

Анализ влияния почвенных и технологических факторов на урожайность и экономическую эффективность выращивания яровой пшеницы по данным книги истории полей

С. Д. Гилев, Н. В. Степных[✉], Е. В. Нестерова, А. М. Заргарян, С. М. Крамшенкова
Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения
Российской академии наук, Екатеринбург, Россия
[✉]E-mail: i@nstepnyh.ru

Аннотация. Использование электронных карты и книги истории полей, применение современных методов анализа данных позволяют установить влияние почвенных характеристик и технологических факторов на урожайность сельскохозяйственных культур, принимать решения по повышению эффективности систем земледелия. **Цель** исследования – провести системно-когнитивный анализ данных электронной книги истории полей по влиянию почвенных и технологических факторов на урожайность яровой пшеницы на примере производственных полей Курганского НИИСХ. **Методы.** Спецификой анализа книги истории полей является то, что все независимые переменные имеют очень низкую степень формализации, тогда как результат влияния этих факторов – урожайность – измеряется в числовой шкале. Поэтому с традиционным методом анализа данных в работе использован автоматизированный системно-когнитивный анализ, в котором сопоставимость обработки данных, представленных в разных типах шкал и разных единицах измерения, обеспечивается путем метризации номинальных шкал, т. е. повышения их степени формализации до уровня числовых шкал. **Научная новизна** заключается в применении системно-когнитивного метода в анализе данных книги истории полей. **Результаты.** Из почвенных параметров наиболее сильное влияние на повышение урожайности яровой пшеницы оказало содержание гумуса 4–5 %. Значение других показателей было ниже, в порядке убывания: кислотность с pH 5,35–5,7, содержание общего калия – 150–200 мг/кг, содержание подвижного фосфора – 50–100 мг/кг, тип почвы – чернозем обыкновенный, гранулометрический состав почвы – тяжелосуглинистый. Из технологических факторов наибольшую значимость для получения высокой урожайности имеет предшественник – пар. Второе место по значимости занимает срок посева – с 10 по 20 мая. Экономическая оценка дополняет анализ и позволяет принимать более обоснованный выбор технологий выращивания сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: книга истории полей, почвенные характеристики, технологические параметры, анализ, значимость, урожайность

Благодарности. Исследование выполнено в Курганском НИИСХ – филиале ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН в лаборатории экономики и инновационного развития в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования по теме № 532-2026-0014. «Усовершенствовать системы земледелия Уральского региона в условиях изменяющегося климата на основе природоподобных агротехнологий с использованием цифровых методов для повышения устойчивости растениеводства, эффективности использования ресурсов и сохранения почвенного плодородия».

Для цитирования: Гилев С. Д., Степных Н. В., Нестерова Е. В., Заргарян А. М., Крамшенкова С. М. Анализ влияния почвенных и технологических факторов на урожайность и экономическую эффективность выращивания яровой пшеницы по данным книги истории полей // Аграрный вестник Урала. 2026. Т. 26, № 05. С. 927–940. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2026-26-05-927-940>.

Дата поступления статьи: 22.07.2025, **дата рецензирования:** 11.03.2026, **дата принятия:** 09.04.2026.

Analysis of the influence of soil and technological factors on the yield and economic efficiency of growing spring wheat according to the field history book

S. D. Gilev, N. V. Stepnykh , E. V. Nesterova, A. M. Zargaryan, S. M. Kramshenkova

Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

 E-mail: i@nstepnyh.ru

Abstract. The use of electronic maps and field history books, the use of modern data analysis methods make it possible to establish the influence of soil characteristics and technological factors on crop yields, and to make decisions to improve the efficiency of farming systems. **The purpose** of the study is to conduct a systematic cognitive analysis of the data from the electronic field history book on the influence of soil and technological factors on the yield of spring wheat using the example of the production fields of the Kurgan Research Institute of Agricultural Sciences. **Methods.** The specificity of the analysis of the field history book is that all independent variables have a very low degree of formalization, whereas the result of the influence of these factors – yield – is measured on a numerical scale. Therefore, with the traditional method of data analysis, automated system-cognitive analysis is used in the work, in which the comparability of data processing presented in different types of scales and different units of measurement is ensured by metrization of nominal scales, i.e. increasing their degree of formalization to the level of numerical scales. **The scientific novelty** lies in the application of the system-cognitive method in the analysis of data from the field history book. **Results.** Of the soil parameters, the humus content of 4–5 % had the strongest effect on increasing the yield of spring wheat. The values of other indicators were lower, in descending order: acidity with pH 5.35–5.7, total potassium content – 150–200 mg/kg, mobile phosphorus content – 50–100 mg/kg, soil type – ordinary chernozem, soil granulometric composition – heavy loam. Of the technological factors, steam has the greatest importance for obtaining high yields. The second most important period is the sowing period – from May 10 to May 20. The economic assessment complements the analysis and makes it possible to make a more informed choice of crop cultivation technologies.

Keywords: field history book, soil characteristics, technological parameters, analysis, significance, yield

Acknowledgments. This study was conducted at the Kurgan Research Institute of Agriculture, a branch of the Ural Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, in the Laboratory of Economics and Innovative Development, as part of the State Assignment of the Ministry of Science and Higher Education, Topic No. 532-2026-0014 “Improving the agricultural systems of the Ural region in a changing climate using nature-based agricultural technologies and digital methods to increase crop sustainability, resource efficiency, and soil fertility conservation”.

For citation: Gilev S. D., Stepnykh N. V., Nesterova E. V., Zargaryan A. M., Kramshenkova S. M. Analysis of the influence of soil and technological factors on the yield and economic efficiency of growing spring wheat according to the field history book. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2026; 26 (05): 927–940. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2026-26-05-927-940>. (In Russ.)

Date of paper submission: 22.07.2025, **date of review:** 11.03.2026, **date of acceptance:** 09.04.2026.

Постановка проблемы (Introduction)

Сельскохозяйственная деятельность является многогранной и очень сложной. Еще Д. И. Менделеев отмечал, что она представляет собой «страшную сложность задач», поскольку имеет дело «с лучистой энергией солнца, землей, водой и воздухом». При этом «сельский хозяин больше раб, стесненный в своих действиях, чем большинство других промышленников» [1]. Т. С. Мальцев писал: «В умении оперативно применяться к конкретно сложившимся обстоятельствам и заключается искусство брать у природы урожай, несмотря на всю сложность этой задачи. Даже не только к отдель-

ным колхозам, но и к отдельным участкам колхоза надо подходить по-разному, если они имеют разный состав почвы и рельеф местности» [2].

