

16. **Britti D., G Massimini., Peli A., Luciani A., Boari A.. Evaluation of serum enzyme activities as predictors of passive transfer status in lambs.** *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 2005, vol. 226, pp. 951–955. DOI: 10.2460/javma.2005.226.951.

17. **Klinkon M., Jeek J. Values of blood variables in calves.** C.C.Perez-Marin (ed.), *A Bird's-Eye View of Veterinary Medicine*, InTech, 2012. DOI: 10.5772/32100.

Сведения об авторах:

*Муратов Досмухамед Куатулы** – докторант по ОП 8D08201 – Технология производства продуктов животноводства кафедры продовольственной безопасности и биотехнологии, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, г. Костанай, 110000, ул. Маяковского 99/1, тел.: 87085772378, e-mail: rickyteamsesh@gmail.com.

Папуша Наталья Владимировна – кандидат сельскохозяйственных наук, ассоциированный профессор кафедры продовольственной безопасности и биотехнологии, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000, г. Костанай, ул. Маяковского 99/1, тел.: 87054115171, e-mail: natali.p82@inbox.ru.

Кубекова Бахыт Жанайдаровна – доктор философии (PhD), старший преподаватель кафедры продовольственной безопасности и биотехнологии, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000, г. Костанай, ул. Маяковского 99/1, тел.: 87776933527, e-mail: baha11.09@mail.ru.

*Муратов Досмухамед Куатулы** – D08201 – «Мал шаруашылығы өнімдерін өндіру технологиясы» мамандығының докторанты, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, Қостанай қ., 110000, Маяковский көш, 99/1, тел.: 87085772378, e-mail: rickyteamsesh@gmail.com.

Папуша Наталья Владимировна – ауылшаруашылығы ғылымдарының кандидаты, азық-түлік қауіпсіздігі және биотехнология кафедрасының қауымдастырылған профессоры, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 110000, Қостанай қ., Маяковский көш, 99/1. тел.: 87054115171, e-mail: natali.p82@inbox.ru.

Кубекова Бахыт Жанайдаровна – PhD докторы, азық – түлік қауіпсіздігі және биотехнология кафедрасының аға оқытушысы, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 110000, Қостанай қ., Маяковский көш, 99/1. тел.: 87776933527, e-mail: baha11.09@mail.ru.

*Muratov Dosmukhamed Kuatuly** – PhD doctoral student, “8D08201 Technology of animal products production” educational program, Department of food safety and biotechnology, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 99/1 Mayakovskiy Str., tel.: 87085772378, e-mail: rickyteamsesh@gmail.com.

Papusha Nataliya Vladimirovna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of food security and biotechnology, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 99/1 Mayakovskiy Str., tel.: 87054115171, e-mail: natali.p82@inbox.ru.

Kubekova Bakhyt Zhanaidarovna – PhD, Senior Lecturer, Department of food safety and biotechnology, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 99/1 Mayakovskiy Str., tel.: 87776933527, e-mail: baha11.09@mail.ru.

МРНТИ 68.85.29; 55.57.33

УДК 631.333

<https://doi.org/10.52269/SRDG2611169>

ЧИЗЕЛЬНЫЙ ГЛУБОКОРЫХЛИТЕЛЬ УДОБРИТЕЛЬ

Нукешев С.О. – доктор технических наук, профессор института инжиниринга и пищевых технологий, НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», г. Астана, Республика Казахстан.

*Танбаев Х.К.** – доктор PhD, и.о. ассоциированного профессора кафедры инженерных технологий и транспорта, НАО «Кокшетауский университет имени Ш. Уалиханова», г. Кокшетау, Республика Казахстан.

Шежау К. – докторант по образовательной программе «Механика и металлообработка», НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», г. Астана, Республика Казахстан.

Назарбаев Е.Е. – докторант по образовательной программе «Агроинженерия», НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», г. Астана, Республика Казахстан.

Общеизвестно, что средняя урожайность пшеницы в Казахстане варьирует в пределах 11-14 ц/га (при потенциально возможной 40-45 ц/га) и основной причиной недобора урожая является истощенность и уплотненность почв, низкая эффективность применения минеральных удобрений. Для разуплотнения почвы и обеспечения оптимального питания растениям необходимо глубокое рыхление и объемное внесение минеральных удобрений. Цель исследования – повышение продуктивности сельскохозяйственных культур путем разработки технического средства для глубокого рыхления почвы с одновременным дифференцированным ярусным внесением минеральных удобрений в системе точного земледелия. С учетом почвенно-климатических условий Северного и Центрального Казахстана, на основе результатов теоретических и экспериментальных исследований разработан чизельный глубокорыхлитель удобритель, осуществляющий глубокое рыхление почвы с одновременным дифференцированным внесением двух видов удобрений на 3 глубины: 8-10 (3), 16-18 (2) и 23-25 (1) см, при этом глубины (1) и (2) в паре и (3) отдельно регулируются независимо от общей глубины обработки. Результаты лабораторно-производственных испытаний показали, что общая грузоподъемность удобрителя составляет 2430-2700 кг, пропускная способность – в пределах от 0,032 до 0,274 кг/с, дифференциация доз от 0 до 495 кг/га. Нестабильность дозы внесения удобрения составило 3,1%, неравномерность распределения по ширине – 3,5-4,1%.

Ключевые слова: чизель, глубокорыхлитель, удобритель, минеральные удобрения, дифференцированное внесение, туковывсевающий аппарат.

ЧИЗЕЛЬДІ ТЕРЕҢҚОПСЫТҚЫШ-ТЫҢАЙТҚЫШ ҚҰРЫЛҒЫ

Нукешев С.О. – техника ғылымдарының докторы, Инжиниринг және азық-түлік технологиясы институтының профессоры, «С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КЕАҚ, Астана қ., Қазақстан Республикасы.

Танбаев Х.К.* – PhD докторы, Инженерлік технологиялар және көлік кафедрасының қауымдастырылған профессоры м.а., «Ш.Уалиханов атындағы Көкшетау университеті» КЕАҚ, Көкшетау қ., Қазақстан Республикасы.

Шежау К. – механика және металл өңдеу білім беру бағыты бойынша докторант, «С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КЕАҚ, Астана қ., Қазақстан Республикасы.

Назарбаев Е.Е. – агроинженерия білім беру бағыты бойынша докторант, «С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КЕАҚ, Астана қ., Қазақстан Республикасы.

