УДК 631.171

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (сельскохозяйственные науки)

ОПТИМИЗАЦИЯ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ПОЧВУ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕЁ ПЛОДОРОДИЯ

Щитов Сергей Васильевич
Д.т.н., профессор
РИНЦ SPIN-код: 4944 -6871
email: shitov.sv1955@mail.ru
Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Кривуца Зоя Фёдоровна
Д.т.н., профессор
РИНЦ SPIN-код: 6124 -5403
email: zfk20091@mail.ru
Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Поликутина Елена Сергеевна
Кандидат технических наук
РИНЦ SPIN-код: 5782 -6936
email: e.polikytina@mail.ru
Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Воякин Сергей Николаевич
Д.т.н., доцент
РИНЦ SPIN-код: 7715-5962
email: vsn177@yandex.ru
Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Сенников Вячеслав Анатольевич
Кандидат технических наук
РИНЦ SPIN-код: 5904-6790
email: sennikovva@mail.ru
Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Щитова Виктория Андреевна
Обучающаяся
email: vikasitova14@gmail.com
Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Основным залогом будущего урожая является плодородие почвы. В общем случае плодородие

UDC 631.171

4.3.1. Technologies, machines and equipment for the agro-industrial complex (agricultural sciences)

OPTIMIZATION OF APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS TO THE SOIL DEPENDING ON ITS FERTILITY

Shchitov Sergey Vasilyevich
Dr.Sci.Tech., professor
RSCI SPIN-code: 4944-6871
email: shitov.sv1955@mail.ru
Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnicheskaya 86

Krivutsa Zoya Fedorovna
Dr.Sci.Tech., professor
RSCI SPIN-code: 6124-5403
email: zfk20091@mail.ru
Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnicheskaya 86

Polikutina Elena Sergeevna
Candidate of Technical Sciences
RSCI SPIN-code: 5782-6936
email: e.polikytina@mail.ru
Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnicheskaya 86

Voyakin Sergey Nikolaevich
Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor
RSCI SPIN-code: 7715-5962
email: vsn177@yandex.ru
Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnicheskaya 86

Sennikov Vyacheslav Anatolyevich
Candidate of Technical Sciences
RSCI SPIN- code: 5904-6790
email: sennikovva@mail.ru
Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnicheskaya 86

Shchitova Victoria Andreevna
Studying
email: vikasitova14@gmail.com
Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnicheskaya 86

Soil fertility is the key to a future harvest. Generally, soil fertility depends on a number of key factors: -

почвы зависит от ряда основных показателей: - содержание гумуса; - кислотность; - влажность; - воздухопроницательность; - питательность; - бактерии; - грибы. При этом необходимо отметить, что все вышеперечисленные показатели взаимосвязаны и изменение любого из них коренным образом сказывается на общем плодородии почвы. В связи с этим для поддержания и улучшения плодородия почвы необходимо постоянно проводить комплекс мероприятий: - внесение минеральных удобрений; - соблюдение севооборота; - защита от эрозии; - поддержание биологической активности. Как видно из вышеобозначенных мероприятий, направленных на улучшение плодородия почвы, одним из основных является внесение минеральных удобрений, необходимых для получения хорошего урожая. Внесение минеральных удобрений направлено на решение следующих задач: - улучшение роста зелёной массы возделываемой культуры; - улучшение фотосинтеза; - укрепление корневой системы; - ускорение цветения и плодоношения; - регулирование водного обмена; - улучшение устойчивости к засухе и болезням. При этом необходимо отметить тот факт, что плодородие почвы со временем не только снижается, но и не одинаково на отдельных участках поля. В связи с этим в последнее время нашло широкое применение использование комплексных минеральных удобрений, которые содержат в своем составе два и более питательных элементов в сбалансированном соотношении, что позволяет обеспечить растения сразу несколькими веществами, что, в свою очередь, снижает трудоёмкость внесения удобрений и повышает эффективность данного процесса. Кроме основных макроэлементов, таких как азот, фосфор и калий, в состав комплексных минеральных удобрений, как правило, входят и микроэлементы, среди них: магний, железо, бор, цинк, марганец, медь, молибден. При всех плюсах применения есть и один существенный недостаток — риск передозировки макроэлементами на отдельных участках поля. Одним из способов устранения данной проблемы является автоматическая регулировка нормы внесения минеральных удобрений в почву в зависимости от её плодородия. В связи с вышеизложенным в представленной статье рассматривается вопрос оптимизации внесения минеральных удобрений в зависимости от плодородия почвы. Представленное техническое решение позволяет дифференцированно вносить минеральные удобрения, что позволит поддерживать одинаковое плодородие почвы на всех участках поля