Преодоление сложности ведения земледелия может быть осуществлено при переходе на систему точного земледелия, основная идея которого состоит в том, чтобы учесть неоднородности в пределах одного поля и для оценки этих неоднородностей использовать геоинформационные технологии на основе спутниковой навигации и различного программного обеспечении [3]. Вместе с тем, по мнению Г. П. Гамзикова, комплексная реализация прецизионных и агротехнологических систем возмож-

на только при государственной поддержке необходимых организационных, финансовых и кадровых изменений. Сегодня в сибирских условиях, характеризующихся меньшим потенциалом урожайности при коротком и засушливом лете полное освоение приемов точного земледелия посильно только финансово крепким хозяйствам, освоившим интенсивные технологии [4]. Н. А. Логинов считает, что основной из проблем в настоящее время является отсутствие полной и достоверной информации о качественном и количественном состоянии земель в сельском хозяйстве, что влияет на их уровень и эффективность использования в производстве [5]. По данным В. И. Кирюшина, в России сервисы точного земледелия осуществляются в основном благодаря зарубежным компаниям. В определенной мере реализуются приборы и другие средства обеспечения точного земледелия, разработанные в России. Однако этот процесс развивается крайне медленно. В стране нет ни одного предприятия, в котором была бы достигнута системная организация точного земледелия [6]. Большинство сельскохозяйственных предприятий Урала не готовы к переходу на точное земледелие. Кроме отсутствия оборудования (систем мониторинга техники, картирования урожайности, дифференцированного внесения удобрений, средств защиты растений), нет специалистов, которые имеют компетенции по применению цифровых технологий. В производстве не хватает агрономов и с традиционным образованием: в Курганской области в 2024 году на 221 сельхозпредприятие приходилось только 87 агрономов, а на 702 крестьянско-фермерских хозяйства – 9.

Мировой и российский опыт показывает, что в сельском хозяйстве в условиях дефицита высококвалифицированных кадров необходимо иметь консультационную службу. В России в период столыпинских реформ было развито к 1913 году сельскохозяйственное консультирование – общественная агрономия с 9000 работниками и значимой общегосударственной и региональной поддержкой (в целом почти в три раза большей, чем финансирование аграрного образования) [7]. В настоящее время в России в соответствии с концепцией развития информационно-консультационной службы (ИКС) создаются региональные информационно-консультационные центры на базе научных и образовательных организаций, относящихся к сфере АПК. Руководство по созданию региональных (областных) центров возложено на руководителей соответствующих органов АПК [8]. К сожалению, существующие государственные ИКС не оказывают услуг по развитию точного земледелия в силу отсутствия необходимой компетентности и ее финансирования.

Очевидно, что в этих условиях следует начинать с более простых информационных систем, к которым относятся электронные карта и книга истории полей. Т. С. Мальцев считал ведение книги истории

полей обязательным условием агрономической работы: «С целью рационального применения агротехники ежегодно веду учет размещения культур в колхозе. Мной была составлена ориентировочная почвенная карта полей, данные которой целиком совпали с данными почвенной карты, разработанной в последующие годы бригадой почвоведов» [9]. В альбоме «Обработка почвы по системе Т. С. Мальцева и местные природные условия», изданном в 1957 году, имеется несколько карт, на которых представлены рельеф территории, урожайность яровой пшеницы, очередность схода снега, наступления заморозков и другие данные. Карты служили для определения сроков работ, влияния погодных условий, агротехники и сортов на урожайность яровой пшеницы (рис. 1) [9].

По мнению выдающихся ученых современного земледелия В. И. Кирюшина, А. Л. Иванова и др., оформление книги истории полей с наличием природно-ресурсного, фенологического и технологического блоков служит начальным этапом освоения проектов адаптивно-ландшафтного земледелия и агротехнологий [10].

Методология и методы исследования (Methods)

В Курганском НИИСХ – филиале ФГБНУ УрФАНЦ УрО РАН (КНИИСХ) разработаны электронная карта и база данных истории полей («Агрокарта», свидетельство № 2013616689 от 05.06.2013; «Управление базой данных состояния и функционирования агроландшафтов», № 2018662258 от 14.07.2021; «Управление базой данных исследований по плодородию почв и технологий выращивания сельскохозяйственных культур», № 2021666085 от 20.07.2018; база данных «История полей Курганского научно-исследовательского института сельского хозяйства 2024», № 2024623883 от 03.09.2024). В базах данных содержится информация о почвенных и агрохимических характеристиках полей, размещении по полям культур, сортов, применении удобрений и средств защиты растений, сроках проведения полевых работ и другие.

Электронная карта и база данных по производственным полям в КНИИСХ ведутся с 2013 по 2024 год. Их преимуществом является возможность свободного редактирования параметров с автоматическим построением и раскрашиванием тематических карт по введенным параметрам. В карте предусмотрена информационная поддержка в виде базы знаний по земледелию, которая представляет собой набор данных о культурах, сортах, почвах, сорняках, вредителях и болезнях культур, удобрениях, средствах защиты растений. Она также включает результаты полевых экспериментов, где размещаются данные по законченным и существующим, преимущественно длительным полевым экспериментам КНИИСХ, а также рекомендации по технологиям выращивания сельскохозяйственных культур.