Қазақстанда бидайдың орташа өнімділігі 11-14 ц/га (потенциалды мүмкіндік 40-45 ц/га) шегінде екені белгілі және мұның негізгі себептері топырақтың тозуы мен нығыздалуы, минералды тыңайтқыштарды қолдану тиімділігінің төмендігі болып табылады. Топырақты қопсыту және өсімдіктерді оңтайлы қоректендіруді қамтамасыз ету үшін терең қопсыту және минералды тыңайтқыштарды көлемді енгізу қажет. Зерттеу мақсаты – дәл егіншілік жүйесінде минералды тыңайтқыштарды топырақты терең қопсытумен қатар деңгейлі әрі саралап енгізуге арналған техникалық құралды әзірлеу арқылы дақылдардың өнімділігін арттыру. Солтүстік және Орталық Қазақстанның топырақ-климаттық жағдайларын ескере отырып, теориялық және эксперименттік зерттеулердің нәтижелері негізінде бір мезгілде тыңайтқыштардың екі түрін 3 деңгейлі (8...10 см-де 3-деңгей, 16...18 см-де 2-деңгей және 23...25 см-де 1-деңгей) тереңдіктерге саралап енгізе отырып, топырақты терең қопсытуды жүзеге асыратын чизельді тереңқопсытқыш-тыңайтқыш құрылғы әзірленді. Мұнда (1) және (2) деңгей өңдеудің толық тереңдігіне қарамастан жұппен, ал (3) деңгей бөлек реттеледі. Зертханалық-өндірістік сынақтардың нәтижелері тыңайтқыш құрылғының жалпы жүк көтергіштігі 2430–2700 кг, өткізу қабілеті – 0,032-ден 0,274 кг/с-қа дейін, беру мөлшерінің саралануы 0-ден 495 кг/га-ға дейін екенін көрсетті. Тыңайтқышты беру мөлшерінің тұрақсыздығы 3,1%, жұмыс ені бойынша біркелкі бөлінбеуі – 3,5-4,1% құрады.

Түйінді сөздер: чизель, тереңқопсытқыш, тыңайтқыш құрылғы, минералды тыңайтқыштар, саралап енгізу, тыңайтқыш сепкіш аппарат.

CHISEL-TYPE SUBSOILER WITH FERTILIZER APPLICATION

Nukeshev S.O. – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Institute of Engineering and Food Technology, S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University NCJSC, Astana, Republic of Kazakhstan.

Tanbayev Kh.K* – PhD, Associate Professor of the Department of engineering technology and transport, Sh.Ualikhanov Kokshetau University NLC, Kokshetau, Republic of Kazakhstan.

Shezhau K – PhD student of “Mechanics and metalworking” educational program, S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University NCJSC, Astana, Republic of Kazakhstan.

Nazarbayev Ye. Ye. – PhD student of “Agroengineering” educational program, S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University NCJSC, Astana, Republic of Kazakhstan.

It is known that the average wheat yield in Kazakhstan varies between 11–14 kg/ha (instead of a potential 40–45 kg/ha) and the main reasons for crop shortages are soil depletion and compaction, and the low efficiency of mineral fertilizers. To loosen the soil and ensure optimal plant nutrition, deep loosening and extensive application of mineral fertilizers are necessary. The research purpose is to increase crop productivity by developing a technical tool for deep loosening of the soil with simultaneous differentiated and tiered application of mineral fertilizers in a precision farming system. Taking into account the soil and climatic conditions of Northern and Central Kazakhstan, and based on the results of theoretical and experimental studies, a chisel-type subsoiler with fertilizer application has been developed. The implement performs deep soil loosening with the simultaneous differentiated application of two types of fertilizers at three depths: 8–10 cm (3), 16–18 cm (2), and 23–25 cm (1). Depths (1) and (2) can be adjusted jointly, while depth (3) is regulated independently, regardless of the overall tillage depth. The results of laboratory and field trials demonstrated that the total load capacity of the fertilizer applicator ranges from 2,430 to 2,700 kg, with a throughput capacity between 0.032 and 0.274 kg/s. The range of differentiated application rates varies from 0 to 495 kg/ha. The application rate variability was 3.1%, while the transverse distribution non-uniformity ranged from 3.5% to 4.1%.

Key words: chisel, subsoiler, fertilizer, mineral fertilizers, discriminatory application, fertilizer unit.

Введение. Ежегодное применение стартовой дозы удобрений одновременно с посевом не решают проблему поддержания плодородия почвы [1, с. 1; 2, с. 14; 3, с. 2]. Не уделяется должного внимания внесению основных доз удобрений из-за несовершенства существующих удобрительных машин. Низкое качество обусловлено конструктивными недостатками сводоразрушающих устройств, туковысевающих аппаратов, средств доставки туков до заделывающих рабочих органов, а также особенностями физико-механических свойств туков. Повышение эффективности применения удобрений может быть достигнуто на основе создания механико-технологических основ внутрипочвенного ярусного внесения дифференцированных доз разных видов удобрений с учетом пестроты распределения в почве питательных веществ как по площади, так и по глубине, и экологических требований [4, с. 9].

Анализ показал, что большинство разработок, выполненных на мировом уровне, ведутся по направлению совершенствования рабочих органов для поверхностного разбросного внесения основной дозы и внутрипочвенного припосевного внесения стартовой дозы удобрений. На всемирной выставке в Ганновере в 2019-2025 годы были выставлены новые образцы глубокорыхлителей удобрителей для внутрипочвенного внесения основных доз удобрений фирм BEDNAR, FARMET, LOZOVA MACHINERY, MORO ARATRI. Конструктивно они схожи и один вид удобрения вносят на один уровень почвенного горизонта узким экраном, что может привести к сильной концентрации удобрений и химическому ожогу отдельных семян, попавших к их очагу. К тому же эти агрегаты не имеют систему дифференциации доз удобрений, т.е. не обеспечивают дифференцированное внесение туков. Поэтому для условий рискованного земледелия Северного и Центрального Казахстана необходимо разрабатывать адаптированные для наших условий технические средства для внутрипочвенного дифференцированного и ярусного внесения основных доз минеральных удобрений с учетом потребности в элементах питания каждого элементарного участка поля [5, с. 16; 6, с. 24].

Разрабатываемое техническое средство предназначено для реализации технологии глубокой обработки почвы с одновременным дифференцированным, внутрипочвенным ярусным внесением основной дозы минеральных удобрений при обработке пара или поднятии зяби. При этом могут быть внесены различные виды удобрений одновременно на разные глубины по заданию электронной карты-предписания, составленной на основе анализа почвенных проб [7, с. 1; 8, с. 5; 9, с. 211].

Цель работы: повышение продуктивности сельскохозяйственных культур путем разработки технического средства для глубокого рыхления почвы с одновременным дифференцированным ярусным внесением минеральных удобрений в системе точного земледелия.

Основная задача исследования: проведение лабораторных и производственных испытаний чизельного глубокорыхлителя-удобрителя.

Материалы и методы исследований. Обоснование технологии и конструктивно-технологической схемы технического средства для ярусного внесения минеральных удобрений приведен в [10]. Исходя из того, что основная масса корневой системы располагается на глубине от 6 до 25-30 см и учитывая отсутствие пространственной миграции доступных для питания растений форм фосфора, можно предположить, что для повышения эффективности воздействия фосфорных удобрений их нужно расположить наклонно по вертикали прерывистой лентой в несколько слоев, чтобы внесенные удобрения обеспечивали питание растения в весь вегетационный период в течение 3–5 лет, рис.1.

