

Реакция сортообразцов озимой мягкой пшеницы на изменение условий произрастания

А. С. Будько, научный сотрудник

Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Дата поступления статьи в редакцию 23.03.2022)

В статье представлены результаты определения степени реакции сортообразцов озимой мягкой пшеницы на изменение условий произрастания при их испытании в центральном регионе Республики Беларусь. Доказана необходимость проведения данных испытаний, так как значения степени реакции характеризуют свойства сорта, его пластичность, стабильность и гомеостатичность. Выделившиеся источники рекомендовано использовать в практической селекции для создания сортов с высоким адаптивным потенциалом.

The article presents the results of determining the degree of reaction of winter wheat varieties to changes in growing conditions during their testing in the central region of the Republic of Belarus. The necessity of these tests is proved, since the values of the degree of reaction characterize the properties of the variety, its plasticity, stability and homeostaticity. The allocated sources are recommended to be used in practical breeding to create varieties with high adaptive potential.

Введение

Освоение адаптивных систем ведения сельского хозяйства, которые характеризуются высоким потенциалом повышения эффективности агропромышленного производства, требует создания качественно новых сортов, обладающих высокой и стабильной продуктивностью, повышенными пищевыми и технологическими достоинствами, устойчивостью к неблагоприятным условиям среды [3, 5].

Одним из критериев оценки генотипа является величина гомеостаза (Ном), который представляет собой систему адаптивных реакций растений (генотипа), обеспечивающих стабилизацию определенного потенциала продуктивности в широких границах условий среды [8].

Степень развития признака в зависимости от меняющихся условий учитывает критерий гомеостатичности. Под гомеостатичностью понимается способность растений противостоять снижению продуктивности при воздействии лимитирующего фактора [6].

Целью наших исследований было определение степени реакции сортообразцов озимой мягкой пшеницы на изменение условий среды произрастания при их испытании в центральном регионе Республики Беларусь.

Условия и объекты исследований

Объектом исследований служили четырнадцать перспективных сортообразцов озимой мягкой пшеницы конкурсного сортоиспытания и сорт Элегия, который является контролем (К).

Исследования проводили в 2016–2019 гг. в Смолевичском районе Минской области в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная, подстилаемая моренным суглинком с содержанием гумуса (по Тюрину) 2,31–2,95 % и кислотностью pH_{KCl} 5,4–5,8; с содержанием подвижных P_2O_5 и K_2O (по Кирсанову) соответственно 213–230 и 268–310 мг/кг почвы. Предшествующей культурой являлся озимый рапс.

Сев проводили высококачественными семенами в I декаде сентября с нормой высева 4,0 млн шт. всхожих семян на гектар сеялкой Wintersteiger по методике двухфакторного опыта методом рендомизированных блоков в 3-кратной повторности с учетной площадью деланки 10 м². Посевной материал обеззараживали протравителем Баритон, КС в норме 1,5 л/т. Фосфорные удобрения (двойной суперфосфат) вносили из расчета 75 кг/га действующего вещества (д. в.) и калийные



Продуктивный стеблестой и фенотип изучаемых сортообразцов 2017 года, когда сложились наиболее благоприятные агроклиматические условия для роста и развития растений (стадия молочной спелости)



Продуктивный стеблестой и фенотип изучаемых сортообразцов 2018 года, когда сложились неблагоприятные агроклиматические условия для роста и развития растений (стадия молочной спелости)

(хлористый калий) – 120 кг/га д. в. Азотные удобрения (карбамид) вносили в виде трех подкормок: первая – при возобновлении весенней вегетации пшеницы озимой из расчета 60 кг/га д. в., вторая – в фазе конец кущения – начало выхода в трубку – 50 кг/га д. в. и третья (интенсивная технология) – при появлении флагового листа в дозе 40 кг/га д. в.

Для защиты посевов от сорной растительности осенью применяли гербицид Алистер гранд, МД (в фазе ДК 11-13) в норме 0,7 л/га. Фунгицидную обработку посевов проводили препаратом Зантара, КЭ в норме расхода 0,8 л/га (в фазе ДК 37–39).

При интенсивной технологии половинную норму (0,2 л/га) ретарданта Моддус, КЭ вносили в фазе ДК 30-31. Для защиты колоса от болезней использовали фунгицид Прозаро, КЭ, опрыскивание проводили (ДК 61–63) с нормой расхода препарата 0,8 л/га.