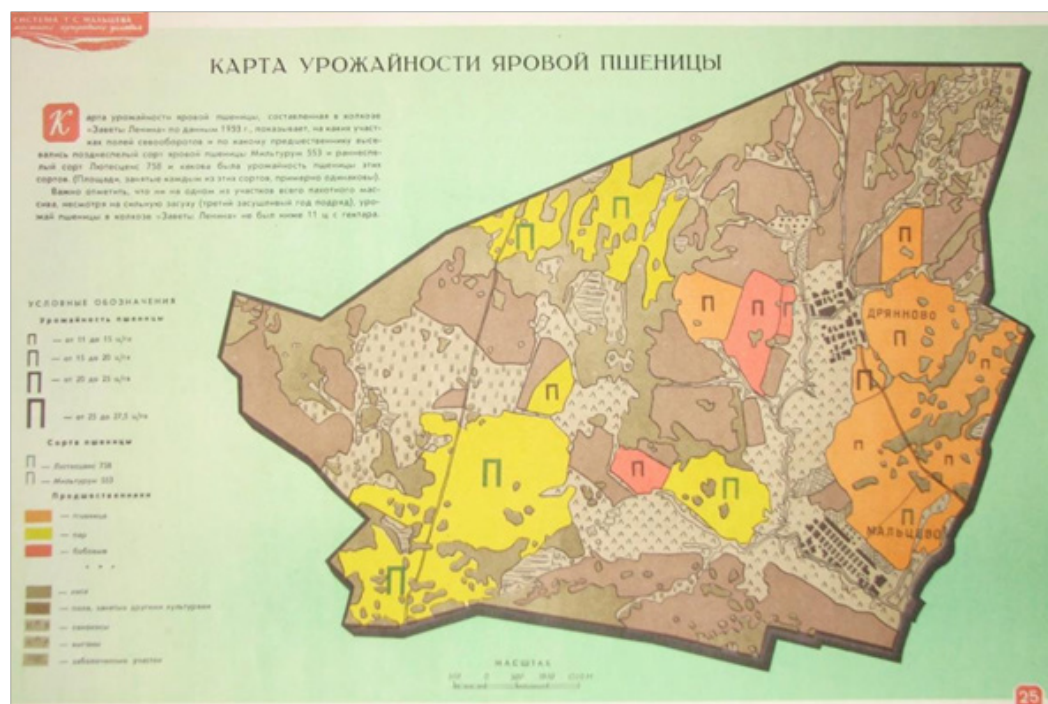


Рис. 1. Карта урожайности яровой пшеницы в колхозе «Заветы Ленина», 1953 г.
Fig. 1. The yield map of spring wheat in the collective farm «Zavety Lenina», 1953

В КНИИСХ заполнение базы данных истории полей ведет научный сотрудник. Основную информацию ему предоставляют руководитель филиала, который проводит оперативные планерки по плану полевых работ, и агроном первичного семеноводства, контролирующий работы в поле. Время и площадь выполненных работ устанавливаются на основе данных спутникового мониторинга техники, который осуществляется с помощью созданной в институте системы «Агромонитор».

Спецификой анализа книги истории полей является то, что все независимые переменные, т. е. факторы (предшественники, сорта, удобрения, сроки посева, применение пестицидов) имеют очень низкую степень формализации, тогда как результат влияния этих факторов – урожайность – измеряется в числовой шкале. Поэтому вместе с традиционным методом анализа данных в работе использован в соответствующей компьютерной программе разработанный профессором Е. В. Луценко автоматизированный системно-когнитивный анализ (СК-анализ), в котором сопоставимость обработки данных, представленных в разных типах шкал и разных единицах измерения, обеспечивается путем метризации номинальных шкал, т. е. повышения их степени формализации до уровня числовых шкал. Это достигается путем вычисления количества информации, содержащегося в градациях номинальных шкал, и получения той или иной урожайности. СК-анализ обеспечивает выявление силы и направления влияния факторов; позволяет корректно обрабатывать неполные (фрагментированные) дан-

ные; эффективно подавляет шум в данных, измеряемых в различных единицах измерения; обеспечивает возможность разумной содержательной интерпретации результатов применения метода [11; 12].

Результаты (Results)

Основными факторами, влияющими на урожайность яровой пшеницы, являются погодные условия, почвенные характеристики и технологии выращивания культур. Для отражения погодных условий использовали гидротермический коэффициент (ГТК) – 6 вариантов. Почвенные характеристики полей разделили на 30 вариантов, для этого использовали шесть показателей: тип почвы (выщелоченный и обыкновенный черноземы), гранулометрический состав почвы (средне- и тяжелосуглинистый), содержание гумуса, фосфора, калия и pH. Технологии выращивания культуры разделили на 14 вариантов по сочетанию основных параметров: по предшественнику (пар и зерновые), сорту (Радуга и прочие), применению удобрений, гербицидов, фунгицидов (да/нет), срокам посева. Далее за каждый год и на каждом поле установили сочетание анализируемых параметров, которые записали в таблицу, представляющую собой обучающую выборку для СК-анализа (таблица 1).

Для определения значимости влияния основных факторов на урожайность яровой пшеницы с помощью СК-анализа урожайность разделили на две группы: 1-я группа – урожайность до 19,0; 2-я – более 19,0 ц/га. Далее из 10 моделей, предложенных на основе обучающей выборки системой ЭЙДОС-Х++, выбрали наиболее достоверную –

INF-3, в которой сформировали информационный портрет класса «Урожайность в данный год более 19 ц/га», показывающий значимость влияния выбранных параметров на этот уровень урожайности яровой пшеницы. Наибольшую значимость (в абсолютном числовом выражении – 12,1) имеет ГТК с интервалом значений от 0,75 до 0,79, на втором месте – ГТК 0,92–0,96, значимость – 7,3, на третьем – ГТК 0,61–0,66, значимость – 4,2. Далее по значимости идут два варианта по составу почв: 19-й вариант, значимость – 3,5 (тип почвы – чернозем обыкновенный, гранулометрический состав – тяжелосуглинистый, содержание гумуса – 3–4, содержание фосфора – 50–100, калия – 150–200, pH – 5,2), и 23-й вариант, значимость 3,3 (тип почвы – чернозем обыкновенный, гранулометрический состав – тяжелосуглинистый, содержание гумуса – 4–5, содержание фосфора – 50–100, калия – 150–200, pH – 5,4). Технологические факторы имеют меньшую значимость: из них лучшую имеют 6-й вариант – 2,5 (предшественник – пар, сорт – прочие, без удобрений, 2-й срок посева) и 8-й – 2,4 (предшественник – пшеница, сорт – Радуга, с удобрениями, 2-й срок посева) (таблица 2).

На следующем этапе необходимо было более детально выяснить значимость влияния отдельных почвенных параметров и технологических факторов. Для анализа влияния на урожайность яровой пшеницы почвенных параметров взяты содержание гумуса (3 группы: 2–3; 3–4; 4–5 %), кислотность (2 группы: 5–5,35; 5,35–5,7), содержание калия (3 группы: 150–200; 200–300; 300–350), наличие фосфора (2 группы: 50–100; 100–150), тип почвы (2 группы: чернозем обыкновенный; чернозем выще-

лоченный), гранулометрический состав почвы (2 группы: тяжелосуглинистый; среднесуглинистый).

