



9/2025

משרד החקלאות וביטחון המזון
שירות ההדרכה והמקצוע
אגף ענפי הצומח, תחום גד"ש



בחירת יעילות השימוש בדשנים מעכבי ניטריפיקציה בחיטה

חוות ניסיונות עכו, עונת 2024/25

יוסי פורטל, דודי שמש, פואד חיר, איציק אברבנאל - שה"מ;
ישי קציר – חוות עכו

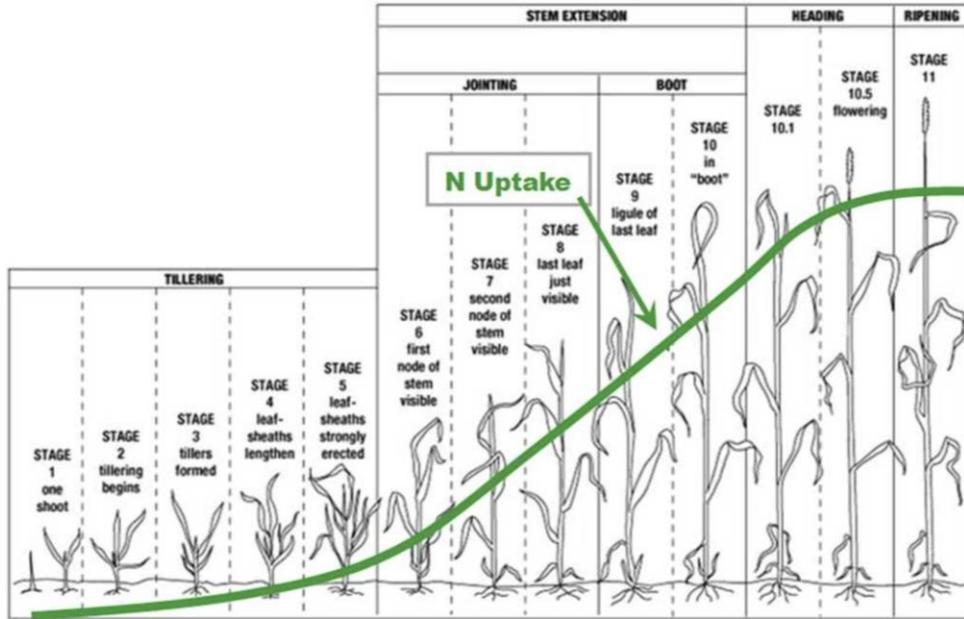
תקציר

ניסוי זה הועמד במטרה לבחון שני סוגי דשנים: אוריאה בלו, המשווק ע"י חברת דשן-גת; ודשן אוריאה גרין, המשווק ע"י חברת ICL, לעומת אוריאה רגילה בדישון יסוד. הניסוי הוצב בשטחי הגד"ש של חוות הניסויים בעכו על כרב בן שנתיים, ללא זיבול, נזרעה חיטה לגרעינים. בתום הניסוי לא נראה שיפור מובהק ביבול מטיפולי הדישון שנבדקו, לעומת האוריאה הרגילה, למעט יתרון קל לגרין, שכלל 8 יחידות חנקן, בקציר הירוק.

