

АГРОНОМИЯ

DOI 10.31677/2072-6724-2023-67-2-5-13

УДК 63316:631.583

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА СОРТОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР
ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
В ЛЕСОСТЕПИ ПРИОБЬЯ****М.А. Альберт**, заместитель директора ЗАО Племязавод «Ирмень»**Р.Р. Галеев**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**Д.Д. Петров**, аспирант**Е.А. Ковалёв**, аспирант**К.А. Самохвалов**, студент*Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия***E-mail:** rastniev@mail.ru

Ключевые слова: сорт, рост и развитие, зерновые культуры, урожайность, структура урожая, качество зерна.

Реферат. Приведены результаты комплексных опытов по изучению эффективности применения геоинформационных технологий на зерновых культурах ЗАО Племязавод «Ирмень» Ордынского района Новосибирской области, расположенного в зоне лесостепи Западной Сибири. Сорты мягкой яровой пшеницы, ярового ячменя и овса предъявляют повышенные требования к факторам внешней среды, и для них характерна большая изменчивость. Использование современных систем спутниковой навигации позволяет повысить урожайность и качество основных зерновых культур в зоне рискованного земледелия Западной Сибири. Цель исследований основывается на оптимизации технологии возделывания зерновых культур с использованием спутниковой навигационной системы. Исследования проведены в 2020–2022 гг. в почвенно-климатической зоне дренированной лесостепи, входящей в северную лесостепь предгорий Приобья. Почва опытных участков – чернозём выщелоченный с содержанием гумуса 6,18%, валового азота – 0,34, фосфора – 0,22 и калия – 1,23%. Содержание легкогидролизуемого азота равно 10,8, подвижного фосфора – 21,9 и обменного калия – 19,8 мг/100г почвы при pH 6,57. В опытах использовали сорта яровой мягкой пшеницы Ликамеро, ярового ячменя Паустиан и овса Ровесник. Рассчитаны уравнения регрессии между урожайностью, суммой запасов продуктивной влаги и осадками в межфазные периоды разных сортов зерновых культур. Отмечены параметры корреляции по каждому межфазному периоду. Выявлена зависимость урожайности от суммы осадков по межфазным периодам зерновых культур. Определена роль геоинформационных технологий в повышении урожайности и качества зерна яровой пшеницы, ярового ячменя и овса.

**OPTIMIZATION OF THE PRODUCTION OF VARIETIES OF GRAIN CROPS USING
A SATELLITE NAVIGATION SYSTEM IN THE FOREST-STEPPE OF THE PRIOBYE
REGION****M.A. Albert**, Deputy Director of CJSC stud farm "Irmen"**R.R. Galeev**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor**D.D. Petrov**, PhD student**E.A. Kovalev**, PhD student**K.A. Samokhvalov**, student*Novosibirsk State Agrarian University***E-mail:** rastniev@mail.ru

Keywords: variety, growth and development, grain crops, yield, yield structure, grain quality..

Abstract. The results of complex experiments on studying the effectiveness of the use of geoinformation technologies on grain crops of CJSC breeding farm "Irmen" of the Ordinsky district of the Novosibirsk region,

which is part of the drained forest-steppe of Western Siberia, are presented. Varieties of soft spring wheat, spring barley and oats place increased demands on environmental factors and are characterized by high variability. The use and implementation of modern satellite navigation systems makes it possible to increase the yield and quality of the main grain crops in the zone of risky farming in Western Siberia. The purpose of the research is based on optimizing the technology of growing grain crops using a satellite navigation system in the forest-steppe of Western Siberia. The studies were carried out in 2019–2022. in the soil-climatic zone of drained forest-steppe, which is part of the northern forest-steppe of the foothills of the Ob. The soil of the experimental plots is leached chernozem with a humus content of 6.18%, gross nitrogen - 0.34, phosphorus - 0.22 and potassium - 1.23%. The content of easily hydrolysable nitrogen is 10.8, mobile phosphorus 21.9 and exchangeable potassium 19.8 mg/100 g of soil at pH 6.57. In the experiments we used a variety of spring soft wheat Likamero, spring barley Paustian and oat Rovesnik. The paper establishes regression equations between the yield and the sum of productive moisture reserves and precipitation in the interphase periods of different varieties of grain crops. Correlation parameters for each interphase period are marked. The dependence of the yield on the amount of precipitation for the interphase periods of grain crops was revealed. The role of geoinformation technologies in increasing the yield and quality of grain of spring wheat, spring barley and oats is determined.

