

## טמפרטורת הסביבה כגורם לאי־יציבות תחמיצי חיטה ותירס בתנאי חשיפה לאוויר

גלעד אשבל, צבי וינברג ויאירה חן  
 היחידה לשימור מספוא ומוצרי לוואי, מנהל המחקר החקלאי

### מבוא

בהכנת תחמיצים נוקטים בשורת פעולות עוקבות כדי להבטיח את תסיסת הירק ושמירתו בתנאים אנארוביים, מצב הניתן להשגה עד לשלב הכריה והאבסה. ככל שנוטיב בשמירת האווירה חסרת חמצן, יגדלו הסיכויים לקבלת תחמיץ טוב יותר. כל טכנולוגיה של כריה והאבסה מביאה את התחמיץ במגע עם חמצן לפרק זמן מסויים ומעודדת התפתחות גורמי קילקול כשמרים ועובשים. המגמה היא, להבין טוב יותר את הגורמים המזיקים ולהקטין הפסדים (4, 3, 2). מספר הגורמים המשפיעים על דינמיקת התנהגות התחמיץ בתנאי חשיפה לאוויר הוא רב. על חלקם ניתן להשפיע:

בר ומשלף יקטין את מטען השמרים והפטרייות.  
 6. טמפרטורה – טמפרטורה גבוהה מעודדת התפתחות שמרים ופטרייות.  
 אין לנו אפשרות מעשית להשפיע על טמפרטורת הסביבה.  
 ידוע כי הטמפרטורה מהוה גורם משמעותי בפעילות האירובית של התחמיץ בזמן הכריה וההאבסה. לעובדה זאת משמעות מיוחדת בארצות החמות ובתוכן גם ישראל.  
 מטרת עבודה זאת היתה לבדוק השפעת ארבע רמות של טמפרטורה: 10, 20, 30 ו־40°C על כושר העמידות של תחמיצי תירס חשופים לאוויר בתנאי מעבדה.

### מהלך העבודה ושיטת הבדיקה

שלוש דוגמאות של תחמיצי חיטה ושלוש דוגמאות של לחחמיצי תירס אשר הוחמצו ללא כל תוספת, ניטרלו ממרכז החתך של ששה בורות משקיים (סומונו ב־3, 2, 1 חיטה ו־3, 2, 1 תירס) מיד לאחר הכריה. זאת, כדי להבטיח את טריות התחמיץ. התחמיצים הובאו למעבדה ומכל בור בנפרד נבדק התחמיץ לקביעת כושר העמידות לחשיפה לאוויר בשיטה המקובלת אצלנו (1). השיטה מבוססת על אינטנסיביות מגוון הפעילויות של תחמיץ בנוכחות חמצן ובעיקר יצירת CO<sub>2</sub>, עלית ה־pH ועליה במספר השמרים והפטרייות לאחר שלשה וששה ימים. סה"כ נבדקו 144 דוגמאות.

1. רטיבות – ע"י קציר במועדי הבשלה שונים ומשך זמן ההקמלה.
2. pH – בתכולה נמוכה יותר של רטיבות (באותו הירק) מקבלים תחמיץ עם חומציות גבוהה יותר (pH נמוך).
3. מטען חידקים – ניתן להעשיר את הירק בחידקים אשר יאיצו את תהליך התסיסה ויעלו את החומציות.
4. רמת סוכרים – קציר במועדי הבשלה שונים ומשך ההקמלה. צמחים צעירים בטרם השתבלות או התעצמות עשירים יותר בסוכרים. הקמלה (ייבוש חלקי) מעלה את השיעור היחסי של הסוכר בצמח.
5. מטען פטריות ושמרים – שדה נקי מעשבי

## תוצאות ומסקנות

טבלה 1. אנליזה כימית ומיקרוביאלית של התחמיצים ששימשו לביצוע העבודה.

הגידול	בבד	חומר יבש <sup>1</sup>	pH	סוכרים <sup>2</sup>	חומצת חלב <sup>2</sup>	חומצת חומץ <sup>2</sup>	חידקי חומצת חלב <sup>3</sup>	שמרים <sup>3</sup>
תירס	1	368	3.94	0	40	32	6.6	5.0
	2	369	4.08	0	42	20	5.2	4.5
	3	346	3.77	22	41	23	7.0	6.9
חיטה	1	376	4.03	32	52	36	7.6	5.2
	2	351	3.98	32	52	21	7.0	3.4
	3	342	3.84	21	52	25	6.3	2.2

<sup>1</sup>גרם/ק"ג. <sup>2</sup>גרם/ק"ג חומר יבש. <sup>3</sup>מספר הלוגריתמוס של יחידות היוצרות מושבות לגרם חומר יבש.

