

# הלחות הבטוחה להשתמרות שלושה זנים של אגוזי־אדמה באחסנה

מאת **ר. קליינרמן, ח. חכם, המדור לביקורת זרעים ושתילים, האגף להגנת הצומח וביקורת ש. נברו. ע. דונהאי, המחלקה לאיסוס, מינהל המחקר החקלאי\***



הלחות (אם הלחות ההתחלית של המוצר מרובה). לכן, תמיד נשאלה השאלה אם קיימת לחות מאוזנת אמיתית (7). רוב העבודות על הלחות המאוזנת אינן מתחשבות בתופעה hysteresis. לכן, למטרות ישומיות יש עניין להשתמש בעקומים המתארים את הלחות המאוזנת בלי להתחשב בהיבטים תיאורטיים של התופעה הנ"ל.

זן אגא"ד הנפוץ בארץ הוא שולמית, ולאחרונה נפוצים גם הזנים חנוך וואלנסיה. רוב המידע על רמת לחות אגא"ד המתאימה לאחסנה מבוסס על עקומי לחות מאוזנת הקיימים בספרות, ואין בידינו מידע בנידון זה על הזנים הנזרעים בישראל. לכן היתה מטרת העבודה הנוכחית לקבוע את הלחות המאוזנת בשלושת זני אגא"ד הנ"ל.

## חמרים ושיטות

לניסויים שימשו זרעים מהזנים שולמית, חנוך וואלנסיה, בלחיות 5.8%, 7.5% ו-6.5% לפי אותו סדר. בדיקת הלחות המאוזנת נעשתה בזרעים ובתרמילים שלמים.

הוכנו תמיסות שונות של חומצה גפרתית, כדי לקבל לחויות יחסיות של 30, 40, 50, 60, 70, 80 ו-90 אחוזים באוויר. המשקל הסגולי של תמיסות אלה נמדד בעזרת הידרומטרים, כדי לוודא שהן מתאימות ללחיות הנ"ל (9). כ-200 מ"ל מכל אחת מהתמיסות האלה הוכנסו לתוך דסיקטורים אטומים בנפח של 3.5 ליטרים.

זרעים במשקל של כ-12 גרם הוכנסו לכלובים עשויים רשת נחושת של 30 מ"ש. לכל דסיקטור שהכיל תמיסה מכרילת הוכנס כלוב אחד שהכיל זרעים מהזנים הנ"ל, קלופים או בתרמילים. הכלובים הונחו בתוך דסיקטורים על משטח מחורב עשוי P.V.C. שמעל התמיסה המכרילת.

הלחיות היחסיות שנוצרו על-ידי התמיסות המכרילות נמדדו באמצעות מד-לחות אלקטרוני מתוצרת Novasina. כמו כן, בתום כל ניסוי נמדד המשקל הסגולי של התמיסות.

הדסיקטורים עם התמיסות המכרילות שהכילו את הזרעים הוחזקו למשך תקופה של ששה שבועות בטמפרטורה של  $26 \pm 1$  מ"צ. בתום תקופה זו, מיד עם הוצאת הזרעים מתוך הדסיקטורים, נבדקה הלחות בהם. קביעת הלחות נעשתה ב-103 מ"צ למשך 17 שעות, ולפי השיטה התקנית המתאימה לזרעי אגא"ד (1). חישוב הלחות בזרעים נעשה על "בסיס רטוב". מכל כלוב נלקחו שני מדגמי אגא"ד של כ-5 גרמים כל אחד, לקביעת לחותם.

לקביעת המיתאם בין הלחות בזרעים ללחות היחסית המאוזנת נעשה חישוב לפי הנוסחה שפיתח הלסי (5). נוסחה זו, לפי פיקסטר

נבדקה הלחות המאוזנת ("הבטוחה") של זרעים ותרמילים בזני אגא"ד ואלנסיה\*\*, חנוך ושולמית, ב-26 מ"צ. לחות זרעים מאוזנת ב-70% לחות יחסית היתה בואלנסיה, בחנוך ובשולמית — 6.71%, 7.34% ו-6.37%, לפי אותו סדר. נעשה ניתוח סטטיסטי להתאמת קו רגרסיה ליניארית לביטוי הקשר בין לחות הזרעים והתרמילים לבין הלחות היחסית המאוזנת. התוצאות מראות על לחות זרעים מאוזנת מרובה יותר בזן חנוך, בהשוואה ליתר שני הזנים שנבדקו.