Ключевые слова: СЕЯЛКА, ПЛОДОРОДИЕ, ПОЧВА, НОРМА ВНЕСЕНИЯ, МИНЕРАЛЬНОЕ УДОБРЕНИЕ

humus content; - acidity; - moisture; - air permeability; - nutritional value; - bacteria; - fungi. It should be noted that all of the above factors are interconnected, and changes in any one of them have a dramatic impact on overall soil fertility. Therefore, to maintain and improve soil fertility, it is necessary to constantly implement a range of measures: - application of mineral fertilizers; - crop rotation; - erosion protection; - maintaining biological activity. As can be seen from the above, one of the most important measures aimed at improving soil fertility is the application of mineral fertilizers, which are necessary for a good harvest. The application of mineral fertilizers is aimed at achieving the following objectives: - improving the growth of green mass in cultivated crops; - enhancing photosynthesis; - strengthening the root system; - accelerating flowering and fruiting; - regulating water exchange; - improving drought and disease resistance. It is important to note that soil fertility not only declines over time but also varies across different parts of a field. Therefore, the use of complex mineral fertilizers has recently become widespread. These fertilizers contain two or more nutrients in a balanced ratio, providing plants with several nutrients simultaneously, which, in turn, reduces the labor intensity of fertilizer application and increases the efficiency of the process. In addition to essential macronutrients such as nitrogen, phosphorus, and potassium, complex mineral fertilizers typically also contain micronutrients, including magnesium, iron, boron, zinc, manganese, copper, and molybdenum. Despite all the advantages of using mineral fertilizers, there is one significant drawback: the risk of overdosing on macronutrients in certain areas of the field. One way to address this problem is to automatically adjust the rate of mineral fertilizer application to the soil based on its fertility. Therefore, this article examines the optimization of mineral fertilizer application based on soil fertility. The presented technical solution allows for the differentiated application of mineral fertilizers, which will help maintain uniform soil fertility in all areas of the field

Keywords: SEEDER, FERTILITY, SOIL, APPLICATION RATE, MINERAL FERTILIZER

http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-222-013

Введение.

Плодородие почвы является одним из основных гарантов получения высокого урожая возделываемых сельскохозяйственных культур. На состояние плодородия почвы оказывает влияние множество всевозможных факторов, приведенных на рисунке 1.

