

ייצור מספוא באמצעות הידרופוניקה – דיווח של מחקר שבוצע באוניברסיטת קורנל

רן סולומון, "אמבר" מכון תערובת

תרגום פרסום של אודרי שמידט, כתבת העיתון "Progressive Dairy", ארה"ב, אוגוסט 2023

הערות מקדימות של המתרגם (ר.ס.): א - הטקסט במאמר מטה הינו תרגום מדויק של הפרסום המקורי. הערות המתרגם בתוך הטקסט המקורי מבוססות על ידע מקריאת ספרות מקצועית, ניסיונו, חשיבה עם עמיתים למקצוע, דיונים בנושא עם יזמים מקומיים בגידול נבטים, ובדיקות מעבדה שנעשו בארץ באמבר ובעולם; ב - העיתון Progressive Dairy הינו עיתון פופולארי שקהל היעד הוא רפת/ענף יצור החלב בארה"ב):

שורת סיכום למחקר המדווח: מחקר שבחן מספוא הידרופוני (נבטים) שבוצע באוניברסיטת קורנל, ארה"ב, הראה ירידה קטנה בצריכת החומר היבש ועלייה ביעילות ייצור חלב של בקר לחלב כאשר הוא מוזן במנה כולית המכילה נבטים, אשר החליפו מזון מרוכז.



והיה ושאלתם את עצמכם, "מהו מספוא הידרופוני?...? ובכן, המילה "הידרו" פירושה מים ו"פוניקה" באה משורש המילה שמשמעותה עבודה. במילים פשוטות, זה אומר לעבוד עם מים, ובמקרה המדווח, זה כרוך בשימוש במים ומעט אור כדי להנביט זרעי חיטה וזרעי שעורה. "הידרופוניקה מתייחסת לשיטת גידול שבה ניתן לגדל דגניים בסביבה מבוקרת ללא צורך באדמה", אומר ג'ו מקפאדן, מוביל המחקר באוניברסיטת קורנל. מחסור בקרקעות ותנאי בצורת גרמו להתעניינות במספוא הידרופוני בשנים האחרונות. ככל שקשה יותר לחקלאים לייצר מספוא איכותי, הם החלו לבחון אפשרויות אחרות לייצור מזון. יש עניין במערכות אלה להחליף את הקרקע כמרכז ייצור מספוא. "אם נוכל להתגבר על עלויות העבודה באמצעות אוטומציה, להידרופוניקה יש פוטנציאל להפחית את עלויות ייצור המזון ולספק עקביות מסוימת בתזונה על פני מספוא מסורתי", אומר מקפאדן. "וכשאנחנו חושבים על העתיד של כלכלת "אשראי פחמן" (Carbon Credit), ואיך אנו מפחיתים את השימוש במשאבים טבעיים, דיונים שמתמקדים בייצור מזון הידרופוני הם ראויים". במבט לאחור על ההיסטוריה המדעית של מספוא הידרופוני, מקפאדן מצא מעט מחקרים מבוקרים שחקרו את שעור והשפעת שילוב של דגנים מונבטים מזני צמחים שונים, על ביצועי בקר לחלב. מקפאדן גם הבין שנדרש לבחון שילוב זה בממשק הזנה המבוסס על מנה כולית, זאת על פי דרישת הרפתנים בארה"ב.

"השאלה הייתה, איך אנחנו עדיין יכולים להאכיל מנה כולית קונבנציונלית, אך לכלול במנה זו נבטי חיטה או שעורה", אומר מקפאדן. "כדי לאפשר השוואה נכונה בין מנה עם או בלי נבטים, היינו צריכים להחליף מרכיבים מסוימים במנה זו ולהמירם בנבטים; במקרה הספציפי של מחקר זה, בחרנו להחליף את המזונות המרוכזים. אנו מבינים שחלק ממזונות אלו יכולים להיות יותר יקרים לרכישה ודורשים אדמה כדי לגדול (הערת המתרגם: בתנאי ארה"ב, ברוב המדינות, מחיר המזון המרוכז יקר משמעותית מזה של המזון הגס, שעלותו בארה"ב לרוב כחצי עד שני שלישי ממחירו בישראל; ר.ס.). לכן, החלפנו חלקית ארבעה מזונות מרוכזים שונים - כוספת סויה, קליפות סויה, כוספה ליפתית ודקסטרוז (הערת המתרגם: דקסטרוז = גלוקוז בצורתו המופיעה בפירות; סוכר ענבים; ר.ס.), ויצרנו שלוש קבוצות הזנה שונות - ביקורת, המכילה את ארבעת המזונות הללו, כמנה כולית קונבנציונלית (ללא נבטים); ושתי מנות ניסוי בהן 10% נבטי שעורה או 10% נבטי חיטה החליפו מרכיבים מרוכזים אלו במנה" (הערת המתרגם: דהיינו שולבו במנה ברמה של 10% על בסיס חומר יבש, בהחליפם מזון מרוכז; ר.ס.). מטרתו של מקפאדן הייתה לקבוע את ההשפעות על ייצור החלב, הרכב החלב ונעכלות המזינים בפרות חולבות הולשטיין. בסך הכול 24 פרות קיבלו טיפול במתכונת ריבועי לטיני (כל פרה עוברת את כל הטיפולים). שלוש קבוצות של 8 פרות בכל טיפול נותחו בתקופות ניסוי של 21 יום. תוצאות המחקר הראו כי לא היה שינוי בתנובת החלב או הרכבו, וכן לא היה שינוי בתנובת החלב מתוקן אנרגיה; חלה ירידה קטנה בצריכת החומר היבש, וכתוצאה, עלייה קלה ביעילות ייצור החלב. "זהו ממצא חשוב המשקף את אסטרטגיית ההחלפה בניסוי זה, דהיינו למשרות שהנבטים שהוכללו במנה החליפו מזון מרוכז, הפרות הצליחו לשמור על ביצועי הייצור שלהן ולמעשה לשפר את היעילות", אומר מקפאדן. "זה נצפה במיוחד בפרות שניזונו משעורה". עבור מקפאדן, הממצא המעניין ביותר מהמחקר היה שביצועי הייצור לא נפגעו.