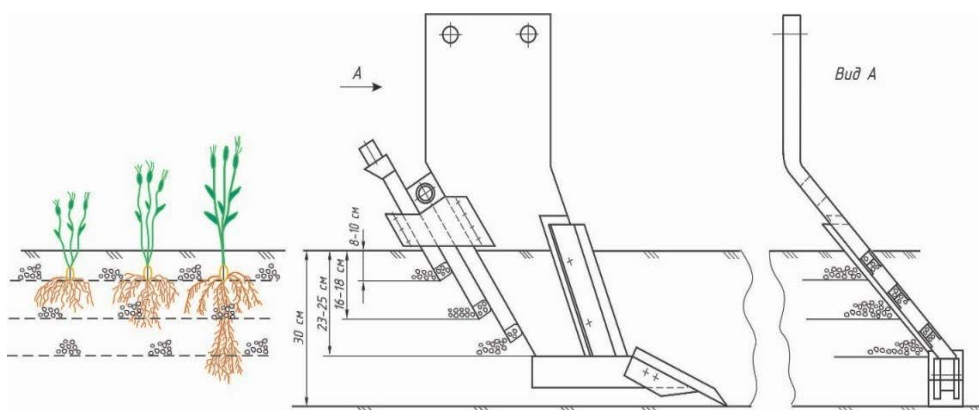
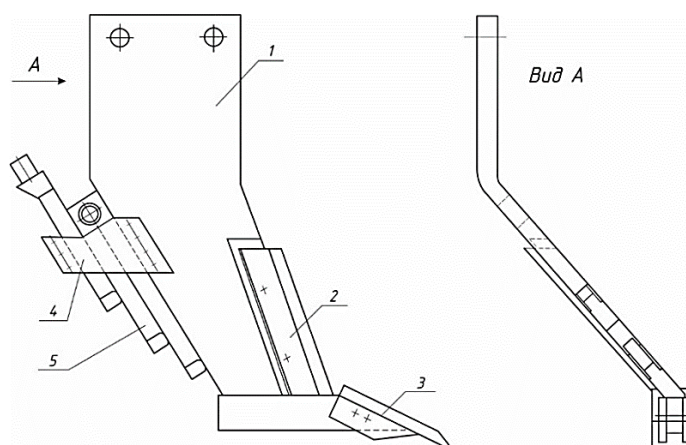


Рисунок 1 – Технологическая схема ярусного внесения минеральных удобрений в почву

Учитывая толщину пахотного слой до 30 см, предлагается расположить фосфорные удобрения в 3 слоя: первый слой на глубину 23-25 см, второй слой – 16-18 см. А третий слой фосфорных или азотных удобрений должен быть внесен на глубину 8-10 см, чтобы обеспечивалось оптимальное питание корневой системы на начальном этапе развития растений, способствуя быстрым и дружным всходам. Далее, через пару недель корни достигают глубины 16-18 см, где, размещенные на этой глубине удобрения, обеспечивают растения питательными веществами, тем самым стимулируя развитие узловых корней. Дальнейшее развитие растений в течение вегетационного периода требует дополнительных затрат элементов питания на формирование урожая. В этот период в зерносеющих регионах Казахстана часто проявляются летние засухи, которые совпадают с периодом развития растений, ответственным за получение гарантированных урожаев. В данном промежутке ожидается стимулирующий эффект от внесения удобрений на глубину 23-25 см. Внесенные на этой глубине удобрения, обеспечивают сформировавшуюся корневую систему элементами питания, позволяя ей использовать также и запасы влаги, находящиеся в нижних горизонтах почвы.

Разрабатываемый чизельный глубокорыхлитель-удобритель обеспечивает трёх ярусное внесение двух видов удобрений на глубины 8-10 (3), 16-18 (2) и 23-25 (1) см, при этом фосфорные удобрения дозируются одним туковсевающим аппаратом и делятся на патрубки и глубины (1) и (2), а азотные или фосфорные удобрения дозируются отдельным аппаратом и размещаются на глубине (3) (рисунок 2).

Стойка (1) рабочего органа состоит из двух частей: верхней – несущей и нижней – наклонной. Угол наклона рабочей части по отношению к несущей принимается в пределах 40-45°. В зависимости от физико-механических свойств региональной почвы, он должен быть в пределах ее угла скалывания. К наклонной части стойки прикрепляются два долота: режущие (2) и скалывающие (3). Сзади, по следу, с помощью кронштейна (4) прикрепляются три тукоприемника (5). Они также устанавливаются друг за другом, вслед. Причем их выходные окна размещаются на высоте 7,0; 14,0; 21,0 см от подошвы скалывающего долота и их можно регулировать по высоте.



1 – стойка, 2 – нож, 3 – долото, 4 – кронштейн, 5 – тукоприемник-распределитель

Рисунок 2 – Рабочий орган экспериментального ярусного глубокорыхлителя-удобрителя

На раме удобрения размещаются два бункера с двумя отсеками для двух видов минеральных удобрений, с 24 туковсевающими и 12 наклонными рабочими органами типа «парашюта» с распределителями, установленными на их тыльной стороне [10, с. 175]. Каждый тип дозаторов оснащен вариатором, связанным с системой управления дифференцированным дозированием и навигацией.

Оптимальные параметры основных рабочих органов обоснованы на результатах теоретических исследований [11, с. 1376; 12, с. 2063; 13, с. 5; 14, с. 1193].

Результаты исследований и их обсуждение. Целью производственных испытаний является проверка работоспособности экспериментального образца чизельного глубокорыхлителя удобрения, определение основных показателей качества выполнения технологического процесса согласно ГОСТу 28714-2007 "Машины для внесения минеральных удобрений. Методы испытаний".

Лабораторно-полевые эксперименты проводились в лаборатории технического факультета КАТИУ им. С Сейфуллина и на полях АО «Акмолла-Феникс» Целиноградского района Акмолинской области с мая по октябрь 2025 года. В качестве сравнения приняты данные протокола испытаний рыхлителя-удобрителя РУН-4 «Минерал», предназначенной для основной обработки чистых паров и зяби с одновременным внесением основной дозы минеральных удобрений на глубину 20-22 см.

В горизонте 15-20 см опытного поля влажность достигала 31,8%. Перед началом экспериментов была проведена оценка твердости почвы согласно ГОСТ 20915-2011 (рисунок 3): на паровом участке она составила 1,9-3,1 МПа, а на стерневом фоне отмечено уплотнение до 3,3 МПа. Условия проведения испытаний соответствовали умеренно влажному и продолжительному летне-осеннему периоду аграрного сезона 2025 года.