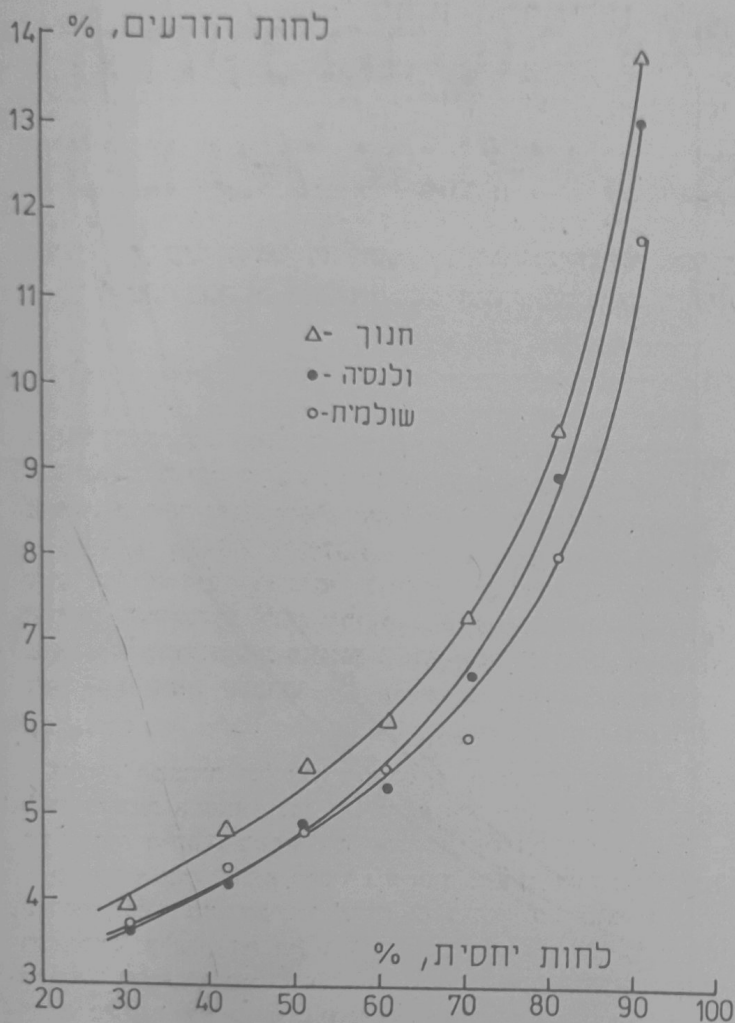
## מבוא

הלחות המאוזנת של אגא"ד קובעת, אם פטריות עוכש יכולות להתפתח בעת אחסנתם. לכן, לשימור אגא"ד חשוב לדעת על הקשר בין הלחות היחסית באוויר לבין הלחות המאוזנת בזרעים. תרמילי אגא"ד יכולים להכיל זרע אחד או יותר, לזרעים ולקליפת התרמיל תכונות היגרסקופיות שונות (2). בדומה לכל המוצרים ההיגרסקופיים, קליפות התרמיל והזרעים שואפים לאזן את לחותם עם הלחות היחסית שבאוויר הסובב אותם. כתוצאה מכך, הלחות המאוזנת של תרמילים המכילים זרעים שונה מזו של זרעים. למשל, ב-32 מ"צ, כאשר הלחות היחסית של האוויר 76%, נמצא שזרעי אגא"ד יכולים להכיל 7.5% לחות (בסיס רטוב); ואילו זרעים בתרמילים — 9% (2). תהליך הפוך יקרה, כאשר אגא"ד מאוחסנים במבנה סגור וללא אוויר רור: ב-32 מ"צ, זרעים ב-7.5% לחות ותרמילים ב-9% לחות ישיעו על הלחות היחסית באוויר המחסן ויתאזנו בלחות יחסית הקרובה ל-76%.

כושר השתמרות הזרעים ופעילות פטריות עוכש תלויים בלחות ובטמפרטורה של אגא"ד. נמצא (4), שהתנאים המשפיעים להתפתחות הפטריה *Aspergillus flavus* היא בתחום הטמפרטורות של 25—35 מ"צ ולחות יחסית 85% (לחות הזרעים 10%) ומעלה. לעומת זאת ידוע, שמרובה הפגיעה המכנית בתהליך הקילוף, כאשר לחות הזרעים פחותה מ-6% (3). לכן נודעת חשיבות רבה לירידת תנאי הלחות, שבהם יאוחסנו זרעי אגא"ד.

