СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ПОВОЛЖСКОГО РЕГИОНА

СЕРГЕЕВА Ирина Вячеславовна, Саратовский государственный аграрный университет
имени Н.И. Вавилова

ГУСАКОВА Наталия Николаевна, Саратовский государственный аграрный университет
имени Н.И. Вавилова

АНДРИЯНОВА Юлия Михайловна, Саратовский государственный аграрный университет
имени Н.И. Вавилова

МОХОНЬКО Юлия Михайловна, Саратовский государственный аграрный университет
имени Н.И. Вавилова

Использование в технологии возделывания яровой пшеницы синтетических биологически активных веществ способствует повышению ее продуктивности, получению стабильных высоких урожаев, а, следовательно, и формированию устойчивого и эффективного развития сельского хозяйства. В ходе наших исследований изучено влияние предпосевной обработки семян селенсодержащими биологически активными веществами при вариации агрофонов на продукционный процесс яровой пшеницы в условиях черноземов выщелоченных Саратовского Правобережья. Установлено стимулирующее действие БАВ (перхлората селенохромия – ПСХ и селенохромена – СХ) на посевные качества яровой пшеницы (сорта Белянка и Прохоровка). Существенное повышение урожайности изучаемых сортов мягкой яровой пшеницы происходило при проведении инокуляции семян растворами ИМ, ПСХ и СХ. Применение БАВ, особенно селенсодержащих веществ, повышало окупаемость минеральных удобрений дополнительным урожаем. Наиболее действенным в этом отношении был препарат СХ на посевах сорта Прохоровка. Показано, что применение биологически активных веществ – эффективный способ повышения продуктивности сельскохозяйственных культур.

Введение. Поволжье является одним из ведущих регионов Российской Федерации по производству зерна, в том числе яровой пшеницы. Однако в настоящее время средняя урожайность не всегда обеспечивает доходность хозяйствующим субъектам, одной из причин этого является снижение потребления минеральных удобрений. В связи с этим актуальной является разработка агротехнических приемов, основанных на повышении адаптивности зерновых культур к конкретным условиям окружающей среды, которые при низкой себестоимости могут обеспечить получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. В качестве одного из направлений оптимизации продукционного процесса зерновых культур в научной литературе предлагается использовать синтетические регуляторы роста различной природы. Однако эти исследования разноплановы, касаются лишь определенных вопросов применения регуляторов роста для различных культур. Поэтому нельзя считать завершенным научное обоснование использования этого агроприема [1, 6, 7, 8, 10, 11, 12].

Результаты изучения влияния биологически активных веществ (БАВ) на продукционный процесс яровой пшеницы в Поволжье являются разрозненными и неоднозначными.

Малоизучена также проблема восприимчивости к такому агроприему сортов яровой пшеницы на различных уровнях минерального питания. Анализ литературы показал, что подобные исследования в условиях чернозема выщелоченного Саратовского Правобережья отсутствуют.

В связи с этим совершенствование элементов агротехнологии возделывания яровой пшеницы в лесостепном Поволжье с использованием селенсодержащих биологически активных веществ в сочетании с применением минеральных удобрений для повышения урожайности яровой пшеницы является актуальным.

Цель исследований – изучить влияние предпосевной обработки семян селенсодержащими биологически активными веществами при вариации агрофонов на продукционный процесс яровой пшеницы в условиях черноземов выщелоченных Саратовского Правобережья.

Методика исследований. Полевые опыты проводили в 2008–2019 гг. на базе ООО «Свобода» Базарно-Карабулакского района, расположенного в лесостепной зоне Саратовского Правобережья, в типичных для этой зоны природно-климатических условиях. Объектом исследования были районированные сорта мягкой яровой пшеницы – Белянка и Прохоровка.

Исследования проводили на черноземе выщелоченном среднесуглинистом. Содержание гумуса в пахотном слое – 7,6 %; обеспеченность минеральным азотом – средняя (45–50 мг/кг легкогидролизуемого азота), доступным фосфором – средняя (58–84 мг/кг P_2O_5) для зерновых культур, а обменным калием – высокая (137–168 мкг/кг K_2O).