מטבלה 1 ניתן לראות, כי הרכב התחמיצים שנקחו לניסוי היה ע"פ המקובל הן מבחינה כימית והן מבחינת מטען המיקרואורגניזמים. מטבלה 2. ניתן לראות, תחמיצי התירס היו יציבים יחסית בשלושת הימים הראשונים לחשיפה. ה-pH לא השתנה בהרבה, בעיקר

טבלה 2. תוצאות הבדיקה הכימית ומטען השמרים של תחמיצי התירס לאחר חשיפה לאוויר למשך 3 ו-6 ימים בטמפרטורות של 10, 20, 30 ו-40°C.

זמן טמפ' יום	°C	pH			שמרים*			חומצת חלב**			חומצת חומץ***		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
3	10	3.99 <sup>b</sup>	—	3.96 <sup>b</sup>	5.5	—	6.8	—	—	—	—	—	—
	20	4.03 <sup>b</sup>	4.20 <sup>b</sup>	5.53 <sup>b</sup>	7.9	7.8	9.9	—	—	—	—	—	—
	30	4.38 <sup>a</sup>	4.67 <sup>a</sup>	6.04 <sup>b</sup>	7.8	9.0	8.9	7.3	33.0	0.73	4.4	0.88	1.2
	40	3.99 <sup>b</sup>	4.27 <sup>a</sup>	3.96 <sup>b</sup>	6.0	6.6	3.5	—	—	—	—	—	—
6	10	4.08 <sup>b</sup>	3.97 <sup>c</sup>	3.90 <sup>b</sup>	7.3	4.8	7.9	34.3 <sup>a</sup>	33.0 <sup>a</sup>	3.77 <sup>a</sup>	20.0 <sup>a</sup>	1.64 <sup>a</sup>	21.1 <sup>a</sup>
	20	5.89 <sup>a</sup>	5.54 <sup>b</sup>	6.70 <sup>a</sup>	8.0	8.6	8.4	2.0 <sup>b</sup>	20.0 <sup>b</sup>	0.24 <sup>b</sup>	2.5 <sup>b</sup>	0.10 <sup>b</sup>	1.5 <sup>b</sup>
	30	5.48 <sup>a</sup>	7.68 <sup>a</sup>	6.51 <sup>a</sup>	8.2	8.3	8.8	0 <sup>a</sup>	6.7 <sup>c</sup>	0.50 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	5.6 <sup>b</sup>
	40	4.02 <sup>b</sup>	4.23 <sup>c</sup>	3.92 <sup>b</sup>	6.1	5.5	3.9	27.3 <sup>a</sup>	39.3 <sup>a</sup>	3.87 <sup>a</sup>	17.7 <sup>a</sup>	1.56 <sup>a</sup>	16.9 <sup>a</sup>

1, 2, 3, = מספרי הבורות. \* מבוטא כמספר הלוגריתמוס של יחידות היוצרות מושבות לגרם חומר יבש. \*\*גרם/ק"ג חומר יבש.

טבלה 3. תוצאות בדיקה כימית ומטען שמרים של תחמיצי החיטה לאחר חשיפה לאוויר למשך 3 ו-6 ימים בטמפרטורות של 10, 20, 30 ו-40°C.

זמן טמפ' יום	°C	pH			שמרים*			חומצת חלב**			חומצת חומץ***		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
3	10	4.15	—	3.86	6.6	—	2.5	—	—	—	—	—	—
	20	4.19	4.18	3.87	8.4	8.4	5.7	—	—	—	—	—	—
	30	4.63	4.33	3.90	8.3	7.9	7.3	53.0	—	44.0	0.8	—	20.7
	40	4.21	4.14	3.85	7.1	2.2	4.9	—	—	—	—	—	—
6	10	4.12 <sup>c</sup>	4.06 <sup>a</sup>	3.79 <sup>b</sup>	7.5	4.5	4.1	53.0 <sup>b</sup>	50.0 <sup>a</sup>	47.0 <sup>a</sup>	28.0 <sup>a</sup>	24.5 <sup>a</sup>	24.5 <sup>a</sup>
	20	4.68 <sup>b</sup>	4.46 <sup>a</sup>	3.85 <sup>b</sup>	9.0	8.0	7.7	56.0 <sup>b</sup>	48.3 <sup>a</sup>	43.7 <sup>a</sup>	11.0 <sup>b</sup>	2.8 <sup>b</sup>	17.2 <sup>b</sup>
	30	8.25 <sup>a</sup>	4.24 <sup>a</sup>	4.13 <sup>a</sup>	6.7	7.6	8.8	44.3 <sup>c</sup>	52.7 <sup>a</sup>	10.0 <sup>b</sup>	6.5 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	3.7 <sup>c</sup>
	40	4.10 <sup>c</sup>	4.06 <sup>a</sup>	3.84 <sup>b</sup>	6.1	0	4.5	65.7 <sup>a</sup>	47.0 <sup>a</sup>	51.6 <sup>a</sup>	23.3 <sup>a</sup>	21.9 <sup>a</sup>	17.4 <sup>b</sup>

