

ЕКСПРЕС-ДІАГНОСТИКА ХЛОРОФІЛУ НА ПОСІВАХ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Войновський В.,

e-mail: vladimir.voinovs@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-9994-2617>

ДНУ «УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого»

Новіцька К.,

Коваленко Т.,

ПП «Агрохім»

Рижкова С.,

e-mail: sva_ra@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-2693-4162>

Пешкова М.,

e-mail: pmd_ozt@ukr.net

Грабовець О.,

e-mail: oleksandra1991@ukr.net

ДНУ «УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого»

Анотація

Метою цього дослідження є порівняльний аналіз вмісту хлорофілу у двох сортах озимої пшениці в різні періоди розвитку рослин із застосуванням автономного польового приладу (N-тестера) для оперативного вимірювання вмісту азоту та розрахунку оптимальної дози внесення поживних речовин на посівах озимої пшениці у різні фази вегетації.

Методи та матеріали. Дослідження проведено в Олександрівському та Бобринецькому районах Кіровоградської області на полях двох господарств на посівах озимої пшениці сортів «Меморі» та «Авеню» з виділеними контрольними ділянками площею по 3 м². У ключові моменти розвитку рослин, перед внесенням добрив, проводилося вимірювання хлорофілу за допомогою N-тестера «ССМ-200 Plus GPS» та вміст цукрів рефрактометром «НТ16АТС», після чого розраховувалася необхідна доза внесення препаратів. В обох господарствах підживлення здійснювалося в оптимальні терміни внесення добрив, однак норми добрив кардинально відрізнялися.

Результати. Пшениця сорту «Меморі» на контрольній ділянці (загальна кількість д. р. внесеного азоту становила 198 кг/га), починаючи з фази колосіння, виглядала зеленішою, вищою, колос мав більший розмір, показники N-тестера та вміст цукрів на контрольній ділянці були вищими, однак і період дозрівання на контрольній ділянці тривав довше, ніж на решті поля (загальна кількість д. р. внесеного азоту становила 101 кг/га).

Озима пшениця сорту «Авеню» за основними показниками на контрольній ділянці (загальна кількість внесеної д. р. азоту – 145 кг/га) та на полі (загальна кількість внесеної д. р. азоту 183 – кг/га) майже не відрізнялася від «Меморі»: довжина колоса, висота рослини, колір однакові, показники N-тестера та вміст цукрів теж майже однакові. Тому можна дійти висновку, що внесення додаткової кількості в 38 кг/га д. р. було малоефективним і не збільшило урожайність.

Висновки. Оперативне вимірювання вмісту азоту в польових умовах за допомогою N-тестера дало змогу ефективно розрахувати дози внесення поживних речовин на посівах озимої пшениці у різних фазах вегетації і сприяло підвищенню рівня врожайності досліджуваних сортів культури.

Ключові слова: добрива, живлення рослин, пшениця озима, рефрактометр, урожай, фази розвитку рослини, хлорофіл, N-тестер.

Вступ. Пшениця — візитівка українських полів. Озима пшениця — одна з головних за важливістю культур в Україні, яка має значення стратегічної харчової культури. Окрім того, це хороший попередник для інших сільськогосподарських посівів, фуражний і технічний продукт, який використовується не лише на борошно чи концентровані корми для тварин, а й для виготовлення спирту, крохмалю, медичної сировини, харчових добавок тощо [Мазур та ін., 2020].

Першорядне значення для підвищення врожайності та якості озимої пшениці має розробка збалансованої схеми живлення рослин на заплановану врожайність з урахуванням потреби культур в макро- і мікроелементах [Nenova et al., 2024]. Живлення озимої пшениці є досить вибагливим: треба уникати голодування чи надлишку елементів. Найважливішим і найскладнішим фактором управління процесом отримання високого урожаю озимої пшениці є правильне визначення фази росту рослини [Ritchie, 1991].

Вміст азоту в рослинах є основою для коригування їхнього азотного живлення та розрахунку норм удобрення [Fernandes & Rossiello, 1995; Peltonen et al., 1995; Жолобак та ін., 2020]. Урожайність і вміст протеїну в зерні зростають зі збільшенням доз азоту. Однак при цьому необхідно розуміти, що внесення підвищених доз азоту, особливо на ранніх стадіях росту рослин, призводить до вилягання рослин, зниження врожайності і ускладнень у збиранні. Незбалансоване внесення азотних добрив також сприяє розвитку хвороб [He et al., 2013]. Тому одне з головних завдань агронома чи фермера — правильно визначити фазу росту рослин, чутливих до живлення, і внести азот саме на початку чутливого періоду.