Изучение эффективности применения предпосевной обработки семян яровой пшеницы растворами БАВ проводили на посевах двух сортов культуры – Белянка и Прохоровка, допущенных к использованию. Для инокуляции семян были выбраны селенсодержащие БАВ: перхлорат 2-фенил-4-(2,4-ди-метоксифенил)-7,8-бензо-5,6-дигидроселенохромилия (перхлорат селено-хромилия – ПСХ) и 2-(п-хлорфенил)-4-фенил-7,8-бензо-5,6-дигидроселено-хромен (селенохромен – СХ). Контрольным вариантом служила вода, стандартом – известный стимулятор роста и развития растений – иммуноцитифит (ИМ).

Первым этапом проведения исследований были лабораторные эксперименты по выявлению диапазона концентраций БАВ, оказывающих максимальный росторегулирующий эффект. Для этого определяли энергию прорастания, лабораторную всхожесть и уровень содержания фермента пероксидазы в проростках яровой пшеницы различных сортов.

В полевых опытах обработку семян осуществляли раствором БАВ в оптимальной концентрации за 2 ч до посева. Высевали семена на глубину 6–8 см, норма высева – 400–450 тыс. всхожих семян на 1 га. Посевы прикатывали кольчатыми катками. Посевная площадь делянок составляла 150 м², учетная – 61,6 м². Размещение вариантов опыта – рендомизированное, повторность – четырехкратная.

Для создания различных агрофонов использовали минеральные удобрения – мочевины и двойной суперфосфат, которые вносили под

основную обработку почвы из расчета $N_{40}P_{40}$ и $N_{20}P_{20}$. Полевые опыты проводили по единой схеме на посевах двух сортов яровой пшеницы (табл. 1). Агротехника на опытных участках была общепринятой для зоны. Яровая пшеница в севообороте располагалась после озимой пшеницы.

Закладку опытов, наблюдения и учеты выполняли в соответствии с методикой полевых опытов Б.А. Доспехова [5]. Определение энергии прорастания, лабораторной всхожести семян осуществляли согласно ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести» [2] и ГОСТ 12036-85 «Семена сельскохозяйственных культур. Правила приемки и методы отбора проб» [3], силы роста – методом морфофизиологической оценки проростков по М.И. Калинкевичу, Е.Е. Кристиной (1990), показателей продуктивности фотосинтеза по А.А. Ничипорович [9], активности пероксидазы в растениях – фотометрическим методом. Урожай учитывали поделочно, уборку зерна осуществляли при полной его спелости прямым комбайнированием. По средним пробам определяли содержание сухого вещества в урожае по ГОСТ 31640-2012 «Методы определения содержания сухого вещества» [4]. Статистическую обработку экспериментального материала проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [5] с использованием программ Excel 2000, Statistica 6,0.

Результаты исследований. Первым этапом проведенных лабораторных исследований являлось исследование влияния инокуляции семян растворами селенсодержащих БАВ различных концентраций на процессы прорастания семян яровой пшеницы. В наибольшей степени увеличение энергии прорастания (до 6,2 %), лабораторной всхожести (до 5,8 %) и активности фермента пероксидазы (до 71 %) проростков семян двух сортов яровой пшеницы отмечали при использовании для инокуляции растворов БАВ в

Таблица 1

Схема полевого опыта

№	БАВ (фактор А)	Фон питания (фактор В)
1	Вода	Контроль
2		$N_{40}P_{40}$
3		$N_{20}P_{20}$
4	Иммуноцитифит (ИМ)	Без удобрений
5		$N_{40}P_{40}$
6		$N_{20}P_{20}$
7	Перхлорат селенохромилия (ПСХ)	Без удобрений
8		$N_{40}P_{40}$
9		$N_{20}P_{20}$
10	Селенохромен (СХ)	Без удобрений
11		$N_{40}P_{40}$
12		$N_{20}P_{20}$

интервале концентраций 10^{-4} – 10^{-5} %, оптимальная концентрация равна 10^{-4} % (табл. 2). В связи с этим в дальнейших полевых исследованиях использовали растворы селенсодержащих БАВ в оптимальной концентрации 10^{-4} %.