Зерновые культуры являются основным компонентом растениеводства. Современная технология их производства базируется на использовании инновационных сортов интенсивного типа; оптимальном чередовании культур; дифференцированной обработке почвы; системе удобрений с учётом эффективного плодородия почвы, коэффициентов использования элементов питания из почвы и удобрений, выноса их с урожаем, а также системе интегрированной защиты растений от вредных организмов и оптимизации сроков уборки [1–5]. Работами ряда учёных показано, что современное растениеводство зависит как от факторов внешней среды, так и от зоны возделывания, но на 42–58% находится в зависимости от технологического оснащения хозяйства [6–8].

Особую значимость имеет выработка путей усиления взаимодействия технологических компонентов с разными факторами внешней среды для повышения урожайности зерновых культур [9–11]. Необходимым резервом для внедрения геоинформационных технологий является создание комплексной адаптированной технологии, направленной на оптимизацию использования почвенно-климатических факторов с учётом повышения плодородия почвы [12–14].

Внедрение инновационных технологий позволяет достичь высокой степени интенсификации производства зерновой продукции [15–16].

Цель исследований заключалась в оптимизации возделывания зерновых культур на основе использования спутниковой навигационной системы в лесостепи Западной Сибири.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в 2019–2022 гг. в почвенно-климатической зоне дренированной лесостепи, входящей в северную лесостепь предгорий Приобья.

Почва опытных участков представлена чернозёмом выщелоченным (слабовыщелоченный имеет небольшую долю). Почва места проведения исследований содержала гумуса в среднем, 6,14% (среднегумусные чернозёмы), валового азота – 0,34, фосфора – 0,22 и калия – 1,23%. Содержание легкогидролизуемого азота составило 10,8 мг/100 г почвы, подвижного фосфора – 21,9 и обменного калия – 19,8 мг/100 г при pH 6,57.

По метеорологическим условиям 2019 г. характеризовался достаточным увлажнением в июле и августе при дефиците влаги в мае и начале июля. В 2020 г. параметры были на уровне среднемноголетних данных по теплу и влагообеспеченности. В 2021 г. имел место недобор тепла в мае и первой половине июня при дефиците тепла в мае и начале июня с недостатком осадков в этот период. В июне и августе условия были близки к среднемноголетним. В 2022 г. отсутствовали весенние заморозки и обеспеченность теплом и влагой была близкой к норме.

В опытах изучали особенности роста и развития сортов яровой мягкой пшеницы Ликамеро, ярового ячменя Паустиан и овса Ровесник. Учётная площадь делянки – 100 м², повторность – четырехкратная, размещение – рендомизированное. Биометрические наблюдения выполняли по методике государственного сортоиспытания [17]. Фотосинтетические параметры оценивали по методике А.А. Ничипоровича [18]. Показатели качества зерна определяли по методическим указаниям М.Н.

Решетникова [19]. Статистическая обработка данных осуществлялась по Б.А. Доспехову с использованием пакета прикладных программ SNEDECOR [20].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В опытах 2019–2022 гг. в условиях почвенно-климатической зоны дренированной северной лесостепи предгорий Приобья изучены особенности роста и развития растений яровой мягкой пшеницы сорта Ликамеро, ярового ячменя Паустиан и овса Ровесник. На основе многолетних данных определены уравнения регрессии зависимости урожайности от суммы осадков по межфазным периодам с установлением коэффициента корреляции и его ошибки.

