

АГРЕГАТ ДЛЯ ЗАДЕЛКИ СИДЕРАЛЬНЫХ КУЛЬТУР

Калимуллин М.Н., Абдрахманов Р.К., Зиятдинов Р.Р., Салимзянов М.З., Мухаметшин И.С.

Реферат. Многие производители сельскохозяйственной продукции в последние годы начали заботиться об экологических аспектах и постепенно переходят на использование при возделывании сельскохозяйственных культур элементов органического земледелия, к числу которых можно отнести зеленые удобрения – сидераты. Многие специалисты рекомендуют срезать зеленую массу сидеральных культур косилкой и заделывать ее в поверхностный слой почвы в качестве мульчи. Однако не все способы заделки одинаково эффективны. В частности, при проходе по полю с сидератом ротационной бороны, дисковым ножом приходится одновременно выполнять две функции: измельчать и заделывать вегетативную массу растений, что негативно сказывается на глубине обработки. Поэтому цель наших исследований – разработать комбинированный агрегат для скашивания, измельчения и заделки зеленой массы сидеральных культур в почву. Для ее достижения предлагается на переднюю часть трактора навесить измельчитель растительных, который будет скашивать и измельчать растения, а две батареи дискатора, установленные на задней навеске трактора, будут заделывать измельченную органическую массу. Для определения эффективности использования предложенного комбинированного агрегата в различных районах Республики Татарстан на разных почвах были проведены сравнительные полевые испытания, заключавшиеся в определении полноты заделки зеленой массы. Величина этого показателя без использования косилки на передней навеске составила 65 %, а со скашиванием и измельчением – 95 %, это в 1,5 раза больше, чем в варианте со сравнимым агрегатом, что должно благоприятно влиять на разложение заделанного органического вещества.

Ключевые слова: комбинированный агрегат, скашивание, заделка в почву, сидерат, ротационный ботвоизмельчитель.

Введение. В последние годы в сельском хозяйстве расширяется применение элементов биологизации земледелия, к числу которых относится использование зеленого удобрения или сидератов, обогащающих почву органическим веществом [1, 2]. Кроме того, среди них можно также назвать создание на поверхности почвы мульчирующего покрова из растительных остатков, необходимого для ее защиты от ветровой эрозии, уменьшения вымывания питательных веществ из пахотного горизонта в более глубокие слои и др. [3, 4]. Поэтому некоторые исследователи рекомендуют срезать сидеральные культуры плоскорезом и оставлять их на поверхности почвы [5, 6]. Известно, что в роли сидератов могут выступать около четырехсот видов культурных растений [7, 8]. В основном на эти цели используют бобовые (горох, однолетний люпин и др.) и крестоцветные (горчица, яровой и озимый рапс и др.) культуры, а также злаки (овес, рожь, ячмень, тимофеевка и др.). В зависимости от физико-механического состава почвы и вида сельскохозяйственных культур зеленую массу сидератов можно заделывать в почву специальными комбинированными агрегатами [9, 10, 11].

При этом не все способы заделки одинаково эффективны. Например, при использовании оборотного плуга возрастают энергозатраты. Кроме того, такой способ не подходит для технологии возделывания сельскохозяйственных культур с минимальной обработкой почвы. В большинстве случаев для заделки сидератов используют дисковые бороны. Однако в этом случае не всегда обеспечивается достаточная полнота заделки, и органическая масса, оставшаяся на поверхности почвы, не успевает полностью минерализоваться до посева следующей культуры. По мнению экспертов,

растительные остатки должны быть качественно измельчены и равномерно распределены – как по всей площади поля, так и по глубине пахотного слоя, что обеспечивает их максимально быстрое разложение и не создает помех и барьеров для последующего роста и развития растений [12].

Цель исследований – обоснование наиболее рационального способа заделки зеленой массы сидеральных культур и сельскохозяйственного агрегата для его реализации.

