

И.М. Присяжная, кандидат технических наук
 М.О. Синеговский, кандидат экономических наук
 С.П. Присяжная, доктор технических наук, профессор
 В.Т. Синеговская, академик РАН, профессор, заслуженный деятель науки РФ
 ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои»
 РФ, 675027, Амурская обл., г. Благовещенск, Игнатиевское шоссе, 19
 E-mail: valsln09@gmail.com

УДК 633.853.52

DOI:10.30850/vrsn/2022/1/62-66

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЗЕРНОВОЙ ЧАСТИ УРОЖАЯ СОИ В КАЧЕСТВЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ

Представлены результаты изучения биологической урожайности зерна сои (створки и стебли, их высота и толщина у корневой шейки), на основе которых предложено новое экономичное измельчающее устройство. Убирают сою комбайнами, оборудованными измельчителями стационарными или сегментного типа, проверенными на опытном поле лаборатории семеноводства ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои в 2020–2021 годах. На основе гистограммы коэффициента перебивания соломы молотильным аппаратом бильного типа, установлена необходимость дополнительного измельчения стеблей сои. Для обоснования оптимальных параметров измельчителей нового образца проведены многофакторные эксперименты, позволяющие получить приемлемые по размерам части стеблей для быстрого разложения их в почве. Соевая солома и створки содержат 35,2–35,5 % клетчатки, 3,2–3,5 % протеина, 2,62–3,07 % химических элементов. Агронимической наукой и многолетней практикой разработаны различные виды технологических приемов, применение которых способствует повышению плодородия почвы и росту потенциальной урожайности сои. Живые организмы – необходимый компонент почвы. Почвенная биота, разрушающая биологическую массу, образует вещества, необходимые для роста и развития растений, получения высокой урожайности культур в севообороте. Технологические воздействия, направленные на поддержание жизнедеятельности этих организмов, позволяют существенно повысить почвенное плодородие.

Ключевые слова: соя, почва, комбайн, уборка, биологическая урожайность зерна, стеблей, створок, измельчение и разбрасывание соломы, измельчитель, многофакторный эксперимент, оптимальные параметры измельчителя.

I.M. Prisyazhnaya, PhD in Engineering sciences
 M.O. Sinegovskiy, PhD in Economic sciences
 S.P. Prisyazhnaya, Grand PhD in Engineering sciences, Professor
 V.T. Sinegovskaya, Academician of the RAS, Professor, Honoured Scientist of the Russian Federation
 FSBSI FRC «All-Russian Soybean Research Institute»
 RF, 675027, Amurskaya obl. g. Blagoveshchensk, Ignatievskoye schosse, 19
 E-mail: valsln09@gmail.com

USAGE OF NOT GRAIN PART OF SOYBEAN GRAIN AS ORGANIC MANURE

The article presents the results of studying the biological yield of soybean grains, stems and flaps, their height and thickness sizes at the root neck, on the basis of which a new economical grinding device is proposed. Soybean harvesting is carried out by combines equipped with grinders, stationary or segment-type grinders tested on the experimental field of the seed production laboratory of FSBSI FRC VNI soybeans in 2020–2021. On the basis of histogram of straw interruption coefficient by threshing machine of beating type equal to 0.527 additional necessity of soybean stems grinding and development of new grinding device is established. In order to justify the optimal parameters of the grinders of the new sample, multifactorial experiments were carried out to obtain acceptable ground parts of soybean stems for their rapid decomposition in the soil. In order to obtain the necessary crops, agronomic science and long-term practice have developed various types of technological techniques, the use of which contributes to increasing soil fertility and increasing the potential yield of soybean. Experience shows that the atmosphere and soil are the source of nutrition for plants. Living organisms are a necessary concomitant component of soil. Soil organisms (soil biota), destroying the biological mass located in the soil and on the surface of the field, are suppliers of substances necessary for plant development and growth of crop rotation crops. Soybean straw and flaps contain 35.2–35.5 % fiber, 3.2–3.5 % protein, and 2.62–3.07 % chemical elements in % of dry matter, the decomposition of which will increase the content of humus and improve the structure of the soil. Technological effects aimed at maintaining the vital activities of these organisms make it possible to significantly increase soil fertility, which is a prerequisite for high yields of cereals and soybeans.

Key words: soybeans, soil, harvester, harvesting, biological yield of grain, stems, flaps, straw grinding and scattering, grinder, multifactor experiment, optimal grinder parameters.