В ходе проведения исследований было установлено, что при обработке семян яровой пшеницы водой на фоне естественного минерального питания полевая всхожесть составила 72,3–75,1 %, при предпосевной обработке семян ИМ полевая всхожесть возросла на 3,6–4,8 %, при использовании ПСХ и СХ показатель увеличился на 5,2–6,8 %.

При внесении минеральных удобрений в дозе $N_{40}P_{40}$ полевая всхожесть без предпосевной обработки равнялась 75,6–76,7 %, т.е. возросла на 4,5–5,2 %. На фоне минерального питания $N_{40}P_{40}$ и в сочетании с предпосевной обработкой ИМ полевая всхожесть увеличивалась на 5,9–7,1 %, использование новых БАВ привело к росту показателя на 9,8–11,2 %. Уменьшение дозы минерального питания до $N_{20}P_{20}$ без предпосевной обработки семян способствовало повышению полевой всхожести всего на 2,5–3,4 %, на фоне минерального питания в сокращенной дозе и инокуляции ИМ полевая всхожесть воз-

растала на 4,9–7,4 %. При инокуляции растворами ПСХ, СХ и дозой минерального питания $N_{20}P_{20}$ отмечали возрастание полевой всхожести на 8,7–10,7 %. Такую закономерность наблюдали на посевах испытываемых сортов пшеницы. Однако на посевах яровой пшеницы сорта Прохоровка она была выражена в большей степени (табл. 3).

Применение селенсодержащих БАВ и минеральных удобрений позитивно отразилось на увеличении длины проростков и корешков обоих сортов яровой пшеницы. Длина проростков на контрольном варианте (на фоне естественного плодородия) составила 5,6–5,8 см, при внесении минеральных удобрений в дозах $N_{40}P_{40}$ и $N_{20}P_{20}$ наблюдалось увеличение длины проростков на 7,0–8,6 и 3,4–3,6 % соответственно. Инокуляция семян пшеницы растворами БАВ обеспечивала рост длины проростков на 1,7–1,8 % (ИМ), 3,4–5,4 % (ПСХ) и 5,2–5,4 % (СХ). Сочетание двух агроприемов (инокуляция селенсодержащими БАВ с дозой минеральных удобрений $N_{40}P_{40}$ и $N_{20}P_{20}$) приводило к увеличению длины проростков на 12,5–13,8 и 10,3–12,5 % по отношению к контролю соответственно (см. табл. 3).

Таблица 2

Влияние различных концентраций растворов селенсодержащих БАВ на посевные качества семян яровой пшеницы сорта Белянка ($n = 100$), среднее за 2008–2019 гг.

БАВ	Показатель	Концентрация растворов БАВ, %						
		вода	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}
ПСХ	Энергия прорастания, %	87,2	81,7	84,8	87,9	91,0	89,8	88,0
	Лабораторная всхожесть, %	89,8	80,9	84,5	88,6	93,0	92,7	90,3
	Активность пероксидазы, уд.ед./100 г сырого вещества	2892	1996	2343	2776	4679	4251	3354
СХ	Энергия прорастания, %	87,1	80,4	82,9	85,7	92,4	91,7	88,5
	Лабораторная всхожесть, %	89,8	82,7	86,7	88,3	94,1	93,8	90,5
	Активность пероксидазы, уд.ед./100 г сырого вещества	2892	2016	2287	3123	4772	4078	3487

Таблица 3

Влияние предпосевной обработки семян яровой пшеницы растворами БАВ на полевую всхожесть и развитие проростков яровой пшеницы сорта Прохоровка, среднее за 2008–2019 гг.

