

As a manuscript

FRANCESS SIA SAQUEE

The influence of cultivation technologies on the phytosanitary condition and productivity of spring wheat in the Central Non-Black Earth Region

SPECIALTY

4. 1. 3 Agrochemistry, agrosoil science, plant protection and quarantine

ABSTRACT

Dissertation for an academic degree of Candidate of Agricultural Sciences

Moscow- 2025

The work was carried out in the department of agrobiotechnology at agrarian and technology institute of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “Peoples’ Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba”

Supervisor: **Pakina Elena Nikolaevna**

Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the Agrobiotechnological Department of the Agrarian-Technological Institute in the Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia.

Official Opponents: **Mikhail Arnoldovich Mazirov**

Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor in the Department of Agriculture and Experimental Methodology at the K.A. Timiryazev Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy

Nikita Sergeevich Komissarov

PhD in Biological Sciences, Research Fellow at the Lomonosov Moscow State University, Department of Mycology and Algology, Faculty of Biology

Leading organization: «Federal State Budgetary Institution "All-Russian Plant Quarantine Center"»

The defense of the dissertation will take place ____ December 2025 at ____ o'clock at the meeting of the dissertation council of the PDS 2021.002 at the Patrice Lumumba Peoples’ Friendship University of Russia (RUDN) at the address: 117198, Moscow, Miklukho-Maklaya Street, 8, building. 2. The dissertation can be found in the library at the Scientific Library of the Patrice Lumumba Peoples’ Friendship University of Russia (RUDN), located at 117198, Moscow, Miklukho-Maklaya Street, 6, and on the website: <https://www.rudn.ru/science/dissovet>.

Abstract sent out by “_____” _____ 2025

Scientific Secretary
of the Dissertation Council
candidate of agricultural science

Romanova E.V.

GENERAL CHARACTERISTICS OF THE WORK

Relevance of the research topic. Wheat (*Triticum aestivum* L.) holds a leading position in global agriculture among cereal crops and serves as a primary source of calories and plant-based protein for more than half of the world's population. Russia is one of the world's largest producers and exporters of wheat, with a harvest of 85.9 million tons recorded in 2020, underscoring its strategic role in ensuring food security at both national and global levels. However, the cultivation of spring wheat faces numerous challenges, including climate change, nutrient deficiencies, the development of fungal diseases, weed infestation, and the need to improve economic sustainability and profitability. In this context, increasing wheat yield is essential. Therefore, it is crucial to develop and implement cultivation technologies tailored to specific agroecological conditions, taking into account varietal characteristics, disease pressure, and regional soil and climate conditions. The use of scientifically based, site-specific agricultural practices can increase yields by 15–30%, reduce the risk of yield losses from stress factors, and optimize production costs (Rizwan et al., 2016; De Sousa et al., 2021; Schils et al., 2018; Langridge et al., 2022; Akhtar et al., 2019; Chendev et al., 2015).

Degree of development of the research study. Despite existing studies, the interactions between cultivation technologies, varietal characteristics, and their combined effects on disease resistance and economic efficiency remain insufficiently explored. This study addresses the lack of regionally adapted cultivation practices for new spring wheat varieties developed at the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Center “Nemchinovka” (FSBSI “FSC”). This gap underscores the importance and necessity of further research to optimize cultivation techniques and enhance spring wheat's resilience in the face of growing climatic and food security challenges.

Purpose of the research: to study the regularities of improving the phytosanitary condition of spring wheat crops and increasing their productivity using various cultivation technologies in the conditions of the Central Non-Chernozem region.

Research objectives

1. To determine the effect of cultivation technologies with varying intensity of mineral fertilizers and the use of chemical plant protection products on the agronomic traits, yield, and grain quality of new spring wheat varieties.
2. To identify varietal differences in susceptibility to pathogens and responses to applied cultivation practices.
3. To study the effect of plant protection products used in combination of mineral fertilizers on the development and spread of fungal diseases in spring wheat crops.

4. To assess the economic efficiency of each cultivation technology for the cultivation of new spring wheat with different levels of intensity using mineral fertilizers and plant production products.

The objects of research are spring wheat varieties Beliana, Radmira, Agroos, fertilizers, and plant protection products.

Scientific novelty. The response of new spring wheat varieties bred at the Nemchinovka Research Center to zonal cultivation practices with varying intensity was studied. The promising Belyana and Agros varieties were found to exhibit high productivity under biotic stress factors in the field. High-intensity cultivation was shown to be effective in reducing the development of key fungal diseases in spring wheat crops, including Fusarium head blight (*Fusarium* sp.), Septoria leaf blight (*Zymoseptoria tritici*), and powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*). An assessment of the varieties' disease resistance revealed that Radmira shows high resistance to Fusarium head blight and powdery mildew, while Belyana shows high resistance to Septoria leaf blight. It has been established that high-intensity technology results in higher grain yields and net income, but intensive cultivation technology achieves the shortest payback period and the highest profitability. The new spring wheat variety, Belyana, has demonstrated the best economic performance.

Theoretical and practical significance of the work. The research results expand the theoretical understanding of the potential use of zonal cultivation technologies for spring wheat and reveal varietal differences in response to biotic stressors and agronomic practices. For the first time, the effectiveness of intensive and high-intensity cultivation technologies has been demonstrated in the Moscow region, particularly in terms of increasing productivity, reducing the incidence of major fungal diseases (Fusarium head blight, septoria leaf blotch, powdery mildew), and enhancing economic sustainability. Scientifically based recommendations have been developed for selecting varieties and cultivation technologies tailored to this region. The findings can be applied in most cereal production systems and incorporated into the agricultural and educational institutions for training specialists in agronomy, plant protection, and breeding.

Research methodology and methods. The study was conducted based on an analysis of domestic and international scientific literature, using widely accepted methods of fieldwork, laboratory testing, and economic analysis. The experimental work was conducted using approved methodologies to assess the agronomic efficiency of cultivation technologies, disease resistance of varieties, and the financial feasibility of implementing these technologies. The research applied principles of a systematic approach, comparative analysis, and statistical data processing.

Provisions submitted for the dissertation defense:

1. The influence of zonal cultivation technologies (intensive and high-intensive) on the productivity of spring wheat, including grain yield and quality, under the environmental conditions of the Moscow region and similar agroecological zones.
2. The effectiveness of cultivation technologies and wheat varieties in reducing the development of major fungal diseases: Fusarium head blight (*Fusarium* spp.), septoria leaf blotch (*Z. tritici*), and powdery mildew (*B. graminis* f. sp. *tritici*).
3. Varietal differences in susceptibility to pathogens and responsiveness to applied agronomic practices.
4. The economic efficiency of the application of the developed cultivation technologies was assessed based on indicators such as profitability, payback period, and break-even point.

Degree of reliability. The reliability of the obtained results is confirmed by conducting the research in accordance with generally accepted methodologies for field and laboratory testing, utilizing statistically sound data analysis methods, and maintaining proper documentation. The experimental data provide a solid foundation for the recommendations and conclusions intended for practical application, indicating a high level of research credibility.

Approbation of the work: The research results have been reported at three scientific conferences, including two international ones. Eleven scientific papers have been published based on the materials of the dissertation, including one in a publication included in the list of the Higher Attestation Commission of the Russian Federation, eight in international scientific journals indexed in the Scopus database, and two in other journals.

Personal contribution by the author. The dissertation was completed independently by the author. The author defined the research objectives and tasks, organized a three-year field experiment, collected, analyzed, and statistically processed the experimental data. Additionally, the author contributed to preparing publications on the research topic and compiling the dissertation materials.

Scope and structure of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, three chapters, a conclusion, and a list of references. It is 231 pages long and includes 32 tables and 23 figures. The work examines 341 relevant literature sources.

Acknowledgments. I am deeply grateful to my supervisor, Professor Pakina Elena Nikolaevna, for her guidance at RUDN University. Special thanks to Professor Meisam Zargar, Dr. Prince Emmanuel Norman, and Kalabashkina Elena Vladimirovna for their academic support and technical assistance in the field. This journey taught me that background or gender shouldn't limit dreams. I sincerely

thank my family, Mrs. Theresa Saquee, Mr. Tamba Saquee, Mr. Festus Lahai, Mr. Dauda Sheriff, and my children and friends for their unwavering support.

MAIN CONTENT OF THE DISSERTATION

Introduction. This section provides insight into the research's objectives, relevance, and novelty. It also establishes the study's relevance by addressing global challenges in wheat production, emphasizing scientific novelty and practical applications in sustainable spring wheat cultivation.

Chapter 1 presents a literature review on the origin, biological characteristics, and global significance of spring wheat. It examines major biotic and abiotic stressors that reduce yields by 5–60%. Methods for disease management are described, including fungicide application, use of resistant varieties, and other approaches. Modern cultivation technologies are analyzed with regard to their impact on grain yield, quality, and economic efficiency—factors of critical importance for enhancing Russia's competitiveness in the global market.

Chapter 2 presents the research methodology and conditions, including a description of the study site, soil, and meteorological characteristics of the experimental plot, an overview of the spring wheat varieties used, the cultivation technologies applied, and the methods for sample collection. The chapter also details the procedures for disease assessment, yield measurement, the structure of the study, and the statistical analysis of data collected from 2022 to 2024.

Location and soil conditions of the research. The experiments were conducted from 2022 to 2024 in the experimental field of the Technological Center for Agriculture of the Russian Federal Research Center Nemchinovka (FSBI FRC), located in the village of Sokolovo, Moscow, in the Novomoskovsk Autonomous Okrug. The test plots were located at a latitude of 55°52'34.02" N, a longitude of 38°27'59.97" E, and an altitude of 142 m above sea level, 55 km from the center of the Moscow region, Russia. The study site used crop rotation, alternating predecessors such as grain legumes, oats, potatoes, and barley. The soil of the experimental plot is a sod-podzolic medium loamy (Figure 1). The predecessors of the crops were leguminous crops.



Figure 1. The field experimental site

Soil analysis and physico-chemical characteristics before planting (2022 to 2024). The experimental site has moderately drained, slightly acidic, sod-podzolic, medium loamy soil. From 2022 to 2023, soil pH (5.7–5.8) was stable, with slight increases in organic matter (3.0–4.1%), phosphorus (162–195 mg/kg), and potassium (80–122 mg/kg). In 2024, the pH level dropped (from 5.1 to 5.2), while phosphorus (from 214 to 236 mg/kg), potassium (from 126 to 140 mg/kg), and organic matter (from 3.3 to 4.2%) increased.

Meteorological conditions of the experimental site (2022-2024). During the research period (2022–2024), the Moscow region experienced significant deviations from long-term average temperature and precipitation levels. Air temperatures were generally higher, particularly in the spring and summer months. The most notable anomalies were recorded in March, April, and July, where temperatures exceeded the long-term averages by 3–6°C. Precipitation levels also varied considerably, with periods of abnormally high humidity observed in June 2024 and July 2023, while drought conditions occurred in March 2024 and August 2022.

Study materials. The study involved three varieties of soft spring wheat (*Triticum aestivum* L.): Radmira, Agros, and Belyana (Table 1; Figure 2), developed through individual selection by the breeding team at the Federal Scientific Center “Nemchinovka” (FSC “Nemchinovka”). The Radmira variety is recommended for cultivation in the Volga-Vyatka region, including Nizhny Novgorod Oblast, with an average yield of 3.40 t/ha. Belyana has a high productivity potential, with maximum yields estimated at 4.63 tons per hectare. The Agros variety demonstrates an average yield of 3.68 t/ha in the northwestern regions and 3.99 t/ha in central areas.

Table 1– Description of genotypes utilized for the study

№	Genotypes	Variety code	Status	Pedigree
1	Belyana	8057532	Breeding line	Engelina × Ester
2	Agros	7852652	Breeding line	Zlata × Moskovskaya 56
3	Radmira	8261389	Check variety	Zlata × Ester

The Radmira variety is recommended for cultivation in the Volga-Vyatka region, including the Nizhny Novgorod region, with an average yield of 3.40 t/ha. Belyana has a high productivity potential, with a maximum yield estimated at 4.63 tons per hectare. The Agros variety has an average yield of 3.68 t/ha in the northwest and 3.99 t/ha in the central regions.



Figure 2. The three varieties used in the experiments

Experimental design. The experiment followed a two-factor factorial design, with Factor B representing spring wheat varieties (Factor B: Varieties) and Factor A representing cultivation technologies (Factor A: Cultivation Technology) (Table 2). Field trials were conducted over three growing seasons (2022–2024) according to a 3×3 factorial scheme with randomized plot arrangement. The experiment includes three cultivation technologies — basic, intensive, and high-intensive (Table 2). A total of 27 plots were established, each covering 80 m², with three replicates. Plots were spaced 1.0 m apart. Pre-sowing seed treatment of spring wheat was carried out using Oplot Trio SC (containing azoxystrobin 40 g/L, difenoconazole 90 g/L, and tebuconazole 45 g/L) at a rate of 500 mL/ton. Various pesticides were used to protect wheat crops. Herbicide treatments were applied using Ballerina (0.5 L/ha) and Fides (0.4 L/ha), which contained 2,4-D acid (as ethylhexyl ester) at 410 g/L and florasulam — 7.4 g/L, as well as fenoxaprop-P-ethyl (100 g/L) with the addition of safener mefenpyr-diethyl (27 g/L). For pest control, insecticides were used: Borey Neo (0.2 L/ha), containing alpha-cypermethrin (125 g/L), imidacloprid (100 g/L), and clothianidin (50 g/L), and Decis Expert (0.03 kg/ha), containing deltamethrin (250 g/L). To manage fungal diseases, the fungicide Kolosal Pro (0.4 L/ha), containing propiconazole (300 g/L) and tebuconazole (200 g/L), was applied. For growth development and acceleration of plant maturation, a growth regulator, HEFC (0.8 L/ha), containing ethephon at a concentration of 480 g/L, was used (Table 2). Azophoska NPK 16:16:16 fertilizer was used. It belongs to the category of nitroammonium phosphates, containing three active substances: nitrogen, phosphorus, and potassium. It was also used at different doses (for basal application before sowing) and for top-dressing.

Tillage. The main tillage included cultivation with KPK-4SU or KPK-8S, followed by plowing with PLN 3-35 plows after 10–14 days. Pre-sowing preparation involved cultivating up to a depth of 8 cm upon reaching physical soil maturity and was completed with harrowing using an RVK-3.6.

Mineral fertilizers were applied according to the planned yield level: basic — 4–5 t ha, intensive — 6–8 t ha, and high-intensity — 8–10 t ha. This was followed by cultivation at a depth of 4–5 cm, using the “Katros” unit for rolling. Sowing of spring wheat was performed using an Amazone D9-40 seeder. The seeding rate was 5.5 million viable wheat seeds per hectare.