1, 2, 3, = מספרי הבורות. \* מבוטא כמספר הלוגריתמוס של יחידות היוצרות מושבות לגרם חומר יבש. \*\*גרם/ק"ג חומר יבש.

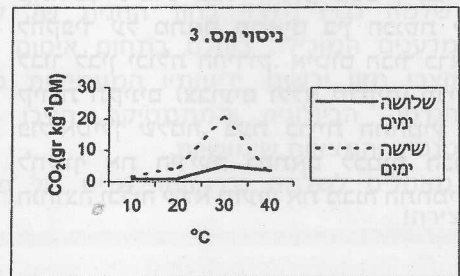
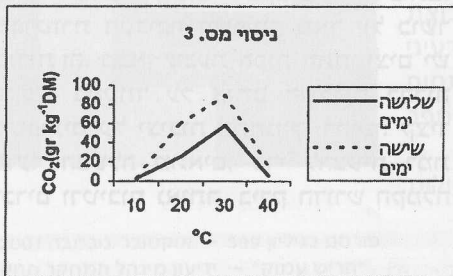
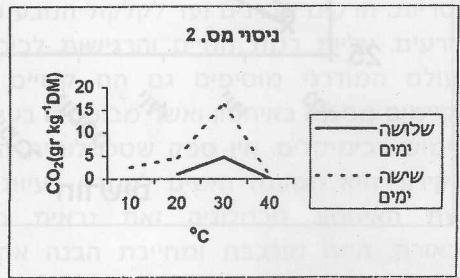
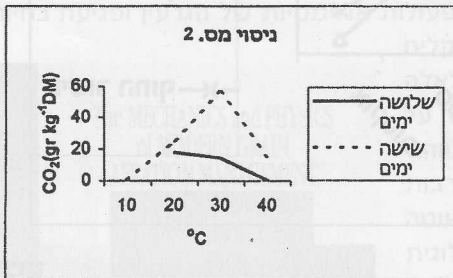
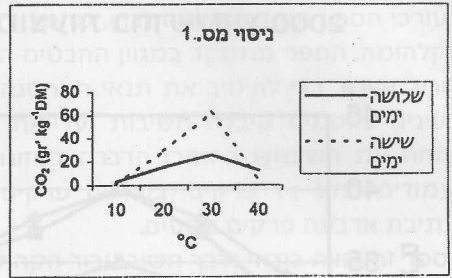
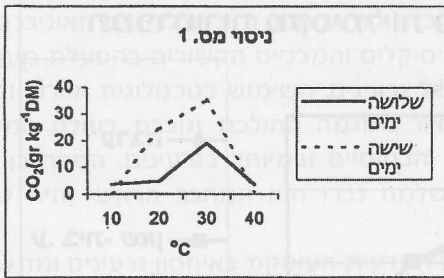
במסגרת קביעת יציבות התחמיצים השונים בתנאי חשיפה לאוויר בטמפרטורות השונות, נקבעה גם אינטנסיביות יצירת CO<sub>2</sub> כמתואר בעקומה 1. רמה גבוהה ויצירה מהירה של CO<sub>2</sub> מעידים על עמידות נמוכה של התחמיץ לאוויר וקילקול מהיר. יש לראות את התוצאות כהשוואתיות ולא כמספרים מוחלטים.

ממצאי טבלה 3 (תחמיצי החיטה) דומים לאלה של טבלה 2 (תחמיצי התירס) ביחס לשינויים שחלו בהרכב התחמיץ לאחר שלשה וששה ימי חשיפה לאוויר, אולם רמת חומצת החלב שנמצאה בתחמיצי החיטה היו גבוהים מאלה שנמצאו בתחמיצי התירס, דבר העשוי לרמוז על יציבות טובה יותר של תחמיצי החיטה.