Амурская область занимает первое место по выращиванию сои на Дальнем Востоке (64 %), что составляет 18,6 % регионального производства России. [10]

Соя обладает высоким содержанием белка и жира, поэтому продукты ее переработки широко применяют в пищевой промышленности и животноводстве. Учитывая необходимость восстановления рационального и эффективного использования

пашни к 2024 году, намечено увеличить валовое производство сои на Дальнем Востоке до 3 млн т, при этом 1,9 млн т (63 %) – в Амурской области. [13]

Повышение плодородия почвы и продуктивности пашни с помощью научно обоснованных систем земледелия – основная задача сельскохозяйственного производства. [11, 14] Совместное внесение минеральных и органических удобрений способ-

ствуется расширенному воспроизводству плодородия луговой черноземовидной почвы. Основное и предпосевное минеральное удобрение наиболее эффективно использовать с учетом обеспеченности почвы элементами питания, подкормку – по результатам растительной диагностики. Продуктивность сои зависит от показателей плодородия почвы на 24 %. Соя обеспечивает себя азотом до 80% за счет симбиоза с клубеньковыми бактериями, что требует создания условий для его активного протекания. Связь между продуктивностью сои и минеральными формами азота и фосфора слабая и прямая, продуктивностью и подвижностью P_2O_5 – слабая и обратная, с гумусом – умеренная и прямая. [7, 12, 15] В современных условиях особую актуальность приобретают технологии возделывания сельскохозяйственных культур с насыщением пахотного слоя органическим веществом. [1, 2] К важнейшим показателям плодородия почвы относится содержание гумуса и доступных питательных веществ, образующихся при переносе энергии пищи от ее источника через ряд организмов на различных трофических уровнях в экосистеме. При этом на 7 % возрастает уровень реализации потенциальной урожайности сорта в производственных условиях. [6]

Совершенствование технологии возделывания сои, заключающееся в имитации естественных процессов природных экосистем, происходит по следующим направлениям: снижение техногенного воздействия на почву; насыщение пахотного слоя почвы органическим веществом; сокращение доз или полный отказ от ксенобиотиков, в том числе минеральных удобрений. [4]

Технологическое воздействие на экологическую систему производства сои можно условно разделить на повышающее почвенное плодородие и обеспечивающее потребность растений в необходимых для роста и развития веществах при ограничении применения средств химизации.

Источник питания растений – атмосфера и почва. Почвенные организмы, разрушающие биологическую массу, образуют вещества нужные для развития растений. В хорошо окультуренной почве количество живых организмов может достигать нескольких миллиардов на каждый грамм почвы, а общая масса доходить до 10 т/га. [8] Технологическое воздействие, направленное на поддержание жизнедеятельности этих организмов, повышает почвенное плодородие, урожайность зерновых культур и сои.

Солома и полова – важнейшие источники пополнения почвы органическим веществом. Характерная особенность растений амурских и приморских сортов сои в том, что ветви образуются только в нижней части стебля. При уборке и обмолачивании створки бобов, измельченная часть стеблей и сорной примеси выбрасываются в почву. [5, 9]

Интенсивность разложения соломы микроорганизмами в почве зависит от ее химического состава. Основная часть соевых стеблей и створок на 35 % представлена клетчаткой (табл. 1).

В составе соломы и створок имеются безазотистые экстраактивные вещества – 37,3...40,8 %, их группу составляют сахара, крахмал, гемицеллюлоза, пектиновые вещества, пигменты, смолы, танины, органические кислоты. Протеина в стеблях и створках вызревших растений сои немного – 3,2...3,5 %. Минеральных элементов (кальций, калий, магний, фосфор) в стеблях сои в 1,17 раза больше, чем в створках, но это не дает им преимущества из-за грубой одревесневшей структуры и некачественного измельчения при уборке. Отсутствие эффективной технологии для сбора и транспортировки измельченных стеблей и створок при уборке урожая сои не позволяет использовать их в кормопроизводстве. Измельченную биологическую массу эффективнее применять для удобрения почвы, что обеспечит сохранение и расширенное воспроизводство почвенного плодородия. Для этого следует измельчать стебли до заданных размеров и равномерно их разбрасывать по полю, обеспечивая качественную заделку на глубину 10...14 мм.