БАВ (фактор А)	Удобрение (фактор Б)	Полевая всхожесть		Длина проростков		Длина корешков	
		%	% к контролю	см	% к контролю	см	% к контролю
H_2O	Без удобрений	75,1	–	5,8	–	7,3	–
	$N_{40}P_{40}$	79,0	5,2	6,3	8,6	7,8	6,8
	$N_{20}P_{20}$	77,2	2,8	6,0	3,4	7,6	4,1
ИМ	Без удобрений	78,0	3,9	5,9	1,7	7,5	2,7
	$N_{40}P_{40}$	79,6	5,9	6,4	10,3	7,9	8,2
	$N_{20}P_{20}$	78,8	4,9	6,1	5,1	7,7	5,5
ПСХ	Без удобрений	79,8	6,8	6,0	3,4	7,7	5,5
	$N_{40}P_{40}$	82,8	10,3	6,6	13,8	8,2	12,3
	$N_{20}P_{20}$	81,6	8,7	6,4	10,3	8,0	9,6
СХ	Без удобрений	80,1	6,7	6,1	5,2	7,7	5,5
	$N_{40}P_{40}$	83,5	11,2	6,5	12,1	8,4	15,1
	$N_{20}P_{20}$	82,4	9,7	6,4	10,3	8,3	13,7
НСР ₀₅	Фактор А	0,013		0,012		0,010	
	Фактор Б	0,011		0,011		0,009	
	Фактор взаимодействия	0,022		0,022		0,018

Важным показателем при оценке силы роста семян является длина зародышевых корешков. Данный показатель на контрольном варианте составил 7,3–7,4 см; внесение удобрений в дозе $N_{40}P_{40}$ и $N_{20}P_{20}$ приводило к росту показателя на 6,6–6,8 % и 4,1–5,6 % соответственно. Инокуляция семян растворами БАВ способствовала возрастанию данного показателя на 2,7–4,1 % (ИМ), 4,2–5,5 % (ПСХ, СХ), а сочетание двух агроприемов – на 10,8–15,1 и 9,6–12,1 % при дозах питания $N_{40}P_{40}$ и $N_{20}P_{20}$ соответственно (см. табл. 3). Наиболее отзывчивым на обработку семян был сорт яровой пшеницы Прохоровка, эффективное воздействие оказывала инокуляция семян раствором селенохромена.

Детальный анализ динамики площади листовой поверхности яровой пшеницы показал, что максимальное положительное влияние БАВ и минеральных удобрений на этот показатель наблюдалось в такие фенологические фазы, как «кущение», «выход в трубку» и «колошение». Наступление фенологической фазы «молочная спелость» сопровождалось снижением площади листовой поверхности в связи с оттоком ассимилянтов в репродуктивные органы. По влиянию на интенсивность формирования общей листовой поверхности яровой пшеницы биологически активные вещества можно расположить в следующий ряд: СХ > ПСХ > ИМ. Агрофон минерального питания оказывал существенное влияние на общую площадь листовой поверхности, наилучшие показатели получены на фоне $N_{40}P_{40}$. Сочетание двух агроприемов (инокуляция селенсодержащими БАВ и внесение минеральных удобрений в дозе $N_{20}P_{20}$) увеличивало площадь листовой поверхности на 40–80 % по сравнению с контрольным вариантом. Наиболее эффективным БАВ для инокуляции семян яровой пшеницы был препарат СХ, самым отзывчивым на все изученные агроприемы оказался сорт Прохоровка.

Исследование продуктивности фотосинтеза яровой пшеницы показало, что в интервалы фаз вегетационного развития «кущение – выход в трубку» и «выход в трубку – колошение» возрастали значения фотосинтетического потенциала, а в период «колошение – молочная спелость» – снижались. Эти тенденции не зависели от фона минерального питания и обработки семян БАВ. По эффективности действия на фотосинтетический потенциал селенсодержащие БАВ можно расположить в следующий ряд: СХ > ПСХ > ИМ.