Table 2- Technologies used in growing spring wheat crops

No.	Technique	Basic Technology	Intensive Technology	High-Intensity Technology
1	Main application, kg/ha (Fertilizer)	N30P40K90	N30P60K120	N30P90K150
2	Top dressing, kg/ha (Fertilizer)	N30	N30	N30 + N30 (based on diagnostics)
3	Seed treatment	Oplot Trio — 0.5 l/t	Oplot Trio — 0.5 l/t	Oplot Trio — 0.5 l/t
4	Herbicide treatment (tillering phase)	Balerina — 0.5 l/ha + Fides — 0.4 l/ha	Linur — 0.16 kg/ha + Puma Super 100 — 0.6 l/ha	Linur — 0.16 kg/ha + Puma Super 100 — 0.6 l/ha
5	Insecticide treatment (stem elongation phase)	Borey Neo — 0.2 l/ha	Decis Expert — 0.03 kg/ha	Decis Expert — 0.03 kg/ha
6	Fungicide treatment (stem elongation phase)	Kolosal Pro — 0.4 l/ha	Kolosal Pro — 0.4 l/ha + CHEFK — 0.8 l/ha	Kolosal Pro — 0.4 l/ha + CHEFK — 0.8 l/ha

Field Monitoring. Throughout the growing season, regular field observations were conducted on experimental plots to assess the phytosanitary condition before and after pesticide applications. During key growth stages of spring wheat, the incidence, severity, and development of fungal diseases were recorded starting from the first appearance of symptoms. The phytosanitary condition of spring wheat was studied using the generally accepted methodologies.

The prevalence of the disease is defined as the proportion of infected plants (or plant parts) relative to the total number of plants in a sample and is expressed as a percentage. Disease severity is a qualitative indicator reflecting the intensity of disease symptoms. The assessment was based on the affected area of plant organs (e.g., spots or pustules), using a 5-point scale for diseases such as leaf blotch, powdery mildew, and Fusarium head blight. The development of the disease reflects the average degree of damage in the area or the field and was calculated as an integral indicator according to the generally accepted methodology.

Yield Parameters. The yield structure was assessed following the methodology of the State Variety Testing of crops (1989). Phenological observations were conducted from sowing to harvest. Yield components were studied using fixed

sampling areas (0.25 m²) at four locations per plot across all experimental replicates. Harvesting was conducted using a direct *Sampo-500* combine harvester. Yield was measured by harvesting from designated plots and adjusting grain yield to 14% moisture content and 100% purity. The technological properties of the grain were analyzed using laboratory methods in accordance with GOST 10846-91, GOST 10842-89, and GOST 13586.1-2014. At harvest, yield structure, grain yield, and grain quality (1000-grain weight and protein content) for all varieties were determined.

Economic parameters. To assess the economic efficiency of various wheat cultivation technologies, the "cost–benefit" analysis method was used. This approach allows for a comprehensive evaluation of profitability, productivity, and resource use efficiency in agronomic practices. A total of 15 economic indicators that reflect grain yield and resource efficiency were analyzed. Key indicators included grain yield (t/ha), partial factor productivity of nitrogen (PFPN), phosphorus (PFPP), and potassium (PFPK), expressed as kg of grain per kg of nutrient applied, as well as agronomic efficiency of nitrogen (AEN), phosphorus (AEP), and potassium (AEK), which measure the additional yield per unit of nutrient applied. Profit indicators were calculated using grain yield value (GYV, RUB/ha), net returns (NR, RUB/ha), value–cost ratio (VCR), and marginal returns (MR). The increase in gross return over the control (GRIOC) and the net return (NR = GRIOC – CostV) reflected the actual economic benefit. Additional parameters included the break-even point (BEP), payback period (PBP), and the cost of nitrogen (NC), phosphorus (PC), and potassium (KC) per hectare. This integrated approach enables a thorough assessment of the economic viability and sustainability of different wheat production technologies by combining agronomic output with economic outcomes.

Statistical Data Analysis. Data were subjected to analysis of variance (ANOVA) using the GENSTAT statistical program (GENSTAT, 15th release, Rothamstead, UK). The Student Newman-Keuls multiple range test (SNK) was used to compare treatment means using a significance level of $\alpha = 0.05$. The data residuals for the parameters were checked for normality and homogeneity using Shapiro-Wilk and Bartlett's criteria to ensure the data are distributed.

Chapter 3 presents the analysis of yield components, grain yield, and quality traits of spring wheat varieties under various cultivation technologies from 2022 to 2024. The chapter includes data on the number of spikelets and grains per spike, seed weight per spike, and 1000-grain weight, along with their interactions depending on variety and cultivation method. Additionally, it provides results of yield analysis (t/ha) across varieties and technologies, including their combined effects, along with grain quality parameters such as gluten and protein content (%) under the influence of the studied factors.

The number of spikelets had no significant varietal effect in 2023 and 2024 ($P>0.05$), although slight year-to-year variations were observed among varieties (Table 3). However, Radmira attained the highest spikelets per spike (16.77) in 2023, and Agros (16.40), followed by Belyana (16.07) in 2022. On average, Belyana attained the highest spikelets (15.29). Cultivation technologies significantly influenced spikelet number; on average, intensive technology produced the highest number of spikelets (15.61), increasing the over basic ($\pm 7.60\%$) across years, while basic technology consistently produced the lowest values. Overall, spikelet number was more influenced by cultivation practices than genotype, highlighting intensive technology as a promising approach for boosting yield-related traits (Table 3)

Table 3–Influence of three varieties and cultivation technologies on Number of spikelets⁻¹ and Number of seeds spike⁻¹

Treatment s	Number of spikelets spike ⁻¹			Three years Averag e	± Basi c (%)	Number of seeds spike ⁻¹			Three years Averag e	± Basi c (%)
	2022	2023	2024			2022	2023	2024		
Factor A: Cultivation Technology										
Basic	14.67	15.72	13.14	14.51	-	31.93	35.79	31.73	33.15	-
Intensive	17.07	16.58	13.19	15.61	7.60	38.83	37.82	33.24	36.63	10.50
High - intensive	16.57	15.78	13.19	15.18	4.62	38.00	40.06	32.62	36.89	11.29
P-value	<.001** *	0.334 ⁿ s	0.965 ⁿ s	-	-	<.001** *	0.041* s	0.774 ⁿ s	-	-
LSD 5%	0.49	1.56	0.58	-	-	0.31	3.57	2.46	-	-
Standard error (A)	0.22	0.69	0.26	-	-	0.14	1.58	1.08	-	-
CV%	1.4	4.3	1.9	-	-	0.4	4.2	3.3	-	-
Factor B: Varieties										
Agros	16.40	15.42	13.17	15.00	-0.11	37.77	33.80	33.04	34.87	-6.86
Belyana	16.07	15.89	13.91	15.29	1.84	33.20	37.19	33.73	34.71	-7.29
Radmira (Standard)	15.83	16.77	12.44	15.01	-	37.80	42.68	31.83	37.44	-
P-value	0.080 ^{ns}	0.043 ⁿ s	0.009* s	-	-	<.001** *	<.001** *	0.086 ⁿ s	-	-
LSD 5%	0.49	0.97	0.65	-	-	0.42	1.86	1.72	-	-
Standard error (B)	0.22	0.43	0.29			0.18	0.82	0.76		
CV%	1.4	2.7	2.2	-	-	0.5	2.2	2.3	-	-

CV%= coefficients of variation, LSD 5%= Least significant difference, while the student test was used to separate the means, ns=not significant, ns= not significant, *=significant, **=very significant, ***=highly significant.

Number of seeds per spike- on average, Radmira recorded the highest number of seeds per spike (37.44), followed by Agros (34.87). Cultivation technologies significantly influenced seed numbers, with the intensive and high-intensive systems outperforming basic technology (Table 3). On average, high-intensive (36.89) and intensive (36.63), which are statistically similar, exhibited the highest seed number per spike across seasons. However, when the percentage increase was calculated, it was high intensity, increasing by ($\pm 11.29\%$). These results confirm that combining high-performing varieties with intensive and high-intensive cultivation can enhance wheat yield potential (Table 3).

Mass of Seed weight per spike - The average analysis shows that the Agros variety produced a denser seed weight per spike (1.61g), thereby attaining a percentage increase of ($\pm 10.30\%$) compared to both varieties. In contrast, Belyana and Radmira showed statistically similar seed weights (Table 4). The three-year pool analysis shows that high-intensive cultivation technology consistently produced higher seed weights per spike (1.60g), with an increment of ($\pm 15.42\%$), outperforming basic technology across all years. These findings suggest that combining Agros with high-intensive technology can enhance seed weight and wheat productivity.

Table 4- Influence of varieties and cultivation technologies on weight of seeds spike⁻¹, and Mass of 1000 wheat grains(g)

Treatment s	Mass of seeds spike ⁻¹			Three years Averag e	± Basi c (%)	Mass of 1000 grains weight			Three years Averag e	± Basi c (%)
	2022	2023	2024			2022	2023	2024		
Factor A: Cultivation Technology										
Basic	1.43	1.44	1.28	1.38	-	39.80	35.51	33.04	36.12	-
Intensive	1.90	1.47	1.33	1.57	13.25	42.00	37.28	35.30	38.19	5.75
High - Intensive	1.90	1.63	1.26	1.60	15.42	45.87	38.60	36.43	40.30	11.58
P-value	0.65 ^{ns}	0.046 [*]	0.431 ^{n s}	-	-	<.001 ^{** *}	<.001 ^{** *}	<.001 ^{** *}	-	-
LSD 5%	0.00	0.15	0.13	-	-	0.40	0.70	0.42	-	-
Standard error (A)	0.00	0.07	0.06	-	-	0.18	0.31	0.18	-	-
CV%	0.0	4.5	4.3	-	-	0.4	0.8	0.5	-	-
Factor B: Varieties										
Agros	1.93	1.50	1.39	1.61	10.30	45.80	39.03	36.53	40.45	11.22
Belyana	1.63	1.50	1.33	1.49	2.06	41.23	36.16	36.06	37.82	3.97

Radmira (Standard)	1.67	1.55	1.15	1.46	-	40.63	36.21	32.28	36.37	-
P-value	0.010* *	0.944 ⁿ s	0.005* *	-	-	<.001** *	0.045* *	<.001** *	-	-
LSD 5%	0.15	0.44	0.10	-	-	0.39	2.53	0.32	-	-
Standard error (B)	0.07	0.19	0.04			0.17	1.12	0.14		
CV%	1.93	1.50	1.39	-	-	45.80	39.03	36.53	-	-

CV%= coefficients of variation, LSD 5%= Least significant difference, while Student test was used to separate the means, ns=not significant, ns= not significant, *=significant, **=very significant, ***=highly significant

Mass of 1000-grain – Statistical significance ($P \leq 0.05$) was observed for variety and technology with the 1000-grain weight among the wheat varieties. On average, Agros attained the optimum seed weight (40.45g), increasing by ($\pm 11.22\%$) compared to the other varieties, which could be due to its superior genotypic traits and nutrient use efficiency. Averaging for technology, the High-intensity technology (40.30g), making an increase of ($\pm 11.55\%$) consistently produced the densest 1000-grain weights across all years, outperforming intensive and basic systems. These results provide techniques to enhance grain density and yield (Table 4).

Grain yield - The study demonstrated that the Belyana variety had the highest average yield (4.69 t ha⁻¹) across the study period (2022–2024), consistently demonstrating stable production compared to Agros (4.51 t ha⁻¹) and Radmira (4.44 t ha⁻¹) varieties (Table 5). When the percentage increase was analyzed, the Belyana variety attained a ($\pm 4.43\%$) increase compared to Agros and Radmira (standard variety). Yield variability among the three varieties was significant ($P \leq 0.05$), which may have been influenced by environmental factors, cultivation technologies, and varietal adaptability, as shown in Table 5.

Table 5 –Influence of three varieties and three cultivation technologies on the yield of spring wheat

Treatments	Yield t ha ⁻¹			Three years Average	± Basic (%)
	2022	2023	2024		
Factor A: Cultivation Technology					
Basic	3.64	4.05	4.27	3.99	-
Intensive	4.86	4.46	4.76	4.69	17.73
High -intensive	5.01	4.78	4.94	4.91	23.16
P-value	<.001***	<.001***	<.001***	-	-
LSD 5%	0.14	0.14	0.08	-	-
Standard error (A)	0.06	0.06	0.04	-	-
CV%	1.4	1.4	0.8	-	-
Factor B: Varieties					

Agros	4.78	3.80	4.95	4.51	1.50
Belyana	4.84	4.42	4.66	4.64	4.43
Radmira (Standard)	3.89	5.07	4.37	4.44	-
P-value	0.007**	<.001***	<.001***	-	-
LSD 5%	0.22	0.17	0.01	-	-
Standard error (B)	0.10	0.08	0.01	-	-
CV%	2.2	1.7	1.0	-	-

CV%= coefficients of variation, LSD 5%= Least significant difference, while the student test was used to separate the means, ns=not significant, ns= not significant, * =significant, **=very significant, ***=highly significant

Cultivation technology significantly impacted wheat yield ($P \leq 0.001$) across all years, with the high-intensity system achieving the highest yield (4.91 t ha⁻¹), with a percentage increment of ($\pm 23.16\%$) surpassing both the intensive (4.70 t ha⁻¹) and basic technology (3.99 t ha⁻¹). The study observed that the yield decrease in 2023 was primarily linked to adverse meteorological conditions and disease incidence, underscoring the critical influence of climate variability and pest management on productivity. These results emphasize the importance of selecting resilient varieties such as Belyana and Radmira and adopting intensive and high-intensity agronomic management practices tailored to specific agroecological conditions and varieties to maximize wheat yield and sustainability (Table 5).

Gluten- Radmira (standard variety) consistently exhibited the highest gluten content across all three years (average 25.15%), which is suitable for baking and industrial processes. Agros had the lowest gluten percentage (average 20.43%), making it ideal for biscuits, pastries, and individuals with gluten intolerance (Table 6). Gluten significantly varied among varieties ($P \leq 0.001$), indicating that genetic traits variation, environmental factors, and agricultural practices substantially influenced gluten and protein levels in wheat grains. The study observed significant differences among cultivation technologies ($P \leq 0.001$), with high-intensive technology producing the highest gluten content (25.25%), followed by intensive (23.68%) and basic cultivation systems (19.01%), which had the least (Table 6). Our findings show that high-intensive technology increases the gluten percentage by ($\pm 32.78\%$) compared to the basic and intensive system of cultivation. This increase from High-Intensive technology can be attributed to the improved technique used in the study, the timely application of fertilizer, and the use of crop protection chemicals, confirming a direct relationship between input intensity and wheat gluten content. The findings underscore the need to optimize cultivation practices and varietal selection to improve grain quality and nutritional status, as shown in Table 6.