מבוא

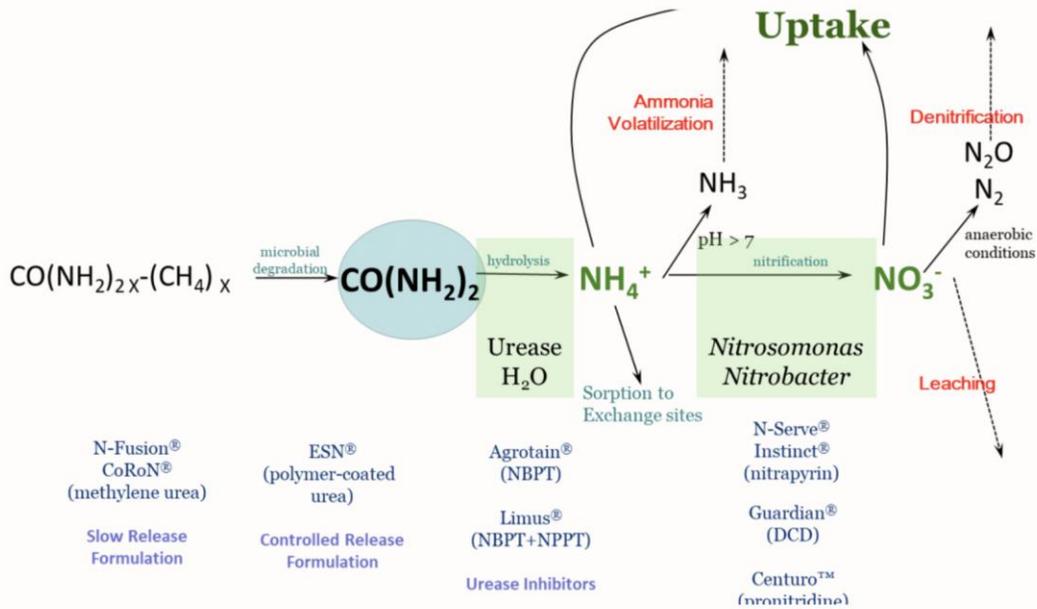
החיטה היא אחד הגידולים החקלאיים החשובים והנפוצים בעולם, והיא משמשת כמקור העיקרי למזון חשוב לתעשיות ברחבי העולם. מבין היסודות שקולטת החיטה מהקרקע, החנקן הוא היסוד הרב והחשוב ביותר, וקליטתו מתחילה משלב ההצצה ועד התייבשות הצמח. בשלב הצימוח הראשוני של הסתעפות החיטה (בין עלה ל-6 עלים) קליטת החנקן נמוכה יחסית. הקליטה המואצת של החנקן מתרחשת בשלב התארכות הפרקים, שבו יש חלוקת תאים מואצת, פעולה הדורשת כמות גדולה של חנקן (איור 1). מניסויים שנערכו ברחבי העולם עולה כי החיטה צורכת בממוצע 2.5 ק"ג חנקן לכל 100 ק"ג גרגרים וקש נלווה; וחיטה שמיועדת לשחת צורכת כ-1 ק"ג חנקן ל-100 ק"ג חומר יבש. אפשר ליישם חנקן בכמה דרכים, כמו בפס הזריעה או לפזרו באמצעות מפזרת צנטריפוגלית ואז להצניעו בקרקע. החלטות לגבי כמויות החנקן ותזמון הדישון יתקבלו בהתאם לתוצאות בדיקות המעבדה (של הצמח או הקרקע) ולהיסטוריה של החלקה. בשטח שגידלו בו חיטה לאחר חיטה בלי בדיקת מעבדה, סביר להניח שרמת החנקן נמוכה בשנה השנייה של הגידול, ונהוג לדשן במצב זה ב-12 ק"ג חנקן צרוף ולפצל את הדישון לדישון יסוד לאחר עיבוד השדה ולדישון ראש לפי הצורך. אחת הבעיות בדישון היא שאין לדעת את כמות החנקן שנשאר לצמח בכל שלב ושלב, מכיוון שלאחר פירוק האוריאה נוצר אמוניום (NH_4), שלאחר מכן הופך לחנקן (NO_3) בשל פעילות חיידקים. יון החנקן מסיס מאוד במים, ואם הצמח לא קולט אותו הוא נשטף לעומק הקרקע. בשנים האחרונות נכנסו לשוק דשנים חנקניים עם מעכבי ניטריפיקציה, המוכרים בשם אוריאה גרין (משווק ע"י חברת כיל) ואוריאה בלו (משווק ע"י

חברת דשן גת), מעכבי ניטריפקציה מיועדים לעכב את פירוק האמוני לחנקה. האמוני הוא צורון חנקן הנספח לקרקע, בשונה מהחנקה שאינה נספחת, ולכן היא שטיפה יותר, ובמקרה של גשמים מרובים, במיוחד בתחילת עונת הגידול, היא עלולה לנוע בקרקע בעומק חתך ההרטבה. לרוב הדשנים מיושמים כדשן יסוד ברמות של 7-8 יחידות, ללא תוספת דישון ראש.



