

Научная статья

УДК 631.354:633.853

EDN USQHAO

DOI: 10.22450/19996837_2022_2_142

**Комбинированный агрегат для почвоуглубления,
разноуровневого внесения удобрений и посева сои**

**Виктор Владимирович Епифанцев¹, Яков Александрович Осипов²,
Юрий Александрович Вайтехович³**

¹ Дальневосточный государственный аграрный университет,
Амурская область, Благовещенск, Россия

² Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский
институт сои», Амурская область, Благовещенск, Россия

³ Высшая школа науки и технологий Университета Ниигата,
префектура Ниигата, Ниигата, Япония

¹ viktor.iepifantsiev.59@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты качества работы комбинированного почвообрабатывающего посевного агрегата адаптера КМФА-3,6 при посеве сои. Крупные сельскохозяйственные организации имеют широкие возможности для приобретения современной техники, удобрений и средств защиты растений, в то время как финансовые возможности многих крестьянских (фермерских) хозяйств ограничены. Один из путей решения проблемы – реконструкция и модернизация существующих технических средств механизации в соответствии с достижениями науки и практики. Полевой опыт проводили в 2019–2020 гг. в Амурской области, на опытном поле Дальневосточного научно-исследовательского института механизации и электрификации сельского хозяйства на типичной луговой черноземовидной почве. В 2019 г. во время активного роста растений сои погода была прохладнее и более влажная, чем в 2020 г. Изучено влияние рабочих органов КМФА-3,6 (глубины внесения удобрений, скорости движения агрегата, плотности почвы после прикатывания) на густоту стояния растений и урожайность сои. Принятые варианты глубины внесения удобрений: 80 мм (контроль), 100 и 120 мм. Используемые параметры скорости движения агрегата: 7 км/час (контроль), 6 и 9 км/ч. Плотность почвы после прикатывания катком составила: 1,06 г/см³ (контроль), 1,12 и 1,18 г/см³. Для исследований был выбран сорт сои амурской селекции Лазурная. Метод исследований – полевой опыт. Площадь учётных делянок 50 м², повторность трёхкратная. Выявлено, что увеличение скорости движения агрегата до 7,6 км/ч сначала снижает урожайность, после чего происходит её рост. Максимальная урожайность обеспечивается при значениях плотности почвы равной 1,12 г/см³ и глубины внесения удобрений – 104 мм. Для адаптера КМФА-3,6 рекомендованы следующие параметры работы: скорость движения агрегата – 7,63 км/ч; глубина внесения удобрений – 100 мм; плотность почвы после прикатывания – 1,1 г/см³. Агропромышленным формированиям области рекомендовано использовать комбинированный почвообрабатывающий и посевной агрегат адаптер КМФА-3,6 на полях с уплотнёнными, бесструктурными, переувлажняющимися почвами.

Ключевые слова: агрегат, почвоуглубитель, лапа, глубина внесения удобрений, посев, урожайность, соя, Амурская область

Для цитирования: Епифанцев В. В., Осипов Я. А., Вайтехович Ю. А. Комбинированный агрегат для почвоуглубления, разноуровневого внесения удобрений и посева сои // Дальневосточный аграрный вестник. 2022. Вып. 2 (62). С. 142–150. doi: 10.22450/19996837_2022_2_142.

Original article

Combined unit for pan busting, split fertilization application and soybean sowing**Viktor V. Epifantsev¹, Yakov A. Osipov², Yurii A. Vaitekhovich³**¹ Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia² Federal Scientific Center "All-Russian Scientific Research Institute of Soybean", Amur region, Blagoveshchensk, Russia³ Graduate School of Science and Technology, Niigata University, Niigata Prefecture, Niigata, Japan¹ viktor.iepifantsiev.59@mail.ru