Наибольшая достоверная сильная корреляционная связь отмечена у яровой мягкой пшеницы сорта Ликамеро в межфазный пе-

риод выхода в трубку – колошения с коэффициентом корреляции $r = 0,812 \pm 0,224$ и в фазу кущения – выхода в трубку – $0,782 \pm 0,240$, а также в фазу колошения – молочной спелости зерна – $0,751 \pm 0,248$ (табл. 1).

В опытах с ячменём сорта Паустиан также высокие параметры корреляции урожайности и суммы осадков определены в межфазный период кущения – выхода в трубку с $r = 0,836 \pm 0,212$, выхода в трубку – колошения – $0,792 \pm 0,219$. Недостоверной корреляция была в межфазные периоды посева – всходов; молочной – восковой спелости и восковой – полной спелости.

В опытах с овсом сильная достоверная корреляция между урожайностью и суммой осадков установлена в фазы всходов – кущения, кущения – выхода в трубку, выхода в трубку – выметывания и в фазу молочной – восковой спелости.

Таблица 1

Зависимость урожайности (y) от суммы осадков (x) по межфазным периодам зерновых культур
Dependence of yield (y) on the amount of precipitation (x) for interphase periods of grain crops

Межфазный период	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции (r) и его ошибка (Sr)
1	2	3
<i>Яровая мягкая пшеница Ликамеро</i>		
Посев – всходы	$y = 0,07x + 1,98$	$0,593 \pm 0,293$
Всходы – кущение	$y = 0,06x + 2,83$	$0,671 \pm 0,252$
Кущение – выход в трубку	$y = 0,04x + 1,87$	$0,782^* \pm 0,241$
Выход в трубку – колошение	$y = 0,05x + 2,26$	$0,812^* \pm 0,224$
Колошение – молочная спелость	$y = 0,08x + 2,34$	$0,751^* \pm 0,248$
Молочная спелость – восковая спелость	$y = 0,4x + 1,98$	$0,713^* \pm 0,254$
Восковая спелость – полная спелость	$y = 0,01x + 3,05$	$0,645^* \pm 0,242$
Посев – полная спелость	$y = 0,03x + 2,76$	$0,752^* \pm 0,223$
<i>Яровой ячмень Паустиан</i>		
Посев – всходы	$y = 0,04x + 2,38$	$0,612 \pm 0,286$
Всходы – кущение	$y = 0,06x + 1,96$	$0,707^* \pm 0,258$
Кущение – выход в трубку	$y = 0,07x + 2,97$	$0,836^* \pm 0,212$
Выход в трубку – колошение	$y = 0,05x + 2,16$	$0,792^* \pm 0,219$
Колошение – молочная спелость	$y = 0,02x + 1,98$	$0,682^* \pm 0,247$
Молочная спелость – восковая спелость	$y = 0,05x + 2,67$	$0,514 \pm 0,319$
Восковая спелость – полная спелость	$y = 0,07x + 2,76$	$0,532 \pm 0,301$

1	2	3
Посев – полная спелость	$y = 0,04x + 3,10$	$0,739 \pm 0,264$
<i>Овёс Ровесник</i>		
Посев – всходы	$y = 0,03x + 1,72$	$0,693 \pm 0,247$
Всходы – кушение	$y = 0,06x + 2,43$	$0,851^* \pm 0,196$
Кушение – выход в трубку	$y = 0,07x + 1,98$	$0,762^* \pm 0,249$
Выход в трубку – выметывание	$y = 0,06x + 2,53$	$0,721^* \pm 0,248$
Выметывание – молочная спелость	$y = 0,02x + 2,76$	$0,784^* \pm 0,239$
Молочная – восковая спелость	$y = 0,03x + 1,93$	$0,841^* \pm 0,196$
Восковая – полная спелость	$y = 0,05x + 2,68$	$0,623 \pm 0,247$
Посев – полная спелость	$y = 0,03x + 2,13$	$0,752^* \pm 0,248$

*Достоверность при 5%-м уровне значимости.