Метою цього дослідження є порівняльний аналіз вмісту хлорофілу та цукрів у двох сортах озимої пшениці в різні періоди розвитку рослин із застосуванням автономних польових приладів та з урахуванням таких загальних вимог щодо удобрення:

- фаза кушення (ВВСН 21-29), орієнтовно 15-17 березня, повинна бути забезпечена азотом до 20 % від потреби, тобто 50 кг/га;

- у фазі виходу в трубку (ВВСН 30-39) на стадії (ВВСН 31) перший вузол на поверхні землі засвоюється 30% від загальної потреби азоту (80 кг/га), а вже на (ВВСН-39) прапорцевий листок розгорнутий, орієнтовно 3-5 травня (185 кг/га);

- у кінці фази колосіння (ВВСН 59) — повна поява суцвіть (колос або волоть повністю видно), пшениця вже повинна спожити 230 кг/га азоту;

- від фази ВВСН59 до ВВСН61 — початок цвітіння, орієнтовно 15-17 травня, споживання азоту становить 18 кг/га, а загалом 248 кг/га. Надалі споживання азоту впливає виключно на якість зерна, а не на його кількість.

Методи і матеріали. Дослідження проведено в Олександрівському та Бобринецькому районах Кіровоградської області на полях двох господарств на посівах озимої пшениці з виділеними контрольними ділянками площею по 3 м². У ключові моменти розвитку рослин проводилися вимірювання хлорофілу за допомогою N-тестера «ССМ-200 Plus GPS» та вміст цукрів рефрактометром «НТ116АТС». Перед внесенням добрив у фазу спокою на обох ділянках було відібрано проби на вміст цукрів та хлорофілу. В обох господарствах підживлення здійснювалося в оптимальні терміни внесення добрив, однак норми добрив кардинально відрізнялися. У Бобринецькому районі під посів озимої пшениці сорту «Меморі» вносилося 100 кг/га селітри (д. р. N 34,4 кг/га) та 150 кг/га NPK 16-16-16+6S (д.р. N 24 кг/га) — загалом д. р. N 58 кг/га. В Олександрівському районі під посів озимої пшениці сорту «Авеню» було внесено 50 кг/га NPK 16-16-16+6S (д. р. N 8 кг/га).

Оскільки під посів сорту «Меморі» внесено N 5 8 кг/га д. р. , а під посів сорту «Авеню» — лише N 8 кг/га д. р. , відповідно й показники N-тестеру ССМ-200 Plus показали різницю в замірах у десять одиниць ССІ, а показники рефрактометра

«НТ116АТС» – різний вміст цукрів, вдвічі більший у тому сорті пшениці, на якій більша кількість N була внесена під посів.

У технологічних картах вирощування досліджуваних сортів також було передбачено внесення добрив. Кожен пестицидний обробіток сорту «Авеню» проводився з додаванням добрив: аміачна селітра – 155 кг/га (д. р. N 52,7 кг/га); карбамід – 4 кг/га (д. р. N 1,84 кг/га); сульфат амонію – 2 кг/га (д. р. N 0,42 кг/га). Сорт «Меморі» підживили рідким мікродобривом із вмістом азоту 0,6% (д. р. N 0,05 кг/га).

Кількість внесення діючої речовини азоту, згідно з показниками N-тестера визначалася за співвідношенням:

$$N (\%) = (0,0309 \cdot CCI + 1,221) \cdot 10, (1),$$

де N – відносний вміст азоту

CCI – покази N-тестеру.

Рішення щодо рівня внесення азоту ухвалювалося, виходячи з таких міркувань: (< 25% = дефіцит елемента; 26%-49% = низький вміст елемента (можливі втрати врожаю); 50%-74% = оптимальний рівень елемента для повноцінного росту; 75%-98% = високий вміст елемента (внесення не дасть додаткового ефекту); > 99% = надлишок елемента (можлива токсична дія). За оптимальний рівень прийнято значення 74%.

У фазу воскової стиглості прораховано біологічну врожайність контрольних ділянок і полів. Біологічна врожайність визначалася за М.С. Савицьким:

$$U = P \cdot K \cdot 3 \cdot A / 105, \text{ ц/га}, (2),$$

де

U – урожайність зерна, ц/га;

P – кількість рослин, штук на 1 м.п.;

K – продуктивна кустистість продуктивних рослин, шт.;

3 – кількість зерен у колосі, шт.;

A – маса 1 тис. насінин (M1000 зерен), г.