הערת המתרגם: אחת ההתלבטויות המשמעותיות ביותר בעת עריכת ניסוי מבוקר, היא מהו אפיונם של הנבטים מבחינה פיזיקאלית/כימית, ואיזהו המקטע במנה אותו הם יחליפו; האם יחליפו מזון גס במלואו (טעות נפוצה וחוסר הבנה בסיסי, מזון גס אמיתי מהו)? האם יחליפו מזון גס באופן חלקי, ומהו שעור זה? האם הם מזון מרוכז לכל דבר? מחיר המזון הגס בישראל זמינותו, מאתגרים במיוחד שאלות אלו, זאת טרם נכנסו לחישובים כלכליים של עלות יצור נבטים. חשוב לציין נתון חשוב – בעת קציר נבטים, לאחר 6-7 ימי גידול, נמצא בבדיקות בארץ ששיעור המקטע הירוק **מכלל המסה היבשה** הנקצרת, הוא 10-15%, בעוד שכל השאר – שאריות הגרעינים ומסת השורשים שהתפתחה, מהווה כ-85-90% מהמסה היבשה של החומר הנקצר (כתלות בסוג הגרעין, שעורה או חיטה). מכאן שהמקטע העליון הירוק של השטיח הנקצר, מהווה חלק קטן מאד מהמסה היבשה, בעוד שהגרעין והשורשים הם עיקר המסה. ובהיבטים תזונתיים – נראה לכאורה שמקטע זה הוא החשוב יותר, ונדרשת העמקה בהבנת ערכו התזונתי; ר.ס.).

"ציפינו לירידה בצריכת המזון מכיוון שתכולת המים גבוהה יותר בנבטים", אומר מקפאדן. "עם זאת, ברמת הכללה של 10% (מהחומר היבש של המנה) לא ראינו השפעות שליליות על ביצועי בעלי החיים". שעור החומר היבש של השעורה או החיטה המונבטות בעת הקציר היה בסביבות 14% עד 18%, בהתאמה. "על בסיס חומר יבש, הם די עשירים בחומרים מזינים, ויש להם פרופיל מעניין ותכולה בינונית של חלבון, עמילן וסוכרים מסיסים", אומר מקפאדן. "לכן הם אטרקטיביים, כי הם יכולים להחליף מגוון רחב של מרכיבים במנה". כאשר מסתכלים על נבט בגודל 6 עד 10 אינץ' (15-25 ס"מ), ניתן לשער (לכאורה) שהוא מבצע פוטוסינתזה וצובר מסה עם צמיחת הנבט. עם זאת, במהלך 6 ימי הגידול, יש תוספת מזערית או בכלל לא של מסת חומר יבש. "אתה פחות או יותר מקבל את מה שאתה מקבל מהזרע כשהוא הופך לנבט. למרות שהוא ירוק וייתכן ומעט פוטוסינתזה מתרחשת, זאת לא מספיקה כדי לייצר מסה נוספת בנבט ביחס לזרע המקור", אומר רוב הרדינג, מנהל מיקרו-ירוקים ב-Renaissance Ag. "אז בעצם, מסת החומר היבש עמה אתה מתחיל כזרע, דומה מאד לזו המתקבלת בגמר הגידול כנבט (הערת המתרגם: המכיל חומר ירוק, שאריות גרעין ומסת שורשים; ר.ס.)". בתהליך ההנבטה והנביטה מייצר הזרע אנזימים כמו עמילאז המפרקים עמילן, ליפאזות המפרקות שומנים מורכבים לחומצות שומן, ופרוטאזות המפרקות חלבונים מורכבים לחומצות אמינו פשוטות יותר ופפטידים. נעכלותם של רכיבים אלו (תוצרי הפירוק) גבוהה יותר, מה שיכול לסייע לשיפור נעכלות המנה. "לסוכרים מסיסים במנות חלב יש השפעה חיובית על הצריכה ועל היצור, והם גם בטוחים יותר בהזנת פרת החלב גבוהה התנובה, במיוחד כאשר מחליפים מנות עתירות עמילן. הם גם בדרך כלל גבוהים יותר בחלבון", אומר הרדינג. "עוד כמה יתרונות כוללים עלייה בוויטמינים ובפיטו-נוטריינטים שמוסיפים יתרונות בריאותיים לחיה. ולבסוף, למי שמעוניין להאכיל פרות יבשות לפני ההמלטה (בתקופת ההכנה) בנבטים, הללו נוטים להיות בעל ערך DCAD (פער קטיונים/אניונים) נמוך מאד מה שיכול להשתלב מצוין במנות אלו".