קיימים מחקרים רבים על הלחות המאוזנת של מוצרי מזון, ובהם נמצא שהלחות המאוזנת תלויה בטמפרטורה. נמצא גם שקיימת התופעה של hysteresis, המראה שלגבי כל ערך של לחות המוצר מצויים שני ערכי לחויות יחסיות מאוזנות: אחד לגבי ערכי ספיגת לחות (אם הלחות ההתחלית של המוצר מועטה), ואחד לגבי פליטת

\* פירסום של מינהל המחקר החקלאי, סדרה ה' 1987, מס' 2015.  
\*\* בכל מקום במאמר, שנדפס "ואלנסיה" — צ"ל קונגו.



**דיאגרמה 1.** הלחות המאוזנת של שלושה זנים של זרעי אגוזי-אדמה ב-26 מ"צ.

תרמילים שלמים, הלחות הבטוחה לשמירתם מפני פגיעת פטריות עובש צריכה להיות פחותה מ-7.50%, 8.49%, ו-7.46% לפי אותו סדר.

הנתונים הנ"ל עומדים בהשוואה עם אלה המופיעים בספרות. למשל, פיקסטון ווארבורטון (8) מצאו, שב-26 מ"צ ר-70% לחות יחסית — הלחות המאוזנת של זרעי אגוזי-אדמה היא 6.9%; ובעבודה אחרת (2), ב-32 מ"צ — היא נמצאה 6.7%. על הלחות המאוזנת של תרמילים קיימות פחות עבודות מאלו שלגבי זרעים כלבד. נמצא למשל (2), שב-32 מ"צ, כאשר לחות הזרעים היתה 6.7% — היתה לחות התרמילים 8.7%. לעומת זאת, בעבודה הנוכחית ההפרשים בין לחות הזרע ולחות התרמילים בלחות יחסית מאוזנת של 70% היו קטנים יותר, ולגבי הזן ואלנסיה, למשל, היה ההפרש 0.8%, ואילו לגבי הזן חנוך — 1.15%.

בעבודה הנוכחית לא נבדקה השפעת היסטרויס; אף לא נקבעו הערכים לגבי לחות מאוזנת בספיגת לחות או בפליטת לחות. עם זאת ראוי לציין, שבעבודתם של פיקסטון ווארבורטון (8) לא נמצאה השפעה ניכרת של היסטרויס בזרעי אגוזי-אדמה.

(המשך בעמוד הבא)

הוא (7), נמצאה המתאימה ביותר לזרעי אגוזי-אדמה. קשר זה שבין לחות הזרעים והלחות היחסית מבוטא בנוסחת רגרסיה של קו ישר, שהיא:

$$\ln m = b \ln (-\ln h) + a$$

כאשר:  $n$  = לחות הזרעים על בסיס רטוב;

$h$  = הלחות היחסית מחולקת ב-100;

$\ln$  = לוגריתמים טבעיים;

$b$  = שיפוע הקו;

$a$  = קבוע מחושב.

לפי הנוסחה הנ"ל חושבו המקדמים הקבועים של הקו לגבי כל אחד מזני אגוזי-אדמה, ללא קליפה וכשהם בתרמילים.

### תוצאות ודיון

הלחות היחסית כפי שנבדקה באמצעות המכשיר האלקטרוני Novasina, וחישוב הלחות היחסית על-ידי בדיקת המשקל הסגולי של תמיסות חומצה גפרתית (9), הצביעו על הפרשים בתחום של פלוס-מינוס 0.2%. לצורך חישוב הלחות המאוזנת, מכיון שרגישות המכשיר האלקטרוני היא בתחום פלוס-מינוס 0.5%, נבחרו תוצאות הלחות היחסית שנתקבלו מבדיקת התמיסות של חומצה גפרתית.

קביעת לחות אגוזי-אדמה התבססה על בדיקת שני מדגמים מכל לחות יחסית. השוואת שתי בדיקות אלה הראתה ממוצע הפרש של 0.13% עם סטיית תקן מהממוצע כדי פלוס-מינוס 0.016. לפיכך, לצורך חישוב התוצאות בעבודה הנוכחית, נלקח ממוצע של שתי החזרות האלה.