Середня маса зерна одного колоса визначалася поділом маси зерна снопового

зразка (г) на кількість продуктивних стебел. Середня кількість зерен у колосі (волоті) розраховувалася за формулою:

$$X = U \cdot 1000 / \Phi, \text{ г}, (3),$$

де

U – середня маса зерна одного колоса, волоті, г;

Φ – маса 1000 зерен (г), визначається за середнім зразком зерна (без коректив на вологість).

Результати. Після припинення вегетації (ВВСН 12-13) на контрольні ділянки озимої пшениці обох сортів внесено аміачну селітру з розрахунку 200 кг/га (д. р. N 68 кг/га) (таблиця 1).

Показники, отримані в березні (фаза кушіння), представлені в таблиці 2.

Після відновлення весняної вегетації (ВВСН 18-20) було внесено азотні добрива:

- сорт «Меморі» (поле) – сульфат амонію 140 кг/га (д. р. N29,2 кг/га), карбамід 30 кг/га (д. р. N13,8 кг/га);

- сорт «Авеню» (поле) – аміачна селітра 165 кг/га (д. р. N56,1 кг/га), карбамід 140 кг/га (д. р. N64,7 кг/га).

Також були проведені проби на вміст цукрів і хлорофілу.

- сорт «Меморі» (контрольна ділянка): вміст цукрів – 15 %; вміст хлорофілу – 51,9; потенційна урожайність за показниками тестера – 55 ц/га;

- сорт «Меморі» (поле): вміст цукрів – 14 %; вміст хлорофілу – 40,8; потенційна урожайність за показниками тестера – 45 ц/га;

- сорт «Авеню» (контрольна ділянка): вміст цукрів – 16 %; вміст хлорофілу – 44,4; потенційна урожайність за показниками тестера – 50 ц/га;

- сорт «Авеню» (поле): вміст цукрів – 14 %; вміст хлорофілу – 43,4; потенційна урожайність за показниками тестера – 48 ц/га.

У фазу початку виходу в трубку (ВВСН 29-30) в досліді внесли аміачну селітру прикоренево з розрахунку 200 кг/га (д. р. N68 кг/га). Перед внесенням були вимі-

Таблиця 1 – Стан озимої пшениці після припинення вегетації
(дата досліджу: сорт «Меморі» – 09.12.2020 р., сорт «Авеню» – 16.12.2020 р.)

Показники	Бобринецький р-н сорт «Меморі»		Олександрівський р-н сорт «Авеню»	
Внесення добрив під посів	аміачна селітра 100 кг/га+ НАФК (16-16-16+6S) 150 кг/га (N58)		НАФК (16-16-16+6S) 50 кг/га (N8)	
Температура повітря	-3° C		0° C	
Густота (млн/га)	4,4		3,9	
Глибина вузла кущення	2,5 см		1,5–2 см	
Висота стебла рослини	15–20 см		15–17 см	
Коефіцієнт кущення	2,8		1,8	
Вміст цукрів, (%)	16		8	
Вміст азоту відповідно до показників N-тестера (CCI)	40,9		30,2	
Потенційна врожайність відповідно до показників N-тестера	50 ц/га		40 ц/га	
Внесення добрив після припинення вегетації	контрольна ділянка	поле	контрольна ділянка	поле
	аміачна селітра 200 кг/га (N68)	–	аміачна селітра 200 кг/га (N68)	–

Таблиця 2 – Дослідження полів озимої пшениці після відновлення весняної вегетації
(дата досліджу: сорт «Меморі» – 26.03.2021 р.; сорт «Авеню» – 27.03.2021 р.)

Показники	Бобринецький р-н сорт «Меморі»		Олександрівський р-н сорт «Авеню»	
	контрольна ділянка	поле	контрольна ділянка	поле
Внесення добрив		сульфат амонію 140 кг/га (N29,2) карбамід 30 кг/га (N13,8)		аміачна селітра 165 кг/га (N56,1) карбамід 140 кг/га (N64,7)
Температура повітря, °C	+10° C		+9° C	
Вміст цукрів, (%)	15	14	16	14
Вміст азоту відповідно до показників N-тестера (CCI)	51,9	40,8	44,4	43,4
Потенційна врожайність відповідно до показників N-тестера	55 ц/га	45 ц/га	50 ц/га	48 ц/га

ряні основні показники (таблиця 3).