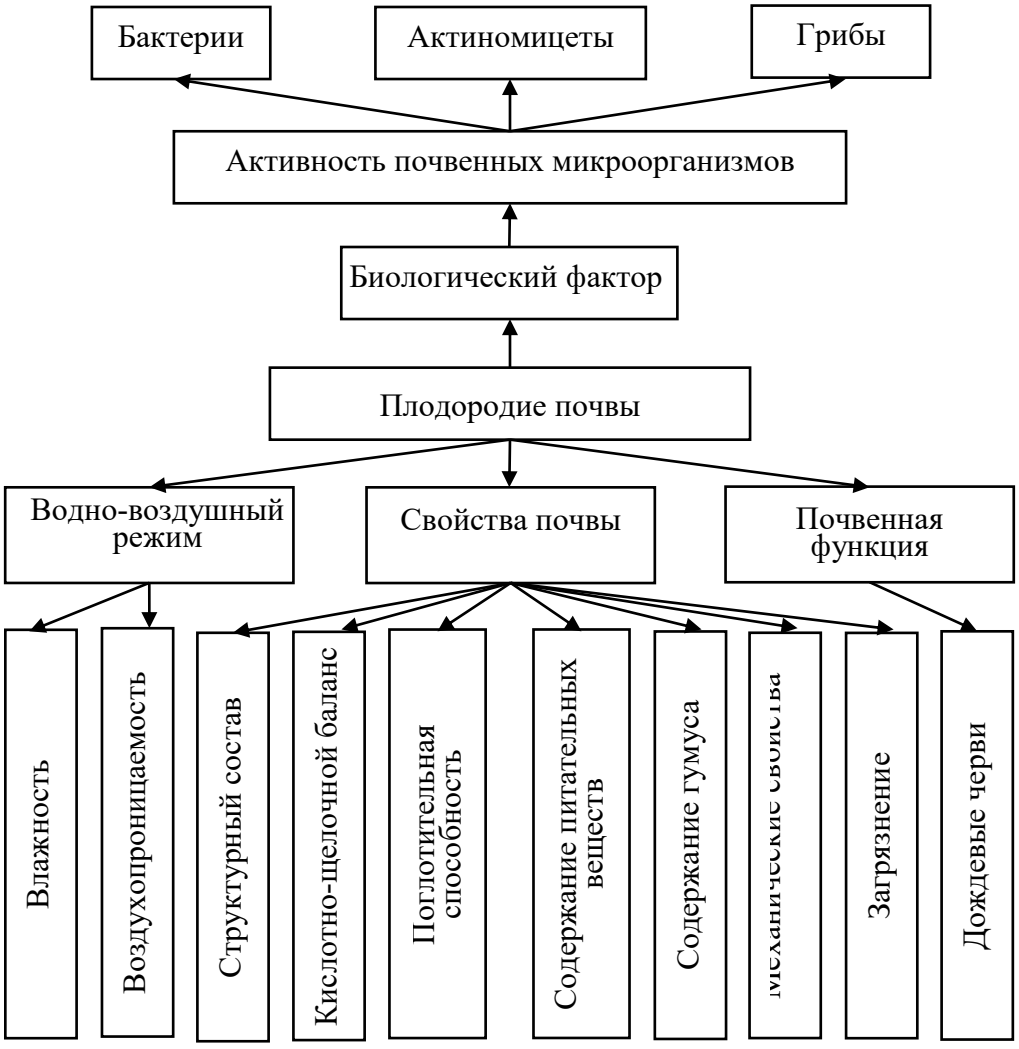


Рисунок 1– Плодородие почвы

Как видно из рисунка 1, плодородие почвы зависит от множества факторов, которые в конечном итоге связаны между собой. При этом

необходимо отметить, что все вышеприведенные факторы (рисунок 1) взаимосвязаны и напрямую определяют плодородие почвы [1, 2, 3]. Нарушение вышеуказанного баланса влечёт за собой снижение плодородия почвы. Для поддержания и улучшения плодородия почвы необходимо постоянно проводить комплекс мероприятий, в числе которых можно отметить наиболее доступные:

- внесение минеральных удобрений;
- соблюдение севооборота;
- защита от эрозии.

Одним из основных способов поддержания и улучшения состояния плодородия почвы является своевременное внесение минеральных удобрений в зависимости от нехватки тех или иных макро- или микроэлементов. При этом немаловажная роль отводится и вопросу оптимизации внесения минеральных удобрений в зависимости от плодородия не только всего поля, но и отдельно взятых участков. Особенно это важно тем хозяйствам, которые занимаются производством семенного материала [4, 5, 6, 7].

На основании вышеизложенного представляет определённый интерес вопрос оптимизации внесения минеральных удобрений для отдельных участков поля в зависимости от состояния плодородия почвы. Следует отметить, что количество внесенного удобрения в конечном итоге влияет на себестоимость производимого сельскохозяйственного продукта (возделываемой культуры) [8, 9, 10, 11].

Материалы и методы.

Цель исследований – повышение плодородия почвы за счёт оптимизации нормы внесения минеральных удобрений селекционной сеялкой «СС-11».

Задачи исследований:

- разработать аппаратно-программный комплекс автоматического управления внесением удобрений для селекционной сеялки «СС-11» на базе микропроцессорной техники с учётом плодородия почвы;

– выявить влияние оптимальной нормы внесения минеральных удобрений селекционной сеялкой «СС-11» на величину овеществленных затрат энергии.

Объект исследования: технологический процесс дифференцированного внесения удобрений селекционной сеялкой «СС-11» с учётом плодородия почвы.

Исследования проводились на базе отдела семеноводства ФГБОУ ВО «Дальневосточный ГАУ» с использованием машинно-тракторного агрегата, состоящего из трактора и модернизированной селекционной сеялки «СС-11» (рисунки 2, 3).

