

3. Особенности эволюции и пути селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Западной Сибири / В. А. Зыкин [и др.] // Доклады РАСХН. – 2001. – № 1. – С. 3–5.
4. Мартынова, С. В. Формирование урожайности высокопродуктивных линий ярового ячменя в условиях северной лесостепи Кузнецкой котловины / С. В. Мартынова, В. Н. Пакуль // Современное состояние и приоритетные направления развития генетики, эпигенетики, селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур: докл. и сообщ. XI Междунар. генетико-селект. шк. семинара (пос. Краснообск, 9–13 апреля 2013 г.) / Рос. акад. с.-х. наук. Сиб. регион. отделение. Сиб. науч.-исслед. ин-т растениеводства и селекции. – Новосибирск, 2013. – С. 139–143.
5. Гануш, Г. И. Приоритеты развития адаптивных систем ведения сельского хозяйства Республики Беларусь в контексте эволюции аграрной теории и практики / Г. И. Гануш // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. – 2019. – Т. 57, № 4. – С. 418–430.
6. Сравнительная характеристика зерновой продуктивности и параметров адаптивности сортообразцов чумизы / Т. А. Анохина [и др.] // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. – 2013. – № 2. – С. 69–76.
7. Стрижова, Ф. М. Влияние сроков посева на урожайность овса в условиях умеренно засушливой колочной степи Алтайского края / Ф. М. Стрижова, Н. И. Шевчук // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2006. – № 1 (21). – С. 17–19.
8. Хангильдин, В. В. Проблема гомеостаза в генетико-селекционных исследованиях / В. В. Хангильдин, С. В. Бирюков // Генетико-цитологические аспекты в селекции с.-х. растений. – 1984. – № 1. – С. 67–76.

УДК 631.8:633.112.9 «321»:631.445.24

Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на фотосинтетическую деятельность и урожайность ярового тритикале на дерново-подзолистой легкоуглинистой почве

И. Р. Вильдфлуш, доктор с.-х. наук, А. А. Кулешова, аспирант
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

(Дата поступления статьи в редакцию 17.03.2022)

В статье изложены результаты изучения влияния комплексных удобрений для допосевого внесения и некорневых подкормок, микроудобрений в хелатной форме, регуляторов роста и комплексных микроудобрений с регуляторами роста на фотосинтетическую деятельность посевов и урожайность зерна ярового тритикале. Установлено, что применение изучаемых удобрений и препаратов положительно влияет на показатели фотосинтетической деятельности и, как следствие, на урожайность зерна тритикале.

The article presents the results of the study of complex fertilizers for pre-sowing application and foliar dressings, chelated microfertilizers, growth regulators and complex microfertilizers with growth regulators on the photosynthetic activity of crops and the yield of spring triticale grain. It has been established that the use of the studied preparations has a positive effect on the indicators of photosynthetic activity and, as a result, on the yield of triticale grain.

Введение

В настоящее время тритикале является одной из основных зернофуражных культур в Республике Беларусь [1].

Микроэлементы служат необходимым звеном в питании растений. Входя в состав ферментов, они определяют скорость и направленность протекания всех биохимических процессов, оказывая влияние на величину урожая и его качественную характеристику [2]. Рядом ученых доказано положительное действие микроэлементов на устойчивость растений к ряду болезней, повышение засухоустойчивости.

Установлено, что применение макро-, микроэлементов и регуляторов роста положительно влияет на фотосинтетическую деятельность посевов и урожайность зерновых культур: ячменя (Цыганов А. Р., Вильдфлуш И. Р., Мижуй С. М. – УО «БГСХА»), озимого и ярового тритикале, яровой пшеницы (Кшникаткина А. Н., Кшникаткин С. А., Аленин П. Г., Долженко А. Н., Русяев И. Г. – Пензенский ГАУ) и т. д. [3, 4, 5].

В Институте почвоведения и агрохимии разработаны новые формы комплексных удобрений АФК с микроэлементами для основного внесения, а также различные

марки микроудобрений МикроСтим для некорневой подкормки. Использование данных удобрений позволяет снизить затраты на применение средств химизации при возделывании сельскохозяйственных культур.

Цель исследований – изучить влияние комплексных удобрений для допосевого внесения и некорневых подкормок, микроудобрений в хелатной форме, регуляторов роста и комплексных микроудобрений с регуляторами роста на фотосинтетическую деятельность посевов и урожайность ярового тритикале.

