СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-07

FORMATION OF THE ROOT CORN SYSTEM FOR GRAIN WITH VARIOUS SOIL PROCESSING SYSTEMS IN THE CENTRAL CAUCASUS ZONE

Yu. A. Kuzychenko, R. S. Stukalov, R. G. Gadzhumarov

Federal State Budgetary Institution

«North-Caucasian Federal Scientific Agrarian Center», Mikhailovsk, Russia

Received 17.12.2019

Submitted 19.02.2020

Summary

The article presents the results of studies on the influence of the agrophysical conditions of the arable soil layer under the traditional and subsurface soil tillage system of the Strip-till type on the formation of the corn root system on grain. The advantage of the Strip-till tillage system, which forms the best water regime in the spring period of plant vegetation and, accordingly, more intensive development of the root system, has ensured a higher yield of corn for grain in comparison with the traditional dump soil treatment system.

Abstract

Introduction. Questions of an in-depth study of the reaction of the root system of corn to grain, taking into account the morphological features of its fibrous structure, on the change in the agrophysical parameters of the cultivated soil layer (the density of addition and the productive moisture supply during the growing season), and, accordingly, on the crop yield under various systems main tillage is an urgent task. **Object.** The object of research is the root system of corn on the grain of the hybrid "Pioneer" 8688. **Materials and methods.** The studies were conducted in the south-eastern part of the Stavropol Territory on the southern chernozem using the traditional dump soil cultivation system and Strip-till technology. The dependence of the development of the plant root systems on the supply of productive moisture in the root layer of the soil and its density was determined by the dimensional theory method, and the intensity of filling the root space using the fractal geometry method. **Results and conclusions.** Mathematical modeling was performed by the dimensional method and an equation was obtained for the dependence of the intensity of root system development (degree of ripeness) S (kg / m^3) for various tillage systems on factors: the density of soil addition P (kg / m^3) and the reserves of productive moisture in the root layer of the soil W (m). The equation has the form: $S = C (W^2 / P)$, i.e. the development of the root system of corn for grain is in direct quadratic dependence on the supply of productive moisture and inversely on the density of the soil in the root layer, taking into account the correction coefficient C associated with the type of soil. Soil density in the spring and summer-autumn periods of vegetation was in the range of 1080 - 1150 kg / m^3 and 1210 - 1240 kg / m^3 , respectively, which falls within the optimal values of the density of addition for this crop. Moisture accumulation in the 0-1m layer in the spring is characterized by its large reserves with the Strip-till processing method compared to the traditional 0.12 m processing method, productive moisture reserves significantly decreased in the summer-autumn period, however, the tendency for a higher moisture content by Strip-till preserved, the excess is 0.04m. The analysis of the intensity of the development of the corn root system for grain under various primary tillage systems was carried out using the fractal geometry method and calculation of the length coefficient Kl and the branching coefficient of the root system Kb . The fractal dimension D of the root structure, determined by the formula $D = \ln Kb / \ln Kl$, characterizes the intensity of development of root systems as follows: the longer the branches (the less Kl) and the more of them (the higher Kb) for the root system, those. the higher the D value, the more intensive the filling of the soil space with the root system. A higher average value of the indicator $D_{cf} = 1.33$ was established when processing according to the Strip-till system in comparison with traditional tillage, $D_{cf} = 1.21$. Therefore, the greater the supply of productive moisture during the growing season of corn for grain and the lower the density of the soil in the root layer, with different primary tillage systems, the more intensively the soil space is filled with root systems, and therefore the higher the value of the fractal dimension D . In this regard, a tendency has been established for a higher yield of maize for grain using the Strip-till technology (4220 $\text{kg} / \text{m} \cdot 10^4$) in comparison with the traditional technology (3960 $\text{kg} / \text{m} \cdot 10^4$).

Key words: root system, corn for grain, soil tillage systems, southern chernozem, Central Ciscaucasia.