עקומה 1. אינטנסיביות יצירת CO<sub>2</sub> בתחמיצי תירס וחיטה חשופים לאוויר בטמפרטורות של 10, 20, 30 ו-40°C לפרקי זמן של 3 ו-6 ימים.

**תחמיץ תירס**

**תחמיץ חיטה**

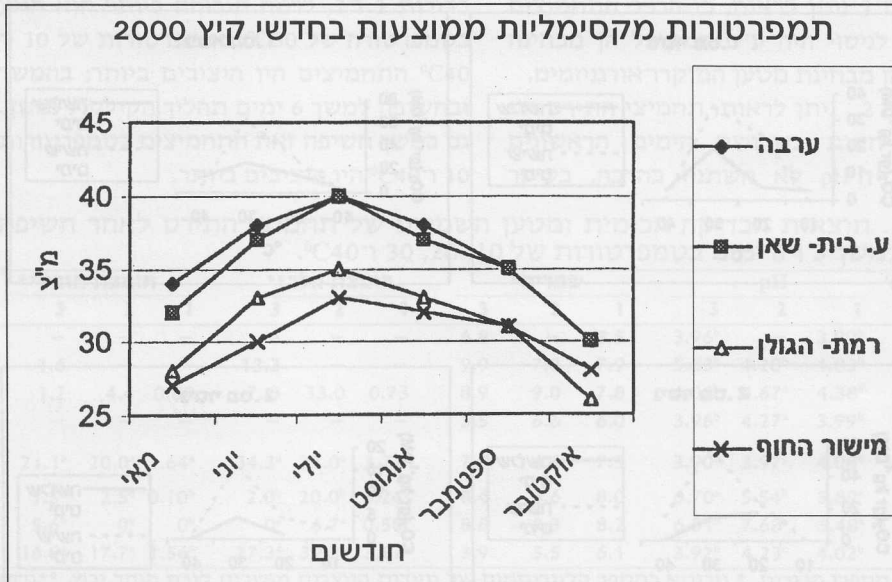


מעקומה 1 ניתן לראות:

1. יצירת  $CO_2$  היתה הרבה יותר אינטנסיבית לאחר 6 ימי חשיפה, בהשוואה ל-3 ימים.
2. יצירת הפחמן הדורחמזני היתה אינטנסיבית במיוחד בתחמיצים שהוחזקו בטמפרטורה של  $30^{\circ}C$ .
3. בטמפרטורות של  $10^{\circ}C$  ו- $40^{\circ}C$  יצירת הפחמן הדורחמזני היתה דומה ונמוכה.
4. ישנה התרשמות בלבד שתחמיצי חיטה יציבים יותר לחשיפה לאוויר מתחמיצי תירס.

לאור הממצא, כי מבין ארבע הטמפרטורות שנבדקו (10, 20, 30, ו- $40^{\circ}C$ ), הטמפרטורה בה התחמיץ היה הפחות יציב היתה  $30^{\circ}C$ . סיכמנו את הטמפרטורות המקסימליות של ארבעה אזורים בארץ למשך ששה חדשים. הטמפרטורות שנמצאו היו בין  $25^{\circ}C$  ו- $40^{\circ}C$ . נראה לנו כי מזג האוויר החם בארץ מחייב משנה הקפדה בעת הכנת התחמיץ ושימורו, כדי להקטין נזקי עמידות.

תמפרטורות מקסימליות ממוצעות בחדשי קיץ 2000



### סיכום

יש להקפיד שלא תהיה הקמלתי יותר אשר תקשה על ההידוק. קיצוץ נכון שיאפשר הידוק מתאים, שימוש בכלי הידוק מספיק כבדים. להקפיד על מתאם מתאים בין הכנסת ירק לבור לבין יכולת ההידוק. איטום הבור כראוי, קירות תקינים (צבועים וללא סדקים) ויריעת פוליאתילן שלמה. בעת כריית התחמיץ יש לחשוף את היריעה בהתאם לכמות הכריה הנחוצה וכריה שלא תזעזע את מבנה התחמיץ.

