

מבחן מיני מצליבים כמקור להפקת שמן לתעשייה

זהרה יניב, דן שפרמן, יאיר אלבר, עזרא בן-משה, מנחם צור, המחלקה לגידולי שדה ומשאבי טבע, מינהל המחקר החקלאי*

ונבחרו לניסוי-שדה על סמך השיעור הרב יחסית של חומצה ארוסית בהם, כפי שניתן לראות בטבלה 1.

טבלה 1. הרכב חומצות השמן העיקריות בזרעים נבחרים של מיני מצליבי בר.

חומצה	ארוסית, C22:1	לינולית, C18:3	לינולאית, C18:2	אולאית, C18:1
המין הנבחר				
חרדל לבן	53.3	14.7	8.1	15.2
חרדל השדה	44.3	19.1	13.0	12.7
כרוב שחור	37.8	13.5	14.1	12.6
כרוב החוף	45.1	22.7	9.9	14.4
בן-חרדל מצוי	39.1	19.6	12.7	10.8

הניסוי נערך בעונת הגידול 1990/91 בחוות-הניסוי בבית-דגן, בירושלים, ובחוות פיקמן במרוס-גולן. נתונים בדבר טמפרטורות מכסימים ומינימום בתקופת הגידול של הצמחים בשלושת המקומות סיפקה לנו המחלקה למטאורולוגיה חקלאית בשירות המטאורולוגי, וכן הן נבדקו מדי עשרה ימים. הנתונים אינם מובאים בזה, אולם יצוין כי בבית-דגן הטמפרטורה הגבוהה ביותר, בירושלים - בדרגת ביניים, וברמת הגולן - הנמוכה ביותר. תאריך הזריעה בבית-דגן וירושלים היה 7/11, ובמרוס-גולן 14/11. הצמחים נזרעו בחלקות של 1.2 מ"ר, ברווחים של 30 ס"מ בין השורות. אורך השורה מטר אחד; עומד הצמחים בשורה נקבע ל-30 נבטים למטר. ארבע חזרות נזרעו לכל מין. דישון-יסוד ניתן עם הכנת הקרקע: 10 יחידות חנקן, 10 יחידות זרחן ו-5 יחידות אשלגן לדונם.

קוטל העשבים שנבחר הוא טרפלן, בשיעור 250 ג' לדונם. במשך הגידול לא נרשמו נזקי מזיקים ומחלות. הקצירה היתה ידנית בשלב הבשלה פיסילוגית של הזרעים. בין הנתונים שנאספו היו: משך הגידול (מספר הימים עד לקצירה), משקל אלף זרעים, יכול הזרעים לדונם, שיעור השמן בזרעים והרכבו בחומצות שומן.

מיצוי השמן

הזרעים יובשו בטמפרטורה של 50 מ"צ במשך לילה, ולאחר מכן נטחנו לאבקה. השמן מוצה ממדגמים של 5 ג' אבקה, בעזרת פטרול-אתר (40 - 60 מ"צ), במכשיר הסוכסלאט, במשך 16 שעות. לאחר נידוף הממים - נקבע משקל השמן.

אנאליזה של השמן

מדגמים של 200 מ"ג מכל חזרה נלקחו להכנת פריד המכיל חומצות שומן שעברו מתילציה לפי שיטה הנהוגה במעבדתנו (6). לשם אנאליזה של חומצות השומן הוזרק למכשיר הגז-כרומטוגרף מדגם של שני מיקרוליטרים. האנאליזה נעשתה בעזרת קולונת מגבור (DB-23 בעובי 0.5 מיקרומטר שארכה 0.54

חמישה מיני צמחי מצליבים, שנאספו מצמחיית הבר ממקומות שונים בארץ, נבחנו כמקור לשמן תעשייתי. המינים שנבחנו היו: חרדל לבן (*Sinapis alba*) - 3 קווים, חרדל השדה (*Sinapis arvensis*), כרוב שחור (*Brassica nigra*), כרוב החוף (*B. tournefortii*) ובן-חרדל-מצוי (*Eruca sativa*). המבחן נערך בשלושה אתרים בארץ: בית-דגן, ירושלים ומרוס-הגולן.