Table 6 - Influence of varieties and cultivation technologies on quality indicators, gluten, and protein contents of spring wheat

Treatments	Gluten %			Three years Average	± Basic (%)	Protein %			Three years Average	± Basic (%)
	2022	2023	2024					2022		
Factor A: Cultivation Technology										
Basic	18.67	18.44	19.93	19.01	-	11.43	12.97	13.65	12.68	-
Intensive	25.10	25.10	20.83	23.68	24.53	13.69	14.30	17.50	15.16	19.55
High - intensive	27.27	27.27	21.20	25.25	32.78	14.10	15.10	17.17	15.46	21.87
P-value	<.001**	<.001**	<.001**	-	-	<.001**	<.001**	<.001**	-	-
LSD 5%	0.09	0.31	0.20	-	-	0.33	0.37	0.42	-	-
Standard error (A)	0.34	0.14	0.09	-	-	0.15	0.16	0.19	-	-
CV%	0.2	0.6	0.4	-	-				-	-
Factor B: Varieties										
Agros	20.27	20.26	20.77		-	12.17	13.60	15.60	13.79	-
				20.43	18.74					7.59
Belyana	23.43	23.43	20.20		-	12.59	14.73	16.45	14.59	-
				22.35	11.11					2.23
Radmira (Standard)	27.33	27.11	21.00	25.15	-	14.47	14.03	16.27	14.92	-
P-value	<.001**	<.001**	0.001**	-	-	<.001**	<.001**	0.002*	-	-
LSD 5%	0.09	0.27	0.23	-	-	0.36	0.16	0.25	-	-
Standard error (B)	0.04	0.12	0.10			0.16	0.07	0.11		
CV%	0.2	0.5	0.5	-	-	1.2	0.5	0.7	-	-

CV%= coefficients of variation, LSD 5%= Least significant difference, while the student test was used to separate the means, ns=not significant, ns= not significant, *=significant, **=very significant, ***=highly significant

Protein- ANOVA analysis revealed statistically significant ($P \leq 0.001$) differences in protein content among wheat varieties, as shown in Table 3.5. Radmira averaged the highest protein percentage (14.92%), followed closely by Belyana (14.59%), while Agros had the lowest (13.79%). Radmira consistently demonstrated enhanced protein and gluten synthesis, indicating strong genetic potential for nutritional quality. High-intensive cultivation technology yielded the

highest protein (15.46%), increasing by ($\pm 21.87\%$), followed by intensive technology (15.16%), which increased by ($\pm 19.55\%$) across all years (Table 6).

These increments could be due to the increased nitrogen levels and split applications used in the intensive systems, which significantly boosted protein biosynthesis. These findings highlight that combining Radmira or Belyana with high-intensity technology optimizes wheat grain quality.

Chapter 4 presents an analysis of the prevalence and the degree of the disease development (severity) of three major diseases of spring wheat: Septoria leaf blotch (SLB), wheat powdery mildew (WPM), and Fusarium head blight (FHB), depending on varieties and applied cultivation technologies during 2022–2024. The impact of basic, intensive, and high-intensive technologies on disease development at different stages of plant growth was examined.

The combined ANOVA revealed significant differences ($P \leq 0.011$) in the incidence and severity of Septoria leaf blotch (SLB) among wheat varieties and cultivation technologies from 2022 to 2024. On average, across all conditions, the Belyana variety exhibited the lowest disease incidence (30.23%) and severity (1.82%), indicating a high level of resistance to SLB. In terms of technology, intensive cultivation proved to be the most effective strategy in disease control, with an incidence rate of 23.84% and a severity of 1.73% (Table 7). Intensive technology reduces SLB incidence by ($\pm 45.15\%$) and severity by ($\pm 19.89\%$), indicating that cultivation technology had a greater impact on STB control than variety. Basic technology had the highest disease pressure and STB severity in all years. These findings enable us to conclude that Belyana and intensive cultivation are optimal for managing STB. They should be prioritized in disease-resistant wheat breeding programs and in agronomic efforts to develop and introduce disease-resistant wheat varieties, as shown in Table 7.

Table 7 - The influence of varieties and cultivation technologies on the prevalence and degree of development (severity) of Septoria tritici blotch (STB)

Treatment s	Septoria leaf blotch disease incidence (%)			Three years Averag e	± Basi c (%)	Septoria leaf blotch disease severity (%)			Three years Averag e	± Basi c (%)
	2022	2023	2024			2022	2023	2024		
Factor A: Cultivation Technology										
Basic	46.25	45.83	38.33	43.47	-	2.00	2.00	2.46	2.15	-
Intensive	28.47	23.06	20.00	23.84	45.15	1,76	1.74	1.71	1.73	19.89
High - Intensive	34.17	35.56	25.97	31.90	26.62	1.74	1.99	1.58	1.77	17.80

P-value	0.010*	<.001**	0.002*	-	-	0.080 ⁿ _s	0.004*	<.001*	-	-
LSD 5%	8.31	10.25	5.77	-	-	0.25	0.28	0.11	-	-
Standard error (A)	3.67	2.14	2.54	-	-	0.12	0.12	0.06	-	-
CV%	10.1	6.1	9.1	-	-	6.0	6.0	2.7	-	-
Factor B: Varieties										
Agros	36.25	37.08	29.17	34.17	1.86	1.80	2.02	1.83	1.88	2.92
Belyana	33.06	32.64	25.00	30.23	13.16	1.73	2.04	1.69	1.82	6.19
Radmira (Standard)	39.58	34.72	30.14	34.81	-	1.98	2.11	1.73	1.94	-
P-value	0.084 ⁿ _s	0.538 ^{ns}	0.242 ⁿ _s	-	-	0.028*	0.533 ⁿ _s	0.344 ⁿ _s	-	-
LSD 5%	5.78	4.84	7.45	-	-	0.17	0.20	0.23	-	-
Standard error (B)	2.55	4.52	3.29			0.07	0.09	0.10		
CV%	7.0	13.0	11.7	-	-	4.0	4.4	5.9	-	-

CV%= coefficients of variation, LSD 5%= Least significant difference, while the student test was used to separate the means, ns=not significant, ns= not significant, * =significant, **=very significant, ***=highly significant

Statistical analysis revealed that cultivation technologies had a significant influence on wheat powdery mildew (WPM) incidence and severity ($P \leq 0.001$), whereas varietal differences were not statistically significant Table 8. Intensive cultivation technology consistently showed the lowest average disease incidence (23.01%) and severity (1.62%), making it the most effective management approach, reducing disease incidence by (± 39.39) and severity by (± 21.45).

Although Radmira had a slightly higher disease incidence (29.81%), it demonstrated the lowest severity (1.72%), indicating its pronounced resistance to wheat powdery mildew (Table 8). The Belyana variety also showed a decrease in disease incidence (28.75%), by reducing it to (± 3.57) and severity to (± 6.77) compared to Agros and Radmira with the use of intensive cultivation technology, which is likely due to the presence of resistant genes and can be helpful in breeding programs. Yearly variation significantly impacted disease outcomes, with 2023 exhibiting the highest disease pressure, underscoring the role of environmental conditions and the need for early intervention in WPM control (Table 8).

Table 8 - The influence of varieties and cultivation technologies on the prevalence and degree of development (severity) of Powdery mildew.

Treatment s	Powdery mildew disease incidence (%)			Three years Averag e	± Basi c (%)	Powdery mildew disease severity (%)			Three years Averag e	± Basi c (%)
	2022	2023	2024			2022	2023	2024		
Factor A: Cultivation Technology										
Basic	37.64	38.75	37.50	37.96	-	1.69	2.38	2.13	2.07	-
Intensive	24.86	23.06	21.11	23.01	39.39	1.46	1.81	1.60	1.62	21.45
High - Intensive	24.44	29.58	26.25	26.76	29.52	1.61	1.99	1.51	1.70	17.58
P-value	<.001** *	0.001** *	<.001** *	-	-	0.015*	0.002* *	<.001** *	-	-
LSD 5%	3.028	3.98	3.51	-	-	0.120	0.17	0.146	-	-
Standard error (A)	3.34	1.76	1.54	-	-	0.05	0.07	0.06	-	-
CV%	4.6	5.8	5.5	-	-	3.3	3.7	3.7	-	-
Factor B: Varieties										
Agros	31.39	26.67	29.44	29.17	2.17	1.69	2.03	1.79	1.84	6.58
Belyana	27.22	31.81	27.22	28.75	3.57	1.67	2.12	1.73	1.84	6.77
Radmira (Standard)	28.33	32.92	28.19	29.81	-	1.41	2.04	1.72	1.72	-
P-value	0.107 ^{ns}	0.129 ^{ns}	0.342 ^{ns}	-	-	0.058 ⁿ s	0.787 ⁿ s	0.311 ^{ns}	-	-
LSD 5%	4.18	6.93	3.67	-	-	0.246	0.39	0.12	-	-
Standard error (B)	1.84	3.06	1.62			0.12	0.17	0.05		
CV%	6.4	10.0	5.7	-	-	6.8	8.4	2.9	-	-

CV%= coefficients of variation, LSD 5%= Least significant difference, while the student test was used to separate the means, ns=not significant, ns= not significant, *=significant, **=very significant, ***=highly significant.

The ANOVA analysis showed no significant differences in Fusarium head blight (FHB) incidence and severity among spring wheat varieties ($P > 0.05$). However, highly significant differences were observed across cultivation technologies and years ($P \leq 0.001$).

Table 9–The influence of varieties and cultivation technologies on the prevalence and degree of development (severity) of Fusarium head blight (FHB)

Treatments	Fusarium head blight disease incidence (%)			Three years Average	± Basic (%)	Fusarium head blight disease severity (%)			Three years Average	± Basic (%)
	2022	2023	2024			2022	2023	2024		
Factor A: Cultivation Technology										

Basic	30.56	26.48	33.70	30.25	-	1.86	2.78	2.67	2.44	-
Intensive	19.44	13.70	17.96	17.03	43.69	1.44	2.30	1.63	1.79	26.54
High - Intensive	22.04	20.00	21.11	21.05	30.41	1.54	2.23	1.71	1.83	25.03
P-value	<.001***	<.001***	<.001***	-	-	0.013**	0.002**	<.001***	-	-
LSD 5%	1.76	1.90	3.13	-	-	0.22	0.29	0.23	-	-
Standard error (A)	0.78	0.83	1.38	-	-	0.09	0.13	0.10	-	-
CV%	3.2	4.2	5.7	-	-	5.9	5.7	5.1	-	-
Factor B: Varieties										
Agros	24.81	22.22	22.96	23.33	7.68	1.75	2.24	2.08	2.02	7.24
Belyana	24.44	17.96	27.59	23.33	7.68	1.62	2.30	1.97	1.96	4.06
Radmira (Standard)	22.78	20.00	22.22	21.67	-	1.47	2.23	1.96	1.89	-
P-value	0.767 ^{ns}	0.191 ^{ns}	0.338 ^{ns}	-	-	0.253 ^{ns}	0.691 ^{ns}	0.260 ^{ns}	-	-
LSD 5%	8.01	5.21	9.52	-	-	0.40	0.24	0.19	-	-
Standard error (B)	3.53	2.30	4.20			0.17	0.10	0.08		
CV%	14.7	11.5	17.3	-	-	10.8	4.6	4.2	-	-

CV%= coefficients of variation, LSD 5%= Least significant difference, while the student test was used to separate the means, ns=not significant, ns= not significant, *=significant, **=very significant, ***=highly significant.

Agros and Belyana had the highest average FHB incidence, at 23.33% (Table 9). Radmira variety demonstrated a lower incidence (21.67%), though all varieties had similar severity levels. The most effective method for reducing Fusarium infestation levels was Intensive cultivation technology, with an average disease prevalence of 17.03% and severity of 1.79%. Intensive technology reduces FHB infestation prevalence by ($\pm 43.69\%$) and severity by ($\pm 26.54\%$) compared to basic and high-intensive systems. The findings confirmed that cultivation technology reduces FHB management more effectively than variety. Our findings emphasize the importance of adopting intensive technology to effectively control FHB in wheat-infested fields.

Chapter 5 is devoted to the economic assessment of three spring wheat varieties — Belyana, Agros, and Radmira — under basic, intensive, and high-intensity cultivation technologies from the 2022 to 2024 cultivation periods. The chapter emphasizes the relationships among varieties, cultivation technologies, and their joint impact on profitability, breakeven points, and payback periods in sustainable wheat production systems.

The study shows that varietal differences were statistically significant for GYV and GRIOC ($P \leq 0.001$). In the analysis for the average output, Belyana showed the highest GRIOC (42,097 rubles) and GYV (65,721 rubles), making it the most economically viable cultivar (Table 10).

Cultivation technologies also have a highly significant effect ($P \leq 0.001$) on GRIOC and GYV. On average, intensive technology yielded the highest economic returns for GRIOC (43,407 rubles t.ha⁻¹), and high-intensive technology attained the highest GYV (67,359 rubles ha⁻¹). Basic technology had the lowest.

Findings show that profitability increased with increased cultivation intensity, supporting high-input technologies for commercial farming and intensive approaches for resource-limited farmers. Pairing the Belyana variety with high-intensive cultivation offers the highest financial return. Strategic matching of variety and technology is essential for maximizing wheat profitability, as shown in Table 10.

Table 10 – Influence of variety and cultivation technologies on the increase in gross return over control (GR_{IOC}) and grain yield value (GY_V)

Parameters/ Treatments	GR _{IOC} - Rubles.ha ⁻¹			GY _V - Rubles.ha ⁻¹		
	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Factor A: Cultivation Technology						
Basic	30,027	35,219	40,484	51,007	56,669	61,963
Intensive	44,393	41,301	44,526	67,993	62,502	71,582
High -intensive	45,380	37,999	45,882	70,093	66,951	69,068
P-value	0.001***	0.002**	<.001***	<.001***	<.001***	<.001***
LSD 5%	4,617.6	1,899.6	1,181.8	4,617.6	1,899.6	1,181.8
Standard error (A)	2037.0	838.0	521.3	2037.0	838.0	521.3
CV%	5.1	2.2	1.2	3.2	1.4	0.8
Factor B: Varieties						
Agros	43,776	29,395	47,820	66,873	53,262	71,727
Belyana	44,709	37,966	43,615	67,807	61,833	67,522
Radmira	31,316	47,159	39,458	54,413	71,027	63,365
P-value	0.007*	<.001***	<.001***	0.007*	<.001***	<.001***
LSD 5%	6,253.0	2,382.2	167.4	6,253.0	2,382.2	167.4
Standard error (B)	2758.4	1050.9	73.8	2758.4	1050.9	73.8
CV%	6.9	2.8	0.2	4.4	1.7	0.1

GRIOC=increase in gross return over control, GYV=grain yield value, CV=coefficients of variation, LSD=Least significant difference, while Student test was used to separate the means, ns= not significant, * =significant, **=very significant, ***=highly significant.

Varieties significantly influenced MR, NR, and VCR in 2023 and 2024 ($P \leq 0.001$) (Table 11). On average, the Belyana variety consistently recorded the highest average MR (0.780 rubs/ha), NR (18,472 rubs/ha), and VCR (1.775), making it the most economically viable cultivar across all technologies.

Cultivation technology had a significant impact on MR and NR in 2022 ($P \leq 0.002$), with intensive and high-intensive systems outperforming basic technology.

High-intensive technology achieved the highest average NR (18,833 rubles/ha), while intensive technology had the highest MR (0.767 rubles/ha) and VCR (1.765) (Table 11).

Basic technology consistently yielded the lowest MR, NR, and VCR, indicating low profitability. High-input technologies, despite higher costs, provided greater economic returns, especially when combined with responsive varieties like Belyana. The combination of Belyana and intensive/high-intensive technologies offers optimal profitability. Strategic selection of cultivars and input levels is essential for maximizing wheat farm income under variable conditions, as shown in Table 11.

Table 11- Impact of varieties and cultivation technologies on the increase in marginal returns (MR), net returns (NR), and the value-cost ratio (VCR) of spring wheat.