Условия, материалы и методы исследований. Сотрудниками Казанского государственного аграрного университета и Татарского института переподготовки кадров агробизнеса разработан и изготовлен комплекс комбинированных машин для скашивания ботвы и овощей, которые также можно использовать для проведения сидерации [13, 14, 15]. В случае применения с этой целью обычной дисковой бороны, которую устанавливают сзади трактора, ее передняя батарея измельчает сидераты, а задняя осуществляет их заделку в почву. Если на передней навеске трактора смонтировать измельчитель растений с гибкими рабочими элементами, он будет скашивать и измельчать сидераты, а обе батареи дисковой бороны, прицепленной за энергетическим средством, заделывать измельченную органическую массу (рисунок 1).

Исследования осуществляли на полях агрокомплекса «Красная Заря» Высокогорского района, КХ «Земляки» Нижнекамского района, ООО «Свияга» Апастовского района, ООО «Дуслык» Нурлатского района Республики Татарстан. Толщина пахотного слоя – 25...27 см. Содержание гумуса (по Тюрину) в Высокогорском районе составляло 3,46 %, в Нижнекамском – 3,1 %, в Нурлатском – 6,07



Рисунок 1 – Комбинированный агрегат для измельчения растений и заделки их в почву в составе трактора МТЗ-1221 и ротационного измельчителя БИР-4.

%, в Апастовском – 5,21 %. Подвижного фосфора (по Кирсанову) – соответственно 147,2; 145,5; 145,9; 165,9 мг/кг, калия – 155,2; 135,2; 148,1; 159,0 мг/кг почвы. Предшественник – яровой ячмень.

При проведении исследований сравнивали результаты работы двух агрегатов:

трактор МТЗ-1221 с дисковой бороной БДТ-3 на задней навеске;

трактор МТЗ-1221 с роторной косилкой БИР-4 на передней навеске и дисковой бороной БДТ-3 на задней (рисунок 2).

Принцип работы агрегата заключается в следующем. Крутящий момент от вала отбора мощности передается на гибкие рабочие элементы ротора измельчителя, которые вытягиваются в струну под действием центробежных сил. Рабочий элемент ударным воздействием измельчает растение и разбрасывает ее на ши-

рину захвата почвообрабатывающего орудия, навешенного сзади трактора. Ширина разбрасывания регулируется путем установки отражателей (на рисунке не показано) сбоку ротационного рабочего элемента. Далее измельченная масса сидеральных культур заделывается в почву рабочими органами ротационной бороны.

Перед проведением испытания выделяли участки площадью 50 м² (длина 13,33 м и ширина 3 м). Вегетативную массу с площади 1 м² взвешивали на электронных весах в трехкратной повторности. Далее, также в трехкратной повторности, осуществляли заделку сидератов обоими агрегатами, после прохождения которых с испытательной площадки собирали зеленую массу, оставшуюся на поверхности, и взвешивали. По соотношению массы заделанного сидерата к его массе перед испытанием оценивали эффективность изучаемого варианта.

В качестве сидератов в опыте высевали донник желтый, люпин синий и горчицу белую, урожайность зеленой массы которых была практически одинаковой (табл. 1). У донника желтого она достигала 400 ц/га, у люпина синего и горчицы белой была ниже соответственно на 25 и 20 ц/га.

При проведении полевых экспериментов скорость движения энергетического средства варьировали от 2 до 4 м/с с шагом 0,5 м/с, а глубину обработки почва от 7 до 15 см с шагом в 2 см. Скорость движения устанавливали перед заходом на опытную делянку путем замера времени прохождения фиксированного пути в трех повторностях. Глубину обработки почвы регулировали на специальной бетонированной площадке за пределами поля.