Рисунок 3 – Определение влажности и твердости почвы

Грузоподъемность машины. Грузоподъемность экспериментального образца удобрения определена взвешиванием удобрений, загружаемых в его бункера (рисунок 4). Проверка проведена на двух видах минеральных удобрений с различной насыпной плотностью – аммофоса и аммиачной селитры. Грузоподъемность одного бункера составила 1220-1350 кг, общая грузоподъемность удобрения – 2430-2700 кг.



Рисунок 4 – Экспериментальный образец чизельного глубокорыхлителя удобрения и полевые испытания

Скорость движения машины. Скорость движения удобрения определяли на учетном проходе длиной 50 м. Средняя скорость движения удобрения в агрегате с трактором John Deere 8R 340 составила 7,9 км/ч.

Для определения пропускной способности машины, дозы внесения удобрений, неравномерности и нестабильности дозы внесения удобрений экспериментальный образец чизельного глубокорыхлителя удобрения был выставлен на ровной площадке возле опытного парового поля.

В начале определили зависимости числа оборотов туковывсеивающих катушек от положения рычага бесступенчатого редуктора, то есть номограмму изменения числа оборотов катушек от процента изменения положения рычага редуктора (рисунок 5).

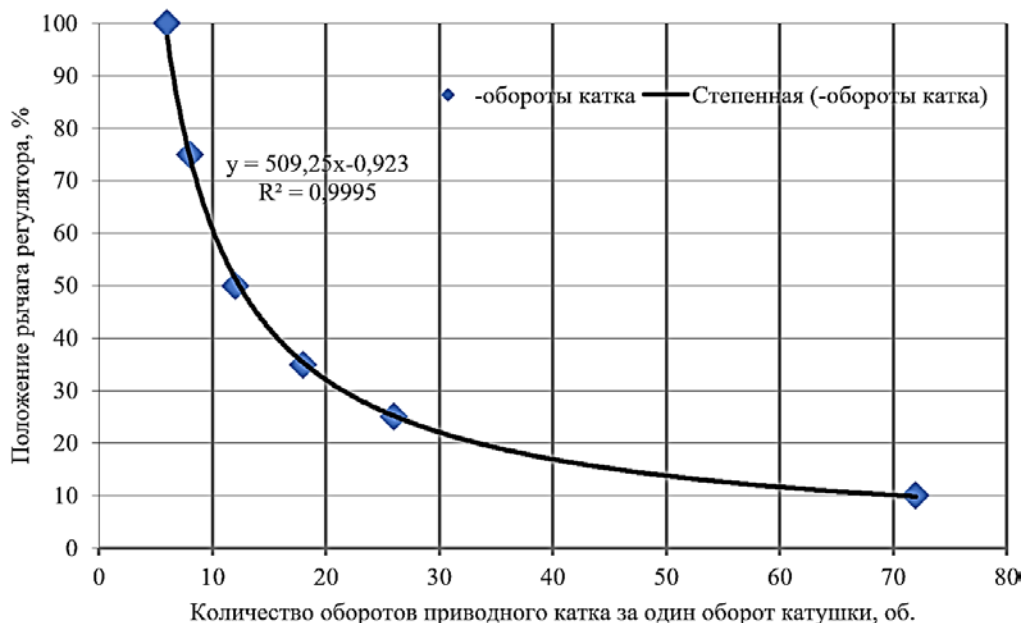


Рисунок 5 – Зависимости числа оборотов туковывсеивающих катушек от положения рычага бесступенчатого редуктора

При этом передаточное число бесступенчатого редуктора – вариатора – согласно рисунку 6 варьирует в пределах от 2,5 при 100 % до 34,5 при 5 % положения рычага редуктора.

После загрузки бункера удобрением до полного объема и прокрутили приводные катки три оборота вручную, чтобы заполнить удобрениями туковывсеивающие катушки.

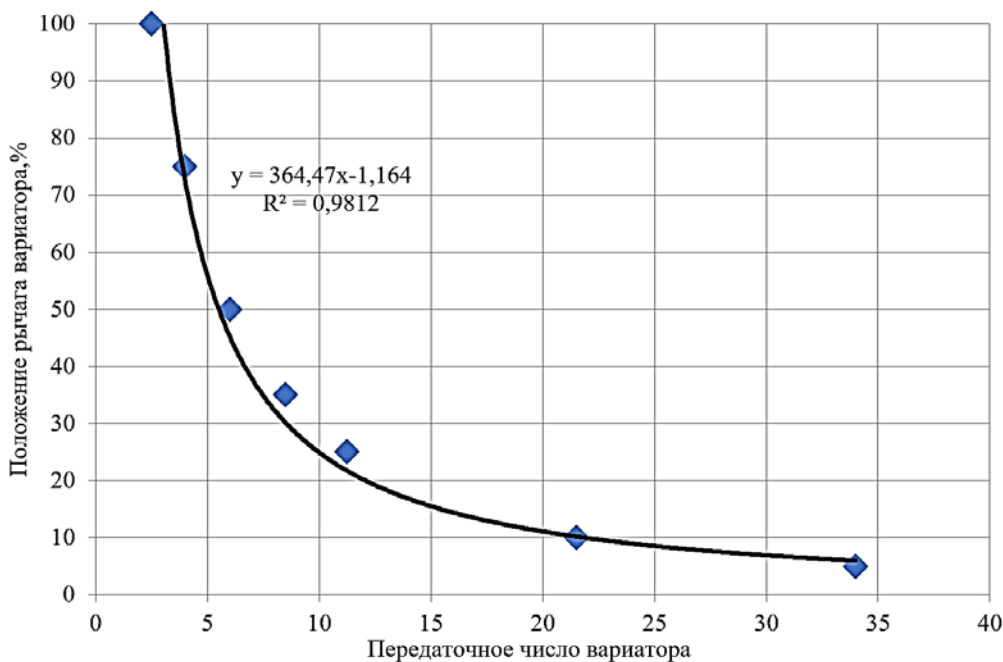


Рисунок 6 – Зависимости передаточного числа от положения рычага редуктора

Пропускную способность определили прокручиванием приводных катков на максимальной, минимальной и трех промежуточных дозах внесения и сбором удобрений в мешочки. Время измерения – 30 с. Для расчета пропускной способности машины среднее значение массы удобрений в мешочке умножается на количество высевальных аппаратов и делится на время измерения. Диаграмма пропускной способности приведена на рисунке 7. Согласно диаграмме, экспериментальный удобритель имеет пропускную способность в пределах от 0,03 до 0,274 кг/с.