- сорт «Меморі» (контрольна ділянка):
вміст цукрів – 11 %; вміст хлорофілу – 25,7; потенційна урожайність за показниками тестера – 50 ц/га;

- сорт «Меморі» (поле): вміст цукрів – 10 %; вміст хлорофілу – 23,7; потенційна урожайність за показниками тестера – 46 ц/га;

- сорт «Авеню» (контрольна ділянка):

Таблиця 3 – Дослідження полів озимої пшениці після відновлення весняної вегетації (дата дослід: сорт «Меморі» – 06.05.2021 р.; сорт «Авеню» – 07.05.2021 р.)

Показники	Бобринецький р-н сорт «Меморі»		Олександрівський р-н сорт «Авеню»	
	контрольна ділянка	поле	контрольна ділянка	поле
Температура повітря, °С	+15° С		+15° С	
Вміст цукрів, (%)	11	10	10	9
Вміст азоту, відповідно до показників N-тестера (CCI)	25,7	23,7	34,1	33,1
Внесення добрив	аміачна селітра 200 кг/га (N68)	еколайн фосфитний 1,5 л/га (N0,05)	аміачна селітра 200 кг/га (N68)	аміачна селітра 155 кг/га (N52,7); карбамід 4 кг/га (N1,84); сульфат амонію 2 кг/га (N0,42)
Потенційна врожайність відповідно до показників N-тестера	50 ц/га	46 ц/га	53 ц/га	53 ц/га

вміст цукрів – 10 %; вміст хлорофілу – 34,1; потенційна урожайність за показниками тестера – 53 ц/га;

- сорт «Авеню» (поле): вміст цукрів – 9 %; вміст хлорофілу – 33,1; потенційна урожайність за показниками тестера – 53 ц/га.

Показники N-тестера озимої пшениці сорту «Меморі» на контрольній ділянці становили 25,7 у фазі початку виходу в трубку. Використовуючи співвідношення (1), отримуємо вміст азоту:

$$N (\%) = (0,0309 \cdot 25,7 + 1,221) \cdot 10 = 20\%$$

На основі загальних вимог щодо удобрення та враховуючи показники, наведені в таблиці 3, визначено дефіцит N та рекомендовано його додаткове внесення.

$$N_{200} - N_{58} - N_{68} = N_{74},$$

де,

N_{200} – максимальна к-сть д. р. N за весь період вегетації;

N_{58} – к-сть д. р. N під посів;

N_{68} – к-сть д. р. N у період першого внесення;

N (необхідна к-сть для внесення) = 40 кг/га.

Визначаємо необхідну кількість д. р. N: $74\% - 20\% = 54\%$ (необхідно внести д. р. N для оптимального рівня N у пшениці) від N_{74} .

Однак оскільки потенційна врожайність відповідно до показників N-тестера становила 53 ц/га, а ми орієнтувалися на 70-80 ц/га, тому було збільшено дозу внесення до N_{68} (табл. 3).

У фазу колосіння (ВВСН 50-59) на дослідні ділянки внесено карбамід по листовій пластині 10 кг/га ($N_{4,6}$). Показники мали такі значення (таблиця 4).

- сорт «Меморі» (контрольна ділянка): вміст хлорофілу – 28,9; потенційна урожайність за показниками тестера – 55 ц/га;

- сорт «Меморі» (поле): вміст хлорофілу – 19,2; потенційна урожайність за показниками тестера – 40 ц/га;

- сорт «Авеню» (контрольна ділянка): вміст хлорофілу – 37,7; потенційна урожайність за показниками тестера – 63 ц/га;

- сорт «Авеню» (поле): вміст хлорофілу – 36,9; потенційна урожайність за показниками тестера – 64 ц/га.

Керуючись методикою проведення дослідження з використанням N-тестера без використання еталонної ділянки, визначена потрібна кількість діючої речовини

Таблиця 4 – Дослідження полів і контрольних ділянок озимої пшениці (дата досліджу: сорт «Меморі» – 27.05.2021 р.; сорт «Авеню» – 28.05.2021 р.)

Показники	Бобринецький р-н сорт «Меморі»		Олександрівський р-н сорт «Авеню»	
	контрольна ділянка	поле	контрольна ділянка	поле
Температура повітря, °C	+28° C		+28° C	
Вміст азоту відповідно до показників N-тестера (CCI)	28,9	19,2	37,7	36,9
Внесення добрив	карбамід по листку 10 кг/га (N4,6)	-	карбамід по листку 10 кг/га (N4,6)	-
Потенційна врожайність відповідно до показників N-тестера	55 ц/га	40 ц/га	64 ц/га	63 ц/га
Загальна к-сть N (кг/га)	198	101	145	183

азоту для внесення згідно з показниками N-тестера (була задіяна лише контрольна ділянка).

