УДК 633.14:311

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИНТЕРВАЛА ЗНАЧЕНИЙ УДЕЛЬНОЙ МАССЫ ЗЕРНА ОЗИМОЙ РЖИ ФАЛЕНСКАЯ 4 И СКЛЕРОЦИЙ СПОРЫНЬИ

[1]Сысуев В.А., [1]Саитов В.Е., [2]Фарафонов В.Г., [2]Саитов А.В.

[1]ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока», Киров;

[2]ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия», Киров, e-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru

Актуальной задачей отделения зерна от вредных примесей является очистка ржи от спорыньи, ядовитой даже в небольших долях. Физико-механические свойства склероций спорыньи имеют близкие значения аналогичным значениям зерна ржи, поэтому традиционные методы не дают хороших результатов отделения спорыньи от ржи. Одним из свойств, по значениям которого спорынья отличается от ржи, является удельная масса (плотность массы), что позволяет использовать растворы соли в качестве разделителя ржи и спорыньи. Применение этого способа требует знания интервалов значений плотностей конкретных сортов ржи и сопутствующим им спорыньи. В данной работе дается оценка интервалов плотностей озимой ржи сорта Фаленская 4 и сопутствующей ей спорыньи, а также зависимость процента потерь ржи от плотности раствора натриевой соли (NaCl). При проведении исследований использовали 10 навесок зерен озимой ржи сорта Фаленская 4 и 10 навесок склероций спорыньи влажностью 14%. Каждая навеска содержала 1000 штук зерен ржи или 1000 штук склероций спорыньи. Взвешивание навесок зерен озимой ржи и склероций спорыньи осуществляли при помощи электронных весов марки САРТОГОСМ ЛВ 210А с точностью до $1 \cdot 10^{-7}$ кг. Для определения занимаемого объема каждой навеской зерен озимой ржи и склероций спорыньи использовали мерные цилиндры с градуировкой деления $1 \cdot 10^{-6}$ м^3, в которые предварительно наливалась дистиллированная вода. С учетом интервальной статистической оценки плотность зерна озимой ржи распределяется в интервале 1100…1300 кг/м^3, а склероций спорыньи – в интервале 960…1080 кг/м^3. Исходя из этого для эффективного разделения зерен озимой ржи сорта Фаленская 4 от склероций спорыньи раствор соли должен быть приготовлен с плотностью 1090…1110 кг/м^3.

Ключевые слова: зерновой материал, озимая рожь, злаковая культура, спорынья, ядовитая примесь, зерноочистительная машина, удельная масса зерна, раствор соли

STATISTICAL EVALUATION OF VALUE INTERVAL OF GRAIN SPECIFIC WEIGHT OF WINTER RYE FALENSKAYA 4 AND ERGOT SCLEROTIA

[1]Sysuev V.A., [1]Saitov V.E., [2]Farafonov V.G., [2]Saitov A.V.

[1]Agricultural Research Institute of the North-East, Kirov;

[2]Viatka State Agricultural Academy, Kirov, e-mail: vicsait-valita@e-kirov.ru

The actual task of separating grain from harmful impurities is to clean rye from ergot, poisonous even in small fractions. Physical and mechanical properties of ergot sclerotia have close values similar to those of rye grain, so the traditional methods do not give good results in separating ergot from rye. One of the properties that ergot differs from rye is a specific weight (mass density), which allows the use of salt solutions as a rye and ergot separator. Application of this method requires knowledge of density values` range of rye specific varieties and ergot attendants. In this article, we assess the density range of winter rye Falenskaya 4 and ergot attendant, as well as the dependence of rye loss percent on sodium salt solution (NaCl) density. In conducting research, 10 samples of winter rye grains of Falenskaya 4 variety and 10 samples of ergot sclerotia with a moisture content of 14% were used. Each sample contained 1000 pieces of rye grains or 1000 pieces of ergot sclerotia. Weighing of winter rye grain samples and ergot sclerotia samples was carried out with the help of electronic scales brand SARTOGOSM LV 210A having accuracy of 1·10-7 kg. Measuring cylinders with graduations division 1·10-6 m^3 pre-filled by distilled water were used to determine the volume occupied by each measuring sample of winter rye grains and ergot sclerotia. Taking into account the interval statistical evaluation, the density of winter rye grain is distributed in the range of 1100 ... 1300 kg/m^3, and ergot sclerotia - in the range of 960 ... 1080 kg/m^3. Proceeding from this fact, for efficient separating winter rye grains of Falenskaya 4 variety from ergot sclerotia, salt solution should have a density of 1090 ... 1110 kg/m^3.

