

Сеялка для разноглубинного посева зерновых и внесения минеральных удобрений

Александр Александрович Кем,

кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник, e-mail: kem@anc55.ru;

Евгений Михайлович Михальцов,

кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник;

Максим Сергеевич Чекусов,

кандидат технических наук, доцент;

Андрей Николаевич Шмидт,

младший научный сотрудник, аспирант

Омский аграрный научный центр, г. Омск, Российская Федерация

Реферат. Привели основные результаты трехлетних исследований применения сеялки с сошниками для разноглубинного посева зерновых и внесения минеральных удобрений. (*Цель исследования*) Сравнить переоборудованную экспериментальными сошниками сеялку СКП-2,1 с серийной, определить урожай и качество зерна яровой мягкой пшеницы в зависимости от способа посева и нормы внесения азотных минеральных удобрений. (*Материалы и методы*) Провели сравнительный полевой агротехнический опыт, в ходе которого сопоставили показатели полевой всхожести, урожайности по вариантам и качества зерна мягкой яровой пшеницы Омская-36. Приняли за контроль посев, выполненный серийно производимой сеялкой-культиватором СКП-2,1. Экспериментальные делянки засеяли той же сеялкой, но переоборудованной комбинированными сошниками, представляющими собой стрелчатые лапы, обеспечивающие размещение гранулированных минеральных удобрений и семян в разных по глубине горизонтах почвы. (*Результаты и обсуждение*) По результатам трехлетнего опыта максимальный экономический эффект получили при норме внесения аммиачной селитры 150 килограммов на гектар: прибавка урожая составила 0,44 тонны на гектар, стоимость дополнительной продукции – 6740 рублей на гектар. Выявили незначительное снижение экономического эффекта при увеличении нормы внесения удобрения. Определили, что максимальная урожайность и лучшие качественные характеристики зерна как на контрольных вариантах посева, так и на экспериментальных получены при внесении аммиачной селитры в норме 150 и 200 килограммов на гектар. (*Выводы*) Установили, что использование сеялки для разноглубинного посева зерновых и внесения минеральных удобрений в зависимости от погодных условий весны и дозы внесения аммиачной селитры обеспечивает прирост полевой всхожести на 11-18 процентов; средняя ежегодная прибавка урожая зерна составила 16,3 процента. Выявили повышение содержания клейковины с 24,6 (контроль) до 29,8 процента.

Ключевые слова: сеялка, сошник, способы посева зерновых, внесение удобрений, урожай зерна, качество зерна.

Для цитирования: Кем А.А., Михальцов Е.М., Чекусов М.С., Шмидт А.Н. Сеялка для разноглубинного посева зерновых и внесения минеральных удобрений // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. №2. С. 62-68. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-62-68. EDN CYWLWA.

Seeder for Different Depths of Grain Sowing and Mineral Fertilizers Application

Alexander A. Kem,

Ph.D.(Eng.), leading researcher, e-mail: kem@anc55.ru;

Evgeniy M. Mikhaltsov,

Ph.D.(Eng.), leading researcher;

Maksim S. Chekusov,

Ph.D. (Eng.), associate professor;

Andrey N. Shmidt,

junior researcher, Ph.D. student

Federal State Budgetary Institution «Omsk Agrarian Research Center», Omsk, Russian Federation

Abstract. The article presents the main results of a three-year research on the use of a seeder with openers for different depths of grain sowing and mineral fertilizers application. (*Research purpose*) To compare SKP-2.1 seeder equipped with experimental openers and the serially produced one and to determine the yield and quality indicators of spring soft wheat grain, depending on the sowing method and the rate of nitrogen mineral fertilizers application. (*Materials and methods*) A comparative field agrotechnical experiment was carried out to compare the indicators of field germination, yield by variants and the quality of grain obtained in