Abstract. The article presents the results of the work quality of the combined soil-cultivating sowing machine adapter KMFA-3.6 when sowing soybean. Large agricultural organizations have ample opportunities to purchase modern equipment, fertilizers and plant protection products, while the financial capabilities of many peasant (farmer) households are limited. One of the ways to solve the problem is the reconstruction and modernization of existing technical means of mechanization in accordance with the achievements of science and practice. The field experiment was carried out in 2019–2020 in the Amur region on the experimental field of the Far Eastern Scientific Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture on a typical meadow chernozem-like soil. During the active growth of soybeans in 2019 the weather was cooler and wetter than in 2020. The influence of KMFA-3,6 working bodies was studied (fertilizer depth, unit speed, soil density after rolling) on the plant density and soybean yield. Fertilizer depth options are 80 mm (control), 100 and 120 mm. Unit speed parameters are 7 km/h (control), 6 and 9 km/h. Soil density after rolling with a roller is 1.06 g/cm³ (control), 1.12 and 1.18 g/cm³. The soybean variety of the Amur breeding Lazurnaya was chosen for the research. The research method is field experience. The area of the accounting plots is 50 m², repeated three times. It was revealed that an increase in the speed of the unit to 7.6 km/h reduces the yield, after which it grows. Maximum yield is achieved at soil density value of 1.12 g/cm³ and fertilizer depth value of 104 mm. The following operating parameters are recommended for the KMFA-3.6 adapter: unit speed – 7.63 km/h; fertilizer depth – 100 mm; soil density after rolling – 1.1 g/cm³. In the article, the farmers of the region are recommended to use the combined soil-cultivating and sowing unit adapter KMFA-3.6 in fields with compacted, structureless, waterlogged soils.

Keywords: unit, pan-breaker, shovel, fertilizer depth, sowing, yield, soybean, Amur region

For citation: Epifantsev V. V., Osipov Ya. A., Vaitekhovich Yu. A. Kombinirovannyj agregat dlya pochvougubleniya, raznourovneвого vneseniya udobrenij i poseva soi [Combined unit for pan busting, split fertilization application and soybean sowing]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin.* 2022; 2 (62): 142–150. (in Russ.). doi: 10.22450/19996837_2022_2_142.

Введение. Из-за активной человеческой деятельности масштабы загрязнения окружающей среды ксенобиотиками в последние годы возрастают. Высокая химическая нагрузка на земельные угодья и снижение плодородия почвы сказываются на качестве продуктов питания. Во многих развитых зарубежных странах в последнее время наблюдается рост производства и потребления экологически безопасных продуктов питания. Правительство этих стран активно стимулирует экологическое производство.

В соответствии с Федеральной научно-технической программой развития

АПК до 2025 г., Министерством сельского хозяйства РФ планируется ввести в оборот 4 млн. га пашни и увеличить объём производства зерна на 1 млн. тонн, масличных культур – на 0,2 млн. тонн.

Проект программы ускоренного развития АПК Амурской области до 2024 г. предполагает комплекс мер по развитию производства, переработки и увеличению экспорта сои. В последние годы в области отмечается стабильный рост посевных площадей под соей. По данным Министерства сельского хозяйства Амурской области, в структуре посевных площадей соя занимает 76 %, на долю других куль-

тур приходится 24 %. В 2021 г. посевная площадь сои составляла 1025,4 тыс. га.

При этом большая часть посевных площадей зерновых культур и сои сосредоточена в крупных сельскохозяйственных организациях (69,9 и 64,2 % соответственно). В крестьянских (фермерских) хозяйствах зерновыми занято 30,0 % площади, соей – 35,7 %.

Если крупные сельскохозяйственные организации могут приобрести для посева сои современные высокопроизводительные посевные агрегаты, то для многих крестьянских (фермерских) хозяйств такие дорогостоящие покупки невозможны. Поэтому они вынуждены идти по пути реконструкции и модернизации существующих технических средств механизации в соответствии с достижениями науки и практики [4, 8].

Совершенствование почвообрабатывающей и посевной техники должно идти по пути снижения энергоёмкости технологических процессов, совмещения технологических операций [6, 7]. Создание новой техники должно базироваться на основе принципов блочно-модульности, комбинированности и универсальности, а также адаптивности к почвенно-климатическим условиям [1, 3, 5]. Решение вышеописанной проблемы является актуальной темой исследований.

Целью исследований явилось создание комбинированной многофункциональной машины, обеспечивающей почвоуглубление, разноуровневое внесение удобрений и посев семян сои, а

также определение работоспособности рабочих органов машины в условиях Приамурья.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились в 2019–2020 гг. на опытном поле Дальневосточного научно-исследовательского института механизации и электрификации сельского хозяйства, материально-техническая база которого находится в с. Садовое Тамбовского района Амурской области.