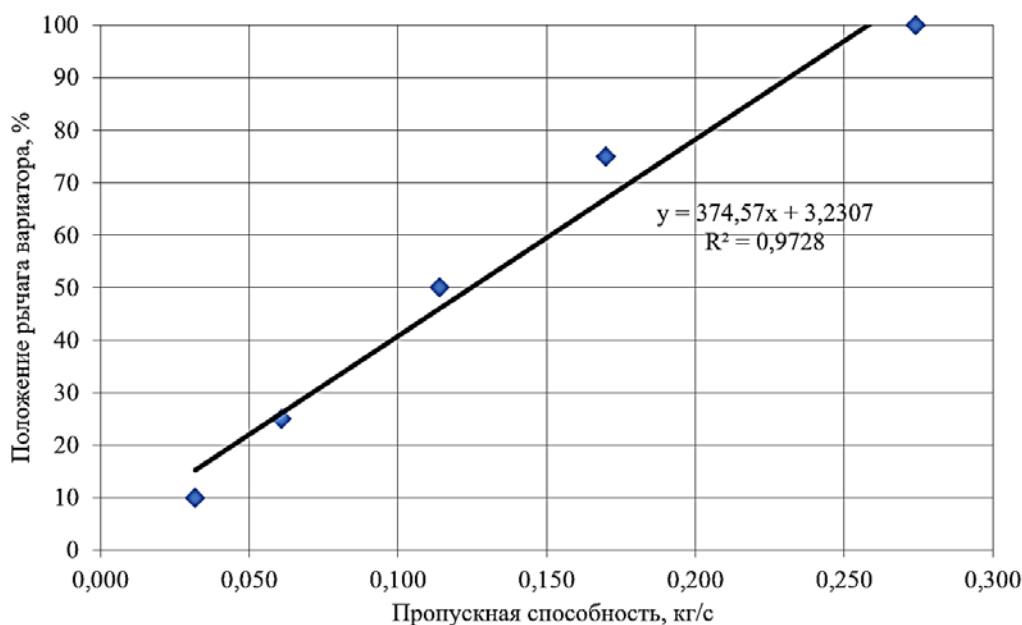


Рисунок 7 – Пропускная способность удобрения

Дозу внесения удобрений (Д, кг/га) вычислили по формуле (4) п.6.3.12 ГОСТа 28714-2007. Расчеты показали, что удобритель может обеспечить максимальную дозу 495 кг/га при полном открытии заслонок и при положении рычага вариатора 100%. А минимальная доза внесения 35,88 кг/га была получена при 5%-ном положении рычага вариатора. Это означает, что при дальнейшем изменении положения рычага от 5 % до 0 можно снизить дифференциацию доз удобрений плавно до 0.

Максимальное отклонение фактической дозы внесения удобрений от заданной составило 8,5%.

Неравномерность распределения удобрений между отдельными туковывсевающими аппаратами определили на установленной дозе внесения удобрений 200 кг/га в трехкратной повторности. Анализ результатов показывает, что туковывсевающие аппараты [15, с. 3] экспериментального образца чизельного глубокорыхлителя удобрения обеспечивают равномерное распределение удобрений. В результате определения зависимостей неравномерности высева по ширине от дозы внесения гранулированных удобрений в полевых условиях установлено, что согласно рисунку 8 при повышении дозы внесения от 50 до 250 кг/га неравномерность плавно снижается и при дозах внесения 200-250 кг/га стабилизируется в пределах 3,5-4,1%.

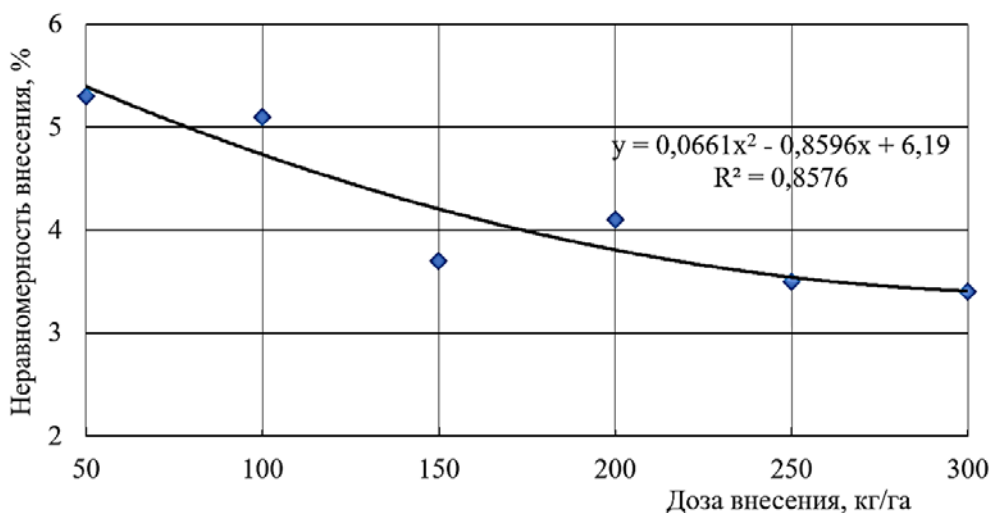


Рисунок 8 – Зависимости неравномерности распределения удобрений по ширине от дозы внесения

Анализ данных, полученных в процессе работы экспериментального удобрения в начале и конце рабочего хода внесения удобрений, показывает, что конструкции [16, с. 3] разработанных бункера, коленчатого ворошителя и туковысевающих аппаратов обеспечивают практически стабильную дозу внесения удобрений независимо от степени наполненности бункера, *нестабильность дозы внесения удобрения* составила 3,1%.

Глубину заделки удобрений определяли с помощью вертикального среза почвы при минимальной рабочей скорости и максимальной дозе. Во время работы машины засорения распределителей рабочих органов удобрением, почвой и растительными остатками не наблюдалось, отказов по технологическим причинам не зафиксировано. *Отклонения фактической глубины заделки удобрений от заданной* по всем трем глубинам варьировали в пределах 0,3–2,2 см.

Необходимо отметить, что неравномерность распределения удобрений между двумя отводами распределителя была определена в лабораторных условиях в зависимости от угла установки заслонки и при угле 10° она не превышала 3,4% (рисунок 9).

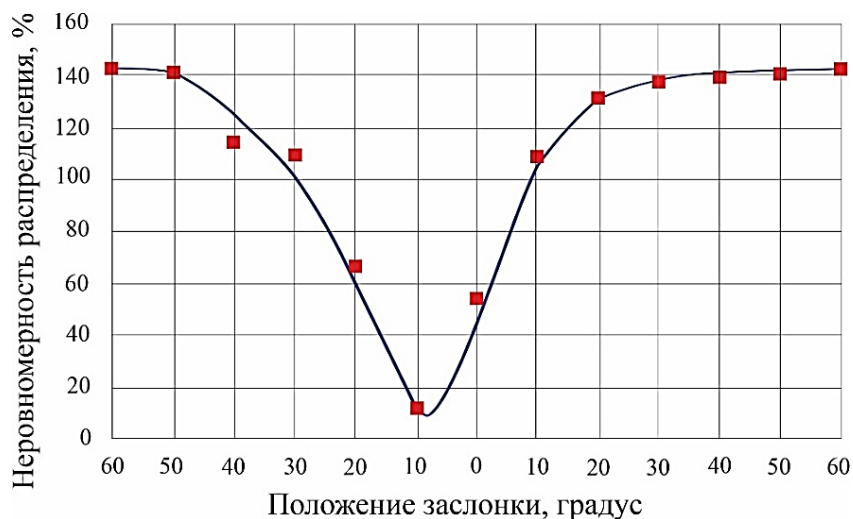


Рисунок 9 – Зависимости неравномерности распределения удобрений между отводами от положения заслонки

Средняя глубина обработки почвы при заданной 30 см составила 32,6 см, что связано с тем, что опыты были проведены при обработке парового поля вторым следом.