התוצאות הנ"ל נותחו לפי הנוסחה של הלסי (5) שפורטה לעיל בסעיף חמרים ושיטות. לפי נוסחה זו אפשר לבטא את הקשר בין הלחות של אגוזי-אדמה לבין הלחות היחסית באוויר — על-ידי חישוב קו רגרסיה ליניארי. תוצאות ניתוח זה מראות (טבלה 1), שמקדמי המיתאם היו בתחום 0.9922 ו-0.9991, דבר המצביע על התאמה מובהקת.

טבלה 1. מקדמי המיתאמים והמקדמים הקבועים של קווי רגרסיה מחושבים לזני נוסחת הלסי (5), וערכי הלחות מחושבים ב-70% לחות יחסית מאוזנת של זרעים ותרמילים של שלושה זני אגוזי-אדמה ב-26 מ"צ.

	$r^2$	שיפוע b	a	% לחות מחושב ב-70% לחות יחסית
<b>ואלנסיה</b>				
זרעים	-0.9969	-0.5181	1.3698	6.71
תרמיל	-0.9955	-0.4388	1.5629	7.50
<b>חנוך</b>				
זרעים	-0.9991	-0.4982	1.4791	7.34
תרמיל	-0.9976	-0.4598	1.6644	8.49
<b>שולמית</b>				
זרעים	-0.9947	-0.4594	1.3781	6.37
תרמיל	-0.9922	-0.4006	1.5970	7.46

בטבלה 1 נראים גם אחוזי הלחות המחושבים של זרעי אגוזי-אדמה ושל תרמילים שלמים ב-70% לחות יחסית. שהיא הלחות הקריטית. מקובל, שפטריות עובש מהוות בעיה בעת אחסנה בלחות יחסית מאוזנת של 70% ויותר (6). לפיכך, למניעת נזק פטריות עובש הפוגע עת בכושר נביטת זרעי אגוזי-אדמה — יש להמליץ על החזקת זרעים של הזנים ואלנסיה, חנוך ושולמית בלחות פחותה מ-7.34%, 7.46%, 6.37% לפי אותו סדר. לעומת זאת, אם בדיקות הלחות מבוססות על

# הלחות הבטוחה להשתמרות שלושה זנים של אגוזי-אדמה באחסנה

(המשך מעמוד קודם)



שני הזנים. התוצאות לגבי הזנים ואלנסיה ושולמית מתקבלות זו לזו בלחיות יחסיות פחותות מ-60% (דיאגרמה 1). גם לחות התרמילים של הזן חנוך מרובה יותר בהשוואה ליתר שני הזנים שנבדקו (דיאגרמה 2). לעומת זאת, הלחות המאוזנת של תרמילים בזנים ואלנסיה ושולמית קרובה. ההבדלים הבולטים הנ"ל בין הזן חנוך ליתר שני הזנים יכולים לנבוע מתכולת השמן הפחותה יחסית. לפי ולרשטיין (עבודה שטרם פורסמה), בבדיקת תכולת השמן באגא"ד מעונת 1983, שגודלו באיזור בית-דגן ובכשור, משני מועדי איסוף שונים, נתקבלו ממוצעים של 51.5% לגבי הזן שולמית ו-47.9% לגבי הזן חנוך. ידוע (8), שבזרעים בעלי תכולת שמן מרובה כזרעי אגא"ד, הלחות פחותה ככל שתכולת השמן מרובה. גם זו הסיבה לכך, שבתרמילים שלמים הלחות המאוזנת מרובה יותר.

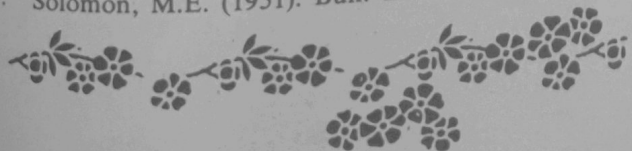
הנתונים הנ"ל מאפשרים לקבוע במדויק את הלחות המותרת לאחסנת זרעי אגא"ד. אולם כדי לקיים שולי ביטחון, רצוי שהלחות הבטוחה לשמירת הזרעים תהיה פחותה יותר, למשל בתחום של 60%—65% לחות יחסית מאוזנת.

