

העולות החנקות שבתחמיץ התירס להזיק?

דישון חנקני רגיל כמעט ואינו גורם צרות כל שהן. אולם עצירת גשמים, ברד או קרה יכולים לפגוע בכושרו של הצמח להפוך את החנקנות לחלבונים. ובכך יש משום סכנה.

שר לענות ב„הן“ או ב„לא“ פשוט על שאלה זו. כל מה שניתן להיאמר הוא: „בתנאי קרקע ואקלים נוחים — לא. בתנאים אחרים — חלק מן האשמה יחול עליי“.

תשובה זו אינה מניחה את הדעת וגראה ששורר בלבול ניכר מבחינת המושגים והדעות בשטח זה.

ראשית יש לציין כי דבר רגיל הוא שצמחי תירס והתחמיץ המותקן מהם מכילים כמויות מסוימות של חנקות. הצמחים זקוקים לחנקן לשם בניית חלבונים גופם, ומרבית הספקת החנקן החר דרת לשורשי הצמח בתקופת הגדילה הינה בצור רת חנקות. חלק מאלו עלולות להישאר בגופו של הצמח בהיותו מוחמץ. החנקות אינן נוצרות תוך כדי תהליך ההחמצה.

כאשר חלבונים של צמחים או בעלי-חיים מתים מתפרק בקרקע הופך החנקן החלבוני לחנקות. חנקיות⁽²⁾, או אמונים, או לכל השלושה גם יחד, הכל בהתאם לתנאים השוררים בקרקע אותה עת, כדלהלן —

חלבון — חנקית — חנקה

אמונים — חנקית — חנקה

הן החנקות והן האמונים יכולים לחדור לשורשי הצמחים לצרכי ייצור החלבונים. אולם, כפי שכבר צוין למעלה, האמונים יכול גם להתחמצן בקרקע לחנקה.

מכאן שתרכובות אמונים, כגון אמונים חנקה, אמונים גפריתני או אמוניה נוזלית אלמיר מית, המשמשות לדישון שדות תירס, יכולות בחר לקן לחדור אל תוך הצמח בצורת אמונים; אולם, כאמור, הן עלולות בחלקן להתחמצן עוד בקרקע לחנקות ובצורתן זו לחדור לשורשי הצמח.

בדרכו מן השורשים דרך הגבעול ועד לעלים הופך חנקן החנקות לחנקן אמיני ובסופו של דבר נכלל הוא בחלבונים הנוצרים. הכימאים מכנים תהליך זה כתהליך היחזור; הם קובעים

„האם עלול הדישון החנקני הגדוש של שדות להביא להצטברותם של ריכוזי חנקות“⁽¹⁾ מסוכנים בתחמיץ התירס שלי? שאלה זו חוזרת ונשנית בזמן האחרון מפיהם של מגדלי בהמות.

הרעלה כזו יכולה להשפיע על הבהמות בכמה דרכים. עדרים מורעלים עלולים לסבול מחסר ויטאמין A, וזאת למרות העובדה שהתחמיץ וגרי התירס הצהוב שבו מכילים שפע מוויטאמין זה בצורת קארוטין או קריפטוקסאנתין. הסימנים המתגלים בבהמות מעידים על כך שכושרן הרגיל להפוך חומרי צבע צהובים אלה לוויטאמין A נפגם בעקב הכמויות היתרות של החנקות שבמספוא.

במקרים אחרים הואשמו ריכוזים גבוהים מן הרגיל של חנקות במספוא בגרימת תיאבון לקוי, איבוד במשקל או עלייה איטית יותר במשקל הגוף, תנובת חלב מופחתת, הפלות ואף מוות. נוסף לנזל, כעדות למציאותן של כמויות חנקות יתירות בתחמיץ, משמשת לעתים מציאר תו של חנקן דורחמצני, גאו חום-צהבהב בעל ריח בלתי נעים, במגדלי החמצה שאך זה נתמלאו בתחמיץ טרי; גאו זה הינו מצר התפרקות של החנקות. במקרים מסוימים צוין שהגאו היה מצוי בכמויות נראות לעין בסביבת הציד המיכאני שמשמש למילוי מגדל הסילו; כמו כן קרה לא אחת שבני אדם ובהמות שהיו נתונים להשפעתו של גאו זה, בתוך מגדל ההחמצה או בקרבתו, מתו מן ההרעלה.