Наряду с этим нами определялась зависимость урожайности от суммы запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы (0–100 см) и осадков по межфазным периодам зерновых культур. Показано, что наибольшая достоверная корреляция между указанными показателями у яровой пшеницы выявлена в межфазный период выхода в трубку – колошения с $r = 0,861 \pm 0,199$ и в период кушения – выхода в трубку с

$r = 0,758 \pm 0,244$ при 5%-м уровне значимости (табл. 2).

У ярового ячменя Паустиан максимальная зависимость между этими показателями также отмечена в фазы кушения – выхода в трубку и выхода в трубку – колошения – соответственно $0,805 \pm 0,207$ и $0,763 \pm 0,249$. Недостоверная корреляция наблюдалась в межфазный период посева – всходов, колошения – молочной спелости, восковой – полной спелости.

Таблица 2

Зависимость урожайности (y) от суммы запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы (0–100 см) и осадков по межфазным периодам зерновых культур (x)
Dependence of productivity (y) on the sum of reserves of productive moisture in a meter layer of soil (0–100 cm) and precipitation for interphase periods of grain crops (x)

Межфазный период	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции (r) и его ошибка (Sr)
1	2	3
<i>Яровая пшеница Ликамеро</i>		
Посев – всходы	$y = 0,06x + 2,21$	$0,498 \pm 0,321$
Всходы – кушение	$y = 0,04x + 2,73$	$0,596 \pm 0,292$
Кушение – выход в трубку	$y = 0,05x + 2,48$	$0,758^* \pm 0,244$
Выход в трубку – колошение	$y = 0,08x + 1,97$	$0,861^* \pm 0,199$
Колошение – молочная спелость	$y = 0,04x + 2,93$	$0,747^* \pm 0,242$
Молочная спелость – восковая спелость	$y = 0,01x + 3,24$	$0,708^* \pm 0,296$
Восковая – полная спелость	$y = 0,03x + 2,78$	$0,575 \pm 0,299$
Посев – полная спелость	$y = 0,05x + 2,42$	$0,734^* \pm 0,267$

1	2	3
<i>Яровой ячмень Паустиан</i>		
Посев – всходы	$y = 0,02x + 2,66$	$0,576 \pm 0,291$
Всходы – кушение	$y = 0,05x + 3,76$	$0,727^* \pm 0,252$
Кушение – выход в трубку	$y = 0,03x + 3,92$	$0,805^* \pm 0,207$
Выход в трубку – колошение	$y = 0,07x + 3,62$	$0,763^* \pm 0,249$
Колошение – молочная спелость	$y = 0,04x + 2,86$	$0,714 \pm 0,242$
Молочная спелость – восковая спелость	$y = 0,05x + 3,52$	$0,723^* \pm 0,247$
Восковая – полная спелость	$y = 0,07x + 2,93$	$0,585 \pm 0,289$
Посев – полная спелость	$y = 0,06x + 3,51$	$0,729^* \pm 0,251$
<i>Овёс Ровесник</i>		
Кушение – всходы	$y = 5,28 - 0,06x$	$0,598 \pm 0,293$
Всходы – кушение	$y = 4,87 - 0,02x$	$0,762^* \pm 0,249$
Кушение – выход в трубку	$y = 6,13 + 0,03x$	$0,739^* \pm 0,249$
Выход в трубку – выметывание	$y = 5,87 + 0,04x$	$0,748^* \pm 0,234$
Выметывание – молочная спелость	$y = 4,89 - 0,02x$	$0,697 \pm 0,244$
Молочная – восковая спелость	$y = 5,62 - 0,01x$	$0,705^* \pm 0,240$
Восковая – полная спелость	$y = 3,98 + 0,09x$	$0,526 \pm 0,302$
Посев – полная спелость	$y = 3,78 + 0,06x$	$0,743^* \pm 0,236$

*Достоверность при 5%-м уровне значимости.