Цель исследований – разработать компактный и экономичный измельчитель-разбрасыватель-валкообразователь соевой соломы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучена биологическая урожайность зерна сои (створки и стебли, их высота и толщина у корневой шейки), на основе которых предложено новое экономичное измельчающее устройство. Сою убирали комбайнами, оборудованными измельчителями стационарными или сегментного типа на опытном поле лаборатории семеноводства ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои в 2020–2021 годах. Пробы соевого соломистого вороха, получаемые после обмолота и сходящие с соломотряса комбайна «Енисей-1200», анализировали на частоту варьирования их размеров. По полученным данным построена гистограмма (рис. 1) и на ее основе определен коэффициент перебивания соломы (0,527), низкое значение которого определяет необходимость дальнейшего усовершенствования в комбайне устройства для измельчения стеблей сои.

Средневзвешенный размер частиц стеблей сои в зависимости от количества измельчающих рабочих органов и угловой скорости барабана определяли по методике многофакторного эксперимента. Коэффициенты полинома находили по ортогональному центрально-композиционному плану второго порядка. Значимость коэффициентов, а также адекватность полученных уравнений, проверяли по критериям Стьюдента и Фишера соответственно.

Таблица 1.
Химический состав стеблей и створок сои сорта *Сентябрянка*

Наименование	Содержание питательных веществ, % АВС							
	Протеин	Клетчатка	БЭВ	Сухое вещество	Ca	K	Mg	P
Стебли	3,5	35,0	37,3	92,5	1,2	1,14	0,29	0,44
Створки	3,2	35,2	40,8	92,0	1,1	1,07	0,21	0,24

Таблица 2.

Биологическая урожайность зерна и незерновой части урожая сои

Сорт	Высота растения, см	Количество растений на 1 м ²	Масса, г/м ²			Соотношение зерна и незерновой части урожая
			зерно	стебли	створки	
Сентябринка	90,8	31	231	197	151	1:0,85:0,65
Лидия	52	76	145	129	92	1:0,89:0,63
Китросса	103	55	416	403	392	1:0,97:0,94
Нега 1	66	25	355	180	173	1:0,51:0,49
Даурия	64	43	282	124	129	1:0,44:0,46
Бонус	59	50	161	127	60	1:0,79:0,37

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Соя имеет прямостоячий стебель со средней толщиной у корневой шейки 6,7 мм, в средней части растения – 3...4 мм, высотой – 52...103 см. [3] Выход стеблей в процентном отношении к зерну скоро-, средне- и позднеспелых сортов сои – 44...97 %, створок – 37...94 % (табл. 2). Общая масса соломы с 1 м² в 1,25 раза выше выхода створок. Створки в отличие от стеблей, при заделке в почву не требуют дополнительного измельчения.

Анализ конструктивно-технологических схем измельчителей и разбрасывателей соломы зерновых культур позволил разработать компактную и экономичную схему измельчителя-разбрасывателя-валкообразователя соевой соломы (рис. 2).

Измельчитель соломы включает корпус (1), который устанавливается на зерноуборочном комбайне вместо копнителя. На нем закреплены: отражающий экран (2); валец-уплотнитель (3); направитель соломы (4); измельчающий барабан с подвижными ножами сегментного типа (5); регулируемый брус (6) с жестко закрепленными противорезущими ножами сегментного типа; разбрасыватель соломы (7); клавиши соломотряса (8), подающие солому на измельчение; корпус оборудован разделяющими и направляющими стенками разбрасывателя (9, 10).

Измельчающий барабан выполнен в виде ротора с шарнирно закрепленными на нем по винтовой

линии рабочими органами. Для взаимодействия в определенный момент времени только одного измельчающего рабочего органа с поступающим по направителю слоем соломы, уплотняемой и поддерживаемой направляющим вальцом, заход второго витка рабочих органов сдвинут вдоль оси вращения

на величину $L = \frac{L}{m - 1}$, где L – расстояние между

крайними рабочими органами, мм; m – число рабочих органов.

В поперечном сечении второй ряд рабочих органов смещен относительно первого на 180°. Рабочие органы на барабане расположены по двухзаходной винтовой линии по всей длине.

Каждый последующий рабочий орган ряда сдвинут по окружности относительно предыдущего на

угол $\gamma = \frac{360}{m}$. Такое расположение уменьшает дина-

мические нагрузки на вал барабана. Рабочие органы обоих рядов расположены по окружности равномерно. Соевая солома, сходящая с соломотряса, направляется в корпус с отражающим экраном и втягивается в зазор между вращающимся вальцом-уплотнителем, при работе которого обеспечивается равномерное поступление стеблей на измельчение. Масса поступает в направитель-распределитель, выносится и разбрасывается с помощью воздушного потока, создаваемого вращающимися режущими рабочими органами барабана.

