

אוכלוסית הפרות מונה כ-100,000 ונדרש ייבוא זרמה בהקף של אלפי מנות בשנה, במחיר ממוצע של 20 \$/מנה.

ג) פרים צעירים

ייבוא עגל, בן פרה עתודה, מארה"ב או הולנד עולה בין 5,000 ל-10,000 דולר ודרושים עשרות עגלים בשנה.

ד) עובדים לקבלת פרים צעירים

מחיר עובר מפרה מצטיינת בהולנד או ארה"ב הוא בין 1,000 ל-2,000 דולר. בהנחה שרק 20% מהעובדים יתפתחו לפרי רביה, מחירו של עגל צעיר בפרה יהיה בין 5,000 ל-10,000 דולר.

ה) פרים נבחים

כיום מזריעים בכ-10 פרים נבחים במשך השנה. מחיר פר נבחן טוב (לא מצטיין) בארה"ב הוא 50,000 עד 100,000 דולר. ייבוא פר יחיד צפוי להשפיע באופן משמעותי על ההרכב הגנטי באוכלוסיה.

ו) ייבוא עגלות/פרות

עגלה/פרה עולה כ-2,000 דולר ודרוש ייבוא של אלפי פרות כדי לשנות גנטית את האוכלוסיה.

ההחדרה הגנטית (Introgression) היא בשיעור 25% לחלופה א', 50% לחלופות ב'-ה', ו-100% לחלופה ו'. ייבוא זרמה להזרעת אמהות לפרים צעירים (חלופה א') הוא הנתיב הגנטי הזול והנפוץ ביותר בטיפוח בעולם, והיחיד הנמצא בשימוש בארץ.

הבעיות בהשוואת מבחנים גנטיים מארצות שונות

בכל ארץ מתקבלים ממוצעים פנוטיפיים ואומדנים גנטיים לתכונות הייצור של בנות הפרים. בגלל הבדלי ממשק ותנאי סביבה אחרים לא ניתן לקבוע את הרמה הגנטית של

לקווייההולשטיין (ארה"ב, קנדה, ניוזילנד וישראל), לעומת קווי הפריזי האירופיים. בטבלה 1 מופיעים הממוצעים המתוקנים של פרים מקווי הטיפוח של ארה"ב, הולנד וישראל לתנובת חלב, שומן וחלבון של בנותיהם.

טבלה 1. ממוצעי הערכים הגנטיים של פרים

תכונה	ארה"ב	ישראל	הולנד
חלב, ק"ג	313	216	-204
שומן, ק"ג	10.3	7.4	-7.1
חלבון, ק"ג	9.4	6.0	-6.1

היות וכל הפרים הזריעו פרות מקומיות (פולין), ערכים אלה מבטאים רק מחצית מההפרש הגנטי בין הקווים. ההפרשים הגדולים הניעו את מטפחי הבקר בהולנד לחשוף את אוכלוסית הבקר שלה לייבוא מסיבי של ח"ג מחו"ל ובעיקר מארה"ב. כיום, הפערים בין הרמה הגנטית בארה"ב והולנד הצטמצמו וכתוצאה מכך קטן הייבוא.

בעשור האחרון מייבאות מדינות אירופה ח"ג (זרמה ועוברים) בהקף ניכר מארה"ב ומחליפות ח"ג ביניהן. מצב זה מאפשר השוואה גנטית בין הארצות. בישראל, ייבוא ח"ג נעשה בעבר בהקף מצומצם וחד-כיווני מארה"ב והולנד ולכן, היה צורך לערוך את הניסויים שהוזכרו לעיל כדי לבחון רמות גנטיות בין הארצות ולתמוך בהחלטות ייבוא וייצוא.

בניסוי ברענן שנערך בשנות ה-80 בישראל התקבלו אומדנים גנטיים ל-11 פרים (5 קנדיים ו-6 אמריקאיים) בלוח האמריקאי והישראלי, אולם אין להם אומדן גנטי לק"ג חלבון בישראל.

השיטה המומלצת להשוואת רמות גנטיות בין ארצות

האירגון הבינלאומי למבחני צאצאים (Interbull) ממליץ על צורת השוואה בין ארצות המבוססת על העקרונות הבאים:
א. לפחות 20 פרים עם מבחן גנטי בשתי הארצות.

ארץ אחרת על בסיס תנובת הפרות. כמו כן, מבחני פרים בארץ מסויימת לא ניתנים להעברה ללוח פרים בארץ אחרת מהסיבות הבאות:

• בסיס גנטי שונה.