Таблица 1 – Основные исходные данные и агротехнические показатели

Культура	Длина гона, м	Ширина гона, м	Площадь, га	Норма высева, кг/га	Густота стояния, растений/м ²	Высота растений в период уборки, см	Урожайность зеленой массы, ц/га
Донник желтый	100	30	0,3	27	280	75...80	400
Люпин синий	100	30	0,3	25	210	80...85	375
Горчица белая	100	30	0,3	28	230	82...87	380

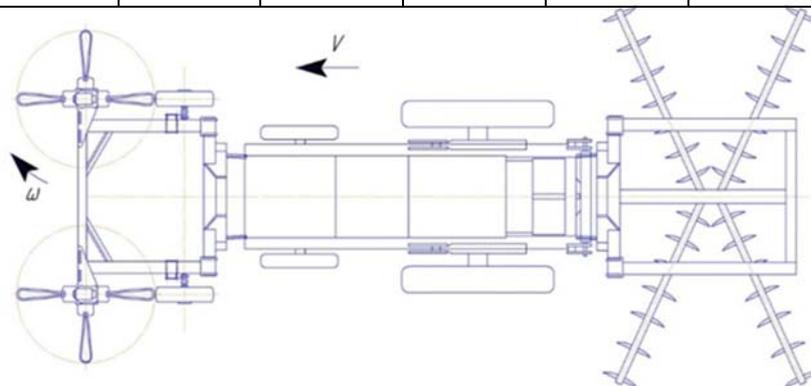


Рисунок 2 – Комбинированная установка для заделки сидеральных удобрений БИР-4 + МТЗ-1221 + БДТ-3.

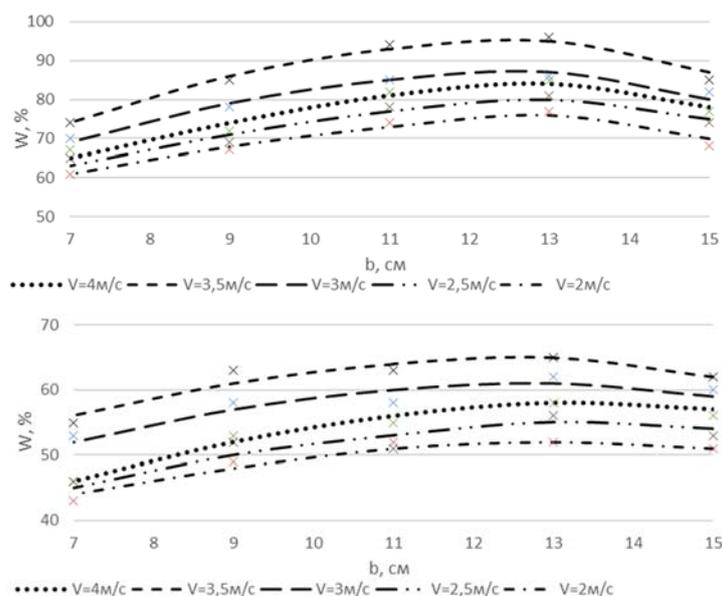


Рисунок 3 – Зависимость полноты заделки зеленой массы сидеральных культур от скорости движения агрегата и глубины заглабления дисков ротационной бороны (средние по четырем хозяйствам): а – БИР-4 + МТЗ-1221 + БДТ-3; б – МТЗ-1221 + БДТ-3

Анализ и обсуждение результатов исследований. Комбинированный агрегат в исследуемом варианте эффективно выполнял процесс заделки измельченной массы сидератов, о чем свидетельствуют результаты экспериментальных исследований (рисунок 3, а). Наименьшую полноту заделки зеленой массы отмечали при глубине хода рабочих органов дисков бороны 7 см и скорости поступательного движения комбинированного агрегата 2 м/с – 61 %. Самой высокой величина этого показателя была при глубине обработки 13 см и скорости движения агрегата 3,5 м/с – 95 %. Дальнейшее увеличение изучаемых параметров приводило к ухудшению качества выполнения технологической операции. Это объясняется тем, что агрегат теряет способность выдерживать заданную глубину обработки при чрезмерном заглаблении дисков ротационной бороны и начинает оставлять огрехи в виде незаделанной в почву измельченной массы. То же самое можно сказать и о скорости движения комбинированного агрегата. При

небольших ее величинах удается измельчить растения сидеральных культур на более мелкие фракции, однако из-за конструктивных особенностей диски оказываются не способны тщательно перемешать слой почвы с заделываемой вегетативной массой сидератов.