Ширину внесения удобрений определяли также одновременно с глубиной заделки удобрения измерением ширины распределения удобрений при вертикальном срезе почвы. При максимальной дозе удобрений средняя ширина лент удобрений составила 3,38 см: соответственно в слое 23–25 см – 3,26 см, в слое 16–18 см – 3,33 см и в слое 8–10 см – 3,55 см.

Дифференцированное внесение удобрений. Дифференцированное внесение осуществляли на опытном поле 100 га на глубины 8–10, 16–18 и 23–25 см экспериментальным чизельным глубокорыхлителем удобрителем, агрегатированным с трактором «John Deere» (рисунок 4). Согласно карте-заданию, минимальная доза составила 9 кг/га, максимальная – 36 кг/га. Средняя доза внесения в физическом весе – 25 кг/га. По факту дифференцированно было внесено 2,5 тонн аммофоса. Для обеспечения оптимума содержания (среднее содержание фосфора на опытном поле 20,2 мг/кг) фосфора в 35 мг/кг при традиционной технологии необходимо было вносить 14,8 кг/га д.в. или 26,43 кг/га физ. веса, т.е. 2,64 тонны. Экономия фосфорных удобрений составила 0,14 тонны (5,3%) или 1,4 кг/га (406 тг/га при стоимости аммофоса 290 тг/кг).

Закключение

1. Определение режимных параметров экспериментального образца чизельного глубокорыхлителя удобрения показало, что грузоподъемность одного бункера составляет 1220–1350 кг, а общая грузоподъемность удобрения – 2430–2700 кг. Средняя скорость движения удобрения в агрегате с трактором John Deere 8R 340 составила 7,9 км/ч.

2. Определением показателей качества выполнения технологического процесса удобрения установлено, что экспериментальный удобритель имеет пропускную способность в пределах от 0,032 до 0,274 кг/с и обеспечивает дифференциацию доз от 0 до 495 кг/га. Нестабильность дозы внесения удобрения составила 3,1%.

3. В результате определения зависимостей неравномерности высева по ширине от дозы внесения гранулированных удобрений в полевых условиях установлено, что при повышении дозы внесения от 50 до 250 кг/га неравномерность плавно снижается и при дозах внесения 200–250 кг/га стабилизируется в пределах 3,5–4,1%.

4. Наклонные рабочие органы экспериментального удобрения обеспечивали обработку почвы на глубине до 30 см и трёхъярусное размещение удобрений на заданных глубинах 8–10, 16–18, 23–25 см. Во время работы машины засорения распределителей рабочих органов удобрением, почвой и растительными остатками не наблюдалось, отказов по технологическим причинам не зафиксировано. Отклонения фактической глубины заделки удобрений от заданной по всем трем глубинам варьировали в пределах 0,3–2,2 см. Неравномерность распределения удобрений между двумя отводами распределителя не превышает 3,4%. Средняя глубина обработки почвы при заданной 30 см составила 32,6 см, что связано с тем, что опыты были проведены при обработке парового поля вторым следом. При максимальной дозе удобрений средняя ширина лент удобрений составила 3,38 см. Отклонение средней ширины ленты от заданной не превышала 0,19 см.

5. Производственная проверка глубокорыхлителя удобрения на опытном поле при дифференцированном внесении аммофоса на площади 100 га показала ее работоспособность. Согласно карте-заданию, минимальная доза составила 9 кг/га, максимальная – 36 кг/га. Средняя доза внесения в физическом весе – 25 кг/га. По факту дифференцированно было внесено 2,5 тонн аммофоса. Экономия фосфорных удобрений составила 0,14 тонны или 1,4 кг/га (406 т/га при стоимости аммофоса 290 т/кг).