Методика и объекты исследований

Исследования проводили в 2018–2020 гг. в УНЦ «Опытные поля УО БГСХА» со среднеспелым сортом ярового тритикале Садко на дерново-подзолистой легкоуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины 1 м моренным суглинком. Пахотный слой почвы характеризовался средним содержанием гумуса (1,5–1,6 %), слабокислой и близкой к нейтральной реакцией почвенной среды ($pH_{KCl} - 5,58-6,08$), повышенным содержанием подвижного фосфора (208–244 мг/кг), средней и повышенной обеспеченностью подвижным калием (174–231 мг/кг),

низким и средним содержанием подвижной меди (1,46–1,76 мг/кг), низким и средним содержанием подвижного цинка (2,75–3,43 мг/кг почвы).

В исследованиях применяли удобрения: карбамид (N – 46 %), аммонизированный суперфосфат (N – 9 %, P₂O₅ – 30 %), хлористый калий (K₂O – 60 %); микроудобрение Адоб Си (Cu – 6,14 %, N – 2,6 %) (Польша); комплексное удобрение марки 16–12–20 с 0,20 % Cu и 0,10 % Mn для основного внесения (разработано в РУП «Институт почвоведения и агрохимии»); удобрение для некорневых подкормок Нутривант плюс (N – 6 %, P₂O₅ – 23 %, K₂O – 5 %, MgO – 1 %, S – 1,5 %, B – 0,1 %, Mn – 0,2 %, Zn – 0,2 %) (Израиль); Кристалон особый (N – 18 %, P₂O₅ – 18 %, K₂O – 18 %, MgO – 3 %, S – 2 %) и коричневый (N – 3 %, P₂O₅ – 11 %, K₂O – 38 %, MgO – 4 %, S – 11 %) (Нидерланды); комплексное удобрение Адоб профит (N – 10 %, P₂O₅ – 40 %, K₂O – 8 %, MgO – 3 %, S – 2,3 %, B – 0,05 %, Mn – 0,1 %, Zn – 0,1 %, Cu – 0,1 %, Mo – 0,01 %, Fe – 0,05 %) (Польша); микроудобрение с регулятором роста МикроСтим-Медь Л (N – 65 г/л; Cu – 78 г/л; гуминовые вещества – 0,6–5,0 г/л) (Беларусь); регулятор роста Экосил (50 г/л тритерпеновых кислот).

Минеральные удобрения (карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий) вносили до посева под культивацию. Комплексное удобрение NPK с Cu и Mn – до посева в дозе, эквивалентной по NPK варианту 3 (N₆₀ + 30P₆₀K₉₀), где применяли карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий. Микроудобрение Адоб Си и комплексное микроудобрение с регулятором роста МикроСтим-Медь Л вносили в фазе начала выхода в трубку в дозе 0,8 л/га и 0,7 л/га соответственно. Комплексными удобрениями Нутривант плюс, Адоб профит, Кристалон проводили 2 обработки в дозе 2 кг/га в фазе кушения и начала выхода в трубку, регулятором роста Экосил, 75 мл/га – в фазе начала выхода в трубку. Для азотной подкормки ярового тритикале использовали карбамид в фазе начала выхода в трубку и фазе флагового листа.

Учет урожая проведен сплошным методом, статистическая обработка экспериментальных данных – методами дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову и М. Ф. Дембицкому [6].

Общая площадь делянки – 21 м², учетная – 16,5 м², повторность четырехкратная. Предшественник в 2018 г. –

горох, 2019 г. – горох, 2020 г. – подсолнечник. Сеяли тритикале сеялкой RAU в 2018 г. 3 мая, в 2019 г. – 19 апреля, в 2020 г. – 23 апреля. Посев рядовой. Норма высева – 5,5 млн шт./га всхожих семян. Агротехника возделывания ярового тритикале общепринятая для Республики Беларусь.

Результаты исследований и их обсуждение

В период исследований в фазе кушения и выхода в трубку ярового тритикале площадь листовой поверхности существенно не отличалась по вариантам опыта, кроме контрольного варианта, где она была наименьшей и составила 17,3 и 24,3 тыс. м²/га соответственно (таблица 1).

С увеличением доз минеральных удобрений увеличивалась и площадь листовой поверхности.

В фазе колошения все изучаемые удобрения (кроме Адоб профит) и регулятор роста Экосил способствовали увеличению площади листовой поверхности на 2,2–9,5 тыс. м²/га.