Citation. Kuzichenko Yu. A., Stukalov R. S., Gadzhumarov R. G. The formation of the corn root system for grain under various tillage systems in the zone of the Central Ciscaucasia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 74-81 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-07.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.51:633.15:631.582(470.62/.67)

ФОРМИРОВАНИЕ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В ЗОНЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Ю. А. Кузыченко, доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Р. С. Стукалов, кандидат сельскохозяйственных наук
Р. Г. Гаджиумаров, научный сотрудник

ФГБНУ «Северокавказский федеральный научный аграрный центр», г. Михайловск

Дата поступления в редакцию 17.12.2019

Дата принятия к печати 19.02.2020

Актуальность. Изучение влияния агрофизических параметров обрабатываемого слоя почвы (плотность сложения и продуктивный запас влаги) на развитие корневой системы кукурузы, а соответственно и на урожайность культуры при различных системах основной обработки почвы является актуальной задачей. **Объект.** Объектом исследований являются корневые системы кукурузы на зерно гибрида «Пионер» 8688. **Материалы и методы.** Исследования проводились в юго-восточной части Ставропольского края на черноземе южном с применением традиционной отвальной системы обработки почвы и технологии Strip-till. Зависимость развития корневой системы растения от запаса продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы и ее плотности определялась методом теории размерностей, а интенсивность заполнения корневого пространства методом фрактальной геометрии. **Результаты и выводы.** Анализ показал, что развитие корневой системы растения находится в прямой квадратичной зависимости от запаса продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы и обратной зависимости от ее плотности до определенных пределов. Плотность почвы в весенний период при применении технологии Strip-till ниже в сравнении с традиционной технологией на $0,07 \text{ г/см}^3$, а запас продуктивной влаги больше на 12 мм, соответственно и средняя величина показателя фрактальной размерности D степени развития корневых систем равная 1,33 выше, чем при традиционной обработке ($D = 1,21$). Установлена тенденция большей урожайности кукурузы на зерно по технологии Strip-till (4,22 т/га) в сравнении с традиционной технологией (3,96 т/га), несущественность различий в урожайности кукурузы на зерно (0,26 т/га) связана с весьма жесткими климатическими условиями летне-осеннего периода (ГТК = 0,23).

Ключевые слова: корневая система кукурузы, кукуруза на зерно, системы обработки почвы, чернозем южный, урожайность кукурузы.

Цитирование. Кузыченко Ю. А., Стукалов Р. С., Гаджиумаров Р. Г. Формирование корневой системы кукурузы на зерно при различных системах обработки почвы в зоне Центрального Предкавказья. *Известия НВ АУК.* 2020. 1(57). 74-81. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-07.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Корневая система любого растения является сложным биологическим объектом исследований, динамика развития которой зависит от комплекса исходных агрофизических параметров корнеобитаемого слоя почвы, создаваемых при различных техно-

логиях обработки почвы, в том числе и при минимальной обработке почвы с элементами технологии Strip-till [5, 7, 8, 12, 13]. Поэтому прогнозирование динамики ее развития при различных системах обработки почвы должно быть связано не только с учетом этих факторов в размерных величинах, но и с необходимостью установления степени их взаимозависимости, что позволит выйти на прогнозные модели развития корневых систем [2, 3, 4, 6, 14]. По данным С. П. Кравкова (1978), проводившим исследования с корневыми системами растений в зависимости от концентрации почвенного раствора, увеличение длины корней растений и увеличение веса свежих корней соответствует постепенному ослаблению концентрации водной вытяжки. Однако агрофизическая сторона вопроса изучена довольно поверхностно в плане ответа на вопрос, в какой мере та или иная степень плотности почвы и запас продуктивной влаги являются определяющими факторами для развития корневых систем и пространственного их распределения в объемной сфере [9, 11, 15]. Еще М. Краузе (1930) говорил о том, что крупноглыбистой структуре почвы присущ низкий объем капиллярных пор, содержащих воду, при этом движение воздуха высушивает поверхность комков почвы, а развитию корневых систем способствует в разумных пределах уплотненная почва. Основной целью исследований является установление зависимости развития корневых систем растений от складывающихся агрофизических условий в пахотном слое почвы с выходом на урожайность кукурузы при различных системах основной обработки почвы.