Согласно учетам и наблюдениям Борисовской метеостанции, в годы проведения исследований по температурному режиму и сумме выпавших осадков имелись значительные различия, что позволило объективно оценить изучаемые сортообразцы.

За время активной вегетации осеннего периода в годы проведения исследований растения озимой мягкой пшеницы получали 511–637 °С суммы активных температур, что на 43–70 % выше климатической нормы. За этот период в 2016 г. осадков выпало на уровне климатической нормы, в 2017 г. – на 39 % выше нормы, а в 2018 г. – лишь 60 % от нормы.

Условия перезимовки были достаточно благоприятными. Самыми холодными периодами были I декада января 2017 г. (–11,6 °С) и III декада февраля 2018 г. (–13,4 °С). Температура воздуха на глубине узла кущения во время перезимовки в эти годы не опускалась ниже –3 °С. Период покоя длился 110–120 дней. Вегетация возобновлялась в апреле, когда среднесуточная температура воздуха превышала +5 °С.

Погодные условия 2017 г. выдалась умеренно теплыми. Среднесуточная температура воздуха за весенне-летний период вегетации (апрель – июль) – 12,6 °С, при норме 13,6 °С. В сумме атмосферных осадков за этот период выпало в пределах 265,5 мм, данный уровень приближался к многолетним значениям и составил 91 % от нормы. Характер выпадения осадков был неравномерным, наибольшее их количество выпало за III декаду апреля – I декаду мая (218 % к норме). В летний период основная доля осадков пришлась на II–III декады июня (65 % от нормы) и II–III декады июля (152 %).

Весенний период 2018 г. выдался очень теплым и сухим. Температура воздуха во все декады была выше климатической нормы на 2–6 °С. Апрельская и майская засуха крайне негативно отразилась на посевах озимой пшеницы, гидротермический коэффициент составил всего 0,64 и 0,19 соответственно. Улучшению условий вегетации способствовали дожди (27–24 % от нормы), прошедшие в I и II декадах июня, а также избыточное количество осадков в I и II декадах июля (136–189 % от нормы) при средней температуре воздуха +17–19 °С.

Условия вегетации 2019 г. отличались нестабильностью распределения тепла и осадков по декадам. Погода в апреле была сухой, количество осадков за месяц составило всего 0,6 мм, при превышении нормы среднесуточных температур на 2 °С. Апрельская засуха прекратилась с выпадением осадков в I декаде мая

в количестве 330 % от нормы, однако в дальнейшем сильных дождей не наблюдалось вплоть до II декады июня. Начиная со II декады мая и до конца июля установилась жаркая погода с небольшим количеством осадков. Температура воздуха была выше нормы на 2,5–6 °С, а количеством осадков не превысило 50 % от нормы.

Показатель продуктивности сортообразцов выступал в качестве учетного признака. Уровень варьирования определяли по классификации Гужова Ю. Л.: уровень незначительный ($V = 8\%$); умеренно слабый ($V = 8,1–10,0\%$); ниже среднего ($V = 10,1–12,0\%$); средний ($V = 12,1–18,0\%$); выше среднего ($V = 18,1–20,0\%$); умеренно высокий ($V = 20,1–24,0\%$); высокий ($V = 24,1–36,0\%$); очень высокий ($V = 36,1\%$) [2]. Для расчета показателя гомеостатичности применяли метод В. В. Хангильдина [8]. По разности между минимальной и максимальной урожайностью ($Y_{\min} - Y_{\max}$) определяли устойчивость к стрессу. Данный показатель имеет отрицательное значение, и чем его величина меньше, тем выше стрессоустойчивость растения [1]. Генетическую гибкость сортообразцов рассчитывали как среднюю урожайность в контрастных (стрессовых и не стрессовых) условиях $((Y_{\max} + Y_{\min}) \div 2)$. Высокие значения этого показателя указывают на большую степень соответствия между генотипом сортообразца и факторами среды [4].

Результаты исследований и их обсуждение

Мерой относительной стабильности сортов и гибридов выступает коэффициент вариации (V), определение которого не требует сложных вычислений, но обеспечивает вполне удовлетворительные результаты. Большая вариабельность признака говорит о меньшей гомеостатичности генотипа под действием одних и тех же определяющих экологических факторов [7]. Результаты наших вычислений по данному параметру представлены в таблице 1.