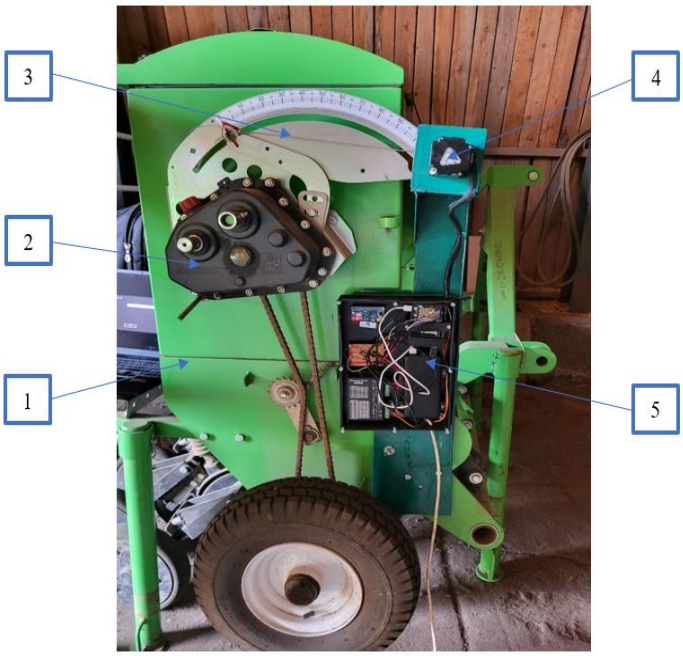


Рисунок 2 – Общий вид селекционной сеялки «СС-11» с аппаратно-программным комплексом автоматического управления вариатором нормы внесения удобрения

1– сеялка; 2 – вариатор нормы внесения минерального удобрения; 3 – тросовое соединение; 4 – шаговый двигатель; 5 – блок управления шаговым двигателем



Рисунок 3 – Общий вид машинно-тракторного агрегата, состоящего из трактора и модернизированной селекционной сеялки «СС-11»

1– сеялка «СС-11»; 2 – энергетическое средство (трактор)

Исследования проводились на поле, для которого была взята готовая карта с учетом плодородия отдельных его участков. Исследования проводились на поле, для которого была взята готовая карта с учетом плодородия отдельных его участков. Карта поля составлялась специалистами по следующему алгоритму:

-использование многолетних спутниковых снимков высокого разрешения при этом учитывалась точная дата для оценки вегетации растений;

- следующий этап включал в себя точную привязку к реальной системе координат с использованием уже известных контрольных точек и дальнейшей обрисовкой границы поля ;

- на следующем этапе накладывали вегетационный индекс NDVI (нормализованный индекс растительности);

- проведение выборочной проверки агрономом проблемных участков.

Количество вносимого минерального удобрения селекционной сеялкой «СС-11» регулируется вариатором (рисунок 4), который фиксируется на определенную норму внесения удобрения, постоянную для всего поля. Для оптимизации нормы внесения минерального удобрения в зависимости от плодородия почвы была проведена модернизация селекционной сеялки «СС-11» за счет автоматического регулирования количества вносимого удобрения с использованием разработанного аппаратно-программного комплекса управления механическим вариатором.