different variants of the experiment. The experiment was carried out on Omskaya-36 soft spring wheat. The sowing performed by SKP-2.1 serially produced seeder-cultivator was taken as control. The experimental plots were sown with the same seeder but equipped with combined coulters, which are lancet paws that ensure the placement of granular mineral fertilizers and seeds in soil horizons of different depths. (*Results and discussion*) According to the three-year research, the maximum economic effect was obtained at the rate of ammonium nitrate application of 150 kg/ha. As a result, the yield increased by 0.44 t/ha, the cost of additional production accounted for 6740 rub/ha. A slight decrease in the economic effect was revealed with an increase in the rate of fertilizer application. It was determined that the maximum yield and the best grain quality characteristics both in the control sowing options and in the experimental ones were obtained with the application of ammonium nitrate a rate of 150 and 200 kg/ha. (*Conclusions*) It was established that the use of a seeder for different-depth grain sowing and mineral fertilizers application, depending on the spring weather conditions and the ammonium nitrate dose, provides an increase in field germination by 11-18%; the average annual increase in grain yield accounted for 16.3%. The gluten content proved to increase from 24.6 (control) to 29.8 percent.

Keywords: seeder, coulters, opener, methods of sowing grain, fertilization, grain yield, grain quality.

For citation: Kem A.A., Mikhaltsov E.M., Chekusov M.S., Shmidt A.N. Seyalka dlya raznoglubinnogo poseva zernovykh i vneseniya mineralnykh udobreniy [Seeder for different depths of grain sowing and mineral fertilizers application]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2022. Vol.16. N2. 62-68 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-2-62-68. EDN CYWLWA.

В сельском хозяйстве России происходят качественные изменения технологий, практически во всех регионах идет активное внедрение точного земледелия, направленное в первую очередь на стабилизацию урожайности при минимизации финансовых вложений и воздействия на окружающую среду на базе внедрения цифровых технологий [1-3].

Центральное место в точном земледелии занимает технология дифференцированного внесения удобрений [4-6].

Ученые-технологи доказали, что при возделывании зерновых культур на стерневых фонах улучшается водный режим, но возрастает засоренность полей многолетними сорняками и снижается накопление азота, поэтому необходимо применять гербициды и азотные удобрения. Способ посева и внесения минеральных удобрений в значительной мере определяет основу будущего урожая [7-9].

В регионах, подверженных ветровой и водной эрозии, в частности в степной зоне Западной Сибири, посев в основном осуществляют зернотуковыми сеялками. В зависимости от высеваемой культуры и состояния почвы применяют сеялки с различными типами сошников: однодисковые, двухдисковые, лаповые, анкерные и др. Удобрения вносят совместно с высевом семян, отдельно в разные горизонты почвы, в стороне от рядка [10-12].

Минеральные удобрения используются растениями в процессе вегетации только в том случае, если влажность посевного слоя почвы способствует образованию вторичной корневой системы, которая находится выше слоя удобрений. В случае недостаточной влажности посевного слоя корневая система развивается ниже слоя высеянных удобрений, и они не могут использоваться растениями в начальный период их развития.

Поисковые исследования показали, что совместная заделка семян и удобрений нежелательна, так как может ухудшать полевую всхожесть.

Наиболее рационально разноуровневое внесение удобрений совместно с посевом. Ранее проведенные исследования свидетельствуют о том, что минеральные удобрения рационально располагать на глубине, вдвое превышающей глубину высева семян. Почвенная прослойка в 3-4 см между семенами и удобрениями снижает химическое воздействие высококонцентрированных азотных удобрений [13].

Существующие сеялки и рабочие органы для раздельного внесения семян и минеральных удобрений не в полной мере обеспечивают выполнение агротехнических требований, поэтому актуально создание стерневой зернотуковой сеялки с раздельным внесением семян и минеральных удобрений.

В основу разработки зернотуковой стерневой сеялки с раздельным внесением семян и удобрений положена схема сеялок-культиваторов типа СЗС, ныне выпускающейся под маркой СКП-2,1. Эти сеялки выполняют одновременно подрезание сорняков, предпосевное рыхление почвы, посев, внесение туков и послепосевное прикатывание.

В зернотуковой стерневой сеялке с раздельным внесением семян и удобрений семенная коробка направляет семена и удобрения из семенного и тукового бункеров отдельными потоками, а сошник укладывает семена и удобрения в разные горизонты почвы.