После отсеивания статистически незначимых коэффициентов методом шаговой регрессии, уравнения в раскодированной форме имеют вид:

$$L = 569,43 - 59,245m - 5,22\omega - 14,3V + 3,21m^2 + 0,41\omega^2,$$

где L – средневзвешенная длина измельченных частиц, мм; m – количество измельчающих сегментов, шт.; ω – угловая скорость измельчающего барабана, рад/с; V – подача стеблей, кг/с.

Для определения парного влияния факторов на критерий оптимизации (средневзвешенная длина частиц соломы) построены поверхности откликов от двух факторов: угловая скорость барабана и подача стеблей, при постоянном уровне количества измельчающих сегментов (см. рисунок (а), 4-я стр. обл.).

$$L = 300,185 - 5,22 \omega - 14,3 V + 0,041 \omega^2.$$

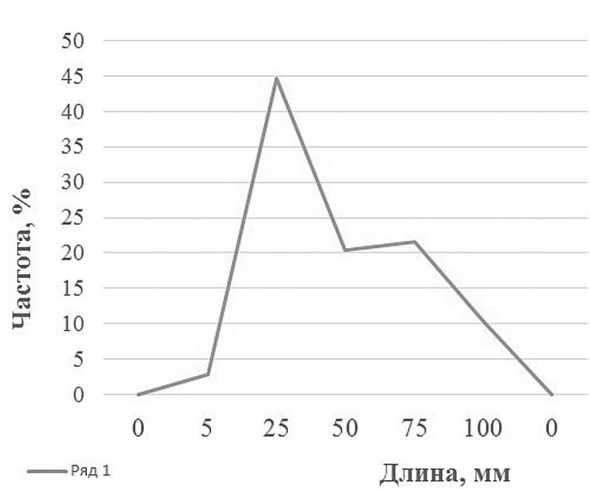


Рис. 1. Частота варьирования размеров стеблей сои, сходящих с соломотряса, после обмола та бильным молотильным барабаном.

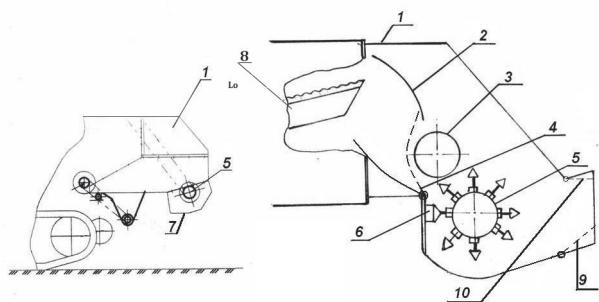


Рис. 2. Схема измельчителя-разбрасывателя-валкообразователя соломы.

При изменении числа измельчающих сегментов, подачи соломы и постоянной угловой скорости барабана (см. рисунок (б), 4-я стр. обл.):

$$L = 408,9 - 59,245 \cdot m - 14,3 \cdot V + 3,21 \cdot m^2.$$

При изменении количества сегментов, угловой скорости барабана и постоянной подачи стеблей на измельчение (см. рисунок (в), 4-я стр. обл.):

$$L = 543,69 - 59,245 \cdot m - 5,22 \cdot w + 3,21 \cdot m^2 + 0,041 \cdot w^2.$$

Разработка способов и средств механизации для заделки измельченной биологической массы на поле после комбайновой уборки сои позволяет улучшить условия роста растений последующих культур севооборота, обеспечив почвенную биоту питанием и постепенно снижая плотность почвы.

В климатических условиях Амурской области лучшие предшественники для возделывания сои – пласт и оборот пласта многолетних трав, сидеральные или занятые однолетними травами или их смесью, пары, зерновые культуры (ячмень, пшеница). На основе достоверно полученного уравнения регрессии рассчитанный порог безубыточной урожайности составляет 0,6...0,7 т/га.

Проведенные исследования показали экономическую целесообразность подбора сортов, применения интенсивных технологий производства и уборки сои. [10] Интенсификация влечет за собой рост производственных затрат, но при научно обоснованном применении адаптивных технологий возделывания культуры хозяйства не только полностью покрывают затраты, но и извлекают прибыль для ведения расширенного воспроизводства.