Максимальная площадь листовой поверхности была отмечена в вариантах с применением МикроСтим-Медь Л и Нутривант плюс на фоне N₆₀ + 30 + 30P₇₀K₁₂₀ и достигала 61,6 и 63,3 тыс. м²/га, что и способствовало получению более высокой урожайности зерна в этих вариантах опыта (таблица 1).

При проведении анализа парной корреляционно-регрессионной зависимости урожайности зерна ярового тритикале от площади листовой поверхности наблюдалась сильно выраженная прямая зависимость. Коэффициент корреляции, в среднем за три года исследований, у ярового тритикале составил 0,96 с уравнением регрессии: $Y = 1,487 \times X - 14,876$, где Y – урожайность зерна, ц/га; X – площадь листовой поверхности, тыс. м²/га.

В среднем за 2018–2020 гг. урожайность зерна ярового тритикале сорта Садко в варианте с применением N₆₀P₆₀K₉₀ возросла на 5,6 ц/га по отношению к контролю, а при внесении N₆₀ + 30P₆₀K₉₀ – на 7,8 ц/га (таблица 1).

Обработка посевов комплексными удобрениями Нутривант плюс, Кристалон и Адоб профит на фоне N₆₀ + 30P₆₀K₉₀ дала прибавку урожая зерна тритикале



Приемка опытов 30.06.2020 г.
Слева яровая пшеница сорта Бомбона, справа
яровое тритикале сорта Садко в фазе колошения



Приемка опытов 08.07.2019 г.
Яровое тритикале сорта Садко в фазе колошения
(левее яровая пшеница сорта Бомбона)

Таблица 1 – Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на площадь листовой поверхности и урожайность зерна ярового тритикале (сорт Садко, среднее, 2018–2020 гг.)

Вариант	Площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га			Урожайность, ц/га	Окупаемость 1 кг NPK зерном, кг
	кущение	выход в трубку	колошение		
1. Контроль (без удобрений)	17,3	24,3	32,5	33,8	–
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	18,6	26,0	48,0	39,4	2,7
3. N ₆₀ +30P ₆₀ K ₉₀ – фон 1	18,2	26,7	49,5	41,6	3,3
4. Фон 1 + Адоб Си, 0,8 л/га	18,4	28,3	52,2	45,2	4,8
5. Фон 1 + МикроСтим-Медь Л, 0,7 л/га	18,5	28,9	53,3	46,4	5,2
6. Фон 1 + Нутривант плюс, 2 кг/га	20,1	29,6	55,3	47,2	5,6
7. Фон 1 + Кристалон особый, 2 кг/га + Кристалон коричневый, 2 кг/га	20,2	29,8	53,1	45,8	5,0
8. Фон 1 + Адоб профит, 2 + 2 кг/га	20,2	28,6	49,4	46,3	5,2
9. Фон 1 + Экосил, 75 мл/га	18,6	28,5	51,7	44,8	4,6
10. NPK с Си, Mn + N ₃₀	18,9	30,4	58,7	48,8	6,3
11. N ₆₀ +30+30P ₇₀ K ₁₂₀ – фон 2	21,9	30,3	53,8	46,1	4,0
12. Фон 2 + МикроСтим-Медь Л, 0,7 л/га	22,1	31,9	61,6	51,6	5,7
13. Фон 2 + Нутривант плюс, 2 кг/га	24,4	35,3	63,3	52,1	5,9
HCP ₀₅	0,925	0,907	0,944	0,9	–

5,6 ц/га, 4,2 и 4,7 ц/га при окупаемости 1 кг NPK зерном – 5,6; 5,0 и 5,2 кг.

Обработка посевов комплексным удобрением Нутривант плюс на фоне повышенных доз минеральных удобрений (N₆₀+30+30P₇₀K₁₂₀) в фазе начала выхода в трубку увеличила урожайность тритикале на 6,0 ц/га с окупаемостью 1 кг NPK 5,9 кг зерна. Применение в посевах ярового тритикале сорта Садко регулятора роста Экосил на фоне N₆₀+30P₆₀K₉₀ увеличило урожайность на 3,2 ц/га с окупаемостью 1 кг NPK 4,6 кг зерна.

Некорневая подкормка тритикале микроудобрениями Адоб Си и МикроСтим-Медь Л на фоне N₆₀+30P₆₀K₉₀ в фазе начала выхода в трубку повышала урожайность на 3,6 и 4,8 ц/га с окупаемостью 1 кг NPK 4,8 и 5,2 кг зерна. Таким образом, действие белорусского микроудобрения МикроСтим-Медь Л на урожайность зерна ярового тритикале несколько превосходило польское микроудобрение Адоб Си, и оно может быть использовано для импортозамещения.