Известно, что при минимальной и традиционной технологиях сошники сеялок вносят семена и удобрения в один горизонт. В этом случае удобрения используются неэффективно, так как они располагаются выше корневой системы и не используются как стартовые, что отрицательно влияет на развитие

растений и урожайности. Кроме этого, применяются сошники, которые вносят удобрения ниже уровня заделки семян, однако эти рабочие органы считаются более сложными и дорогими в изготовлении [14, 15].

С целью повышения эффективности применения удобрений и повышения урожайности зерновых культур предложен экспериментальный сошник для раздельного высева семян и внесения удобрений. Он состоит из стойки наральника и двух боковых пластин, образующих семенную коробку (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид экспериментального комбинированного сошника

Fig. 1. General view of the experimental dual-level opener

Из структурно-технологического анализа технологии раздельного внесения семян и удобрений определены следующие конструктивные параметры наральникового сошника:

- толщина стойки – 20 мм;
- ширина твердосплавной пластины носка – 25 мм;
- угол атаки носка – 30°;
- съемные стреловидные лапы крепятся к стойке;
- ширина захвата стрелчатых лап – 270 мм.

Отдельно обоснованы технологические схемы лотков-делителей для семян зерновых культур и минеральных удобрений. С базовой сеялки СКП-2,1 снята общая коробка для семян и удобрений и установлен лоток-делитель для раздельного внесения (рис. 2):

- внутренний диаметр рукава для присоединения семя- и тукопроводов – 26 мм;
- диаметр туконаправителя и семянаправителя – 27,5 мм;
- высота установки тукопровода над почвой – 25 мм;
- высота установки распределителя семян над дном борозды – 60 мм;
- расстояние между точками присоединения к семя-туковому ящику – 180 мм.

Лоток изготовлен из пластмассы и состоит из двух частей: семенной и туковой. Каждая из частей заканчивается рукавами. Наклон стенок внутренней части



Рис. 2. Лоток-делитель потока семян и удобрений от высевяющих аппаратов к сошнику на сеялке СКП-2,1

Fig. 2. Tray-divider of the seed and fertilizer flow from the sowers to the opener on the SKP-2.1 seeder

превышает значения угла трения семян и удобрений о материал лотка. Было изготовлено девять лотков.

Целью проведения лабораторно-полевых опытов стала проверка в работоспособности разработанного сошника, а также изучение влияния разноглубинного посева и внесения удобрений на урожай и качество зерна мягкой яровой пшеницы. Для этого серийную сеялку-культиватор СКП-2,1 переоборудовали сошниками для разноглубинного посева и внесения минеральных удобрений (рис. 3).

Технологический процесс работы сошника при высеве семян и внесении удобрений осуществляется следующим образом:

- при движении долото стойки сошника разрезает почву, образуя щель для прохода стойки;
- стойка раздвигает почву и образует бороздку;
- одновременно стрелы, расположенные с двух сторон стойки, подрезают сорняки и рыхлят верхний слой почвы;
- по переднему каналу, расположенному за стойкой, в почву на дно борозды, проделанной долотом, поступают удобрения;
- при дальнейшем движении сошник засыпает удобрения слоем влажной уплотненной почвы, на которую через семяпровод поступают семена.



Рис. 3. Сеялка СКП-2,1М с экспериментальными сошниками

Fig. 3. SKP-2.1M seeder with experimental openers



Таким образом, удобрения оказываются ниже уровня высеваемых семян [16-19].

Цель исследования – сравнить переоборудованную экспериментальными сошниками сеялку СКП-2,1 с серийной, определить урожай и качество зерна яровой мягкой пшеницы в зависимости от способа посева и нормы внесения азотных минеральных удобрений.

Материалы и методы. В 2019-2021 гг. на опытном поле ФГБНУ «Омский АНЦ» заложили двухфакторные сравнительные полевые агротехнические опыты. В них изучали влияние двух способов посева: серийным стрелчатым сошником и экспериментальным – с разноглубинным внесением минеральных азотных удобрений. Район проведения исследований имеет характер нестабильного увлажнения. Сравнивали два посевных агрегата: серийную сеялку СКП-2,1 с лаповыми серийными сошниками с одновременным внесением минеральных удобрений в один горизонт с семенами (контроль) и ее переоборудованную версию для разноуровневого посева и внесения минеральных удобрений – СКП-2,1М.