Выводы. Технологии возделывания сои, основанные на применении приемов интенсификации биологического земледелия, способствуют сохранению равновесия в экологической системе «технология – машина – движитель – почва – растение – урожай» и создают предпосылки к формированию устойчивых агроэкосистем для возделывания сои и повышения реализации потенциальной урожайности сорта.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Банецкая, Е.В. Численность основных физиологических групп микроорганизмов черноземовидной почвы Приамурья в зависимости от системы удобрения в

севообороте / Е.В. Банецкая, В.Ф. Прокопчук // Агроэкологические и экономические аспекты применения средств химизации в условиях интенсификации сельскохозяйственного производства. Мат. 51-й Междунар. науч. конф. ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова / Под редакцией В.Г. Сычева, 2017. – С. 4–8.

2. Ерофеев, С.А. Биологизация земледелия – основа эколого–ландшафтного земледелия / С.А. Ерофеев, // Евразийский Союз Ученых. – 2018. – № 8 (53). – С. 8–11.
3. Каталог сортов сои селекции всероссийского НИИ сои: (Коллективная научная монография) / Под общей редакцией чл.-корр. д-ра с.-х. наук В.Т. Синеговской. – Благовещенск. – 2015. – 95 с.
4. Концепция получения экологически безопасного зерна сои / Г.И. Орехов и др., ФГБНУ ДальНИИ-МЭСХ. – Благовещенск: Изд-во Дальневосточного гос. аграрного ун-та, 2018. – 40 с.
5. Концептуальные подходы к технологии уборки сои очесом на корню и устройстве для ее осуществления: монография / А.Н. Панасюк и др. под ред. д-ра техн. наук, доц. А.Н. Панасюка. – Благовещенск: Изд-во Дальневосточного гос. аграрного ун-та, 2018. – 127 с.
6. Лукин, С.В. Влияние биологизации земледелия на плодородие почв и продуктивность агроценозов (на примере Белгородской области) / С.В. Лукин // Земледелие. – 2021. – № 1. – С. 11–15.
7. Практика и инновации производства полевых культур в условиях Амурской области. – Благовещенск, 2021. – 111 с.
8. Присяжная, И.М. Совершенствование процесса обмолота, сепарации и транспортирования для повышения качества семян при комбайновой уборке сои: монография / И.М. Присяжная, С.П. Присяжная, М.М. Присяжный, П.П. Проценко. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2018. – 192 с.
9. Присяжная, И.М. Определение зависимостей резания стеблей сои и разработка измельчителя соевой соломы (Determination of dependences of cutting of stalks of soy and development of the grinder of soy straw) / И.М. Присяжная, С.П. Присяжная, М.О. Синеговский // Мат. Интернациональной конф. «Process Management and Scientific Developments». – Великобритания, Бирмингем: 05.03.2020. – С. 109–113.
10. Соя стратегического назначения / Амурская правда, 17 октября 2019 года. – № 102 (28871).85
11. Система земледелия Амурской области: производственно-практический справочник / Под общей редакцией П.В. Тихончука. – Благовещенск: Изд-во ДальГАУ, 2016. – 570 с.
12. Синеговская, В.Т. Зависимость урожайности сои от эколого-агрохимических факторов / В.Т. Синеговская, Е.Т. Наумченко // Российская сельскохозяйственная наука. – 2019. – № 3. – С. 16–18.
13. Синеговский, М.О. Перспективы производства сои в Дальневосточном федеральном округе / М.О. Синеговский // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2020. – № 1. – С. 13–16.
14. 100 вопросов и ответов о возделывании сои (рекомендации для руководителей и специалистов сельскохозяйственных предприятий) / Под общей ред. М.О. Синеговского. – Благовещенск: ООО «Одеон», 2021. – 79 с.
15. Технология и комплекс машин для производства зерновых культур и сои в Амурской области: коллективная научная монография / ВНИИ сои, ДальНИИМЭСХ. – Благовещенск: Изд-во «Агромаксинформ», 2001. – 134 с.