Приемка опытов 08.07.2019 г.
Яровое тритикале сорта Садко в фазе колошения

Применение микроудобрения МикроСтим-Медь Л на фоне N₆₀+30+30P₇₀K₁₂₀ увеличило урожайность ярового тритикале на 5,5 ц/га с окупаемостью 1 кг NPK 5,7 кг зерна.

При использовании комплексного удобрения (NPK) марки 16-12-20 с 0,20 % Си и 0,10 % Mn в дозе, эквивалентной N₆₀+30P₆₀K₉₀ при внесении карбамида, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия, урожайность тритикале возросла на 7,2 ц/га зерна с окупаемостью 1 кг NPK 6,3 кг.

Максимальная урожайность ярового тритикале (51,6 и 52,1 ц/га зерна) получена при некорневой подкормке микроудобрением МикроСтим-Медь Л и комплексным удобрением Нутривант плюс на фоне N₆₀+30+30P₇₀K₁₂₀.

Максимальная окупаемость 1 кг NPK зерном тритикале отмечается в вариантах с использованием нового комплексного удобрения (NPK) с Си и Mn и комплексного удобрения Нутривант плюс на фоне N₆₀+30P₆₀K₉₀, которая составила 6,3 и 5,9 кг зерна соответственно.

Фотосинтетический потенциал (ФП) – один из важнейших показателей фотосинтетической деятельности, который равен сумме ежедневных показателей площади листьев на гектар посева [7].

У ярового тритикале сорта Садко в межфазный период выход в трубку – колошение ФП был ниже в контрольном варианте, а в удобряемых вариантах он был примерно на одном уровне (таблица 2). Применение всех изучаемых удобрений в межфазный период выход в трубку – колошение способствовало росту ФП во всех вариантах опыта на 0,01–0,14 млн м²сут/га. Максимальный ФП (0,83–0,88 млн м²сут/га) отмечен в вариантах с применением микроудобрения МикроСтим-Медь Л и комплексного удобрения Нутривант плюс на фоне N₆₀+30+30P₇₀K₁₂₀, в которых и получена максимальная урожайность зерна тритикале (таблица 2).

Анализ парной корреляционно-регрессионной зависимости урожайности зерна от фотосинтетического потенциала показал, что у ярового тритикале между этими показателями наблюдается сильно выраженная прямая

Таблица 2 – Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на фотосинтетический потенциал и чистую продуктивность фотосинтеза растений ярового тритикале (сорт Садко, среднее, 2018–2020 гг.)

Вариант	ФП, млн м ² сут/га		ЧПФ, г/м ² сутки	
	кущение – выход в трубку	выход в трубку – колошение	кущение – выход в трубку	выход в трубку – колошение
1. Контроль (без удобрений)	0,33	0,50	6,8	2,0
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	0,36	0,66	8,8	2,9
3. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ – фон 1	0,36	0,68	8,9	2,8
4. Фон 1 + Адоб Си, 0,8 л/га	0,37	0,71	8,6	2,9
5. Фон 1 + МикроСтим-Медь Л, 0,7 л/га	0,38	0,73	8,5	2,8
6. Фон 1 + Нутривант плюс, 2 кг/га	0,40	0,75	8,3	2,7
7. Фон 1 + Кристалон особый, 2 кг/га + Кристалон коричневый, 2 кг/га	0,40	0,73	8,0	2,7
8. Фон 1 + Адоб профит, 2 + 2 кг/га	0,39	0,69	8,5	3,0
9. Фон 1 + Экосил, 75 мл/га	0,38	0,71	8,6	2,8
10. NPK с Си, Мп + N ₃₀	0,39	0,79	8,6	2,4
11. N ₆₀₊₃₀₊₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀ – фон 2	0,41	0,74	7,9	2,7
12. Фон 2 + МикроСтим-Медь Л, 0,7 л/га	0,43	0,83	7,8	2,3
13. Фон 2 + Нутривант плюс, 2 кг/га	0,48	0,88	7,1	2,2

Примечание – ФП – фотосинтетический потенциал, ЧПФ – чистая продуктивность фотосинтеза.

зависимость. Коэффициент корреляции, в среднем за три года исследований, составил 0,96 с уравнением регрессии: $Y = 0,018 \times X - 0,096$, где Y – урожайность зерна, ц/га; X – фотосинтетический потенциал, млн м² сут/га.