Изучались варианты внесения удобрений с различной нормой. Предшественником при посеве была яровая пшеница. Основную обработку почвы осенью не проводили. В качестве минерального удобрения применяли аммиачную селитру, которую вносили одновременно с посевом. Азотные удобрения способны быстро высвободить необходимый объем азота для дальнейшего прорастания культур и одновременно сохраняют полезные свойства благодаря взаимодействию с кислородом в воздухе. Норма внесения удобрений в обоих вариантах – 100, 150 и 200 кг/га. Сорт яровой мягкой пшеницы – Омская-36, норма высева – 4,5 млн всхожих зерен на гектар.

Сеялки агрегатировали с трактором МТЗ-82. Ширина каждой из 32 делянок – 2,1 м, длина – 25 м, площадь каждой делянки составила 52,5 м². Повторность четырехкратная. Суммарная площадь опытного участка – 1680 м². Глубина посева – 5 см, в различные годы ее корректировали исходя из влажности поверхностного слоя почвы.

В ходе полевого опыта определяли полевую всхожесть, урожайность и качество зерна по вариантам. Опыты были заложены по общепринятым методикам. В целом методика закладки и условия проведения полевого агротехнического опыта разрабатывались на основе СТО АИСТ 10 5.6–2003 «Машины посевные. Программа и методы испытаний», ГОСТ 31345-2007. Сеялки тракторные. Методы испытаний.

Уборку делянок проводили селекционным комбайном *Wintersteiger*.

Результаты и обсуждение. В 2019 г. метеорологические показатели за период май-сентябрь в среднем были близки к норме – среднесуточная температура воздуха составила 14,2°C, осадков за этот же пе-

риод выпало 267 мм. Май и июнь были холодными с переизбытком осадков, в июле и августе наблюдалась жаркая и засушливая погода.

Вегетационный период 2020 г. в целом можно охарактеризовать как теплый и влажный. Среднесуточная температура воздуха составила 15,7°C, что выше среднего многолетнего показателя на 1,8°C; осадков за этот же период выпало 319 мм, или 118% к среднемноголетнему значению. Однако, первая и вторая декады июня были засушливыми, третья – холодная и переувлажненная, со среднесуточной температурой на 4,5°C ниже среднемноголетней и количеством осадков 210% от нормы. В июле отмечалась засуха, осадков за месяц выпало всего 53% от нормы. Первая половина августа так же была жаркой и засушливой. Во второй половине осадков был переизбыток.

В 2021 году несмотря на то, что за вегетационный период выпало осадков выше нормы, в целом можно охарактеризовать как засушливый и жаркий. Осадки выпадали не равномерно и носили ливневый характер. Особенно жаркими и засушливыми были май и первая половина июня, первая и третья декады июля и первая половина августа.

В первые дни произрастания, корневая система растения слишком слаба, чтобы брать все необходимые элементы питания из почвы самостоятельно. Основная задача минеральных удобрений в первую очередь заключается в том, чтобы обеспечить всходы необходимым питанием в первые дни после посева.

Полевая всхожесть – интегральный показатель качества семян и уровня агротехники. На полевую всхожесть влияют температура почвы на глубине посева семян, температура воздуха, влажность почвы,

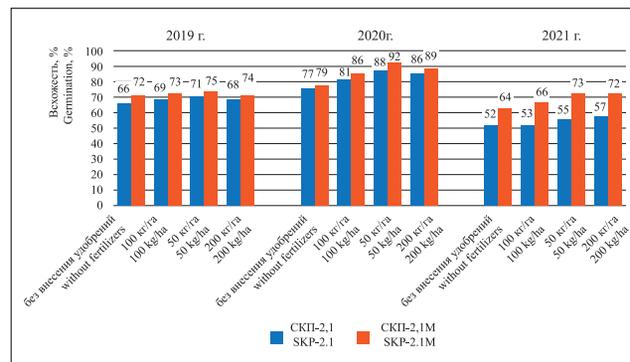


Рис. 4. Полевая всхожесть в зависимости от способа и нормы внесения удобрения

Fig. 4. Field germination depending on the method and rate of fertilizer application

наличие вредителей в почве, образование почвенной корки.