נמצא, שהחרדל הלבן הוא בעל פוטנציאל היבול הרב ביותר ובעל השיעור הרב ביותר של החומצה ארוסית, מבין המינים שנבחנו (50% - 55% מכלל חומצות השומן בזרע). כמו כן נמצא, שבתנאי טמפרטורות נמוכות כפי המצוי ברמת-הגולן מבשילים הזרעים מאוחר יותר, ושיעור השמן בהם רב יותר.

מבוא

מזרעי צמחים ממשפחת המצליבים ניתן להפיק שמן, אשר שימושו תלויים בחומצות השמן שבו. משפחת המצליבים מאופיינת בנוכחות חומצת שמן מיוחדת-חומצה ארוסית (C22:1), שתכונותיה חשובות לשימושים תעשייתיים. בחסרונה - מיועד השמן למאכל (שמן כרוב השמן), ואילו הימצאותה בשיעור רב (כ-50% מכל חומצות השמן) מיעדת את השמן כחומר-גלם לתעשייה, לייצור פלסטיק באיכות מעולה, לשמני סיכה, לצבעים ועוד (1, 2).

בצמחיית ישראל יש הרבה ניצגים ממשפחת המצליבים, שיש סיכוי כי לאחר תירבות והשבחה יוכלו לשמש מקור להפקת שמנים איכותיים לתעשייה (3, 4).

בעונת 1988/9 נבדקו מספר מיני מצליבים מאוסף האינטרודוקציה של בנק הגנים, בדבר אפשרות התאמתם לתנאי הארץ (5). התוצאות היו מעודדות.

מבחן זה הוא ניסיון ראשוני לבחינת מיני הבר ממשפחת המצליבים, שהרכב שמנם מתאים לתעשייה (4), לשם בדיקת התאמתם לתנאי הגידול של שלושה מאזורי הארץ והערכת תכולת השמן שבזרעים ואיכותו.

מכל המינים שנבחנו, נראה שהחרדל הלבן הוא בעל הפוטנציאל הגדול ביותר כמקור לזרעים עשירים בחומצה ארוסית.

שיטות וחומרים

החומר הצמחי

חמישה מינים של מצליבים נבחרו לניסוי זה. מינים אלה נאספו מצמחיית הארץ בידי צוות החוקרים בשנים 1987 - 1991,

*פירסום של מינהל המחקר החקלאי, סדרה ה' 1993, מס' 1017.

מ"מ x 30 מ'). טמפרטורת התנור היתה 135 - 200 מ"צ לפי התנאים המפורטים במאמר הנ"ל (6).
 החומצות שזוהו לפי סטנדרטים מקובלים הן: חומצה פלמיטית C16:0; חומצה אולאית C18:1; חומצה לינולאית C18:2; חומצה ארוסית C22:1.

תוצאות ודין

בטבלה 2 מוצגות תוצאות מבחן-השדה של חמשת מיני המצליבים, שנערך בשלושת המקומות. פרמטרים שנבדקו: משך הגידול, משקל-האלף של הזרעים, יבול הזרעים לדונם, שיעור השמן

בזרעים והרכבו בחומצות שומן. בטבלה מובאים רק הערכים של החומצה העיקרית והחשובה: החומצה הארוסית.