Keywords: grain material, winter rye, cereals, ergot, poisonous impurity, grain cleaning machine, grain specific weight, salt solution

Основным сырьем для производства наиболее важных продуктов питания человека и кормов животных является зерно сельскохозяйственных культур. Поэтому увеличение валового сбора зерна – важнейшая из задач, стоящих перед агропромышленным комплексом Российской Федерации. Один из главных резервов повышения производства зерна – это использование для посева высококачественного зернового материала, очищенного от примесей [1].

В структуре валового сбора зерновых культур особое место занимает озимая рожь. Она является традиционной и наиболее распространенной в Приволжском федеральном округе Российской Федерации зерновой культурой в сельскохозяйственном производстве вследствие неприхотливости к ус-

ловиям произрастания, способности давать достаточно высокие и гарантированные урожаи на почвах с невысоким плодородием. Однако рожь часто поражается спорыньей, которая является ядовитой примесью. Сильная поражаемость ржи спорыньей объясняется продолжительностью цветения и особенностями строения ее цветков, для которых характерно перекрестное опыление, и они продолжительное время бывают открытыми, а также повышенной влажностью воздуха и почвы [2, 3].

Очистку зерна ржи от склероций спорыньи осуществляют при помощи воздушно-решетно-триерных машин, пневмосортировальных столов, фотосепараторов и других устройств. Физико-механические свойства склероций спорыньи имеют близкие значения аналогичным значениям зерна ржи, поэтому традиционные методы не дают хороших результатов отделения спорыньи от ржи [4].

Одним из свойств, по значениям которого спорынья отличается от ржи, является удельная масса (плотность массы), что позволяет использовать растворы соли в качестве разделителя ржи и спорыньи [5].

Поэтому для очистки зернового материала «мокрым» способом требуется определение удельной массы зерна озимой ржи и склероций спорыньи для приготовления солевого раствора определенной плотности с целью уменьшения потерь зерна в отходы и гарантированного выделения склероций спорыньи.

Цель исследования – определение удельной массы зерна озимой ржи и склероций спорыньи для нахождения условий их разделения в растворе соли.

Материалы и методы исследования

С целью определения удельной массы озимой ржи сорта Фаленская 4 и склероций спорыньи использовали для каждой 10 навесок. Каждая навеска содержала 1000 штук зерен ржи или 1000 штук склероций спорыньи, влажность каждой навески составляла 14 % (рис. 1).

Взвешивание навесок зерен озимой ржи и склероций спорыньи осуществляли при помощи электронных весов марки САРТОГОСМ ЛВ 210А с точностью до $1 \cdot 10^{-7}$ кг. Для определения занимаемого объема каждой навеской зерен озимой ржи и склероций спорыньи использовали мерные цилиндры с ценой деления $1 \cdot 10^{-6}$ м^3, в которые предварительно наливалась дистиллированная вода (рис. 2).