אומדני ההורשה של פרים נקבעים יחסית ל"בסיס גנטי" של המבחן. הבסיס הגנטי של כל מבחן הוא שרירותי ומבטא את הרמה הגנטית הממוצעת של האוכלוסיה לנקודת זמן. אפילו אם שתי ארצות בוחרות בנקודת זמן אחת, יתכן הבדל בין הבסיסים בהתאם להפרש ברמה הגנטית ביניהן. יש ארצות המשתמשות בבסיס יידי, כלומר בכל מבחן נקבע בסיס חדש בהתאם לרמה הגנטית באותה זמן.

• שיטת המבחן הגנטי.

ישנן שיטות שונות למבחן גנטי. לדוגמא, בישראל משתמשים במודל הפר בעוד שבהולנד וארה"ב במודל הפרט. חישוב ההישגות של המבחן שונה לפי המודל ולכן השפעה על ההפרשים בין הערכים הגנטיים של הפרים.

• השפעת גומלין בין פר לסביבה.

שינוי בתנאים עלול לשנות את הדירוג בין הפרים. לדוגמא, בניסוי בפולין בתנאי ממשק אקסטנסיבי לא נמצא הבדל מובהק בתכונות הייצור של בנות הפרים מארה"ב, קנדה, ישראל וניוזילנד, בעוד שבניסוי ברענן שנערך בתנאי ממשק אינטנסיבי הפרים הניוזילנדיים היו נמוכים מהאחרים.

סקירת ניסויים השוואתיים

כדי להשוות רמות גנטיות בין ארצות דרושה החלפה של כמות גדולה של ח"ג ביניהן. נערכו מספר ניסויים כאלה בעשרים השנים האחרונות. העיקריים שבהם הם הניסוי בפולין, ניסוי ברענן וקנדה-ניוזילנד.

בתחילת שנות ה-70 נערך בפולין ניסוי, שבו לקחו חלק 10 ארצות. 40 פרים צעירים נבחרו באקראי מכל ארץ וזווגו באקראי עם הפרות בפולין. תוצאות הניסוי הראשונות פורסמו בתחילת שנות ה-80 והצביעו על יתרון

טבלה 2. השפעת b על ההמרה הגנטית.

אומדן גנטי של הפר קלייטוס בישראל	ערך b
-8.8	0
4.9	0.5
18.5	1
32.2	1.5

במקדמי ההמרה בין ישראל וארה"ב, נוסחת ההמרה מארה"ב לישראל אינה מספקת.

חישוב מקדמי המרה בין ישראל והולנד

בעקבות הניסוי ישראל-הולנד קיימים 10 פרים שלהם מבחן לק"ג חלב, שומן וחלבון. בהולנד וישראל, 6 מישראל ו-4 מהולנד.

בטבלה 3 מופיעים אומדני התורשה של פרים אלה בשתי הארצות עבור חלב, שומן וחלבון. באיור 1 מוצגים אומדני התורשה של פרים אלה בישראל כפונקציה לינארית של אומדני התורשה בהולנד. מקדמי ההמרה מהולנד וישראל חושבו לפי שיטת וילמינק. בטבלה 4 מוצגים ערכי מקדמי הרגרסיה (חותך ושיפוע) והמתאם לייצור חלב, שומן וחלבון. בהיעדר השפעת גומלין בין הפרים לארצות נצה למתאם בין המבחנים הגנטיים הקרוב לאחד, כאשר ההישנות קרובה לאחד בשתי הארצות. בפועל, ערכי ההישנות היו נמוכים יחסית לכל פר באחת הארצות ולכן, צפוי שהמתאמים יהיו נמוכים מאחד גם בהיעדר השפעת גומלין פר×ארץ. המתאם הגבוה לחלב ושומן מראה, שלא קיימת השפעת גומלין משמעותית בין פר לסביבה. עם זאת, יש להתייחס למקדמי ההמרה בזהירות, כיון שהם מבוססים על 10 פרים בלבד, בעוד שהדרישה היא ל-20.

לשם המחשה מוצגים בטבלה 5 הערכים הגנטיים של שלושה פרים לאחר המרה ועוד שני פרים ישראלים: הפר האמריקאי גולדן-קלדק עם המבחן הטוב ביותר בהולנד, הפר קלייטוס שהוא הגבוה ביותר בהולנד מבין הפרים בארה"ב שזרמתם נרכשה להזרעת עתודות, הפר ההולנדי הטוב ביותר כיום, סני-בוי, שזרמתו נמצאת בארץ, הפר גלגל שהוא הפר הישראלי הטוב

ב. לכל פר הישנות מעל 75% בכל אחת מהארצות.

ג. המתאם בין הערכים הגנטיים של הפרים בארץ הייצוא לארץ הייבוא הוא מעל 75%.