В аналогичных испытаниях без установки ротационной косилки БИР-4 на переднюю навеску трактора, наилучший результат работы агрегата в составе МТЗ-1221 + БДТ-3 также достигался при скорости движения 3,5 м/с и заглаблении дисков бороны на 13 см (см. рисунок 3, б).

В целом по результатам опытов на полях сельхозпредприятий «Красная Заря», «Земляки», «Дуслык», «Свияга» полнота заделки зеленой массы сидератов на корню составляла в среднем 65 %, а с предварительным скашиванием и измельчением находилась в пределах 95 % (рисунок 4). Результаты испытаний в различных хозяйствах отличаются от представленных не более чем на 5 %, что свидетельствует о применимости предлагаемого



Рисунок 4 – Участок поля сельхозпредприятия «Красная Заря» Высокогорского района Республики Татарстан: слева – после проезда агрегата МТЗ-1221 + БДТ-3; справа – после прохождения агрегата БИР-4 + МТЗ-1221 + БДТ-3 с одновременным скашиванием и заделкой сидератов

комбинированного агрегата во всех климатических зонах.

Выводы. Комбинированный агрегат в составе трактора МТЗ-1221, на передней навеске которого установлена косилка-измельчитель БИР-4, а к задней прицеплена борона БДТ-3, позволяет устойчиво осуществлять технологический процесс измельчения и

заделки сидеральной культуры при глубине хода рабочих органов 13 см и скорости движения агрегата 3,5 м/с во всех климатических зонах республики. При этом полнота заделки сидеральной культуры в почву достигает 95 %, что в среднем в 1,5 раза больше, чем при использовании только БДТ-3 без косилки.

Литература

1. A new approach to obtaining prolonged nitrogen fertilizers and appraisal of their agrochemical efficiency / R. Khuziakmetov, A. Sabirov, A. Mukhametshina, et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International AgroScience Conference, AgroScience 2019. 2020. 012046 URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/433/1/012046> (дата обращения: 30.11.2020).
2. Nasievich B. The role of organic fertilizers in increasing the fertility of west Kazakhstan soils // Polish Journal of Soil Science. 2013. V.46. P. 115-146.
3. Influence of background of mineral nutrition and receptions of major treatment of soil when cultivating spring wheat in conditions of the forest-steppe zone of the middle volga region / A.M. Sabirzyanov, N.A. Loginov, I.P. Talanov, et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Conference on Innovations in Agricultural and Rural Development. 2019. 012027. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/341/1/012027> (дата обращения: 30.11.2020).
4. Бузмаков В.В., Москаев Ш.А., Посыпанов Г.С. Природно-экологические проблемы сельского хозяйства. М.: [б.и.]. 2008. 20 с.
5. Экономическая эффективность при возделывании сидератов / Бустанов З.Т., Хамданов К., Хамданова М.К. и др. // Современные тенденции развития науки и техники. 2015. № 6-3. С.119-122.
6. Ахметзянов М.Р. Влияние факторов биологизации на урожайность озимой ржи в условиях Предкамья Республики Татарстан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2017. Т. 12. № 2 (44). С. 9-13.
7. Какое удобрение лучше? Сидераты! / под. ред. П.Н. Трофименко, Справочник, 2-е изд. доп. Киев: Издательство «К земле с любовью», 2009. 80 с.
8. Improvement of potato cultivation technology / M. Kalimullin, R. Abdrakhmanov, R. Andreev, et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. 012017. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/346/1/012017> (дата обращения: 30.11.2020).
9. Демко А.Н., Орехов Г.И., Цыбань А.А. Конструктивно-технологические параметры почвообрабатывающего агрегата на базе колесного трактора тягового класса 1,4 // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. № 1 (45). С. 82-87.
10. Солодун В.И., Цвынтарная Л.А. Влияние разных сидеральных культур и способов их заделки на плодородие серой лесной почвы и урожайность яровой пшеницы в лесостепной зоне Иркутской области // Вестник ИрГСХА. 2014. № 60. С. 19-24.
11. Балабоко П.Н., Сорокин А.Е., Синих Ю.Н. Влияние глубины заделки сидерата на фитосанитарное состояние посевов и урожайность культур // Плодородие. 2019. № 4 (109). С. 36-38.
12. Харитонов Д. Растительные остатки. Управляй и властвуй // АгроПрофи. 2019. №6 (101). URL: <http://agro-profi.ru/2019/08/30/crop-residues/> (дата обращения: 31.10.2020).
13. Kinematic analysis of conical rotary subsoil loosener for tillage / Mukhametshin I, Valiev A, Muhamadyarov F., et al. // Engineering for Rural Development. 2020. V.19. 1946. URL: <http://www.tf.llu.lv/conference/proceedings2020/Papers/TF553.pdf> (дата обращения: 30.11.2020).
14. Результаты испытаний ротационного ботвоизмельчителя БИР-2 / Д.М. Исмагилов, Р.К. Абдрахманов, М.Н. Калимуллин и др. // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 12. С. 61-64.
15. To question of determining design parameters of working body of rotary chopper of tops / Kalimullin M., Ismagilov D., Abdrakhmanov R., et al. // Engineering for Rural Development. 2020. V.19. 1224. URL: <http://www.tf.llu.lv/conference/proceedings2020/Papers/TF294.pdf> (дата обращения: 30.11.2020).

