

АГРОНОМИЯ

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство

Научная статья

УДК 633.18.631.547.02

doi: <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i3pp4-10>

Оценка влияния регуляторов роста на растения риса при периодических поливах

Муслим Абдулаевич Ганиев, Айнагуль Беркбаевна Невежина

Всероссийский НИИ орошаемого земледелия, г. Волгоград, Россия, e-mail: sveta-sxi@rambler.ru

Аннотация. В статье изложены результаты исследований применения регуляторов роста на посевах риса сорта Стalingrad 1, орошаемого периодическими поливами. Представлены описание и способы применения ростостимулирующих препаратов, содержащих различные природные компоненты, влияющие на рост и развитие растений риса, и их реакция на обработку препаратами семенного материала и листовой поверхности растений. Обработка растений риса ростостимулирующими препаратами оказала влияние на продолжительность периода вегетации. Самый продолжительный период вегетации (116 суток) сложился при обработке семян и вегетирующих растений экстрасолом в сочетании с $N_{13}P_{74}K_{90}$, рассчитанной на получение планируемой урожайности риса 7 т/га, при водном режиме почвы не ниже 80 % НВ. Сочетание применения ростостимулирующих препаратов с внесением доз макроудобрений на планируемую урожайность 6 т/га, при поддержании водного режима не ниже 70 % НВ, способствовало уменьшению периода вегетации на 1–3 суток по сравнению с вариантом 7 т/га ($N_{13}P_{74}K_{90}$) и составило 105 суток на варианте обработки вегетирующих растений риса ростовым препаратом циркон. Из применяемых ростостимулирующих препаратов лучшие результаты показал препарат экстрасол при обработке семенного материала риса и по листовой поверхности при поддержании предполивного порога не ниже 80 % в сочетании с дозой удобрений $N_{13}P_{74}K_{90}$ на планируемую урожайность 7 т/га.

Ключевые слова: рис; регуляторы роста растений; режим орошения риса; дозы удобрений; урожайность

Для цитирования: Ганиев М. А., Невежина А. Б. Оценка влияния регуляторов роста на растения риса при периодических поливах // Аграрный научный журнал. 2024. № 3. С. 4–10. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i3pp4-10>.

AGRONOMY

Original article

Evaluation of growth regulators effect on rice plants under periodic irrigation

Muslim A. Ganiev, Ainagul B. Nevezhina

All-Russian Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd, Russia, e-mail: sveta-sxi@rambler.ru

Abstract. The article presents the results of research on the use of growth regulators on rice crops of Stalingrad 1 variety, irrigated by periodic watering. The description and methods of application of growth-regulating preparations containing various natural components affecting the growth and development of rice plants and their reaction to the treatment of seed material and leaf surface of plants with preparations are presented. The application of growth-stimulating preparation had an impact on the duration of the growing season. The longest growing season (116 day) was during the Extrasol treatment of seeds and vegetating plants in combination with $N_{13}P_{74}K_{90}$, calculated to obtain the planned yield of rice by 7 t/ha, and, the water regime of the soil is not lower than 80 % of minimum water capacity. The combined use of growth-stimulating preparation with the introduction of doses of macro-fertilizers for the planned yield of 6 t/ha, while maintaining a water regime of at least 70 % of minimum water capacity, contributed to a reduction in the growing season by 1–3 days compared to the 7 t/ha variant ($N_{13}P_{74}K_{90}$) and amounted to 105 days on the variant of treatment of vegetating rice plants with the growth preparation Zircon. Of the growth-stimulating preparations used, the best results were after Extrasol application when processing rice seed material and on the leaf surface while maintaining a pre-irrigation threshold of at least 80 % in combination with a dose of fertilizer $N_{13}P_{74}K_{90}$ for a planned yield of 7 t/ha.

Keywords: rice; plant growth regulators; rice irrigation regime; fertilizer doses; yield

For citation: Ganiev M. A., Nevezhina A. B. Evaluation of growth regulators effect on rice plants under periodic irrigation. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2024;(3):4–10. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i3pp4-10>.





Введение. Рис входит в топ самых основных продовольственных культур планеты, возделываемых только в условиях орошения. Традиционная технология возделывания риса затоплением чеков водой требует значительных финансовых вложений, так как на его орошение тратится большое количество оросительной воды. Водосберегающая технология орошения риса периодическими поливами не требует больших финансовых затрат и применяется в полевых севооборотах на оросительных системах общего назначения [6–9].