## הבעת תודה

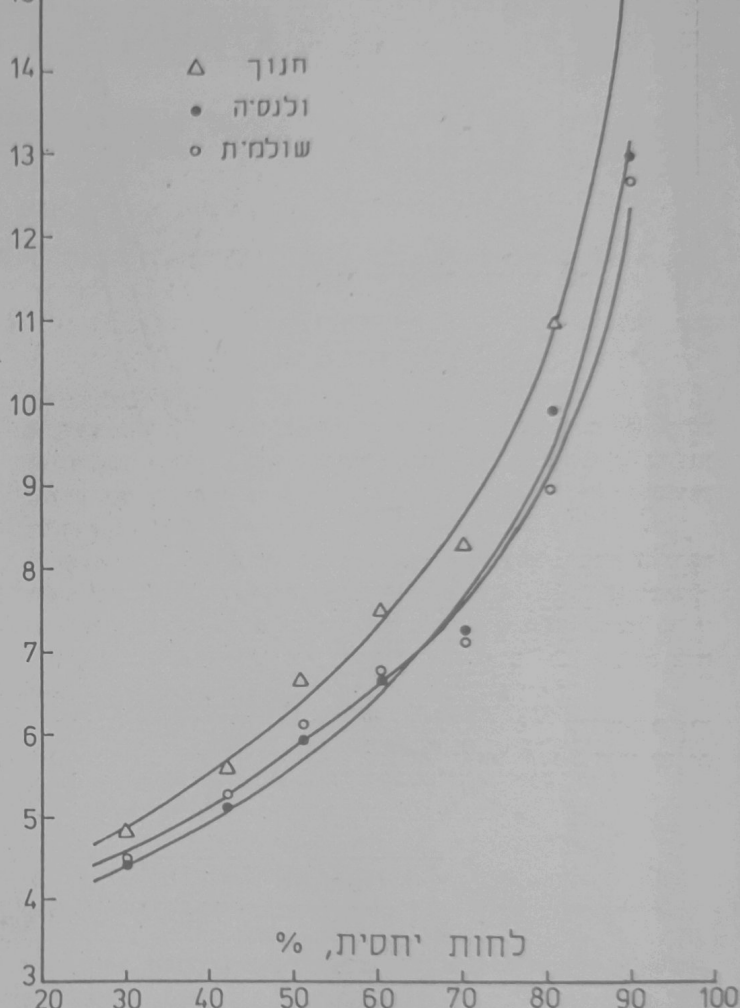
המחברים מודים למרים רינדנר ולא. עזריאלי על עזרתם במהלך העבודה.

## ספרות

1. Anon. (1966). Proc. Int. Seed Test. Ass. 31(1): 128—134.
2. Beasley, E.O., Dickens, J.W. (1963). N.C. Agri. Exp. Sta. Tech. Bull. No. 155.
3. Dickens, J.W. Hutchinson, R.S. (1976). Maintenance of quality in farmers' stock peanuts during storage. Peanut Administrative Committee. USDA.
4. Diener, V.L. and Davis, N.D. (1977). Agri. Exp. Sta. Auburn University Bull. 493.
5. Halsey, G. (1948). J. Chem. Phys. 16: 931—837.
6. Pixton, S.W. (1982). Trop. Stored Prod. Inf. 43: 16—29.
7. Pixton, S.W., Howe, R. W. (1983). J. Stored Prod. Res. 19: 1—18.
8. Pixton, S.W., Warburton, S. (1971). J. Stored Prod. Res. 7: 261—269.
9. Solomon, M.E. (1951). Bull. Ent. Res. 42: 543—554.



## לחות התרמילים, %



דיאגרמה 2. הלחות המאוזנת של שלושה זנים של תרמילי אגוזי-אדמה ב-26 מ"צ.

בדיאגרמות 1 ו-2 מובאים עקומים מחושבים לפי המקדמים שבטבלה 1. וכן ממוצעי לחות אגא"ד שנמדדו בלחיות אוויר שונות. עקומים אלה מהווים למעשה תוצאות הלחות המאוזנת לגבי אגא"ד ב-26 מ"צ. בדיאגרמה 1 נראים עקומי לחות מאוזנת של זרעי שלושת הזנים שנבדקו. מכאן ברור, שהלחות המאוזנת לזן חנוך מרובה מאשר ליתר