Parameters/ Treatments	MR - Rubles. ha ⁻¹			NR -Rubles. ha ⁻¹			VCR - Rubles. ha ⁻¹		
	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Factor A : Cultivation Technology									
Basic	0.433	0.553	0.886	9,047	13,769	19,005	1,431	1,622	1,886
Intensive	0.878	0.610	0.814	20,793	13,496	19,984	1,881	1,600	1,814
High -intensive	0.833	0.641	0.786	20,667	15,651	20,182	1,837	1,533	1,786
P-value	0.002**	0.103 ^{ns}	0.017*	0.002**	0.064 ^{ns}	0.098 ^{ns}	0.006*	0.061 ^{ns}	0.017 ^{ns}
LSD 5%	0.153	0.085	0.05	4 164.7	1 899.6	1181.8	0196.1	0.073	0.055
Standard error (A)	0.068	0.0375	0.0243	1837.2	838.0	521.3	0.087	0.032	0.024
CV%	9.5	6.2	2.9	10.9	5.9	2.6	5.0	2.0	0.2
Factor B: Varieties									
Agros	0.878	0.226	1.006	20,678	5,527	23,913	1,884	1,211	2,006
Belyana	0.922	0.596	0.823	21,611	14,098	19,708	1,923	1,578	1,823
Radmira	0.344	0.983	0.657	8,218	23,291	15,551	1,342	1,967	1,657
P-value	0.008*	<.001***	<.001***	0.005**	<.001***	<.001***	0.006*	<.001***	<.001***
LSD 5%	0.277	0.103	0.009	5736.1	2 382.2	167.4	0.2626	0.110	0.009
Standard error (B)	0.122	0.0455	0.0040	2530.4	1050.9	73.8	0.116	0.048	0.004
CV%	17.1	7.6	0.5	15.0	2.9	0.4	6.7	3.1	0.3

MR=marginal return, NR=net returns, VCR=value-cost ratio, CV=coefficients of variation, LSD=Least significant differences, while Student test was used to separate the means, ns= not significant, * =significant, **=very significant, ***=highly significant.

Conclusion

In our research conducted in 2022-2024, the following key results were obtained:

1. Intensive cultivation technologies significantly increased grain yield, with yields up to 4.91 t/ha under the high-intensive system (averaged across all varieties) compared to 3.99 t/ha under the basic system (averaged across all varieties). Over the three years, the Belyana variety demonstrated the highest yield, 4.64 t/ha (averaged across all technologies), outperforming Agros (4.51 t/ha) and Radmira (4.44 t/ha). Grain quality also improved with increasing cultivation intensity: maximum protein content reached 15.46% under the high-intensive system (averaged across varieties), and maximum gluten content was 25.24% under the same system (averaged across varieties). Among varieties, Radmira exhibited the highest gluten content, 25.15% (averaged across technologies), making it valuable for the baking industry.

2. Varieties Belyana and Agros demonstrated high performance of agronomic traits, depending on cultivation technology, including grain weight per spike and 1000-grain weight. Agros attained average grain weight per spike (1.59 g) and 1000-grain weight (40.45 g), while Belyana had (1.49 g) grain weight per spike, and (37.78 g) 1000-grain weight compared to Radmira (1.50 g; 36.37 g). This confirms their genetic potential to produce large, high-yielding, and marketable grain, highlighting their potential for cultivation in systems prioritizing high grain quality.

3. Cultivation technologies substantially influence disease development: the intensive system shows the most significant reduction in severity of Septoria leaf blotch, powdery mildew, and Fusarium head blight. Belyana showed high resistance to Septoria leaf blotch, 30.23% incidence (under intensive technology). Radmira exhibited resistance to powdery mildew (1.72% severity) and Fusarium head blight (21.67% incidence), making it valuable for producing high-quality grain even under moderate input systems.

4. The highest economic efficiency was achieved by combining the high-intensive cultivation technology with the Belyana variety, which yielded the maximum values for grain yield value (GYV) of 65,721, net return (NR) of 18,472, marginal return (MR) of 0.780, and value-cost ratio (VCR) of 1,775. Although Radmira was less profitable under the basic system, it, however, showed significant economic improvement when intensive methods were applied, making it promising for low-input or subsistence farming.

5. The study confirmed that integrating disease-resistant varieties with optimal cultivation technologies enhances both productivity and economic efficiency of spring wheat. The findings can be used by farmers and breeders, as well as policymakers, to develop policies for sustainable wheat production.

Practical Recommendations

For farms in the Central Region of the Non-Black Earth Zone of the Russian Federation, the spring wheat varieties Belyana and Agros, grown with high-intensity technology, are recommended as top choices to increase yields and improve economic efficiency.

Although Radmira shows a lower yield, it exhibits enhanced resistance to key wheat diseases, including Fusarium head blight and powdery mildew, supporting its recommendation for cultivation in areas with high disease risk.

In terms of gluten and protein content, Radmira consistently showed the highest values over all three years and can be recommended for producing high-quality bread-making and food-grade grain.

Prospects for further development of the research topic

Future studies should evaluate additional disease-resistant varieties bred by the Nemchinovka Research Center, utilizing both intensive and advanced technologies to achieve more effective wheat disease control.

LIST OF WORKS PUBLISHED ON THE TOPIC OF THE THESIS

Publications in journals indexed in the international citation and analytical databases Scopus and Web of Science:

1. Economic parameter estimates of spring wheat varieties grown under different cultivation technologies / **F. S. Saquee**, E. Pakina, M. Zargar [et al.] // Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. – 2024. – Vol. 62. – P. 103454. – DOI 10.1016/j.bcab.2024.103454. – EDN CSEAZQ.
2. Efficacy of Micronutrient Fertilizers on the Yield Formulation and Quality of Wheat Grains / **F. S. Saquee**, S. Diakite, N. J. Kavhiza [et al.] // Agronomy. – 2023. – Vol. 13, No. 2. – P. 566. – DOI 10.3390/agronomy13020566. – EDN YOGWVZ.
3. Effect of thiamethoxam seed treatment on insect pest prevalence and grain yield in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) / T. Astarkhanova, A. V. Bereznov, **F. S. Saquee** [et al.] // Sabrao Journal of Breeding and Genetics. – 2024. – Vol. 56, No. 3. – P. 1072-1082. – DOI 10.54910/sabrao2024.56.3.15. – EDN GSSDYY.
4. Effectiveness of *Rhodococcus erythropolis* strain OPI-01 on the fungal development in winter wheat / A. Behzad, S. Diakite, T. S. Astarkhanova, E. N. Pakina, D. Allen, P. M. Mohammadi, **F. S. Saquee** // Biodiversitas. – 2024. – Vol. 25, No. 3. – DOI 10.13057/biodiv/d250320. – EDN MTGZDE.
5. Plant growth and development responses to sulfur nutrition and disease attack under climate change: role of sulfur and management strategies for wheat and barley / S. Diakite, **F. S. Saquee**, N. J. Kavhiza [et al.] // Pedosphere. – 2024. – DOI 10.1016/j.pedsph.2024.12.004. – EDN XHNOMC.

6. Impacts of climate change, forms, and excess of nitrogen fertilizers on the development of wheat fungal diseases / S. Diakite, E. N. Pakina, A. Behzad, M. Zargar, **F.S. Saquee** [et al.] // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. – 2023. – Vol. 15, No. 2. – P. 303-336. – DOI 10.12731/2658-6649-2023-15-2-303-336. – EDN CFVBDJ.

7. Application of New-Generation Growth Regulators and Topdressing Nitrogen Fertilizers Increases Improver Winter Wheat Yield and Grain Quality in South Russia / Yu. Pleskachiov, S. Voronov, S. Kurbanov, **F. S. Saquee** [et al.] // Agriculture. – 2022. – Vol. 12, No. 9. – P. 1310. – DOI 10.3390/agriculture12091310. – EDN ZGETDZ.

8. New Advances in Nano-Enabled Weed Management Using Poly(Epsilon-Caprolactone)-Based Nanoherbicides: A Review / M. Zargar, M. Bayat, F. S. Saquee [et al.] // Agriculture. – 2023. – Vol. 13, No. 10. – P. 2031. – DOI 10.3390/agriculture13102031. – EDN HJHGQW.

Articles in publications recommended by the Higher Attestation Commission of the Russian Federation (VAK):

1. Impact of fungicides on potato pathogen in the Tambov region of the Russian Federation / M. U. Lyashko, **F. S. Saquee**, S. Diakite [et al.] // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. – 2024. – Vol. 19, No. 1. – P. 111-121. – DOI 10.22363/2312-797X-2024-19-1-19968. – EDN WARMNQ.

Other journals:

1. Integrated application of plant growth regulator and varieties on weed infestation: sustainable productivity of wheat in Russia / S. G. Okbagabir, **F. S. Saquee**, E. N. Pakina [et al.] // Journal of Agriculture and Environment. – 2024. – No. 11(51). – DOI 10.60797/JAE.2024.51.11. – EDN CRAVIH.

2. Genetic and Agronomic Parameter Estimates of Growth, Yield, and Related Traits of Maize (*Zea mays* L.) under Different Rates of Nitrogen Fertilization / P. E. Norman, L. Kamara, A. Beah [et al.] // American Journal of Plant Sciences. – 2024. – Vol. 15, No. 04. – P. 274-291. – DOI 10.4236/ajps.2024.154020. – EDN DBWAXK.

Scientific conferences attended:

1. Assessment of Wheat Production Systems in the Moscow Region: Evaluating Essential Economic Parameters of Spring Wheat Varieties/ **F. S. Saquee**, S. Diakite, E. N. Pakina [et al.]//6th International conference on food, agriculture and animal sciences 19-22 december 2024 Antalya, Turkey. ISSUED: 30/12/2024, ISBN: 978-625-99950-2-1.

2. Развитие фузариоза на пшенице яровой в технологиях возделывания разного уровня интенсификации / **Ф.С. Саке**, Е. Н. Пакина, С. Диаките [и др.] // Инновационные технологии в селекции, семеноводстве и возделывании зерновых культур: проблемы, достижения и перспективы :

Сборник научных статей Международной научной конференции, посвящённой 300-летию Российской академии наук. В 2-х томах, Москва, 04–05 апреля 2024 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный исследовательский центр "Немчиновка", 2024. – С. 53-57. – EDN KISQJL.

3. Роль экспортируемой российской пшеницы в обеспечении продовольственной безопасности на африканском континенте / С. Диаките, Е. Н. Пакина, М. Заргар, **Ф.С. Саке** [и др.] // В целях устойчивого развития цивилизации: сотрудничество, наука, образование, технологии : сборник материалов Международной научной конференции студентов и молодых ученых, Москва, 22–26 ноября 2022 года. – Москва: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2023. – С. 56-78. – EDN QUTGMF.

ABSTRACT **FRANCESS SIA SAQUEE**

The influence of cultivation technologies on the phytosanitary condition and productivity of spring wheat varieties in the Central Non-Black Earth Region.

The dissertation research evaluates the impact of modern cultivation technologies on the productivity, grain quality, disease resistance, and economic efficiency of three spring wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties: Belyana, Agros, and Radmira. The experiment was conducted from 2022 to 2024 at the Federal State Budgetary Institution “Nemchinovka Research Center” (Moscow Oblast) using a two-factor design (3 varieties × 3 technologies). The Belyana variety demonstrated the highest grain yield (4.69 t/ha) and economic profitability, while Radmira exhibited high protein content (14.92%) and resistance to *Fusarium* spp. Intensive and high-intensive cultivation technologies significantly reduced the incidence of Septoria leaf blotch, powdery mildew, and *Fusarium* head blight. They improved both grain yield and quality compared to the basic system. The most significant economic efficiency was achieved by combining the Belyana variety with either intensive or high-intensive technologies, ensuring rapid payback and high net income. The scientific novelty of the study lies in the comprehensive evaluation of new wheat varieties in the Central region of the Russian Federation, integrating agronomic, phytosanitary, and economic criteria. The practical significance of the findings lies in their potential application in agricultural production to enhance profitability, ensure food security, and support adaptation to changing climatic conditions.

На правах рукописи

САКЕ ФРАНСЕСС СИА

**Влияние технологий возделывания на фитосанитарное состояние и
продуктивность яровой пшеницы в условиях Центрального
Нечерноземья**

Специальность

4.1.3 Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

**Автореферат диссертации на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук**

Москва - 2025

Работа выполнена в агробиотехнологическом департаменте аграрно-технологического института Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»

Научный руководитель:

Пакина Елена Николаевна

доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор агробиотехнологического департамента аграрно-технологического института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»

Официальные оппоненты:

Мазиров Михаил Арнольдович

доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры «Земледелие и методика опытного дела» РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева

Комиссаров Никита Сергеевич

кандидат биологических наук, научный сотрудник МГУ имени М.В. Ломоносова, кафедра микологии и альгологии биологического факультета

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский центр карантина растений»

Защита диссертации состоится 26 декабря 2025г. в ____ часов на заседании диссертационного совета ПДС 2021.002 при ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН) по адресу: 117198, ул. Миклухо-Маклая, д. 8 корп.2. С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке в УНИБЦ (Научной библиотеке) ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН) по адресу: 117198 ул. Миклухо-Маклая, д. 6, и на сайте: <https://www.rudn.ru/science/dissovet>.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2025 г

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат сельскохозяйственных наук

Романова Е.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Пшеница (*Triticum aestivum* L.) занимает одно из ведущих мест в мировом земледелии среди зерновых культур и служит основным источником калорий и растительного белка для более чем половины населения планеты. Россия является одним из крупнейших мировых производителей и экспортеров пшеницы. В 2020 году страна собрала урожай в объеме 85,9 млн тонн, что подтверждает её стратегическое значение в обеспечении продовольственной безопасности не только на национальном, но и на глобальном уровне. Однако возделывание яровой пшеницы сталкивается с множеством задач, включая изменение климата, дефицит питательных веществ, развития грибных болезней, засоренность и др., а также необходимость повышения экономической устойчивости и рентабельности возделывания. В связи с этим всё большее значение приобретает разработка и внедрение адаптированных к конкретным агроэкологическим условиям технологий возделывания, учитывающих сортовые особенности, уровень инфекционной нагрузки и почвенно-климатические условия региона. Использование научно-обоснованных адаптированных к конкретным агроэкологическим условиям технологий позволяет повысить урожайность на 15–30%, снизить риск потерь урожая от стрессовых факторов и оптимизировать затраты на производство (Ризван и др., 2016; Де Соуза и др., 2021 г.; Шилс и др., 2018; Лэнгридж и др., 2022 г.; Ахтар и др., 2019; Чендев и др., 2015)

Степень разработанности. Несмотря на имеющиеся исследования, недостаточно изучены взаимосвязи между технологиями возделывания, сортовыми особенностями и их влиянием на устойчивость к болезням и экономическую эффективность. В исследовании рассматривается проблема отсутствия зональной технология возделывания новых сортов яровой мягкой пшеницы, выведенных во ФГБНУ «ФИЦ «Немчиновка». Это определяет актуальность дальнейших научных работ по оптимизации технологий возделывания и повышению устойчивости яровой пшеницы в условиях растущих климатических и продовольственных вызовов.

Цель исследований – исследование закономерностей улучшения фитосанитарного состояния посевов яровой пшеницы и повышения продуктивности ее сортов при различных технологиях возделывания в условиях Центрального Нечерноземья.

Задачи исследований:

1. Определить влияние технологий возделывания с различной интенсивностью внесения минеральных удобрений и применения химических средств защиты растений на элементы структуры урожая, урожайность и качество зерна перспективных сортов яровой пшеницы.

2. Установить сортовые особенности яровой пшеницы по восприимчивости к основным возбудителям болезней и их реакцию на комплексное применение минеральных удобрений и средств защиты растений.

3. Изучить влияние использования средств защиты растений в сочетании с различными нормами минеральных удобрений на развитие и распространение грибных болезней в посевах яровой пшеницы.