Отечественное производство риса в современных условиях сопровождается применением рациональных подходов и инновационных методов. В последние годы большая роль в повышении урожайности культуры отводится регуляторам роста. Установлено, что они благоприятно влияют на растения риса, адаптируя их защитную реакцию к условиям окружающей среды и обеспечивая не только рост урожайности, но и повышение качества продукции. Внедрение регуляторов роста в технологии возделывания ценных сельскохозяйственных культур способствует увеличению коэффициента использования питательных элементов, вносимых в качестве макро- и микроудобрений, снижает негативные последствия применения пестицидов, не ухудшая экологическую ситуацию в целом [5, 9].

Применение регуляторов роста способом обработки и семенного материала, и листовой поверхности зерновых культур влияет на обменные процессы, происходящие в растениях, стимулируя процессы регенерации клеток, что приводит к активному наращиванию надземной части растений, а также повышает адаптивные свойства к воздействию абиотических факторов окружающей среды [1, 3].

Применение регулятора роста циркон на зерновых культурах влияет на всхожесть семян и формирование продуктивной надземной массы растений. Этот иммуноукрепляющий препарат делает растения устойчивыми к различным стрессам и способствует их благоприятному росту и развитию [2].

Экстрасол – микробиологический препарат, основу которого составляет штамм ризосферных бактерий *Bacillus subtilis* Ч 13, обладающих комплексом полезных свойств. Обработка этим препаратом зерновых культур в активные фазы развития растений способствует увеличению общей численности микроорганизмов в ризосфере, создающих благоприятные условия для активного роста и развития вегетативных органов, впоследствии сказывающихся на увеличении озерненности и массы метелки, чем обеспечивает хорошую прибавку урожая [10]. Установлено, что обработка экстрасолом зерновых культур в сочетании с элементами минерального питания позволяет на 30–40 % экономить минеральные удобрения [4].

Нанокремний – микроудобрение, содержащее частицы элемента кремния. Применение этого микроудобрения на посевах зерновых снижает негативное влияние абиотических стрессов, предотвращает распространение различных болезней и вредителей, повышает структурные показатели растений [11, 12].

Цель наших исследований – оценка влияния сочетания вносимых макроудобрений с ростостимулирующими препаратами на показатели роста и развития, формирование планируемой урожайности риса, орошаемого периодическими поливами дождеванием.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования проводили в 2019–2021 гг. на опытном участке ОС «Орошаемая» г. Волгограда, на светло-каштановой тяжелосуглинистой почве. Полевые исследования проводили на посевах аэробного риса сорта Стalingrad 1 с нормой посева 5 млн всхожих зерен на 1 га.

Трехфакторный опыт включал в себя следующие факторы: фактор А (водный режим почвы) – 80 % НВ (A_1) и 70 % НВ (A_2) в слое почвы 0,4 м; фактор В – дозы внесения макроудобрений, рассчитанные на получение 6 и 7 т зерна с 1 га ($N_{114}P_{74}K_{90}$, B_1) и ($N_{137}P_{74}K_{90}$, B_2) соответственно; фактор С – обработки препаратами: C_1 – микробиологическим – экстрасол (1,0 л/га), C_2 – хелатным микроудобрением – циркон (0,02 л/га), C_3 – микроудобрением нанокремний (0,11 л/га).

Посев проводили сеялкой СН-16 узкорядным способом при прогревании почвы до 14 °C на глубине заделки семян 0,06–0,08 м. Поливали дождевальной машиной шланго-барабанного типа Rainstar австрийской фирмы Bauer. Содержание влаги в почве определяли прибором

AQUATERR T-350. Водный режим почвы в течение периода вегетации поддерживали не ниже 70 и 80 % НВ в слое 0,4 м.

Опыт был заложен при систематическом расположении вариантов по водным режимам и дозам удобрений, реномизировано по ростовым препаратам. Повторность опыта трехкратная, учетная площадь делянки по водному режиму – 3967,6 м², дозам удобрений – 198,8 м² и ростовым препаратам – 22,4 м².

