

recovery of ventilation air into the microclimate control system on a swine farm of LLC "Firma Mortadel"]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*, 2014, No. 4 (9). Pp. 256-261. (In Rus.)

10. Tikhomirov D.A. Energoberegayushchiye elektricheskiye sistemy i tekhnicheskiye sredstva teploobespecheniya osnovnykh tekhnologicheskikh protsessov v zhivotnovodstve [Energy-saving electrical systems and technical means of heat supply of basic technological processes in animal husbandry]: DSc (Eng) thesis. Moscow, 2015. (In Rus.)

11. Kononenko A.S., Kiselev R.V. Vosstanovleniye radiatorov [Restoration of radiators]. *Sel'skiy mekhanizator*, 2004, No. 6. Pp. 22-23. (In Rus.)

12. Ignatkin I.Yu. Otsenka effektivnosti rekuperatsii teploty v svinarnike-otkormochnike ООО "Firma Mortadel" [Evaluation of the heat recovery efficiency on a swine-breeding farm of LLC "Firma Mortadel"]. *Vestnik FGOU VPO "MGAU imeni V.P. Goryachkina"*, 2016, No. 1 (71). Pp. 14-20. (In Rus.)

13. Napalkov G.N. Teplomassoperenos v usloviyakh obrazovaniya ineya [Heat and mass transfer in conditions of frost formation]. Moscow, Mashinostroyeniye, 1983, 189 p. (In Rus.)

Received on May 4, 2017

УДК 631.33.004.68

ИСАЕВ АЙДЫН ЮНИС ОГЛЫ, докт. философии по технике, доцент

E-mail: aydin.isayev.75@mail.ru

Азербайджанский государственный аграрный университет, проспект Ататюрка, 262, Гянджа, AZ 2000, Азербайджанская Республика

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРЯМОГО ПОСЕВА

Отмечаются преимущества нулевой обработки почвы и важность оценки качества посева при прямом посеве. Ставится цель обосновать условия качественного расположения семян в поле на основе математической модели процесса. Рассматриваются несколько моделей процесса расположения семян в рядке. Построена графическая зависимость, характеризующая коэффициент вариации интервалов между растениями в зависимости от полевой всхожести семян при разной точности посева. Вариант идеальной точности посева, т.е. имеющий наилучший результат, может служить оценочным при выборе существующей или при проектировании новой техники. Представлены формулы, описывающие интервалы между семенами. Установлено, что у последовательностей семян в рядке и у моделей этих последовательностей свойства автокорреляционных функций и спектров хорошо согласуются. Полученные формулы, описывающие интервал между семенами, позволяют на основе вероятности посева семян аппаратом определить вероятностные характеристики интервалов между семенами при работе посевной машины прямого посева. У последовательностей семян в рядке и у моделей этих последовательностей свойства автокорреляционных функций и спектров хорошо согласуются. У последовательностей растений в рядке и у рассмотренных моделей этих последовательностей свойства автокорреляционных функций и спектров не одинаковы. В то же время единственное различие этих последовательностей – наличие не взшедших семян, а единственное дополнительное ограничение, к которому прибегли при составлении модели рядка растений, – постоянство величины полевой всхожести.

Ключевые слова: посев, качество посева, посевная машина, всхожесть, вероятностная модель, коэффициент вариации, плотность вероятности.

Введение. Обработка почвы является одним из основных элементов системы земледелия. Создание оптимальной структуры почвы, благоприятные условия для посева, водного, воздушного и пищевого режимов всегда были ее наиболее важными задачами.

Традиционная система земледелия с использованием плуга, который полностью переворачивает почву и сильно ее рыхлит, вызывает раз-

рушение структуры почвы. Она становится менее плодородной вследствие удаления соломы или ее сжигания и заделывания растительных остатков глубоко в почву, а также гибели агрономически полезной макро- и мезофауны почвы, микроорганизмов. Интенсивная обработка почвы оказывает отрицательное воздействие на качество почвы, ее водное и воздушное содержание, а также на климат и ландшафты.

Существенным недостатком обработки почвы плугом является повышение опасности эрозии. Выбытие почв из оборота по причине эрозии представляет собой большую экологическую проблему в Азербайджане, где более половины посевных площадей находятся на склоновых почвах. Кроме того, в традиционном земледелии применяется значительное количество техники. Многочисленные проходы сельскохозяйственных машин по полю оказывают повышенную нагрузку на почву, что приводит к ее уплотнению, уменьшению инфильтрации влаги и увеличению смыва верхнего слоя [1-3].