(1) **משך הגידול.** מקריאת הנתונים ניתן להבחין, שאין הבדל משמעותי בין המינים השונים כשהמדובר באותו אתר. לעומת זאת יש הבדל בין המקומות השונים. בחוות בית-דגן היה משך הגידול הקצר ביותר (166 - 179 ימים); ואילו בחוות פיסמן, הנמצאת במקום שבו הטמפרטורות הנמוכות ביותר, היה משך הגידול הארוך ביותר (192 - 203 ימים). ההפרש מגיע לכחודש ימים. יצוין, שחרדל השדה וכרוב החוף לא הגיעו להבשלה בתנאי מרום-גולן. בית-גידולם הטבעי של צמחים אלה הוא לאורך החוף (8), וכנראה הם רגישים לטמפרטורות קרות.

(2) **משקל-האלף.** זרעי החרדל הלבן הם הגדולים ביותר,

בין 4 ל-5.5 גרמים. כל יתר מיני המצליבים שנבדקו הם בעלי זרעים קטנים, שמשקל-האלף שלהם נע בין גרם אחד לשני גרמים. ניתן להבחין בהשפעת אתר הגידול על גודל הזרעים: בירושלים ובמרום-גולן - גדולים מאשר בבית-דגן; כלומר, בטמפרטורה קרה יותר - הזרעים המתפתחים גדולים יותר (עובדה הנובעת, כנראה, מהתמשכות הגידול בתנאי טמפרטורה נמוכה).

(3) **יבול הזרעים.** בין המינים שנבדקו, החרדל הלבן הוא בעל היבולים הגדולים ביותר, עד 530 ק"ג לדונם, בהפרש גדול מכל יתר המינים, שבהם היה משקלם 150 - 170 ק"ג לדונם. גם מבחינה זו, למיקום חשיבות רבה: היבולים הגדולים ביותר היו בבית-דגן, ברוב המינים שנבדקו. יוצאי דופן הם הכרוב השחור ובן-חרדל מצוי, שהניבו יבולים גדולים יותר בירושלים. מבין קווי החרדל הלבן בולט הקו "בית-דגן", שהניב 530 ק"ג לדונם בבית-דגן, לעומת 370 - 400 ק"ג לדונם שהניבו שני הקווים האחרים.

(4) **שיעור השמן בזרעים.** בנידון זה אין הפרש נראה לעין בין חמשת המינים שנבדקו. הממוצע נע בסביבות 23%. אפשר לציין את העובדה, שכרמת-הגולן התקבלו אחוזי השמן הגדולים ביותר. תופעת ההשפעה של טמפרטורה קרה להגדלת שיעור השמן בזרעים - ידועה (7). השיעור הרב ביותר של שמן (28.1%) התקבל בחרדל לבן, קו נהריה, שגדל ברמת-הגולן.

(5) **החומצה הארוסית.** החרדל הלבן מכיל את השיעור הרב ביותר של החומצה הארוסית, מבין מיני המצליבים שנבחנו: יותר מ-50% מכלל החומצות השומניות שבזרע.

כפי שרואים בטבלה 2, לא ניכרת השפעת מקום הגידול על שיעור החומצה הארוסית בזרעים, אף על פי שלטמפרטורה יש השפעה על שיעורן היחסי של חומצות השומן השונות בזמן הבשלת הזרע (7, 9); וזאת, משום שבשלב המכריע של הבשלת הזרע (כעבור 30 - 50 יום מתחילת הפריחה) היו הטמפרטורות בשלושת אתרי הגידול - גבוהות. כל ארבעת המינים האחרים שנבדקו מכילים בין 35% ל-45% חומצה ארוסית (טבלה 2).

מסקנות

מכל המינים שנבחנו, נראה שהחרדל הלבן הוא בעל

טבלה 2. נתונים אגרונומיים וכימיים של מינים נבחים של מצליבי בר, שנבחנו בשלושה אזורים בארץ: בית-דגן, ירושלים ורמת-הגולן, 1990/91. כל נתון - ממוצע של 4 חזרות.

