

ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ФОРМ МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ДИНАМИКУ РОСТА, НАКОПЛЕНИЕ СУХОГО ВЕЩЕСТВА, УРОЖАЙНОСТЬ, СОДЕРЖАНИЕ И ВЫНОС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ

А. А. Кулешова

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Энергосбережение является доминирующим критерием эффективности ведения сельскохозяйственного производства и рационального использования ресурсов, вовлечённых в него (почвенных, энергетических, финансовых, трудовых и т. д.) [1]. В настоящее время большое внимание уделяется разработке и внедрению в производство ресурсосберегающих систем удобрения сельскохозяйственных культур. Большие возможности в этом направлении представляются при использовании новых форм комплексных удобрений, содержащих макро- и микроэлементы в сбалансированных количествах.

По сравнению с простыми формами минеральных удобрений комплексные удобрения позволяют оптимизировать питание растений и снизить затраты на их применение. Использование регуляторов роста имеет актуальное и эффективное значение в связи с тем, что они повышают устойчивость растений к неблагоприятным факторам и позволяют существенно увеличить урожайность при минимальных затратах [2].

Яровая тритикале – ценная преимущественно зернофуражная культура. Среди преимуществ яровой тритикале перед другими зерновыми культурами следует отметить его высокую урожайность и кормовые достоинства. Зерно тритикале имеет высокую обеспеченность 1 к. ед. переваримым протеином, сбалансированный аминокислотный состав, повышенное содержание лизина и является хорошей основой для приготовления комбикормов. Переваримого белка в 1 кг зерна тритикале содержится 110 г, в то время как в зерне ржи – лишь 76 г, что на 26 г меньше, а в зерне ячменя – 84 г, или на 24 % меньше. Зерно яровой тритикале используется для кормления крупного рогатого скота, свиней и птицы. По сравнению с пшеницей и рожью зеленая масса тритикале характеризуется повышенным содержанием сахаров и каротиноидов, охотнее поедается скотом, чем ржаная и пшеничная. Период использования культуры на зеленую массу более длительный вследствие замедленного процесса лигнификации соломы, что благоприятно сказывается на качестве корма. Зерно яровой тритикале пригодно для производства муки, выпечки кондитерских изделий, производства крахмала. Зерно тритикале может с успехом использоваться в производстве этилового спирта, обеспечивая при этом высокий выход продукта и экономический эффект за счет сбраживания микробных ферментов [3].

Содержание микроэлементов в растениях составляет тысячные доли процента, однако значение их в питании растений велико. Недостаток или избыток в почве микроэлементов вызывает у растений значительные отклонения в росте и развитии, стимулируя их или угнетая, потому что все процессы в живом организме происходят при содействии биологически активных веществ – ферментов, витаминов, гормонов, составной частью которых являются микроэлементы. Деятельность ферментов в растениях активизируется химическими элементами корневого питания, большинство из которых является микроэлементами. Микроэлементы участвуют в окислительно-восстановительных реакциях, белковом обмене, регулируют водный режим растений. Многие исследователи сообщают о важном свойстве микроэлементов образовывать комплексы с нуклеиновыми кислотами, оказывать действие на физиологические функции рибосом, влиять на проницаемость клеточных мембран и регулировать поступление минеральных веществ в растение. Установлено также, что микроэлементы улучшают энергетическую сторону передвижения веществ и создают комплексные соединения с большим количеством органических соединений. Существенное влияние микроэлементов на физиологические процессы, повышение фотосинтеза отмечено в работах К. В. Веригиной, П. А. Власюка, Л. К. Островской, Г. Н. Попова, Б. В. Егорова и других авторов [4, 5, 6, 7].

В РУП «Институт почвоведения и агрохимии» разработаны жидкие формы микроудобрений с биостимулятором МикроСтим. В результате представлен широкий спектр микроудобрений МикроСтим различных марок с содержанием регулятора роста гидрогумат и одного из микроэлементов (бор, медь, марганец, цинк, кобальт), или их комбинации.

Цель данных исследований – изучить влияние комплексных удобрений для допосевного внесения и некорневых подкормок микроудобрениями в хелатной форме, регуляторами роста и комплексными микроудобрениями с регуляторами роста на динамику роста, накопление сухого вещества, урожайность и содержание основных элементов питания в зерне и соломе, общий и удельный вынос макроэлементов растениями яровой тритикале.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевой опыт со среднеспелым сортом яровой тритикале Садко проводили в 2018–2020 гг. в УНЦ «Опытные поля УО БГСХА» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом с глубины 1 м моренным суглинком. Общая площадь делянки – 21 м², учетная – 16,5 м², повторность – четырехкратная.