Результаты показали, что достижению уровня урожайности второй группы (более 19 ц/га) способствуют почвенные параметры в порядке убывания. Наибольшую значимость для второй (более высокой) группы урожайности имеют показатели: наличие гумуса – 4–5 % (значимость 0,513), кислотность – 5,35–5,7 (значимость 0,413), содержание калия – 150–200 (значимость 0,168), тип почвы – чернозем обыкновенный (значимость 0,161), гранулометрический состав почвы – тяжелосуглинистый (значимость 0,076), наличие фосфора – 50–100 (значимость 0,023). Следует отметить, что более высокое содержание в почве фосфора и калия не ведет к повышению значимости в урожайности яровой пшеницы (таблица 3).

Для выяснения влияния технологических факторов использовали как традиционный, так и СК-анализ. С помощью традиционного метода анализа данных книги истории полей установили следующие результаты: наибольшая урожайность (23,7 ц/га) получена в технологии (3 повторения): предшественник – пар, сорт – прочие, применялись удобрения, срок сева – поздний. Та же технология (6 повторений), но без удобрений заняла второе место по урожайности (22,8 ц/га). На третьем месте (20,6 ц/га) оказалась технология (17 повторений): предшественник – пар, сорт – Радуга, без удобрений, срок посева – ранний. Низкая урожайность (11,7 ц/га) была получена в технологии: предшественник – яровая пшеница, сорт – Радуга, без удобрений, срок сева – ранний (таблица 4). Наиболее значимым фактором высокой урожайности оказалась паровой предшественник.

Таблица 1
Фрагмент обучающей выборки для СК-анализа

№	Урожайность в данный год, ц/га	ГТК	Вариант технологии	Вариант по составу почвы
1	14,9	0,9	1	1
2	13,6	0,9	2	3
3	13,6	0,9	2	4
4	10,8	0,9	1	1
5	11,1	0,9	1	1
...	...	...	...	...
138	13,3	1,7	8	29

Table 1
Fragment of the training sample for SC-analysis

No.	Yield in the current year, c/ha	Hydrothermal coefficient	Technology option	A variant on the composition of the soil
1	14.9	0.9	1	1
2	13.6	0.9	2	3
3	13.6	0.9	2	4
4	10.8	0.9	1	1
5	11.1	0.9	1	1
...	...	...	...	...
138	13.3	1.7	8	29

Таблица 2
Влияние (значимость) ГТК, почвенных и технологических параметров
на урожайность яровой пшеницы

Код	Наименование класса	Ц/га	Код	Наименование признака	Значимость
1	Урожайность яровой пшеницы 1/2	4,3–19,0	9	ГТК 0,75–0,79	12,09
2	Урожайность яровой пшеницы 2/2	19,0–33,7	13	ГТК 0,92–0,96	7,26
			6	ГТК 0,62–0,66	4,22
			60	Вариант по составу почвы – 19	3,46
			56	Вариант по составу почвы – 23	3,28
			46	Вариант по технологии – 6	2,52
			31	Вариант по технологии – 6	2,39
			58	Вариант по составу почвы – 23	2,35
			34	Вариант по технологии – 9	1,76
			39	Вариант по технологии – 7	1,61
			50	Вариант по составу почвы – 27	1,35
			59	Вариант по составу почвы – 12	1,35
			57	Вариант по составу почвы – 24	1,35
			40	Вариант по технологии – 3	1,17
			49	Вариант по составу почвы – 20	0,94
			55	Вариант по составу почвы – 27	0,76
			51	Вариант по составу почвы – 22	0,35
			55	Вариант по составу почвы – 15	0,35
			75	Вариант по составу почвы – 6	0,35
			43	Вариант по технологии – 4	0,28
			38	Вариант по технологии – 5	0,22
			35	Вариант по технологии – 10	–0,02
			69	Вариант по составу почвы – 3	–0,07

Table 2
Influence (significance) of hydrothermal coefficient (HTC), soil and technological parameters
on the yield of spring wheat

Code	Name of the class	C/ha	Code	Name of the feature	Significance
1	Yield of spring wheat 1/2	4.3–19.0	9	HTC 0.75–0.79	12.09
2	Yield of spring wheat 2/2	19.0–33.7	13	HTC 0.92–0.96	7.26
			6	HTC 0.62–0.66	4.22
			60	A variant on the composition of the soil – 19	3.46
			56	A variant on the composition of the soil – 23	3.28
			46	The technology option – 6	2.52
			31	The technology option – 6	2.39
			58	A variant on the composition of the soil – 23	2.35
			34	The technology option – 9	1.76
			39	The technology option – 7	1.61
			50	A variant on the composition of the soil – 27	1.35
			59	A variant on the composition of the soil – 12	1.35
			57	A variant on the composition of the soil – 24	1.35
			40	The technology option – 3	1.17
			49	A variant on the composition of the soil – 20	0.94
			55	A variant on the composition of the soil – 27	0.76
			51	A variant on the composition of the soil – 22	0.35
			55	A variant on the composition of the soil – 15	0.35
			75	A variant on the composition of the soil – 6	0.35
			43	The technology option – 4	0.28
			38	The technology option – 5	0.22
			35	The technology option – 10	–0.02
			69	A variant on the composition of the soil – 3	–0.07

Таблица 3

Влияние (значимость) почвенных параметров на урожайность яровой пшеницы

Код	Наименование класса	Ц/га	Код	Наименование признака	Значимость
1	Урожайность яровой пшеницы 1/2	4,3–19,0	7	Содержание гумуса, 4–5 %	0,51
2	Урожайность яровой пшеницы 2/2	19,0–33,7	15	Кислотность почв, pH 5,35–5,7	0,43
			11	Содержание калия, 150–200 мг/кг	0,17
			2	Тип почвы – чернозем обыкновенный	0,16
			4	Гранулометрический состав – тяжелосуглинистый	0,08
			10	Содержание фосфора, 50–100 мг/кг	0,02
			8	Содержание фосфора, 100–150 мг/кг	–0,03
			6	Содержание гумуса, 3–4 %	–0,08
			14	Кислотность почв, pH 5–5,35	–0,08
			12	Содержание калия, 200–300 мг/кг	–0,13
			3	Гранулометрический состав – среднесуглинистый	–0,14
			1	Тип почвы – чернозем выщелоченный	–0,48
			5	Содержание гумуса, 2–3 %	–0,31
			13	Содержание калия, мг/кг 300–350	–0,57