По отзывчивости сортов яровой пшеницы на предпосевную обработку семян растворами БАВ можно построить следующий ряд: сорт Прохоровка > сорт Белянка. Повышение доз минераль-

ных удобрений приводило к увеличению значений суммарного показателя фотосинтетического потенциала в названных интервалах развития культуры. Вместе с тем, сочетание инокуляции растворами СХ и ПСХ на фоне уменьшенных доз минеральных удобрений $N_{20}P_{20}$ позволяло достичь значений фотосинтетического потенциала, на 30–45 % превышающих не только контрольный вариант, но и на 7–10 % вариант с внесением $N_{40}P_{40}$.

Исследование динамики накопления сухой биомассы яровой пшеницы под воздействием БАВ на различных агрофонах показало минимальное количество прироста сухой массы культуры в период кушения. На контрольном варианте в 2008 г. данный показатель составлял 0,836 и 0,921 т/га для сортов Белянка и Прохоровка соответственно, в 2019 г. – 0,481 и 0,586 т/га. Увеличение прироста сухой массы на неудобренном фоне наблюдалось при использовании селенсодержащих БАВ, при этом показатель возрастал в 2008 г. на 7,6–9,2 %, а в 2019 г. – на 4,9–8,1 %. Максимальный прирост сухого вещества отмечался при применении препарата СХ. По влиянию на увеличение накопления сухой массы растений биологически активные вещества можно расположить в следующей последовательности: СХ > ПСХ > ИМ (табл. 4).

Существенное повышение урожайности изученных сортов мягкой яровой пшеницы происходило при применении инокуляции семян (фактор А) как известными (ИМ), так и новыми селенсодержащими препаратами (ПСХ, СХ). Их стабильное и позитивное влияние на продуктивность пшеницы устанавливали в течение двенадцати лет исследований. Наиболее эффективным оказался препарат СХ, а наиболее отзывчивым – сорт Прохоровка (см. рисунок).

Под влиянием фактора (Б) существенно повышалась урожайность яровой пшеницы. Его эффективность в течение 2008–2019 гг. была несомненной, но выбранные дозы минеральных удобрений не обеспечивали получение максимального урожая зерна. Только сочетание этих двух факторов обеспечило максимальную урожайность яровой пшеницы при существующей влагообеспеченности продукционного процесса.

Применение БАВ, особенно селенсодержащих препаратов, повышало окупаемость минеральных удобрений дополнительным урожаем. Наиболее эффективным был препарат СХ на посевах яровой пшеницы сорта Прохоровка. Кроме того, уменьшение доз минеральных удобрений до $N_{20}P_{20}$ в сочетании с обработкой семян яровой пшеницы новыми БАВ приводило к увеличению урожайности, как и на варианте

Влияние предпосевной обработки семян БАВ и уровня минерального питания на накопление сухой массы сорта Белянка, в среднем за 2008–2019 гг.

БАВ (фактор А)	Удобрения (фактор Б)	Кущение		Выход в трубку		Колошение		Молочная спелость	
		т/га	%	т/га	%	т/га	%	т/га	%
Н ₂ О	Без удобрений	0,682	0	1,728	0	2,398	0	3,219	0
	N ₄₀ P ₄₀	0,763	11,9	1,997	15,6	2,856	19,0	3,805	18,2
	N ₂₀ P ₂₀	0,735	8,8	1,898	9,8	2,755	14,9	3,663	14,2
ИМ	Без удобрений	0,707	3,7	1,804	4,4	2,494	4,0	3,360	4,4
	N ₄₀ P ₄₀	0,776	13,8	2,045	18,3	2,919	21,7	3,867	20,1
	N ₂₀ P ₂₀	0,748	9,7	1,992	15,3	2,828	17,6	3,748	16,4
ПСХ	Без удобрений	0,732	7,3	1,848	6,9	2,555	6,5	3,424	6,4
	N ₄₀ P ₄₀	0,798	17,0	2,060	19,2	2,969	23,8	3,995	24,1
	N ₂₀ P ₂₀	0,779	14,2	2,011	16,3	2,815	17,4	3,864	20,1
СХ	Без удобрений	0,740	8,5	1,872	8,3	2,593	8,1	3,464	7,6
	N ₄₀ P ₄₀	0,818	19,9	2,103	21,7	3,011	25,6	4,068	26,4
	N ₂₀ P ₂₀	0,797	16,8	2,032	17,6	2,935	22,3	3,941	22,4
НСР ₀₅	Фактор А	0,006	–	0,011	–	0,007	–	0,013	–
	Фактор Б	0,006	–	0,010	–	0,006	–	0,011	–
	Фактор взаимодействия	0,011	–	0,020	–	0,012	–	0,023	–