Материалы и методы. Исследования проводились на локальном почвенном массиве в юго-восточной части Ставропольского края. За весь цикл исследований отмечаются особо жесткие климатические условия летне-осеннего периода 2018 и 2019 годов с ГТК = 0,23, что соответствует острозасушливому периоду по классификации В. В. Синельщикова (1967). Почва – чернозем южный карбонатный, среднемощный, слабогумусированный, в сочетании с лугово-черноземными карбонатными до 10 %. Гумус – 3,0 % в 0 – 20 см; P_2O_5 = 11,3 мг/кг (по Мачигину); K_2O – 276 мг/кг; нитрификационная способность (по Кравкову) – 18 мг/кг; pH – 7,48. Размер исследовательской делянки 100 м², согласно методике Б. А. Доспехова (2014). Культуры: кукуруза на зерно по предшественнику озимая пшеница. Системы основной обработки: традиционная (вспашка на 20 – 22 см на фоне дисковой обработки бороной «Катрос» на 8 – 10 см) и комбинированная с элементами технологии Strip-till (дискование бороной «Катрос» на 8 – 10 см – обработка гербицидом «Раундап» – нарезка полос культиватором-щелерезом Blu-Jet на 20 – 22 см).

Используя метод размерностей и подобия [10], провели оценку степени зависимости развития корневых систем (степени задернелости) S (г/дм³) от факторов: плотности почвы P (т/м³) и запаса продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы W (мм). В общем виде уравнение выглядит следующим образом: $S = f(P, W)$. Далее проводятся математические операции над степенями размерностей показателей с выходом на формулу зависимости $S = P^a W^b$.

Анализ развития корневой системы кукурузы на зерно при различных способах основной обработки почвы проводился с использованием метода фрактальной геометрии и вычислением коэффициента длины Kl и коэффициента ветвления корневой системы Kb [1]. Фрактальная размерность D корневой структуры определялась по формуле $D = \ln Kb / \ln Kl$. Определенная таким образом фрактальная размерность D верно описывает «экстремальные» свойства анализируемых корневых структур: чем длиннее ответвления (чем меньше Kl) и чем их больше (чем выше Kb) для корневой системы, т.е. чем выше значение D , тем интенсивнее происходит заполнение пространства почвы корневой системой.

Результаты и обсуждение. Кукуруза на зерно имеет мочковатую корневую систему, с учетом этого метода размерностей проведено математическое моделирование зависимости развития корневых систем (степени задернелости) S (г/дм³) от факторов:

плотности сложения почвы P (т/м^3) в зоне прохода стоек культиватора-щелереза и при вспашке, а также запаса продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы W (мм). В общем виде уравнение выглядит следующим образом: $S = f(P, W) = P^\alpha W^\beta$. Тогда размерный ряд имеет следующие степенные параметры: $\text{кг}^{-3} \text{м}^{-3} = (\text{кг}^3 \text{м}^{-3})^\alpha (\text{м}^{-3})^\beta$; $(\text{кг})^{-3} = 3\alpha$; $\alpha = -1$. $(\text{м})^{-3} = -3\alpha - 3\beta$; $\beta = 2$. Уравнение имеет вид: $S = C(W^2/P)$, т.е. развитие корневой системы кукурузы на зерно находится в прямой квадратичной зависимости от запаса продуктивной влаги и обратной зависимости от плотности почвы в корнеобитаемом слое с учетом корректирующего коэффициента C , связанного с типом почвы.

В таблице 1 приводятся данные о плотности почвы и запасах продуктивной влаги в метровом слое в период весенней и летне-осенней вегетации культуры при традиционном способе обработки и по технологии Strip-till. Плотность почвы в эти периоды вегетации составляет диапазон 1,08 – 1,15 г/см^3 и 1,21 – 1,24 г/см^3 соответственно, что входит в пределы оптимальных значений плотности сложения для этих культур по классификации И. Б. Ревута (Медведев, 1988). Плотность почвы в весенний период имеет большие значения при традиционном способе обработки в сравнении со Strip-till на 0,07 г/см^3 . В течение летне-осеннего периода плотность почвы повышается, по традиционной обработке увеличение в сравнении со Strip-till составляет 0,03 г/см^3 .

Таблица 1 – Плотность почвы и запас продуктивной влаги в период вегетации кукурузы на зерно

Table 1 – Soil density and stock of productive moisture during the growing season of corn for grain

Способ обработки почвы / The method of tillage	Плотность почвы, г/см^3 / Soil density, g/cm^3		Продуктивный запас влаги, мм / Productive moisture supply, mm	
	весенний период / spring period	летне-осенний период / summer-autumn period	весенний период / spring period	летне-осенний период / summer-autumn period
Традиционный / Traditional	1,15	1,24	108	11,8
Strip-till	1,08	1,21	120	15,8

Установлено, что в весенний период накопления влаги слой 0-100 см характеризуется большими ее запасами при способе обработки по технологии Strip-till в сравнении с традиционным способом обработки на 12 мм. В летне-осенний период запасы продуктивной влаги значительно снизились в связи со складывающимся острозасушливым периодом вегетации, однако тенденция большего содержания влаги по Strip-till сохраняется, превышение составляет 4 мм.