Показники N-тестера озимої пшениці сорту «Меморі» на контрольній ділянці становили 28,9 у фазі колосіння. Згідно з (1), отримаємо розрахунковий вміст азоту:

$$N (\%) = (0,0309 \cdot 28,9 + 1,221) \cdot 10 = 21 \%$$

На основі загальних вимог щодо удобрення та враховуючи показники, наведені в таблиці 4, відзначається дефіцит N та однозначно рекомендується його внесення відповідно до розрахунків:

$$N_{200} - N_{58} - N_{68} - N_{68} = N_6,$$

де

N_{200} – максимальна к-сть д. р. N за весь період вегетації

N_{58} – к-сть д. р. N під посів;

N_{68} – к-сть д. р. N у період першого внесення;

N_{68} – к-сть д. р. N у період другого внесення;

$$N (\text{необхідна к-сть для внесення}) = 3 \text{ кг/га}$$

Визначається необхідна кількість д. р. $N\%: 74\% - 21\% = 53\%$ (необхідно внести д. р. N для оптимального рівня N у пшениці) від N_6 .

Однак оскільки потенційна врожай-

ність у фазу колосіння відповідно до показників N-тестера становила 55 ц/га, а ми орієнтувалися мінімум на 70 ц/га, тому доза внесення була збільшена до $N_{4,6}$ (див. табл. 4).

Оскільки господарства планували внести та внесли різну кількість азотних добрив (різниця складає майже вдвічі) – в Олександрівському районі планувалося внесення N_{200} , у Бобринецькому районі – N_{100} , було зроблено навпаки: на контрольній ділянці в господарстві Олександрівського р-ну внесли меншу кількість д. р. азоту, ніж планувалось на полі, а на контрольній ділянці Бобринецького району – більшу кількість д. р. азоту, ніж на полі. Це було зроблено для того, щоб відзначати різницю в показниках пшениці між дослідом і полем.

Уже в фазу колосіння різниця між контрольною ділянкою та полем посівів озимої пшениці сорту «Меморі» була помітною:

- контрольна ділянка виглядала зеленішою, ніж решта поля (рис. 1 а);

- висота рослини на контрольній ділянці вища, ніж на решті поля (рис. 1 б);

- колос на контрольній ділянці був більший, ніж на полі (рис. 1 в).

У фазу воскової стиглості прораховано біологічну врожайність контрольних ділянок і полів та проведено порівняння з фактичною врожайністю (табл. 5):



Рисунок 1 – Різниця у загальному вигляді контрольної ділянки (а), висоті стебла (б) та довжині колосу (в) на контрольній ділянці та решті поля (сорт «Меморі» Олександрівський р-н.)

Сорт «Меморі» (контрольна ділянка): біологічна урожайність – 64 ц/га;

Сорт «Меморі» (поле): біологічна урожайність – 54 ц/га, фактична врожайність – 57 ц/га;

Сорт «Авеню» (контрольна ділянка): біологічна урожайність – 65 ц/га;

Сорт «Авеню» (поле): біологічна урожайність – 76 ц/га, фактична врожайність – 68 ц/га.

Загальна сума N на кожен сорт за весь період вегетації становить:

сорт «Авеню» (контрольна ділянка) – N145;

сорт «Авеню» (поле) – N183;

сорт «Меморі» (контрольна ділянка) – N198;

сорт «Меморі» (поле) – N101.

Різниця між внесеною кількістю д. р. азоту в господарства становить N82 кг/га. Якщо врахувати той фактор, що на кожні 10 кг/га діючої речовини N (азоту), внесеного в підгодівлю, збільшення урожаю становить в середньому 175 кг/га зерна,

Таблиця 5 – Основні показники озимої пшениці у фазу молочної стиглості (ВВСН 73-77) (дата дослід: 03.07.2021 р.)

Показники	Бобринецький р-н сорт «Меморі»		Олександрівський р-н сорт «Авеню»	
	контрольна ділянка	поле	контрольна ділянка	поле
Висота рослини, см	83	76	73	72
Діаметр трубки, см	4,5	3,5	4,0	4,5
Висота колосу, см	8,5	6,5	6,5	6,5
Кількість продуктивних пагонів на 1 погонний метр	152	137	100	117
Продуктивна кустистість	4	3,9	4	3
Кількість зернин у колосі, шт.	24	21	38	45
Маса 1000 зернин, г	44,4	48,5	42,8	48,3
Вологість, %	32 %	30 %	27 %	28,4 %
Біологічна врожайність	64 ц/га	54 ц/га	65 ц/га	76 ц/га
Реальна врожайність		57 ц/га		68 ц/га

то врожайність у Бобринецькому районі могла становити приблизно на 1435 кг/га більше, тобто близько 72 ц/га, при удобренні д. р. N200 кг/га за весь період вегетації пшениці.