מקום הגידול	ימים עד לקצירה	משקל-אלף, גרמים	יבול זרעים, ק"ג/ד'	שיעור השמן, %	שיעור חומצה ארוסית, %
חרדל לבן, קו תל מעברות					
בית-דגן	168	3.8	396 א	22.8	52.6
ירושלים	183	4.5	235 ג	19.2	51.1
רמת-הגולן	192	4.8	302 ב	24.7	51.8
חרדל לבן, קו נהריה					
בית-דגן	176	3.9	369 א	24.0	52.2
ירושלים	188	4.4	172 ג	20.1	50.6
רמת-הגולן	203	4.8	235 ב	28.1	52.6
חרדל לבן, קו בית-דגן					
בית-דגן	170	4.4	533 א	24.4	51.6
ירושלים	188	4.4	206 ג	19.8	49.3
רמת-הגולן	203	5.4	267 ב	26.6	52.9
חרדל השדה					
בית-דגן	166	0.9	155 א	23.3	44.2
ירושלים	172	0.9	8 ב	23.3	45.2
רמת-הגולן	—	—	—	—	—
כרוב שחור					
בית-דגן	179	1.0	111 ב	23.1	37.3
ירושלים	190	1.1	152 א	19.9	37.7
רמת-הגולן	203	1.6	76 ג	25.7	40.9
כרוב החוף					
בית-דגן	167	0.9	178 א	22.3	43.2
ירושלים	170	0.9	69 ב	24.4	45.1
רמת-הגולן	—	—	—	—	—
בן-חרדל מצוי					
בית-דגן	178	1.5	174 ב	23.9	36.4
ירושלים	186	1.7	192 א	20.3	34.7
רמת-הגולן	203	2.3	101 ג	26.5	39.6

אותיות שונות מייצגות הפרש מובהק ב- $P < 0.001$ לפי מבחן דאנקן.

3. Elber, Y., Zohara Yaniv, D. Schafferman, E. Ben-Moshe and M. Zur (1991): List of wild crucifer seed collection. Informal Publication, A.R.O.
4. Yaniv, Z., D. Schafferman, Y. Elber and M. Zur (1991). *Phytochemistry* 30: 841 - 843.
5. Yaniv, Z., D. Schafferman, Y. Elber and M. Zur (1991). Pages 203 - 208 in: *New Industrial Crops and Products*. eds.: H.H. Nagvi, A. Estilai and I.P. Ting.
6. Yaniv, Z., C. Ranen, A. Levy and D. Palevitch (1989). *J. Exp. Bot.* 40: 609 - 613.
7. Canvin, D.T. (1965). *Can. J. Bot.* 43: 63 - 69.
8. Elber, Y., Z. Yaniv, D. Schafferman and M. Zur (1993). *Israel J. bot.* 41: 2.
9. Yaniv, Z., D. Schafferman, Y. Elber, E. Ben-Moshe and M. Zur (1993): Development of *Sinapis alba*, native to Israel, as a source of high erucic acid oil. *Industrial Crops and Products* (submitted for publication).

הפוטנציאל הגדול ביותר כמקור לזרעים עשירים בחומצה ארוסית. מדונם של חרדל לבן, בתנאי בית-דגן, אפשר להפיק 127 ליטר

בטמפרטורות נמוכות, הבשלת הזרעים מאוחר יותר ושיעור השמן בהם רב יותר

שמן, או 66.5 ק"ג חומצה ארוסית נקייה. ברור לנו, שזו רק תחילת הדרך. יש להתמקד בחיפוש אחר קווים בעלי תכולת שמן מרובה יותר ועשירים יותר בחומצה ארוסית. כמו כן יש להשקיע מאמצים בטיפול צמח מתאים לאגרוטכניקה ממוכנת.

ספרות

1. Downey, R.K. (1971). *JAOCS* 48: 718 - 822.
2. Kumar, P.R. and S. Tsunoda (1980). Pages 235 - 248 in S. Tsunoda, K. Hinata and C. Gomez-Campo, eds.: *Brassica Crops and Wild Allies*. Tokyo, Japan Scientific Press.