Характеристики почвы: тип – лугово-черноземовидная среднемощная, с содержанием гумуса (по Тюрину в модификации ВНИИ агрохимии имени Д. Н. Прянишникова) – 4,5–4,7 %. Содержание нитратного азота (ионометрический метод) составляет 40,2–44,7 мг/кг; подвижного фосфора (по Кирсанову в модификации ВНИИ агрохимии имени Д. Н. Прянишникова) – 55–58 мг/кг; калия (по Кирсанову в модификации ВНИИ агрохимии имени Д. Н. Прянишникова) – 150–190 мг/кг. Реакция почвенной среды среднекислая (pH_{KCl} от 5,0 до 5,2).

Летний период 2019 г. был прохладнее лета 2020 г. на 0,6 °С, а сумма выпавших осадков оказалась выше на 88 мм (табл. 1).

Материалом для исследований стал сорт сои амурской селекции Лазурная. Метод исследований – полевой опыт. Площадь делянок составила 50 м², повторность – трёхкратная [2].

Опыт предполагал исследование влияния почвоуглубления, глубины внесения удобрений, скорости движения

Таблица 1 – Погодные условия периода вегетации сои

Месяц	Температура воздуха, °С			Осадки, мм		
	2019 г.	2020 г.	средняя многолетняя	2019 г.	2020 г.	среднее многолетнее
Май	12,3	13,4	12,4	67	72	39
Июнь	18,3	19,0	18,8	94	140	85
Июль	21,3	21,8	21,5	247	43	106
Август	18,9	19,6	19,2	105	175	103
Сентябрь	13,5	14,0	12,4	46	111	66
За лето	19,5	20,1	19,8	446	358	294
За период	16,9	17,6	16,8	559	541	399

Примечание: Данные гидрометеостанций г. Благовещенска и с. Садовое.

агрегата и усилия прикатывания (при использовании адаптера КМФА-3,6) на урожайность сои. Адаптер включает:

- 1) техническое средство для подготовки полосы под посев сои;
- 2) техническое средство для полосового посева сои;
- 3) техническое средство для прикатывания посевов.

Результаты исследований. Техническое средство для подготовки полосы под посев сои производит операции: почвоуглубления (щелевания), отрезания полосы под посев сои от основной массы стерни, подрезания корней мульчирующей культуры в полосе посева сои, внесения дозы удобрений в горизонте подрезанных корней мульчи (рис. 1).

На данное техническое средство получен патент на изобретение RU2717298C1 «Блок щелевательный».

Техническое средство для полосового посева сои выполняет операции посева сои с внесением стартовой дозы удобрений и посева мульчирующей культуры (рис. 2).

На данное техническое средство получен патент на изобретение RU2356211C1 «Лаповый сошник».

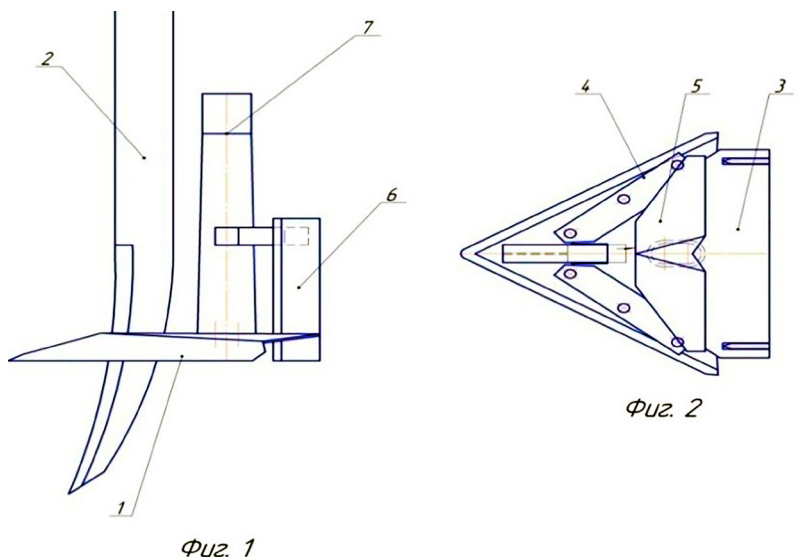
Техническое средство для прикатывания посевов, выполняет операции уплотнения верхнего слоя почвы и выравнивания поверхности (рис. 3).