Source: S.A. Ebelhar, University of Illinois.

איור 1. קליטת החנקן בחיטה בשלבים שונים של הגידול (אוניברסיטת אילינוי)



איור 2. מסלולי אובדן החנקן ואפשרויות ניהול להפחתת הסיכון לאובדן חנקן (אוניברסיטת נברסקה)



איור 3. הדשנים שנבחנו בניסוי – מימין: אוריאה גרין; במרכז: אוריאה בלו; משמאל: אוריאה רגילה

שיטות וחומרים

מבנה המבחן: מבנה המבחן הוא חד-גורמי (דשן), במתכונת חלקות באקראיות מוחלטת ב-5 חזרות. בניסוי זה נבחנו שלושה סוגי דשנים: אוריאה רגילה, אוריאה בלו ואוריאה גרין (טבלה 1).

טבלה 1: סוג הדשן, החברה המשווקת, התכולה וסוג מעכב הניטריפיקציה

סוג דשן	חברה משווקת	תכולה	סוג מעכב הניטריפיקציה
אוריאה	-	חנקן צרוף 46%	ללא
אוריאה גרין	ICL	חנקן צרוף 46%	מעכב את מעבר האמון לחנקה, ומעכב אוריאז
אוריאה בלו	דשן-גת	חנקן צרוף 45%	מעכב את מעבר האמון לחנקה

טבלה 2: הטיפולים, שם מקוצר, מספר חזרות ומועד יישום הדישון

שם הטיפול	שם מקוצר	מספר חזרות	מועד יישום
היקש ללא דישון	היקש	5	-
אוריאה רגילה - 6 יח' (יסוד)	אוריאה 6	5	28/11/24
אוריאה רגילה - 8 יח' (יסוד)	אוריאה 8	5	28/11/24
אוריאה בלו - 6 יח' (יסוד)	בלו 6	5	28/11/24
אוריאה בלו - 8 יח' (יסוד)	בלו 8	5	28/11/24
אוריאה גרין - 6 יח' (יסוד)	גרין 6	5	28/11/24

28/11/24	5	גרין 8	אוריאה גרין - 8 יח' (יסוד)
22/1/25 + 28/11/24	5	אוריאה מפוצל 2x	אוריאה רגילה 12 יח' (8 יסוד+4 ראש)

כמות משקעים

טבלה 3: כמות המשקעים לפי חודשי השנה [הנתונים התקבלו מתחנת חוות עכו]

חודש ושנה	נובמבר 2024	דצמבר 2024	ינואר 2025	פברואר 2025	מרס 2025	אפריל 2025	מאי 2025	סה"כ
משקעים (מ"מ)	130	151	13.3	55.8	33.1	18	4.7	405.9
השקיית עזר (קוב/ד')		45			45			90

אגרוטכניקה

טבלה 4: נתוני האגרוטכניקה בניסוי ומועד הפעולה

תאריך ביצוע	פעולה
28/11/24	יישום דישון יסוד והצנעה בעזרת תיחוח
4/12/24	זריעת הניסוי (זן גדיש)
5/12/24	השקיית הנבטה והפעלת דשן 45 קוב
14/1/25	דיגום צמחים בשלב 3-4 עלים והעברתם למעבדה לבחינת חנקן
15/1/25	ריסוס עשבים (דרבוקה 7 ודופלזון 150)
22/1/25	דישון ראש
23/1/25	גשם 6 מ"מ שהפעיל את דישון הראש
9/2/25	דיגום צמחים בשלב 8 עלים למעבדה לבחינת חנקן
13/3/25	דיגום צמחים בשלב ההתבטנות והעברתם למעבדה לבחינת חנקן כללי וחומר יבש
17/3/25	השקיית עזר
7/7/25	קציר