Economy

Table 3
Impact (significance) of the soil parameters for the yield of spring wheat

Code	Name of the class	C/ha	Code	Name of the feature	Significance
1	Yield of spring wheat 1/2	4.3–19.0	7	Humus content, 4–5 %	0.51
2	Yield of spring wheat 2/2	19.0–33.7	15	Soil acidity, pH 5.35–5.7	0.43
			11	Potassium content, 150–200 mg/kg	0.17
			2	Soil type – ordinary chernozem	0.16
			4	Granulometric composition – heavy loamy	0.08
			10	Phosphorus content, 50–100 mg/kg	0.02
			8	Phosphorus content, 100–150 mg/kg	–0.03
			6	Humus content, 3–4 %	–0.08
			14	Soil acidity, pH 5–5.35	–0.08
			12	Phosphorus content, 200–300 mg/kg	–0.13
			3	Granulometric composition – medium loamy	–0.14
			1	Granulometric composition – medium loamy	–0.48
			5	Humus content, 2–3	–0.31
			13	Potassium content, 300–350 mg/kg	–0.57

СК-анализ позволил уточнить значимость технологических факторов в формировании того или иного уровня урожайности яровой пшеницы. Для анализа были взяты данные по технологиям, использованным на производственных полях Курганского НИИСХ за 2013 и с 2018 по 2024 годы. Урожайность разделена на два уровня: до 19 ц/га и более 19 ц/га.

Наибольшее влияние (значимость) на второй, более высокий уровень урожайности яровой пшеницы оказало применение фунгицидов (значимость по модели INF5 – 0,96) (таблица 5).

При этом следует иметь в виду, что фунгициды применяются в годы с высокой влагообеспеченностью, благоприятные для развития растений и болезней, когда формируется высокая урожайность [13]. Важно установить влияние технологических факторов, применяющихся ежегодно независимо от влагообеспеченности. Для этого из исследования исключили фактор – применение фунгицидов (таблица 6).

Таблица 4

Урожайность яровой пшеницы на производственных полях Курганского НИИСХ
в зависимости от технологических факторов, 2013–2024 гг.

Вариант технологии	Предшественник	Сорт	Применение удобрений	Срок посева	Количество полей	Урожайность, ц/га
9	Пар	Прочие	Да	3	3	23,7
6	Пар	Прочие	Нет	2	6	22,8
3	Пар	Радуга	Нет	1	17	20,6
4	Пар	Прочие	Нет	1	10	20,3
8	Яровая пшеница	Радуга	Да	2	16	20,3
5	Пар	Радуга	Нет	2	13	19,5
7	Пар	Прочие	Нет	3	30	19,4
13	Яровая пшеница	Радуга	Да	3	2	18,9
10	Яровая пшеница	Прочие	Да	3	16	18,37
14	Пар	Радуга	Нет	3	3	15,5
2	Яровая пшеница	Прочие	Нет	1	3	13,7
11	Яровая пшеница	Прочие	Да	2	7	11,8
1	Яровая пшеница	Радуга	Нет	1	11	11,7
12	Яровая пшеница	Радуга	Да	1	1	10,4

Table 4

Yield of spring wheat in the production fields of the Kurgan Research Institute of Agricultural Sciences,
depending on technological factors, 2013–2024

Technology option	The predecessor	Variety	Application of fertilizers	The sowing period	Number of fields	Yield, h/ha
9	Lea	Others	Yes	3	3	23.7
6	Lea	Others	No	2	6	22.8
3	Lea	Raduga	No	1	17	20.6
4	Lea	Others	No	1	10	20.3
8	Spring wheat	Raduga	Yes	2	16	20.3
5	Lea	Raduga	No	2	13	19.5
7	Lea	Others	No	3	30	19.4
13	Spring wheat	Raduga	Yes	3	2	18.9
10	Spring wheat	Others	Yes	3	16	18.37
14	Lea	Raduga	No	3	3	15.5
2	Spring wheat	Others	No	1	3	13.7
11	Spring wheat	Others	Yes	2	7	11.8
1	Spring wheat	Raduga	No	1	11	11.7
12	Spring wheat	Raduga	Yes	1	1	10.4

Таблица 5

Влияние (значимость) технологических факторов на урожайность яровой пшеницы

Код	Наименование класса	Ц/га	Код	Наименование признака	Значимость
1	Урожайность яровой пшеницы 1/2	4,3–19,0	12	Применены фунгициды	0,96
2	Урожайность яровой пшеницы 2/2	19,0–33,7	7	Второй срок посева	0,17
			1	Предшественник – пар	0,17
			9	Третий срок посева	0,1
			5	Применены удобрения	0,08
			3	Сорт – прочие	0,05
			10	Применены гербициды	0
			11	Без гербицидов	–0,03
			6	Без удобрений	–0,04
			4	Сорт – Радуга	–0,06
			13	Без фунгицидов	–0,17
			2	Предшественники – яровая пшеница	–0,27
			8	Первый срок посева	–0,31

Table 5

The influence (significance) of technological factors on the yield of spring wheat

Code	Name of the class	C/ha	Code	Name of the feature	Significance
1	Yield of spring wheat 1/2	4.3–19.0	12	Fungicides have been applied	0.96
2	Yield of spring wheat 2/2	19.0–33.7	7	The second sowing period	0.17
			1	The predecessor is steam	0.17
			9	The third sowing period	0.1
			5	Fertilizers have been applied	0.08
			3	Variety – other	0.05
			10	Herbicides have been applied	0
			11	Herbicide-free	–0.03
			6	Without fertilizers	–0.04
			4	Variety – Raduga	–0.06
			13	Without fungicides	–0.17
			2	The precursors are spring wheat	–0.27
			8	The precursors are spring wheat	–0.31

Economy

Таблица 6

Влияние (значимость) технологических факторов на урожайность яровой пшеницы

Код	Наименование класса	Ц/га	Код	Наименование признака	Значимость
1	Урожайность яровой 1/2 пшеницы	4,3–19,0	1	Предшественник – пар	6,13
2	Урожайность яровой пшеницы 2/2	19,0–33,7	7	Второй срок посева	3,24
			9	Третий срок посева	2,11
			3	Сорт – прочие	1,61
			5	Применены удобрения	1,41
			6	Без удобрений	–1,41
			4	Сорт – Радуга	–1,61
			8	Первый срок посева	–5,35
			2	Предшественник – яровая пшеница	–6,13

Table 6

Influence (significance) of technological factors on the yield of spring wheat

Code	Name of the class	C/ha	Code	Name of the feature	Significance
1	Yield of spring wheat 1/2	4.3–19.0	1	The predecessor is steam	6.13
2	Yield of spring wheat 2/2	19.0–33.7	7	The second sowing period	3.24
			9	The third sowing period	2.11
			3	Variety – other	1.61
			5	Fertilizers have been applied	1.41
			6	Without fertilizers	–1.41
			4	Variety – Raduga	–1.61
			8	The first sowing period	–5.35
			2	The predecessor is spring wheat	–6.13

При ежегодном действии факторов наибольшую значимость для получения высокой урожайности имеет фактор «предшественник – пар» (значимость по модели INF3 – 6,13). Это совпадает с данными таблицы 2, в которой пар также занимает самое высокое место. Второе место по значимости занимает фактор «срок посева – второй, с 10 по 20 мая» (значимость – 3,239). Фактор «срок посева – третий, с 21 по 28 мая» имеет более низкую значимость – 2,109. Такие факторы, как сорт и удобрения, не име-

ют существенной значимости. Факторы «срок посева – первый» (до 10 мая) и «предшественник – яровая пшеница» имеют отрицательную значимость.

Проведенный анализ показал также высокую значимость в формировании высокой урожайности яровой пшеницы парового предшественника. Другие факторы на урожайность оказывали неоднозначное влияние. Это зависело от их сочетания между собой и наличия неучтенных условий, например вредителей и болезней. Урожайность

яровой пшеницы по зерновому предшественнику (яровая пшеница) приближалась к уровню парового предшественника при совместном использовании таких факторов, как внесение удобрений, второй сроке посева и сорт Радуга. У парового предшественника есть потенциал повышения влияния на урожайность яровой пшеницы за счет выполнения сроков обработки почвы.

Используя систему ЭЙДОС-Х++ для выявления значимости не отдельных факторов, а в целом технологий в урожайности яровой пшеницы, получаем данные, во многом совпадающие с данными анализа традиционным методом (таблица 7). Урожайность яровой пшеницы разделили на три группы: до 14,1, от 14,2 до 23,9, более 23,9 ц/га. Для достижения третьего уровня урожайности – более 23,9 ц/га наибольшую значимость имеют технологии, представленные в таблицах 4 и 7. Следует заметить, что выбранные технологии, несмотря на высокую значимость в достижении высокой урожайности, не всегда ее достигают, но чаще других. Так, технология 6 из 7 применений только три раза попадала в группу с урожайностью выше 23,9 ц/га, технология 8 из 16 применений входила в группу восемь раз. Технология 10 (предшественник – яровая пшеница, с применением удобрений, сорт – прочие, срок посева – третий) из 16 применений в группу с высокой урожайностью входила только два раза.

Из шести технологий, имеющих положительную значимость, в пяти пшеница размещена по паровому предшественнику без применения удо-

брений, в трех посеяна во второй срок. Лишь в одном варианте предшественник – яровая пшеница с удобрениями, но также посеяна во второй срок. Эти данные еще раз подтверждают сильное влияние на урожайность парового предшественника и второго срока посева.

Интенсивные агротехнологии ориентированы не на максимальную урожайность, а на максимальную прибыль. Сопоставление фактической урожайности с этими категориями позволяет оценить эффективность использования земель в сравнении с их потенциальными возможностями [14]. Достижение высокой урожайности не всегда совпадает с ростом экономической эффективности [15]. В данном исследовании наибольшая прибыль (11 027 руб/га) была получена в шестом варианте технологий, занимающем второе место по урожайности (22,8 ц/га). Самая высокая рентабельность (56,3 %) получена в восьмом варианте технологий, стоящем на третьей позиции по урожайности (20,3 ц/га). В четвертом варианте технологий с такой же урожайностью (20,3 ц/га) прибыль (7670 руб/га) и рентабельность (38,5 %) в связи с более высоким уровнем затрат были ниже, чем в восьмом варианте (таблица 9). Экономическая оценка дополняет системно-когнитивный анализ влияния почвенных и технологических факторов на урожайность показателями экономической эффективности и тем самым позволяет принимать более обоснованный выбор технологий выращивания сельскохозяйственных культур.

Таблица 7
Влияние (значимость) технологий на урожайность яровой пшеницы

Код	Наименование класса	Ц/га	Номер варианта	Значимость
1	Урожайность яровой пшеницы 1/1	4,3–14,1	6	0,73
2	Урожайность яровой пшеницы 1/2	14,1–23,9	8	0,73
3	Урожайность яровой пшеницы 1/3	19,0–33,7	4	0,53
			5	0,48
			7	0,27
			9	0,15
			3	–0,19
			10	–0,39

Таблица 7
The impact (significance) of technology on the yield of spring wheat

Code	Name of the class	C/ha	Option number	Significance
1	Yield of spring wheat 1/1	4.3–14.1	6	0.73
2	Yield of spring wheat 1/2	14.1–23.9	8	0.73
3	Yield of spring wheat 1/3	19.0–33.7	4	0.53
			5	0.48
			7	0.27
			9	0.15
			3	–0.19
			10	–0.39

Таблица 8

Значимость технологий в достижении высокой урожайности яровой пшеницы на производственных полях Курганского НИИСХ, 2013–2024 гг.

Вариант технологии	Предшественник	Сорт	Применение удобрений	Срок посева	Количество полей в варианте	Значимость, баллов
6	Пар	Прочие	Нет	2	7	0,725
8	Яровая пшеница	Радуга	Да	2	16	0,725
4	Пар	Прочие	Нет	1	10	0,533
5	Пар	Радуга	Нет	2	13	0,479
7	Пар	Прочие	Нет	3	30	0,265
9	Пар	Радуга	Да	3	17	0,150

Economy

Table 8

The importance of technologies in achieving high yields of spring wheat in the production fields of the Kurgan Research Institute of Agricultural Sciences, 2013–2024

Technology option	The predecessor	Variety	Application of fertilizers	The sowing period	Number of fields	Significance, points
6	Lea	Others	No	2	7	0.725
8	Spring wheat	Raduga	Yes	2	16	0.725
4	Lea	Others	No	1	10	0.533
5	Lea	Raduga	No	2	13	0.479
7	Lea	Others	No	3	30	0.265
9	Lea	Raduga	Yes	3	17	0.150

Таблица 9

Экономическая эффективность технологий выращивания яровой пшеницы

Наименование	Вариант технологии					
	9	6	8	4	5	7
Предшественник	Пар	Пар	Яровая пшеница	Пар	Пар	Пар
Применение удобрений	Да	Нет	Да	Нет	Нет	Нет
Срок посева	3	2	2	1	2	3
Сорт	Радуга	Прочие	Радуга	Прочие	Радуга	Прочие
Урожайность, ц/га	23,8	22,8	20,3	20,3	19,5	19,4
Цена продукции, руб/т	13 583					
Стоимость продукции, руб/га	32 327	30 969	27 573	27 573	26 487	26 351
Затраты, руб/га	21 530	19 942	17 637	19 903	19 893	19 890
Себестоимость, руб/ц	905	875	869	980	1 020	1 025
Прибыль, руб/га	10 797	11 027	9 936	7 670	6 594	6 461
Рентабельность, %	50,1	55,3	56,3	38,5	33,1	32,5
Маржинальный доход, руб/га	17 410	17 640	15 847	14 244	13 157	13 026

Table 9

Economic efficiency of spring wheat cultivation technologies

Name	Technology option					
	9	6	8	4	5	7
The predecessor	Lea	lea	Spring wheat	lea	lea	lea
Application of fertilizers	Yes	No	Yes	No	No	No
The sowing period	3	2	2	1	2	3
Variety	Raduga	Others	Raduga	Others	Raduga	Others
Yield, h/ha	23.8	22.8	20.3	20.3	19.5	19.4
Product price, RUB/ton	13 583					
Cost of production, RUB/ha	32 327	30 969	27 573	27 573	26 487	26 351
Costs, RUB/ha	21 530	19 942	17 637	19 903	19 893	19 890
Prime cost, RUB/c	905	875	869	980	1 020	1 025
Profit, RUB/ha	10 797	11 027	9 936	7 670	6 594	6 461
Profitability, %	50,1	55,3	56,3	38,5	33,1	32,5
Marginal income, RUB/ha	17 410	17 640	15 847	14 244	13 157	13 026

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Спецификой анализа книги истории полей является то, что все независимые переменные имеют очень низкую степень формализации, тогда как результат влияния этих факторов – урожайность – измеряется в числовом формате. Поэтому вместе с традиционным методом анализа данных в работе использован автоматизированный системно-когнитивный анализ, в котором сопоставимость обработки данных, представленных в разных типах шкал и разных единицах измерения, обеспечивается путем метризации номинальных шкал, т. е. повышения их степени формализации до уровня числовых шкал.

С помощью СК-анализа данных книги истории полей Курганского НИИСХ получены показатели влияния почвенных характеристик и технологических факторов на урожайность яровой пшеницы. Из почвенных параметров наиболее сильное влияние на повышение урожайности яровой пшеницы оказало содержание гумуса 4–5 %. Значение дру-

гих показателей было ниже, в порядке убывания: кислотность с pH 5,35–5,7, содержание калия – 150–200 мг/кг, тип почвы – чернозем обыкновенный, гранулометрический состав почвы – тяжело-суглинистый, наличие фосфора – 50–100 мг/кг.

Из технологических факторов наибольшую значимость для получения высокой урожайности имеет предшественник – пар. Второе место по значимости занимает срок посева – второй, с 10 по 20 мая. Такие факторы, как сорт и удобрения, имеют более низкую значимость.

Использование электронных карты и книги истории полей, применение системно-когнитивного анализа данных позволяют установить влияние почвенных характеристик и технологических факторов на урожайность культур. Экономическая оценка дополняет анализ и позволяет делать более обоснованный выбор технологий выращивания сельскохозяйственных культур.

Библиографический список

1. Баутин В. М. Кадровое обеспечение инновационного развития аграрного производства и устойчивого развития сельских территорий // Никоновские чтения. 2006. № 11. С. 349–351.
2. Мальцев Т. С. Вопросы земледелия (избранное). 3-е изд. Москва: Агропромиздат, 1985. 432 с.
3. Ерунова М. Г., Симакина А. С., Якубайлик О. Э. Создание базы данных для точного земледелия ОПХ «Курагинское» // Вестник КрасГАУ. 2022. № 1 (178). С. 13–20. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-1-13-20.
4. Гамзиков Г. П. Точное земледелие в Сибири: реальность, проблемы и перспективы // Земледелие. 2022. № 1. С. 3–9. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-1-3-9.
5. Логинов Н. А., Трофимов Н. В., Сочнева С. В., Яхин И. Ф. Современные проблемы внедрения элементов точного земледелия // Агробiotехнологии и цифровое земледелие. 2022. № 3 (3). С. 38–41. DOI: 10.12737/2782-490X-2022-38-41.
6. Кирюшин В. И. Система научно-инновационного обеспечения технологий адаптивно-ландшафтного земледелия // Земледелие. 2022. № 2. С. 3–7. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-2-3-7.
7. Козлов В. В. Институциональная среда инновационного развития сельского хозяйства // Научные труды Вольного экономического общества России. 2019. Т. 220, № 6. С. 200–221.
8. Организация и управление консультационной деятельностью в АПК: краткий курс лекций для магистрантов направления подготовки 38.04.02 «Менеджмент» / Сост.: А. В. Наянов // Саратов: Саратовский ГАУ, 2018. 64 с.
9. Белоцерковский М. Ю. Обработка почвы по системе Т. С. Мальцева и местные природные условия. Ленинград: МСХ СССР, 1957. 30 с.
10. Кирюшин В. И., Иванов А. Л., Козубенко И. С. [и др.] Цифровое земледелие // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 5. С. 4–9.
11. Луценко Е. В. Автоматизированный системно-когнитивный анализ в агрономии: монография. Краснодар: КубГАУ, 2024. 112 с.
12. Теоретические основы, технология и инструментарий автоматизированного системно-когнитивного анализа [Электронный ресурс]. URL: <https://lc.kubagro.ru/aidos/index.htm> (дата обращения: 08.02.2025).
13. Кекало А. Ю., Заргарян Н. Ю., Немченко В. В. Эффективность фунгицидной защиты яровой пшеницы от мучнистой росы и пиренофороза // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53, № 1. С. 45–52. DOI: 10.26898/0370-8799-2023-1-6.
14. Кирюшин В. И., Дубачинская Н. Н., Юрова А. Ю. Комплексная оценка сельскохозяйственных земель на примере Южного Урала // Почвоведение. 2021. № 11. С. 1363–1375. DOI: 10.31857/S0032180X21110083.
15. Степных Н. В., Копылова С. А., Заргарян А. М. Экономическая оценка технологий выращивания сельскохозяйственных культур в условиях высокой волатильности цен // АПК: экономика, управление. 2024. № 1. С. 72–84. DOI: 10.33305/241-72.