Научные исследования и практический опыт [4-6] привели к разработке и внедрению различных ресурсосберегающих технологий взамен плужных и созданию системы сберегающего земледелия. Одним из направлений такой системы является нулевая обработка почвы, которая предусматривает широкое использование сеялок прямого посева.

Анализ проведенных исследований и наблюдений за работой сеялок прямого посева показывает, что они отвечают определенным задачам сберегающего земледелия. Однако все еще требуется совершенствование в таких конструкциях максимального обеспечения расположения семян в рядках.

Известно, что от размещения семян в рядке зависит урожайность. Поэтому возникает важность изучения возможности улучшения качества посева.

Материал и методы. При высеве семена должны размещаться через равные интервалы и в строго одинаковых количествах. Для этого необходимо, чтобы высевательный аппарат образовывал поток семян, выпадающих через равные интервалы пути сеялки, и чтобы в процессе транспортирования до места в рядке эти интервалы не изменялись.

Назовем «метками» точки рядка, в которые должны попасть семена при идеальном варианте обеспечения посева, и предположим, что такой посев произошел. Расстояние от произвольной точки рядка до любого i -го по порядку семени

$$t = b + a_i, \quad (1)$$

где b – расстояние от начала отсчета до первого семени, m ; a – расстояние между соседними семенами, m .

На такой модели удобно рассмотреть влияние невосхожих семян на качество размещения растений в рядке. Назовем «испытанием» процесс развития семени в растении и припишем каждому семени определенную, постоянную для всех семян вероятность f обеспечить расстояние (вероятность успеха) и вероятность $q = 1 - p$ оказаться невосхожим (вероятность неудачи). Получим схему независимых испытаний Бернулли, при которых количество m неудач, предшествующих первому успеху, распределено по геометрическому

закону [7]. Каждой «неудаче» в нашей модели соответствует приращение интервала между растениями на величину a . Поэтому случайное расстояние A между всходами также будет иметь геометрическое распределение

$$P\{A = ma\} = pq^{m-1} \quad (m = 1, 2, \dots) \quad (2)$$

со средним

$$M(A) = \frac{a}{p}, \quad (3)$$

дисперсией

$$D(A) = M^2(A)q \quad (4)$$

и коэффициентом вариации

$$v = \sqrt{1 - p} = \sqrt{q}. \quad (5)$$

Результаты исследования. На рисунке 1 кривая 1 характеризует коэффициент вариации интервалов между растениями в зависимости от полевой всхожести семян при идеальном варианте посева, т.е. такой результат, лучше которого добиться невозможно. Как следует из рисунка, даже при полевой всхожести $p = 0,8$ (т.е. 80%) коэффициент вариации $v = 0,45$. При полевой всхожести $p = 0,6$ и менее усилия, затрачиваемые на точное размещение семян, практически теряют реальную основу.

Сведения о последовательности случайных величин, заключающиеся в одномерном распределении вероятностей, не могут считаться полными, если нет уверенности в статистической независимости этих величин. Можно показать, что в рассмотренной модели интервалы между растениями взаимно независимы. Это значительно упрощает многие расчеты и рассуждения, так как распределение вероятностей одиночного интервала полностью описывает всю их последовательность. Кроме того, интервалы между растениями, замеренные подряд, один за другим, могут рассматриваться как независимые наблюдения над случайной величиной. Это позволяет использовать статистические критерии согласия в таких задачах, как, например, сравнение выборочных средних или дисперсий из разных совокупностей.

Реализация рассмотренной модели представляет серьезные технические трудности. Хотя существуют машины (например, с высевом семян в бумажной ленте), позволяющие высевать семена практически с равными интервалами, далеко не всегда удается предоставить им одинаковые условия для развития, одинаковую вероятность всхожести.