Почва имеет следующие агрохимические показатели: низкое и среднее содержание гумуса, слабокислую и близкую к нейтральной реакцию почвенной среды, повышенное содержание подвижного фосфора, среднюю и повышенную обеспеченность подвижным калием, низкое и среднее содержание подвижной меди, низкое и среднее содержание подвижного цинка, среднее и высокое содержание подвижного марганца (табл. 1). Норма высева – 5,5 млн всхожих семян. Посев в 2018–2020 гг. производился в III декаде апреля – I декаде мая. Предшественники – горох и подсолнечник. В период вегетации проводились фенологические наблюдения за растениями, обработки гербицидами, фунгицидами и инсектицидами.

Таблица 1

Агрохимические показатели пахотного горизонта опытного участка

Год исследования	рН	P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	Zn	Mn	Гумус, %
2018	5,58	224	228	1,74	3,20	397,0	1,5
2019	6,08	244	174	1,46	2,75	348,5	1,6
2020	5,91	208	231	1,76	3,43	227,1	1,6

В исследованиях изучали следующие удобрения:

– карбамид (N – 46 %), аммонизированный суперфосфат (N – 9 %, P₂O₅ – 30 %), хлористый калий (K₂O – 60 %);

– польское микроудобрение Адоб Медь (Cu – 6,14 %, N – 2,6 %);

– новое комплексное удобрение марки 16-12-20 с 0,20 % Cu и 0,10 % Mn для основного внесения, разработанное РУП «Институт почвоведения и агрохимии»;

– израильское удобрение для некорневых подкормок Нутривант плюс (N – 6 %, P₂O₅ – 23 %, K₂O – 35 %, MgO – 1 %, S – 1,5 %, B – 0,1 %, Zn – 0,2 %, Cu – 0,25 %, Fe – 0,05 %, Mo – 0,002 %);

– удобрения, произведенные в Нидерландах – Кристалон особый (N – 18 %, P₂O₅ – 18 %, K₂O – 18 %, MgO – 3 %, S – 2 %) и коричневый (N – 3 %, P₂O₅ – 11 %, K₂O – 38 %, MgO – 4 %, S – 11 %);

– польское 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 %);

– белорусское микроудобрение с регулятором роста МикроСтим-Медь Л (N – 65 г/л; Cu – 78 г/л; гуминовые вещества – 0,6–5,0 г/л);

– регулятор роста Экосил (50 г/л тритерпеновых кислот).

Карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий вносили до посева под культивацию.

Новое комплексное удобрение (АФК) марки 16-12-20 с 0,20 % Cu и 0,10 % Mn вносили до посева в дозе, эквивалентной по NPK варианту 3 (N₆₀P₆₀K₉₀), где применяли карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий. Микроудобрение Адоб Медь и комплексное микроудобрение с регулятором роста МикроСтим-Медь Л применяли в фазу начала выхода в трубку в дозе 0,8 л/га и 0,7 л/га соответственно. Комплексным удобрением Нутривант плюс проводили 2 подкормки в дозе 2 кг/га в фазу кущения и фазу начала выхода в трубку. Удобрение Кристалон особый в дозе 2 кг/га вносили в фазу кущения, Кристалон коричневый, 2 кг/га – в фазу начала выхода в трубку. Комплексное удобрение Адоб Профит также вносили дважды в фазу кущения и начала выхода в трубку по 2 кг/га. Обработку посевов регулятором роста Экосил, 75 мл/га проводили в фазу начала выхода в трубку.

Азотная подкормка яровой тритикале проводилась в фазу начало выхода в трубку и фазу флагового листа.

Система защиты посевов яровой тритикале от вредителей, болезней и сорняков включала в себя следующие мероприятия:

– в 2018 г. проводили обработку гербицидом Триммер, 20 г/га в фазу

2-3 настоящих листа, в фазу колошения – инсектицидом Фаскорд, 0,15 л/га, фунгицидом Колосаль Про, 0,4 л/га;

– в 2019 г. в фазу 2-3 настоящих листа проводили обработку гербицидом Секатор Турбо, 50 мл/га, в фазу кущения – фунгицидом Рекс Дуо, 0,6 л/га, в фазу колошения – инсектицидом Фаскорд, 0,15 л/га;

– в 2020 г. в фазу 2-3 настоящих листа проводили обработку гербицидом Секатор Турбо, 50 мл/га, в фазу выхода в трубку – инсектицидом Фаскорд, 0,1 л/га и фунгицидом Импакт, 0,5 л/га.

Определение биометрических показателей (линейный рост, накопление сухого вещества) проводилось после наступления фаз развития растений через 14 дней после проведения некорневых подкормок.

Уборку и учет урожая проводили селекционным комбайном «Wintersteiger Delta» сплошным поделяночным методом.

Статистическая обработка полученных данных проводилась по методикам Б. А. Доспехова и М. Ф. Дембицкого [8, 9].

За период проведения исследований погодные условия для выращивания яровой тритикале были различны и отличались как температурой, так и количеством выпавших осадков. Вегетационный период 2018 г. по гидротермическим условиям характеризовался как избыточно увлажненный (ГТК – 1,5). В апреле 2018 г. было тепло и влажно, посев был произведен в более поздний срок, чем рекомендуется для северо-восточной части Беларуси (3,05). В мае условия увлажнения были удовлетворительными. Был небольшой недостаток влаги в начале июня, а в июле наблюдался ее избыток. В следствие чего за 3 года исследований в 2018 г. была получена наименьшая урожайность яровой тритикале по сравнению с 2019–2020 гг.