כשבועיים לפני זריעת הניסוי נלקחו למעבדה שתי דגימות משני עומקים: 30 ו-60 ס"מ, בכדי לבדוק את רמת החנקן בשדה. כשבוע לפני זריעת הניסוי פיזרנו דשן בעזרת מפזרת צנטריפוגלית ידנית, באופן אחיד בכל החלקה. הזריעה התבצעה בתאריך 4/12/24, לאחר הצנעת הדשן במתחת. בכל טיפול נזרעו שלוש ערגות לכל חזרה. גודל כל חזרה: 60 מטר רבוע (20 מ"ר לערוגה). עומד השדה: כ-250 צמחים למטר רבוע. המבחן טופל בעזרת צוות חוות עכו, תוך הקפדה יתרה על הטיפול בעשבייה ועל מניעת מזיקים ומחלות.

קציר: בניסוי זה בוצעו שני קצירים. הקציר הראשון נועד לקבלת חומר יבש ובוצע באופן ידני בתאריך 13/3/2025, כשהצמח היה בשלב ההתבטנות (לפני שליפת שיבולת), בעזרת מסגרת שרוחבה 27 ס"מ ואורכה 120 ס"מ לכל חזרה. חושב שטח הקציר המדויק של כל חזרה (השטח הממוצע שנקצר מכל חזרה הוא כ-3200 סמ"ר), והחישוב משטח זה היווה בסיס לחישוב לדונם, והוכפל באחוז החנקן הכללי שהתקבל (חישוב יבול חנקן לטיפול). הקציר השני נועד לקבלת יבול גרעיניים ובוצע בעזרת קומביין ניסיונות קטן של ארגון עובדי הפלחה.

בדיקות: במהלך עונת הגידול נבחנו המדדים: חנקן מימי (NO_3), חנקן כללי (N) ואחוז החומר יבש, במעבדה בנווה יער.

ניתוח התוצאות: ניתוח סטטיסטי לשונות נערך על פי מבחן Tukey & Kramer, בחבילת תוכנה JMP-14, למובהקות סטטיסטית של $P < 0.05$. אותיות שונות באותו הטור מצביעות על הבדל מובהק בין הטיפולים.

תוצאות

טבלה 5א': תוצאת בדיקת קרקע לפני הזריעה, משני עומקים: 30 ו-60 ס"מ

עומק	רוויה	K במיצוי מא"ק/ל'	P אולסן מ"ג/ק"ג	N חנקתי מ"ג/ק"ג	N אמוני מ"ג/ק"ג
30	100.7	0.13	17	0.5 >	2.8
60	111.2	0.08	12.9	0.5 >	2.7

הבדיקה נלקחה מ-5 נקודות בכל שדה הניסוי ב-"שיטת הצלב". מתוצאות המעבדה עולה כי אין מספיק חנקן, ובמצב כזה אנו ממליצים על דישון יסוד.

טבלה 5ב': תוצאות בדיקות הקרקע לאחר הקציר לגרעינים (התקבל רק אמוני, כיוון שהחנקה לא הגיעה לסף הנמדד בכל הטיפולים שנבדקו)

עומק (ס"מ)	טיפול	חנקן אמוני (ק"ג לדונם)
30	אוריאה מפוצל 2x	13.6
60	אוריאה מפוצל 2x	12.3
30	אוריאה 8	11.9
60	אוריאה 8	11.6
30	בלו 8	12.7
60	בלו 8	13.6
30	גרין 8	13
60	גרין 8	13.1

בכל טיפול נלקח דיגום משלוש חזרות עם חמש נקודות נעיצה בכל חזרה. נראה מהתוצאות שלפחות בטיפולים שנבדקו לא היו הבדלים משמעותיים בכמות החנקן שנותר בשדה.

טבלה 6: תוצאת בדיקת החנקן הכללי (N) והחנקן המימי (NO_3) בצמח; מועד הדיגום: 14/1/2025

טיפולים	חנקן מימי (NO_3)	חנקן כללי (N)
בלו 8	1.53 A	3.31 A
בלו 6	1.35 A	3.31 A
אוריאה 6	0.95 AB	2.82 A
גרין 8	0.77 AB	3.13 A
אוריאה 8	0.63 AB	3.27 A
גרין 6	0.61 AB	2.31 A
היקש	0.21 B	2.63 A

בטבלה ניתן לראות שיש הבדל מובהק לטובת האוריאה בלו: 6 יח' ו-8 יח', ביחס לביקורת, בבדיקת החנקן המימי בשלב 3-4 עלים. בבדיקת החנקן הכללי לא התקבלו הבדלים מובהקים בין הטיפולים.