4. Оценить экономическую эффективность технологий возделывания новых сортов яровой пшеницы с различным уровнем интенсивности применения минеральных удобрений и средств защиты растений.

Объекты исследований– сорта яровой пшеницы Беяна, Радмира, Агроос, удобрения и средства защиты растений.

Научная новизна работы. Изучена отзывчивость новых сортов яровой пшеницы селекции «ФИЦ «Немчиновка» на различные по интенсивности зональные технологии возделывания. Установлено, что перспективные сорта Беяна и Агрос обладают высокой продуктивностью при воздействии факторов биотического стресса в полевых условиях. Показана эффективность высокоинтенсивной технологии возделывания в снижении развития основных грибных болезней в посевах яровой пшеницы, таких как фузариоз колоса (*Fusarium sp.*), септориоз листьев (*Zymoseptoria tritici*) и мучнистая роса (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*). При оценке устойчивости сортов к болезням установлено, что сорт Радмира обладает высокой устойчивостью к фузариозу колоса и мучнистой росе, а сорт Беяна – к септориозу листьев. Установлено, что при использовании высокоинтенсивной технологии достигаются более высокие урожайность зерна и чистый доход, но более короткий срок окупаемости и наивысший уровень рентабельности достигаются при использовании интенсивной технологии возделывания. Определены наилучшие экономические показатели возделывания у нового сорта яровой пшеницы Беяна.

Теоретическая и практическая значимость работы. Полученные результаты исследований расширяют теоретические представления о возможностях применения зональных технологий возделывания яровой пшеницы, а также раскрывают сортовые особенности в реакции на биотические стрессоры и технологические приёмы. Впервые показана эффективность интенсивной и высокоинтенсивной технологий в условиях Московской области с точки зрения повышения продуктивности, снижения поражённости основными грибными болезнями (фузариоз колоса, септориоз листьев, мучнистая роса) и обеспечения экономической устойчивости производства. Разработаны научно обоснованные рекомендации по выбору сортов и технологий возделывания для данного региона. Результаты

исследования могут быть использованы в практике сельскохозяйственных предприятий, а также в учебном процессе при подготовке специалистов по агрономии и селекции сельскохозяйственных культур.

Методология и методы исследования. Исследования проводили на основе анализа отечественной и зарубежной научной литературы, а также с применением общепринятых методов полевого, лабораторного и экономического анализа. Экспериментальную часть выполняли в соответствии с утверждёнными методиками оценки агрономической эффективности технологий возделывания, устойчивости сортов к болезням и экономической целесообразности их внедрения. Использовали принципы системного подхода, сравнительного анализа и статистической обработки данных.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Влияние зональных технологий возделывания яровой пшеницы (интенсивной и высокой интенсивности) на продуктивность культуры, включая урожайность и качество зерна, в условиях Московской области и схожих агроэкологических зон.

2. Эффективность технологий и сортов пшеницы в снижении развития основных грибных болезней — фузариоза колоса (*Fusarium spp.*), септориоза листьев (*Zymoseptoria tritici*) и мучнистой росы (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*).

3. Различия между сортами по восприимчивости к патогенам и отзывчивости на применяемые технологические приёмы возделывания.

4. Экономическая эффективность применения разработанных технологий возделывания, оцениваемая по таким показателям, как рентабельность, срок окупаемости и порог рентабельности.

Степень достоверности. Степень достоверности полученных результатов подтверждается проведением исследований в соответствии с общепринятыми методиками полевых и лабораторных испытаний, использованием статистически обоснованных методов анализа данных и их документальным оформлением. Экспериментальные данные обеспечивают обоснованность рекомендаций и выводов для практического применения, что свидетельствует о высокой надёжности исследований.

Апробация результатов. Результаты исследований доложены на трёх научных конференциях, включая две международные. По материалам диссертации опубликованы одиннадцать научных работ, в том числе одна в издании, входящем в перечень ВАК РФ, восемь — в международных научных журналах, индексируемых в базе данных Scopus, и две в другие журналы.

Личный вклад автора. Диссертационная работа выполнена автором самостоятельно. Автором определены цели и задачи исследования,

организовано проведение трёхлетнего полевого эксперимента, осуществлён сбор, анализ и статистическая обработка экспериментальных данных. Кроме того, автор участвовал в подготовке публикаций по теме исследования и оформлении материалов диссертации.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы. Общий объем работы составляет 231 страниц, включая 32 таблицы и 23 рисунка. В работе проанализировано 341 источников отечественной и зарубежной научной литературы.

Благодарности. Автор искренне благодарит научного руководителя, профессора Пакину Елену Николаевну, за квалифицированное руководство и поддержку на всех этапах подготовки диссертации в Российском университете дружбы народов имени Патриса Лумумбы. Особая признательность выражается профессору Мейсаму Заргару и доктору Принцу Эммануэлю Норману за академическую поддержку, а также Калабашкиной Елене Владимировне за техническую помощь при проведении полевых исследований. Этот опыт убедительно показал, что происхождение и пол не должны быть препятствием на пути к достижению целей. Автор глубоко благодарен своей семье, миссис Терезе Сакви, мистеру Тамбе Сакви, мистеру Дауде Шериффу и мистеру Фестусу Лахаи за неизменную поддержку, а также своим детям, друзьям за их неизменную поддержку.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность исследования, сформулированы цели и задачи, определены основные положения, выносимые на защиту, а также подчеркнуты его научная новизна и практическая значимость.

В первой главе представлен обзор литературы, посвящённой происхождению, биологическим особенностям и роли яровой пшеницы в мире. Рассмотрены основные биотические и абиотические стрессоры, снижающие урожайность на 5–60%. Описаны методы борьбы с болезнями, включая применение фунгицидов, выбор устойчивых сортов и др. Изучены современные технологии возделывания, их влияние на урожай, качество зерна и экономическую эффективность, что имеет ключевое значение для повышения конкурентоспособности РФ. на глобальном рынке.

Во второй главе представлены методология и условия проведения исследований: характеристика места исследования, почвенно-метеорологические условия опытного участка, описание сортов яровой пшеницы, применяемые технологии возделывания, методы отбора проб, учёт заболеваемости, урожайности и её структуры и описаны статистические обработки данных за 2022–2024 гг.

Место и почвенные условия проведения исследований. Опыты были заложены в 2022-2024 гг., на опытном поле Технологического центра по земледелию ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (ФГБНУ ФИЦ «Немчиновка»), расположенному в Новомосковском АО, д. Соколово. Опытные участки располагались в 55 км от центра Московской области, Россия, на широте 55°52'34,02" с.ш., долготе 38°27'59,97" в.д. и высоте 142 м над уровнем моря. Почва опытного участка — дерново-подзолистая среднесуглинистая (Рисунок 1). Предшественниками культур являлись зернобобовые культуры.



Рисунок 1. Почва опытного участка

Анализ почвы и её физико-химические характеристики до посева (2022–2024 гг.). Опытный участок характеризуется слабокислыми, дерново-подзолистыми суглинистыми почвами среднего механического состава. В 2022–2023 гг. pH почвы оставался стабильным (5,7–5,8), при этом наблюдалось незначительное увеличение содержания органического вещества (3,0–4,1 %), фосфора (162–195 мг/кг) и калия (80–122 мг/кг). В 2024 г. уровень pH снизился (с 5,1 до 5,2), тогда как содержание фосфора (с 214 до 236 мг/кг), калия (с 126 до 140 мг/кг) и органического вещества (с 3,3 до 4,2 %) возросло.

Метеорологические условия опытного участка (2022–2024 гг.). В годы исследований (2022–2024 гг.) в Московской области наблюдались значительные отклонения от среднеголетних значений температуры и осадков. Температура повысилась, особенно в весенние и летние месяцы. Наиболее заметные отклонения были зафиксированы в марте, апреле и июле, где температура превышала норму на 3–6°C. В отношении осадков наблюдались колебания в их количестве, с периодами аномально высокой влажности (июнь 2024, июль 2023) и засухливости (март 2024, август 2022).

Объекты исследования. В исследовании использовали три сорта мягкой яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.): Радмира, Агрос и Беяна

(таблица 1; рисунок 2), созданные методом индивидуального отбора коллективом селекционеров ФИЦ «Немчиновка».

Таблица 1– Описание сортов, использованных в исследовании в 2022-20224 гг.

№	Сорт	Код сорта	Статус	Селекционная комбинация
1	Радмира	8057532	Новый сорт	Энгелина × Эстер
2	Агрос	7852652	Новый сорт	Злата × Московская 56
3	Беяна	8261389	Стандарт	Злата × Эстер

Сорт Радмира рекомендован для возделывания в Поволжско-Вятском регионе, включая Нижегородскую область, со средней урожайностью 3,40 т/га. Беяна отличается высоким потенциалом продуктивности — максимальная урожайность оценивается в 4,63 т/га. У сорта Агрос средняя урожайность составляет 3,68 т/га на северо-западе и 3,99 т/га в центральных районах.



Рисунок 2. Три сорта, использованные в опытах в 2022-20224 гг.

Схема опыта. Схема опыта была двухфакторной, где фактор А — сорта яровой пшеницы, а фактор Б — технология выращивания (таблица 2). Полевые опыты проводили в течение трёх вегетационных сезонов (2022–2024 гг.) по факториальной схеме 3×3 с рандомизированным размещением делянок. Общее количество делянок составило 27 площадью по 80 м² каждая, с трёхкратной повторностью. Делянки размещали с интервалом 1,0 м.

Предпосевная обработка семян яровой пшеницы проводилась препаратом Оплот Трио, ВСК (Азоксистробин — 40 г/л, Дифеноконазол — 90 г/л, Тебуконазол — 45 г/л) в дозе 500 мл/т. Для защиты посевов пшеницы применяли различные пестициды. Гербицидную обработку проводили с использованием препаратов Балерина (0.5 л/га) и Файдес (0.4 л/га), которые содержали 2,4-Д кислоту (в виде этилгексилового эфира) в концентрации 410 г/л и флорасулам — 7.4 г/л, а также феноксапроп-П-этил (100 г/л) с добавлением антидота мефенпирил-диэтила (27 г/л). Для контроля

численности вредных насекомых применяли инсектициды Борея Нео (0.2 л/га), в состав которого входили альфа-циперметрин (125 г/л), имидаклоприд (100 г/л) и клотианидин (50 г/л), а также Децис Профи (0.03 кг/га), основным действующим веществом которого являлся дельтаметрин (250 г/л). В борьбе с грибными заболеваниями использовали фунгицид Колосал Про (0.4 л/га), содержащий пропиконазол (300 г/л) и тебуконазол (200 г/л). Регуляцию ростовых процессов и ускорение созревания растений осуществляли с помощью препарата НЕФС (0.8 л/га), в состав которого входил этефон в концентрации 480 г/л (таблица 2).

Обработка почвы. Основная обработка почвы включала культивацию КПК-4СУ или КПК-8С, за которой через 10–14 дней проводилась вспашка плугами ПЛН 3-35. Предпосевная весенняя обработка состояла из культивации на глубину до 8 см (при достижении физической спелости почвы) и завершалась боронованием РВК-3,6.

Минеральные удобрения вносили под планируемый уровень урожая (базовая 4-5 т, интенсивная 6-8 т, высокоинтенсивная 8-10 т/га), культивация на глубину 4-5 см с прикатыванием (агрегат «Катрос»). Посев яровой пшеницы был проведен сеялкой «Amazon D9-40». Норм высева составил 5,5 млн всхожих семян пшеницы.

Таблица 2 – Технологии возделывания яровой пшеницы

№	Приемы	Базовая технология	Интенсивная технология	Высокоинтенсивная технология
1	Основное внесение, кг/га	N30P40K90	N30P60K120	N30P90K150
2	Подкормка, кг/га	N30	N30	N30 + N30 (с учетом диагностики)
3	Обработка семян	Оплот Трио — 0,5 л/т	Оплот Трио — 0,5 л/т	Оплот Трио — 0,5 л/т
4	Гербицидная обработка (фаза кущения)	Балерина — 0,5 л/га + Фидес — 0,4 л/га	Линтур — 0,16 кг/га + Пума Супер 100 — 0,6 л/га	Линтур — 0,16 кг/га + Пума Супер 100 — 0,6 л/га
5	Инсектицидная обработка (фаза выхода в трубку)	Борея Нео — 0,2 л/га	Децис Профи — 0,03 кг/га	Децис Профи — 0,03 кг/га
6	Фунгицидная обработка (фаза выхода в трубку)	Колосаль Про — 0,4 л/га	Колосаль Про — 0,4 л/га + ХЭФК — 0,8 л/га	Колосаль Про — 0,4 л/га + ХЭФК — 0,8 л/га

Полевой мониторинг. В течение всего вегетационного периода на опытных участках проводили регулярное наблюдение для оценки фитосанитарного состояния до и после опрыскивания. В основные фазы развития яровой пшеницы, учет динамики распространенности, степени поражения и развитие этих грибных болезней осуществлялся после появления первых симптомов. Фитосанитарное состояние яровой пшеницы изучали по

общепринятым методиками. Распространенность болезни определяется как доля поражённых растений (или их частей) относительно общего числа растений в пробе и выражается в процентах. Степень поражения — это качественный показатель, характеризующий выраженность симптомов болезни. Оценка проводится на основе площади поражения органов растений (например, пятен), по 5-балльной шкале для таких заболеваний, как пятнистость листьев, мучнистая роса и фузариоз колоса. Развитие болезни отражает среднюю степень поражения на участке или по полю и рассчитывается как интегральный показатель по общепринятой методике.

Параметры урожайности. Структуру урожая учитывали по методике Госсортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989). В ходе роста и развития растений пшеницы проводили фенологические наблюдения от посева до уборки урожая. Структуру урожая изучали на материале с фиксированных площадок (0,25 м²) в 4-х местах делянки всех повторностей опыта. Уборку урожая осуществляли, прямым комбайнированием комбайном «Сампо-500». Учет урожая методом комбайновой уборки с учетных площадок и приведение урожайности зерна к 14 % влажности, и 100 % чистоте. Технологические свойства зерна лабораторным методом по ГОСТ 10846-91, ГОСТ 10842-89, ГОСТу 13586.1-2014. При уборке определяли структуру и урожайность новых сортов, качество зерна (массу 1000 зерен, содержание белка).

Экономические параметры. Для оценки экономической эффективности различных технологий возделывания пшеницы, использовался метод анализа «затраты–выгоды». В исследовании проанализировано 15 экономических показателей, отражающих урожайность и эффективность использования ресурсов. Ключевые параметры включают урожайность (т/га), частичную факторную продуктивность азота, фосфора и калия (кг зерна/кг N, P, K), а также агрономическую эффективность удобрений. Рассчитывались показатели прибыли: стоимость урожая (руб./га), чистый доход (руб./га), коэффициент окупаемости затрат (VCR) и маржинальная прибыль (MR). Отдельно определены порог рентабельности (точка нулевой прибыли), срок окупаемости инвестиций и стоимость питательных элементов (N, P, K) на единицу площади. Прирост урожая относительно контроля (GRIOC) и разница между выручкой и переменными затратами позволяют оценить реальный экономический эффект от применения технологий. Данный подход обеспечивает всестороннюю оценку эффективности агротехнологий с учётом как производственных, так и экономических факторов.