לאור הממצאים שנתקבלו נראה, כי כושר עמידותם של תחמיצים בעת חשיפה לאוויר מהווה גורם חשוב בקביעת איכותם. טמפרטורת הסביבה משפיעה מאד על כושר עמידות זה. מכאן שבעת הכנת התחמיצים יש להקפיד במיוחד על אותם השלבים בהכנה המשפיעים על יציבות התחמיץ, דהיינו: קציר במועד הבשלה מתאים, כדי להבטיח רמת סוכרים ורטיבות נאותה. בירק הדורש הקמלה

**מקורות**

1. Ashbell, G., Weinberg, Z.G., Azrieli, A., Hen, Y. and Horev B. (1991). A simple system to study the aerobic deterioration of silages. *Canadian Agricultural Engineering* 33: 391-394.
2. Honig H. (1991). Reduction losses during storage and unloading of silage. In *Proceedings of the European Grassland Federation Forage Conservation Towards 2000 Conference*, eds. G. Pahlow and H. Honig, 116-128. Braunschweig, Germany, February 23-25.
3. Ohyama, Y., Masaki, S. and Hara, S. (1975). Factors influencing aerobic deterioration of silages and changes in chemicals composition after opening silos. *Journal of the Science of food and Agriculture*, 26, 1137-1147.
4. Woolford, M.K., (1990). The detrimental effect of air on ailage. *Journal of Applied Bacteriology*. 68, 101-116.

**בזמן האחרון יצא לאור על ידי הוצאת הספרים CRC PRESS ספרו של דר' שלמה נברו**

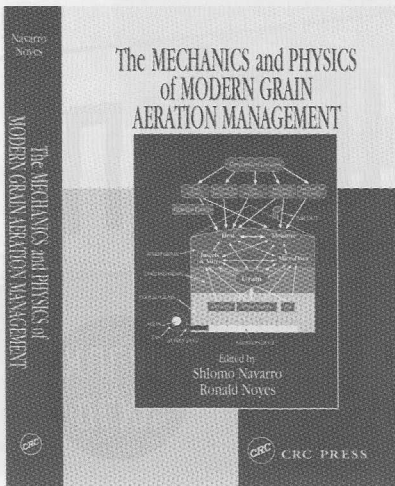
**The mechanics and physics of modern grain aeration management**

עורכי הספר הם דר' שלמה נברו, מהמכון לטכנולוגיה ואיחסון ודר' רונלד נויס מאוניברסיטת אוקלהומה. הספר מתמקד במגוון ההבטים הפיסיקלים והמכניים הקשורים בהפעלת מערכות אוורור וקירור כדי להיטיב את תנאי האחסנה של גרעינים. השימוש בטכנולוגית אוורור וקירור גרעינים באסמים קיבלה חשיבות ועדיפות לאור המגמה ההולכת וגוברת בעולם המודרני הדוחה את השימוש בחומרי הדברה במזונות הבסיסיים ובמיוחד בגרעינים. הספר בן 647 העמודים כולל 11 פרקים. בשלשה פרקים שלמה נברו הוא המחבר הראשי והיה שותף בכתיבת ארבעה פרקים נוספים.

ספר זה יהווה בודאי נדבך חשוב עבור הקהילה המדעית העוסקת באיחסון גרעינים ומתלבטת קשות באיסורים ובמגבלות השימוש העתידי בחומרי הדברה כטכנולוגיה לאיסום גרעינים. הנזקים העלולים להיגרם לגרעינים בתקופת האיסום הם רבים ומגוונים: החל מחידקים, פטריות, חרקים ונברנים ועד לקלקול הנובע מפעולות אנזימטיות של הגרעין ופגיעה בחיוניות

הזרעים. עליית רמת החיים והרגישות לכימיקלים בעולם המודרני מוסיפים גם הם קשיים לאלה הקיימים ממילא באיחסון ואשר מבוססים בעיקר על שימוש בכימיקלים. אין ספק שטכנולוגיית האוורור והקירור היא המענה הישים לפתרון בעיות רבות בעת האיחסון. טכנולוגיה זאת נראית פשוטה לכאורה, הינה מורכבת ומחייבת הבנה אקולוגית וידיעת התנהגות המרכיבים השונים בקומפלקס אוור – גרעין הקיים בתוך מערכת האיחסון ומורכבת מהבטים פיסיקליים, פיזיולוגיים וביולוגיים. שלמה נברו נמצא בחוד החנית של קבוצת המדענים המובילה בעולם בתחום איסום גרעיני ומוצרי מזון יבשים. ידיעותיו המעמיקות בתחום ההנדסה, הביולוגיה והמתמטיקה, הניבו מספר פטנטים והמצאות שימושיות.

מאחלים לשלמה נברו עוד שנים של פעילות ויצירה!



פורסם בגיליון 399 – אוקטובר/נובמבר 2001 של "חריש עמוק" – ידעון מינהל המחקר החקלאי.