Все технические средства установлены на навесной раме с двумя приводными колесами (адаптер КМФА-3,6). Общий вид адаптера представлен на рисунке 4.

Оценка качества посева (густота стояния растений) в зависимости от глубины внесения основной дозы удобрений представлена в таблице 2.

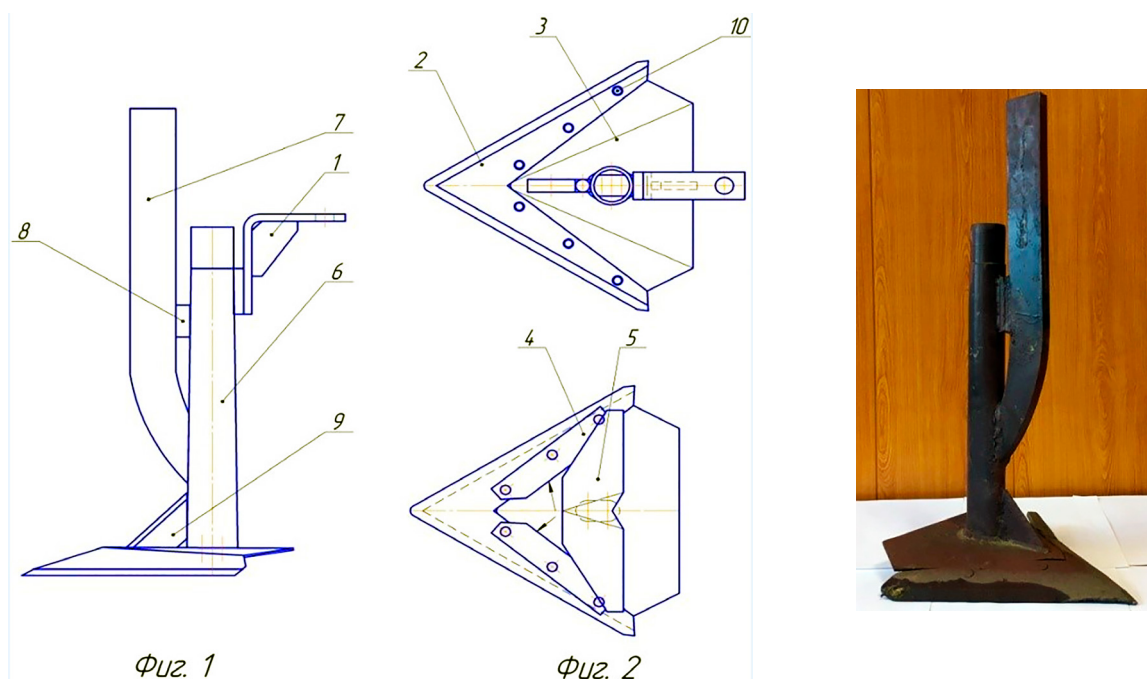
Исходя из проведённых исследований, оптимальной глубиной внесения удобрений является 100 мм. При этом обеспечивается наибольшее число всходов с наивысшей высотой растений.

Оптимальные значения рабочих параметров адаптера определены в результате вычислительного эксперимента с применением ортогонального центрального композиционного плана эксперимента.



Фиг. 1) вид сбоку; Фиг. 2) вид снизу
 1 – лапа культиватора; 2 – стойка-щелеватель; 3 – башмак;
 4 – крепежная пластина; 5 – разбрасыватель; 6 – ножи; 7 – трубка-семяпровод

Рисунок 1 – Схема и фотоснимок технического средства для почвоуглубления и внесения удобрений