הערות המתרגם: חשוב לזכור – א - בכל דיון הנוגע לכדאיות כלכלית, שפת הדיון חייבת להיות "חומר יבש". גידול נבטים בתנאים מיטביים מפיך פי 6-7 מסה רטובה, וכפי שנאמר לעיל – בערך את אותה מסה יבשה משום שהתוספת המזערית של מסה בגין פוטוסינתזה, מתקזזת עם הפסדי החומר היבש במהלך הפעילות המטבולית החזקה המתרחשת בזרע במהלך הנביטה; 2 - כזכור, זרעי דגניים מכילים כ-60-70% עמילן; במהלך התעוררות הזרע לחיים לאחר מגעו עם מים, הפעילות האנזימתית גוברת, ובמהלכה, עמילן מתפרק לגלוקוז (וחלבון לחומצות אמינו) המשמש לבניית מערך הגידול של השורשים מטה, והמקטע הירוק, מעלה. דהיינו – גלוקוז משמש לבניית דופן תא צמחי מחד (עלווה ושורשים), ולהליכי הפקת אנרגיה בנשימה לטובת אספקתה לתהליכים המטבוליים הללו. מכאן, שבעת הקציר, נותר בזרע מעט עמילן (שטרם פורק) וסוכר מסיס שטרם נוצל ליצירת ביומסה צמחית. קציר ברמת סוכר גבוהה (סביב 25% בחומר היבש) מהווה ייתרון תזונתי (על פני הזנה עמילנית) כפי שצוין לעיל על ידי המחברים, וכפי שהתקבל בעבודת מחקר רבות (ראו אתה "אמבר" תחת ערך חיפוש "סוכרים"). ככל שנאריך את תקופת הגידול מעבר ל-6-7 ימים, ריכוז הסוכר יפחת משום שישמש לצרכי ביומסה צמחית, כך גם ריכוז חומצות האמינו והפפטידים בזרע. מאידך, יעלה ריכוז ה-NDF ובתוכו – ריכוז הליגנין הבא לתמוך בצמח הגדל לגובה; ר.ס.).

במחקר של מקפאדן, מערכת המספוא ההידרופונית שכנה בתוך מכולה והייתה חצי אוטומטית, כלומר כל יום מישהו היה צריך לצאת ולהעמיס מגשי זרעים חדשים, וגם לקצור את שטיחי המספוא. "שטיחי מספוא הן ריבועים גדולים של מספוא", אומר מקפאדן. "כדי להאכיל אותם, מישהו היה צריך למרוט את סבכת השורשים כדי לכלול את המוצר בבליל, אחרת המיון היה משמעותי" (הערת המתרגם: זאת כדי לאפשר

ערבול הומוגני מחדש, ומזעור אפשרות הברירה החיובית לנבטים, על ידי הפרה, מאידך; ר.ס.). לפני עשרים שנה, הידרופוניקה הייתה הרבה יותר אינטנסיבית מבחינת כוח העבודה הנדרש מאשר היום, אבל עדיין יש דרישת עבודה רבה, אומר מקפאדן. במסגרת הניסוי, השקענו יותר שעות מאשר אם היינו מיישמים את זה בסביבה מסחרית. "אני חושב שעם הזמן הטכנולוגיה תשתפר, כך שמרכיב עלויות העבודה מסך עלויות היצור ימשיך לרדת", אומר מקפאדן. על מנת להאכיל את משטחי למרוט ולקצץ את "מחצלת השורשים" כדי למנוע ברור על ידי הפרות (התמונות מימין באדיבות Renaissance Ag). אחד האתגרים העיקריים במחקר היה להבטיח גידול עקבי בייצור מדי יום ביומו. "דבר בולט שראינו היה, שאם מסיבה כלשהי החשמל כבה לכמה שעות או שהמים הופסקו בטעות, לכל שינוי קטן יכולה להיות השפעה ארוכת טווח על ביצועי הצמיחה בימים העוקבים", אומר מקפאדן. "גידלנו את הנבטים במשך שישה עד שבעה ימים לפני הקציר, אבל אם דבר אחד השתבש, זה לא רק השפיע על הקציר של אותו יום, אלא גם השפיע על



הנבטים במנה כולית, חשוב



ביצועי הקציר בחמשת הימים הבאים". תופעה שלילית המופיעה בדרך כלל בגידול נבטים (הידרופוניקה) היא צמיחת עובשים. "אם שומרים על טמפרטורה נמוכה מספיק, זה לא משפיע לרעה על צמיחת הנבטים, אז, אפשר להימנע לחלוטין מנושא העובש. אם ממש חם באזור הגידול, אז גובר הסיכון להתפתחות עובש", אומר מקפאדן. "במקרה שלנו, עובש בכלל לא היווה דאגה". בעתיד, מקפאדן מעוניין להבין את ההשפעות הסביבתיות של האבסת נבטים, כגון פליטת מתאן הנוצר במערכת העיכול, ואצירת חנקן בהשוואה לשימוש במספוא קונבנציונלי מבוסס קרקע, כמו גם למצוא דרכים להגברת יצור החומר היבש בתהליך הפיכת זרע לנבט.

הערות המתרגם: יש נקודות רבות העולות במאמר, הקשורות למאמצים בישראל לקדם את נושא הנבטים. לא אכנס בהקשר זה לנושא הכלכלי הקשור בעלויות היצור ובמחיר הסופי של הנבטים (₪/טון חומר יבש, באבוס). הנושא סבוך וזה לא המקום לפרטו. עם זאת, אציין 2 נקודות שעולות בעת הדיונים ששוות התייחסות:

1 – התפתחות עובשים: כפי שצוין במאמר, הסביבה הרטובה, והתנאים במתקן (למשל טמפ' גבוהה מידי) מעודדים התפתחות עובשים (נראים לעין ללא מאמץ בבסיס מפגש הזרע/שורש/עלווה). מקובלים כמה שיטות הבאות להפחית את הסיכון לעובשים, כמו טמפרטורה נמוכה (שאינה פוגעת בגידול הצמחי, אך מעכבת גידול העובש) אך גם תוספת מכשור/תכשירים מעכבי עובשים, למדיום הגידול או לאוויר. הפגיעה של העובשים היא כפולה: א – ניזונים מהנוטריינטים הזמינים ביותר בגרעין (הסוכרים/החלבונים המסיסים) ומורידים את הערך התזונתי של התוצר; ב – סיכון להמצאות מיקו-טוקסינים; ג – מבחינת נראות, יש למזער את התופעה ככל שאפשר. כמובן, ככל שנאריך במשך הגידול, הסיכון להתפתחות עובשים אלו גדל; **2** – ריכוז החלבון בתוצר הסופי: בעיקרון, גידול הנבטים מתבצע ללא דישון חנקני (או אחר). למרות זאת, בתוצר הסופי, מתקבל לרוב % חלבון הגבוה בכמה יחידות (בודדות) בהשוואה לריכוזו בזרע המקור (ע"ב ח"י). היות וצמח אינו יודע לקשור חנקן אטמוספירי, והיות ומדובר בזרע דגני שאינו מייצר סימביוזה עם חיידקים קושרי חנקן, "תוספת החלבון" המוזכרת לעיל בנבטים הינה ארטיפאקט היכול להיגרם משתי סיבות: 1 – סיבה אנליטית לפיה בדיקת החנקן הכללי בנבטים "תופסת" וקובעת מרכיבים חנקניים אשר לא נקבעו בבדיקת החנקן הכללי בזרע המקור, ולכן שיעורו גבוה יותר; 2 – במהלך יצור הנבטים היה איבוד של חומר יבש שאינו חלבון, כך שריכוזו בתוצר הסופי היה מעט גבוה יותר. נדרשות אנליזות מעמיקות יותר (למשל חומצות אמינו/פפטידים) כדי לאושש נושא זה.

אני תקווה שפרסום זה תרם ולו מעט, להבנה מעמיקה יותר של "גידול נבטים לצרכי מספוא". לעיון בפרסום המקורי, נא פנו לקישורית הבאה:

<https://www.agproud.com/articles/57873-fodder-production-using-hydroponics-studied-at-cornell>