Гидротермические условия 2019 г. были более оптимальными для роста яровой тритикале (ГТК – 1,1). В 2019 г. в мае, июне и августе было тепло и умеренно влажно, а в июле выпало большое количество осадков (153 % от нормы).

Погодные условия вегетационного периода 2020 г. характеризовались избыточным количеством влаги (ГТК – 2,0). В 2020 г. апрель был прохладным, май и июнь были теплыми с количеством осадком выше нормы (144 и 160 % к норме), июль и август также были теплыми, но без избытка влаги.

В целом для роста и развития яровых зерновых культур погодные условия были достаточно благоприятными.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В исследованиях изучали различные препараты для некорневой подкормки яровой тритикале, которые влияли на линейный рост и накопление сухого вещества растениями яровой тритикале.

Интенсивность линейного роста и высоту растений можно отнести к морфологическим показателям, от которых в значительной степени зависит величина урожая зерна, а также его качество.

Во все фазы развития растений яровой тритикале минимальная высота растений отмечена в контрольном варианте (табл. 2).

В фазу кущения при внесении минеральных удобрений в дозах $N_{60}P_{60}K_{90}$ и $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ высота растений тритикале возросла на 7,7 и 9,1 см. Применение комплексного удобрения АФК с Cu и Mn по сравнению с вариантом, где вносили

минеральные удобрения в эквивалентной дозе $N_{60+30}P_{60}K_{90}$, увеличило высоту растений тритикале на 1,4 см. В варианте 11, где вносили повышенные дозы минеральных удобрений ($N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$), по сравнению с контрольным вариантом высота растений возросла на 11,6 см.

В фазу выхода в трубку при внесении минеральных удобрений в дозах $N_{60}P_{60}K_{90}$ и $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ высота растений тритикале возросла на 11,2 и 15,4 см. При внесении Адоб Медь по сравнению с $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ высота растений увеличилась в малой степени. Внесение МикроСтим-Медь Л и комплексных удобрений и регулятора роста (Нутривант плюс, Кристалон, Адоб Профит, Экосил) на том же фоне увеличило высоту растений на 2,0–5,1 см. Применение комплексного удобрения АФК с Си и Мп по сравнению с вариантом, где вносили минеральные удобрения в эквивалентной дозе $N_{60+30}P_{60}K_{90}$, увеличило высоту растений тритикале на 5,6 см. В варианте 11, где вносили повышенные дозы минеральных удобрений ($N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$), по сравнению с контрольным вариантом высота растений возросла на 21,3 см. Высота растений в вариантах с применением МикроСтим-Медь Л и Нутривант плюс на фоне повышенных доз минеральных удобрений ($N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$) возросла незначительно.

В фазу колошения при внесении минеральных удобрений в дозах $N_{60}P_{60}K_{90}$ и $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ высота растений тритикале возросла на 7,4 и 16,3 см. При внесении Адоб Медь и МикроСтим-Медь Л по сравнению с $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ высота растений не изменилась и изменилась незначительно. При внесении комплексных удобрений и регулятора роста на том же фоне высота растений увеличилась на 1,4–2,5 см. Применение комплексного удобрения АФК с Си и Мп по сравнению с вариантом, где вносили минеральные удобрения в эквивалентной дозе ($N_{60+30}P_{60}K_{90}$), увеличило высоту растений яровой тритикале на 2,6 см. В варианте 11, где вносили повышенные дозы минеральных удобрений, по сравнению с контрольным вариантом высота растений возросла на 20,6 см. Высота растений в вариантах с применением МикроСтим-Медь Л и Нутривант плюс на фоне повышенных доз минеральных удобрений ($N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$) возросла незначительно.

В фазу молочно-восковой спелости при внесении минеральных удобрений в дозах $N_{60}P_{60}K_{90}$ и $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ высота растений яровой тритикале возросла на 10,3 и 11,7 см. При внесении Адоб Медь по сравнению с фоном ($N_{60+30}P_{60}K_{90}$) высота растений возросла незначительно. При внесении комплексных удобрений на том же фоне высота растений увеличилась на 3,1–4,3 см. Регулятор роста Экосил по сравнению с фоном $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ повлиял на рост растений яровой тритикале незначительно. Применение комплексного удобрения АФК с Си и Мп по сравнению с вариантом, где вносили минеральные удобрения в эквивалентной дозе ($N_{60+30}P_{60}K_{90}$), увеличило высоту растений яровой тритикале на 4,5 см. В варианте 11, где вносили повышенные дозы минеральных удобрений $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$, по сравнению с контрольным вариантом высота растений возросла на 17,7 см. Применение МикроСтим-Медь Л на фоне повышенных доз минеральных удобрений ($N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$) почти не повлияло на высоту растений тритикале, а Нутривант плюс способствовал увеличению высоты растений на 1,5 см.