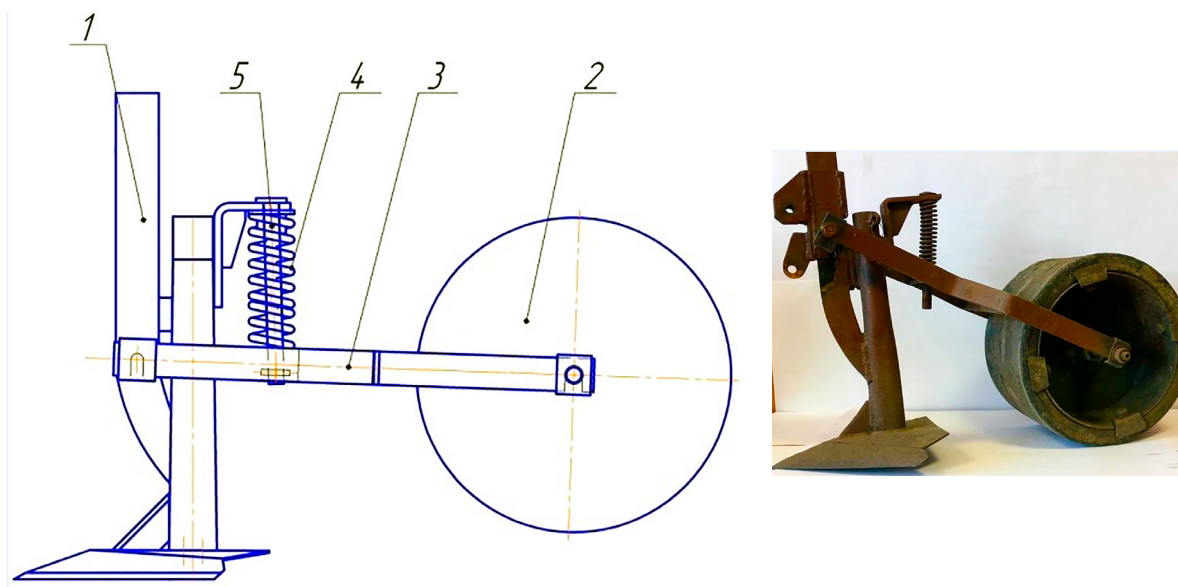


Фиг. 1

Фиг. 2

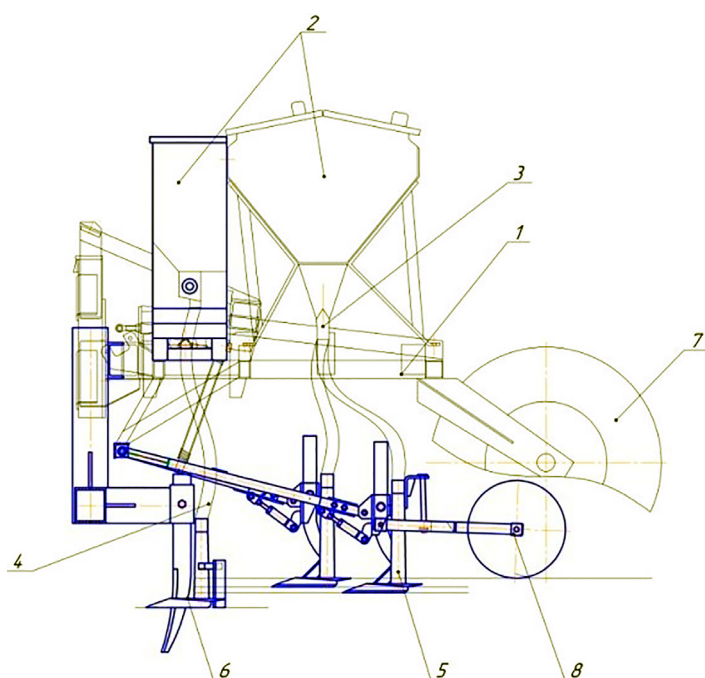
Фиг. 1) вид сбоку; Фиг. 2) вид снизу
 1 – скоба; 2 – лапа; 3 – башмак; 4 – пластина;
 5 – разбрасыватель; 6 – семяпровод; 7 – стойка; 8 – перемычка

Рисунок 2 – Схема технического средства для полосового посева сои и мульчирующей культуры. Фотоснимок высевающей лапы универсальной



1 – лапа высевающая; 2 – прикатывающий каток с
 обрезиненной поверхностью; 3 – кронштейн катка; 4 – пружина; 5 – регулировочный палец