При определении структуры урожая зерновых культур, возделываемых по традиционной и геоинформационной технологиям, показано, что у яровой мягкой пшеницы сорта Ликамеро все элементы структуры урожая были выше на фоне геоинформационной технологии производства: по числу растений на 1 м^2 – на 5%, массе зерен с одного растения – на 7, массе 1000 зёрен – на 13, продуктивной кустистости – на 19, числу колосков в зерне – на 18, числу зерен в колосе – на 21% (табл. 3). Наибольшая вариация показателей отмечена по числу растений – 23%, продуктивной кустистости – 22,6 при наименьшей – 11,4% по массе 1000 зерен (средняя изменчивость).

У ярового ячменя сорта Паустиан также все изученные показатели структуры урожая

были выше при использовании геоинформационных технологий возделывания: по числу растений на 1 м^2 – на 4%, массе зерен с одного растения – на 7, массе 1000 зерен – на 13, продуктивной кустистости – на 17, числу колосков в колосе – на 8 и числу зерен в колосе – на 9%. Максимальная изменчивость наблюдалась по продуктивной кустистости и числу зерен в колосе – до 24,3%.

У овса сорта Ровесник максимальная корреляция наблюдалась в период всходов – кушения – $0,762 \pm 0,249$, кушения – выхода в трубку – $0,739 \pm 0,249$ и выхода в трубку – выметывания – $0,748 \pm 0,234$. Уравнение регрессии межфазного периода посев – полная спелость: $y = 3,78 + 0,06x$ при $r \pm Sr = 0,743 \pm 0,236$.

Таблица 3

Структура урожая зерновых культур при разной технологии возделывания (среднее за 2019–2022 гг.)
The structure of grain crops yield with different cultivation technologies (average for 2019–2022)

Культура, сорт	Число растений на 1 м ²		Масса зерен с одного растения		Масса 1000 зёрен		Продуктивная кустистость		Число колосков в колосе		Число зерен в колосе	
	шт.	V, %	г	V, %	г	V, %	шт.	V, %	шт.	V, %	шт.	V, %
Яровая мягкая пшеница Ликамеро	793	23,6	5,62	15,3	51,3	12,3	3,3	22,6	12,2	18,5	32,4	19,8
	828	21,4	6,02	16,2	56,7	11,4	3,9	20,3	14,3	20,1	39,3	14,5
Яровой ячмень Паустиан	745	21,8	3,96	12,8	51,3	18,6	4,2	24,3	13,8	17,8	18,2	21,6
	772	19,5	4,37	19,5	56,7	15,9	4,9	19,9	15,2	19,6	19,7	17,5
Овёс Ровесник	676	24,2	1,14	17,6	39,2	18,3	1,2	26,2	28,5	21,3	25,3	19,4
	727	21,6	1,27	19,8	41,6	24,5	1,3	23,8	32,4	22,6	29,2	15,6
НСР ₀₅	10,5		0,12		2,34		0,29		1,37		1,13	

Примечание. В числителе – при традиционной технологии (контроль), в знаменателе – при использовании геоинформационной технологии; V% – коэффициент вариации.

У овса на фоне геоинформационных технологий элементы структуры урожая также были выше в сравнении с традиционной технологией возделывания. По числу растений превышение составило в среднем 8%, массе зерен с одного растения – 14, массе 1000 зерен – 7, продуктивной кустистости – 27, числу зерновок в метелке – 19 и числу зерен в метелке – 16%. Максимальная вариабельность признаков отмечена по числу растений на 1 м² и продуктивной кустистости – до 26,2%.

Корреляционный анализ зависимости продуктивности зерновых культур от элементов структуры урожая показал, что у яровой пшеницы сорта Ликамеро наибольшая корреляция наблюдается по массе зёрен с одного растения – до 0,90 и числу растений на 1 м² – до 0,88. У ярового ячменя сорта Паустиан корреляция была выше по массе зёрен с одного растения и числу зерен в колосе – на уровне 0,80 при 5%-м уровне значимости (табл. 4).

Таблица 4

Коэффициенты корреляции между урожайностью и элементами структуры урожая
(среднее за 2019–2022 гг.)

Correlation coefficients between yield and crop structure elements (average for 2019–2022)

Культура, сорт	Масса зерен с 1 растения	Масса 1000 зерен	Продуктивная кустистость	Число колосков в колосе	Число зерен в колосе	Число растений на 1 м ²
Яровая мягкая пшеница Ликамеро	0,88 *	0,74 *	0,68 *	0,64	0,75 *	0,86 *
	0,90 *	0,70 *	0,76 *	0,56	0,79 *	0,88 *
Яровой ячмень Паустиан	0,84 *	0,77 *	0,73 *	0,72 *	0,79 *	0,73
	0,83 *	0,80 *	0,77 *	0,76 *	0,78 *	0,67

Примечание. В числителе – на фоне традиционной технологии, в знаменателе – на фоне геоинформационной технологии.

* Значимо при 5%-м уровне.

При изучении зависимости химического состава зерна от технологии возделывания зерновых культур установлено, что в целом на фоне геоинформационных технологий показатели качества зерна были выше, в особенности по содержанию белка, крахмала, клетчатки и жиров. У яровой мягкой пшеницы

сорта Ликамеро на фоне геоинформационной технологии содержание белка повышалось на 11%, ярового ячменя – на 8 и овса – на 12%. Крахмала на фоне геоинформационных технологий в зерне пшеницы было больше на 11, ячменя – на 7 и овса – на 13% (табл. 5).

Таблица 5

Химический состав зерна в зависимости от технологии возделывания
(среднее за 2019–2022 гг.), % к сухой массе

Chemical composition of grain depending on cultivation technology (average for 2019–2022), % of dry weight

Культура, сорт	Технология	Белок	Крахмал	БЭВ	Жир	Клетчатка	Сахара	Пентозаны	Зола
Яровая мягкая пшеница Ликамеро	Контроль	13,3	52,5	70,2	1,82	2,2	4,2	7,6	2,1
	Геоинформационная	14,8	58,3	70,7	1,93	2,6	4,2	7,9	2,2
Яровой ячмень Паустиан	Контроль	11,2	51,2	67,8	1,95	5,3	3,7	10,3	3,0
	Геоинформационная	12,0	53,8	69,1	2,04	5,2	3,9	10,8	3,3
Овёс Ровесник	Контроль	10,6	38,7	56,7	4,6	12,6	1,6	12,7	3,4
	Геоинформационная	11,8	43,6	57,5	5,1	13,7	1,5	12,6	3,6
НСП ₀₅		0,23	2,14	0,63	0,32	0,18	0,27	1,56	0,12

На фоне геоинформационных технологий возрастали и технологические качества зерна пшеницы сорта Ликамеро (табл. 6): увеличива-

лось содержание сырой клейковины – на 3,8%, натура – на 11 г/л и стекловидность – на 6%.

Таблица 6

Технологические качества зерна при разной технологии производства. (среднее за 2019 – 2022 гг.)
Technological qualities of grain with different production technologies. (average for 2019 – 2022)

Культура, сорт	Технология	Белок, %	Масса 1000 зерен, г	Сырая клейковина, %	Натура, г/л	Стекловидность, %
Яровая мягкая пшеница сорт Ликамеро	Контроль	13,2	51,3	28,4	747	79
	Геоинформационная	14,6	56,7	32,2	758	85
Яровой ячмень сорт Паустиан	Контроль	11,0	51,3	–	–	–
	Геоинформационная	11,7	56,7	–	–	–
Овес сорт Ровесник	Контроль	10,3	39,2	–	–	–
	Геоинформационная	11,5	41,6	–	–	–
НСП ₀₅		0,26	3,28	1,63	3,94	2,88

ВЫВОДЫ

1. Установлены уравнения регрессии между урожайностью и суммой запасов продуктивной влаги и осадками в межфазные периоды разных сортов зерновых культур. Показаны параметры корреляции по каждому межфазному периоду. Отмечена зависимость урожайности от суммы осадков по межфазным периодам зерновых культур.

2. Показатели структуры урожая при использовании геоинформационных технологий превышали параметры традиционной технологии по массе зерен с одного растения на 17% на

фоне более высокой продуктивной кустистости и числа колосков и зерен в колосе.