Исследования показали, что применение макро-, микроудобрений и регуляторов роста способствует значительному накоплению сухого вещества в растениях, что в свою очередь положительно влияет на формирование урожая.

Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на линейный рост растений яровой тритикале сорта Садко

Варианты	Высота растений, см			
	кущение	выход в трубку	колошение	молочно-восковая спелость
1. Контроль (без удобрений)	30,8	52,1	85,3	102,3
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	38,5	63,3	92,7	112,6
3. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ – фон 1	39,9	67,5	101,6	114,0
4. Фон 1 + Адоб Медь 0,8 л/га	39,5	67,9	101,6	114,8
5. Фон 1 + Микростим-Медь Л, 0,7 л/га	39,4	69,5	102,7	117,3
6. Фон 1 + Нутривант плюс, 2 + 2 кг/га	40,1	71,4	103,8	118,3
7. Фон 1 + Кристалон особый, 2 кг/га + Кристалон коричневый, 2 кг/га	40,1	71,1	103,4	117,1
8. Фон 1 + Адоб Профит, 2 кг/га	40,4	72,6	104,1	117,8
9. Фон 1 + Экосил, 75 мл/га	39,3	72,1	103,0	115,0
10. АФК с Cu, Mn + N ₃₀	41,3	73,1	104,2	118,5
11. N ₆₀₊₃₀₊₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀ – фон 2	42,4	73,4	105,9	120,0
12. Фон 2 + МикроСтим-Медь Л, 0,7 л/га	42,5	74,3	106,2	120,7
13. Фон 2 + Нутривант плюс, 2 + 2 кг/га	42,7	74,6	106,7	121,5
НСП ₀₅	1,0	1,4	1,2	1,4

Во все фазы развития растений яровой тритикале минимальное накопление сухого вещества отмечается в контрольном варианте (табл. 3).

В фазу кущения при внесении минеральных удобрений в дозах N₆₀P₆₀K₉₀ и N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀ масса сухого вещества растений яровой тритикале возросла на 62,3 и 63,2 г/100 растений. Применение комплексного удобрения АФК с Cu и Mn по сравнению с вариантом, где вносили минеральные удобрения в эквивалентной дозе N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀ почти не повлияло на массу сухого вещества. В варианте 11, где вносили повышенные дозы минеральных удобрений (N₆₀₊₃₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀), по сравнению с контрольным вариантом масса растений возросла на 80,6 г/100 растений.

В фазу выхода в трубку масса сухого вещества растений яровой тритикале колебалась от 302,7 до 498,9 г/100 растений. При внесении минеральных удобрений в дозах N₆₀P₆₀K₉₀ и N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀ масса сухого вещества по сравнению с контролем возросла на 145,7 и 156,1 г/100 растений. При внесении Адоб Медь сухое вещество по сравнению с фоном N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀ возросло незначительно. При внесении МикроСтим-Медь Л, Нутривант плюс, Кристалон и Адоб Профит масса сухого вещества возросла на 5,4–22,0 г/100 растений. При внесении регулятора роста Экосил масса сухого вещества возросла в малой степени. Применение комплексного удобрения АФК с Cu и Mn по сравнению с вариантом, где вносили минеральные удобрения в эквивалентной дозе (N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀), увеличило массу сухого вещества на 17,7 г/100 растений. В варианте 11, где вносили повышенные

дозы минеральных удобрений, по сравнению с контрольным вариантом, сухое вещество по сравнению с контролем возросло на 182,3 г/100 растений. Наибольший вес отмечен в вариантах с применением МикроСтим-Медь Л и Нутривант плюс на фоне повышенных доз минеральных удобрений ($N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$) и составил 494,7 и 498,9 г/100 растений.

Таблица 3

Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на динамику накопления сухого вещества яровой тритикале сорта Садко (вес 100 сухих растений)

Варианты	Фазы развития растений			
	кущение	выход в трубку	колошение	молочно-восковая спелость
1. Контроль (без удобрений)	79,2	302,7	402,9	692,4
2. $N_{60}P_{60}K_{90}$	141,5	448,4	637,4	972,7
3. $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ – фон 1	142,4	458,8	646,9	1071,0
4. Фон 1 + Адоб Медь 0,8 л/га	141,3	458,4	662,6	1082,9
5. Фон 1 + МикроСтим-Медь Л, 0,7 л/га	143,8	464,5	669,5	1089,6
6. Фон 1 + Нутривант плюс, 2 + 2 кг/га	147,4	476,6	676,2	1096,8
7. Фон 1 + Кристалон особый, 2 кг/га + Кристалон коричневый, 2 кг/га	147,7	464,2	662,9	1079,2
8. Фон 1 + Адоб Профит, 2 кг/га	147,2	480,8	682,0	1100,5
9. Фон 1 + Экосил, 75 мл/га	141,3	463,0	659,7	1073,2
10. АФК с Си, Мп + N_{30}	142,6	476,5	665,2	1105,0
11. $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ – фон 2	159,8	485,0	679,8	1105,4
12. Фон 2 + МикроСтим-Медь Л, 0,7 л/га	164,0	494,7	681,8	1118,2
13. Фон 2 + Нутривант плюс, 2 + 2 кг/га	164,4	498,9	684,6	1125,5
НСР ₀₅	5,5	5,3	4,7	6,6

