



УДК 004.932.2: 57.081.23: 632.08

Н. С. Прияткин, М. В. Архипов, Л. П. Гусакова  
*Агрофизический научно-исследовательский институт*

А. А. Бойцов, Н. Н. Потрахов, Н. Е. Староверов, П. А. Щукина  
*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)*

А. В. Капусткина  
*Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений*

## **Автоматический анализ и классификация цифровых рентгеновских и газоразрядных изображений семян пшеницы, поврежденных клопом вредная черепашка, для прогноза их посевных качеств**

*Проведено экспериментальное исследование по анализу цифровых рентгеновских и газоразрядных изображений семян озимой мягкой пшеницы, неповрежденных и поврежденных в различной степени клопом вредная черепашка, и их сопоставлению с дополнительными показателями, характеризующими посевные качества семян (длина зародышевого побега и корня). Цифровые рентгеновские изображения семян получены методом микрофокусной рентгенографии, газоразрядные изображения – методом газоразрядной визуализации (электрофотографии). Оценка длины зародышевого побега и корня проведена с использованием компьютерной морфометрии сканированных изображений проростков. Классификация цифровых рентгеновских и газоразрядных изображений семян выполнена с использованием линейной дискриминантной функции Фишера, реализованной в программной среде MATLAB. Общая погрешность классификации исследуемых семян пшеницы по данным анализа рентгеновских и газоразрядных изображений составила 38.09 и 36.40 % соответственно. Предложены рекомендации для повышения полученной точности классификации.*

### **Анализ изображений семян, метод линейной дискриминантной функции Фишера, микрофокусная рентгенография, газоразрядная визуализация (электрофотография), посевные качества семян, семена пшеницы, клоп вредная черепашка**

Использование анализа цифровых изображений семенного материала, полученных с помощью различных неразрушающих методов, имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с традиционными. Прежде всего – это высокая скорость, производительность и сниженные требования к квалификации персонала лаборатории, при незначительном увеличении стоимости исследований [1]. Анализ цифровых изображений семян растений является важным инструментом не только для исследования разнокачественности семян, но и для создания автоматических сорти-

ровщиков (сепараторов) семян, позволяющих получить на выходе семенной материал с улучшенными посевными качествами по сравнению с исходными [2], [3]. Для получения цифровых изображений семян используются приборы различного рабочего диапазона длин волн в зависимости от задачи. Исследование характеристик поверхности семян осуществляется в диапазонах длин волн от ближнего ультрафиолетового [4] до ближнего инфракрасного [5], в т. ч. с применением нескольких источников света с разной длиной волны, позволяющее получать мультиспектраль-

ные изображения [6]. Для исследования скрытой неоднородности (дефектности) семян используются рентгеновские источники с проекционным (прямым рентгеновским) увеличением, позволяющие получать 2D [7] и 3D [8] цифровые рентгеновские изображения семян. Определенную перспективу для исследования разнокачественности семенного материала имеет метод газоразрядной визуализации [9] (электрофотографии) [10], позволяющий исследовать характеристики изображений, полученных при взаимодействии объекта (семена) с электромагнитным полем высокой напряженности. Методика дает возможность выявлять дефектные (с неразвитым эндоспермом) семена ели европейской [11], получены данные о связи характеристик газоразрядного свечения семян с их жизнеспособностью [10], а также продуктивностью растений [12]. Необходимо подчеркнуть, что существующие сепараторы семян, созданные как на оптическом [13], так и рентгеновском [14] принципах, имеют в своем составе блок распознавания изображений, который базируется в том числе на методах нейронных сетей и опорных векторов [13].

**Постановка задачи.** Целью исследований являлось изучение эффективности использования анализа цифровых изображений семян, полученных с помощью неразрушающих инструментальных физических методов, для прогнозирования их посевных качеств.

Для реализации цели работы были поставлены следующие задачи:

1. Получение и программная обработка цифровых рентгеновских изображений семян.

2. Получение и программная обработка газоразрядных изображений семян.

3. Проращивание семян в течение 7 суток, с последующим сканированием проростков и морфометрическими измерениями длины корня и побега.