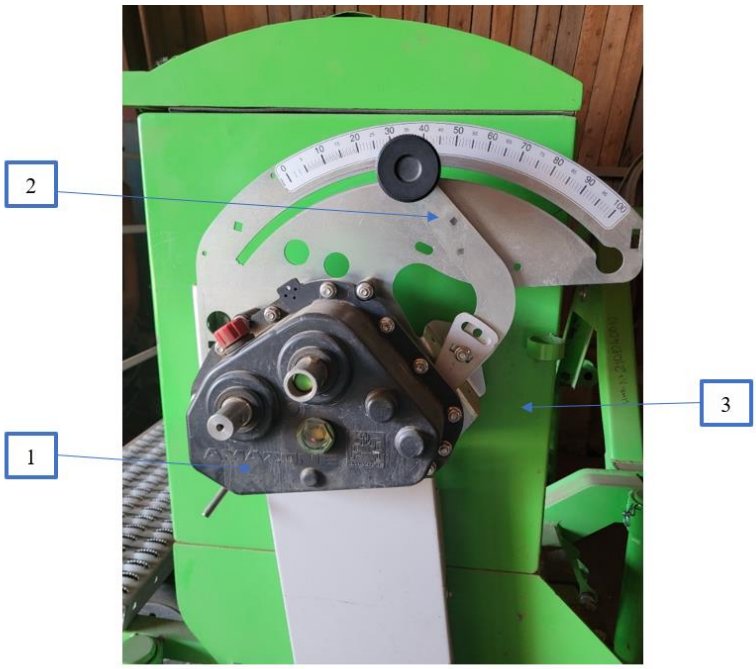


Рисунок 4 – Вариатор нормы внесения минерального удобрения селекционной сеялки «СС-11»
1– вариатор; 2 – ручка рычага вариатора; 3– сеялка «СС-11»

На предлагаемую модернизированную селекционную сеялку «СС-11» получен патент РФ [12].

Разработанный аппаратно-программный комплекс автоматизированного управления механическим вариатором сеялки СС-11 включает в себя одноплатный компьютер Raspberry Pi 5, навигационный модуль L76K, промышленный драйвер шагового двигателя DM556, схему согласования логических уровней на транзисторах 2N2222 и алгоритмическое обеспечение на языке Python.

Энергетическая эффективность производства сельскохозяйственной продукции в общем случае определяется по выражению [13]

$$R = \frac{a_n \cdot H_y}{E}, \quad (1)$$

где a_n – энергетический эквивалент производимой продукции, МДж/т; H_y – урожайность основной продукции, т/га; Е – энергия затраченная на производство возделываемой культуры, МДж/га.

Анализ выражения (1) показывает, что величина энергетической эффективности производства сельскохозяйственной продукции напрямую зависит от величины энергии, затраченной на её производство. Одним из показателей величины энергии, затраченной на производство возделываемой сельскохозяйственной культуры, являются овеществлённые затраты энергии (минеральные удобрения), которые переносятся полностью на получаемый продукт. Величина овеществленной энергии, перенесённой на конечный продукт,

определяется исходя из нормы внесения минеральных удобрений и срока их действия [13]

$$E_o = \frac{a_o \cdot H_o}{T_o}, \quad (2)$$

где E_o – овеществлённая энергия МДж/га·год, a_o – энергетический эквивалент (минерального удобрения), МДж/кг; H_o – норма внесения минерального удобрения на единицу площади, кг/га; T_o – срок действия минеральных удобрения, год.

Таким образом, анализируя вышеприведённое выражение (2), необходимо отметить, что снижение величины овеществлённой энергии, перенесённой на конечный продукт, можно достичь за счёт оптимизации нормы внесения удобрений с учётом плодородия почвы на отдельных участках поля.

Результаты и обсуждение

Экспериментальные исследования проводились на поле, для которого предварительно была составлена карта, на которой отмечены участки с указанием уровня их плодородия:

- низкая продуктивность;
- средняя продуктивность;
- высокая продуктивность.

На основании этого составлена таблица, в которой указаны рекомендованная и фактическая нормы внесения комплексных минеральных удобрений (таблица 1).

Таблица 1– Норма внесения минерального удобрения (комплексного) в зависимости от плодородия

Уровень продуктивности почвы	Единица измерений	Норма внесения (рекомендуемая /фактическая)
Низкая продуктивность почвы	кг/га	250-300/270 ± 6,6
Средняя продуктивность почвы	кг/га	200-250/230 ±5,3
Высокая продуктивность почвы	кг/га	150-200/160± 7,1

При внесении минеральных удобрений селекционная сеялка «СС-11» настраивается на определённое количество вносимого удобрения в почву без учёта её плодородия (продуктивности). Это приводит к тому, что на отдельных участках поля наблюдается нехватка тех или иных макро- или микроэлементов, а на других — избыток. В связи с этим для снижения овеществлённых затрат необходимо корректировать норму внесения удобрений в зависимости от плодородия почвы и вида используемого удобрения (рисунок 5).