На момент дослідження озима пшениця сорту «Меморі» на контрольній ділянці вища, зеленіша, вміст азоту більший, колос більший на 1,5–2,0 см.

Озима пшениця сорту «Авеню» на контрольній ділянці не відрізнялася від озимої пшениці на полі, показники N-тестера — майже однакові, у деяких місцях поля показники навіть більші, ніж на контрольній ділянці.

Щодо загального вигляду посівів значимо, що вже у фазу воскової стиглості різниця пшениці сорту «Меморі» була очевидною (рисунок 2). Пшениця на контрольній ділянці була зеленішою, ніж на решті поля, що свідчить про те, що на полі пшениця вже засохла, оскільки поживних і мінеральних речовин уже не було. Пшениця на контрольній ділянці була ще зеленою та продовжувала наливати колос, поглинаючи мінеральні речовини.

Окрім того, колос пшениці на контрольній ділянці був більшим і більше заповненим, ніж на решті поля (рисунок 3).

Отже, пшениця сорту «Меморі» на контрольній ділянці (загальна кількість д. р. внесеного азоту становила 198 кг/га), починаючи з фази колосіння, виглядала зеленішою, вищою, колос мав більший розмір, показники N-тестера та вміст цу-

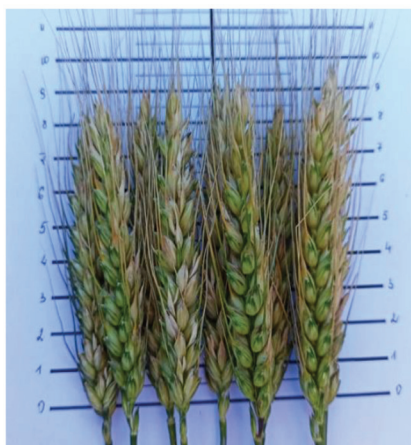
крів на контрольній ділянці були вищими, однак і період дозрівання на контрольній ділянці тривав довше, ніж на решті поля (загальна кількість д. р. внесеного азоту становила 101 кг/га).

За основними показниками озима пшениця сорту «Авеню» на контрольній ділянці (загальна кількість внесеної д. р. азоту — 145 кг/га) та на полі (загальна кількість внесеної д. р. азоту — 183 кг/га) майже не відрізнялася: довжина колоса, висота рослини, колір — однакові, показники N-тестера та вміст цукрів теж майже однакові. Тому можна дійти висновку, що внесення додаткової кількості в 38 кг/га д. р. було малоефективним і не збільшило урожайність.

Обговорення. У цій роботі досліджено



Рисунок 2 – Контрольна ділянка на фоні поля сорт «Меморі» Олександрівський р-н



а)



б)



в)

Рисунок 3 – Колоски озимої пшениці сорту «Меморі» (а – контрольна ділянка, б – поле, в – порівняння колосків із поля (зліва) та з контрольної ділянки (справа))

процес оперативного вимірювання в польових умовах хлорофілу на посівах озимої пшениці у різні фази вегетації, що є поширеною світовою практикою [Wood et al., 1992; 1993; Ali, 2020; Aranguren et al., 2021]. Регулювання використання N-добрив до індивідуальних вимог вимагає, щоб внесення добрив було скориговано відповідно до реальних умов вирощування. Контроль хлорофілу в листках дає змогу визначити оптимальну дозу внесення азоту чи хоча б наблизитися до економічно доцільної кількості, враховуючи економічні можливості господарства [Peltonen et al., 1995; Olfs et al., 2005].

Основна проблема з хімічними лабораторними аналізами — час, який потрібен від відбору проб до моменту, коли виробник отримує рекомендацію. Доступні різні процедури аналізу поля, однак навіть вони забирають багато часу для звичайного використання, тому використання портативних приладів, наприклад, N-тестера, має свої переваги [Padilla et al., 2020].

Результати, отримані за допомогою вимірювача хлорофілу в Норвегії, засвідчили необхідність проведення подальших експериментів для створення кращої основи для встановлення критичних рівнів вимірювання вмісту азоту на різних стадіях росту рослин [Hoel, 2002].