Урожайность изучаемых сортообразцов, в среднем за 3 года исследований, составила 81,9 ц/га при варьировании от 59,4 ц/га до 113,4 ц/га. Средняя урожайность на обычной технологии возделывания составила 78,5 ц/га и на интенсивной – 85,4 ц/га. По годам урожайность варьировала на обычной технологии от 59,4 ц/га до 107,3 ц/га и на интенсивной – от 69,3 ц/га до 113,4 ц/га.

Различия по урожайности между сортообразцами по годам характеризовались выше среднего и высокими значениями размаха варьирования: от $V = 22,1\%$ у сортообразца № 1228-4-1 до $V = 35,4\%$ у сортообразца № 1385, а в среднем за три года – $V = 28,4\%$ (таблица 1). Вариабельность урожайности сортообразцов озимой пшеницы по годам представлена на рисунке.

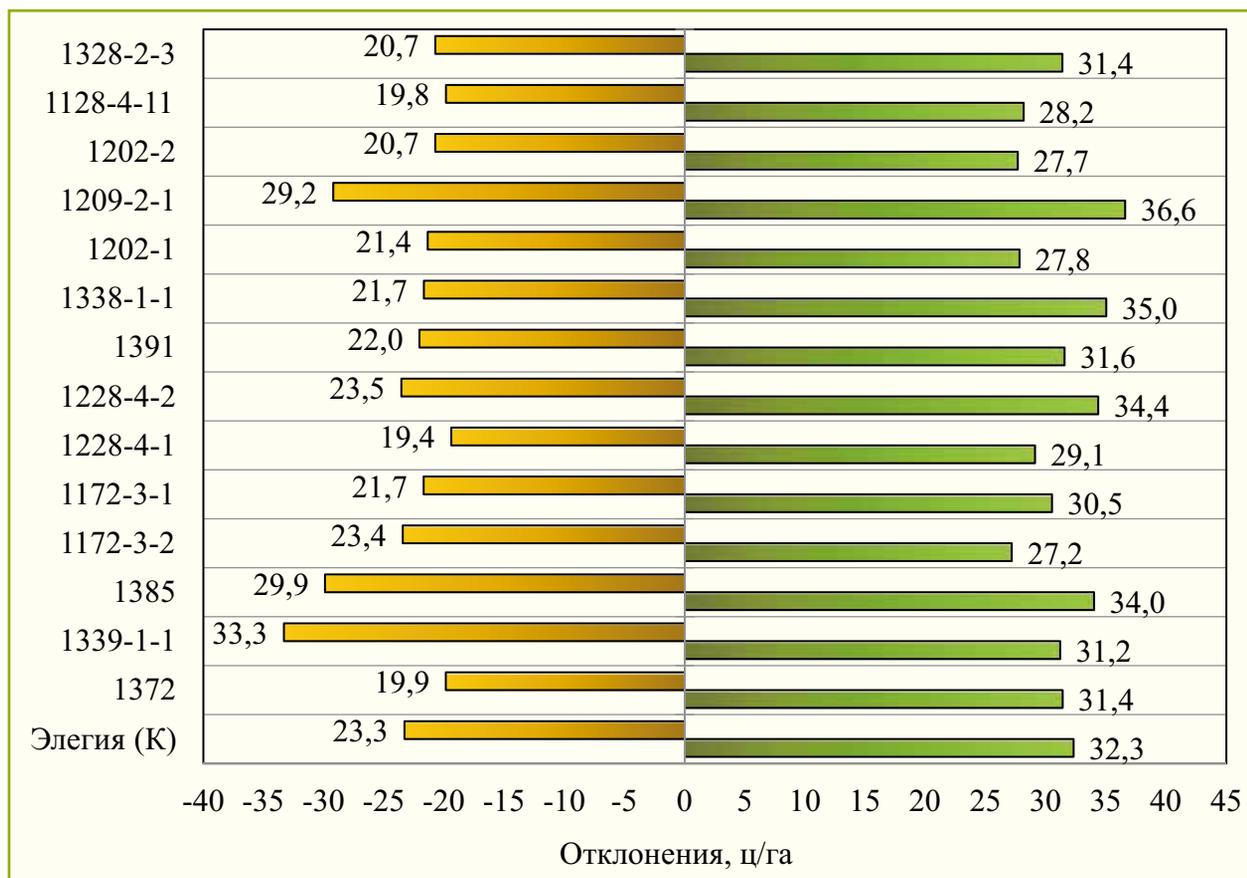
Согласно данным гистограммы на рисунке, наименьшие отклонения урожайности относительно средней отмечались у сортообразцов № 1128-4-11 (+28,2 >< –19,8 ц/га) и № 1202-2 (+27,7 >< –20,1 ц/га). Наибольшими отклонениями в исследуемые годы характеризовались сортообразцы № 1209-2-1 (+36,6 >< –29,2 ц/га) и № 1339-1-1 (+31,2 >< –33,3 ц/га).