Сведения об авторах:

Калимуллин Марат Назипович – доктор технических наук, профессор, e-mail: marat-kmn@yandex.ru
 Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия
 Абдрахманов Ринат Кадырович – доктор технических наук, профессор, e-mail: rinatkadyrovich@mail.ru
 Зиятдинов Радик Ракипович – аспирант, e-mail: ziatdinovtr@mail.ru
 Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса, г. Казань, Россия
 Салимзянов Марат Зуфарович – кандидат технических наук, доцент, e-mail: salimmar@mail.ru
 Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, г. Ижевск, Россия
 Мухаметшин Ильшат Сулейманович – ассистент, e-mail: ilshat858@gmail.com
 Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

MACHINE FOR SEEDER CROPS

Kalimullin M.N., Abdrakhmanov R.K., Ziatdinov R.R., Salimzyanov M.Z., Mukhametshin I.S.

Abstract. Recently many agricultural producers have begun to take care of environmental aspects and are gradually switching to the use of organic farming elements in the cultivation of agricultural crops, which include green fertilizers - siderates. Many experts recommend cutting the green mass of green manure crops with a mower and embedding it in the surface layer of the soil as mulch. However, not all termination methods are equally effective. In particular, when passing through a field with a rotary harrow's green manure, the circular knives have to simultaneously perform two

functions: chop and embed the vegetative mass of plants, which negatively affects the depth of processing. Therefore, the goal of our research is to develop a combined unit for mowing, crushing and embedding green mass of green manure crops into the soil. To achieve this, it is proposed to attach a plant chopper to the front of the tractor, which will mow and chop the plants, and two discator batteries installed on the rear hitch of the tractor will close the chopped organic mass. To determine the efficiency of using the proposed combined unit in different regions of the Republic of Tatarstan on different soils, comparative field tests were carried out, which consisted in determining the completeness of incorporation of green mass. The value of this indicator without using the mower on the front hitch was 65%, and with mowing and chopping - 95%, this is 1.5 times more than in the version with the compared unit, which should favorably affect the decomposition of the embedded organic matter.

Key words: combined aggregate, mowing, incorporation into the soil, green manure, rotary toppler.