В фазу колошения при внесении минеральных удобрений в дозах $N_{60}P_{60}K_{90}$ и $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ масса сухого вещества по сравнению с контролем возросла на 234,5 и 244,0 г/100 растений. При внесении Адоб Медь и МикроСтим-Медь Л масса растений яровой тритикале по сравнению с контролем возросла на 15,7 и 22,6 г/100 растений.

Внесение комплексных удобрений и регулятора роста (Нутривант плюс, Кристалон, Адоб Профит, Экосил) способствовало увеличению массы сухого вещества на 12,8–35,1 г/100 растений. Применение комплексного удобрения АФК с Си и Мп по сравнению с вариантом, где вносили минеральные удобрения в эквивалентной дозе $N_{60+30}P_{60}K_{90}$, увеличило массу сухого вещества на

18,3 г/100 растений. В варианте 11, где вносили повышенные дозы минеральных удобрений, по сравнению с контрольным вариантом, сухое вещество яровой тритикале по сравнению с контролем возросло на 276,9 г/100 растений. Масса растений в варианте с применением МикроСтим-Медь Л на фоне повышенных доз минеральных удобрений ($N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$) возросла незначительно. При применении Нутривант плюс на том же фоне масса растений увеличилась на 4,8 г/100 растений.

В фазу молочно-восковой спелости масса растений по вариантам опыта колебалась от 692,4 до 1125,5 г/100 растений. В вариантах, где вносили минеральные удобрения в дозах $N_{60}P_{60}K_{90}$ и $N_{60+30}P_{60}K_{90}$, по сравнению с контролем, масса сухого вещества увеличилась на 280,3-378,6 г/100 растений. При внесении комплексных удобрений Нутривант плюс, Кристалон и Адоб Профит по сравнению с фоном $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ масса сухих растений возросла на 8,2–29,5 г/100 растений. При внесении микроудобрений МикроСтим-Медь Л и Адоб Медь по сравнению с тем же фоном масса растений увеличилась на 11,9–18,6 г/100 растений. Применение регулятора роста Экосил влияло на массу сухого вещества незначительно. Внесение комплексного удобрения (АФК) с Cu и Mn по сравнению с эквивалентной дозой $N_{60+30}P_{60}K_{90}$, способствовало увеличению массы сухого вещества растений яровой тритикале на 34,4 г/100 растений.

В варианте, где вносили повышенные дозы минеральных удобрений $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$, по сравнению с контрольным вариантом, масса сухого вещества возросла на 413,0 г/100 растений. В вариантах, где применяли МикроСтим-Медь Л и Нутривант плюс по сравнению с фоном $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$, масса сухого вещества в фазе молочно-восковой спелости возросла на 12,8–20,1 г/100 растений соответственно. В данном варианте отмечена максимальная масса сухих растений, что способствовало получению более высокой урожайности зерна яровой тритикале.

В исследованиях также изучали влияние различных форм макро-, микроудобрений и регуляторов роста на накопление основных элементов питания в урожае яровой тритикале.

Содержание азота в зерне яровой тритикале было практически стабильным и значительно не возрастало по вариантам опыта (табл. 4). Содержание фосфора также практически не возрастало по вариантам опыта, кроме вариантов, где применялись МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ и Нутривант плюс на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ (на 0,03 и 0,03 %). Содержание калия в зерне было достоверно выше в вариантах, где применялся Нутривант плюс на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ (на 0,04 %), а также МикроСтим-Медь Л и Нутривант плюс на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ (на 0,18 и 0,11%), где оно и было максимальным.

В соломе яровой тритикале наиболее высоким содержание азота было в варианте $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ и Экосил на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ (0,46 и 0,48 %).

Содержание фосфора в соломе яровой тритикале колебалось в пределах 0,29–0,37 %. Максимальное содержание отмечено в вариантах $N_{60}P_{60}K_{90}$ (0,37%) и Нутривант на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ (0,36 %).

Содержание калия в соломе яровой тритикале колебалось от 1,25 до 1,55 % по вариантам опыта. Содержание калия значительно увеличилось в вариантах, где применялись Адоб Медь и МикроСтим-Медь Л (на 0,18–0,22 %), Нутривант Плюс, Кристалон, Адоб Профит (на 0,22–0,30 %), а также регулятор роста Экосил (на 0,18 %) на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$.

Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на содержание основных элементов питания в зерне и соломе яровой тритикале сорта Садко в среднем за 2018–2020 гг.