מטרת ההשוואה היא קביעת נוסחת "המרה" בין מבחנים גנטיים בארץ המייצאת לערכים גנטיים הצפויים בארץ המייבאת.

שיטת ההמרה המומלצת היא לפי שיטת וילמינק ושות' (1985): $PB_j = a + b \times WB_j \times PA_j$ כאשר,

PB_j אומדן תורשה של פר j בארץ המייבאת,

a קבוע הרגרסיה,

b שיפוע קו הרגרסיה,

WB_j הישנות של פר j בארץ המייבאת,

PA_j אומדן תורשה של פר j בארץ המייצאת.

חישוב מקדמי המרה בין ארה"ב לישראל

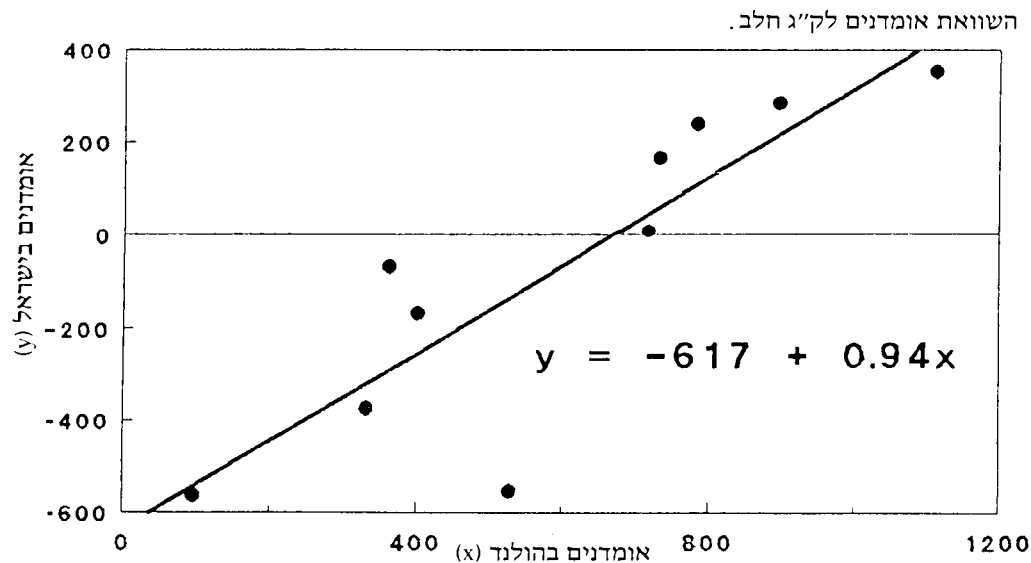
במסגרת מערך הטיפוח בישראל משנות ה-60, יובאו בעיקר מארה"ב מאות מנות זרמה בשנה להזרעת פרות עתודות. בפועל, כשליש מהפרים הצעירים בארץ הנם בנים לאבות מחו"ל.

מקדמי ההמרה בין ארה"ב לישראל מבוססים על ערכים גנטיים של בנים בשתי הארצות לאבות משותפים בארה"ב. בהשוואה זו מחשבים את ההפרש בין שתי קבוצות הבנים ומניחים, ששיפוע הרגרסיה שווה לאחד (רון וחוב', 1988). בפועל, שינוי בערך a משפיע על אומדן הפר בארץ הייבוא. לדוגמא, אומדן הפר קלייטוס שווה ל-27.3 ק"ג חלבון. באמצעות השוואה זו נמצא, שההפרש בין ארה"ב לישראל לק"ג חלבון שווה ל-8.8. ניתן לתאר את ערכו הגנטי של הפר קלייטוס בישראל לפי הנוסחה הבאה:

$$\text{אומדן קלייטוס בארה"ב} = -8.8 + b \times \text{אומדן קלייטוס בישראל}$$

בטבלה 2 מופיעים אומדני התורשה לפר קלייטוס שיתקבלו כפונקציה של ערכי b שונים.

טווח השינוי בערכו הגנטי של קלייטוס בישראל גבוה מאד כפונקציה של b. היות ובנתונים הקיימים לא ניתן לאמוד את ערך b



תבנית הניסוי הדרושה לקבלת מקדמי המרה מהימנים

דרישות מניסוי השוואתי

ארה"ב מובילה בייצוא ח"ג בעולם ולכן יש עניין לבחון את הפרים האמריקאיים בישראל. כדי לחשב מקדמי המרה מהימנים ובדיקת השפעת הגומלין בין הפר לסביבה, יש לערוך ניסוי העומד בעקרונות שנקבעו על ידי אירגון Interbull. לפי כך, דרושים לפחות 20 פרים

ביותר והפר פרחח. מתוצאות ההמרה ניתן לראות, שהערכים הגנטיים של 3 הפרים הגבוהים ביותר בין פרים אלה לק"ג חמ"מ הם דומים ושהפר גלגל הישראלי נמצא במקום הראשון. תוצאות אלה אינן מצביעות על הרמה הגנטית בארצות השונות, אלא רק על השוואת פרים מצטיינים המועמדים לייבוא. בתנאים של השפעת גומלין חזקה בין הפר לסביבה ייתכן, שכל מדינה תעדיף את הפרים המקומיים לעומת פרי ייבוא.