LIST OF SOURCES

1. Baneckaya, E.V. Chislennost' osnovnyh fiziologicheskikh grupp mikroorganizmov chernozemovidnoj pochvy Priamur'ya v zavisimosti ot sistemy udobreniya v sevooborote / E.V. Baneckaya, V.F. Prokopchuk // Agroekologicheskie i ekonomicheskie aspekty primeneniya sredstv himizacii v usloviyah intensivizacii sel'skohozyajstvennogo proizvodstva. Mat. 51-j Mezhdunar. nauch. konf. VNII agrohimii im. D.N. Pryanishnikova / Pod redakciej V.G. Sycheva, 2017. — S. 4–8.
2. Erofeev, S.A. Biologizaciya zemledeliya — osnova ekologo-landshaftnogo zemledeliya / S.A. Erofeev, // Evrazijskij Soyuz Uchenyh. — 2018. — № 8 (53). — S. 8–11.
3. Katalog sortov soi selekcii vserossijskogo NII soi: (Kollektivnaya nauchnaya monografiya) / Pod obshchej redakciej chl.-korr. d-ra s.-h. nauk V.T. Sinegovskoj. — Blagoveshchensk. — 2015. — 95 s.
4. Konceptiya polucheniya ekologicheski bezopasnogo zerna soi / G.I. Orekhov i dr., FGBNU Dal'NIIMESKH. — Blagoveshchensk: Izd-vo Dal'nevostochnogo gos. agrarnogo un-ta, 2018. — 40 s.
5. Konceptual'nye podhody k tekhnologii uborki soi ochesom na kornyu i ustrojstva dlya ee osushchestvleniya: monografiya / A.N. Panasyuk i dr. pod red. d-ra tekhn. nauk, doc. A.N. Panasyuka. — Blagoveshchensk: Izd-vo Dal'nevostochnogo gos. agrarnogo un-ta, 2018. — 127 s.
6. Lukin, S.V. Vliyanie biologizacii zemledeliya na plodorodie pochv i produktivnost' agrocenozov (na primere Belgorodskoj oblasti) / S.V. Lukin // Zemledelie. — 2021. — № 1. — S. 11–15.
7. Praktika i innovacii proizvodstva polevyh kul'tur v usloviyah Amurskoj oblasti. — Blagoveshchensk, 2021. — 111 s.
8. Prisyazhnaya, I.M. Sovershenstvovanie processa obmolota, separacii i transportirovaniya dlya povysheniya kachestva semyan pri kombajnovoj uborke soi: monografiya / I.M. Prisyazhnaya, S.P. Prisyazhnaya, M.M. Prisyazhnyj, P.P. Procenko. — Blagoveshchensk: Amurskij gos. un-t, 2018. — 192 s.
9. Prisyazhnaya, I.M. Opredelenie zavisimostej rezaniya stebel' soy i razrabotka izmel'chatelya soevoj solomy (Determination of dependences of cutting of stalks of soy and development of the grinder of soy straw) / I.M. Prisyazhnaya, S.P. Prisyazhnaya, M.O. Sinegovskij // Mat. Internacional'noj konf. «Process Management and Scientific Developments». — Velikobritaniya, Birmingejm: 05.03.2020. — S. 109–113.
10. Soya strategicheskogo naznacheniya / Amurskaya pravda, 17 oktyabrya 2019 goda. — № 102 (28871).85
11. Sistema zemledeliya Amurskoj oblasti: proizvodstvenno-prakticheskij spravochnik / Pod obshchej redakciej P.V. Tihonchuka. — Blagoveshchensk: Izd-vo Dal'GAU, 2016. — 570 s.
12. Sinegovskaya, V.T. Zavisimost' urozhajnosti soi ot ekologo-agrohimicheskikh faktorov / V.T. Sinegovskaya, E.T. Naumchenko // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. — 2019. — № 3. — S. 16–18.
13. Sinegovskij, M.O. Perspektivy proizvodstva soi v Dal'nevostochnom federal'nom okruge / M.O. Sinegovskij // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. — 2020. — № 1. — S. 13–16.
14. 100 voprosov i otvetov o vozdeleyvanii soi (rekommendacii dlya rukovoditelej i specialistov sel'skohozyajstvennyh predpriyatij) / Pod obshchej red. M.O. Sinegovskogo. — Blagoveshchensk: OOO «Odeon», 2021. — 79 s.
15. Tekhnologiya i kompleks mashin dlya proizvodstva zernovyh kul'tur i soi v Amurskoj oblasti: kollektivnaya nauchnaya monografiya / VNII soi, Dal'NIIMESKH. — Blagoveshchensk: Izd-vo «Agromaksinform», 2001. — 134 s.