Рисунок 3 – Схема и фотоснимок прикатывающего катка, закреплённого на высевающей лапе



1 – рама с навесным устройством; 2 – бункер с отделениями для семян сои, мульчирующих культур и удобрений; 3 – катушечные высевальные аппараты; 4 – тукосемяпроводы; 5 – лаповые сошники со стойками; 6 – блоки щелевательные; 7 – опорно-приводные колеса; 8 – прикатывающие катки

Рисунок 4 – Схема технического устройства КМФА-3,6 и его фотоснимок (на базе сеялки СЗ-3,6)



Рисунок 5 – Фотоснимок сеялки СЗ-3,6 (с адаптером КМФА-3,6) на полевых работах

После обработки данных полного факторного эксперимента получили уравнение регрессии, адекватно описывающее данные процессы. Регрессионная модель зависимости урожайности сои (Y) от скорости движения агрегата (V), глубины

внесения удобрений (h) и плотности почвы (ρ) имеет вид:

$$Y = 9,95 \cdot 10^{-4} \cdot h^2 - 0,156 \cdot V^2 - 24,531 \cdot \rho^2 - 0,194 \cdot h + 2,488 \cdot V + 54,95 \cdot \rho - 24,973$$

Таблица 2 – Оценка качества посева (число растений) в зависимости от глубины внесения основной дозы удобрений

Номер опыта	Глубина 80 мм		Глубина 100 мм		Глубина 120 мм	
	число всходов, шт./м ²	высота, см	число всходов, шт./м ²	высота, см	число всходов, шт./м ²	высота, см
1	160	18	115	20	145	20
2	105	20	140	20	105	15
3	120	25	140	23	95	15
Среднее	128	21	142	21	115	17

Регрессионное уравнение зависимости густоты стояния растений после всходов (Z) от глубины внесения удобрений и плотности почвы имеет вид:

$$Z = 559 \cdot \rho - 249,69 \cdot \rho^2 - 0,0585 \cdot h - 292,813$$

После решения компромиссной задачи получены оптимальные значения параметров:

1. Для урожайности: скорость движения агрегата составляет 7,63 км/ч; глубина внесения удобрений – 98 мм и плотность почвы 1,098 г/см³.

2. Для густоты стояния растений после всходов: глубина внесения удобрений

составляет 100 мм и плотность почвы – 1,12 г/см³.

Данные параметры согласуются между собой. Для работы агрегата рекомендованы:

- 1) скорость движения 7,63 км/ч;
- 2) глубина внесения удобрений 100 мм;
- 3) плотность почвы 1,1 г/см³.

Полученные зависимости показывают, что увеличение скорости движения агрегата до 7,6 км/ч снижает урожайность сои, после чего происходит её рост. Значения глубины внесения удобрений и плотности почвы обеспечивают максимальную урожайность при плотности почвы равной 1,12 г/см³ и глубине внесения удобрений равной 104 мм (рис. 6, 7).