Оценка степени развития и объемного заполнения корневой системой кукурузы на зерно почвенного пространства корнеобитаемого слоя проводилась методом фрактальной геометрии в приложении к реальным разветвленным структурам. Для этой цели проведены выборочный анализ (рисунок 1) и расчеты показателя фрактальной размерности D развития корневой системы кукурузы на зерно. При этом чем выше значение D , тем интенсивнее почвенное пространство заполняется корневыми системами, что связано с большими запасами продуктивной влаги и меньшей плотностью почвы в период вегетации культуры при различных способах основной обработки почвы.

Рисунок 1 – Корневая система кукурузы на зерно при различных способах основной обработки почвы (1 – система Strip-till; 2 – традиционная)

Figure 1 – The root system of corn for grain with various methods of primary tillage (1 – Strip-till system; 2 – traditional)

Установлено большее среднее значение показателя $D_{cp} = 1,33$ системы Strip-till в сравнении с традиционной технологией, $D_{cp} = 1,21$ (таблица 2), аналогичная закономерность отмечается по длине корней (L_{Σ}) и весу корней, при значительно большей высоте растений, разница составляет 10 см ($HCP = 7,9$ см; $F_{\phi} > F_t$).

Таблица 2 – Морфометрия корневой системы кукурузы на зерно

Table 2 – Morphometry of the root system of corn for grain

Способ обработки почвы / The method of tillage	Повторности / Repetitions	K_b	K_l	D_r	L_{Σ} , см	Вес, г / Weight, g	Высота 10 расте- ний, см / Height of 10 plants, cm
Традиционный / Tra- ditional	1	6,6	3,1	1,7	168	11,6	215
	3	2,07	2,7	0,73	60	3,09	
Strip – till	1	6,6	2,6	1,9	172	13,0	205
	3	0,48	2,6	0,77	69	5,28	

Следовательно, чем больше запас продуктивной влаги в период вегетации кукурузы на зерно и меньше плотность почвы в корнеобитаемом слое, при различных способах основной обработки почвы, тем интенсивнее почвенное пространство заполняется корневыми системами, тем выше и значение фрактальной размерности D .

Анализ урожайных данных показал тенденцию к увеличению урожайности кукурузы на зерно при технологии Strip-Till, разница с традиционной технологией составляет 0,26 т/га ($HCP = 0,84$ т/га; $F_{\phi} < F_t$). При этом основные затраты на средства защиты по технологии Strip-Till связаны с 3-х кратной обработкой стерни «Раундапом» в осенний и весенний периоды. При большем объеме трудозатрат по традиционной технологии в связи с большим объемом обработок почвы, разница составляет 2662 руб./га или 10 %.

Выводы. Анализ интенсивности развития корневой системы кукурузы на зерно при традиционном и комбинированном способе основной обработки с внедрением элементов технологии Strip-Till, имеющей большее среднее значение показателя $D_{cp} = 1,33$, показал преимущество внедрения комбинированного способа обработки почвы с повышением урожайности на 0,26 т/га в сравнении с традиционной технологией.

Библиографический список

1. Балханов В. К. Основы фрактальной геометрии и фрактального исчисления / от. ред.

Ю. Б. Башкуев. Улан-Удэ: Изд-во Бурятского госуниверситета. 2013. 224 с.

2. Векленко В. И., Силаева Л. П., Каблучков Е. Ю. Основные направления повышения эффективности производства зерна кукурузы // Вестник Курской ГСХА. 2014. №5. С. 7-10.

3. Влияние агротехнических факторов на плодородие почвы и урожайность кукурузы на зерно / А. Н. Воронин, В. Д. Соловichenko, Е. В. Навольнева, С. А. Дмитриенко // Кукуруза и сорго. 2015. №1. С. 9-14.

4. Горянин О. И. Дифференцированная система обработки почвы как элемент адаптивной системы земледелия Самарской области // Известия Оренбургского ГАУ. 2014. №5 (49). С. 23-25.

5. Кузыченко Ю. А. Минимализация систем обработки почвы под пропашные культуры в Ставропольском крае // Аграрный вестник Урала. 2013. №1 (107). С. 10-13.