טבלה 3. רשימת פרים עם מבחן בישראל ובהולנד.

שם הפר	ישראל				הולנד			
	הישנות	חלב	שומן	חלבון	חמ"מ*	הישנות	חלב	שומן
עמיר	99	-66	-4.9	-5.0	-187	73	362	-1.0
גיוס	99	352	6.0	4.9	113	92	1112	17
לבלר	99	240	4.1	4.5	117	82	784	14
פרחח	99	166	11.6	6.2	244	91	733	15
שץ	99	10.0	-4.0	4.0	110	91	718	7
שואג	99	285	-0.1	5.5	112	93	896	14
בישיק	78	-166	9.0	5.9	308	99	401	20.5
סקוטי	78	-374	3.6	0	125	99	331	14.5
טופס	77	-553	1.8	-5.7	-35	99	528	18
מגייק	80	-563	3.7	-5.1	0	99	96	14

* חלב מושווה מחיר = ק"ג חלבון $\times 34.82$ + ק"ג שומן $\times 6.41$ + ק"ג חלב $\times -2.74$

טבלה 4. מקדמי ההמרה בין הולנד לישראל.

תכונה	קבוע (a)	שיפוע (b)*	מיתאם (R)
חלב, ק"ג	-617	.94	.86
שומן, ק"ג	-5.6	.66	.75
חלבון, ק"ג	-5.7	.52	.57

* b שונה מאפס

טבלה 5. רשימת פרים לאחר יישום מקדמי המרה של הולנד לישראל.

שם פר	ארץ מוצא	חלב	שומן	חלבון	חמ"מ
גלגל	ישראל	719	9.3	16.4	434
סני-בוי	הולנד*	140	16.5	9.9	413
גולדן-קלרק	ארה"ב*	53	23.4	8.1	417
קלייטוס	ארה"ב	416	15.8	3.9	333
פרחח	ישראל	166	11.6	6.2	246

* מעל 96% מהפריים ה"פעילים" בארה"ב לקריטריון חלבון במבחן האמריקאי.

נבחנים בארץ הייצוא שייבחנו בארץ הייבוא. לכל פר דרוש מבחן בארץ הייבוא עם $0.75 <$ הישגות. הזיווגים צריכים להיות באקראי באוכלוסיות פרות אחידות.

מבנה ועלות הניסוי

20 פרים נבחנים מארה"ב עם מבחן חיובי לקלות המלטה בעגלות ועם מחיר למנת זרמה עד 15% מתוך 200 הפריים האמריקאיים הגבוהים ביותר לפי אינדקס חמ"מ ישראלי. זרמת הפריים תוזרע בעגלות, כדי להגיע לשיעור התעברות גבוה מהזרעה ברב חודשי השנה. מכל פר יירכשו 300 מנות זרמה ובסה"כ כ-6,000 מנות בעלות של כ-\$70,000. לכל פר צפויות כ-60 בנות במבחן להשגת הישגות < 0.75 .

יישום תוצאות הניסוי

אם הניסוי יופעל בשנת 1992, ניתוח הנתונים יהיה ב-1996. יחושבו מקדמי המרה בין ארה"ב לישראל. יומרו ערכים גנטיים של פרים מצטיינים אמריקאיים ותיבדק הכדאיות של ייבוא נרחב יותר. מאחר שלכל מדינות אירופה

סיכום ומסקנות

- על פי תוצאות ההמרה של הערכים הגנטיים של פרים בין הולנד וישראל לא קיימת סיבה לייבוא משמעותי של ח"ג מהולנד וארה"ב.
- מומלץ לבצע ניסוי של הזרעת עגלות בזרמת 20 פריים אמריקאיים לקבלת מקדמי המרה מהימנים בין ארה"ב וישראל, ובעקיפין בין אירופה וישראל, לתמיכה בהחלטות ייבוא וייצוא של ח"ג.

רשימת ספרות
רון מ., עזרא א. וולר י. 1988. מקדמי התמרה גנטיים בין ארצות להערכות גנטיות של פרים. משק הבקר והחלב 13:212.