Статистическая обработка данных. Статистический анализ данных проводили с использованием дисперсионного анализа (ANOVA) в программе GENSTAT (15-е издание). Для сравнения средних применяли тест Стьюдента–

Ньюмана–Кеулса (SNK) при уровне значимости $\alpha = 0,05$. Нормальность распределения и однородность дисперсий проверяли с помощью критериев Шапиро–Уилка и Бартлетта.

Глава третья посвящена исследованию компонентов урожая, урожайности и показателей качества зерна яровой пшеницы под влиянием сортовых особенностей и различных технологий возделывания за 2022–2024 гг. В разделе представлены данные по высоте растений, длине колоса, числу колосков и зёрен в колосе, массе зерна с колоса и массе 1000 зёрен, а также их изменение в зависимости от сорта и технологии возделывания. Кроме того, рассматриваются результаты анализа урожайности (т/га) по сортам и технологиям, включая их комбинированное влияние, а также параметры качества зерна — содержание клейковины и белка (%) в зависимости от изучаемых факторов.

Количество колосков в колосе не зависело достоверно от сорта в 2023 и 2024 гг. ($P > 0,05$), хотя в разные годы наблюдались незначительные колебания между сортами (Таблица 3). Тем не менее, в 2023 г. максимальное число колосков на колос (16,77) зафиксировано у сорта Радмира, а в 2022 г. — у сорта Агрос (16,40), за которым следовала Беяна (16,07). В среднем за годы исследований наибольшее число колосков в колосе отмечено у сорта Беяна (15,29). Технологии возделывания оказали достоверное влияние на число колосков: в среднем интенсивная технология обеспечивала наибольшее их количество (15,61), что на $\pm 7,60\%$ превышало показатели контроля (базовой технологии) во все годы, тогда как базовая технология последовательно давала наименьшие значения. В целом, число колосков в большей степени определялось агротехнологическими приёмами, нежели генотипом, что подчёркивает перспективность интенсивной технологии для усиления признаков, связанных с урожайностью (Таблица 3).

Среднее количество зёрен в колосе было наибольшим у сорта Радмира (37,44), за которым следовал Агрос (34,87). Технологии возделывания достоверно влияли на количество зёрен: интенсивная и высокоинтенсивная системы превосходили базовую технологию (Таблица 3).

Таблица 3 – Влияние трёх сортов и технологий возделывания на количество колосков в колосе и количество зёрен в колосе

Варианты обработк и	Количество колосков в колосе (шт.)			Средняя за три года	± К Базовой (%)	Количество зёрен в колосе (шт.)			Средня я за три года	± К Базовой %
	2022	2023	2024			2022	2023	2024		
Фактор А (Техналогия)										
Базовая	14,67	15,72	13,14	14,51	-	31,93	35,79	31,73	33,15	-
Интенсив ная	17,07	16,58	13,19	15,61	7,60	38,83	37,82	33,24	36,63	10,50

Высокоинтенсивная	16,57	15,78	13,19	15,18	4,62	38,00	40,06	32,62	36,89	11,29
Р-значение	<,001** *	0,334 ^{ns}	0,965 ^{ns}	-	-	<,001** *	0,041*	0,774 ^{ns}	-	-
НСР05	0,49	1,56	0,58	-	-	0,31	3,57	2,46	-	-
Стандартная ошибка (А)	0,22	0,69	0,26	-	-	0,14	1,58	1,08	-	-
CV%	1,4	4,3	1,9	-	-	0,4	4,2	3,3	-	-
Фактор Б (Сорт)										
Агрос	16,40	15,42	13,17	15,00	-0,11	37,77	33,80	33,04	34,87	-6,86
Беляна	16,07	15,89	13,91	15,29	1,84	33,20	37,19	33,73	34,71	-7,29
Радмира (стандар)	15,83	16,77	12,44	15,01	-	37,80	42,68	31,83	37,44	-
Р-значение	0,080 ^{ns}	0,043 ^{ns}	0,009*	-	-	<,001** *	<,001** *	0,086 ^{ns}	-	-
НСР05	0,49	0,97	0,65	-	-	0,42	1,86	1,72	-	-
Стандартная ошибка (Б)	0,22	0,43	0,29			0,18	0,82	0,76		
CV%	1,4	2,7	2,2	-	-	0,5	2,2	2,3	-	-

Примечание: Коэффициент вариации (CV, %), наименьшая существенная разность (НСР05); для разделения средних использован t-критерий Стьюдента. Обозначения уровней значимости: ns = незначимый, * значимый ($P \leq 0,05$), ** очень значимый ($P \leq 0,01$), *** крайне значимый

В среднем по годам наибольшее количество зёрен в колосе обеспечивали высокоинтенсивная (36,89) и интенсивная (36,63) технологии, которые статистически не различались между собой. При расчёте относительного прироста наибольшее увеличение ($\pm 11,29$ %) наблюдалось при применении высокоинтенсивной технологии. Полученные данные подтверждают, что сочетание высокоурожайных сортов с интенсивными и высокоинтенсивными агротехнологиями способствует повышению потенциальной продуктивности пшеницы (Таблица 3).

Масса зерна колоса. Средний анализ показал, что сорт Агрос формировал наибольшую массу семян на колос (1,61 г), что соответствует приросту на $\pm 10,30$ % по сравнению с сортами Беляна и Радмира, масса зерен которых статистически не различалась между собой (Таблица 4).

Таблица 4 – Влияние сортов и технологий возделывания на массу зерна колоса и тысячи зерен

Варианты обработки	Масса зерна колоса (г)			Средняя за три года	± К Базовый (%)	Масса тысячи зерен (г)			Средняя за три года	± К Базовый %
	2022	2023	2024			2022	2023	2024		
Фактор А (Технология)										
Базовая	1,43	1,44	1,28	1,38	-	39,80	35,51	33,04	36,12	-

Интенсивная	1,90	1,47	1,33	1,57	13,25	42,00	37,28	35,30	38,19	5.75
Высокоинтенсивная	1,90	1,63	1,26	1,60	15,42	45,87	38,60	36,43	40,30	11.58
Р-значение	0,65 ^{ns}	0,046 [*]	0,431 ^{ns}	-	-	<,001 ^{**}	<,001 ^{**}	<,001 ^{**}	-	-
НСР05	0,00	0,15	0,13	-	-	0,40	0,70	0,42	-	-
Стандартная ошибка (А)	0,00	0,07	0,06	-	-	0,18	0,31	0,18	-	-
CV%	0,0	4,5	4,3	-	-	0,4	0,8	0,5	-	-
Фактор Б (Сорт)										
Агрос	1,93	1,50	1,39	1,61	10,30	45,80	39,03	36,53	40,45	11.22
Беляна	1,63	1,50	1,33	1,49	2,06	41,23	36,16	36,06	37,82	3.97
Ралмира (стандарт)	1,67	1,55	1,15	1,46	-	40,63	36,21	32,28	36,37	-
Р-значение	0,010 ^{**}	0,944 ^{ns}	0,005 ^{**}	-	-	<,001 ^{**}	0,045 [*]	<,001 ^{**}	-	-
НСР05	0,15	0,44	0,10	-	-	0,39	2,53	0,32	-	-
Стандартная ошибка (Б)	0,07	0,19	0,04			0,17	1,12	0,14		
CV%	1,93	1,50	1,39	-	-	45,80	39,03	36,53	-	-

Примечание: Коэффициент вариации (CV, %), наименьшая существенная разность (НСР05); для разделения средних использован t-критерий Стьюдента. Обозначения уровней значимости: ns = незначимый, * значимый ($P \leq 0,05$), ** очень значимый ($P \leq 0,01$), *** крайне значимый

Трёхлетний комплексный анализ выявил, что высокоинтенсивная технология возделывания последовательно обеспечивала наибольшую массу зерна колоса (1,60 г), превышая показатели базовой технологии на $\pm 15,42\%$ во все годы исследований. Полученные данные свидетельствуют, что сочетание сорта Агрос с высокоинтенсивной технологией способствует увеличению массы зерен на колос и, как следствие, повышению продуктивности пшеницы.

Масса тысячи зерен. Установлена достоверная зависимость массы 1000 зёрен от сорта и технологии возделывания ($P \leq 0,05$). В среднем за годы исследований сорт Агрос характеризовался оптимальной массой 1000 зёрен (40,45 г), что на $\pm 11,22\%$ превышало значения других сортов; данный эффект, вероятно, обусловлен его высокими генотипическими характеристиками и эффективностью использования питательных веществ (Таблица 4).

Среди технологий возделывания наибольшую массу 1000 зёрен обеспечивала высокоинтенсивная система (40,30 г), демонстрируя прибавка на $\pm 11,55\%$ по сравнению с интенсивной и базовой технологиями во все годы. Полученные результаты указывают на возможность целенаправленного повышения массы зерна и урожайности пшеницы посредством применения высокоинтенсивных агротехнологий в сочетании с высокоадаптированными сортами (Таблица 4).

Урожайность зерна. Исследование показало, что у сорта Беяна была отмечена наибольшая средняя урожайность за период 2022–2024 гг. — 4,69 т/га, демонстрируя при этом более стабильную продуктивность по сравнению с сортами Агрос (4,51 т/га) и Радмира (4,44 т/га) (Таблица 5). При анализе относительного прироста урожайности сорт Беяна превысил показатели сортов Агрос и Радмира (стандарт) на $\pm 4,43$ %. Выявленные различия в урожайности между тремя сортами были статистически достоверны ($P \leq 0,05$), что, вероятно, обусловлено влиянием факторов окружающей среды, применяемых технологий возделывания и генотипической адаптивности сортов (Таблица 5).

Технология возделывания оказала существенное влияние на урожайность пшеницы во все годы исследований ($P \leq 0,001$). Наибольшая урожайность — 4,91 т/га — была получена при высокоинтенсивной технологии, что соответствует приросту на $\pm 23,16$ % по сравнению с интенсивной (4,70 т/га) и базовой (3,99 т/га) технологиями. Отмечено, что снижение урожайности в 2023 г. в основном было связано с неблагоприятными метеорологическими условиями и повышенной заболеваемостью посевов, что подчеркивает решающую роль климатической изменчивости и эффективности фитосанитарного контроля в формировании продуктивности. Полученные результаты подтверждают необходимость отбора устойчивых сортов, таких как Беяна и Радмира, а также внедрения интенсивных и высокоинтенсивных агротехнологий, адаптированных к конкретным агроэкологическим условиям и генотипическим особенностям сортов, для достижения максимальной урожайности и устойчивого производства пшеницы (Таблица 5).

Таблица 5 – Влияние трёх сортов и трёх технологий возделывания на урожайность яровой пшеницы

Варианты обработки	Урожайность (т/га)			Средняя за три года	± К Базовой (%)
	2022	2023	2024		
Фактор А (Техналогия)					
Базовая	3,64	4,05	4,27	3,99	-
Интенсивная	4,86	4,46	4,76	4,69	17,73
Высокоинтенсивная	5,01	4,78	4,94	4,91	23,16
Р-значение	<,001***	<,001***	<,001***	-	-
НСР05	0,14	0,14	0,08	-	-
Стандартная ошибка (А)	0,06	0,06	0,04	-	-
CV%	1,4	1,4	0,8	-	-
Фактор Б (Сорт)					
Агрос	4,78	3,80	4,95	4,51	1,50
Беяна	4,84	4,42	4,66	4,64	4,43
Ралмира (стандарт)	3,89	5,07	4,37	4,44	-
Р-значение	0,007**	<,001***	<,001***	-	-

НСР05	0,22	0,17	0,01	-	-
Стандартная ошибка (Б)	0,10	0,08	0,01	-	-
CV%	2,2	1,7	1,0	-	-

Примечание: Коэффициент вариации (CV, %), наименьшая существенная разность (НСР05); для разделения средних использован t-критерий Стьюдента. Обозначения уровней значимости: ns = незначимый, * значимый ($P \leq 0,05$), ** очень значимый ($P \leq 0,01$), *** крайне значимый

Клейковина. У сорта Радмира (стандарт) было получено наибольшее содержание клейковины в течение всех трёх лет исследований (в среднем 25,15 %), что соответствует требованиям хлебопекарного и промышленного производства. Сорт Агрос характеризовался наименьшим содержанием клейковины (в среднем 20,43 %), что делает его пригодным для производства печенья, кондитерских изделий, а также для потребления лицами с непереносимостью глютена (Таблица 6). Содержание клейковины достоверно различалось между сортами ($P \leq 0,001$), что свидетельствует о существенном влиянии генетических особенностей, а также факторов окружающей среды и агротехнологических приёмов на формирование уровня клейковины и белка в зерне пшеницы.

Также выявлены достоверные различия между технологиями возделывания ($P \leq 0,001$): наибольшее содержание клейковины (25,25 %) обеспечивала высокоинтенсивная технология, за ней следовали интенсивная (23,68 %) и базовая (19,01 %), показавшая минимальные значения (Таблица 6). Полученные данные свидетельствуют, что применение высокоинтенсивной технологии повышает содержание клейковины на $\pm 32,78$ % по сравнению с базовой и интенсивной системами. Указанный прирост, вероятно, обусловлен усовершенствованными агротехническими приёмами, своевременным внесением удобрений и использованием средств защиты растений, что подтверждает прямую зависимость между уровнем агрофонов и содержанием клейковины в зерне пшеницы. Результаты подчёркивают необходимость оптимизации агротехнологий и селекционного отбора сортов для повышения качества зерна и его пищевой ценности (Таблица 6).

Таблица 6– Влияние сортов и технологий возделывания на содержание клейковины и белка в зерне яровой пшеницы

Варианты обработки	Клейковина (%)			Средняя за три года	± К Базовой (%)	Белок. %			Средняя за три года	± К Базовой %
	2022	2023	2024			2022	2023	2024		
Фактор А (Техналогия)										
Базовая	18,67	18,44	19,93	19,01	-	11,43	12,97	13,65	12,68	-
Интенсивная	25,10	25,10	20,83	23,68	24,53	13,69	14,30	17,50	15,16	19,55
Высокоинтенсивная	27,27	27,27	21,20	25,25	32,78	14,10	15,10	17,17	15,46	21,87
Р-значение	<,001* **	<,001 ***	<,001** *	-	-	<,001 1***	<,001 ***	<,001* **	-	-
НСР05	0.09	0.31	0.20	-	-	0.33	0.37	0.42	-	-

Стандартная ошибка (А)	0,34	0,14	0,09	-	-	0,15	0,16	0,19	-	-
CV%	0,2	0,6	0,4	-	-				-	-
Фактор Б (Сорт)										
Агрос	20,27	20,26	20,77	20,43	-18,74	12,17	13,60	15,60	13,79	-7,59
Беляна	23,43	23,43	20,20	22,35	-11,11	12,59	14,73	16,45	14,59	-2,23
Радмира (стандарт)	27,33	27,11	21,00	25,15	-	14,47	14,03	16,27	14,92	-
Р-значение	<,001* **	<,001 ***	0,001** *	-	-	<,001 1***	<,001 ***	0,002*	-	-
НСР05	0,09	0,27	0,23	-	-	0,36	0,16	0,25	-	-
Стандартная ошибка (Б)	0,04	0,12	0,10			0,16	0,07	0,11		
CV%	0,2	0,5	0,5	-	-	1,2	0,5	0,7	-	-

Примечание: Коэффициент вариации (CV, %), наименьшая существенная разность (НСР05); для разделения средних использован t-критерий Стьюдента. Обозначения уровней значимости: ns = незначимый, * значимый ($P \leq 0,05$), ** очень значимый ($P \leq 0,01$), *** крайне значимый

Белок. Дисперсионный анализ (ANOVA) выявил статистически достоверные различия в содержании белка между сортами пшеницы ($P \leq 0,001$) (Таблица 3.5). Наибольшее среднее содержание белка зафиксировано у сорта Радмира (14,92 %), за ним следует Беляна (14,59 %), тогда как у сорта Агрос отмечено наименьшее значение (13,79 %). Сорт Радмира последовательно демонстрировал повышенную способность к синтезу белка и клейковины, что указывает на его высокий генетический потенциал в плане пищевого качества зерна.