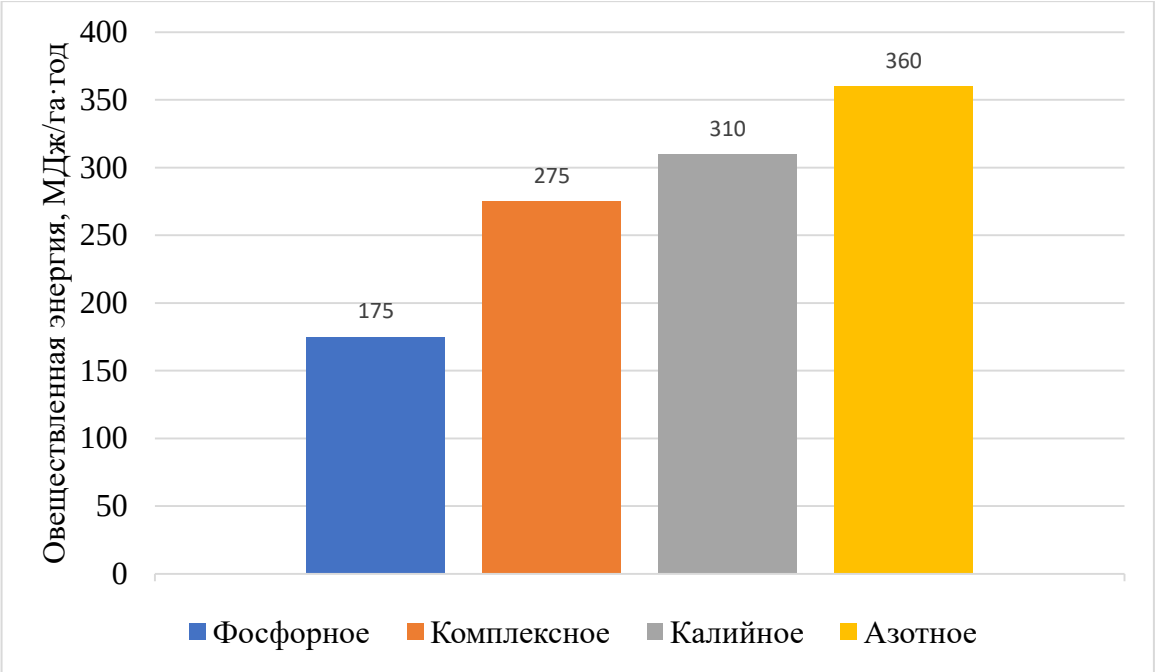


Рисунок 5– Снижение овеществлённых энергозатрат в зависимости от вида вносимого удобрения

Анализируя представленные результаты (рисунок 5), необходимо отметить, что дифференцированное внесение удобрений в зависимости от плодородия почвы позволит снизить величину овеществленной энергии от 150 МДж/га до 360 МДж/га в зависимости от вида вносимого минерального удобрения (энергетического эквивалента).

В результате производственной проверки установлено, что биологическая урожайность сои при дифференцированном внесении минерального удобрения в почву увеличилась со 118,3 грамм до 149,5 грамм с одного квадратного метра по сравнению обычным способом внесения удобрения.

В работах [5, 7, 11] отмечается, что уровень плодородия почвы является одним из главных факторов получения стабильного урожая. На основании проведенных исследований было установлено, что при использовании дифференцированного способа внесения минеральных удобрений достигнуто снижение затрат свыше 5500 руб./га.

Заключение.

Проведенные исследования показали:

- разработанный аппаратно-программный комплекс автоматизированного управления механическим вариатором сеялки СС-11 позволяет оптимизировать норму внесения минерального удобрения в почву в зависимости от её плодородия;

- проведенными исследованиями установлено, что использование аппаратно-программного комплекса автоматизированного управления механическим вариатором сеялки СС-11 позволяет снизить величину овеществленной энергии, перенесенной на конечный продукт, от 150 МДж до 360 МДж на один гектар в зависимости от вида вносимого минерального удобрения или в рублёвом эквиваленте от 3250 руб/га до 6130 руб/га.

Список использованной литературы

1. Марадудин А.М., Курыленко Д.Д. Анализ теоретических исследований тягового сопротивления сошников// Аграрный научный журнал. 2025. № 8. С. 131–139. DOI: 10.28983/asj.y2025i8pp131-139. EDN: PALLHV

2. Соколов Н.М. Влияние конструктивных и режимных параметров рабочих органов на энергетические показатели почвообрабатывающего орудия/ Н.М. Соколов, С.Б. Стрельцов, П.А. Покусаев // Аграрный научный журнал. 2024. – № 5. – С. 147–153. DOI: 10.28983/asj.y2024i5pp147-153. EDN: NGFITJ.