Полевая всхожесть варьировалась по годам в зависимости от погодных условий (рис. 4): самой низкой – 52% – она была при посеве серийной сеялкой в 2021 г. (контроль, без удобрения), а максимальной –

при посеве комбинированными сошниками в 2020 г. – 92%. Полевой опыт 2019 г. показал наибольшее значение полевой всхожести 75% при посеве комбинированным сошником с нормой внесения минеральных удобрений 150 кг/га. Наилучший результат получен при обоих способах посева с внесением 150–200 кг/га аммиачной селитры. Трехлетние наблюдения показали преимущества посева экспериментальным сошником по отношению к серийному, особенно в условиях засушливой весны 2021 г., когда разница по вариантам полевого опыта достигла 11–18% в зависимости от дозы внесения аммиачной селитры.

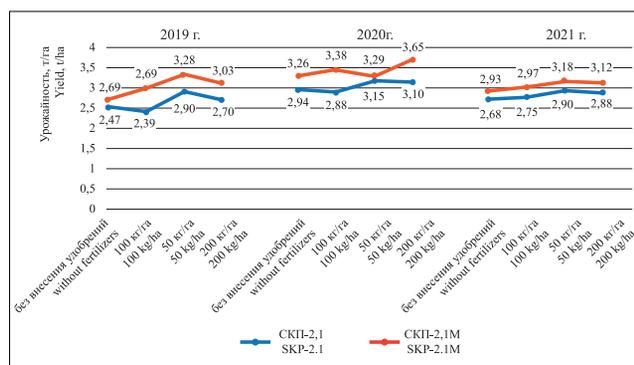


Рис. 5. Средняя урожайность в зависимости от способа и нормы внесения удобрения

Fig. 5. Average yield depending on the method and rate of fertilizer application

чем во всех вариантах проявлялось положительное влияние внесения аммиачной селитры в норме 150 и 200 кг/га.

Экономическую эффективность рассчитали по прибавке урожайности при различных нормах внесения удобрений (таблица). Затраты на переоборудование сеялки в расчетах не учитывали.

При сложившейся осенью 2021 г. в Омской области цене реализации зерна пшеницы 3 кл. (15318,18 руб./т) разноглубинный посев и внесение минеральных удобрений обеспечили положительный экономический эффект при всех нормах внесения аммиачной селитры. Увеличение нормы внесения аммиачной селитры до 200 кг/га снижает этот показатель.

По результатам трехлетнего опыта максимальный экономический эффект получен при норме внесения аммиачной селитры 150 кг/га, прибавка урожая составила 0,44 т/га, стоимость дополнительной продукции – 6740 руб./га. Увеличение нормы внесения удобрения влекло за собой незначительное снижение экономического эффекта.

Выводы. Выявили преимущества экспериментальной сеялки по отношению к серийной, особенно в условиях засушливой весны 2021 г., когда разница по вариантам полевого опыта полевой всхожести достигла 11–18% в зависимости от дозы внесения аммиачной селитры. Средняя ежегодная прибавка урожая зерна составила 16,3%, или 0,44 т/га.

Таблица		ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ СЕЯЛКИ СКП-2,1М			Table
		THE EFFECTIVENESS OF EXPERIMENTAL SKP-2.1M SEEDER			
Показатели Indicators	Без удобрений Without fertilizers	Внесение удобрений / Fertilizer application			
		100 кг/га 100 kg/ha	150 кг/га 150 kg/ha	200 кг/га 200 kg/ha	
Средняя урожайность зерна за 3 года: Average grain yield for 3 years: СКП-2,1(контроль) / SKP-2.1 (control) СКП-2,1М / SKP-2.1 M	2,69 2,96	2,67 3,11	2,98 3,22	2,89 3,27	
Прибавка урожая, т/га Yield increase, t/ha	0,27	0,24	0,44	0,38	
Дополнительная продукция руб./га Additional products, rub/ha	4135,91	3676,36	6740,0	5821,0	

Урожайность рассчитывали по зерну 14%-ной влажности и 100%-ной чистоты (рис. 5).