с применением одних минеральных удобрений в дозе N₄₀P₄₀ (см. рисунок). Снижение доз минеральных удобрений способствовало увеличению окупаемости 1 кг д.в. минеральных удобрений прибавкой урожая. Такая тенденция отмечена в опытах с изучаемыми сортами яровой пшеницы.

Таким образом, применение предпосевной обработки семян растворами селенсодержащих БАВ и ИМ является эффективным способом повышения урожайности яровой пшеницы и окупаемости минеральных удобрений прибавкой зерна. Данный показатель

варьировал на посевах сорта Белянка в пределах 1,71–5,75 кг и сорта Прохоровка – 2,62–7,25 кг. Наиболее эффективным препаратом на посевах яровой пшеницы Прохоровка являлся СХ, а на посевах сорта Белянка – ПСХ на фоне N₂₀P₂₀.

Величина урожая изученных сортов яровой пшеницы находилась в сильной зависимости от площади листовой поверхности и фотосинтетического потенциала. Аналогичная закономерность наблюдалась при прохождении всех фаз роста и развития растений (табл. 5).

Влияние предпосевной обработки семян селенсодержащими БАВ на урожайность яровой пшеницы сорта Прохоровка на разных агрофонах

Корреляционные зависимости

Зависимости	Корреляционные уравнения	Коэффициент корреляции
Урожайность от площади листовой поверхности в фазу кущения	$Y = -0,0015x^2 + 0,0738x + 0,6253$ (сорт Бесянка) $Y = -0,003x^2 + 0,1359x + 0,0335$ (сорт Прохоровка)	0,8994 0,9199
Урожайность от площади листовой поверхности в фазу выхода в трубку	$Y = -0,002x^2 + 0,1131x - 0,053$ (сорт Бесянка) $Y = -0,0017x^2 + 0,1003x + 0,0469$ (сорт Прохоровка)	0,908 0,8286
Урожайность от площади листовой поверхности в фазу колошения	$Y = -0,0014x^2 + 0,1055x - 0,4874$ (сорт Бесянка) $Y = -0,0012x^2 + 0,0982x - 0,51$ (сорт Прохоровка)	0,9141 0,9071
Урожайность от площади листовой поверхности в фазу молочной спелости	$Y = -0,0012x^2 + 0,0888x - 0,0208$ (сорт Бесянка) $Y = -0,0019x^2 + 0,1327x - 0,7259$ (сорт Прохоровка)	0,7014 0,7653
Урожайность от фотосинтетического потенциала за период кущение – выход в трубку	$Y = -5,3142x^2 + 5,0438x + 0,3248$ (сорт Бесянка) $Y = -8,1235x^2 + 7,5869x - 0,2261$ (сорт Прохоровка)	0,7983 0,8983
Урожайность от фотосинтетического потенциала за период выход в трубку – колошение	$Y = -4,5817x^2 + 5,9576x - 0,3972$ (сорт Бесянка) $Y = -3,7139x^2 + 5,3069x - 0,3301$ (сорт Прохоровка)	0,9016 0,8602
Урожайность от фотосинтетического потенциала за период колошение – молочная спелость	$Y = -8,8981x^2 + 7,916x - 0,1893$ (сорт Бесянка) $Y = -17,347x^2 + 14,873x - 1,623$ (сорт Прохоровка)	0,7278 0,8768
Урожайность от фотосинтетического потенциала (среднее)	$Y = -0,6121x^2 + 1,9773x - 0,0409$ (сорт Бесянка) $Y = -0,9644x^2 + 3,0125x - 0,8011$ (сорт Прохоровка)	0,8178 0,9053