3. Раднаев Д.Н. Комплексная механизация сельскохозяйственного производства/Д.Н. Раднаев, З.Ю. Стрекаловская, А.И. Неустроева, А.В. Спиридонова // Научно-технический вестник Поволжья. *2023.* – № 6. – *С. 270-272. EDN:* LFYSDQ.

4. Щитов С.В. Результаты исследований по использованию комбинированного почвообрабатывающего агрегата в зоне «рискованного» земледелия/ С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца, Е.С. Поликутина, В.Г. Евдокимов, Р.О. Сурин// Пермский аграрный вестник. 2025. №1 (49). С. 13-23. *EDN:* BDCBUI

5. Беляев В.И. Перспективные агротехнологии производства зерна в Алтайском крае/ В.И. Беляев, Л.В. Соколова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. – № 4(162). – С. 5–12. *EDN:* XMZPZZ.

6. Щитов С.В. Повышение эффективности подготовки почвы к посевным работам в весенний период/ С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца, Е. С. Поликутина, Д.В. Ермаков, В.А. Щитова // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2026. № 215. *С. 169-183. DOI:* 10.21515/1990-4665-215-025 *EDN:* RKMFCH

7. Беляев В.И. Влияние основной обработки почвы на запасы почвенной влаги перед посевом яровых культур в различных агроклиматических условиях/ В.И. Беляев, В.Н.

Кузнецов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. *2025.* – № 1 (243). – С. 49–56. DOI: 10.53083/1996-4277-2025-243-1-49-56. *EDN:* AYPPZQ

8. Alfarog H. Albasheer Design and preliminary evaluation of a precision cylindrical air-assisted drill sowing device for rapeseed, wheat, and rice/ Alfarog H. Albasheer**,** Qingxi Liao, Lei Wang, Anas Dafaallah Abdallah, Jianxin Lin// *Agriculture* 2024, *14*(12), 2355; https://doi.org/10.3390/agriculture14122355

9. Chandel NS Indices for comparative performance evaluation of seed drills/ NS Chandel, D Jat, CR Mehta // AGRICULTURAL MECHANIZATION IN ASIA, AFRICA AND LATIN AMERICA: 2021–VOL.52 NO.3 – P 61-70

10. Поликутина Е.С. Повышение эффективности работы пахотного машинно-тракторного агрегата/ Е.С. Поликутина, Щитов С.В., Кривуца З.Ф., Щитова В.А.// Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. *2025.* № 3 (83). *С. 171-178. DOI:* 10.48012/1817-5457_2025_3_171-178. EDN: UBDEQA

11. Шишлов С.А. К вопросу деформационно-энергетической оценки состояния почвы при обработке /С.А. Шишлов, А.Н. Шишлов, Д.С. Шишлов// Дальневосточный аграрный вестник. 2024. – Т. 18. *№ 1*. – С. 99 –104. DOI: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-99-104. EDN IGBPEL

12. Пат. № 236232 U1 Российская Федерация. Автоматический корректор-регулятор высевающего аппарата селекционной сеялки / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца и др.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» – № 2025112479*; заявл.* 14.05.2025; опубл. 26.08.2025, Бюл. № 17. –3с: ил. EDN: LSYQYR

13. Практическое применение методов оптимизации энергетических затрат при использовании средств механизации в АПК: учебное пособие/ Е.Е. Кузнецов, З.Ф. Кривуца, Е.С. Поликутина // Дальневост. гос. аграр. ун-т. – Благовещенск: Дальневосточный ГАУ, 2022. – 79 с.

References

1. Maradudin A.M., Kurylenko D.D. Analiz teoreticheskih issledovanij tyagovogo soprotivleniya soshnikov// Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2025. № 8. S. 131–139. DOI: 10.28983/asj.y2025i8pp131-139. EDN: PALLHV

2. Sokolov N.M. Vliyanie konstruktivnyh i rezhimnyh parametrov rabochih organov na energeticheskie pokazateli pochvoobrabatyvayushchego orudiya/ N.M. Sokolov, S.B. Strel'cov, P.A. Pokusaev // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2024. – № 5. – S. 147–153. DOI: 10.28983/asj.y2024i5pp147-153. EDN: NGFITJ.