טבלה 7: תוצאת חנקן מימי (NO_3) בצמח; מועד הדיגום 9/2/2025, לאחר יישום דישון ראש

טיפולים	חנקן מימי (NO_3)
אוריאה מפוצל 2x	0.53 A
בלו 8	0.34 AB
גרין 8	0.24 AB
בלו 6	0.15 B

0.1 B	אוריאה 8
0.07 B	אוריאה 6
0.03 B	גרין 6
0.01 B	היקש

מטבלה 7 עולה כי בשלב של 8 עלים יש הבדל מובהק לטובת הוספת דישון ראש לאוריאה רגילה, ביחס לשאר הטיפולים, מלבד אוריאה גרין ואוריאה בלו 8 יחי' ביסוד.

טבלה 8: תוצאת מדידת החנקן המימי (NO_3) והחנקן הכללי (N) בצמח; מועד הדיגום: 13/3/2025, שלב ההתבטנות (לפני שליפת שיבולת)

חנקן כללי % (N)	טיפולים	חנקן מימי (NO_3) ppm	חנקן מימי (NO_3) %	טיפולים
1.28 A	אוריאה מפוצל 2x	373 A	0.163 A	אוריאה מפוצל 2x
1.19 A	בלו 6	60 B	0.013 B	בלו 6
1.18 A	בלו 8	57 B	0.026 B	בלו 8
1.08 A	אוריאה 8	29 B	0.01 B	אוריאה 8
1 A	גרין 8	27 B	0.023 B	גרין 8
0.99 A	גרין 6	24 B	0.006 B	גרין 6
0.82 A	אוריאה 6	23 B	0.013 B	אוריאה 6
0.75 A	היקש	15 B	0.013 B	היקש

דישון הראש נבדל משאר הטיפולים, כשבשאר הטיפולים לא נראה הבדל מובהק בתכולת החנקן המימי ביניהם לבין הביקורת. לא התקבל הבדל מובהק בתכולת החנקן בחיטה בשלב 8 עלים בין הטיפולים, אך ישנה מגמה לטובת דישון הראש.

טבלה 9: תוצאות אחוז חומר יבש (%), יבול חומר יבש (ק"ג/ד') ויבול החנקן הכללי (%) בשלב ההתבטנות, לפני שליפת השיבולת

יבול חנקן לדונם ק"ג/ד'	טיפול	יבול חומר יבש ק"ג/ד'	טיפול	אחוז חומר יבש	טיפול
8.82 A	אוריאה מפוצל 2x	687 AB	אוריאה מפוצל 2x	19.1 B	אוריאה מפוצל 2x
8.49 A	בלו 6	709 AB	בלו 6	21 AB	בלו 6
8.23 A	בלו 8	697 AB	בלו 8	21.2 AB	בלו 8
7.4 AB	גרין 8	735 A	גרין 8	20.3 AB	גרין 8
6.52 AB	אוריאה 8	602 AB	אוריאה 8	19.95 AB	אוריאה 8
5.83 BC	גרין 6	587 AB	גרין 6	21.1 AB	גרין 6
5.17 BC	אוריאה 6	628 AB	אוריאה 6	21.6 AB	אוריאה 6
3.62 C	היקש	480 B	היקש	24.9 A	היקש

אחוז החומר היבש בצמח מושפע מטיפול החנקן; אחוז החומר היבש הגבוה ביותר נמצא בטיפול הביקורת (ללא דישון); והאחוז הנמוך ביותר של החומר היבש - בדישון 12 יחי' יסוד וראש. יבול החומר היבש הגבוה ביותר התקבל בטיפול אוריאה גרין 8 יחי' ביסוד, שהיה גבוה ממובהק מהביקורת. מבחינת יבול החנקן הכללי, ניתן לראות שהצמחים עם תכולת החנקן הגבוהה ביותר התקבלו בטיפול של 12 יחי' חנקן.