Применение сеялки для разноглубинного посева зерновых и внесения минеральных удобрений может обеспечить среднюю ежегодную прибавку 9,2–13,9%. Лучший результат – в вариантах с одновременным внесением аммиачной селитры в количестве 150–200 кг/га. При этом на экспериментальных делянках удалось повысить урожайность по сравнению с контрольными на 16,3%, или 0,44 т/га.

Сравнение качественных характеристик зерна выявило преимущество разноглубинного посева по содержанию клейковины – 29,8% против 24,6%. При-

Содержание сырой клейковины в зерне яровой мягкой пшеницы Омская-36 на контрольных делянках составило в среднем по годам 24,6%, в то время как на разноглубинном посеве зерновых и внесения минеральных удобрений – 29,8%.

Максимальная урожайность и лучшие качественные характеристики зерна как на контрольных вариантах посева, так и на экспериментальных получены при внесении аммиачной селитры в норме 150 и 200 кг/га.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Измайлов А.Ю., Годжаев З.А., Гришин А.П., Гришин А.А., Дорохов А.С. Цифровое сельское хозяйство (обзор цифровых технологий сельхозназначения // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2019. N2(31). С. 41-52.
2. Лачуга Ю.Ф., Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Шогенов Ю.Х. Интенсивные машинные технологии, роботизированная техника и цифровые системы для производства основных групп сельскохозяйственной продукции // *Техника и оборудование для села*. 2018. N7. С. 2-7.
3. Измайлов А.Ю., Смирнов И.Г., Ильченко С.Н., Гончаров Н.Т., Лужнова Е.С., Афонина И.И. Управление производственными процессами полеводческих предприятий с использованием информационных и цифровых технологий // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2019. N1(30). С. 180-190.
4. Канаев М.А., Карпов О.В., Васильев С.А., Фатхудинов М.Р. Разработка системы автоматизации дифференцированного внесения удобрений при посеве // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2017. N1. С. 58-62.
5. Токарев И.В., Куваев А.Н., Дерепаскин А.И., Бобков С.И. Выбор системы дифференцированного внесения удобрений и результаты лабораторных испытаний в Северном Казахстане // *Тракторы и сельхозмашины*. 2020. N3. С. 28-35.
6. Храпцов И.Ф., Бойко В.С., Юшкевич Л.В. и др. Система адаптивного земледелия Омской области: Монография. Омск: Изд-во ИП Макшеевой Е.А. 2020. 522 с.
7. Абдулнатипов М.Г. Влияние способов внесения минеральных удобрений на рост и развитие растений // *Известия Дагестанского ГАУ*. 2019. N4(4). С. 65-67.
8. Rendov N., Gladkikh A., Nekrasova E. The influence of the cultivation technology elements on the economic performance of the bare barley grain production. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 395. 012011.
9. Ирмулатов Б.Р., Абдуллаев К.К., Комаров А.А., Якушев В.В. О перспективах прецизионного управления продуктивностью пшеницы в условиях северного Казахстана // *Сельскохозяйственная биология*. 2021. Т. 56. N1. С. 92-102.
10. Милюткин В.А., Буксман М.А., Канаев В.А. Высокоэффективная техника для энерго-, влаго-, ресурсосберегающих мировых технологий Mini-Till, No-Till в системе точного земледелия России: Монография. Кинель: РИО Самарской ГСХА. 2018. 182 с.
11. Демчук Е.В., Мяло В.В. Комбинированный сошник зерновой сеялки // *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2014. N1. С. 81-83.
12. Миних Д.Б., Малыцев В.В., Гавар С.П. Сеялка с комбинированными сошниками для зерновых культур и локального внесения удобрений // *Научно-технический бюллетень ВАСХНИЛ. Сибирское отделение. СибНИИСХ*. 1988. Вып. 6. С. 3-7.
13. Aduov M., Nukusheva S., Esenalikaspakov E., Kazbekisenov K., Volodya K. Analysing the results field tests of an experimental seeder with separate introduction of seeds and fertilizers. *International journal of mechanical and production engineering research and development*. 2019. N9. 589-598.
14. Singh K., Agrawal K., Jat D., Kumar M. Design, development and evaluation of furrow opener for differential depth fertilizer application. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2016. N86(2). 250-255.
15. Aduov M., Nukusheva S., Kaspakov E., et al. The influence of random technological and control impacts on the process of seed sowing and mineral fertilizers. *Ecology, Environment and Conservation*. 2017. N23. 267-277.
16. Кем А.А., Чекусов М.С., Шмидт А.Н. Влияние работы комбинированного сошника на качество и урожайность зерна // *Тракторы и сельхозмашины*. 2020. N6. С. 72-77.
17. Кем А.А., Чекусов М.С., Шмидт А.Н. Комбинированный сошник для посева зерновых культур // *Сельский механизатор*. 2021. N3. С. 6-7.
18. Ахалая Б.Х., Ценч Ю.С., Квас С.А. Технология комбинированного способа посева и высевальные аппараты для его осуществления // *Вестник ВИЭСХ*. 2018. N4(33). С. 61-65.
19. Несмиян А.Ю., Ценч Ю.С. Тенденции и перспективы развития отечественной техники для посева зерновых культур // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. N3. С. 45-52.