В среднем за 2017–2019 гг. высокая урожайность была отмечена у сортообразца № 1209-2-1 – 83,9 ц/га с высоким варьированием по годам ($V = 32,57\%$) и у

Таблица 1 – Изменчивость урожайности сортообразцов озимой мягкой пшеницы

Сортообразец	Урожайность, ц/га						X _i	V, %
	2017 г.		2018 г.		2019 г.			
	I	II	I	II	I	II		
Элегия (К)	106,3	116,3	56,9	60,6	67,3	73,7	80,2	31,14
1372	102,9	112,5	64,1	71,9	74,0	61,2	81,1	26,33
1339-1-1	113,2	113,6	49,1	67,7	78,1	72,8	82,4	31,45
1385	113,9	114,3	50,4	54,7	82,6	65,9	80,3	35,43
1172-3-2	101,1	107,7	57,1	65,2	77,5	74,6	80,5	24,77
1172-3-1	91,0	111,3	64,5	75,3	59,1	83,5	80,8	23,54
1228-4-1	98,2	113,1	64,6	71,6	72,2	84,3	84,0	22,06
1228-4-2	111,6	116,1	58,2	71,1	64,8	68,7	81,7	30,93
1391	115,5	115,6	62,0	75,0	65,0	71,1	84,0	29,53
1338-1-1	110,2	119,3	62,6	79,1	63,8	70,7	84,3	29,06
1202-1	110,9	110,9	64,8	78,0	61,7	72,2	83,1	26,82
1209-2-1	115,9	120,5	54,7	70,1	70,6	71,7	83,9	32,57
1202-2	104,5	107,4	59,0	62,6	60,3	84,6	79,7	28,06
1128-4-11	109,5	113,1	65,1	72,9	70,9	78,1	84,9	24,57
1328-2-3	105,4	109,3	57,2	64,1	62,1	69,5	77,9	29,72
X _i	107,3	113,4	59,4	69,3	68,7	73,5	-	-
V, %	6,51	3,36	8,79	9,82	10,41	9,11	-	-
HCP _{0,5} тех.	1,99 ц/га		2,53 ц/га		1,18 ц/га		-	-
HCP _{0,5} сорт	5,44 ц/га		6,94 ц/га		3,22 ц/га		-	-
HCP _{0,5} част. ср.	7,70 ц/га		9,81 ц/га		4,56 ц/га		-	-

Примечание – Технология возделывания: I – обычная, II – интенсивная.



Варьирование урожайности сортообразцов озимой мягкой пшеницы относительно ее средней

№ 1228-4-1 – 84 ц/га ($V = 22,06\%$), но с наименьшим варьированием.

Таким образом, при анализе данных выделились стабильные сортообразцы озимой мягкой пшеницы – № 1228-4-1 ($V = 22,06\%$) и № 1128-4-11 ($V = 24,57\%$). Кроме того, они показали наибольшую продуктивность в среднем за три года исследований. К наиболее нестабильным сортообразцам, урожайность которых сильно зависела от условий произрастания, относятся: № 1385 ($V = 35,43\%$), № 1209-2-1 ($V = 32,57\%$) и № 1339-1-1 ($V = 31,45\%$).

Критерием гомеостатичности можно считать способность поддерживать низкую вариабельность признака. Таким образом, связь гомеостатичности с коэффициентом вариации характеризует устойчивость признака в изменяющихся условиях произрастания.

Стрессоустойчивость, генетическая гибкость и гомеостатичность характеризуют свойства генотипа, данные показатели отражают степень реакции растений на изменение условий среды.

Для более объективной оценки изучаемых сортообразцов мы провели расчеты статистических показателей: стрессоустойчивости ($Y_{\min} - Y_{\max}$), генетической гибкости ($(Y_{\max} + Y_{\min}) \div 2$) и гомеостатичности (Hom). В таблице 2 представлены результаты расчетов.