4. Классификация цифровых рентгеновских и газоразрядных изображений исследуемых семян и их сопоставление с данными, полученными при проращивании.

5. Определение точности и ошибки используемого метода классификации.

**Объекты и методы исследований.** Объектом исследования служили семена озимой мягкой пшеницы сорта Светоч, предоставленные Всероссийским научно-исследовательским институтом защиты растений (ФГБНУ ВИЗР), неповрежденные и поврежденные в различной степени

клопом вредная черепашка, имеющим особое экономическое значение в снижении производства зерна и ухудшении его товарных, технологических, хлебопекарных и посевных качеств [15]. Объем выборки составил 249 семян.

Для достижения поставленной цели были использованы следующие методы исследований.

1. *Метод микрофокусной рентгенографии* [6], позволяющий осуществлять рентгеновскую съемку растительных объектов, в т. ч. семян зерновых культур с прямым рентгеновским увеличением. Коэффициент увеличения изображения составил 3.0x для рентгеновской съемки семян пшеницы. Аппаратное обеспечение метода представлено передвижной рентгенодиагностической установкой ПРДУ-02 с цифровой системой визуализации рентгеновского изображения (организация-разработчик и предприятие-изготовитель ЗАО «ЭЛТЕХ-Мед», Санкт-Петербург). На рис. 1, а и б, соответственно, представлено цифровое рентгеновское изображение неповрежденной зерновки пшеницы, а также зерновки пшеницы, поврежденной клопом вредная черепашка.

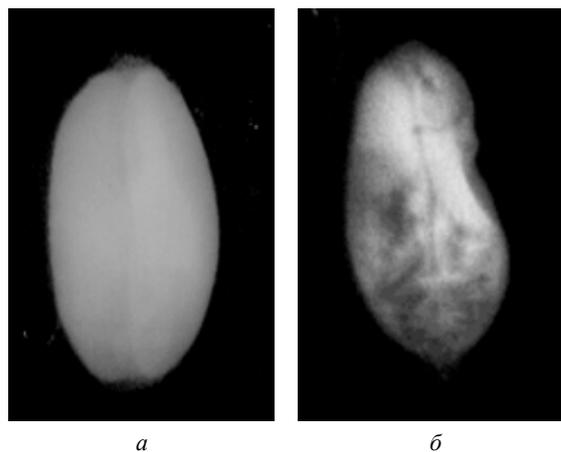


Рис. 1

Программная обработка цифровых рентгеновских изображений зерновок осуществлялась в среде MATLAB [16], получены характеристики по следующим параметрам:

1. Нормированный индекс периметр / площадь (относительные единицы).

2. Нормированный индекс длина / площадь (относительные единицы).

3. Нормированный индекс ширина / площадь (относительные единицы).

4. Удлиненность (относительные единицы).

5. Нормированный индекс округлость / площадь (относительные единицы).

6. Нормированный индекс выпуклость / площадь (относительные единицы).

7. Нормированные значения гистограммы яркости (каналы 9–46 по шкале от 0 до 255).

Нормированный индекс периметр / площадь рассчитывается как

$$P^* = \frac{P}{S},$$

где  $P$  – количество пикселей, образующих периметр рентген-проекции;  $S$  – количество пикселей рентген-проекции.

Нормированные индексы длина / площадь и ширина / площадь, соответственно, рассчитываются как

$$a^* = \frac{a}{S}, \quad b^* = \frac{b}{S},$$

где  $a$  – минимально возможная длина рамки, в которую вписывается объект;  $b$  – минимально возможная ширина рамки, в которую вписывается объект.

Удлиненность рассчитывается как

$$l = \frac{a}{b}.$$

Округлость рассчитывается как отношение количества пикселей объекта к количеству пикселей эллипса, с осями  $a$  и  $b$  (эллипс, вписанный в ту же самую рамку)

$$O = \frac{4S}{\pi ab}.$$

Выпуклость рассчитывается как отношение количества пикселей объекта к количеству пикселей, занимаемой рамкой:

$$V = \frac{S}{ab}.$$

2. *Метод газоразрядной визуализации*, позволяющий регистрировать и количественно оценивать свечение, возникающее вблизи поверхности объекта (семени) при помещении его в электромагнитное поле высокой напряженности. Газоразрядные изображения семян пшеницы получали согласно методике, описанной ранее [8]. Аппаратное обеспечение метода газоразрядной визуализации представлено серийным аппаратом «ГРВ Камера-Про» (организация-разработчик и предприятие-производитель ООО «Биотехпрогресс», Санкт-Петербург). На рис. 2, *a* и *б*, соответственно, представлено газоразрядное изображение неповрежденной зерновки, а также зерновки, поврежденной клопом вредная черепашка.