Дозы макроудобрений по вариантам рассчитывали по методике В.И. Филина (1994). Макроудобрения вносили в 2 этапа: 50 % основной фон удобрений перед посевом в первой декаде мая и 2 подкормки в течение вегетации растений риса (1-я в фазу кущения во второй декаде июня, 2-я в фазу выхода в трубку).

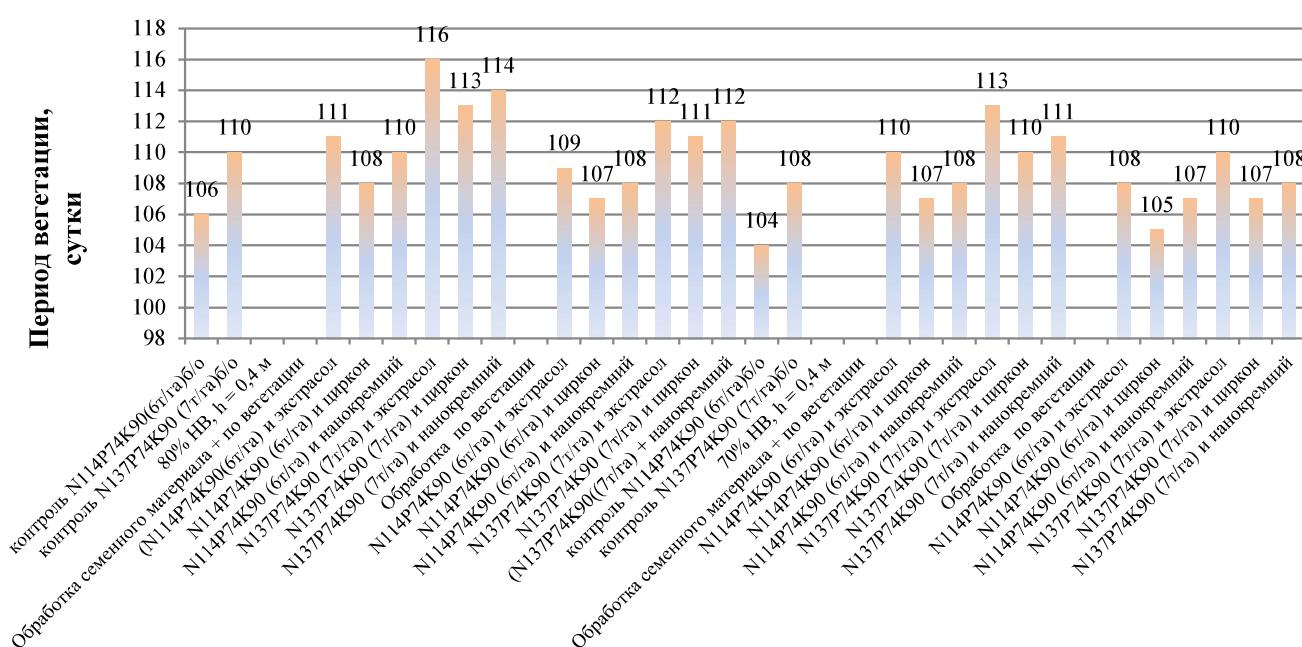
Обработки этиими препаратами проводили двумя способами: сочетание предпосевной обработки семян с обработкой вегетирующих растений и обработка вегетирующих растений. Контрольный вариант – без обработки препаратами роста. Обработки осуществляли непосредственно перед посевом семенного материала, затем по вегетации основной культуры в активную фазу кущения и в фазу выхода в трубку.

Фенологические наблюдения, учеты и измерения проводили на динамических площадках каждого изучаемого варианта на основании общепринятых методик. Измерения биометрических показателей осуществляли в период полной спелости зерна риса.

Уборку риса проводили прямым комбинированием зерноуборочным комбайном «САМПО-150».

Результаты исследований. В ходе исследований было установлено, что для поддержания водного режима почвы не ниже 70 % НВ потребовалось провести 15 поливов нормой 340 м³/га. Оросительная норма при этом составила 5100 м³/га. В варианте водного режима почвы не ниже 80 % НВ общее число поливов составило 21, каждый нормой 280 м³/га, а оросительная норма – 5880 м³/га.