а

б

Рис. 1. Навеска зерен озимой ржи сорта Фаленская 4 (а) и склероций спорыньи (б)

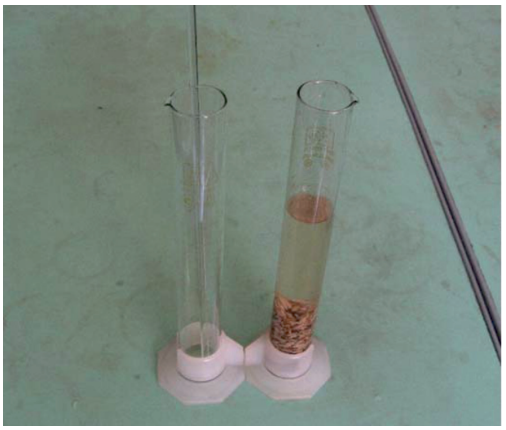
Навеска зерен ржи (склероций спорыньи) засыпалась в мерный сосуд с водой и перемешивалась стеклянной палочкой для ликвидации захваченных зернами (склероциями спорыньи) пузырьков воздуха. Занимаемый объем $V_{i.з(i.с)}$ i-ой навеской зерен озимой ржи (склероциями спорыньи) i-го измерения определялся по формуле

$$V_{i.з(i.с)} = V_{iв.з(iв.с)} - V_{iв}, \quad (1)$$

где $V_{iв.з(iв.с)}$ – объем воды в мерном сосуде с i-ой навеской зерна озимой ржи (склероциями спорыньи), м^3;

$V_{iв}$ – объем воды, налитой в мерный сосуд, при i-ом измерении, м^3.

а



б

Рис. 2. Электронные весы марки САРТОГОСМ ЛВ 210А (а) и мерные цилиндры для определения занимаемого объема навеской зерна озимой ржи или склероциями спорыньи (б)

Среднее значение массы навески $m_{\text{ср.з(ср.с)}}$ и среднее значение занимаемого навеской объема $V_{\text{ср.з(ср.с)}}$, найденные для 10 навесок зерен озимой ржи (склероций спорыньи), определяли по выражениям

$$m_{\text{ср.з(ср.с)}} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} m_{i.\text{з}(i\text{,с})},$$

$$V_{\text{ср.з(ср.с)}} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} V_{i.\text{з}(i\text{,с})}, \qquad (2)$$

где $m_{i.\text{з}(i.\text{с})}$ – масса i-ой навески 1000 штук зерен озимой ржи (склероций спорыньи), кг; N – число навесок зерна или склероций спорыньи, $N = 10$ шт.

Средние квадратические отклонения измерений массы $S_{\text{з(с)}}(m)$ и объема $S_{\text{з(с)}}(V)$ навесок зерна озимой ржи (склероций спорыньи) определяли по выражениям [6]:

$$S_{\text{з(с)}}(m) = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}\left(m_{i.\text{з}(i.\text{с})} - m_{\text{ср.з(ср.с)}}\right)^2}, \qquad (3)$$

$$S_{\text{з(с)}}(V) = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}\left(V_{i.\text{з}(i.\text{с})} - V_{\text{ср.з(ср.с)}}\right)^2}. \qquad (4)$$

Каждое прямое измерение массы $m_{i.\text{з}(i.\text{с})}$ и объема $V_{i.\text{з}(i.\text{с})}$ проверялось на понятие «грубое измерение». Для этого определяли выполнение неравенств

$$\left|m_{i.\text{з}(i.\text{с})} - m_{\text{ср.з(ср.с)}}\right| > 3S_{\text{з(с)}}(m),$$

$$\left|V_{i.\text{з}(i.\text{с})} - V_{\text{ср.з(ср.с)}}\right| > 3S_{\text{з(с)}}(V). \qquad (5)$$

В случае выполнения неравенств (5) измерение нужно было бы отбросить. Все результаты оказались прямыми измерениями [6].