6. Навальцев В. В., Никитин В. В., Соловichenko В. Д. Эффективность способов обработки и уровней удобренности на продуктивность кукурузы на зерно в Центрально-Черноземном регионе // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. №1 (43). Часть 3. С. 21-24.

7. Особенности формирования посева кукурузы на зерно при технологиях No-till и Strip-till в условиях лесостепи Центрально-Черноземного региона / Л. А. Наумкина, Е. Л. Сильванчук, А. М. Хлопьяников, А. Н. Крюков // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2016. №2 (10). С. 77-80.

8. Перспективы новых технологий Strip-till и No-till при возделывании кукурузы на зерно в условиях Белгородской области / Л. А. Наумкина, Е. Л. Сильванчук, А. Н. Крюков, А. М. Хлопьяников // Вестник Курской ГСХА. 2016. №3. С. 49-51.

9. Филин Ф. И., Михин Б. В. Реакция среднеранних гибридов кукурузы на способ обработки южного чернозема и густоту посева в степной зоне Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. №4 (36). С. 68-74.

10. Широков В. Н., Пархоменко Г. Г. Применение теории размерностей и подобия при определении параметров и режимов работы машин для обработки почвы // Научный журнал Кубанского ГАУ. 2015. № 110 (06). С. 2-14.

11. Ширяев А. В., Кузнецова Л. Н. Влияние систем обработки почвы на рост и развитие кукурузы на зерно // Вестник Курской ГСХА. 2014. №9. С. 38-40.

12. Dudenhoefter C. J., Nelson K. A. Utility of Phosphorus Enhancers and Strip – Tillage for Corn Production // Journal of Agricultural. 2013. №2. P. 37-46.

13. Mikova A., Alexandrova P., Dimitrov I. Maize Grain Yield Response to N Fertilization, Climate and Hybrids // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2013. № 19 (3). P. 454-460.

14. Sarauskis E., Vaitauskiene K. Research in strip tillage machine row cleaner technology process // Engineering for rural development. 2015. №20. P. 51-56.

15. Canales E., Bergtold J. S., Williams J. R. Modeling the Choice of Tillage Used for Dryland Corn, Wheat and Soybean Production by Farmers in Kansas // Agricultural and resource economics review. 2018. Vol. 47. P. 90-117.

Conclusions. Analysis of the intensity of the development of the root system of corn for grain in the traditional and combined method of main processing with the introduction of elements of the Strip-Till technology, which has a higher average value of the $D_{av} = 1.33$, showed the advantage of introducing a combined method of cultivating the soil with an increase in yield of $260 \text{ kg} / \text{m} \cdot 10^4$ in comparison with traditional technology.

References

1. Balhanov V. K. Osnovy fraktal'noj geometrii i fraktal'nogo ischisleniya / ot. red. Yu. B. Bashkuev. Ulan-Ud[el]: Izd-vo Buryatskogo gosuniversiteta. 2013. 224 s.

2. Veklenko V. I., Silaeva L. P., Kabluchkov E. Yu. Osnovnye napravleniya povysheniya jeffektivnosti proizvodstva zerna kukuruzy // Vestnik Kurskoj GSXA. 2014. №5. P. 7-10.

3. Vliyanie agrotehnicheskikh faktorov na plodorodie pochvy i urozhajnost' kukuruzy na zerno / A. N. Voronin, V. D. Solovichenko, E. V. Navol'neva, S. A. Dmitrienko // Kukuruza i sorgo. 2015. №1. P. 9-14.