Результаты проведенных исследований по возделыванию риса при дождевании в среднем за трехлетний период показали, что обработка ростовыми препаратами оказала благоприятное влияние на рост и развитие растений. При обработке семенного материала и вегетирующих растений экстрасолом период вегетации продлился до 116 суток на варианте применения N₁₃₇P₇₄K₉₀ (7т/га) с поддержанием предполивного порога влажности почвы не ниже 80 % НВ. При 70 % НВ при этом же режиме питания вегетационный период составил 113 суток, что на 5 суток меньше контрольного варианта (см. рисунок). Внесение дозы удобрений на запланированную урожайность 6 т/га при поддержании этих водных режимов способствовало



Период вегетации растений риса по изучаемым вариантам
The growing season of rice plants according to the studied options



уменьшению периода вегетации на 1–3 суток, по сравнению с внесением макроудобрений на запланированную урожайность 7 т/га.

При обработке семян и вегетирующих растений нанокремнем при водном режиме не ниже 80 % НВ и внесении дозы макроудобрений $N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) период вегетации продлился 114 суток, что на 2 суток меньше чем на варианте обработки только по вегетации.

Циркон также оказал положительное влияние на растения риса. Обработка этим препаратом семенного материала и растений по вегетации в условиях поддержания предполивного порога влажности не менее 80 % НВ и внесение доз макроудобрений $N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) способствовали сокращению вегетационного периода, который составил всего 113 суток, что на 3 суток меньше по сравнению с контрольным вариантом без обработок.

Из таблицы 1 видно, что обработка семенного материала и вегетирующих растений регуляторами роста экстрасол, нанокремний и циркон на фонах вносимых макроудобрений способствовала повышению урожайности риса. Наибольшая урожайность риса (7,15 т/га) была получена на варианте обработки семенного материала и вегетирующих растений препаратом экстрасол при поддержании предполивного порога влажности не ниже 80 % НВ и внесении дозы макроудобрений $N_{137}P_{74}K_{90}$.

Таблица 1 – Урожайность риса в среднем по годам исследования

Table 1 – Rice yield on average over the years of the study

Водный режим почвы	Доза внесения удобрений, кг д.в./га, препарат	Урожайность риса (среднее за 3 года)	± Прибавка к контролю		
			2019 г.	2020 г.	2021 г.
80 % НВ	Контроль $N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га), б/о	5,42	–	–	–
	Контроль $N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га), б/о	6,46	–	–	–
	Сочетание предпосевной обработки семян с обработкой вегетирующих растений				
	$N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) и экстрасол	6,20	0,77	0,78	0,80
	$N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) и циркон	5,68	0,23	0,26	0,28
	$N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) и нанокремний	5,79	0,33	0,37	0,40
	$N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) и экстрасол	7,15	0,66	0,69	0,73
	$N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) и циркон	6,77	0,27	0,32	0,35
	$N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) и нанокремний	6,90	0,41	0,45	0,47
	Обработка вегетирующих растений				
	$N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) и экстрасол	5,65	0,20	0,23	0,25
	$N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) и циркон	5,60	0,15	0,18	0,22
	$N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) и нанокремний	5,62	0,17	0,20	0,23
	$N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) и экстрасол	6,93	0,36	0,45	0,59
70 % НВ	$N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) и циркон	6,66	0,12	0,17	0,31
	$N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) и нанокремний	6,73	0,22	0,24	0,30
	Контроль $N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га), б/о	5,13	–	–	–
	Контроль $N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га), б/о	5,97	–	–	–
	Сочетание предпосевной обработки семян с обработкой вегетирующих растений				
	$N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) и экстрасол	5,74	0,62	0,64	0,71
	$N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) и циркон	5,41	0,18	0,27	0,52



Водный режим почвы	Доза внесения удобрений, кг д.в./га, препарат	Урожайность риса (среднее за 3 года)	± Прибавка к контролю		
			2019 г.	2020 г.	2021 г.
Обработка вегетирующих растений					
70 % НВ	$N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) и экстрасол	5,54	0,28	0,30	0,58
	$N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) и циркон	5,33	0,18	0,20	0,22
	$N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) и нанокремний	5,37	0,20	0,23	0,28
	$N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) и экстрасол	6,44	0,44	0,47	0,49
	$N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) и циркон	6,18	0,13	0,17	0,32
	$N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) и нанокремний	6,26	0,15	0,29	0,40
	HCP 05 (общая) 0,03				