Плотность $\rho_{i.\text{з}(i.\text{с})}$ зерна (склероций спорыньи) в каждой навеске и его среднее значение $\rho_{\text{ср.з(ср.с)}}$ находили по формулам

$$\rho_{i,\text{з}(i,\text{с})} = \frac{m_{i,\text{з}(i,\text{с})}}{V_{i,\text{з}(i,\text{с})}},$$

$$\rho_{\text{ср.з(ср.с)}} = \frac{m_{\text{ср.з(ср.с)}}}{V_{\text{ср.з(ср.с)}}}. \qquad (6)$$

Абсолютные погрешности измерений массы $\Delta m_{\text{з(с)}}$ навески и занимаемого объема $\Delta V_{\text{з(с)}}$ навеской зерен озимой ржи (склероций спорыньи) определялись по выражениям [6]:

$$\Delta m_{\text{з(с)}} = \frac{t_{p,N} S_{\text{з(с)}}(m)}{\sqrt{N}},$$

$$\Delta V_{\text{з(с)}} = \frac{t_{p,N} S_{\text{з(с)}}(V)}{\sqrt{N}}, \qquad (7)$$

$t_{p,\,N}$ – табличный коэффициент Стьюдента, определяемый по доверительной вероятности $p = 0{,}95$ и числу измерений $N = 10$, $t_{0{,}95;\,10} = 2{,}26$ [6].

Абсолютные погрешности одиночных измерений массы $\Delta m_{\text{оз(ос)}}$ навески и занимаемого объема $\Delta V_{o.\text{з}(c)}$ навеской зерен озимой ржи (склероций спорыньи) равны цене деления и половине цены делений измерительных приборов соответственно [6].

Абсолютные погрешности одиночных измерений массы $\Delta m_{\text{о.з(с)}}$ навески много меньше абсолютной погрешности многократных (десяти) измерений массы $\Delta m_{\text{з(с)}}$: $\Delta m_{\text{о.з(с)}} = 1\cdot10^{-7}$ кг $<< \Delta m_{\text{з(с)}}$.

Для занимаемых объемов эти значения одного порядка $\Delta V_{\text{о.з(с)}} = 0{,}5\cdot10^{-6}$ м^3 ~ $\Delta V_{\text{з(с)}} = 0{,}8269$ $(0{,}8405)\cdot10^{-6}$ м^3 [7]. Поэтому

общая погрешность измерений занимаемого объема навеской зерен равна

$$\Delta V_{\text{об.з(с)}} = \sqrt{\Delta V^2_{\text{о.з(с)}} + \Delta V^2_{\text{з(с)}}}. \quad (8)$$

Относительную погрешность измерения массы $\varepsilon_{m_{\text{З(С)}}}$ навески и занимаемого объема $\varepsilon_{V_{\text{З(С)}}}$ навеской зерен озимой ржи (склероций спорыньи) находили в виде

$$\varepsilon_{m_{\text{З(С)}}} = \frac{\Delta m_{\text{з(с)}}}{m_{\text{ср.з(ср.с)}}},$$

$$\varepsilon_{V_{\text{З(С)}}} = \frac{\Delta V_{\text{об.з(с)}}}{V_{\text{ср.з(ср.с)}}}. \quad (9)$$

Относительная погрешность определения удельной массы (плотности) зерна озимой ржи (склероций спорыньи) определялась по формуле [6]:

$$\varepsilon_{\rho_{\text{З(С)}}} = \sqrt{\left(\frac{\Delta m_{\text{з(с)}}}{m_{\text{ср.з(ср.с)}}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V_{\text{об.з(с)}}}{V_{\text{ср.з(ср.с)}}}\right)^2}. \quad (10)$$

Тогда абсолютная погрешность косвенного определения удельной массы зерна озимой ржи (склероций спорыньи) выражается по формуле

$$\Delta\rho_{\text{з(с)}} = \varepsilon_{\rho_{\text{З(С)}}} \cdot \rho_{\text{ср.з(ср.с)}}. \quad (11)$$

Результаты исследования и их обсуждение

Полученные результаты проведенных экспериментов представлены на рис. 3 в виде удельной массы (плотности) навесок зерна озимой ржи сорта Фаленская 4 и склероций спорыньи от номера $x_{№}$ проведенного опыта. На рисунке также штриховкой приведены границы определения удельной массы зерна озимой ржи и склероций спорыньи с учетом абсолютной погрешности проведенных измерений $\Delta\rho_{\text{з(с)}}$.