Информация о финансировании. Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP19674514).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ma, Z., Shi, Y., Yu, Z., Zhang, Y., Zhang, Z. **Precision micro-sprinkling fertigation enhances wheat yield and reduces reactive nitrogen losses under varying soil fertility.** [Text] / Z. Ma, Y. Shi, Z. Yu, Y. Zhang, Z. Zhang // *Field Crops Research*. – 2025. – Vol. 336. – P.110233. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2025.110233>.
2. Dossouhoui, G.A., Yemadje, P.L., Berre, D., Diogo, R.V.C., Tiftonell, P. **Understanding farm-level diversity to guide soil fertility management in West African cotton systems: Evidence from Benin.** [Text] / G.A. Dossouhoui, P.L. Yemadje, D. Berre, R.V. Diogo, P. Tiftonell // *Agriculture Ecosystems & Environment*, – 2025. – Vol. 392. – P.109749. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2025.109749>.
3. Wu, X., Zhang, L., Fan, Q., Wang, X., Deng, A., Xie, Y., Su, B. **A regional comprehensive soil quality evaluation method for orchard green agricultural development: Integrating soil fertility and environmental indicators in Hainan, China.** [Text] / X. Wu, L. Zhang, Q. Fan, X. Wang, A. Deng, Y. Xie, B. Su // *Italian Journal of Agronomy*. – 2025. – Vol. 20(3) – P.100042. <https://doi.org/10.1016/j.ijagro.2025.100042>.
4. Barlóg, P. **Improving Fertilizer Use Efficiency—Methods and Strategies for the Future.** [Text] / P. Barlóg // *Plants*. – 2023. – Vol. 12(20), – P.3658. <https://doi.org/10.3390/plants12203658>.
5. Якушев В.П., Якушев В.В., Якушева Л.Н., Буре В.М. **Электронная карта урожайности как информационная основа прецизионного внесения удобрений** [Текст] / В.П. Якушев, В.В. Якушев, Л.Н. Якушева, В.М. Буре // *Земледелие*. – 2009. – Вып. 3. – С. 16-19. <http://jurzemledelie.ru/arkhiv-nomerov/3-2009/106-elektronnaya-karta-urozhajnosti-kak-informatsionnaya-osnova-pretsizionnogo-vneseniya-udobrenij>.
6. Матвеев Д.А., Якушев В.В., Канаш Е.В., Петрушин А.Ф. **Методические подходы к проведению дифференцированных азотных подкормок с использованием тестовых площадок** [Текст] / Д.А. Матвеев, В.В. Якушев, Е.В. Канаш, А.Ф. Петрушин // *Агрохимический вестник*. – 2017. – Вып. 1. – С. 19-24. <https://agrochemv.ru/ru/nomer/2017/1>.
7. Michels M., Mußhoff O. **Exploring barriers to map-based variable-rate nitrogen fertilization adoption: A COM-B framework analysis of German farmers** [Text] / M. Michels, O. Mußhoff // *Environmental Research Communications*. – 2025. – Vol. 7. No. 12. – P. 121004. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2515-7620/ae256e/pdf>.
8. Sherstobitov, S. **The results of the differential mineral fertilization in the automatic mode according to the task map.** [Text] / S. Sherstobitov // *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*. – 2019. – Vol.537(6), – P. 062011. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/537/6/062011>.
9. Li, C., Chen, G., Zeng, G., Ye, J. **The study of soil fertility spatial variation feature based on GIS and data mining.** [Text] / C. Li, G. Chen, G. Zeng, J. Ye // *Computer and Computing Technologies in Agriculture VI. CCTA 2012. In IFIP advances in information and communication technology*. – 2013. – Vol.393, – P. 211–220. https://doi.org/10.1007/978-3-642-36137-1_26.
10. Нукушев С.О., Рамазанова Р.Х., Есхожин Д.З., Ахметов Е.С., Романюк Н.Н., Шежау К. **Обоснование конструктивно-технологической схемы технического средства для ярусного внесения минеральных удобрений.** [Текст] / С.О. Нукушев, Р.Х. Рамазанова, Д.З. Есхожин, Е.С. Ахметов, Н.Н. Романюк, К. Шежау // *Ғылым және білім*. – 2024. Том 2, №3-2 (76). – С.170-180. DOI 10.52578/2305-9397-2024-3-2-170-180.
11. Nukeshev S., Tanbayev K., Ramaniuk M., Kakabayev N., Sugirbay A., Moldazhanov A. **Spray Angle and Uniformity of the Flat Fan Nozzle of Deep Loosener Fertilizer for Intra-Soil Application of Fertilizers** [Text] / S. Nukeshev, K. Tanbayev, M. Ramaniuk, N. Kakabayev, A. Sugirbay, A. Moldazhanov // *AgriEngineering* 2024, 6, 1365–1394. <https://doi.org/10.3390/agriengineering6020079>.
12. Nukeshev S., Sugirbay A., Dulatbay Y., Tanbaev K., Yeskhozhin K., Chen J., Nazarbayev Y., Sugirbaeva Z. **Offset Straight-Tooth Roller Development Using the Discrete Element Method for**

Applying Granular Mineral Fertilizer [Text] / Nukeshev S., Sugirbay A., Dulatbay Y., Tanbaev K., Yeskhozhin K., Chen J., Nazarbayev Y., Sugirbaeva Z. // *International Journal of Technology*. – 2024. Vol.15(6), – P.2060-2073. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v15i6.7311>.

13. **Nukeshev S., Yeskhozhin K., Akhmetov Y., Gorbunov B., Kossatbekova D., Tanbayev K., Sugirbay A., Tleumbetov K. Justification of the Crank Tedder Parameters for Mineral Fertilizers** [Text] / S. Nukeshev, K. Yeskhozhin, Y. Akhmetov, B. Gorbunov, D. Kossatbekova, K. Tanbayev, A. Sugirbay, K. Tleumbetov // *AgriEngineering*. – 2025, Vol.7, – P. 239. 10.3390/agriengineering7070239.

14. **Nukeshev S., Ramaniuk M., Akhmetov Y., Eskhozhin K., Tanbayev K., Sugirbay A., Kadylet S. Substantiation of Distributor Parameters for Tiered Application of Mineral Fertilizer** [Text] / S. Nukeshev, M. Ramaniuk, Y. Akhmetov, K. Eskhozhin, K. Tanbayev, A. Sugirbay, S. Kadylet // *International Journal of Technology*, – 2025. – Vol. 16, no. 4. – P. 1190-1208. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v16i4.7648>.

15. **Высевающее устройство** [Текст]: пат. 37346 РК. (№2024/0266.1) / КАТИУ им. С.Сейфуллина; опубл. 30.05.2025, бюл. №22 – 6 с.: ил.

16. **Туковысевающее устройство глубокорыхлителя-удобрителя** [Текст]: пат. 37138 РК. (№2023/0876.1) / КАТИУ им.С.Сейфуллина; опубл. 14.02.2025, бюл. №7 – 6 с.: ил.

REFERENCES:

1. **Ma Z., Shi Y., Yu Z., Zhang Y., Zhang Z. Precision micro-sprinkling fertigation enhances wheat yield and reduces reactive nitrogen losses under varying soil fertility.** *Field Crops Research*, 2025, vol. 336, art. 110233. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2025.110233>.

2. **Dossouhoui G.A., Yemadje P.L., Berre D., Diogo R.V.C., Tittonell P. Understanding farm-level diversity to guide soil fertility management in West African cotton systems: Evidence from Benin.** *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2025, vol. 392, art. 109749. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2025.109749>.

3. **Wu X., Zhang L., Fan Q., et al. A regional comprehensive soil quality evaluation method for orchard green agricultural development: Integrating soil fertility and environmental indicators in Hainan, China.** *Italian Journal of Agronomy*, 2025, vol. 20. no. 3, art. 100042. <https://doi.org/10.1016/j.ijagro.2025.100042>.

4. **Barlóg P. Improving Fertilizer Use Efficiency—Methods and Strategies for the Future.** *Plants*, 2023, vol. 12, no. 20, art. 3658. <https://doi.org/10.3390/plants12203658>.

5. **Yakushev V.P., Yakushev V.V., Yakusheva L.N., Bure V.M. E'lektronnaya karta urozhajnosti kak informacionnaya osnova precizionnogo vneseniya udobrenij** [Electronic map of yield as informational basis of precision applying of fertilizers]. *Zemledelie*, 2009, vol. 3, pp. 16-19. (In Russian). <http://jurzemledelie.ru/arkhiv-nomerov/3-2009/106-elektronnaya-karta-urozhajnosti-kak-informatsionnaya-osnova-precizionnogo-vneseniya-udobrenij> (accessed 15 January 2026). (In Russian)

6. **Matveenkov D.A., Yakushev V.V., Kanash E.V., Petrushin A.F. Metodicheskie podhody' k provedeniyu differencirovanny'h azotny'h podkormok s ispol'zovaniem testovy'h ploshhadok** [Methodical approaches for the differentiation of nitrogen topdressings using test sites]. *Agrohimicheskij vestnik*, 2017, vol. 1. pp. 19-24. <https://agrochemv.ru/ru/nomer/2017/1> (accessed 27 January 2026). (In Russian)

7. **Michels M., Mußhoff O. Exploring barriers to map-based variable-rate nitrogen fertilization adoption: A COM-B framework analysis of German farmers.** *Environmental Research Communications*, 2025, vol. 7. no. 12, art. 121004. DOI: 10.1088/2515-7620/ae256e.