3. Radnaev D.N. Kompleksnaya mekhanizaciya sel'skohozyajstvennogo proizvodstva/D.N. Radnaev, Z.YU. Strekalovskaya, A.I. Neustroeva, A.V. Spiridonova // Nauchno-tekhnicheskij vestnik Povolzh'ya. 2023. – № 6. – S. 270-272. EDN: LFYSDQ.

4. SHCHitov S.V. Rezul'taty issledovanij po ispol'zovaniyu kombinirovannogo pochvoobrabatyvayushchego agregata v zone «riskovannogo» zemledeliya/ S.V. SHCHitov, Z.F. Krivuca, E.S. Polikutina, V.G. Evdokimov, R.O. Surin// Permskij agrarnyj vestnik. 2025. №1 (49). S. 13-23. EDN: BDCBUI

5. Belyaev V.I. Perspektivnye agrotekhnologii proizvodstva zerna v Altajskom krae/ V.I. Belyaev, L.V. Sokolova // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. – № 4(162). – S. 5–12. EDN: XMZPZZ.

6. SHCHitov S.V. Povyshenie effektivnosti podgotovki pochvy k posevnym rabotam v vesennij period/ S.V. SHCHitov, Z.F. Krivuca, E. S. Polikutina, D.V. Ermakov, V.A. SHCHitova // Politematicheskij setevoj elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo

gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2026. № 215. S. 169-183. DOI: 10.21515/1990-4665-215-025 EDN: RKMFCH

7. Belyaev V.I. Vliyanie osnovnoj obrabotki pochvy na zapasy pochvennoj vlagi pered posevom yarovyh kul'tur v razlichnyh agroklimaticheskih usloviyah/ V.I. Belyaev, V.N. Kuznecov // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2025. –№ 1 (243). – S. 49–56. DOI: 10.53083/1996-4277-2025-243-1-49-56. EDN: AYPPZQ

8. Alfarog H. Albasheer Design and preliminary evaluation of a precision cylindrical air-assisted drill sowing device for rapeseed, wheat, and rice/ Alfarog H. Albasheer, Qingxi Liao, Lei Wang, Anas Dafaallah Abdallah, Jianxin Lin// Agriculture 2024, 14(12), 2355; https://doi.org/10.3390/agriculture14122355

9. Chandel NS Indices for comparative performance evaluation of seed drills/ NS Chandel, D Jat, CR Mehta // AGRICULTURAL MECHANIZATION IN ASIA, AFRICA AND LATIN AMERICA: 2021–VOL.52 NO.3 – R 61-70

10. Polikutina E.S. Povyshenie effektivnosti raboty pahotnogo mashinno-traktornogo agregata/ E.S. Polikutina, SHCHitov S.V., Krivuca Z.F., SHCHitova V.A.// Vestnik Izhevskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2025. № 3 (83). S. 171-178. DOI: 10.48012/1817-5457_2025_3_171-178. EDN: UBDEQA

11. SHishlov S.A. K voprosu deformacionno-energeticheskoj ocenki sostoyaniya pochvy pri obrabotke /S.A. SHishlov, A.N. SHishlov, D.S. SHishlov// Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. 2024. – T. 18. № 1. – S. 99 –104. DOI: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-99-104. EDN IGBPEL

12. Pat. № 236232 U1 Rossijskaya Federaciya. Avtomaticheskij korrektor-regulyator vysevayushchego apparata selekcionnoj seyalki / S.V. SHCHitov, Z.F. Krivuca i dr.; zayavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «DAL'NEVOSTOCHNYJ GOSUDARSTVENNYJ AGRARNYJ UNIVERSITET» – № 2025112479; zayavl. 14.05.2025; opubl. 26.08.2025, Byul. № 17. –3s: il. EDN: LSYQYR

13. Prakticheskoe primenenie metodov optimizacii energeticheskih zatrat pri ispol'zovanii sredstv mekhanizacii v APK: uchebnoe posobie/ E.E. Kuznecov, Z.F. Krivuca, E.S. Polikutina // Dal'nevost. gos. agrar. un-t. – Blagoveshchensk: Dal'nevostochnyj GAU, 2022. – 79 s.