Варианты	Зерно, % в сухом веществе			Солома, % в сухом веществе		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Контроль (без удобрений)	1,81	0,95	0,54	0,44	0,37	1,41
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	1,86	0,97	0,55	0,34	0,31	1,46
3. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ – фон 1	1,93	0,96	0,54	0,46	0,37	1,25
4. Фон 1 + Адоб Медь 0,8 л/га	1,83	0,96	0,52	0,39	0,35	1,47
5. Фон 1 + Микростим-Медь Л, 0,7 л/га	1,87	0,99	0,54	0,41	0,34	1,43
6. Фон 1 + Нутривант плюс, 2 + 2 кг/га	1,89	0,96	0,58	0,34	0,29	1,49
7. Фон 1 + Кристалон особый, 2 кг/га + Кристалон коричневый, 2 кг/га	1,84	0,98	0,56	0,33	0,35	1,47
8. Фон 1 + Адоб Профит, 2 кг/га	1,80	0,97	0,55	0,39	0,33	1,55
9. Фон 1 + Экосил, 75 мл/га	1,93	0,97	0,54	0,48	0,38	1,43
10. АФК с Cu, Mn + N ₃₀	1,90	0,97	0,55	0,32	0,30	1,27
11. N ₆₀₊₃₀₊₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀ – фон 2	1,90	0,96	0,55	0,32	0,31	1,49
12. Фон 2 + МикроСтим-Медь Л, 0,7 л/га	1,79	0,96	0,73	0,41	0,33	1,52
13. Фон 2 + Нутривант плюс, 2 кг/га	1,90	0,99	0,66	0,39	0,36	1,38
НСР ₀₅	0,15	0,02	0,03	0,02	0,03	0,17

Для определения нуждаемости растений в элементах питания определялся вынос элементов питания (табл. 5). Как показали исследования, на уровень данного показателя оказывали влияние урожайность тритикале и содержание элементов питания в основной и побочной продукции.

Урожайность зерна в среднем за 3 года колебалась от 33,8 ц/га до 52,1 ц/га (табл. 5). Применение комплексного АФК удобрения с Cu и Mn повышало урожайность зерна по сравнению с вариантом, где вносили минеральные удобрения в эквивалентной дозе (N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀) на 7,2 ц/га. Максимальная урожайность была получена в вариантах, где применялся МикроСтим Медь Л и Нутривант плюс на фоне N₆₀₊₃₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ и составила 51,6 и 52,1 ц/га. В этих же вариантах был отмечен и наибольший общий вынос основных элементов питания.

Общий вынос элементов питания в варианте без удобрений составил: по азоту – 70,9, по фосфору – 42,4, калию – 74,6 кг/га (табл. 5). На фоне минерального питания и некорневых подкормок значения общего и удельного выноса элементов питания возрастали. Наибольший общий вынос был отмечен в варианте N₆₀₊₃₀₊₃₀P₇₀K₁₂₀ + Нутривант плюс – 109,7 кг/га по азоту, 66,2 кг/га по фосфору и 117,4 кг/га по калию.

Урожайность зерна, общий и удельный вынос элементов питания яровой тритикале сорта Садко в зависимости от применения комплексных удобрений, микроудобрений и регуляторов роста в среднем за 2018–2020 гг.

Варианты	Урожайность зерна, ц/га	Общий вынос, кг/га			Удельный вынос 1 т основной и побочной продукции, кг		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Контроль (без удобрений)	33,8	70,9	42,4	74,6	21,1	12,9	22,4
2. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	39,4	80,1	47,6	89,5	20,3	12,2	23,1
3. N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ – фон 1	41,6	93,4	52,8	81,2	22,4	12,9	20,4
4. Фон 1 + Адоб Медь 0,8 л/га	45,2	92,6	55,9	100,9	20,6	12,6	23,0
5. Фон 1 + Микростим-Медь Л, 0,7 л/га	46,4	98,1	58,2	101,3	21,3	12,8	22,7
6. Фон 1 + Нутривант плюс, 2 кг/га	47,2	96,2	55,5	106,6	20,5	12,0	23,7
7. Фон 1 + Кристалон особый, 2 кг/га + Кристалон коричневый, 2 кг/га	45,8	91,8	57,7	104,4	20,0	12,8	23,4
8. Фон 1 + Адоб Профит, 2 кг/га	46,3	94,2	57,2	107,1	20,4	12,6	24,2
9. Фон 1 + Экосил, 75 мл/га	44,8	101,3	58,1	97,8	22,6	13,1	22,7
10. АФК с Cu, Mn + N ₃₀	48,8	99,1	58,2	98,4	20,4	12,1	20,8
11. N ₆₀₊₃₀₊₃₀ P ₇₀ K ₁₂₀ – фон 2	46,1	93,7	55,4	107,2	20,4	12,1	23,6
12. Фон 2 + МикроСтим-Медь Л, 0,7 л/га	51,6	104,8	62,5	128,7	20,6	12,3	25,5
13. Фон 2 + Нутривант плюс, 2 + 2 кг/га	52,1	109,7	66,2	117,4	21,2	13,0	23,0
НСР ₀₅	0,9	–	–	–	–	–	–

В вариантах, где применяли минеральные удобрения в дозах N₆₀P₆₀K₉₀, N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀, по сравнению с контрольным, общий вынос по азоту увеличился на 9,2–22,5 кг/га, по фосфору – на 5,2–10,4 кг/га, по калию на – 6,6–14,9 кг/га.