Наиболее широко распространенные сеялки не обеспечивают точного размещения семян. Каждое из семян при падении в борозду, а также при последующей заделке отклоняется от метки на некоторую величину Z . Допустим, что все от-

клонения Z_i статистически независимы и имеют одинаковые распределения $F(Z)$, дисперсия которых достаточно мала, так что наложения соседних распределений (т.е. инверсий семян [8, 9]) не происходит. Этому условию удовлетворяет, например, нормальное распределение со средним, равным нулю, и дисперсией, обеспечивающей неравенство $3\sigma_z = 0,5a$ или $\frac{\sigma_z}{a} \leq \frac{1}{6}$. Примем также, что высевной аппарат работает без пропусков. Расстояние между семенами в такой модели представляет собой сумму расстояний между соседними метками и двух независимых отклонений:

$$X_i = Z_i + a - Z_{i+1}. \quad (6)$$

Среднее остается равным a , дисперсия

$$D(X) = 2D(Z), \quad (7)$$

коэффициент вариации

$$v = \frac{\sigma_x}{a} \sqrt{2}. \quad (8)$$

Структура модели существенно зависит от отношения $J = \frac{\sigma_z}{a}$ – индекса вариации.

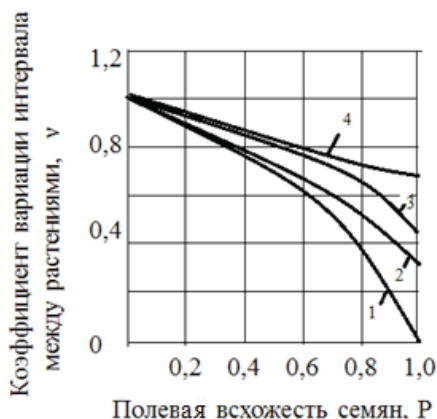


Рис. 1. Коэффициент вариации (v) интервалов между растениями в зависимости от полевой всхожести P при разной точности высева семян: 1 – $J = 0,0$; 2 – $J = 0,25$; 3 – $J = 0,316$; 4 – $J = 0,5$

Далеко не всегда предоставляется возможность аналитически определить автокорреляционную функцию и спектральную плотность случайного процесса. Однако простота вероятностного механизма рассматриваемой модели позволяет сделать это. Выберем любую пару зависимых отклонений величин X_i и X_{i+k} из интервалов, составляющих последовательность, и найдем их ковариационный момент [7].

$$R_k = M \{ [X_i - M(X)] [X_{i+k} - M(X)] \}. \quad (9)$$

С учетом (6)

$$R_k = M \{ [Z_i - Z_{i+1}] [Z_{i+k} - Z_{i+k}] \}, \quad (10)$$

где M – математическое ожидание выражения в скобках; i, k – произвольные индексы.

Согласно правилам действий над математическими ожиданиями и свойствам отклонения

$$M(Z_i - Z_{i+1}) = \begin{cases} 0, & r \neq 0; \\ D(Z), & r = 0. \end{cases} \quad (11)$$

Раскрыв скобки в (10) и поделив все R_k на дисперсию $D(X)$, получим значения автокорреляционной функции

$$P_k = \begin{cases} 1, & k = 0; \\ -0,5, & k = 1; \\ 0, & k > 1. \end{cases} \quad (12)$$

Таким образом, лишь первый член автокорреляционной функции последовательности интервалов (6) отличается от нуля, т.е. взаимно коррелированы только соседние интервалы.

На рисунке 2 показаны выборочные и теоретический спектры, соответствующие автокорреляционным функциям. Некоторые расхождения автокорреляционных функций и спектров с теоретическими в значительной мере объясняются свойствами выборочных оценок [10] этих характеристик. Сказываются также пропуски в работе высевных аппаратов, что проявляется в добавлении к теоретическим функциям независимой составляющей, имеющей спектр в виде горизонтальной прямой. Кроме того, при больших значениях коэффициента вариации интервалов появляются наложения соседних отклонений, что искажает модель (6).

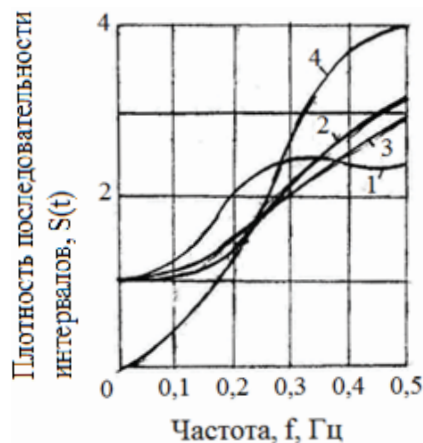


Рис. 2. Спектральные плотности интервалов между семенами: 1, 2, 3 – выборочные; 4 – теоретическая

Описание последовательности интервалов между растениями получим, допустив в рассмотренной модели наличие невсхожих семян. Вероятность