3. Достоверная сильная корреляция выявлена по массе 1000 зерен и продуктивной кустистости у яровой пшеницы сорта Ликамеро и ячменя Паустиан.

4. На фоне применения спутниковой навигационной системы отмечено увеличение содержания белка на 1,4%, сырой клейковины – до 4% и стекловидности зерна – на 6%. Соотношение сырой клейковины и белка равно 2,2. Концентрация белка в ячмене сорта Паустиан повышается на 0,7%, а в зерне овса белковость увеличивается на 1,2%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Альберт М.А., Галеев Р.Р., Ковалёв Е.А. Совершенствование технологии дифференцированного внесения удобрений в лесостепи Новосибирского Приобья // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет) – 2022. – № 2 (63). – С. 4–10.
2. Альберт М.А., Галеев Р.Р., Ковалёв Е.А. Эффективность применения гуминатрина на зерновых культурах в лесостепи Новосибирского Приобья // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет) – 2022. – № 1 (62). – С. 7–13.
3. Особенности использования инновационных регуляторов роста при возделывании картофеля и сои в лесостепи Приобья / М.А. Альберт, А.Ф. Петров, Р.Р. Галеев, М.С. Шульга., Е.А. Ковалёв // Инновации и продовольственная безопасность – 2022. – № 2 (36). – С. 45–51.
4. Алтухов А.И. Стратегия развития зернопродуктивного подкомплекса – основа разработки схемы размещения и специализации зернового производства в стране // Вестник Курской ГСХА. – 2018. – № 5. – С. 146–152.
5. Афанасьев Р.А. Агрохимические аспекты точного земледелия // Проблемы агрохимии и экологии. – 2010. – № 2. – С. 38–43.
6. Денисов К.Е., Петров К.А., Григорьев Н.С. Повышение экономической эффективности растениеводства на основе дифференцированного внесения удобрений в системе точного земледелия // Наука вчера, сегодня, завтра. – 2016. – № 5 (27). – С. 72–76.
7. Галеев Р.Р. Особенности производства зерновых культур в адаптивном земледелии Западной Сибири. – Новосибирск: Ритм, 2006. – 232 с.
8. Галеев Р.Р., Мартенков Н.М. Интенсификация производства зерновых культур в Западной Сибири. – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2010. – 169 с.
9. Галеев Р.Р. Производство зерновых культур в степной зоне Кулунды. – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2012. – 169 с.
10. Петров А.Ф., Митракова А.Г. Использование ГИС-технологии в агрономии. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 192 с.
11. Галеев Р.Р. Программирование урожая сельскохозяйственных культур: метод. рекомендации. – Новосибирск, 2016. – 192 с.
12. Альберт М.А., Галеев Р.Р., Яковлев М.А. Особенности применения элементов точного земледелия в ЗАО Племзавод «Ирмень» // Актуальные проблемы АПК: сб. науч. тр. Новосиб. ГАУ. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2021. – С. 111–125.
13. Эффективность точного земледелия на выщелоченном черноземе Воронежской области / В.И. Корчагин, Ю.Л. Кошелев, Н.Г. Мизин [и др.] // Вестник Воронежского ГАУ. – 2016. – № 1 (48). – С. 17–23.
14. Ступина Л.А. Урожайность яровой пшеницы в зависимости от элементов плодородия серых лесных почв // Вестник Алтайского ГАУ. – 2013. – № 8 (106). – С. 10–13.

15. Shi Y., Zhu Y., Wang X. Progress and development on biological information of crop phenotype research applied to real-time variable-rate fertilization // *Plant Methods*. – 2020. – N 16. – P. 11.
16. Calaco A.F., Molin J.P. Variable rate fertilization in citrus: a long term study // *Precision Agriculture*. – 2017. – N 18. – P. 219–241.
17. *Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур*. – М.: Сельхозиздат, 1989. – 262 с.
18. Ничипорович А.А. Фотосинтез и урожай. – М.: Сельхозиздат, 1961. – 289 с.
19. Решетников М.Н. Методические указания по определению качества зерновых культур. – Рязань: Юпитер, 2016. – 89 с.
20. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Альянс, 2014. – 385 с.