Под влиянием микроудобрений Адоб Медь и МикроСтим-Медь Л на фоне N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀ общий вынос по азоту возрос на 4,7 кг/га, по фосфору – на 3,1–5,4 кг/га, по калию на – 19,7–20,1 кг/га.

Применение ряда комплексных удобрений (Нутривант плюс, Кристалон и Адоб Профит) по сравнению с фоном N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀ повысило общий вынос по азоту на 0,8–2,8 кг/га, по фосфору – на 2,7–4,9 кг/га, по калию – на 23,2–25,9 кг/га.

При применении регулятора роста Экосил на фоне N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀ общий вынос возрос на 7,9 кг/га по азоту, на 5,3 кг/га по фосфору, на 16,6 кг/га по калию.

При внесении нового комплексного удобрения для яровых зерновых культур (НРК) марки 16-12-20 с 0,20 % Cu и 0,10 % Mn по сравнению со стандартными удобрениями в дозе N₆₀₊₃₀P₆₀K₉₀ общий вынос увеличился на 5,7 кг/га по азоту, 5,4 кг/га по фосфору, 17,2 кг/га по калию.

Увеличение доз азотных удобрений ($N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$) способствовало росту общего выноса, который по сравнению с контролем возрос на 22,8 кг/га по азоту, 13 кг/га по фосфору, 32,6 кг/га по калию. По сравнению с фоном 1 ($N_{60+30}P_{60}K_{90}$) в данном варианте общий вынос по азоту возрос на 0,3 кг/га, по фосфору – на 2,6 кг/га, по калию – на 26,0 кг/га.

При применении микроудобрения МикроСтим-Медь Л на фоне повышенных доз минеральных удобрений общий вынос возрос на 11,1 кг/га по азоту, на 7,1 кг/га по фосфору, 21,5 кг/га по калию.

При некорневой подкормке удобрением Нутривант плюс по сравнению с фоном $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ общий вынос по азоту увеличился на 16 кг/га, 10,8 кг/га по фосфору, на 10,2 кг/га по калию.

В контрольном варианте удельный вынос азота, фосфора и калия 1 т основной и побочной продукцией составил 21,1, 12,9 и 22,4 кг соответственно (табл. 5). При внесении минеральных удобрений в дозах $N_{60}P_{60}K_{90}$ происходило снижение удельного выноса по азоту на 0,8 кг/т, фосфора – на 0,7 кг/т, повышение по калию – на 0,7 кг/т. При внесении минеральных удобрений в дозе $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ происходило повышение удельного выноса азота на 1,3 кг/т, фосфора – не изменилось, а калия снизилось на 2,0 кг/т. Комплексные удобрения и микроудобрение с регулятором роста (Адоб Медь, МикроСтим-Медь Л, Нутривант плюс, Кристалон, Адоб Профит) на фонах $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ и $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$, а также регулятор роста Экосил на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ влияния на удельный вынос азота и фосфора почти не оказывали. Внесение вышеперечисленных микро- и комплексных удобрений, а также регулятора роста оказало влияние только на удельный вынос калия, который по сравнению с фоном $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ увеличился на 2,3–3,8 кг.

Комплексное удобрение NPK с Cu и Mn существенно не влияло на удельный вынос азота фосфора и калия по сравнению со стандартными удобрениями в дозе, эквивалентной $N_{60+30}P_{60}K_{90}$.

Повышенные дозы минеральных удобрений ($N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$) по сравнению с контролем способствовали росту удельного выноса основной и побочной продукции на 1,2 кг/т по калию.

При применении микроудобрения МикроСтим-Медь Л на фоне повышенных доз минеральных удобрений ($N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$) удельный вынос существенно не изменился.

При некорневой подкормке удобрением Нутривант плюс по сравнению с фоном $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ удельный вынос по азоту увеличился незначительно: на 0,6 кг/га по азоту, на 0,7 кг/га по фосфору, по калию не изменился.

Максимальный удельный вынос по азоту был отмечен в варианте $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ и Экосил на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ (22,4 и 22,6 кг/т), по фосфору Экосил – на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ и Нутривант плюс – на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ (13,1 и 13,0 кг/т), по калию Адоб Профит – на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ и МикроСтим Медь Л – на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ (24,2 и 25,5 кг/т).