טבלה 10: יבול הגרעינים בקציר שבוצע עם קומבין ניסויי של ארגון עובדי הפלחה

מספר חזרות	%חלבון בגרגר	% cv	סטיית תקן	יבול גרעינים ק"ג/דונם	מספר חזרות	טיפולים
2	10.6	61	12	995 A	6	אוריאה מפוצל 2x
2	10.1	41	9	909 AB	5	גרין 8
2	9.7	17	3.7	763 ABC	4	בלו 6
2	9.6	160	22.5	741 ABC	3	בלו 8
2	10.2	48	9.9	733 BC	6	אוריאה 6
2	9.6	82	18	713 BC	5	גרין 6
2	9.3	25	4.6	680 BC	3	אוריאה 8
2	8.9	36	10.3	626 C	9	היקש

הטיפול שתרם ליבול גרעינים הגבוה ביותר זה אוריאה מפוצל 2x. מספר הדגימות בניתוח לא היה מאוזן מכיוון שחזירים נכסנו לשטח בזמן מלחמת "עם כלביא" והסבו נזק. החלבון בגרגרים היה ירוד בטיפול ההיקש פחות מ- 9 אחוז. בכול יתר הטיפולים 9.3 עד 10.6 אחוז חלבון.

דיון

מטרת מבחן זה הייתה לבחון אם קיים יתרון לדשנים עם מעכבי ניטריפקציה ביחס לדשן המכיל אוריאה רגילה, ואם השימוש בדשנים עם מעכבי ניטריפקציה יכול לחסוך את דישון הראש. לאחר זריעת החיטה בניסוי ניתנה השקיית עזר להנבטתה ולהפעלת הדשנים (45 קוב). בסוף חודש דצמבר ירדו 120 מ"מ של משקעים, שהיו אמורים להביא לידי ביטוי את היתרון של המעכבים. הבדיקה הראשונה נעשתה בתאריך 14/1, בשלב של 3-4 עלים, ונמצא כי הטיפול הטוב ביותר היה באוריאה בלו 8 יח' ו- 6 יח' ביסוד, והתקבלו 1.53% ו-1.34% של חנקן מימי בצמח, בהתאמה. בשלב של 3-4 עלים בחיטה (אם מתקבל בבדיקה צמחית ערך של 1.5%, על פי פרוטוקול חקלאי העמק, לא מומלץ להוסיף דשן; כאשר הערך נמוך מ-1.5% - מומלץ להוסיף דשן, וכך קרה בשאר הטיפולים בניסוי, אשר היו נמוכים מ-1% חנקן מימי, במצב זה היינו ממליצים להוסיף דשן). הבדיקה הצמחית השנייה נערכה ב- 9/2, בשלב של 8 עלים, לאחר יישום דישון הראש. בטיפול באוריאה מפוצל ירדו 6 מ"מ גשם, וכמות גשם זו הצליחה להפעיל את הדשן, כשבבדיקות נמצא הבדל של פי חמישה בין הטיפול באוריאה 8 יח' לבין הטיפול באוריאה מפוצל. שלושת הטיפולים הטובים ביותר היו אוריאה מפוצל, אוריאה גרין 8 יח' ואוריאה בלו 8 יח', והם לא נבדלו סטטיסטית. ייתכן כי שני המעכבים המצויים באוריאה גרין הצליחו לעכב את פירוק האוריאה, או לחלופין – ייתכן שהאוריאה נשטפה, אך שורשי החיטה בטיפול זה הצליחו להשיג את הדשן בשלב הפנולוגי שנבחן.