Висновки. Управління врожайністю — досить складний процес, який можна спростити використанням польових мобільних приладів, наприклад, N-тестера. Контроль хлорофілу дає змогу визначити найбільш чутливий період розвитку культури, враховуючи особливості відповідної фази, і покращити умови розвитку своєчасним внесенням добрив, а також вплив/дію пестицидів на культуру.

Оперативне вимірювання вмісту азоту в польових умовах за допомогою N-тестера дало змогу ефективно розрахувати дози внесення поживних речовин на посівах озимої пшениці у різні фази вегетації і сприяло підвищенню рівня врожайності досліджуваних сортів культури.

Перелік літератури

Жолобак Г., Дугін С., Сибірцева О. та ін. (2020). Визначення вмісту азоту та хлорофілу в двох сортах рослин пшениці озимої методами наземної та аероспектрометрії. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. С.4-13.

Мазур В., Поліщук І., Телекало Н., Мордванюк М. (2020). Рослинництво. Навчальний посібник (І частина). Вінниця: ТОВ «Друк». 352 с.

Ali, A. M. (2020). Using hand-held chlorophyll meters and canopy reflectance sensors for fertilizer nitrogen management in cereals in small farms in developing countries. *Sensors*, 20(4), 1127.

Aranguren, M., Castellyn, A., & Aizpuru, A. (2021). Wheat grain protein content under mediterranean conditions measured with chlorophyll meter. *Plants*. 10 (2). P.374.

Fernandes, M. S., & Rossiello, R. O. P. (1995). Mineral nitrogen in plant physiology and plant nutrition. *Critical reviews in plant sciences*, 14(2), 111-148.

He, P., Sha, Z., Yao, D., Xing, S., & Zhou, W. (2013). Effect of nitrogen management on productivity, nitrogen use efficiency and nitrogen balance for a wheat-maize system. *Journal of plant nutrition*, 36(8), 1258-1274.

Hoel, B. (2002). Chlorophyll measurement as a tool for N-fertilizer recommendation. *DIAS report*, 73.

Nenova, L., Benkova, M., Simeonova, T., & Atanassova, I. (2024). Relationship between mineral fertilization, plant macro-and microelement contents and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agricultural Science & Technology* (1313-8820), 16(1).

Olfs, H.-W., Blankenau, K., Brentrup, F., Jasper, J., Link, A., Lammel, J. (2005). Soil- and plant-based nitrogen-fertilizer recommendations in arable farming. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 168. P.414-431.

Padilla, F. M., Farneselli, M., Gianquinto, G., Tei, F., & Thompson, R. B. (2020). Monitoring nitrogen status of vegetable crops and soils for optimal nitrogen manage-

ment. *Agricultural Water Management*, 241, 106356.

Peltonen, J., Virtanen, A., Haggrin, E. (1995). Using a chlorophyll meter to optimize nitrogen fertilizer application for intensively-managed small-grain cereals. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 174. P.309-318.

Ritchie, J. T. (1991). Wheat phasic development. *Modeling plant and soil systems*, 31, 31-54.

Wood, C. W., Reeves, D. W., Duffield, R. R., & Edmisten, K. L. (1992). Field chlorophyll measurements for evaluation of corn nitrogen status. *Journal of Plant Nutrition*, 15(4), 487-500.

Wood, C.W., Reeves, D.W. & Himelrick, D.G., 1993. Relationships between chlorophyll meter readings and leaf chlorophyll concentration, N status and crop yield: A review. *Proceedings Agronomy Society of New Zealand*. 23, 1-9.

References

Ali, A. M. (2020). Using hand-held chlorophyll meters and canopy reflectance sensors for fertilizer nitrogen management in cereals in small farms in developing countries. *Sensors*, 20(4), 1127.

Aranguren, M., Castellyn, A., & Aizpuru, A. (2021). Wheat grain protein content under mediterranean conditions measured with chlorophyll meter. *Plants*. 10 (2). P.374.

Fernandes, M. S., & Rossiello, R. O. P. (1995). Mineral nitrogen in plant physiology and plant nutrition. *Critical reviews in plant sciences*, 14(2), 111-148.

He, P., Sha, Z., Yao, D., Xing, S., & Zhou, W. (2013). Effect of nitrogen management on productivity, nitrogen use efficiency and nitrogen balance for a wheat-maize system. *Journal of plant nutrition*, 36(8), 1258-1274.

Hoel, B. (2002). Chlorophyll measurement as a tool for N-fertilizer recommendation. *DIAS report*, 73.

Mazur V., Polishchuk I., Telekalo N., Mordvaniuk M. (2020). Plant growing. Study

guide (Part I). Vinnytsia: «Druk» LLC. 352 p.