REFERENCES

1. Albert M.A., Galeev R.R., Kovalev E.A., *Vestnik NGAU*, 2022, No. 2 (63), pp. 4–10. (In Russ.)
2. Albert M.A., Galeev R.R., Kovalev E.A., *Vestnik NGAU*, 2022, No. 1 (62), pp. 7–13. (In Russ.)
3. Albert M.A., Petrov A.F., Galeev R.R., Shulga M.S., Kovalev E.A., *Innovacii i prodovol'stvennaja bezopasnost'*, 2022, No. 2 (36), pp. 45–51. (In Russ.)
4. Altukhov A.I., *Vestnik Kurskoj GSHA*. – 2018. – No. 5. – S. 146–152. (In Russ.)
5. Afanasiev R.A., *Problemy agrohimii i jekologii*, 2010, No. 2, pp. 38–43. (In Russ.)
6. Denisov K.E., Petrov K.A., Grigoriev N.S., *Nauka vchera, segodnja, zavtra*, 2016, No. 5 (27), pp. 72–76. (In Russ.)
7. Galeev R.R., *Osobennosti proizvodstva zernovykh kul'tur v adaptivnom zemledelii Zapadnoj Sibiri* (Features of the production of grain crops in adaptive agriculture in Western Siberia), Novosibirsk: Rhythm, 2006, 232 p.
8. Galeev R.R., Martenkov N.M., *Intensifikacija proizvodstva zernovykh kul'tur v Zapadnoj Sibiri* (Intensification of grain production in Western Siberia), Novosibirsk: Agro-Siberia, 2010, 169 p.
9. Galeev R.R., *Proizvodstvo zernovykh kul'tur v stepnoj zone Kulundy* (Production of grain crops in the steppe zone of Kulunda), Novosibirsk: Agro-Siberia, 2012, 169 p.
10. Petrov A.F., Mitrakova A.G., *Ispol'zovaniye GIS-tekhnologii v agronomii* (The use of GIS technology in agronomy), Novosibirsk: ITs NSAU "Golden Ear", 192 p.
11. Galeev R.R., *Programmirovaniye urozhaja sel'skokhozyajstvennykh kul'tur* (Crop yield programming: a method) Recommendations, Novosibirsk, 2016, 192 p.
12. Albert M.A., Galeev R.R., Yakovlev M.A., *Aktual'nye problemy APK* (Actual problems of the agro-industrial complex), coll. scientific Tr. Novosib. GAU, Novosibirsk: IC "Golden Ear", 2021, pp. 111–125. (In Russ.)
13. Korchagin V.I., Koshelev Yu.L., Mizin N.G. [i dr.], *Vestnik Voronezhskogo GAU*, 2016, No. 1 (48), pp. 17–23. (In Russ.)
14. Stupina L.A., *Vestnik Altajskogo GAU*, 2013, No. 8 (106), pp. 10–13. (In Russ.)
15. Shi Y., Zhu Y., Wang X., Progress and development on biological information of crop phenotype research applied to real-time variable-rate fertilization, *Plant Methods*, 2020, No. 16, pp. 11.
16. Calaco A.F., Molin J.P., Variable rate fertilization in citrus: a long term study, *Precision Agriculture*, 2017, No. 18, pp. 219–241.
17. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* (Methods of state variety testing of agricultural crops), Moscow: Selkhozizdat, 1989, 262 p.
18. Nichiporovich A.A., *Fotosintez i urozhaj* (Photosynthesis and harvest), Moscow: Selkhozizdat, 1961, 289 p.
19. Reshetnikov M.N., *Metodicheskie ukazaniya po opredeleniju kachestva zernovykh kul'tur* (Guidelines for determining the quality of grain crops), Ryazan: Jupiter, 2016, 89 p.
20. Dosphehov B.A., *Metodika polevogo opyta* (Methods of field experience), Moscow: Alliance, 2014, 385 p.