4. Goryanin O. I. Differencirovannaya sistema obrabotki pochvy kak jelement adaptivnoj sistemy zemledeliya Samarskoj oblasti // *Izvestiya Orenburgskogo GAU*. 2014. №5 (49). P. 23-25.
5. Kuzychenko Yu. A. Minimalizaciya sistem obrabotki pochvy pod propashnye kul'tury v Stavropol'skom krae // *Agrarnyj vestnik Urala*. 2013. №1 (107). P. 10-13.
6. Naval'cev V. V., Nikitin V. V., Solovichenko V. D. Jefferektivnost' sposobov obrabotki i urovnej udobrennosti na produktivnost' kukuruzy na zerno v Central'no-Chernozemnom regione // *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*. 2016. №1 (43). Chast' 3. P. 21-24.
7. Osobennosti formirovaniya poseva kukuruzy na zerno pri tehnologiyah No-till i Strip-till v usloviyah lesostepi Central'no-Chernozemnogo regiona / L. A. Naumkina, E. L. Sil'vanchuk, A. M. Hlopyanikov, A. N. Kryukov // *Innovacii v APK: problemy i perspektivy*. 2016. №2 (10). P. 77-80.
8. Perspektivy novyh tehnologij Strip-till i No-till pri vzdelyvanii kukuruzy na zerno v usloviyah Belgorodskoj oblasti / L. A. Naumkina, E. L. Sil'vanchuk, A. N. Kryukov, A. M. Hlopyanikov // *Vestnik Kurskoj GSXA*. 2016. №3. P. 49-51.
9. Filin F. I., Mihin B. V. Reakciya srednerannih gibridov kukuruzy na sposob obrabotki yuzhnogo chernozema i gustotu poseva v stepnoj zone Nizhnego Povolzh'ya // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2014. №4 (36). P. 68-74.
10. Shirov V. N., Parhomenko G. G. Primenenie teorii razmernostej i podobiya pri opredelenii parametrov i rezhimov raboty mashin dlya obrabotki pochvy // *Nauchnyj zhurnal Kubanskogo GAU*. 2015. № 110 (06). P. 2-14.
11. Shiryayev A. V., Kuznecova L. N. Vliyanie sistem obrabotki pochvy na rost i razvitie kukuruzy na zerno // *Vestnik Kurskoj GSXA*. 2014. №9. P. 38-40.
12. Dudenhoefter C. J., Nelson K. A. Utility of Phosphorus Enhancers and Strip – Tillage for Corn Production // *Journal of Agricultural*. 2013. №2. P. 37-46.
13. Mikova A., Alexandrova P., Dimitrov I. Maize Grain Yield Response to N Fertilization, Climate and Hybrids // *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2013. № 19 (3). P. 454-460.
14. Sarauskis E., Vaitauskiene K. Research in strip tillage machine row cleaner technology process // *Engineering for rural development*. 2015. №20. P. 51-56.
15. Canales E., Bergtold J. S., Williams J. R. Modeling the Choice of Tillage Used for Dryland Corn, Wheat and Soybean Production by Farmers in Kansas // *Agricultural and resource economics review*. 2018. Vol. 47. P. 90-117.

Authors Information

Kuzichenko Yuri Alekseevich, chief researcher of the soil processing laboratory of the department of agro-landscape agriculture of the Federal State Budgetary Scientific Institution “North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center” (Russian Federation, 356241, Mikhailovsk, 49 Nikonova St.), Doctor of Agricultural Sciences, ORCID: www://orcid.org/0000-0002-6394-2447, E-mail: smc.yuka@yandex.ru

Stukalov Roman Sergeevich, Head of the Laboratory of Soil Processing, Federal State Budgetary Institution “North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center” (Russian Federation, 356241, Mikhailovsk, 49 Nikonova St.), candidate of agricultural sciences, ORCID: www://orcid.org/0000-0001-5721-4606, E-mail: stukalov.roma@mail.ru

Gadzhumarov Rasul Gadzhumarovich, Head of the Laboratory of Agricultural Crop Cultivation Technologies, Federal State Budgetary Institution “North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center” (49, Nikonov St., Mikhailovsk, 356241, Russia), Researcher, ORCID: www://orcid.org/0000-0002-4220-623X, E-mail: ra-sul_agro@mail.ru

Информация об авторах

Кузыченко Юрий Алексеевич, главный научный сотрудник лаборатории обработки почвы отдела агроландшафтного земледелия ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (РФ, 356241, г. Михайловск, ул. Никонова, 49), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: www://orcid.org/0000-0002-6394-2447, E-mail: smc.yuka@yandex.ru

Стукалов Роман Сергеевич, заведующий лабораторией обработки почвы ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (РФ, 356241, г. Михайловск, ул. Никонова, 49), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: www://orcid.org/0000-0001-5721-4606, E-mail: stukalov.roma@mail.ru

******* ИЗВЕСТИЯ *******

**НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:
НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ**

№ 1 (57), 2020

Гаджимаров Расул Гаджимарович, заведующий лабораторией технологий возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (РФ, 356241, г. Михайловск, ул. Никонова, 49), научный сотрудник, ORCID: www://orcid.org/0000-0002-4220-623X, E-mail: rasul_agro@mail.ru