Среди технологий возделывания наибольшее содержание белка (15,46 %) обеспечила высокоинтенсивная система, что соответствует приросту на $\pm 21,87$ %; интенсивная технология дала 15,16 % белка, превысив базовый уровень на $\pm 19,55$ % во все годы исследований (Таблица 6).

Указанные прибавки могут быть обусловлены повышенным уровнем азота и его дробным внесением в рамках интенсивных технологий, что существенно стимулировало биосинтез белка. Полученные результаты подчёркивают, что сочетание сортов Радмира или Беляна с высокоинтенсивной технологией возделывания позволяет оптимизировать качество зерна пшеницы Таблица 6.

В главе четвёртой представлен анализ распространенности и степени развития трех основных болезней яровой пшеницы — септориоза листьев (Septoria leaf blotch, SLB), мучнистой росы (wheat powdery mildew, WPM) и фузариоза колоса (Fusarium head blight, FHB) — в зависимости от сорта и применяемых технологий возделывания в 2022–2024 гг. Было оценено влияние базовой, интенсивной и высокоинтенсивной технологий на развитие болезней на различных этапах вегетации растений.

Комбинированный дисперсионный анализ (ANOVA) выявил достоверные различия ($P \leq 0,011$) как по распространенности, так и по степени поражения септориозом листьев между сортами пшеницы и технологиями возделывания в период с 2022 по 2024 г. В среднем по всем годам сорт Беяна продемонстрировал наименьшую распространенность заболевания (30,23 %) и степень его развития (1,82 %), что свидетельствует о высоком уровне устойчивости к септориозу. Среди технологий возделывания наибольшую эффективность в снижении грибных болезни показала интенсивная система: распространенность составила 23,84 %, а степень развития — 1,73 % (Таблица 7). Применение интенсивной технологии снизило распространенность септориоза на $\pm 45,15$ % и степень развития — на $\pm 19,89$ %, что указывает на более значимое влияние агротехнологии по сравнению с генотипом сорта в снижении развития септориоза. Базовая технология во все годы исследования обеспечивала наибольшее распространение и максимальную степень развития септориоза листьев.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что сочетание сорта Беяна с интенсивной технологией возделывания является оптимальной стратегией для управления септориозом листьев. Эти результаты следует учитывать при разработке программ селекции на устойчивость к болезням и при формировании агротехнологических рекомендаций, направленных на создание и внедрение устойчивых к заболеваниям сортов пшеницы (Таблица 7).

Таблица 7 – Влияние сортов и технологий возделывания на распространенность и степень развития септориоза листьев

Варианты обработки	Распространённость (%)			Средняя за три года	± (%) К Базовой	Степень развития (%)			Средняя за три года	± (%) К Базовой
	2022	2023	2024			2022	2023	2024		
Фактор А (Техналогия)										
Базовая	46,25	45,83	38,33	43,47	-	2,00	2,00	2,46	2,15	-
Интенсивная	28,47	23,06	20,00	23,84	45,15	1,76	1,74	1,71	1,73	19,89
Высокоинтенсивная	34,17	35,56	25,97	31,90	26,62	1,74	1,99	1,58	1,77	17,80
Р-значение	0,010**	<,001**	0,002**	-	-	0,080 ^{ns}	0,004**	<,001*	-	-
НСР05	8,31	10,25	5,77	-	-	0,25	0,28	0,11	-	-
Стандартная ошибка (А)	3,67	2,14	2,54	-	-	0,12	0,12	0,06	-	-
CV%	10,1	6,1	9,1	-	-	6,0	6,0	2,7	-	-
Фактор Б (Сорт)										
Агрос	36,25	37,08	29,17	34,17	1,86	1,80	2,02	1,83	1,88	2,92
Беяна	33,06	32,64	25,00	30,23	13,16	1,73	2,04	1,69	1,82	6,19

Радмира (стандарт)	39,58	34,72	30,14	34,81	-	1,98	2,11	1,73	1,94	-
Р-значение	0,084 _{ns}	0,538 ^{ns}	0,242 ^{ns}	-	-	0,028 [*]	0,533 _{ns}	0,344 ⁿ _s	-	-
НСР05	5,78	4,84	7,45	-	-	0,17	0,20	0,23	-	-
Стандартная ошибка (Б)	2,55	4,52	3,29			0,07	0,09	0,10		
CV%	7,0	13,0	11,7	-	-	4,0	4,4	5,9	-	-

Примечание: Коэффициент вариации (CV, %), наименьшая существенная разность (НСР05); для разделения средних использован t-критерий Стьюдента. Обозначения уровней значимости: ns = незначимый, * значимый ($P \leq 0,05$), ** очень значимый ($P \leq 0,01$), *** крайне значимый

Статистический анализ показал, что технологии возделывания оказали существенное влияние на распространенность и степень развития мучнистой росы пшеницы ($P \leq 0,001$), в то время как различия между сортами статистически не были значимыми. Интенсивная технология возделывания последовательно обеспечивала наименьшие средние значения распространенности заболевания (23,01 %) и его тяжести (1,62 %), что свидетельствует о её наибольшей эффективности в снижении мучнистой росы. Применение интенсивной технологии позволило снизить распространенность болезни на $\pm 39,39$ % и степень развития — на $\pm 21,45$ % (Таблица 8).

Хотя у сорта Радмира отмечалась несколько более высокая распространенность заболевания (29,81 %), он продемонстрировал наименьшую степень развития (1,72 %), что указывает на выраженную устойчивость к мучнистой росе (Таблица 8). Сорт Беляна также проявил снижение распространенности (28,75 %), сократив её на $\pm 3,57$ %, и степень развития — на $\pm 6,77$ % по сравнению с сортами Агрос и Радмира при использовании интенсивной технологии возделывания (Таблица 8).

Таблица 8 – Влияние сортов и технологий возделывания на распространенность и степень развития мучнистой росы

Варианты обработки	Распространённость (%)			Средняя за три года	± (%) К Базовой	Степень развития (%)			Средняя за три года	± (%) К Базовой
	2022	2023	2024			2022	2023	2024		
Фактор А (Техналогия)										
Базовая	37,64	38,75	37,50	37,96	-	1,69	2,38	2,13	2,07	-
Интенсивна я	24,86	23,06	21,11	23,01	39,39	1,46	1,81	1,60	1,62	21,45
Высокоинте нсивная	24,44	29,58	26,25	26,76	29,52	1,61	1,99	1,51	1,70	17,58
Р-значение	<,001***	0,001***	<,001***	-	-	0,015*	0,002**	<,001***	-	-
НСР05	3,028	3,98	3,51	-	-	0,120	0,17	0,146	-	-
Стандартна я ошибка (А)	3,34	1,76	1,54	-	-	0,05	0,07	0,06	-	-

CV%	4,6	5,8	5,5	-	-	3,3	3,7	3,7	-	-
Фактор Б (Сорт)										
Агрос	31,39	26,67	29,44	29,17	2,17	1,69	2,03	1,79	1,84	6,58
Беляна	27,22	31,81	27,22	28,75	3,57	1,67	2,12	1,73	1,84	6,77
Ралмира (стандарт)	28,33	32,92	28,19	29,81	-	1,41	2,04	1,72	1,72	-
Р-значение	0,107 ^{ns}	0,129 ^{ns}	0,342 ^{ns}	-	-	0,058 ^{ns}	0,787 ^{ns}	0,311 ^{ns}	-	-
НСР05	4,18	6,93	3,67	-	-	0,246	0,39	0,12	-	-
Стандартная ошибка (Б)	1,84	3,06	1,62			0,12	0,17	0,05		
CV%	6,4	10,0	5,7	-	-	6,8	8,4	2,9	-	-

Примечание: Коэффициент вариации (CV, %), наименьшая существенная разность (НСР05); для разделения средних использован t-критерий Стьюдента. Обозначения уровней значимости: ns = незначимый, * значимый ($P \leq 0,05$), ** очень значимый ($P \leq 0,01$), *** крайне значимый

Вероятно, это обусловлено наличием генов устойчивости и может быть использовано в программах селекции на устойчивость к мучнистой росе. Межгодовая изменчивость существенно влияла на развитие болезни: в 2023 г. наблюдалось максимальное развитие болезни, что подчеркивает ключевую роль благоприятных для патогена погодных условий и необходимость раннего применения средств защиты (Таблица 8).

Дисперсионный анализ (ANOVA) не выявил достоверных различий в распространенности и степени развития фузариоза колоса между сортами яровой пшеницы ($P > 0,05$). В то же время были установлены высоко достоверные различия по технологиям возделывания и годам исследований ($P \leq 0,001$).

Таблица 9 – Влияние сортов и технологий возделывания на распространенность и степень развития фузариоза колоса

Варианты обработки	Распространённость (%)			Средняя за три года	± (%) К Базовой	Степень развития (%)			Средняя за три года	± (%) К Базовой			
	2022	2023	2024					2022			2023	2024	
	Фактор А (Технология)												
Базовая	30,56	26,48	33,70	30,25	-	1,86	2,78	2,67	2,44	-			
Интенсивная	19,44	13,70	17,96	17,03	43,69	1,44	2,30	1,63	1,79	26,54			
Высокоинтенсивная	22,04	20,00	21,11	21,05	30,41	1,54	2,23	1,71	1,83	25,03			
Р-значение	<,001**	<,001**	<,001***	-	-	0,013**	0,002**	<001**	-	-			
НСР05	1,76	1,90	3,13	-	-	0,22	0,29	0,23	-	-			
Стандартная ошибка (А)	0,78	0,83	1,38	-	-	0,09	0,13	0,10	-	-			
CV%	3,2	4,2	5,7	-	-	5,9	5,7	5,1	-	-			
Фактор Б (Сорт)													

Агрос	24,81	22,22	22,96	23,33	7,68	1,75	2,24	2,08	2,02	7,24
Беляна	24,44	17,96	27,59	23,33	7,68	1,62	2,30	1,97	1,96	4,06
Радмира (стандарт)	22,78	20,00	22,22	21,67	-	1,47	2,23	1,96	1,89	-
P-значение	0,767 ^{ns}	0,191 ^{ns}	0,338 ^{ns}	-	-	0,25 ^{3ns}	0,691 ^{ns}	0,260 ^{ns}	-	-
HCP05	8,01	5,21	9,52	-	-	0,40	0,24	0,19	-	-
Стандартная ошибка (Б)	3,53	2,30	4,20			0,17	0,10	0,08		
CV%	14,7	11,5	17,3	-	-	10,8	4,6	4,2	-	-

Примечание: Коэффициент вариации (CV, %), наименьшая существенная разность (HCP05); для разделения средних использован t-критерий Стьюдента. Обозначения уровней значимости: ns = незначимый, * значимый ($P \leq 0,05$), ** очень значимый ($P \leq 0,01$), *** крайне значимый

Сорта Агрос и Беляна продемонстрировали наибольшую среднюю распространенность фузариоза колоса — 23,33 % (Таблица 9). Сорт Радмира показал несколько более низкий уровень поражения (21,67 %), однако степень развития болезни у всех сортов была сопоставимой.

Наиболее эффективной стратегией снижения степени развития фузариоза колоса оказалась интенсивная технология возделывания, обеспечившая в среднем распространенность заболевания 17,03 % и степень развития 1,79 %. Применение интенсивной технологии позволило сократить распространенность фузариоза колоса на $\pm 43,69$ % и степень развития — на $\pm 26,54$ % по сравнению с базовой и высокоинтенсивной системами. Полученные данные подтверждают, что выбор технологии возделывания оказывает более существенное влияние на контроль FHB, чем генотип сорта (Таблица 9).

Результаты исследования подчеркивают необходимость внедрения интенсивной технологии как ключевого агротехнологического приема для эффективного снижения фузариоза колоса яровой пшеницы.

Глава пятая посвящена экономической оценке возделывания трёх сортов яровой пшеницы — Беляна, Агрос и Радмира в условиях применения базовой, интенсивной и высокоинтенсивной технологий в период 2022–2024 гг. В главе анализируются показатели агрономической эффективности, использования питательных веществ, себестоимости и финансовой отдачи. Особое внимание уделено взаимосвязи между сортом, технологией возделывания и их совместном влиянии на рентабельность, порог рентабельности и срок окупаемости.

Исследование показало, что различия между сортами по валовой продукции с единицы площади (GYV) и валовому доходу от реализации (GRIOC) были статистически достоверны ($P \leq 0,001$). По средним показателям за период исследований сорт Беляна обеспечил наибольшие значения GRIOC

(42 097 руб.) и GYV (65 721 руб.), что подтверждает его наивысшую экономическую эффективность среди изученных сортов (Таблица 10).

Технологии возделывания также оказали высоко достоверное влияние на GRIOC и GYV ($P \leq 0,001$). В среднем по годам наибольший валовой доход от реализации получен при интенсивной технологии — 43 407 руб.·га⁻¹, тогда как максимальная валовая продукция (GYV) — 67, 359 руб.·га⁻¹ — достигнута при высокоинтенсивной технологии. Базовая технология во всех случаях демонстрировала наименьшие экономические показатели.

Результаты свидетельствуют, что рентабельность возрастает с повышением уровня интенсивности возделывания, что подтверждает целесообразность применения высокоинтенсивных технологий в коммерческом земледелии и интенсивных подходов — для хозяйств с ограниченными ресурсами. Наибольший финансовый эффект достигается при сочетании сорта Беяна с высокоинтенсивной технологией. Таким образом, правильное сочетание сорта и технологии возделывания является ключевым условием максимизации рентабельности производства пшеницы (Таблица 10).