Согласно данным таблицы 2, самую высокую стрессоустойчивость проявил сортообразец № 1128-4-11 ($Y_{\min} - Y_{\max} = -48,0$), также близки к данному показателю были сортообразцы № 1202-2 и № 1128-4-1 – ($Y_{\min} - Y_{\max} = -48,4$) и ($Y_{\min} - Y_{\max} = -48,5$) соответственно.

Максимальное соотношение между генотипом и условиями произрастания отмечено у сортообразцов № 1338-1-1 ($(Y_{\max} + Y_{\min}) \div 2 = 90,95$) и № 1228-4-11 ($(Y_{\max} + Y_{\min}) \div 2 = 89,10$). Данный показатель говорит о том, что отличившиеся сортообразцы обеспечивают высокий уровень продуктивности в неблагоприятных условиях и при этом показывают высокую отзывчивость на улучшение условий произрастания.

По показателю гомеостатичности (Hom) и коэффициенту вариации (V) наибольшую стабильность в изменя-

ющихся условиях выращивания проявили сортообразцы № 1172-3-2 ($Hom = 29,61$; $V = 24,77\%$), № 1202-1 ($Hom = 13,85$; $V = 26,28\%$). Сортообразец № 1228-4-1 является весьма ценным, так как в нем оптимально сочетаются низкая вариация и высокий показатель гомеостатичности ($Hom = 13,11$; $V = 22,06\%$). Самой высокой гомеостатичностью характеризовался сортообразец № 1172-3-2 ($Hom = 29,61$), он обладает генетическим механизмом, способным сводить к минимуму воздействие условий среды произрастания.

Большая вариабельность и низкая гомеостатичность отмечены у сортообразцов № 1385 ($Hom = 4,86$; $V = 35,43\%$), № 1209-2-1 ($Hom = 5,01$; $V = 32,57\%$) и № 1339-1-1 ($Hom = 5,64$; $V = 31,45\%$), что говорит о крайне нестабильном их поведении в изменяющихся агрометеорологических условиях.

Выводы

По результатам исследований выделены сортообразцы озимой мягкой пшеницы как с широким, так и незначительным характером изменчивости продуктивности в различных условиях произрастания. Выделившиеся источники рекомендовано использовать в практической селекции для создания сортов с высоким адаптивным потенциалом. Чтобы с успехом вести селекционную работу и внедрять вновь созданные сорта в сельскохозяйственное производство, необходимо проводить определение нормы реакции генотипа на условия среды произрастания. Значения степени реакции характеризуют свойства сорта, его пластичность, стабильность и гомеостатичность.

Литература

1. Гончаренко, А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур / А. А. Гончаренко // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2005. – № 6. – С. 49–53.
2. Гужов, Ю. Л. Закономерности модификационного и генотипического варьирования количественных признаков у сортов яровой пшеницы с разным числом генов карликовости / Ю. Л. Гужов // Сельскохозяйственная биология. – 1978. – № 1. – С. 49–56.

Таблица 2 – Стрессоустойчивость, генетическая гибкость и гомеостатичность сортообразцов озимой мягкой пшеницы

Сортообразец	Параметры адаптивности					
	Y_{\max}	Y_{\min}	$Y_{\min} - Y_{\max}$	$(Y_{\max} + Y_{\min}) \div 2$	$V, \%$	Hom
Элегия (К)	116,3	56,9	-59,4	86,60	31,14	5,52
1372	112,5	61,2	-51,3	86,87	26,33	9,40
1339-1-1	113,6	49,1	-64,5	81,35	31,45	5,64
1385	114,3	50,4	-63,9	82,35	35,43	4,86
1172-3-2	107,7	57,1	-50,6	82,40	24,77	29,61
1172-3-1	111,3	59,1	-52,2	85,20	23,54	11,84
1228-4-1	113,1	64,6	-48,5	88,85	22,06	13,11
1228-4-2	116,1	58,2	-57,9	87,15	30,93	5,49
1391	115,6	62,0	-53,6	88,80	29,53	20,46
1338-1-1	119,3	62,6	-56,7	90,95	29,06	8,64
1202-1	110,9	61,7	-49,2	86,31	26,82	13,85
1209-2-1	120,5	54,7	-65,8	87,60	32,57	5,01
1202-2	107,4	59,0	-48,4	83,20	28,06	7,44
1128-4-11	113,1	65,1	-48,0	89,10	24,57	8,74
1328-2-3	109,3	57,2	-52,1	83,25	29,72	5,94

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 легкосуглинистой 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 легкосуглинистой 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),