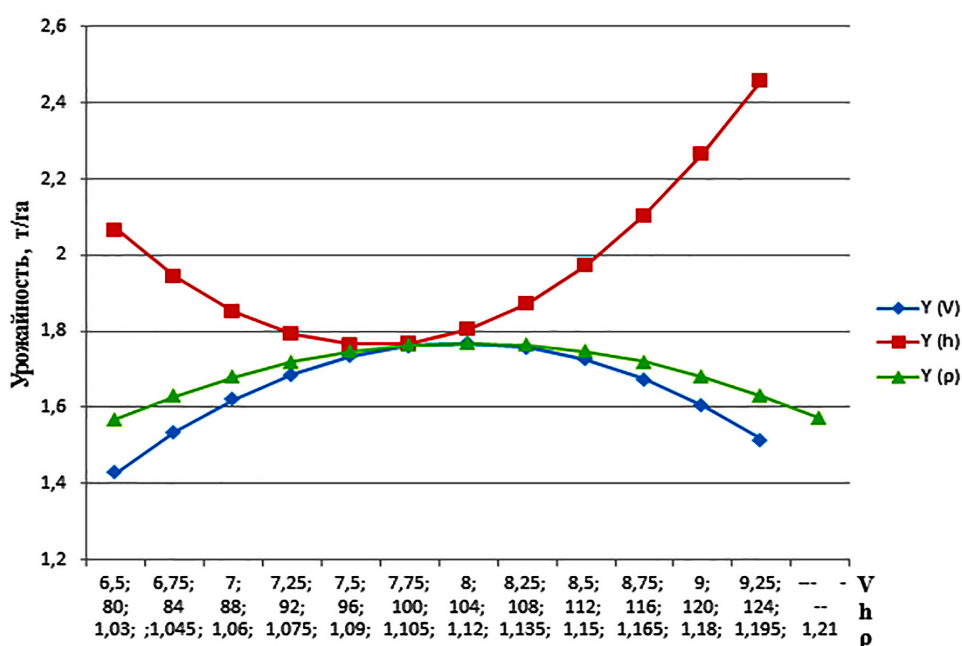


Рисунок 6 – Зависимость урожайности сои от скорости движения агрегата, глубины внесения удобрений и плотности почвы

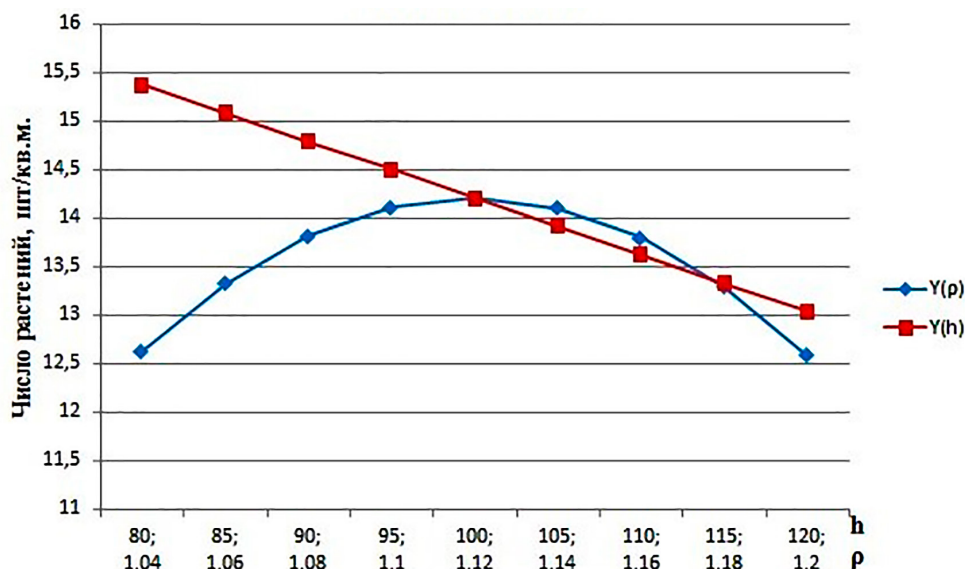


Рисунок 7 – Зависимость густоты стояния растений от глубины внесения удобрений и плотности почвы

Выводы. Таким образом, высокую урожайность сои (1,78 т/га) комбинированный почвообрабатывающий и посевной агрегат адаптер КМФА-3,6 обеспечивает при скорости движения 7,63 км/ч, внося удобрения на глубину 100 мм и создавая после прохода плотность почвы в полосе посева 1,1 г/см³.

Рекомендуем аграриям области на полях с уплотнёнными, бесструктурными, переувлажняющимися почвами использовать комбинированный почвообрабатывающий и посевной агрегат адаптер КМФА-3,6.

Список источников

1. Влияние углубления почвы на урожайность сои при посеве различными агрегатами / В. В. Епифанцев, А. Н. Панасюк, Я. А. Осипов, Ю. А. Вайтехович // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. № 50 (1). С. 13–22.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.
3. Епифанцев В. В., Осипов Я. А., Вайтехович Ю. А. Сошники для выращивания экологически безопасной сои // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020. № 14 (3). С. 59–65.
4. Земледелие / под ред. А. И. Пупонина . М. : КолосС, 2002. 552 с.
5. Оптимальная ширина полос при *mo*w-till для накопления органики и урожайности сои / В. В. Епифанцев, А. Н. Панасюк, Я. А. Осипов, Ю. А. Вайтехович // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. № 50 (4). С. 13–22.
6. Основные элементы и средства механизации биологизированной безотходной технологии выращивания сои в Амурской области / А. Н. Панасюк, В. В. Епифанцев, Я. А. Осипов [и др.] // Масличные культуры. 2019. № 4 (180). С. 61–69.
7. Основы земледелия и растениеводства / под ред. В. С. Косинского. М. : Колос, 1980. 335 с.
8. Efficiency of tank mixture of herbicides reducing wee dines and increasing the productivity of soybean crops / V. V. Epifantsev, A. N. Panasyuk, Ya. A. Osipov, Yu. A. Vaitekhovich // International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019. Vol. 1 (9). P. 1451–1455.