בבדיקה האחרונה, שנערכה ב-13/3, ובה נבדק החנקן המימי בשלב ההתבטנות, לפני שליפת השיבולת, רק טיפול האוריאה המפוצל הראה יתרון מובהק עם ערכי חנקן מימי של 373 ppm, כאשר בשאר הטיפולים לא התקבל חנקן מימי בצמחים (הערך שואף לאפס). הצמחים נדגמו לפני השקיית עזר של 45 קוב, וייתכן שהסיבה לכך היא תנאי היובש בעת הדגימה, אשר פגעו ביכולת הצמח לנצל את הדשן. תוצאה זו מחזקת את ההבנה שהדישון המפוצל מאפשר זמינות חנקן ממושכת יותר במצבים של עקה.

לבדיקת חנקן כללי במהלך הגידול נעשו שתי בדיקות: הראשונה ב-14/1 בשלב של 3-4 עלים; השנייה ב-13/3 בשלב ההתבטנות לפני שליפת השיבולת. ערך החנקן הכללי בהיקש היה נמוך בשתי הבדיקות ביחס לשאר הטיפולים, אך לא מובהק.

מטרת הבדיקה השנייה הייתה חישוב יבול החנקן הכללי בכל טיפול. הטיפולים שתדמו ליבול חנקן כללי הם אוריאה מפוצל, אוריאה 8 יח', אוריאה בלו 6 יח' ו-8 יח' וגרין 8 יח', והם לא נבדלו ביניהם מבחינה סטטיסטית, אך נבדלו מהביקורת.

יבול הגרעינים נע בין 626 ק"ג לדונם בטיפול הביקורת ל-995 ק"ג לדונם בטיפול האוריאה המפוצל, כאשר האוריאה המפוצל לא נבדל מהאוריאה גרין 8 יח', מהאוריאה בלו 8 יח' ו-6 יח', אך נבדל משאר הטיפולים. נמצא כי חלק מהטיפולים הצליחו להניב יבולים גבוהים ביחס לביקורת, אולם רמת החנקן שיושמה לא תרמה לשיפור אחוז החלבון בגרעינים. כידוע, צמח החיטה מנצל את החנקן בראש ובראשונה לצורך הגדלת היבול, ורק לאחר מכן להשפעה על רמת החלבון. במצב של חוסר חנקן, התרומה ניכרת בעיקר ביבול ולא באחוז החלבון. למעכבים לא היה יתרון בהעלאת אחוז החלבון. חשוב לציין כי כמות המשקעים בעונה הייתה נמוכה מהממוצע הרב-שנתי, ולכן יתרונם של הדשנים עם מעכבי ניטריפיקציה לא בא לידי ביטוי מלא. לאור הידוע בספרות, יתרון זה צפוי להיות משמעותי יותר בעונות הגשומות, שבהן שטיפת החנקן מהקרקע שכחה יותר.

לסיכום, נראה כי לשימוש באוריאה מפוצלת יש יתרון מובהק מבחינת זמינות החנקן לצמח לאורך זמן ומבחינת התרומה ליבול, אולם גם לדשנים עם מעכבי ניטריפיקציה יש תרומה חשובה, במיוחד באסטרטגיות דישון, המשלבות הפחתה בכמות הבסיס והוספת דישוני ראש. כדאי להמשיך לבחון גישות אלו בניסויים נוספים, בתנאי אקלים שונים ובעונות גשומות יותר.

תודות

לארגון עובדי הפלחה - על מימון הניסוי.

לצוות חוות ניסיונות גליל מערבי - על העבודה המסורה.

למעבדת שירות שדה נווה יער - על הסיוע בבדיקות הקרקע והצמחים.

האמור לעיל הינו בגדר עצה מקצועית בלבד ואינו מהווה חוות דעת מומחה לצורך הצגה כראיה בהליך משפטי. על מקבל העצה לנהוג מנהג זהירות, ושימוש או הסתמכות על המידע המופיע לעיל הינו באחריות מקבל העצה בלבד. אין להעתיק, להפיץ או להשתמש במסמך זה או בחלקים ממנו לצורך הליך משפטי כלשהו, ללא אישור מראש ובכתב של החתומים.

© שה"מ הוצאה לאור, 2025; עריכה לשונית: עדי סלוניקו; גרפיקה: לובה קמנצקי