всхожести предполагается постоянной и одинаковой для всех семян. Расстояние между соседними растениями будет представлять теперь сумму случайного расстояния A с распределением (1) между двумя метками, соответствующим проросшим семенам, и двух отклонений Z от этих меток:

$$X_i = Z_i + A_i - Z_{i+1}. \quad (13)$$

Среднее расстояние между растениями определится выражением (3), дисперсия интервалов

$$D(X) = D(A) + 2D(Z) = M^2(A)q + 2D(Z), \quad (14)$$

коэффициент вариации

$$v = \sqrt{\frac{D(X)}{M^2(A)}} = \sqrt{q + 2p^2J^2}. \quad (15)$$

В формуле (15) первый член подкоренного выражения содержит квадраты величин, меньших единицы, поэтому можно ожидать, что коэффициент вариации во многих случаях будет определяться величиной не всхожести семян q . На рисунке 1 кривые 2, 3 и 4 характеризуют коэффициент вариации как функцию полевой всхожести при разных значениях J .

Из рисунка следует, что в левой части графика эти кривые близки кривой 1, соответствующей идеальному размещению семян. Даже при полевой всхожести $p = 0,7$ качество раскладки мало сказывается на коэффициенте вариации интервалов между растениями. Лишь при увеличении всхожести до $p = 0,8$ и более качество расположения растений вдоль ряда существенно зависит от J , т.е. от точности высева.

Для вычисления ковариационного момента интервалов X_i и X_{i+k} между растениями на основании (9) и (13) имеем

$$R_k = M \left\{ \left[Z_i + A_i - M(A) - Z_{i+1} \right] \times \left[Z_{i+k} + A_{i+k} - M(A) - Z_{i+k+1} \right] \right\}. \quad (16)$$

Произведя необходимые преобразования, вычислим автокорреляционную функцию интервалов между семенами

$$P_k = \begin{cases} D(Z) & k = 0; \\ -\frac{D(Z)}{2D(Z) + D(A)}, & k = 1; \\ 0 & k > 1. \end{cases} \quad (17)$$

Спектральная плотность последовательности интервалов непрерывна и определена на интервале частот $0 \leq f \leq 0,5$ Гц (рис. 2). Из автокорреляционной функции нормированную спектральную плотность можно получить с помощью дискретного косинус-преобразования Фурье:

$$S(f) = 2 \left[1 + 2 \sum_{k=1}^{\infty} p_k \cos(2\pi f) \right]. \quad (18)$$

Применительно к (12) это выражение запишется в виде

$$S_{\bar{n}}(f) = 2[1 - \cos(2\pi f)]. \quad (19)$$

Используя (18), формулу для спектральной плотности интервалов запишем в виде

$$S_c(f) = 2 \left[1 - \frac{2D(Z)}{2D(Z) + D(A)} \cos(2\pi f) \right]. \quad (20)$$

Выразив дисперсии с помощью (4) и (7), получим

$$S_{\delta}(f) = 2 \left[1 - \frac{v_{\bar{n}}^2}{v_{\bar{n}}^2 + \frac{1-p}{p^2}} \cos(2\pi f) \right], \quad (21)$$

где v_c – коэффициент вариации интервалов между семенами.

Теоретические автокорреляционные функции и спектры последовательностей интервалов (13) между растениями похожи на аналогичные характеристики интервалов между семенами, однако особенности их выражены менее ярко. Корреляция смежных интервалов хотя и отрицательна по знаку, но мала по величине. График спектра с уменьшением всхожести постепенно преобразуется в горизонтальную прямую.

Как видно, рассмотренная модель последовательности интервалов между растениями недостаточно полно отражает особенности, свойственные реальному ряду растений, и непригодна для описания его спектра и корреляционных свойств.

Проанализируем более сложную модель. Допустим, что индекс вариации интервалов между семенами существенно больше тех значений, которые мы приписывали ему ранее. Вероятностная структура интервала при этом значительно усложняется, так как в результате наложения нескольких соседних отклонений порядок расположения семян в рядке может не совпадать с порядком их выпадения из высевашеющего аппарата. Это явление характерно для многих конструкций сеялок при работе на большой норме высева и повышенных скоростях движения. Предельная форма модели при $J \rightarrow \infty$ – простейший поток случайных событий. Применительно к процессу высева интерес представляет промежуточная форма с конечным (не слишком большим) индексом вариации.