References

1. Epifantsev V. V., Panasyuk A. N., Osipov Ya. A., Vaitekhovich Yu. A. Vliyanie uglublenniya pochvy na urozhainost' soi pri poseve razlichnymi agregatami [Effect of soil deepening on soybean yield when sown with various aggregates]. *Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki*. – Siberian Herald of Agricultural Science, 2020; 50(1): 13–22 (in Russ.).
2. Dospikhov B. A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Field experiment methodology (with the basics of statistical processing of research results)], Moskva, Agropromizdat, 1985, 351 p. (in Russ.).
3. Epifantsev V. V., Osipov Ya. A., Vaitekhovich, Yu. A. Soshniki dlya vyrashchivaniya ekologicheski bezopasnoi soi [Coulters for growing sustainable soybeans]. *Sel'skohozyajstvennyye mashiny i tekhnologii*. – Agricultural machinery and technology, 2020; 14 (3): 59–65 (in Russ.).
4. Puponin A. I. (Eds.). *Zemledelie [Agriculture]*, Moskva, KolosS, 2002, 552 p. (in Russ.).
5. Epifantsev V. V., Panasyuk A. N., Osipov Ya. A., Vaitekhovich Yu. A. Optimal'naya shirina polos pri mow-till dlya nakopleniya organiki i urozhainosti soi [Optimal Mow-till strip width for organic accumulation and soybean yield]. *Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki*. – Siberian Herald of Agricultural Science, 2020; 50 (4): 13–22 (in Russ.).
6. Panasyuk A. N., Epifantsev V. V., Osipov Ya. A., Sakharov V. A., Demko A. N., Orekhov G. I. Osnovnye elementy i sredstva mekhanizatsii biologizirovannoi bezotkhodnoi tekhnologii vyrashchivaniya soi v Amurskoi oblasti [The main elements and means of mechanization of biologized waste-free soybean cultivation technology in the Amur Region]. *Maslichnye kul'tury*. – Oilseeds, 2019; 4 (180): 61–69 (in Russ.).
7. Kosinskii V. S. (Eds.). *Osnovy zemledeliya i rastenievodstva [Fundamentals of agriculture and crop production]*, Moskva, Kolos, 1980, 335 p. (in Russ.).
8. Epifantsev V. V., Panasyuk A. N., Osipov Ya. A., Vaitekhovich Yu. A. Efficiency of tank mixture of herbicides reducing weed density and increasing the productivity of soybean crops. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 2019; 1 (9): 1451–1455.

© Епифанцев В. В., Осипов Я. А., Вайтехович Ю. А., 2022

Статья поступила в редакцию 09.03.2022; одобрена после рецензирования 01.04.2022; принята к публикации 25.04.2022.

The article was submitted 09.03.2022; approved after reviewing 01.04.2022; accepted for publication 25.04.2022.

Информация об авторах

Епифанцев Виктор Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Дальневосточный государственный аграрный университет, viktor.iepifantsiev.59@mail.ru;

Осипов Яков Александрович, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник, Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои»;

Юрий Александрович Вайтехович, аспирант, Высшая школа науки и технологий Университета Ниигата, Япония

Information about authors

Viktor V. Epifantsev, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Far Eastern State Agrarian University, viktor.iepifantsiev.59@mail.ru;

Yakov A. Osipov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, Federal Scientific Center "All-Russian Scientific Research Institute of Soybean";

Yurii A. Vaitekhovich, Postgraduate Student, Graduate School of Science and Technology, Niigata University, Japan