Таблица 10 – Влияние сорта и технологии возделывания на увеличение валовой продукции с единицы площади (GYV) и валового дохода от реализации (GRIOC)

Показатель	Валовая продукция с единицы площади (GYV), руб./га			Валовой доход от реализации (GRIOC), руб./га		
	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Фактор А (Технология)						
Базовая	30.027	35.219	40.484	51.007	56.669	61.963
Интенсивная	44.393	41.301	44.526	67.993	62.502	71.582
Высокоинтенсивная	45.380	37.999	45.882	70.093	66.951	69.068
Р-значение	0,001***	0,002**	<,001***	<,001***	<,001***	<,001***
HCP05	4.617,6	1.899,6	1.181,8	4.617,6	1.899,6	1.181,8
Стандартная ошибка (А)	2037,0	838,0	521,3	2037,0	838,0	521,3
CV%	5,1	2,2	1,2	3,2	1,4	0,8
Фактор Б (Сорт)						
Агрос	43,776	29,395	47,820	66,873	53,262	71,727
Беяна	44,709	37,966	43,615	67,807	61,833	67,522
Радмира	31,316	47,159	39,458	54,413	71,027	63,365
Р-значение	0,007*	<,001***	<,001***	0,007*	<,001***	<,001***
HCP05	6.253,0	2.382,2	167,4	6.253,0	2.382,2	167,4
Стандартная ошибка (Б)	2758,4	1050,9	73,8	2758,4	1050,9	73,8
CV%	6,9	2,8	0,2	4,4	1,7	0,1

Примечание: GRIOC= Валовой доход от реализации, GYV= Валовая продукция с единицы площади, Коэффициент вариации (CV, %), наименьшая существенная разность (HCP05); для разделения средних использован t-критерий Стьюдента. Обозначения уровней значимости: ns = незначимый, * значимый ($P \leq 0,05$), ** очень значимый ($P \leq 0,01$), *** крайне значимый

Сорта оказали достоверное влияние на маржинальную прибыль (MR), чистый доход (NR) и коэффициент окупаемости затрат (VCR) в 2023 и 2024 гг. ($P \leq 0,001$) (Таблица 11). В среднем за указанный период сорт Беяна последовательно демонстрировал наивысшие значения MR (0,780 руб./руб.), NR (18 472 руб./га) и VCR (1,775), что подтверждает его статус наиболее экономически выгодного сорта независимо от применяемой технологии возделывания.

Технология возделывания также существенно повлияла на MR и NR в 2022 г. ($P \leq 0,002$), причём интенсивная и высокоинтенсивная системы превосходили базовую технологию. Наибольший средний чистый доход (NR) — 18 833 руб./га — получен при высокоинтенсивной технологии, тогда как максимальные значения MR (0,767 руб./руб.) и VCR (1,765) достигнуты при интенсивной технологии (Таблица 11).

Базовая технология во все годы обеспечивала наименьшие показатели MR, NR и VCR, что свидетельствует о её низкой рентабельности. Несмотря на более высокие затраты, высокоинтенсивные технологии обеспечили значительно больший экономический эффект, особенно в сочетании с отзывчивыми сортами, такими как Беяна. Наиболее оптимальную рентабельность обеспечивает комбинация сорта Беяна с интенсивной или высокоинтенсивной технологией.

Таким образом, стратегический подбор сортов и уровней агрофонов является ключевым условием максимизации доходности производства культуры в условиях изменчивой внешней среды (Таблица 11).

Таблица 11 – Влияние сортов и технологий возделывания на увеличение маржинальной прибыли (MR), чистого дохода (NR) коэффициента окупаемости затрат (VCR) яровой пшеницы

Показатель	Маржинальная прибыли (MR) , руб./га			Чистый доход (NR), руб./га			Коэффициент окупаемости затрат (VCR) , руб./га		
	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Фактор А (Технология)									
Базовая	0,433	0,553	0,886	9.047	13.769	19.005	1.431	1.622	1.886
Интенсивная	0,878	0,610	0,814	20.793	13.496	19.984	1.881	1.600	1.814
Высокоинтенсивная	0,833	0,641	0,786	20.667	15.651	20.182	1.837	1.533	1.786
Р-значение	0,002**	0,103 ^{ns}	0,017*	0,002**	0,064 ^{ns}	0,098 ^{ns}	0,006*	0,061 ^{ns}	0,017 ^{ns}
НСР05	0,153	0,085	0,05	4 164,7	1 899,6	1181,8	0196,1	0,073	0,055
Стандартная ошибка (А)	0,068	0,0375	0,0243	1837,2	838,0	521,3	0,087	0,032	0,024
CV%	9,5	6,2	2,9	10,9	5,9	2,6	5,0	2,0	0,2
Фактор Б (Сорт)									
Агрос	0,878	0,226	1,006	20.678	5.527	23.913	1.884	1.211	2.006
Беяна	0,922	0,596	0,823	21.611	14.098	19.708	1.923	1.578	1.823
Радмира	0,344	0,983	0,657	8.218	23.291	15.551	1.342	1.967	1.657
Р-значение	0,008*	<,001***	<,001***	0,005**	<,001***	<,001***	0,006*	<,001***	<,001***
НСР05	0,277	0,103	0,009	5736,1	2 382,2	167,4	0,2626	0,110	0,009

Стандартная ошибка (Б)	0,122	0,0455	0,0040	2530,4	1050,9	73,8	0,116	0,048	0,004
CV%	17,1	7,6	0,5	15,0	2,9	0,4	6,7	3,1	0,3

Примечание: MR= Маржинальная прибыль, NR= Чистый доход, VCR= Коэффициент окупаемости затрат, Коэффициент вариации (CV, %), наименьшая существенная разность (НСР05); для разделения средних использован t-критерий Стьюдента. Обозначения уровней значимости: ns = незначимый, * значимый ($P \leq 0,05$), ** очень значимый ($P \leq 0,01$), *** крайне значимый

Заключение

Проведенное исследование позволило сформулировать следующие выводы:

1. Интенсивные технологии значительно повышали среднюю урожайность сортов яровой пшеницы до 4,91 т/га при высокоинтенсивной технологии против 3,99 т/га при базовой технологии. Наибольшую урожайность в среднем по всем технологиям показал сорт Беяна – 4,64 т/га, превысив сорта Агрос и Радмира, соответственно на 0,13 т/га и 0,2 т/га. Качество зерна улучшалось с повышением уровня интенсификации технологии: максимальное содержание белка и клейковины в среднем по сортам достигнуто при высокоинтенсивной технологии, соответственно 15,46 % и 25,24 %. Сорт Радмира показал самое высокое содержание клейковины в среднем по технологиям – 25,15 %, что делает его ценным для хлебопекарной промышленности.

2. Сорта Беяна и Агрос продемонстрировали высокие показатели по агрономическим признакам в зависимости от технологии выращивания, включая массу зерна с колоса и массу 1000 зерен. У Агрос средняя масса зерна на колос (1,59 г) и масса 1000 зерен (40,45 г), в то время как у Беяны была масса зерна на колос (1,49 г) и масса 1000 зерен (37,78 г) по сравнению с Радмирой (1,50 г; 36,37 г). Это подтверждает их генетический потенциал для производства крупного, высокоурожайного и товарного зерна, подчеркивая их потенциал для выращивания в условиях, когда приоритетное внимание уделяется высокому качеству зерна.

3. Технологии возделывания оказали существенное влияние на развитие болезней: интенсивная технология обеспечила наибольшее снижение поражения септориозом, мучнистой росой и фузариозом колоса. При выращивании по интенсивной технологии сорт Беяна проявил высокую устойчивость к септориозу – 30,23 % распространения. Сорт Радмира обеспечил устойчивость к мучнистой росе (1,72 % развитие) и фузариозу колоса (21,67 % распространение), что определило его ценность для производства высококачественного зерна даже при интенсивной агротехнологии.

4. Наибольшая экономическая эффективность достигнута при сочетании высокоинтенсивной технологии возделывания и сорта Беяна, которые продемонстрировали самые высокие значения валовой выручки (GYV) 65,721,

чистой прибыли (NR) 18,472, маржинального дохода (MR) 0.780 коэффициента окупаемости затрат (VCR) 1,775. Сорт Радмира показал значительные экономические преимущества при использовании интенсивных технологий, что делает его перспективным для хозяйств с низкой материально-технической базой.

5. Сочетание устойчивых к болезням сортов и оптимальных технологий возделывания способствует повышению урожайности яровой пшеницы и ее экономической эффективности. Полученные данные могут быть использованы сельхозпроизводителями, селекционерами и послужить основой для разработки политики устойчивого производства пшеницы.

Практические рекомендации

Для хозяйств Центрального региона Нечерноземной зоны Российской Федерации в качестве приоритетных для повышения урожайности и экономической эффективности возделывания рекомендуются сорта яровой пшеницы Беяна и Агрос, выращиваемые с применением высокоинтенсивной технологии.

С целью выращивания яровой пшеницы в районах с высоким риском развития таких заболеваний, как фузариоз и мучнистая роса, рекомендуется сорт Радмира, как наиболее устойчивый к основным болезням этой культуры.

В интересах производства хлебопекарного и продовольственного зерна предлагается возделывать сорт яровой пшеницы Радмира, обеспечивающий наиболее высокие качественные показатели по содержанию клейковины и белка.

Перспективы дальнейшей разработки темы исследований

В будущих исследованиях целесообразно испытать дополнительные устойчивые новые сорта яровой пшеницы селекции ФИЦ «Немчиновка» с применением интенсивных и высокоинтенсивных агротехнологий для более эффективного контроля болезней данной культуры.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ **Научные работы, опубликованные в научных журналах, индексируемых в БД Scopus**

9. Economic parameter estimates of spring wheat varieties grown under different cultivation technologies / **F. S. Saquee**, E. Pakina, M. Zargar [et al.] // Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. – 2024. – Vol. 62. – P. 103454. – DOI 10.1016/j.bcab.2024.103454. – EDN CSEAZQ.

10. Efficacy of Micronutrient Fertilizers on the Yield Formulation and Quality of Wheat Grains / **F. S. Saquee**, S. Diakite, N. J. Kavhiza [et al.] // Agronomy. – 2023. – Vol. 13, No. 2. – P. 566. – DOI 10.3390/agronomy13020566. – EDN YOGWVZ.

11. Effect of thiamethoxam seed treatment on insect pest prevalence and grain yield in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) / T. Astarkhanova, A. V. Bereznov, **F. S. Saquee** [et al.] // Sabrao Journal of Breeding and Genetics. – 2024. – Vol. 56, No. 3. – P. 1072-1082. – DOI 10.54910/sabrao2024.56.3.15. – EDN GSSDYY.

12. Effectiveness of *Rhodococcus erythropolis* strain OPI-01 on the fungal development in winter wheat / A. Behzad, S. Diakite, T. S. Astarkhanova, E. N. Pakina, D. Allen, P. M. Mohammadi, **F. S. Saquee** // Biodiversitas. – 2024. – Vol. 25, No. 3. – DOI 10.13057/biodiv/d250320. – EDN MTGZDE.

13. Plant growth and development responses to sulfur nutrition and disease attack under climate change: role of sulfur and management strategies for wheat and barley / S. Diakite, **F. S. Saquee**, N. J. Kavhiza [et al.] // Pedosphere. – 2024. – DOI 10.1016/j.pedsph.2024.12.004. – EDN XHNOMC.

14. Impacts of climate change, forms, and excess of nitrogen fertilizers on the development of wheat fungal diseases / S. Diakite, E. N. Pakina, A. Behzad, M. Zargar, **F.S. Saquee** [et al.] // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. – 2023. – Vol. 15, No. 2. – P. 303-336. – DOI 10.12731/2658-6649-2023-15-2-303-336. – EDN CFVBDJ.

15. Application of New-Generation Growth Regulators and Topdressing Nitrogen Fertilizers Increases Improver Winter Wheat Yield and Grain Quality in South Russia / Yu. Pleskachiov, S. Voronov, S. Kurbanov, **F. S. Saquee** [et al.] // Agriculture. – 2022. – Vol. 12, No. 9. – P. 1310. – DOI 10.3390/agriculture12091310. – EDN ZGETDZ.

16. New Advances in Nano-Enabled Weed Management Using Poly(Epsilon-Caprolactone)-Based Nanoherbicides: A Review / M. Zargar, M. Bayat, F. S. Saquee [et al.] // Agriculture. – 2023. – Vol. 13, No. 10. – P. 2031. – DOI 10.3390/agriculture13102031. – EDN HJHGQW.

Публикации в научных изданиях рекомендованных ВАК РФ

2. Impact of fungicides on potato pathogen in the Tambov region of the Russian Federation / M. U. Lyashko, **F. S. Saquee**, S. Diakite [et al.] // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. – 2024. – Vol. 19, No. 1. – P. 111-121. – DOI 10.22363/2312-797X-2024-19-1-19968. – EDN WARMNQ.

Другие журналы

1. Integrated application of plant growth regulator and varieties on weed infestation: sustainable productivity of wheat in Russia / S. G. Okbagabir, **F. S. Saquee**, E. N. Pakina [et al.] // Journal of Agriculture and Environment. – 2024. – No. 11(51). – DOI 10.60797/JAE.2024.51.11. – EDN CRAVIH.

2. Genetic and Agronomic Parameter Estimates of Growth, Yield and Related Traits of Maize (*Zea mays* L.) under Different Rates of Nitrogen

Fertilization / P. E. Norman, L. Kamara, A. Beah [et al.] // American Journal of Plant Sciences. – 2024. – Vol. 15, No. 04. – P. 274-291. – DOI 10.4236/ajps.2024.154020. – EDN DBWAXK.

Конференции

4. Assessment of Wheat Production Systems in the Moscow Region: Evaluating Essential Economic Parameters of Spring Wheat Varieties/ **F. S. Saquee**, S. Diakite, E. N. Pakina [et al.]/6th International conference on food, agriculture and animal sciences 19-22 december 2024 Antalya, Turkey. ISSUED: 30/12/2024, ISBN: 978-625-99950-2-1.

5. Развитие фузариоза на пшенице яровой в технологиях возделывания разного уровня интенсификации / **Ф.С. Саке**, Е. Н. Пакина, С. Диаките [и др.] // Инновационные технологии в селекции, семеноводстве и возделывании зерновых культур: проблемы, достижения и перспективы : Сборник научных статей Международной научной конференции, посвящённой 300-летию Российской академии наук. В 2-х томах, Москва, 04–05 апреля 2024 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный исследовательский центр "Немчиновка", 2024. – С. 53-57. – EDN KISQJL.

6. Роль экспортируемой российской пшеницы в обеспечении продовольственной безопасности на африканском континенте / С. Диаките, Е. Н. Пакина, М. Заргар, **Ф.С. Саке** [и др.] // В целях устойчивого развития цивилизации: сотрудничество, наука, образование, технологии : сборник материалов Международной научной конференции студентов и молодых ученых, Москва, 22–26 ноября 2022 года. – Москва: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2023. – С. 56-78. – EDN QUTGMF.

Аннотация

САКЕ ФРАНСЕСС СИА

Влияние технологий возделывания на фитосанитарное состояние посевов и продуктивность сортов яровой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья

Диссертационное исследование посвящено оценке влияния современных технологий возделывания на продуктивность, качество зерна, устойчивость к болезням и экономическую эффективность трёх сортов яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) Беяна, Агрос и Радмира. Эксперимент проводился в 2022–2024 гг. в ФГБУ «НИЦ „Немчиновка“» (Московская область) по двухфакторной схеме (3 сорта × 3 технологии). Установлено, что сорт Беяна обеспечивает наибольшую урожайность (4,69 т/га) и экономическую рентабельность, а Радмира высокое содержание белка (14,92 %) и устойчивость к *Fusarium* spp. Интенсивная и высокоинтенсивная технологии

значительно снижают развитие септориоза, мучнистой росы и фузариоза, повышают урожайность и качество зерна по сравнению с базовой системой. Наибольшая экономическая эффективность достигается при сочетании сорта Беяна с интенсивной или высокоинтенсивной технологией, что обеспечивает быструю окупаемость и высокий чистый доход. Научная новизна работы заключается в комплексной оценке новых сортов в условиях Центрального региона РФ с учётом агрономических, фитосанитарных и экономических критериев. Практическая значимость результатов состоит в возможности их внедрения в производство для повышения рентабельности, обеспечения продовольственной безопасности и адаптации к изменяющимся климатическим условиям.