ВЫВОДЫ

1. Применение макро-, микроудобрений и регуляторов роста положительно повлияло на линейный рост и динамику накопления сухого вещества у растений яровой тритикале, возделываемой на дерново-подзолистой легкосуглинистой

почве. Максимальная высота растений (121,5 см) в фазу молочно-восковой спелости отмечена в варианте Нутривант плюс на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$. Наибольшие значения сухого вещества (1118,2 и 1125,5 г) отмечены в вариантах МикроСтим-Медь Л и Нутривант плюс на том же фоне.

2. Максимальная урожайность зерна яровой тритикале была получена в вариантах, где применялся МикроСтим-Медь Л и Нутривант плюс на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ и составила 51,6 и 52,1 ц/га.

3. Максимальное содержание фосфора в зерне было в вариантах, где применялись МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ (0,99 %) и Нутривант плюс – на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ (0,99 %). Содержание калия в зерне яровой тритикале было выше в варианте МикроСтим-Медь Л на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ (0,73 %) и Нутривант плюс – на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ (0,66 %). В соломе наиболее высоким содержанием фосфора отмечено в варианте Нутривант на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ (0,36 %). Наибольшее содержание калия в соломе было в варианте Адоб Профит на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ (1,55 %).

4. Общий вынос элементов питания растениями яровой тритикале возрастал при применении макро- и микроудобрений. Наибольший вынос отмечен в вариантах МикроСтим Медь Л и Нутривант $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ – 104,8 и 109,7 кг/га по азоту, 62,5 и 66,2 кг/га по фосфору и 128,7 и 117,4 кг/га по калию.

5. В среднем за 3 года исследований значения удельного выноса в зависимости от доз макро- и микроудобрений изменялись по азоту от 20,0 до 22,6 кг/т, по фосфору – от 12,0 до 13,1 кг/т, по калию – от 20,4 до 25,5 кг/т.

6. Максимальный удельный вынос по азоту был отмечен в варианте $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ и Экосил на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ (22,4 и 22,6 кг/т), по фосфору Экосил – на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ и Нутривант плюс – на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ (13,1 и 13,0 кг/т), по калию Адоб Профит – на фоне $N_{60+30}P_{60}K_{90}$ и МикроСтим Медь Л – на фоне $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$ (24,2 и 25,5 кг/т).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Энергосберегающие технологии возделывания зерновых культур в Республике Беларусь: пособие / И. Н. Шило [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2008, –160 с.
2. *Кремененко, А. С.* Обзор применения регуляторов роста для повышения урожайности гибридов кукурузы / А. С. Кремененко // Молодой ученый. – 2018. – № 22(208). – С. 97–101. – URL: <https://moluch.ru/archive/208/51124/> (дата обращения: 13.11.2022).
3. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: учебно-методическое пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, П. А. Саскевича. – Горки: БГСХА, 2016. – 383 с.
4. *Мастеров, А. С.* Применение регуляторов роста, микроудобрений и микробиологических препаратов на сельскохозяйственных культурах / А. С. Мастеров. – Горки: БГСХА, 2019. – 264 с.
5. *Веригина, К. В.* Роль микроэлементов в жизни растений и их содержание в почвах и породах / К. В. Веригина // Микроэлементы в некоторых почвах СССР. – Москва, 1964. – С. 5–26.
6. *Власюк, П. А.* Значение цинка в регуляции ростовых процессов у растений / П. А. Власюк // Микроэлементы в обмене веществ растений. – Киев, 1976. – С. 126–150.

7. *Островская, Л. К.* Металлоорганические комплексы и фотосинтез / Л. К. Островская. – Рига: Зинатне, 1976. – 170 с
8. *Доспехов, Б. А.* Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
9. *Дзямбіцкі, М. Ф.* Асаблівасці дысперсійнага аналізу вынікаў шматгадовага палявога доследу / М. Ф. Дзямбіцкі // Весці Акадэміі аграрных навук Беларусі. – 1994. – № 3 – С. 60–64.

INFLUENCE OF NEW FORMS OF MACRO-, MICRO-FERTILIZERS AND GROWTH REGULATORS ON GROWTH DYNAMICS, ACCUMULATION OF DRY MATTER, YIELD, CONTENT AND REMOVAL OF SPRING TRITICALE NUTRITION ELEMENTS

A. A. Kuleshova

Summary

The article presents the effect of complex fertilizers, micro fertilizers, growth regulators and complex micro fertilizers with growth regulators on growth dynamics, biomass accumulation, yield, content and removal of elements of spring triticale has been established. The use of a new complex fertilizer for spring cereals (NPK) grade 16-12-20 with 0,20 % Cu and 0,10 % Mn compared to the variant where carbamide, ammoniated superphosphate and potassium chloride were used in an equivalent dose ($N_{60+30}P_{60}K_{90}$), increased the yield of triticale by 7,2 c/ha.

The maximum yield of spring triticale grain (51,6 and 52,1 c/ha) was obtained in variants where a microtim was used MicroStim-Copper L and Nutrivant Plus against the background of $N_{60+30+30}P_{70}K_{120}$

Поступила 23.11.22