Среднее значение плотности зерна $\rho_{\text{ср.з}}$ согласно выражениям (2) и (6) соответствует значению 1221,5 кг/м^3 [7]. Среднее квадратическое отклонение $S_{\text{з}}(m)$ массы навесок зерна озимой ржи равно $1{,}814\cdot10^{-3}$ кг, а относительная погрешность $\varepsilon_{m_{\text{з}}}$ в процентах составляет 5,49%. Среднее квадратическое отклонение $S_{\text{з}}(V)$ занимаемого объема навески зерен озимой ржи равно $1{,}157\cdot10^{-3}$ л, а относительная погрешность $\varepsilon_{V_{\text{з}}}$ занимаемого объема навеской в процентах – 5,99%. Тогда, в соответствии с выражениями (7), (8), (9) и (10), относительная погрешность $\varepsilon_{\rho_{\text{з}}}$ определения удельной массы (плотности) зерна озимой ржи составляет 0,0814. В результате абсолютная погрешность $\Delta\rho_{\text{з}}$ косвенного определения удельной массы зерна озимой ржи согласно выражению (11) составляет 99,3 кг/м^3. Доверительный интервал $\rho_{\text{ср.з}} \pm \Delta\rho_{\text{з}}$ удельной массы (плотности) зерна озимой ржи с надежностью $p = 0{,}95$ с учётом принятых при обработке результатов эксперимента правил округления равен 1100… 1300 (1200 ± 100) кг/м^3 [7].

Среднее значение плотности склероций спорыньи $\rho_{\text{ср.с}}$ согласно выражению (2) равно 1022,1 кг/м^3. Среднее квадратическое отклонение $S_c(m)$ массы навесок склероций спорыньи равно $1{,}898\cdot10^{-3}$ кг, а относительная погрешность ε_{m_C} в процентах составляет 4,51%. Среднее квадратическое отклонение $S_c(V)$ занимаемого объема навесок склероций спорыньи равно $1{,}646\cdot10^{-3}$ л, а относительная погрешность ε_{V_C} измерения занимаемого объема навесками в процентах составляет 4,0%. Тогда согласно выражениям (7), (8), (9) и (10) относительная погрешность ε_{ρ_C} определения удельной массы (плотности) склероций спорыньи составляет 0,0603. В результате абсолютная погрешность $\Delta\rho_{\text{с}}$ определения удельной массы склероций спорыньи равна 61,65 кг/м^3. Доверительный интервал $\rho_{\text{ср.с}} \pm \Delta\rho_{\text{с}}$ удельной массы (плотности) склероций спорыньи с надежностью $p = 0{,}95$ с учётом принятых при обработке результатов эксперимента правил округления равен 960…1080 (1120 ± 60) кг/м^3.

С надежностью $p = 0{,}95$ доверительные интервалы плотностей зерна озимой ржи Фаленская 4 и склероций спорыньи не пересекаются в интервале 1080…1120 кг/м^3. Этот интервал является возможным значением для третьего компонента (разделителя) – плотности раствора соли.

Можно дать оценку процента возможных потерь зерна ржи после применения «мокрого» способа отделения спорыньи в зависимости от значения плотности раствора соли. Предполагаем, что плотность ржи (количественный признак) имеет нормальное распределение с математическим ожиданием, равным средней величине удельной массы ржи $\rho_{\text{ср.з(ср.с)}} = 1221{,}5$ кг/м^3, и средним квадратическим отклонением $S_{\text{з}}(\rho) = 43{,}96$ кг/м^3 [7]. Зерно ржи уйдет в потери (зерно всплывет), если его плотность будет меньше плотности раствора соли. Тогда процент $\Pi_{\text{з}}$ потери зерна равен вероятности того, что значение удельной массы ржи будет меньше плотности $\rho_{\text{соли}}$ раствора соли, умноженной на 100% [8]:

$$\Pi_{\text{з}} = 100 \cdot \left(\frac{1}{2} + \Phi\left[\frac{\rho_{\text{соли}} - \rho_{\text{ср.з}}}{S_{\text{з}}(\rho)}\right]\right), \quad (12)$$

где $\Phi(x)$ – функция Лапласа [8].