Примем за начало отсчета месторасположение в рядке любого зерна. Отклонение этого зерна от соответствующей метки предположим фиксированным (известным) и обозначим его Z_0 . Тогда расстояние от начала отсчета до любого i -го ($i = \pm 1, \pm 2, \dots$) зерна

$$X_i = Z_0 + ia - Z_i. \quad (22)$$

Вследствие большой величины индекса вариации X_i зерно с любым индексом может оказать

ся положительным или отрицательным по знаку, то есть любое i -е зерно может оказаться как справа, так и слева от начала отсчета. Расстояние от начала отсчета до ближайшего справа зерна обозначим Y . Отложим по оси рядка отрезок $(0; t)$ произвольной длины и определим вероятность непопадания в этот отрезок ни одного зерна. Поскольку все Z независимы, эта вероятность определится как произведение вероятностей непопадания каждого из высеянных зерен в выбранный отрезок:

$$P\{Y > t\} = \prod_{i=1}^N \left[1 - \int_0^t f(Z_o - ia + x) dx \right], \quad (23)$$

где Π – произведение; $f(x)$ – плотность вероятности отклонения Z .

Вероятность, дополняющая (23) до единицы, есть условная функция распределения величины интервала при условии, что Z фиксировано:

$$F_y \left(\frac{t}{Z_o} \right) = 1 - p\{y > t\}. \quad (24)$$

Безусловное (маргинальное) распределение получим, проинтегрировав (24) по всем возможным значениям отклонения:

$$F_y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} F_y \left(\frac{t}{Z_o} \right) f(Z_o) dZ_o. \quad (25)$$

Рядок растений, образованный описанной последовательностью семян, будет отличаться от нее пропусками на месте семян, не давших всходов. Формально это равноценно невыпаданию некоторых семян из высевающего аппарата или непопаданию соответствующих меток. Постоянную для всех семян вероятность всхожести p запишем в (23) в качестве множителя перед знаком интеграла. Полученное выражение определит вид функции распределения интервалов между растениями, однако для практического ее использования необходимо ограничить пределы изменения индекса i .

Таким образом,

$$F_y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \{1 - p\} \prod_{i=1}^N \left[1 - p \int_0^t f(Z_o - ia - x) dx \right] f(Z_o) dZ_o. \quad (26)$$

Плотность вероятности интеграла определяется дифференцированием этого выражения по переменной t .

$$f_e(t) = \frac{d}{dt} F_y(t). \quad (27)$$

В случае замены интеграла суммой (при использовании численных методов) пределы суммирования необходимо ограничить.

Формулы (26) и (27) – наиболее общее описание интервала между семенами и между растениями. Придав величине p смысл вероятности невысева семян аппаратом, можно определить вероятностные характеристики интервалов между семенами при работе аппарата с пропусками. Изменяя значения σ_z и a , а также величину всхожести, получим описание интервала между семенами или между растениями для любой из рассмотренных моделей.

Выводы

Формулы, описывающие распределение интервалов между растениями и моменты этого распределения, справедливы и помогут при качественной оценке работы посевной техники прямого посева.

Библиографический список

1. Кирюшин В.И. Проблема экологизации земледелия в России (Белгородская модель) // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 12. С. 3-9.
2. Баширова Н.Ф. Совершенствование технологического процесса почвообработки и комбинированной машины: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Гянджа, 2015. 24 с.
3. Руденко Н.Е. Технологии бывают разные. Ставрополь: ГКУ Ставропольский сельскохозяйственный информационно-консультационный центр, 2014. 4 с.
4. Корчагин В.А., Горянин О.И. Прямой посев зерновых культур в степных районах среднего Поволжья // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. № 5 (3). Т. 16. С. 1075-1080.
5. Иванюк В. Адаптация системы прямого посева // Аграрный консультант. Усть-Любинск. 2012. № 2 (5). С. 12-17.
6. Исаев А.Ю. Изученность эффективных технологий для эродированных почв // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2012. № 29. С. 255-257.
7. Григорьев-Голубев В.В. Теория вероятностей и математическая статистика: Руководство по решению задач. СПб.: БХВ-Петербург, 2014. 256 с.
8. Оськин С.В., Тарасенко Б.Ф. Эффективные комплексы почвообрабатывающих агрегатов: Монография. Краснодар: Куб. ГАУ, 2016. 381 с.
9. Гаврилов К.Л. Тракторы и сельскохозяйственные машины иностранного и отечественного производства: устройство, диагностика и ремонт. М.: Звезда, 2010. 351 с.
10. Хайлис Г.А. Исследования сельскохозяйственной техники и обработка опытных данных. М.: Колос, 1994. 168 с.