Nenova, L., Benkova, M., Simeonova, T., & Atanassova, I. (2024). Relationship between mineral fertilization, plant macro- and microelement contents and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Agricultural Science & Technology* (1313-8820), 16(1).

Olfs, H.-W., Blankenau, K., Brentrup, F., Jasper, J., Link, A., Lammel, J. (2005). Soil- and plant-based nitrogen-fertilizer recommendations in arable farming. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 168. P.414-431.

Padilla, F. M., Farneselli, M., Gianquinto, G., Tei, F., & Thompson, R. B. (2020). Monitoring nitrogen status of vegetable crops and soils for optimal nitrogen management. *Agricultural Water Management*, 241, 106356.

Peltonen, J., Virtanen, A., Haggrin, E. (1995). Using a chlorophyll meter to optimize nitrogen fertilizer application for intensively-managed small-grain cereals. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 174. P.309-318.

Ritchie, J. T. (1991). Wheat phasic development. *Modeling plant and soil systems*, 31, 31-54.

Wood, C. W., Reeves, D. W., Duffield, R. R., & Edmisten, K. L. (1992). Field chlorophyll measurements for evaluation of corn nitrogen status. *Journal of Plant Nutrition*, 15(4), 487-500.

Wood, C.W., Reeves, D.W. & Himelrick, D.G., 1993. Relationships between chlorophyll meter readings and leaf chlorophyll concentration, N status and crop yield: A review. *Proceedings Agronomy Society of New Zealand*. 23, 1-9.

Zholobak G., Dugin S., Sibirtseva O. and others. (2020). Determination of nitrogen and chlorophyll content in two varieties of winter wheat plants by ground and aerial spectrometry methods. *Ukrainian Journal of Earth Remote Sensing*. P.4-13.

UDC 606:631.528

EXPRESS DIAGNOSTICS OF CHLOROPHYLL ON WINTER WHEAT CROPS

Voinovskyi V., head department,
e-mail: vladimir.voinovs@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-9994-2617>

L. Pogorilyy UkrNDIPVT

Novitska K.,

Kovalenko T.,

PP «Agrokhim»

Ryzhkova S., Jr. of science employee,

e-mail: sva_ra@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-2693-4162>

Peshkova M., leading engineer,

e-mail: pmd_ozt@ukr.net

Hrabovets O., leading engineer,

e-mail: oleksandra1991@ukr.net

L. Pogorilyy UkrNDIPVT

Summary

The purpose of this research is a comparative analysis of the chlorophyll content in two varieties of winter wheat in different periods of plant development using an autonomous field device (N-tester) for operational measurement of nitrogen content and calculation of the optimal dose of nutrient application on winter wheat crops during different phases of vegetation.

Methods and materials. The research was conducted in the Oleksandrivskyi and Bobrynetskyi districts of Kirovohrad region on the fields of two farms on winter wheat crops (varieties «Memory» and «Avenue») with selected control plots with an area of 3 m² each. At the key moments of plant development, before applying fertilizers, chlorophyll was measured using the N-tester «CSM-200 Plus GPS» and the sugar content was measured with a refractometer «HT116ATC», after which the required dose of application of drugs was calculated. In both farms, fertilizing was carried out at the optimal time of fertilizer application, but the rates of fertilizer were radically different.

Results. Wheat of the «Memory» variety in the control plot (the total amount of applied nitrogen was 198 kg/ha), starting from the earing phase, looked greener, taller, the ear had a larger size, the indicators of the N-tester and the content of sugars in the control plot had higher indicators, but also the ripening period in the control plot lasted longer than in the rest of the field (the total amount of applied nitrogen per year was 101 kg/ha).

Winter wheat of the «Avenue» variety in terms of the main indicators in the control plot (the total amount of applied nitrogen 145 kg/ha) and in the field (the total amount of applied nitrogen 183 kg/ha) almost did not differ: the length of the ear, the height of the plant, and the color are the same, the indicators of the N-tester and the content of sugars are also almost the same. Therefore, it can be concluded that the introduction of an additional amount of 38 kg/ha per year was ineffective and did not increase productivity.

Conclusions. Operational measurement of the nitrogen content in field conditions using the N-tester made it possible to effectively calculate the doses of nutrients applied to winter wheat crops during different phases of vegetation and contributed to increasing the yield level of the investigated crop varieties.

Keywords: fertilizers, plant nutrition, winter wheat, refractometer, harvest, phases of plant development, chlorophyll, N-tester.