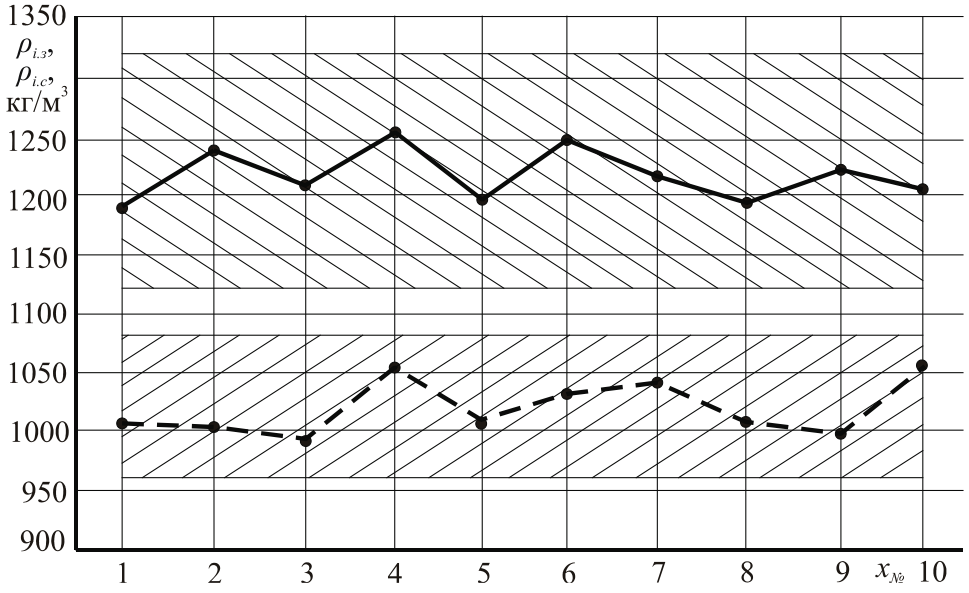


Рис. 3. Удельные массы (плотности) навесок зерна озимой ржи сорта Фаленская 4 (———) и склероций спорыньи (— — —) от номера $x_№$ проведенного опыта: ▨ – границы определения удельной массы зерна озимой ржи с учетом абсолютной погрешности $\Delta\rho_з$; ▨ – границы удельной массы склероций спорыньи с учетом абсолютной погрешности $\Delta\rho_{\rho_c}$

Если плотность соли $\rho_{соли}$ = 1090 кг/м^3, то процент возможных потерь зерна ржи в отходы будет $П_з$ = 0,14 %, если $\rho_{соли}$ = 1100 кг/м^3 – $П_з$ = 0,29 %, при $\rho_{соли}$ = 1110 – $П_з$ = 0,55 % [7]. Данные значения соответствуют требованиям работы специальных зерноочистительных машин при очистке зерна продовольственного назначения, при котором содержание полноценного зерна в отходах не должно превышать 0,5 %. При получении семенного зерна потери $П_з$ зерна в отходы не должны превышать 3,0 %. Поэтому можно использовать более насыщенный раствор соли, так при $\rho_{соли}$ = 1139 кг/м^3 значение $П_з$ составляет 3,0 %.

Полученные результаты показывают хорошую возможность применения «мокрого» способа отделения склероций спорыньи от зерна ржи. Поэтому с практической стороны для эффективного разделения зерен озимой ржи и склероций спорыньи с минимальными потерями зерна в отходы раствор соли должен быть приготовлен с плотностью 1090…1110 кг/м^3, что подтверждается предварительно проведенными экспериментами.

Выводы

Таким образом, исходя из пределов варьирования плотности зерна озимой ржи сорта Фаленская 4 и склероций спорыньи выбор плотности раствора соли с целью разделения данных материалов определяется нижней границей плотности зерна озимой ржи для исключения его потерь в отходы и верхней границей плотности склероций спорыньи для гарантированного всплытия их на поверхность раствора. Для эффективного разделения зерен озимой ржи сорта Фаленская 4 от склероций спорыньи раствор соли должен быть приготовлен с плотностью 1090…1110 кг/м^3.

Список литературы

1. Бурков А.И. Разработка и совершенствование пневмосистем зерноочистительных машин / А.И. Бурков. – Киров: ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока», 2016. – 380 с.

2. Щеклеина Л.М. Вредоносность спорыньи на посевах озимой ржи в условиях Кировской области / Л.М. Щеклеина // Методы и технологии в селекции растений: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Киров: НИИСХ Север-Востока, 2014. – С. 110–113.

3. Щеклеина Л.М. Характер цветения сортов озимой ржи различного эколого-географического происхождения / Л.М. Щеклеина // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: Школа молодых ученых по эколого-генетическим основам Северного растениеводства в рамках Международной научно-практической конференции. – Киров: НИИСХ Север-Востока, 2015. – С. 286–289.

4. Дринча В.М. Применение и функциональные возможности пневмосортировальных столов / В.М. Дринча, И.Б. Борисенко // Научно-агрономический журнал. – 2008. – № 2 (83). – С. 33–36.

5. Павловский Г.Т. Очистка, сушка и активное вентилирование зерна. – 2-е изд., исправ. и доп. / Г.Т. Павловский, С.Д. Птицын. – М.: Высшая школа, 1972. – 256 с.

6. Зайдель А.Н. Ошибки измерений физических величин: учебное пособие. – 3-е изд., стер. / А.Н. Зайдель. – М.: Лань, 2009. – 112 с.

7. Корнелл П. Анализ данных в Excel. Просто как дважды два / П. Корнелл; пер. с англ. – М.: Эксмо, 2007. – 224 с.

8. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник для прикладного бакалавриата. – 12-е изд. / В.Е. Гмурман. – М.: Издательство Юрайт, 2015. – 479 с.

References

1. Burkov A.I. Razrabotka i sovershenstvovanie pnevmosistem zernoochistitelnyh mashin / A.I. Burkov. Kirov: FGBNU «NIISH Severo-Vostoka», 2016. 380 p.

2. Shhekleina L.M. Vredonosnost sporyni na posevah ozimoj rzhi v uslovijah Kirovskoj oblasti / L.M. Shhekleina // Metody i tehnologii v selekcii rastenij: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Kirov: NIISH Sever-Vostoka, 2014. pp. 110–113.

3. Shhekleina L.M. Harakter cvetenija sortov ozimoj rzhi razlichnogo jekologo-geograficheskogo proishozhdenija / L.M. Shhekleina // Metody i tehnologii v selekcii rastenij i rastenievodstve: Shkola molodyh uchenyh po jekologo-geneticheskim osnovam Severnogo rastenievodstva v ramkah Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Kirov: NIISH Sever-Vostoka, 2015. pp. 286–289.

4. Drincha V.M. Primenenie i funkcionalnye vozmozhnosti pnevmosortirovalnyh stolov / V.M. Drincha, I.B. Borisenko // Nauchno-agronomicheskij zhurnal. 2008. no. 2 (83). pp. 33–36.

5. Pavlovskij G.T. Ochistka, sushka i aktivnoe ventilirovanie zerna. 2-e izd., isprav. i dop. / G.T. Pavlovskij, S.D. Pticyn. M.: Vysshaja shkola, 1972. 256 p.

6. Zajdel A.N. Oshibki izmerenij fizicheskih velichin: uchebnoe posobie. 3-e izd., ster. / A.N. Zajdel. M.: Lan, 2009. 112 p.

7. Kornell P. Analiz dannyh v Excel. Prosto kak dvazhdy dva / P. Kornell; per. s angl. M.: Jeksmo, 2007. 224 p.

8. Gmurman V.E. Teorija verojatnostej i matematicheskaja statistika: uchebnik dlja prikladnogo bakalavriata. 12-e izd. / V.E. Gmurman. M.: Izdatelstvo Jurajt, 2015. 479 p.