Растения риса положительно реагируют на обработку препаратами роста. Максимальный прирост растений сложился на варианте сочетания предпосевной обработки семян с обработкой вегетирующих растений ростостимулирующим препаратом экстрасол на фоне внесения макроудобрений $N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) при водном режиме не ниже 80 % НВ и составил 0,95 м, что на 0,16 м больше относительно контроля (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели высоты растений риса, обработанных регуляторами роста (среднее значение за исследуемый период)

Table 2 – Height indicators of rice plants treated with growth regulators (average value for the study period)

Водный режим почвы	Доза внесения удобрений, кг д.в./га, препарат	Высота растений	
		м	± к контролю
80 % НВ	Контроль $N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га), б/о	0,76	0,00
	Контроль $N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га), б/о	0,79	0,00
	Сочетание предпосевной обработки семян с обработкой вегетирующих растений		
	$N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) + экстрасол	0,89	+0,13
	$N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) + циркон	0,80	+0,04
	$N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) + нанокремний	0,85	+0,11
	$N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) + экстрасол	0,95	+0,16
	$N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) + циркон	0,84	+0,05
	$N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) + нанокремний	0,89	+0,10
	Обработка вегетирующих растений		
70 % НВ	$N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) + экстрасол	0,85	+0,09
	$N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) + циркон	0,87	+0,02
	$N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) + нанокремний	0,82	+0,06
	$N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) + экстрасол	0,89	+0,10
	$N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) + циркон	0,81	+0,02
	$N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) + нанокремний	0,85	+0,06
	Контроль $N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га), б/о	0,74	0,00
	Контроль $N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га), б/о	0,77	0,00
	Сочетание предпосевной обработки семян с обработкой вегетирующих растений		
	$N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) + экстрасол	0,87	+0,13



Водный режим почвы	Доза внесения удобрений, кг д.в./га, препарат	Высота растений	
		м	± к контролю
70 % НВ	$N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) + нанокремний	0,83	+0,09
	$N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) + экстрасол	0,90	+0,13
	$N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) + циркон	0,82	+0,05
	$N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) + нанокремний	0,84	+0,07
	Обработка вегетирующих растений		
	$N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) + экстрасол	0,85	+0,11
	$N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) + циркон	0,76	+0,02
	$N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) + нанокремний	0,82	+0,08
	$N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) + экстрасол	0,87	+0,10
	$N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) + циркон	0,80	+0,03
	$N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) + нанокремний	0,84	+0,07

Заключение. Сочетание водного, пищевого режимов с применением ростостимулирующих препаратов в целом оказало положительное влияние на рост и развитие растений риса при периодических поливах. Также это позволило получить планируемую урожайность культуры. Обработка препаратами роста растений риса, орошаемого периодическими поливами, оказала положительное влияние на продолжительность периода вегетации, увеличение прироста растений и создала благоприятные условия для формирования устойчивого урожая культуры.

Из всех вариантов применения ростостимулирующих препаратов лучше зарекомендовал себя экстрасол при обработке семенного материала риса и по листовой поверхности при поддержании предполивного порога не ниже 80 % в сочетании с дозой удобрений $N_{137}P_{74}K_{90}$ на планируемую урожайность 7 т/га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биопрепараты и регуляторы роста в ресурсосберегающем земледелии: учебное пособие / сост.: В. А. Гущина, А. А. Володькин. Пенза: РИО ПГСХА, 2016. 206 с.
2. Борисова Т. Г. Эффективность применения и востребованность регуляторов роста Циркона, Эпина-Экстра и микроудобрений в технологии выращивания зерновых культур // Зерновое хозяйство России. 2017. № 1(49). С. 70–72.
3. Влияние стимуляторов роста на урожайность и качество продукции зерновых культур в условиях равнинной зоны Дагестана / А. Б. Исмаилов [и др.] // Инновационные научные исследования. 2021. № 11-2(13). С. 25–31.
4. Использование штаммов микроорганизмов для повышения урожайности яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum L.*) / В. В. Бережная [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 6. С. 3–6.
5. Карпова Г. А. Активизация ранних ростовых и метаболических процессов зерновых культур при использовании регуляторов роста // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2020. № 4(32). С. 13–23.
6. Менее водозатратная и экологически предпочтительная технология орошения риса периодическими поливами / И. П. Кружилин [и др.] // Известия Нижневолжского агрониверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2(54). С. 49–55.
7. Основы сельскохозяйственного производства и биотехнологий: учеб. пособие / Н. В. Медведева [и др.]. Тула: Изд-во ТулГУ, 2019. 134 с.
8. Полутина Т. Н. Основные направления развития рисоводства в стране // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2019. № 3(48). С. 98–103.