Об авторах:

Сергей Дмитриевич Гилев, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0001-9380-3723, AuthorID 297233. *E-mail: info@kurganniish.ru*

Николай Васильевич Степных, кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник, Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0002-0208-1583, AuthorID 443333. *E-mail: i@nstepnyh.ru*

Елена Викторовна Нестерова, кандидат сельскохозяйственных наук, специалист, Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0003-0599-5054, AuthorID 698817. *E-mail: l.nesterowa2009@yandex.ru*

Артур Меружанович Заргарян, научный сотрудник, Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0003-0719-0284, AuthorID 763361. *E-mail: nietsmmarrock@yandex.ru*

Светлана Михайловна Крамшенкова, младший научный сотрудник, Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия; ORCID 0009-0001-1836-9266, AuthorID 1257077. *E-mail: info@kurganniish.ru*

References

1. Bautin V. M. Personnel support for innovative development of agricultural production and sustainable development of rural areas. *Nikon Readings*. 2006; 11: 349-351. (In Russ.)
2. Maltsev T. S. *Questions of agriculture (selected)*. 3rd ed. Moscow: Agropromizdat, 1985. 432 p. (In Russ.)
3. Erunova M. G., Simakina A. S., Yakubaylik O. E. Database for precision farming at the Kuraginskoye agricultural experimental production facility. *Bulletin KrasGAU*. 2022; 1 (178): 13–20. DOI: 10.36718/1819403620221pp13-20. (In Russ.)
4. Gamzikov G. P. Precision farming in Siberia: realities, challenges and prospects. *Zemledelie*. 2022; 1: 3–9. DOI: 10.24412/0044391320221pp3-9. (In Russ.)
5. Loginov N. A., Trofimov N. V., Sochneva S. V., Yakhin I. F. Modern problems of introduction of precision farming elements. *Agrobiotechnologies and Digital Farming*. 2022; 3 (3): 38–41. DOI: 10.12737/2782490X2022pp38-41. (In Russ.)
6. Kiryushin V. I. System of scientific and innovative support of adaptive landscape farming technologies. *Zemledelie*. 2022; 2: 3–7. DOI: 10.24412/0044391320222pp3-7. (In Russ.)
7. Kozlov V. V. The institutional environment of innovative development of agriculture. *Scientific Papers of the Free Economic Society of Russia*. 2019; 220 (6): 200–221. (In Russ.)
8. *Organization and management of consulting activities in the agroindustrial complex: a short course of lectures for undergraduates in the field of training 04.38.02 "Management"*. Comp.: A. V. Nayanov. Saratov: Saratov State Agrarian University, 2018. 64 p. (In Russ.)
9. Belotserkovskiy M. Yu. *Tillage according to the system of T. S. Maltsev and local natural conditions*. Leningrad: Ministry of Agriculture of the USSR, 1957. 30 p. (In Russ.)
10. Kiryushin V. I., Ivanov A. L., Kozubenko I. S., et al. Digital agriculture. *Bulletin of Russian Agricultural Science*. 2018; 5: 4–9. (In Russ.)
11. Lutsenko E. V. *Automated system-cognitive analysis in agronomy: a monograph*. Krasnodar: KubGAU. 2024. 112 p. (In Russ.)
12. *Theoretical foundations, technology and tools of automated system-cognitive analysis* [Internet] [cited 2025 Feb 08]. Available from: <https://lc.kubagro.ru/aidos/index.htm>. (In Russ.)
13. Kekalo A. Yu., Zargaryan N. Yu., Nemchenko V. V. Effectiveness of fungicidal protection of spring wheat against powdery mildew and tan spot. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2023; 53 (1): 45–52. DOI: 10.26898/0370-8799-2023-1-6. (In Russ.)
14. Kiryushin V. I., Dubachinskaya N. N., Yurova A. Yu. Multifactorial assessment of agricultural land exemplified by the Southern Urals Region. *Soil Science*. 2021; 11: 1363–1375. DOI: 10.31857/S0032180X21110083. (In Russ.)
15. Stepnykh N. V., Kopylova S. A., Zargaryan A. M. Economic assessment of crop cultivation technologies in conditions of high price volatility. *AIC: Economics, Management*. 2024; 1: 72–84. DOI: 10.33305241-72. (In Russ.)

Authors' information:

Sergey D. Gilev, candidate of agricultural sciences, leading researcher, Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia;

ORCID 0000-0001-9380-3723, AuthorID 297233. *E-mail: info@kurganniish.ru*

Nikolay V. Stepnykh, candidate of economic sciences, leading researcher, Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia;

ORCID 0000-0002-0208-1583, AuthorID 443333. *E-mail: i@nstepnyh.ru*

Elena V. Nesterova, candidate of agricultural sciences, specialist, Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0003-0599-5054,

AuthorID 698817. *E-mail: l.nesterowa2009@yandex.ru*

Artur M. Zargaryan, researcher, Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0003-0719-0284, AuthorID 763361.

E-mail: nietsmmarroch@yandex.ru

Svetlana M. Kramshenkova, junior researcher, Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0009-0001-1836-9266,

AuthorID 1257077. *E-mail: info@kurganniish.ru*