REFERENCES

1. Izmaylov A.Yu., Godzhaev Z.A., Grishin A.P., Grishin A.A., Dorokhov A.S. Tsifrovoye sel'skoye khozyaystvo (obzor tsifrovoykh tekhnologiy sel'khoznaznacheniya) [Digital agriculture (review of agricultural digital technologies)]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2019. N2(31). 41-52 (In Russian).
2. Lachuga Yu.F., Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Shogonov Yu.Kh. Intensivnyye mashinnye tekhnologii, robotizirovannaya tekhnika i tsifrovyye sistemy dlya proizvodstva osnovnykh grupp sel'skokhozyaystvennoy produktsii [Intensive machine technologies, robotized equipment and digital systems for production of main groups of agricultural products]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2018. N7. 2-7 (In Russian).
3. Izmaylov A.Yu., Smirnov I.G., Il'chenko E.N., Goncharov N.T., Luzhnova E.S., Afonina I.I. Upravlenie proizvodstvennymi protsessami polevodcheskikh predpriyatiy s ispol'zovaniem informatsionnykh i tsifrovoykh tekhnologiy [Management of manufacturing processes of fielding enterprises with the use of information and digital technologies]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2019. N1(30). 180-190 (In Russian).
4. Kanaev M.A., Karpov O.V., Vasil'ev S.A., Fatkhudinov M.R. Razrabotka sistemy avtomatizatsii differentsirovannogo vneseeniya udobreniy pri poseve [Development of automation system of the fertilizers differentiated application]. *Izvestiya Samarskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2017. N1. 58-62 (In Russian).
5. Tokarev I.V., Kuvaev A.N., Derepaskin A.I., Bobkov S.I. Vybor sistemy differentsirovannogo vneseeniya udobreniy i rezul'taty laboratornykh ispytaniy v Severnom Kazakhstane [Selection of the optimal system of differentiated fertilizer application and the laboratory research results in northern Kazakhstan].

Traktory i sel'khoz mashiny. 2020. N3. 28-35 (In Russian).