Статья поступила 13.04.2017

ASSESSMENT OF DIRECT SOWING QUALITY

AIDYN UNIS OGLY ISAYEV, DSc (Phil. in Technology), Associate Professor

E-mail: aydin.isayev.75@mail.ru

Azerbaijan State Agrarian University, Ataturk ave., 262, Ganja, AZ 2000, Republic of Azerbaijan

The paper stresses the advantages of zero tillage and the importance of assessing the seeding quality in direct seeding. The author's goal is to determine the conditions for qualitative embedding of seeds in the field basing on a mathematical model of the process. He gives account of several models of an in-row seed arrangement and offers a graphical relationship scheme describing the coefficient of interval variation between plants depending on the field germination of seeds at various seeding accuracy. Ideal precision seeding, i.e. ensuring the best yield, can serve as a reference model when choosing an existing technique or elaborating a new one. The paper presents formulas describing intervals between seeds. It has been established that the properties of autocorrelation functions and spectra are in good accordance for in-row seed arrangements and their models. The obtained formulas describe the interval between seeds and make it possible, basing on the probability of seed distribution by a sowing machine, to determine probabilistic characteristics of intervals between seeds during the operation of a direct sowing machine. The author proves that in-row seed arrangements and their models are characterized by good accordance of the properties of autocorrelation functions and spectra. However, in-row plant arrangements and their models are characterized by non-identical properties of autocorrelation functions and spectra. At the same time, the only difference between these arrangements is the presence of unsprouted seeds, and the only additional restriction used for making a model of an in-row plant arrangement is the constancy of field germination indicator.

Key words: sowing, sowing quality, sowing machine, germination, probabilistic model, coefficient of variation, probability density.

References

1. Kiryushin V.I. Problema ekologizatsii zemledeliya v Rossii (Belgorodskaya model') [The problem of farm ecologization in Russia (Belgorod model)]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2012, No. 12. Pp. 3-9. (In Rus.)
2. Bashirova N.F. Sovershenstvovaniye tekhnologicheskogo protsessa pochvoobrabotki i kombinirovannoy mashiny [Improving technological process of soil cultivation and a combined machine design: Self-review of PhD (Eng) thesis. Gyanja, 2015, 24 p. (In Rus.)
3. Rudenko N.Ye. Tekhnologii byvayut raznyye [There can be different technologies]. Stavropol': GKU Stavropol'skiy sel'skokhozyaystvennyy informatsionno-konsul'tatsionnyy tsentr, 2014. 4 p. (In Rus.)
4. Korchagin V.A., Goryanin O.I. Pryamoy posev zernovykh kul'tur v stepnykh rayonakh srednego Povolzh'ya [Direct sowing of grain crops in steppe areas of the Middle Volga region]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 2014, No. 5 (3), Vol. 16. Pp. 1075-1080. (In Rus.)
5. Ivanyuk V. Adaptatsiya sistemy pryamogo poseva [Adaptation of a direct sowing system]. *Agrarnyy konsul'tant, Ust'-Lyubinsk*, 2012, No. 2 (5). Pp. 12-17. (In Rus.)
6. Isayev A.Yu. Izuchennost' effektivnykh tekhnologiy dlya erodirovannykh pochv [The study of effective technologies for dealing with eroded soils]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2012, No. 29. Pp. 255-257. (In Rus.)
7. Grigor'yev-Golubev V.V. Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika: Rukovodstvo po resheniyu zadach [Theory of probability and mathematical statistics: a guide to problem solving]. SPb., BKhV-Peterburg, 2014, 256 p. (In Rus.)
8. Os'kin S.V., Tarasenko B.F. Effektivnyye komplekсы pochvoobrabatyvayushchikh agregatov: Monografiya [Effective complexes of soil-cultivating units: Monograph]. Krasnodar, Kub. GAU, 2016, 381 p. (In Rus.)
9. Gavrilov K.L. Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny inostrannogo i otechestvennogo proizvodstva: ustroystvo, diagnostika i remont [Tractors and agricultural machines of foreign and domestic production: design, diagnostics and repair]. Moscow, Zvezda, 2010, 351 p. (In Rus.)
10. Khaylis G.A. Issledovaniya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki i obrabotka opytnykh dannykh [Research of agricultural machinery and experimental data processing]. Moscow, Kolos, 1994, 168 p. (In Rus.)

Received on April 13, 2017