האם רק בחנקן האשם?

אולם, האם דישון חנקני מוגבר הינו הגורם היחיד לתופעות בלתי רצויות אלו? הגיוון הרב של תנאי האקלים והקרקע, בהם מגודל התירס ברחבי ארצות הברית, אינו מאפ-

⁽¹⁾ חנקות = גיטראטים; ⁽²⁾ חנקיות = גיטריטים.

נמרצת — בהיותם בני חודש לערך — גילו כי כמויות ניכרות של חנקות וחנקיות היו מצויות בשרשים, בגבעולים ובעלים. מובן שגם חנקן חלבוני היה מצוי בכמויות מסוימות בכל חלקי הצמח.

כחודש לאחר מכן אפשר היה לגלות חנקות, ולעתים אף חנקיות בשורשים, בגבעולים ובעלים התחתונים, אולם אף לא אחד מסוגי התרכובות הללו נמצא בעלים העליונים, במכבדים, בקנים, במתחלים, בצלקות, בשורות ובגררי האשכולים הרכים.

יותר בחלקו התחתון של הצמח חלקיהם התחתונים של הקנים מכילים תמיד יותר חנקות מאשר חלקיהם העליונים. לעתים יקרה שחלקי הגבעולים המתנשאים מעל לאשבר לים אינם מכילים כל כמות שהיא של חנקות. מכאן אנו למדים שהחנקות הנעות בקנים, אל העלים, הופכות לחלוטין לחלבונים.

בספטמבר, עם הגיע עת קצירם של הצמחים לתחמיץ, נבדקו הצמחים שוב ונמצא שאותה עת לא הכילו גם העלים העליונים כל חנקות שהיא. במידה שנמצאה חנקת, הרי שהיתה מצויה בעיקר בקנים, ובעיקר בחלק שמתחת לאשכולים. בשלב מאוחר יותר, כאשר הצמחים בגרו והגרורים הבשילו, נמצאו עקבות חנקת רק בחלקיהם התחתונים של הגבעולים היבשים. עם התפתחות האשכולים והגרורים שבחם, מעביר הצמח חלבונים מחלקי הצמח האחרים ומאחסן אותם בתוך הגרורים, כחומר מלאי עבור העובר רים שבתוך הגרורים. מכאן שרק כמויות זעומות ביותר של חנקות מצויות בגופם של הצמחים הבוגרים.

מכאן שבתנאי קרקע ומוג אוויר נוחים, וכל עוד נהפכות בקצב מהיר כל החנקות החודרות את תוך הצמח לחלבון, אין נטייה להצטברות יתרה של חנקות בגופו של צמח התירס. תחמיץ אשר יוכן מצמחים הדומים בהרכבם לאלה שנבדקו יכול רק כמויות זעומות של חנקות. עם זאת יש לציין כי הריכוזים אינם מגיעים לשיעורים גבוהים ביותר בתנאי שלא קוצרים להחמצה צמחים צעירים מאוד.

ואומרים שחנקן החנקות מהחזור תוך כדי שינוי זה.

תוך כדי היחזור החנקות בגוף הצמח בדרך אל החלבון עלול להופיע מוצר ביניים — החנקיות (הניטריטים); תהליך זה הפוך בדיוק לזה המתרחש בקרקע, בו הופכים החלבונים לחנקות, ולכן אפשר לסכמו כדלקמן —

חנקת — חנקת — חומצות אמיניות — חלבון
כל עוד כמויות החנקות החודרות אל תוך הצמח אינן מעבר לכושרו של הצמח להפכן לחלבונים אין לחשוש להצטברותן של החנקות בגוף הצמח. מובן איפוא שצמחים כאלה יכילו בדרך כלל כמויות קטנות של חנקות שהיו מצויות בצמח בעת היקצרו ואשר לא היתה להן שהות להפוך לחלבונים. אולם כמויות כאלו של חנקות אין בהן משום סכנה לבהמות האוכלות את התירס, כיוון שהן מסוגלות לעמוד בקליטת כמויות חנקת. כל עוד אין הן מצויות בכמויות גדולות ואינן נצרכות בבת אחת.

בדיקה פשוטה תגלה את הריכוז

בדיקות קולורימטריות פשוטות יכולות לגלות לנו אם תירס זה או אחר מכיל חנקות וחנקיות, ואם כן — באיזו כמות.

משך שלוש השנים האחרונות בדקו המחבר ועוזריו את תכולת החנקות בצמחי תירס שונים משך העונה, בשלבי התפתחות שונים, על מנת לקבל מושג ברור ביחס לתכולת הרגילה של חנקות בצמחי תירס.

כל אחד מן השטחים שצמחי נבדקו הכיל 3750—4250 צמחים לדונם, והצמחים גודלו מורעי כלאים בקרקעות חמרה יעריות.

השדות שבהם גודלו הצמחים זובלו בובל פרות מדי שנה וכן בדשן יסוד (בעת הוריעה) של 5—20—20 בשיעור של 40 קילו לדונם; כמו כן ניתן אמוניום נוזלי בשיעור של 11 קילו לדונם עם הגיע הצמחים לגובה של 20—30 ס"מ.

עומד כזה ושיטות דישון כאלו מקובלים על רבים מבין מגדלי התירס. שום פגעי אקלים, כגון חורב או קרה מוקדמת, לא פגעו בצמחים בכל החלקות שנבדקו.

בדיקות שנערכו בצמחים הגדלים בצורה

מתי קיים חשש להרעלה?

אם כן, מה הם התנאים בהם עלולות להצטבר כמויות מסוכנות של חנקות בצמחי התירס, ומה הקשר בין תנאים אלה לבין השיטות החדירות לגידול התירס?

הצטברות כמויות של חנקות בתירס משולבת בדרך כלל במצבים הבאים:

א. ריכוזים גבוהים במיוחד של חנקות בקרקע, בו מגדל התירס.

ב. מציאותם של גורמים מפריעים כגון חורב, קרה, ברד או הצללה הדדית יתירה המונעת מן הצמחים הפיכה מושלמת של החנקות הנקלטות לחלבונים, ועל ידי כך נמנעת יצירת מלוא הכמות הרגילה של גרגרים, או —

ג. צירוף של שניים או יותר מן המצבים הנ"ל.

צמחי תירס שגדלו בקרקע של מכלאות, מקום שמצוי שפע של זבל אורגני רקוב, היו ידועים כצמחי כמויות מסוכנות של חנקות בחלקיהם העל-אדמתיים. הסיבה לכך היא שהחנקה חדרה לשורשים בקצב מהיר יותר מכפי שהצמח היה מסוגל להפכה לחלבונים ועל כן הצטברו החנקות ברקמות הצמח השונות.

למרות שכמויות הדשן החנקני המסופקות כיום לשדות תירס עלולות בהרבה על מה שהיה מקובל לפני שנים, אין להניח שיש ביכולתן ליצור מצבים דומים לאלה אשר תוארו לגבי קרקע מכלאות.

כיום מגדלים מספר גדול יותר של צמחים לדוגמה, ועל כן אף גדלו כושר הקיבול וכושר ההפיכה לגבי חנקות המצויות בקרקע, במיוחד כאשר מתקבלים יכולים כבדים של גרגרים. הצללה יתירה של העלים התחתונים בעומד צפוף אף היא גורמת לקצב לקוי של הפיכת החנקות לחלבונים. עם זאת יש לציין כי בדרך כלל תהיינה כמויות החנקה שבצמח מינימאליות כש-הצמיחה תהיה נורמאלית עד הגיע הצמח לבגרות.

מצב גרוע יותר לאחר ברד או חורב

הבה ונניח שצמחי תירס משגשגים כשלהרשרתם שפע של חנקות בקרקע, מוכים לפתע על

ידי מזג אוויר יבש וחם או על ידי רוחות חמסין חמות, ביחוד בשלב התמלאות הגרגרים.

אם חלק מעליהם של הצמחים ניווקים, מתייבשים, או ממש „נשרפים“, פחת כושרם להפוך את החנקות לחלבונים ולאחסן את אלה האחר-נים בגרגרים. ואז, ביחוד במקרה של גשם לאחר רוחות הקדים ובתנאי חדירה מוגברת של חנקות אל שורשי הצמח, אין הוא מסוגל להפוך את הכל לחלבון. החנקה העודפת נשארת בתור שכוו ברקמות הצמח השונות ואם יותקן מצמחים כאלה תחמיץ עלול הוא להכיל כמויות מסוכנות של חנקות.

תנאי מזג אוויר כאלה אינם נדירים ביותר במישורים שממערב למיסיסיפי. השפעתם המזיקה על חילוף החומרים החנקני שבתירס אחראית ודאי ל„הרעלת קני התירס“, המוכרת יפה למגדלי הבהמות שבאותו איזור.

נזק הנגרם לעלי התירס על ידי ברד, קרה או חורב יכול להביא לידי הצטברותן של כמויות חנקה העולות על הרגיל ברקמות הצמח. מובן שדישון חנקני כבד הניתן לצמחים כאלה רק יגדיל את הסיכויים להופעת הריכוזים המסוכנים של החנקות. מקרים מעין אלה עלולים להתרחש בכל מקרה, בו ניתנת לשורשי הצמחים החודמנות לקלוט כמויות חנקה העולות על אלו שהצמח יכול לעבד לצרכי ייצור החלבונים.

תולדותיו של מקרה מסוים ישמשו לנו כהדגמה להכללות שצוינו לעיל. בראשית אביב 61, נתבקשו המחבר וכמה מחבריו לעבודה לבדוק עדר בקר לבשר באחד מאזורי מדינת מישיגאן. העדר כלל 200 שורי אנגוס הרפורד-בעלי משקל גוף שנע בין 350 ל-500 ק"ג. תפריטם היה מורכב מתחמיץ תירס וכתוספת — גרגרי תירס צהוב גרוסים, תערובת חלבונית ומינרלים.

בעל העדר סיפר לנו שחודשיים לפני ביקורנו החלו עיניהם של רבים מבין השוורים לדמוע והם איבדו את תיאבונם. קצב העלייה במשקל הגוף הואט, וחלק מהם הפסידו למעשה במשקל. בחלק מן הבהמות הובחנו תפיחות במפרקי איזור הכפיתה, והליכתם כאילו העידה על מיחושים ורגישות בגפיים הקדמיות. אף אחת מן הבהמות לא הוסיפה על משקל גופה בקצב הנאות.

מה יהיה ריכוז החנקן בתחמיץ המותקן מן הצמחים הנדונים.

למעשה, כאשר מתעורר החשש שבמשך עונת הגידול שררו תנאים המעודדים הצטברות יתירה של חנקות בצמחים, קל מאוד להיווכח אם אמנם קרה כדבר הזה על ידי בדיקה איכותית, הניתנת לביצוע על ידי כל מעבדה איזורית סטנדרטית המבצעת בדיקות קרקע.

ומה כשתוצאות הבדיקה חיוביות?

אם תוצאות הבדיקה שליליות יכול הבוקר להגיש לבהמותיו את התחמיץ ללא כל חשש. אולם כיצד לנהוג כשהתוצאות הן חיוביות בבירור? וכאן נתון בעל המשק במצב קשה כיון שהתחמיץ עשוי לעתים קרובות להוות את עיקר התפריט המתוכנן. כיון שקרוב לוודאי שהוא ייאלץ למרות זאת להשתמש בתחמיץ. האם ישנה דרך להפחית את סכנות השימוש בתחמיץ כזה? ראשית, עליו להיוועץ ברופא הבהמות שלו, ויש להניח שזה האחרון יציע בדרך כלל את הגישה דלהלן לכל הבעייה:

1. להקטין את חלקו של התחמיץ בתפריט הכללי.
2. למהול את כמות החנקן שבמנה על ידי הגדלת כמות השחת המוגשת.
3. להגדיל את כמות המזונות המרוכזים במנה לשם הספקת כמות גדולה יותר של פחמימות.
4. הוספת כמויות גדולות של תרכיזי ויטא-מין A למנת המזון.

ובסיכום: צמחי תירס והתחמיץ המותקן מהם מכילים בדרך כלל כמויות קטנות של חנקות, כיון שחלק ניכר מן החנקן החודר אל תוך הצמח — מקורו בחנקות מהקרקע. כל עוד מסוגל הצמח להפוך את החנקות לחלבונים בקצב אשר אינו נופל מקצב חדירתו לגופו, לא יכילו רקמותיו כמויות ניכרות של חנקות, פרט לריכוזים מבוטלים של חנקת בלתי מעובדת אשר תימצא בצמח בעת היקצרו לתחמיץ.

כמויות יתירות של חנקת נוטות להצטבר בצמחי-תירס כאשר גורם מזיק כל שהוא, כגון חורב, קרה, ברד או הצללה יתירה מעכבים בעדו

רופא בהמות מקומי, בו נועצו קודם לכן, המליץ על תוספת ויטאמין A למנה. המצב הוטב, אולם חלק מסימני הפגע בבהמות היה ברור ביותר גם בעת ביקורנו.

תחמיץ מוכה כפור

בדיקות של התחמיץ העלו ריכוזים ניכרים של חנקת. בעל העדר מסר כי התחמיץ הוכן מתירס שגדל בחלקת שדה נמוכה, מדושת בשפע בחנקן. כמו כן ציין כי עלי הצמחים נסגעו במידה ניכרת בקרה כשלושה שבועות לפני מועד ההחמצה. הצמחים לא הומתו כליל ומוג האוויר חמים השתלט שוב לאחר הקרה.

שילוב הגורמים הללו ייצג מצב בו עלולות להצטבר כמויות חנקת גדולות מן הרגיל בגופו של הצמח. כיוון שהצמחים לא הומתו כליל החנקות המשיכו לחדור לשורשי הצמחים ונעו לעבר הקנים. אולם נזקי הקרה הפחיתו מכושרם של העלים להפוך את החנקות לחלבונים בקצב הנאות בהתאם לקצב חדירתן לשורשים. והעודפים נצטברו. על כן, בקנים לקראת מועד הקצירה לתחמיץ.

על יסוד סימני המחלה בבהמות המליצו לבעל העדר שיוסיף כמויות גדולות יותר של תכשיר ויטאמין A, וכך עשה. אולם כאשר הבהמות לא הבריאו כליל לאחר חודש נוסף הוא החליט להגיש לבהמותיו תחמיץ ממקור אחר.

התירס ממנו הוכן התחמיץ האחר גדל בחלקת שדה גבוהה. החלקה דושה בחנקן באותה מידה ובאותה שיטה כמו החלקה הנמוכה. אולם התירס הזה לא הוכה בקרה קודם ההחמצה ובדיקות העלו כי התחמיץ שהוכן לא הכיל כמויות חנקת יתירות.

עם המעבר מן התחמיץ האחד אל השני חזר תיאבונן של הבהמות במהירות, וקצב העלייה במשקל הגוף חזר לתיקנו עד מהרה. בכך אפשר לראות עדות משכנעת ביותר כי מקור הרעה היה בחנקת שהיתה מצויה בתחמיץ הראשון. למרות שאף לא אחת מן הבהמות מתה, היו דמי הלימוד ששולמו על ידי בעל העדר גבוהים ביותר.

דוגמה זו מבהירה היטב כיצד השפעות עוני תיות, ולאוו דווקא כמות הדשן החנקני, קובעות

ושוב על תפריט גרוש מזונות מרוכזים

אל תהיה להוט כל כך. אחר המזון המרוכז כל עוד לא בדקת היטב את כל הנתונים. מספוא גם משוכה הינו עדיין כדאי.

החלב תמורת כל קילו נוסף של תערובת הול-כת ופוחתת.

מנת הקיום הדרושה היא קבועה למדי לגבי כל הפרות בעלות גודל גוף שווה פחות או יותר. חוק התפוקה הפוחתת מתגלה בשלב מוקדם יותר בפרות דלות תנובה מאשר באלו גבוהות התנובה. ניסויים רבים שנערכו בשנים האחרונות מאשרים זאת.

ההמלצות הרגילות לגבי ההזנה בתערובת הן — לעקוב אחרי עליית תנובתה של הפרה עד לשיא, ואחר כך לעקוב שוב אחרי הירידה בתנובה לקראת סוף התקופה. על ידי כך מובטחת הזנה גאוה. ההצעה החדשה היא לזמן לפרות אתגר בצורת מנת מזון גרושה אנרגיה. על מנת להיווכח אילו מהן יגיבו על אתגר זה. העקרון הוא אותו עקרון הוא עדיין טוב.

כה רבות דובר לאחרונה על המנות הגדושות מזון-מרוכז עד כי חלק מן הבוקרים החל מפריו בכיוון זה. כמה מהם מזניחים כליל את תיכונן ההזנה במספוא גם, בשכחם כי המספוא הגס תופש עדיין עמדה כלכלית חשובה בהזנתה של פרת החלב.

במקרים בהם המספוא הגס הינו גרוע או אף מתחת לרמה הממוצעת אין לצפות שהפרות תנבנה כל שביכולתן להניב. כמויות גדולות של מספוא כזה תופשות מקום רב בחלל הכרס, מפחיתות את צריכת המזונות וגורעות מן הסיכויים שהפרה תקבל כמות גאוה של כלל חומרי מזון נעכלים.

המחקר בפלורידה

בפלורידה היו החוקרים מעוניינים לקבוע מה תהיה התמורה לתפריט עשיר במזונות מרוכזים כאשר יגישו לפרות כאוות נפשן גם מספוא גס מאיכות מעולה. אוכלוסיית פרות. המהווה חתך נאמן של העדר הנסיוני שלנו, הועמדה לצרכי ניסוי זה אשר נמשך שנתיים — 1959/60 ו-1960/61.

פרות ג'רסיות, גרנסיות וחולשטיניות הוחזקו

זו התגלמותו הברורה של חוק התפוקה הפוחתת תרות העתונים, אולם אין זו הפעם הראשונה. כבר ב-1942 הראו חוקרים בפנסילבניה כי העלאת שיעור כ.ח.נ. (כלל חמרי המזון הנעכלים) שבמנה מ-70 ל-123 אחוז מן הכמות המומלצת היתה כדאית מבחינה כלכלית. כמויות החלב שיוצרו בשני המקרים היו 3595 ק"ג לעומת 5740 ק"ג, ועודף התמורה, מעל להוצאות ההזנה הגיע ל-113 דולר לעומת 140 דולר במקרה השני. כמות החלב שיוצרה לכל קילו תערובת ירדה מ-2.4 קילו ל-0.8 בלבד במקרה האחרון.

באותה שנה פורסם מחקר אשר נערך על ידי אנשי משרד החקלאות האמריקאי והמסקנה היתה: ככל שגדלה כמות האנרגיה שהוגשה לפרות במזון (מ-91 ל-138 אחוזים לגבי הנורמה המומלצת) כן ירדה במידה ניכרת יעילות הייצור. זו התגלמותו הברורה של חוק התפוקה הפוחתת; היעילות בכללה, כולל מנת הקיום של הבהמה. כמעט ולא השתנתה.

ניסויים אלה שמלפני עשרים שנה הראו כי מנה עשירה במזונות מרוכזים הגדילה את התנובה, אולם הם הראו, כמו כן, כי תוספת

מלהפוך את החנקות לחלבונים בקצב הנאות, או שאינם מאפשרים לצמחים להניב יכול מלא של גרגרים; כמו כן עלול להיווצר מצב דומה כאשר בקרקע שוררים תנאים המעודדים חדירה מהירה ביותר של חנקות אל תוך הצמח, כה מהיר זה עד כי היא עולה על קצב הפיכת החנקות לחלבונים.

הדישון החנקני הכבד המקובל כיום בחלקות תירס בעלות עומד צפוף, כמעט ואינו יכול, בפני עצמו, לגרום להצטברות יתירה של חנקות בצמח, כל עוד מתפתחים הצמחים בתנאים אקלימיים וקרקעיים נוחים.

אודין י. באָנה

פרופסור לביוכימיה באוניברסיטת משיגאן (הוארדס דיירסן, אוקטובר 1962)