6. Khrantsov I.F., Boyko V.S., Yushkevich L.V., et al. Sistema adaptivnogo zemledeliya Omskoy oblasti: Monografiya [The system of adaptive agriculture in Omsk region: Monograph]. Omsk: Izd-vo IP Maksheevoy E.A. 2020. 522 (In Russian).
7. Abdulnatiyov M.G. Vliyaniye sposobov vneseniya mineralnykh udobreniy na rost i razvitiye rasteniy [Influence of methods for mineral fertilizers application on growth and development of plants]. *Izvestiya Dagestanskogo GAU*. 2019. N4(4). 65-67 (In Russian).
8. Rendov N., Gladkikh A., Nekrasova E. The influence of the cultivation technology elements on the economic performance of the bare barley grain production. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 395. 012011 (In English).
9. Irmulatov B.R., Abdullaev K.K., Komarov A.A., Yakushev V.V. O perspektivakh pretsizionnogo upravleniya produktivnost'yu pshenitsy v usloviyakh severnogo Kazakhstana [Prospects for precision management of wheat productivity in the conditions of northern Kazakhstan]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*. 2021. Vol. 56. N1. 92-102 (In Russian).
10. Milyutkin V.A., Buksman M.A., Kanaev V.A. Vysokoeffektivnaya tekhnika dlya energo-, vlogo-, resursosberegayushchikh mirovykh tekhnologiy Mini-Till, No-Till v sisteme tochnogo zemledeliya Rossii: Monografiya [High-technology equipment for world energy-, moisture-, resource-saving Mini-Till, No-Till technologies in the system of precision farming in Russia: Monograph]. Kinel': RIO Samarskoy GSKhA. 2018. 182 (In Russian).
11. Demchuk E.V., Myalo V.V. Kombinirovannyi soshnik zernovoy seyalki [Combined opener of grain seeders]. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2014. N1. 81-83 (In Russian).
12. Minikh D.B., Mal'tsev V.V., Gavar S.P. Seyalka s kombinirovannymi soshnikami dlya zernovykh kul'tur i lokal'no-go vneseniya udobreniy [Seeder with dual-level opener for grain crops and localized fertilization]. *Nauchno-tekhnicheskiiy byulleten' VASKhNIL. Sibirskoe otdeleniye. SibNIISKH*. 1988. Iss. 6. 3-7 (In Russian).
13. Aduov M., Nukusheva S., Esenalikaspakov E., Kazbekisenov K., Volodya K. Analysing the results field tests of an experimental seeder with separate introduction of seeds and fertilizers. *International journal of mechanical and production engineering research and development*. 2019. N9. 589-598 (In English).
14. Singh K., Agrawal K., Jat D., Kumar M. Design, development and evaluation of furrow opener for differential depth fertilizer application. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2016. N86(2). 250-255 (In English).
15. Aduov M., Nukusheva S., Kaspakov E., et al. The influence of random technological and control impacts on the process of seed sowing and mineral fertilizers. *Ecology, Environment and Conservation*. 2017. N23. 267-277 (In English).
16. Kem A.A., Chekusov M.S., Shmidt A.N. Vliyaniye raboty kombinirovannogo soshnika na kachestvo i urozhaynost' zerna [The influence of the combined coulter operation on the quality and yield of grain]. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2020. N6. 72-77 (In Russian).
17. Kem A.A., Chekusov M.S., Shmidt A.N. Kombinirovannyi soshnik dlya poseva zernovykh kul'tur [Combined opener for sowing grain crops]. *Sel'skiy mekhanizator*. 2021. N3. 6-7 (In Russian).
18. Ahalaya B.Kh., Tsench Yu.S., Kvas S.A. Tekhnologiya kombinirovannogo sposoba poseva i vysewayushchie apparaty dlya ego osushchestvleniya [Technology of the combined method of sowing and seeding machines for its implementation]. *Vestnik VIESH*. 2018. N4(33). 61-65 (In Russian).
19. Nesmiyan A.Yu., Tsench Yu.S. Tendentsii i perspektivy razvitiya otechestvennoy tekhniki dlya poseva zernovykh kul'tur [Trends and prospects of development of domestic equipment for sowing grain crops]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2018. Vol. 12. N3. 45-52 (In Russian).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Заявленный вклад соавторов:

Кем А.А. – формулирование основных направлений исследования, проведение научных исследований, формирование общих выводов, анализ результатов, обобщение литературы, итоговая переработка статьи;
 Михальцов Е.М. – проведение научных исследований, обработка данных полевого опыта, написание начального варианта статьи, анализ и обобщение данных исследований;
 Чекусов М.С. – научное руководство, формулирование основных направлений исследования, проведение научных исследований, формирование общих выводов;
 Шмидт А.Н. – проведение научных исследований, обработка лабораторных и полевых данных, литературный обзор.
 Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Coauthors' contribution:

Kem A.A. – research conceptualization, instigation, general conclusions, results analysis, literature review, manuscript preparation;
 Mikhaltsov E.M. – instigation, field experience data processing, original draft preparation, research findings analysis and summarizing;
 Chekusov M.S. – scientific supervision, research conceptualization, instigation, general conclusions;
 Schmidt A.N. – instigation, laboratory and field data processing, literature review.
 The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию
 Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on
 The paper was accepted for publication on

03.11.2021
 25.01.2022