9. Родин К. А., Невежин А. Б., Воронцова Е. С. Влияние ростовых препаратов на нормы реакции риса при дождевании // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4(64). С. 97–105.
10. Средство для стимуляции роста сельскохозяйственных культур: Пат. 2736340 С1 / Чеботарь В. К., Ерофеев С. В; № 2019144225; заявл. 24.12.2019; опубл. 16.11.2020.
11. Фотосинтетическая продуктивность и структура урожая яровой пшеницы под влиянием Нанокремния в сравнении с биологическими и химическими препаратами / А. А. Хорошилов [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56. № 3. С. 487–499.
12. Чижиков В. Н. Эффективность применения калийно-кремниевого удобрения на возрастающих дозах азота // Новости в науке АПК. 2018. № 2-2(11). С. 88–92.

REFERENCES

1. Biological products and growth regulators in resource -saving agriculture: Textbook / Comp.: V. A. Gushchina, A. A. Volodkin. Penza: Rio PGSNA; 2016. 206 p. (In Russ.).
2. The use of microorganism strains to increase the yield of spring soft wheat (*Triticum aestivum* L.) / V. V. Berezhnaya, A. G. Klykov, M. L. Sidorenko, N. A. Sleptsova, J. O. Timofeeva. *Russian Agricultural Science*. 2020;(6):3–6. (In Russ.).
3. Borisova T. G. The effectiveness of the application and the demand for the regulatory of the growth of zircon, Epin-Exista and micro-accurations in the technology of growing grain crops. *Grain economy of Russia*. 2017;1(49):70–72. (In Russ.).
4. The influence of growth stimulants on the yield and quality of the products of grain crops in the conditions of the plain zone of Dagestan / A. B. Ismailov, R. M. Paizulaeva, A. B. Dmitrienko, A. U. Aliyeva. *Innovative Scientific Research*. 2021;1-2(13):25–31. (In Russ.).
5. Karpova G. A. Activation of early growth and metabolic processes of grain crops when using growth regulators. *News of higher educational institutions. Volga region. Natural Sciences*. 2020;4(32):13–23. (In Russ.).
6. Less water-cost and environmentally friendly technology for irrigation of rice with periodic irrigation / I. P. Kruzhilin et al. *Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural System: Science and Higher Professional Education*. 2019;2(54):49–55. (In Russ.).
7. Fundamentals of agricultural production and biotechnologies: Textbook / N. V. Medvedev, P. N. Medvedev, A. N. Sergeev, Yu. S. Dorokhin, A.V. Sergeeva, D. V. Malii. Tula: Publishing House of Tulgu; 2019. 134 p. (In Russ.).
8. Polutina T. N. The main directions of the development of rice production in the country. *Economics, Labor, Management in Agriculture*. 2019;3(48):98–103. (In Russ.).
9. Rodin K. A., Nevazhina A. B., Vorontsova E. S. The effect of growth preparations on rice reaction norms during sprinkling. *Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agricultural University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2021;4 (64):97–105. (In Russ.).
10. A means to stimulate the growth of agricultural crops: Pat. 2736340 С1 / Chebotar V. K., Erofeev S. V.; No. 2019144225; statement 12.24.2019; publ. 16.11.2020. (In Russ.).
11. Photosynthetic productivity and structure of the crop of spring wheat under the influence of nannons in comparison with biological and chemical drugs / A. A. Khoroshilov, N. E. Pavlovskaya, D. B. Borodin, I. V. Yakovleva. *Agricultural Biology*. 2021;56(3):487–499. (In Russ.).
12. Chizhikov V. N. The effectiveness of the use of potassium-cream fertilizer on increasing doses of nitrogen. *News in the Science of Agriculture*. 2018; 2-2(11):88 –92. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 04.07.2023; одобрена после рецензирования 11.08.2023; принята к публикации 22.08.2023.

The article was submitted 04.07.2023; approved after reviewing 11.08.2023; accepted for publication 22.08.2023.