References

1. A new approach to obtaining prolonged nitrogen fertilizers and appraisal of their agrochemical efficiency. / R. Khu-ziakhmetov, A. Sabirov, A. Mukhametshina, et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International AgroScience Conference, AgroScience 2019. 2020. 012046 Available from: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/433/1/012046> (cited 2020 Nov. 30).
2. Nasievich B. The role of organic fertilizers in increasing the fertility of west Kazakhstan soils // Polish Journal of Soil Science. 2013. V.46. P. 115-146.
3. Influence of background of mineral nutrition and receptions of major treatment of soil when cultivating spring wheat in conditions of the forest-steppe zone of the Middle Volga region. / A.M. Sabirzyanov, N.A. Loginov, I.P. Talanov, et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Conference on Innovations in Agricultural and Rural Development. 2019. 012027. Available from: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/341/1/012027> (cited 2020 Nov. 30).
4. Buzmakov V.V., Moskaev Sh.A., Posypanov G.S. Prirodno-ekologicheskie problemy sel'skogo khozyaistva. [Natural and ecological problems of agriculture]. M.: [b.i.]. 2008. p. 20. Russian.
5. [Economic efficiency in the cultivation of green manure]. / Bustanov Z.T., Khamdanov K., Khamdanova M.K. i dr. // Sovremennye tendentsii razvitiya nauki i tekhniki. 2015. № 6-3. P. 119-122. Russian.
6. Akhmetzyanov M.R. [Influence of biologization factors on the yield of winter rye in the conditions of the Ancestral region of the Republic of Tatarstan]. // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. Vol. 12. № 2 (44). P. 9-13. Russian.
7. Kakoe udobrenie luchshe? Sideraty! /pod. red. P.N. Trofimenko, Spravochnik, 2-e izd. dop. [Which fertilizer is best? Siderata!]. Kiev: Izdatel'stvo «K zemle s lyubov'yu», 2009. p. 80. Russian.
8. Improvement of potato cultivation technology. / M. Kalimullin, R. Abdrakhmanov, R. Andreev, et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. 012017. Available from: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/346/1/012017> (cited 2020 Nov. 30).
9. Demko A.N., Orekhov G.I., Tsyban' A.A. [Design and technological parameters of a tillage unit based on a wheeled tractor of traction class 1.4]. // Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik. 2018. № 1 (45). P. 82-87. Russian.
10. Solodun V.I., Tsvyntarnaya L.A. [Influence of different green manure crops and methods of their incorporation on the fertility of gray forest soil and the yield of spring wheat in the forest-steppe zone of Irkutsk region]. // Vestnik IRG-Skha. 2014. № 60. P. 19-24. Russian.
11. Balabko P.N., Sorokin A.E., Sinikh Yu.N. [Influence of the seeding depth of green manure on the phytosanitary state of crops and crop yields]. // Plodorodie. 2019. № 4 (109). P. 36-38. Russian.
12. Kharitonova D. [Plant residues. Manage and Conquer]. // AgrOProfi. 2019. №6 (101). Available from: <http://agroprofi.ru/2019/08/30/crop-residues/> (cited 2020 Oct. 31). Russian.
13. Kinematic analysis of conical rotary subsoil loosener for tillage. / Mukhametshin I, Valiev A, Muhamadyarov F., et al. // Engineering for Rural Development. 2020. V.19. 1946. Available from: <http://www.tf.llu.lv/conference/proceedings2020/Papers/TF553.pdf> (cited 2020 Nov. 30).
14. [Test results of the BIR-2 rotary toppler]. / D.M. Ismagilov, R.K. Abdrakhmanov, M.N. Kalimullin i dr. // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2017. Vol. 31. № 12. P. 61-64. Russian.
15. To question of determining design parameters of working unit of rotary chopper of tops. / Kalimullin M., Ismagilov D., Abdrakhmanov R., et al. // Engineering for Rural Development. 2020 V.19. 1224. Available from: <http://www.tf.llu.lv/conference/proceedings2020/Papers/TF294.pdf> (cited 2020 Nov. 30).

Authors:

Kalimullin Marat Nazipovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: marat-kmn@yandex.ru
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia
 Abdrakhmanov Rinat Kadyrovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: rinatkadyrovich@mail.ru;
 Ziatdinov Radik Rakipovich – postgraduate student, e-mail: ziatdinovrr@mail.ru;
 Tatar Institute of Agribusiness Personnel Retraining, Kazan, Russia
 Salimzyanov Marat Zufarovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: salimmar@mail.ru
 Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk, Russia
 Mukhametshin Ilshat Suleimanovich – assistant, e-mail: ilshat858@gmail.com
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia