

Влияние рострегулирующих препаратов на проявление фитотоксичности гербицидов на яровой пшенице

АШРАФ А.Ш.¹, ЕФРЕЙТОРОВА Т.Э.²,
КРЫЛОВА М.Ф.³, ЖАРКИХ О.А.⁴

^{1,4} ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева»), г. Москва, Россия, 127550

² АО «Фирма «Август», Московская обл., г. Черноголовка, Россия, 142432

³ ФНЦ «ВНИТИП», г. Сергиев Посад, Россия, 141311

¹ e-mail: aschrafafina@gmail.com

² e-mail: t.efreytorova@avgust.com

³ e-mail: v.krylov@avgust.com

⁴ e-mail: o.a.zharkikh@rgau-msha.ru

АННОТАЦИЯ

Целью данного исследования являлась оценка влияния баковых смесей гербицидов и различных рострегулирующих препаратов на растения яровой пшеницы в период вегетации. Вегетационный опыт проводился на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева»). Объектом исследования была выбрана пшеница яровая сорта Любава. Обработку тест-культуры проводили в фазу кущения баковыми смесями гербицидов и рострегулирующими препаратами. В качестве гербицидов были использованы «Бомба, СЭ» и «Балерина, ВДГ», ингибирующие образование фермента ацетолактатсинтазы, участвующего в синтезе незаменимых аминокислот. В качестве рострегулирующих веществ использовали «Панч» (аминокислоты), «Гумат калия» (гуминовые вещества), «Апасил» (кремний), «Аквамикс, СТ» (микроудобрения) и «Эпин Экстра» (фитогормоны). Было установлено, что применение гербицидов вызывало снижение активности фотосинтеза растений в среднем на 43 ед., или 13%, в сравнении с контролем. Через день после обработки установлен критический период для культуры в условиях гербицидного стресса, о чем свидетельствуют самые низкие значения N-тестера, полученные на протяжении всего опыта. Выявлено, что через день после обработки активность фотосинтеза у растений на гербициде снизилась на 20% по сравнению с вариантом без обработки. Добавление

Influence of growth- regulating preparations on the herbicides phytotoxicity on spring wheat

AMINA S. ASHRAF¹, TATIANA E. EFREYTOROVA²,
MARINA F. KRYLOVA³, OLGA A. ZHARKIKH⁴

^{1,4} Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia, 127550

² Avgust, Moscow Oblast, Chernogolovka, Russia, 142432

³ All-Russian Scientific Research and Technological Institute of Poultry Farming, Sergiev Posad, Russia, 141311

¹ e-mail: aschrafafina@gmail.com

² e-mail: t.efreytorova@avgust.com

³ e-mail: v.krylov@avgust.com

⁴ e-mail: o.a.zharkikh@rgau-msha.ru

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effects of tank mixtures of herbicides and various growth-regulating agents on spring wheat plants during the growing season. The pot experiment was conducted at the Moscow Timiryazev Agricultural Academy. The spring wheat variety Lyubava was chosen as the object of the study. The test crop was treated with tank mixtures of herbicides and growth-regulating agents during the tillering stage. The herbicides used were Bomba, SE, and Ballerina, as well as VDG, which inhibit the formation of acetolactate synthase, an enzyme involved in the synthesis of essential amino acids. The growth-regulating agents used were Panch (amino acids), Potassium Humate (humic substances), Apasil (silicon), Aquamix, ST (microfertilizers), and Epin Extra (phytohormones). Herbicide application was found to reduce plant photosynthetic activity by an average of 43 units, or 13%, compared to the control. A critical period for the crop under herbicide stress was established one day after treatment, as evidenced by the lowest N-tester

к гербицидам рострегулирующих препаратов на основе гуминовых веществ, кремния и фитогормонов существенно не повлияло на стабилизацию продукционного процесса растений. Использование микроудобрений и аминокислот в смесях с гербицидами положительно влияло на показатели качества урожая. В варианте с применением аминокислот содержание белка в зерне отмечалось на уровне контрольных значений, в то время как в вариантах с другими рострегулирующими препаратами оно было ниже на 1,8–2,3%. Таким образом, для поддержания продукционного процесса и сохранения потенциала растений в условиях неблагоприятных факторов рекомендуется к гербицидным обработкам добавлять рострегулирующие препараты на основе аминокислот и микроудобрений в хелатной форме.

Ключевые слова. Фитотоксичность, гербицидный стресс, засуха, аминокислоты, гуминовые вещества, кремний, микроудобрения, фитогормоны, вегетационный опыт.

ВВЕДЕНИЕ



Гербицидный стресс – это отрицательное воздействие гербицидов на рост и развитие возделываемой культуры, которое может привести к снижению урожайности и качества продукции. Причинами гербицидного стресса могут служить неверный выбор препарата и норм его применения, нарушение сроков обработки, неблагоприятные климатические условия для растений, использование баковых смесей из несовместимых компонентов и реакция гербицида с остаточными веществами в почве.

Фитотоксичность гербицида, особенно в синергии с такими негативными абиотическими факторами, как засуха или переувлажнение, влечет за собой развитие проявления окислительного стресса. Чрезмерное образование активных форм кислорода (АФК) приводит к дисбалансу между количеством АФК и нейтрализующих их антиоксидантами. Повреждение клеточных компонентов посредством АФК влечет за собой гибель клетки и всего организма (Хозеева и др., 2020). Случаи гербицидного стресса были описаны в различных публикациях.

Выявлено, что химическая обработка в совокупности с абиотическими факторами подавляла рост и развитие сельскохозяйственных культур и снижала их продуктивность. (Игнатенко, 2005; Дворянкин, 2019). Для снижения негативного действия от гербицидов могут применяться рострегулирующие препараты различной химической природы. Отмечено, что обработка семенного материала биостимуляторами приводит к снижению уровня токсичности от применения средств защиты растений (Gugała, M. et al., 2018; Motamedi, M. et al., 2022). Дополнительное применение регуляторов роста в рамках производства бывает затруднительно и затратно. Решением проблемы может послужить использование баковых смесей (Барков, Ефрейторова,

values obtained throughout the experiment. It was found that one day after treatment, photosynthetic activity in plants treated with the herbicide decreased by 20% compared to the untreated control. Adding growth-regulating agents based on humic substances, silicon, and phytohormones to the herbicides did not significantly affect the stabilization of plant production. The use of micronutrient fertilizers and amino acids in mixtures with herbicides had a positive effect on crop quality. In the amino acid treatment, grain protein content was observed at the control level, while in treatments with other growth-regulating agents, it was 1.8–2.3% lower. Thus, to support the production process and preserve the potential of plants under unfavorable conditions, it is recommended to add growth-regulating preparations based on amino acids and micronutrients in chelated form to herbicide treatments.

Key words: phytotoxicity, herbicide stress, drought, amino acids, humic substances, silicon, micronutrients, phytohormones, pot experiment.

INTRODUCTION



Herbicide stress is the negative impact of herbicides on the growth and development of a cultivated crop, which can lead to reduced yield and product quality.

Herbicide stress can be caused by improper product selection and application rates, improper application timing, unfavorable climatic conditions for plants, the use of tank mixtures of incompatible components, and the reaction of the herbicide with residual substances in the soil. Herbicide phytotoxicity, especially when combined with negative abiotic factors such as drought or waterlogging, leads to the development of oxidative stress. Excessive formation of reactive oxygen species (ROS) leads to an imbalance between the amount of ROS and the antioxidants that neutralize them. Damage to cellular components by ROS leads to cell and organismal death (Khozeeva et al., 2020). Cases of herbicide stress have been described in various publications. It was found that chemical treatments in combination with abiotic factors suppressed the growth and development of agricultural crops and reduced their productivity (Ignatenko, 2005; Dvoryankin, 2019). To reduce the negative effects of herbicides, growth-regulating preparations of various chemical natures can be used. It has been noted that the treatment of seed material with biostimulants leads to a decrease in the level of toxicity from the use of plant protection products (Gugała, M. et al., 2018; Motamedi, M. et al., 2022).

2025; Крылова, Крылов, 2024). В качестве антидотов в различных публикациях изучено влияние полифункциональных регуляторов роста растений. Они выполняют компенсаторную функцию за счет стимулирования комплекса биохимических процессов, которые были нарушены под влиянием гербицидного стресса (Наумов, 2019). Антистрессовое действие регуляторов роста в баковой смеси определяется комплементарностью компонентов, поэтому важно изучить множество вариантов комбинаций веществ.

Цель данного исследования – оценка влияния рострегулирующих препаратов на проявление фитотоксичности гербицидов на яровой пшенице.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опыт был проведен в вегетационном домике кафедры агрономической, биологической химии и радиологии Института агробиотехнологии РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева. В качестве объекта исследования была выбрана пшеница яровая сорта Любава (РС 1). Метод исследования – вегетационный опыт. Повторность опыта – четырехкратная. Посев в сосуды Митчерлиха проводили 26 мая 2024 г. по 30 семян пшеницы в каждый сосуд. Обработка растений проводилась при помощи ручного помпового опрыскивателя «Грин Бэлт». В опыте использовались гербициды «Балерина, СЭ» (2,4-Д (410 г/л) + флорасулам (7,4 г/л)) – 0,5 л/га и «Бомба, ВДГ» (трибенурон-метил (563 г/кг), флорасулам (187 г/кг)) – 0,03 кг/га. В качестве рострегулирующих веществ были выбраны следующие препараты: «Панч» (свободные аминокислоты 30–31%); «Гумат калия, ВР» (75% калиевых солей гуминовых кислот); микро-удобрения – «Аквамикс СТ» (Fe(ДТПА) – 1,74%, Fe(ЭДТА) – 2,1%; Mn(ЭДТА) – 2,57%; Zn(ЭДТА) – 0,53%; Cu(ЭДТА) – 0,53%; Ca(ЭДТА) – 2,57%; B – 0,52%; Mo – 0,13%); фитогормоны – «Эпин Экстра» (эпибрассинолид); кремнесодержащие удобрения – АраSil (аморфный диоксида кремния).

Схема опыта:

- контроль (без обработки);
- гербициды («Балерина, СЭ» 0,5 л/га + «Бомба, ВДГ» 0,03 кг/га);
- гербициды + аминокислоты (1 л/га);
- гербициды + гуминовые вещества (1 л/га);
- гербициды + кремний (50 г/га);
- гербициды + микроудобрения (1 кг/га);
- гербициды + фитогормоны (50 мл/га).

Оценку активности хлоропластов определяют с помощью показаний N-тестера, использующего фотометрический метод диагностики растений, основанный на вычислении величины поглощенного красного спектра и отраженного ближнего красного. Измерения проводили через 1 час после обработки, через день после обработки, через два дня после обработки и через неделю после обработки в 30-кратной повторности в каждом сосуде. Измерение морфометрических показателей проводилось при наступлении полной зрелости яровой пшеницы и включало в себя учет количества колосьев, длину колосьев, количество семян, массу собранных семян с каждого сосуда. Качественные показатели зерна определяли при помощи БИК-анализатора

The additional use of growth regulators in production can be difficult and costly. The use of tank mixtures can serve as a solution to this problem (Barkov, Efreitorova, 2025; Krylova, Krylov, 2024). The effect of polyfunctional plant growth regulators as antidotes has been studied in various publications. They perform a compensatory function by stimulating a complex of biochemical processes that were disrupted by herbicide stress. (Naumov, 2019) The anti-stress effect of growth regulators in a tank mixture is determined by the complementarity of the components, so it is important to explore a variety of combinations.

The aim of this study is to evaluate the effect of growth-regulating preparations on the herbicides phytotoxicity on spring wheat.

MATERIALS AND METHODS

The experiment was conducted in the vegetation house of the Department of Agronomic, Biological Chemistry and Radiology of the Agrobiotechnology Institute of the Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy. Spring wheat of the Lyubava (RS 1) variety was chosen as the object of the study. The research method was a pot experiment. The experiment was replicated four times. Sowing in Mitscherlich vessels was carried out on May 26, 2024, 30 wheat seeds in each vessel. Plants were treated using a Green Belt hand pump sprayer. The herbicides used in the experiment were Ballerina, SE (2,4-D (410 g / l) + florasulam (7.4 g / l)) - 0.5 l / ha and Bomba, VDG (tribenuron-methyl (563 g / kg), florasulam (187 g / kg)) - 0.03 kg / ha. The following preparations were chosen as growth-regulating substances: Punch (free amino acids 30-31%); Potassium Humate, VR (75% potassium salts of humic acids); microfertilizer: Aquamix ST - (Fe (DTPA) - 1.74%, Fe (EDTA) - 2.1%; Mn (EDTA) - 2.57%; Zn (EDTA) - 0.53%; Cu (EDTA) - 0.53%; Ca (EDTA) - 2.57%; B - 0.52%; Mo - 0.13%); phytohormones: Epin Extra (epibrassinolide); silicon-containing fertilizer: ApaSil (amorphous silicon dioxide)).

Experiment scheme:

- 1) Control (no treatment);
- 2) Herbicide (Ballerina, SE 0.5 l/ha + Bomba, WDG 0.03 kg/ha);
- 3) Herbicides + Amino Acids (1 l/ha);
- 4) Herbicides + Humic Substances (1 l/ha);
- 5) Herbicides + Silicon (50 g/ha);
- 6) Herbicides + Microfertilizers (1 kg/ha);
- 7) Herbicides + Phytohormones (50 ml/ha).

Chloroplast activity was assessed using N-tester readings, a photometric plant diagnostic method based on calculating the absorbed red spectrum and reflected near-red light. Measurements were taken 1 hour after treatment, 1 day after treatment, 2 days after treatment, and 1 week after treatment, with 30 replicates in each vessel. Morphometric parameters were measured when the spring wheat reached full maturity and included the number of ears, ear length, seed count, and the weight of the collected seeds from each vessel. Grain quality parameters were determined using a NIR analyzer: moisture, ash content, protein, fat, gluten deformation index, and vitreousness.

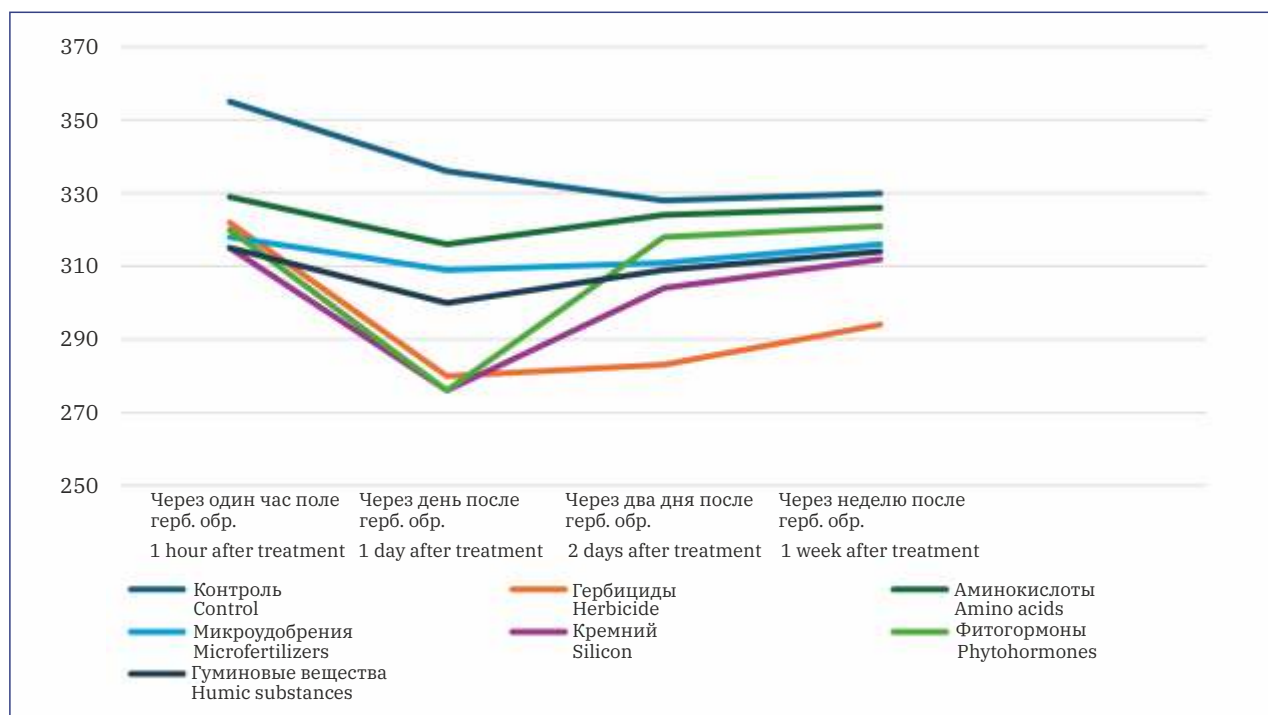


Рис. 1. Изменения содержания хлорофилла в листьях яровой пшеницы в зависимости от способа обработки (показания прибора N-тестера)

Fig. 1. Changes in the chlorophyll content in spring wheat leaves depending on the treatment method (N-tester readings)

(влажность, зольность, белок, жиры, индекс деформации клейковины и стекловидность).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Проведенные измерения листьев яровой пшеницы с помощью N-тестера показали, что обработка растений гербицидами в значительной степени снижала содержание хлорофилла в листьях растений пшеницы. Из представленного графика (см. рис. 1) видно, что через 1 час и 24 часа после проведенной обработки гербицидами как в чистом виде, так и в смеси с регуляторами происходило резкое нарушение фотосинтеза в листьях яровой пшеницы. Установлено, что через 1 час после обработки активность фотосинтеза снизилась на 25–35 йод., а через 24 часа – на 20–60 ед. по отношению к контролю. Стоит отметить, что через 24 часа после обработки в вариантах «гербициды», «гербициды + фитогормоны», «гербициды + кремний» растения яровой пшеницы находились в критической стадии «гербицидной ямы». Через 48 часов после обработки в вариантах, где были использованы рострегулирующие препараты, отмечалось увеличение синтеза хлорофилла и, как следствие, восстановление биохимических процессов в растениях.

Стоит отметить, что в вариантах опыта «гербициды + регуляторы» показатель варьировал в интервале 304–324 йод., в то время как в контроле составлял 328 ед., а в варианте при применении только гербицидов – 283 ед. При оценке показаний прибора N-тестер на седьмые сутки после обработки была выявлена разница в 5% между контролем и вариантами «гербициды + регуляторы». Однако различие между контрольным вариантом и обработанными гербицидами составляло 36 ед., или 11%, что может свидетельствовать о наличии стресса у растений от применения гербицидов.

RESULTS AND DISCUSSION

The measurements of spring wheat leaves carried out using an N-tester showed that treatment of plants with herbicides significantly reduced the chlorophyll content in the leaves of wheat plants. The graph presented (Fig. 1) shows that 1 hour and 24 hours after treatment with herbicides, both in pure form and in a mixture with regulators, a sharp disruption of photosynthesis in the leaves of spring wheat occurred. It was found that 1 hour after treatment, the activity of photosynthesis decreased by 25–35 units, and after 24 hours by 20–60 units, compared to the control. It is worth noting that 24 hours after treatment in the variants: herbicides, herbicides + phytohormones, herbicides + silicon, spring wheat plants were in the critical stage of the "herbicide pit". 48 hours after treatment in the variants where growth-regulating preparations were used, an increase in chlorophyll synthesis was noted and, as a result, the restoration of biochemical processes in plants.

It should be noted that in the herbicide + regulator treatments, the indicator ranged from 304 to 324 units, while in the control treatment it was 328 units, and in the herbicide-only treatment it was 283 units. When assessing the N-tester readings on the 7th day after treatment, a 5% difference was found between the control and herbicide + regulator treatments. However, the difference between the control and herbicide-treated treatments was 36 units, or 11%, which may indicate stress in plants from the use of herbicides.

Treatment of plants with herbicides mixed with silicon, phytohormones, and humic substances significantly reduced overall plant height by 2.2–4.3 cm compared to the control. Wheat plant height in the

Табл. 1. Влияние рострегулирующих препаратов и гербицидов на морфометрические показатели яровой пшеницы

Table 1. The influence of growth-regulating preparations and herbicides on the morphometric parameters of spring wheat

Вариант Variant	Высота растений, см Plant height, cm	Кол-во колосьев на 1 сосуд, шт. Number of ears per vessel, pcs.	Длина колосьев, см Ear length, cm	Кол-во зерен в колосе, шт. Number of grains per ear, pcs.	Масса семян с 1 колоса, г Weight of seeds per ear, g
Контроль (без обработки) Control (no treatment)	51.4±0.5	27.6±0.2	7.6±0.2	17.3±0.2	0.62±0.03
Гербициды Herbicides	47.1±0.5	27.0±0.4	6.0±0.3	13.2±0.2	0.41±0.02
Гербициды + аминокислоты Herbicides + Amino Acids	50.8±0.4	27.7±0.3	7.5±0.1	16.4±0.3	0.58±0.02
Гербициды + гуминовые вещества Herbicides + Humic Substances	47.6±0.6	27.5±0.2	6.3±0.2	14.1±0.2	0.46±0.05
Гербициды + кремний Herbicides + Silicon	48.2±0.5	27.2±0.2	7.2±0.2	14.3±0.3	0.47±0.02
Гербициды + микроудобрения Herbicides + Micronutrients	51.1±0.6	27.1±0.3	7.4±0.3	15.5±0.4	0.53±0.04
Гербициды + фитогормоны Herbicides + Phytohormones	49.2±0.4	27.7±0.2	7.0±0.2	14.7±0.2	0.49±0.03
НСР Least significant difference (LSD)	2.26	0.14	0.41	0.21	0.04

Обработка растений гербицидами в смеси с кремнием, фитогормонами и гуминовыми веществами достоверно привела к снижению общей высоты растений на 2,2–4,3 см по сравнению с контролем. Высота растений пшеницы в вариантах с микроудобрениями составила 51,1 см, аминокислотами – 50,8 см, данные показатели находились на уровне контроля.

Количество колосьев в среднем по опыту составило 27,4 шт. на 1 сосуд (см. табл. 1). Наибольшее количество зерен в колосе отмечалось в контрольном варианте – 17,3 шт., а наименьшее при использовании гербицидов – 13,2 шт. На вариантах с применением гербицидов и в комбинации с фитогормонами, кремнием и гуминовыми веществами семена были заметно щуплые, а их масса с одного колоса составляла 0,41–0,49 г, что на 0,13–0,21 г меньше контрольных значений (0,62 г). На вариантах «гербициды + аминокислоты» и «гербициды + микроудобрения» масса семян с одного колоса была меньше контрольных значений на 0,05–0,08 г.

Достоверное влияние исследуемых факторов на зольность, ИДК и стекловидность не отмечено. Содержание белка 12,1–12,4% на варианте «контроль» и «гербициды + аминокислоты» соответствовал 3-му классу зерна. В остальных вариантах опыта содержание белка было на уровне 10,1–10,6%, что характеризовалось 4-м классом качества зерна. Самое низкое значение белка установлено на варианте «гербициды» (10,1%). То же самое можно отметить по содержанию жира в зерне. Наибольшее содержание жира установлено на варианте «без обработки» (1,9%), а наименьшее с обработкой гербицидами – 1,4%. Среди вариантов с рострегулирующими препаратами содержание жира в зерне варьировало в интервале 1,4–1,8%, где наибольшее значение установлено на варианте с аминокислотами.

micronutrient-treated variants was 51.1 cm, while that in the amino acid-treated variants was 50.8 cm, which was consistent with the control.

The average number of ears in the experiment was 27.4 pcs. per 1 vessel (see Table 1). The highest number of grains per ear was noted in the control variant – 17.3 pcs., and the lowest when using herbicides – 13.2 pcs. In the variants using herbicides and in combination with phytohormones, silicon and humic substances, the seeds were noticeably shriveled, and their weight per 1 ear was 0.41–0.49 g, which is 0.13 - 0.21 g less than the control value (0.62 g). In the variants herbicides + amino acids and herbicides + microfertilizers, the weight of seeds per 1 ear was less than the control values by 0.05–0.08 g.

No significant effect of the studied factors on ash content, gluten deformation index (GDI), and grain vitreousness was noted. The protein content of 12.1–12.4% in the control and herbicides + amino acids variants corresponded to grain quality class 3. In the other experimental variants, the protein content was at the level of 10.1–10.6%, which was characterized by grain quality class 4. The lowest protein value was found in the herbicide variant (10.1%). The same can be noted for the fat content in the grain. The highest fat content was found in the untreated variant – 1.9%, and the lowest – with herbicide treatment – 1.4%. Among the variants with growth-regulating preparations, the fat content in the grain varied in the range of 1.4–1.8%, where the highest value was found in the amino acid variant.

CONCLUSION

The results of the studies showed that herbicide treatment of plants resulted in a decrease in their productivity. Chloroplast activity, on average,

Вариант Variant	Показатели Indicators					
	Влаж- ность, % Humidity, %	Зола, % Ash, %	Белок, % Ash, %	Жир, % Fat, %	ИДК GDI	Стекло- видность, % Vitreousness, %
Контроль Control	14,3	1.8	12.4	1.9	74	51
Гербициды Herbicides	14,1	1.7	10.1	1.4	72	49
Гербициды + аминокислоты Herbicides + Amino Acids	14,6	1.8	12.1	1.8	73	50
Гербициды + гуминовые вещества Herbicides + Humic Substances	14,4	1.8	10.4	1.6	71	50
Гербициды + кремний Herbicides + Silicon	14,2	1.7	10.3	1.4	72	50
Гербициды + микроудобрения Herbicides + Micronutrients	14,0	1.8	10.6	1.8	73	51
Гербициды + фитогормоны Herbicides + Phytohormones	14,3	1.8	10.3	1.5	73	50
НСР Least significant difference (LSD)	0,68	0.02	0.64	0.06	0.01	0.06

Вариант Variant	Влаж- ность, % Humidity, %	Зола, % Ash, %	Белок, % Ash, %	Жир, % Fat, %	ИДК GDI	Стекло- видность, % Vitreousness, %
Контроль Control	9,6	1,8	11,2	1,9	74	51
Гербициды Herbicides	9,6	1,7	10,1	1,5	71	49
Гербициды + аминокислоты Herbicides + Amino Acids	10,5	1,8	10,9	1,8	73	50
Гербициды + гуминовые вещества Herbicides + Humic Substances	9,8	1,8	10,4	1,6	71	50
Гербициды + кремний Herbicides + Silicon	10,2	1,7	10,3	1,4	72	50
Гербициды + микроудобрения Herbicides + Micronutrients	10,1	1,8	10,5	1,8	73	51
Гербициды + фитогормоны Herbicides + Phytohormones	9,0	1,8	10,3	1,4	73	50

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований можно отметить, что обработка растений гербицидами привела к снижению их продуктивности. Активность хлоропластов в среднем за период наблюдений снижалась на 15%, масса зерна с одного колоса уменьшилась на 34%, и содержание белка снизилось на 2,3% по отношению к значению, полученным в контроле.

Совместное использование гербицидов и рострегулирующих веществ на основе аминокислот и микроудобрений способно стабилизировать фотосинтетическую активность в листьях растений и поддержать продукционный процесс яровой пшеницы на фоне неблагоприятных погодных условий. Включение в баковую смесь гуминовых веществ, фитогормонов и кремния является неэффективным приемом для растений яровой пшеницы в условиях гербицидного стресса.

decreased by 15% over the observation period, grain weight per spike decreased by 34%, and protein content decreased by 2.3% compared to control values.

The combined use of herbicides and growth regulators based on amino acids and micronutrients can stabilize photosynthetic activity in plant leaves and support the production process of spring wheat under adverse weather conditions. Adding humic substances, phytohormones, and silicon to the tank mix is ineffective for spring wheat plants under herbicide stress.

The amino acid-based product (Panch) demonstrated the greatest stress-protective effect among growth-regulating agents. The results indicate that treating plants with herbicides in combination with amino acids minimizes the loss of chlorophyll in plant

Наибольшим стресспротекторным эффектом среди рострегулирующих препаратов обладал продукт на основе аминокислот (Панч). Полученные результаты свидетельствуют, что проведение обработки растений гербицидами совместно с аминокислотами позволяет минимизировать снижение хлорофилла в листьях растений, сохранить высоту растения и массу зерна, а также обеспечить содержание белка в зерне на уровне контрольных значений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барков В.А., Ефрейторова Т.Э., Крылов В.А., Ашраф А.Ш. Оценка биологической эффективности баковых смесей гербицидов с регуляторами роста растений и удобрениями // Защита и карантин растений. 2025. № 3. С. 8–10.
2. Дворянкин Е.А. Стресс и адаптация к гербицидам растений сахарной свёклы / Е.А. Дворянкин // Сахар. – 2019. – № 2. – С. 38–43. – EDNYYNLWP.
3. Игнатенко В.А. Выбор пестицидов для сои: здесь нельзя ошибаться // Поле Августа. 2005. № 4. С. 5–6.
4. Крылова М.Ф., Крылов А.В., Волобуева О.Г., Белопухов С.Л. Эффективность жидких борных микроудобрений в технологии возделывания сои. Тимирязевский биологический журнал. 2024. № 2(4). С. 46–51.
5. Хозеева Е. В., Зими́на Ю.А., Срослова Г.А. Окислительный стресс растений: химия, физиология, способы защиты // Природные системы и ресурсы. – 2020. – Т. 10, № 4. – С. 30–43. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2020.4.4>
6. Gugala M.; Zarzecka K.; Dolega H.; Sikorska A. Weed Infestation and Yielding of Potato Under Conditions of Varied Use of Herbicides and Bio-Stimulants. J. Ecol. Eng. 2018, 19, 191–196.
7. Motamedi M.; Zahedi, M.; Karimmojeni H.; Motamedi H.; Mastinu A. Effect of Rhizosphere Bacteria on Antioxidant Enzymes and Some Biochemical Characteristics of Medicago sativa L. Subjected to Herbicide Stress. Acta Physiol. Plant. 2022, 44, 84.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ашраф Амина Шахидовна, бакалавр РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, г. Москва, Россия; e-mail: aschrafafina@gmail.com

Ефрейторова Татьяна Эдуардовна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник группы гербицидов АО «Фирма «Август», Московская обл., г. Черноголовка, Россия; e-mail: t.efreytorova@avgust.com

Крылова Марина Федоровна, специалист, ФНЦ «ВНИТИП» г. Сергиев Посад, Россия; e-mail: mari-masalova@yandex.ru

Жарких Ольга Андреевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры химии, РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, г. Москва, Россия; e-mail: o.a.zharkikh@rgau-msha.ru

leaves, maintains plant height and grain weight, and ensures grain protein content remains within control levels.

REFERENCES

1. Barkov V.A., Efreitorova T.E., Krylov V.A., Ashraf A.Sh. Evaluation of the biological efficiency of tank mixtures of herbicides with plant growth regulators and fertilizers [Otsenka biologicheskoy effektivnosti bakovykh smesey gerbitsidov s regulyatorami rosta rasteniy i udobreniyami] // Plant Health and Quarantine. 2025; 3: 8–10. (In Russ.)
2. Dvoryankin E. A. Stress and adaptation of sugar beet plants to herbicides [Stress i adaptatsiya k gerbitsidam rasteniy sakharnoy svokly] / E. A. Dvoryankin // Sakhar. – 2019; 2: 38-43. – EDN YYNLWP. (In Russ.)
3. Ignatenko V.A. Selecting pesticides for soybeans: you can't make a mistake here [Vybor pestitsidov dlya soi: zdes nelzya oshibatsya] // Field of August. 2005; 4: 5–6. (In Russ.)
4. Krylova M.F., Kylov V.A., Volobueva O.G., Belopukhov S.L. Efficiency of liquid boron microfertilizers in soybean cultivation technology [Effektivnost zhidkikh bornykh mikroudobreniy v tekhnologii vozdeyvaniya soi]. Timiryazev Biological Journal. 2024; 2(4): 46–51. (In Russ.)
5. Khozeeva E.V., Zimina Yu.A., Sroslova G.A. Oxidative Stress of Plants: Chemistry, Physiology, Methods of Protection. [Okislitelnyy stress rasteniy: khimiya, fiziologiya, sposoby zashchity] // Natural Systems and Resources, 2020; 10(4): 30–43. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2020.4.4> (In Russ.)
6. Gugala M.; Zarzecka K.; Dolega H.; Sikorska A. Weed Infestation and Yielding of Potato Under Conditions of Varied Use of Herbicides and Bio-Stimulants. J. Ecol. Eng. 2018, 19, 191–196.
7. Motamedi M.; Zahedi, M.; Karimmojeni H.; Motamedi H.; Mastinu A. Effect of Rhizosphere Bacteria on Antioxidant Enzymes and Some Biochemical Characteristics of Medicago sativa L. Subjected to Herbicide Stress. Acta Physiol. Plant. 2022, 44, 84.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Amina Ashraf, Bachelor of Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia; e-mail: aschrafafina@gmail.com

Tatyana Efreitorova, PhD in Agriculture, Senior Researcher, Herbicide Group, Avgust, Moscow Oblast, Chernogolovka, Russia; e-mail: t.efreytorova@avgust.com

Marina Krylova, Specialist, All-Russian Scientific Research and Technological Institute of Poultry Farming, Sergiev Posad, Russia; e-mail: mari-masalova@yandex.ru

Olga Zharkikh, PhD in Biology, Associate Professor of the Chemistry Department, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia; e-mail: o.a.zharkikh@rgau-msha.ru