Применение минеральных удобрений способствовало повышению массы 1000 зерен. В наибольшей мере это отмечалось при внесении $N_{40}P_{40}$. Предпосевная обработка семян двух сортов яровой пшеницы раствором ИМ на неудобренном фоне способствовала дополнительному увеличению рассматриваемого показателя на 2,5–7,3 %. Применение ИМ на фоне минеральных удобрений способствовало возрастанию массы 1000 зерен до 2,4–6,6 % (сорт Бесянка) и 7,9–11,2 % (сорт Прохоровка) по сравнению с контролем и зависело от сорта пшеницы.

Использование новых селенсодержащих БАВ на посевах яровой пшеницы даже на неудобренном фоне способствовало еще большему увеличению данного показателя структуры биологического урожая: на посевах яровой пшеницы сорта Бесянка – 5,2 % (ПСХ) и 7,3 % (СХ), сорта Прохоровка – 8,9 % (ПСХ) и 9,6 % (СХ).

Внесение различных доз минеральных удобрений приводило к увеличению длины колоса на 0,1–0,2 см (Бесянка, Прохоровка), превосходя контроль на 1,6–3,2 %. Сочетание предпосевной обработки семян яровой пшеницы раствором СХ с внесением минеральных удобрений в количестве $N_{40}P_{40}$ способствовало увеличению длины колоса на 0,7 см (сорт Бесянка) и 0,9 см (сорт Прохоровка), что на 11,3 и 14,3 % выше контроля соответственно. Уменьшение доз минеральных удобрений до $N_{20}P_{20}$ и сочетание этого агроприема с предпосевной обработкой семян растворами БАВ несколько снижало значения данного показателя. Однако следует отметить, что предпосевная обработка семян растворами БАВ с уменьшением вдвое доз минеральных удобрений ($N_{20}P_{20}$) обеспе-

чивала увеличение колоса даже в засушливые годы.

Заклучение. Максимальное позитивное влияние БАВ и минеральных удобрений на морфометрические показатели растений отмечалось в начале роста и развития растений. При этом предпосевная обработка семян БАВ в сочетании с внесением $N_{40}P_{40}$ способствовала этому процессу в наибольшей степени. Постепенно их влияние уменьшалось к концу вегетационного периода. Наиболее эффективен для инокуляции семян яровой пшеницы препарат СХ, а наиболее отзывчив на все изучаемые агроприемы сорт Прохоровка. Эффективность всех препаратов снижалась в неблагоприятные по погодным условиям годы.

Величина урожая изученных сортов яровой пшеницы находилась в сильной зависимости от площади активной листовой поверхности и фотосинтетического потенциала. Такая закономерность наблюдалась при прохождении всех фаз роста и развития растений на обоих изученных сортах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андриянова Ю.М., Гусакова Н.Н., Мохонько Ю.М. Экологические аспекты влияния азотсодержащих биологически активных веществ на рост и развитие некоторых зерновых культур Поволжья // Аграрный научный журнал. – 2016. – № 8. – С. 3–12.
2. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести // base.garant.ru.
3. ГОСТ 12036-85. Семена сельскохозяйственных культур. Правила приемки и методы отбора проб // base.garant.ru.
4. ГОСТ 31640-2012 Методы определения содержания сухого вещества // base.garant.ru.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.

6. Новые селеноорганические соединения как биологически активные вещества для повышения стресс-устойчивости зерновых и цветочных культур к тяжелым металлам / О.В. Федотова [и др.] // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия, биология, экология – 2012. – Вып. 1. – С. 6–11.

7. Получение экологически безопасной зерновой продукции на антропогеннозагрязненных территориях Саратовской области / Ю.М. Андриянова [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2016. – № 3. – С. 8–13.

8. Роль антистрессовых адаптогенов в повышении урожайности яровой пшеницы / Ю.М. Андриянова [и др.]. – Саратов: ООО «Амирит», 2016. – 114 с.

9. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах (Методы и задачи учета в связи с формированием урожая) / А.А. Ничипорович [и др.]. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 135 с.

10. Qingjun C., Li G., Lamine D., Fentuan Y., Liang Y., Jinhu C., Fengbin S. Effect of plant growth regulators on maize (*zea mays* L.) agronomic characteristics, stalk lodging and yield under high planting density in northeast china // Romanian agricultural research, 2016, 33: 217–226.

11. Korica S. Effect of amino acid biostimulant on the yield and nutraceutical potential of soybean // Chilean journal of agricultural research, 2018. 79(1): 17–25.

12. Széles A., Horváth É., Vad A., Harsányi E. The impact of environmental factors on the protein content and yield of maize grain at different nutrient supply levels // Emir. J. Food Agric., 2018 30(9): 764–777.

Сергеева Ирина Вячеславовна, д-р биол. наук, проф. кафедры «Ботаника, химия и экология», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Гусакова Наталия Николаевна, д-р хим. наук, проф. кафедры «Ботаника, химия и экология», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Андриянова Юлия Михайловна, канд. с-х. наук, доцент кафедры «Ботаника, химия и экология», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Мохонько Юлия Михайловна, канд. с-х. наук, доцент кафедры «Ботаника, химия и экология», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410012, г. Саратов, Театральная пл., 1.
Тел.: (8452) 26-16-28.

Ключевые слова: биологически активные вещества; величина урожая; минеральные удобрения; яровая пшеница, эффективность; предпосевная обработка семян; фотосинтетический потенциал; инокуляция семян.

IMPROVEMENT OF SPRING WHEAT CULTIVATION TECHNOLOGIES FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE IN THE VOLGA REGION

Sergeeva Irina Vyacheslavovna, Doctor of Biological Sciences, Professor of the chair "Botany, Chemistry and Ecology", Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov. Russia.

Gusakova Natalya Nikolaevna, Doctor of Chemical Sciences, Professor of the chair "Botany, Chemistry and Ecology", Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov. Russia.

Andryanova Yulia Mikhailovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the chair "Botany, Chemistry and Ecology", Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov. Russia.

Mokhonko Yulia Mikhailovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the chair "Botany, Chemistry and Ecology", Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov. Russia.

Keywords: biologically active substances; yield size, mineral fertilizers; spring wheat, efficiency; pre-sowing seed treatment; photosynthetic potential; seed inoculation.

The use of synthetic biologically active substances in the technology of cultivation of spring wheat contrib-

utes to an increase in its productivity, stable, high yields, and, consequently, to a sustainable and effective development of agriculture. In the course of our research, we studied the effect of pre-sowing seed treatment with selenium-containing biologically active substances with varying agrophones on the production process of spring wheat in the conditions of leached chernozems of the Saratov Right Bank. The stimulating effect of biologically active substances (selenochromylum perchlorate and selenochromene) on the sowing qualities of spring wheat (Belyanka and Prokhorovka varieties) was established. A significant increase in the yield of the studied varieties of soft spring wheat was during inoculation of seeds with solutions of selenochromylum perchlorate and selenochromene. The application of biologically active substances, especially selenium-containing substances, increased the payback of mineral fertilizers with an additional harvest. The selenochromene preparation on the crops of the Prokhorovka variety was the most effective. It is shown that the application of biologically active substances is an effective way to increase the productivity of agricultural crops.