Не менее важным показателем фотосинтеза является чистая продуктивность (ЧПФ) – это количество сухого вещества в граммах, накопленного 1 м² листовой поверхности за 1 сутки [7].

ЧПФ у ярового тритикале сорта Садко в межфазный период выход в трубку – колошение самой низкой была в контрольном варианте и составила 2,0 г/м² сутки. При внесении удобрений Нутривант плюс и Кристалон в межфазный период выход в трубку – колошение ЧПФ по сравнению с фоном N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀ уменьшилась на 0,1 г/м² сутки, а при внесении Адоба профит увеличилась на 0,2 г/м². В варианте с применением удобрений Нутривант плюс и МикроСтим-Медь Л ЧПФ по сравнению с фоном N₆₀₊₃₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ в межфазный период уменьшилась на 0,4–0,5 г/м² сутки.

Анализ парной корреляционно-регрессионной зависимости урожайности зерна от чистой продуктивности фотосинтеза показал, что у ярового тритикале сорта Садко между этими показателями наблюдается сильная прямая зависимость. Коэффициент корреляции, в среднем за три года исследований, составил $r = 0,92$ с уравнением регрессии $Y = 0,016 + 0,058 \times X$, где Y – урожайность зерна, ц/га; X – чистая продуктивность фотосинтеза, г/м² сутки.

Выводы

1. Максимальные значения площади листовой поверхности (63,3 тыс. м²/га) и фотосинтетического потенциала в период выход в трубку – колошение (0,88 млн м² сут/га) отмечены в варианте применения Нутривант плюс на фоне N₆₀₊₃₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀; чистая продуктивность фотосинтеза при этом составила 2,2 г/м² сутки.

2. Некорневая подкормка тритикале микроудобрениями Адоб Си и МикроСтим-Медь Л на фоне N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀

увеличила урожайность на 3,6 и 4,8 ц/га зерна, а комплексными удобрениями Нутривант плюс, Кристалон и Адоб профит – на 5,6, 4,2 и 4,7 ц/га. Применение регулятора роста Экосил на фоне N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀ повышало урожайность зерна на 3,2 ц/га. Внесение нового комплексного удобрения для яровых зерновых культур (NPK) марки 16–12–20 с 0,20 % Си и 0,10 % Мп по сравнению с применением карбамида, аммонизированного суперфосфосфата и хлористого калия в дозе, эквивалентной N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀, увеличило урожайность тритикале на 7,2 ц/га.

3. Наиболее высокая урожайность ярового тритикале (51,6 и 52,1 ц/га зерна) получена при некорневой подкормке микроудобрением МикроСтим-Медь Л и комплексным удобрением Нутривант плюс на фоне N₆₀₊₃₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀.

Литература

- Абраскова, С. В. Изменение кормовой ценности зерна тритикале в зависимости от сортовых различий и условий выращивания / С. В. Абраскова, Н. П. Шишлова // Сельскохозяйственные науки. Агрономия. – 2019. – № 7. – С. 108–115.
- Микроудобрения на хелатной основе: опыт и перспективы использования / Е. Ю. Гейгер [и др.]. – Агротехнический вестник. – 2017. – № 2. – С. 29–32.
- Применение комплексных микроэлементных удобрений на посевах озимой тритикале / А. Н. Кшникаткина [и др.]. – Агротехнический вестник. – 2020. – № 2. – С. 3–6.
- Влияние комплексного применения КАС с фунгицидами и микроэлементами на фотосинтетическую деятельность посевов и урожайность ячменя / А. Р. Цыганов [и др.]. – Почвоведение и агрохимия. – 2006. – № 3 (37). – С. 63–70.
- Кшникаткина, А. Н. Эффективность некорневой подкормки микроэлементными удобрениями на урожайность и качество зерна яровой тритикале / А. Н. Кшникаткина, А. Н. Долженко // Нива Поволжья. – 2020. – № 1 (54). – С. 29–34.
- Дзямбіцкі, М. Ф. Асаблівасці дысперсійнага аналізу вынікаў шматгадовага палявога доследу / М. Ф. Дзямбіцкі // Весці Акадэміі аграрных навук Беларусі. – 1994. – № 3. – С. 60–64.
- Оптимизация минерального питания зерновых культур на основе регулирования интенсивности продукционных процессов: рекомендации / Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2006. – 12 с.