8. **Sherstobitov S. The results of the differential mineral fertilization in the automatic mode according to the task map.** *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, 2019, vol. 537. no. 6, p. 062011. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/537/6/062011>.

9. **Li C., Chen G., Zeng G., Ye J. The study of soil fertility spatial variation feature based on GIS and data mining.** *Computer and Computing Technologies in Agriculture VI. CCTA 2012. In IFIP advances in information and communication technology*, 2013, vol. 393, pp. 211–220. https://doi.org/10.1007/978-3-642-36137-1_26.

10. **Nukeshev S.O., Ramazanova R.H., Eshozhin D.Z., Ahmetov E.S., Romanyuk N.N., Shezhau K. Obosnovanie konstruktivno-tehnologicheskoy shemy' tehnikeskogo sredstva dlya yarusnogo vneseniya mineral'ny'h udobrenij** [Substantiation of the design and technological scheme of the technical means for the longline application of mineral fertilizers]. *Gylym zhane bilim*, 2024, no. 3-2, vol. 76, pp. 170-180. DOI: 10.52578/2305-9397-2024-3-2-170-180. (In Russian)

11. **Nukeshev S., Tanbayev K., Ramaniuk M., Kakabayev N., Sugirbay A., Moldazhanov A. Spray Angle and Uniformity of the Flat Fan Nozzle of Deep Loosener Fertilizer for Intra-Soil Application of Fertilizers.** *AgriEngineering*, 2024, vol. 6, pp. 1365–1394. <https://doi.org/10.3390/agriengineering6020079>.

12. **Nukeshev S., Sugirbay A., Dulatbay Y., Tanbaev K., Yeskhozhin K., Chen J., Nazarbayev Y., Sugirbaeva Z. Offset Straight-Tooth Roller Development Using the Discrete Element Method for Applying Granular Mineral Fertilizer.** *International Journal of Technology*, 2024, vol.15. no. 6, pp. 2060-2073. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v15i6.7311>.

13. Nukeshev S., Yeskhozhin K., Akhmetov Y., Gorbunov B., Kossatbekova D., Tanbayev K., Sugirbay A., Tleumbetov K. Justification of the Crank Tedder Parameters for Mineral. *AgriEngineering*, 2025, vol.7, art. 239. DOI: 10.3390/agriengineering7070239.

14. Nukeshev S., Ramaniuk M., Akhmetov Y., Eskhozhin K., Tanbayev K., Sugirbay A., Kadylet S. Substantiation of Distributor Parameters for Tiered Application of Mineral Fertilizer. *International Journal of Technology*, 2025, vol. 16, no. 4, pp. 1190-1208. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v16i4.7648>.

15. Vy'sevayushhee ustrojstvo [Seeding unit]. Patent RK, no. 37346. 2025. (In Russian)

16. Tukovy'sevayushhee ustrojstvo glubokory'hilitelya-udobritelya [Fertilizer unit of the subsoiler-fertilizer]. Patent RK, no. 37138, 2025. (In Russian)

Сведения об авторах:

Нукешев Саяхат Оразович – доктор технических наук, профессор института инжиниринга и пищевых технологий, НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», Республика Казахстан, 010011, г. Астана, пр. Жениса, 62, тел.: 87015129791, e-mail: s.nukeshev@kazatu.edu.kz.

Танбаев Хожакелди Кувандикович* – доктор PhD, и.о. ассоциированного профессора кафедры инженерных технологий и транспорта, НАО «Кокшетауский университет имени Ш. Уалиханова», Республика Казахстан, 020000, г. Кокшетау, ул. Абая, 76. тел.: 87071905101, e-mail: khozhakeldi@shokan.edu.kz.

Шежау Кадылет – докторант по образовательной программе «Механика и металлообработка», институт инжиниринга и пищевых технологий, НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», Республика Казахстан, 010011, г. Астана, пр. Жениса, 62, тел.: 87075866684, e-mail: k.shezhau@kazatu.edu.kz.

Назарбаев Ерасыл Ерболатұлы – докторант по образовательной программе «Агроинженерия», институт инжиниринга и пищевых технологий, НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», Республика Казахстан, 010011, г. Астана, пр. Жениса, 62, тел.: 87753134492, e-mail: D75599@kazatu.edu.kz.

Нукешев Саяхат Оразович – техника ғылымдарының докторы, Инжиниринг және азық-түлік технологиясы институтының профессоры, «С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 010011, Астана қ., Жеңіс даңғ. 62. тел.: 87015129791, e-mail: s.nukeshev@kazatu.edu.kz.

Танбаев Хожакелди Кувандикович* – PhD докторы, инженерлік технологиялар және көлік кафедрасының қауымдастырылған профессоры м.а., «Ш.Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 020000, Көкшетау қ., Абай көш, 76. тел.: 87071905101, e-mail: khozhakeldi@shokan.edu.kz.

Шежау Кадылет – «Механика және металл өңдеу» білім беру бағдарламасы бойынша докторант, Инжиниринг және азық-түлік технологиясы институты, «С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 010011, Астана қ., Жеңіс даңғ. 62. тел.: 87075866684, e-mail: k.shezhau@kazatu.edu.kz.

Назарбаев Ерасыл Ерболатұлы – «Агроинженерия» білім беру бағдарламасы бойынша докторант, Инжиниринг және азық-түлік технологиясы институты, «С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 010011, Астана қ., Жеңіс даңғ. 62. тел.: 87753134492. e-mail: D75599@kazatu.edu.kz.

Nukeshev Sayakhat Orazovich – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Institute of Engineering and Food Technology, S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University NCJSC, Republic of Kazakhstan, 010011, Astana, 62 Zhenis Ave., tel.: 87015129791, e-mail: s.nukeshev@kazatu.edu.kz.

Tanbayev Khozhakeldi Kuvandikovich* – PhD, Associate Professor of the Department of engineering technology and transport, Sh.Ualikhanov Kokshetau University NLC, Republic of Kazakhstan, 020000, Kokshetau, 76 Abai Str., tel.: 87071905101, e-mail: khozhakeldi@shokan.edu.kz.

Shezhau Kadylet – PhD student of the “Mechanics and metalworking” educational program, S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University NCJSC, Republic of Kazakhstan, 010011, Astana, 62 Zhenis Ave., tel.: 87075866684. e-mail: k.shezhau@kazatu.edu.kz.

Nazarbayev Yerassyl Yerbolatuly – PhD student of the “Agroengineering” educational program, S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University NCJSC, Republic of Kazakhstan, 010011, Astana, 62 Zhenis Ave., tel.: 87075866684, e-mail: D75599@kazatu.edu.kz.