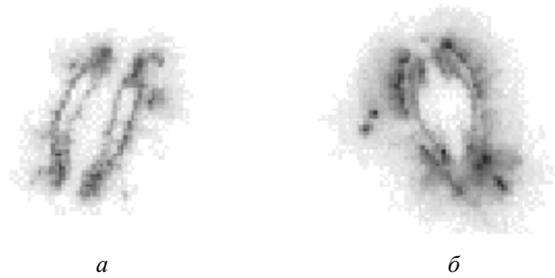


Рис. 2

Программная обработка осуществлялась в программе «ГРВ научная лаборатория». Получены характеристики газоразрядных изображений по следующим параметрам, рассчитываемым по формулам, приведенным в [17]:

1. Площадь свечения (пиксели).
2. Средняя интенсивность (единицы яркости).
3. Коэффициент формы (относительные единицы).
4. Средний радиус изолинии (пиксели).
5. Нормализованное среднее квадратическое отклонение радиуса изолинии (пиксели).
6. Длина изолинии (пиксели).
7. Энтропия по изолинии (относительные единицы).
8. Фрактальность по изолинии (относительные единицы).
9. Суммарная интенсивность (относительные единицы).

Площадь свечения рассчитывается как количество точек изображения с ненулевой интенсивностью, не удаленных при фильтрации шума; средняя интенсивность – по всем точкам изображения с ненулевой интенсивностью, не удаленных при фильтрации шума. Параметры 3–8 рассчитываются по специальным образом формируемой для газоразрядного изображения последовательности чисел, называемой изолинией. Изолиния строится следующим образом:

1. Из центра свечения выпускаются воображаемые лучи к краям картинки. Каждому лучу соответствует свое значение угла, задающего его направление. Этот угол выражается в градусах и лежит в диапазоне от 0 до 360°. Угол отсчитывается от вертикального направления по часовой стрелке. Лучи с равным шагом по углу покрывают все изображение. Общее количество лучей определяется как ширина изображения, умноженная на 4, т. е. для стандартного размера ГРВ-граммы 320 × 240 количество лучей составит 320 · 4 = 1280.

2. Для каждого луча находится первая (наиболее близкая) от центра точка с интенсивностью, равной средней интенсивности свечения (см. па-

раметр 3) и последняя (наиболее удаленная) от центра точка с такой же интенсивностью.

3. Вычисляется расстояние между двумя найденными точками.

4. Набор полученных расстояний для каждого луча и формирует изолинию.

5. Таким образом, получаем числовую последовательность, характеризующую форму свечения объекта исследования. В тех лучах, которые проходят по ярким стримерам, соответствующее расстояние будет большим. И наоборот, если луч пересекает «провал» в изображении, то и расстояние будет маленьким или нулевым.

Введем ряд обозначений:  $i$  – номер луча;  $N$  – количество лучей;  $\alpha_i$  – угол наклона  $i$ -го луча;  $D_i$  – значение изолинии для  $i$ -го луча (расстояние между двумя крайними точками, имеющими значение интенсивности, равное средней интенсивности):

$$x_i = D_i \sin \alpha_i, \quad y_i = D_i \cos \alpha_i.$$

Тогда  $L = \sum_{i=1}^N \sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2}$  – длина

изолинии;  $\bar{R} = \sum_{i=1}^N D_i / N$  – средний радиус изолинии;

и;  $K_f = \frac{L}{2\pi\bar{R}}$  – коэффициент формы;

$E_{\bar{R}} = \sqrt{\sum_{i=1}^N (D_i - \bar{R})^2 / (N - 1)}$  среднеквадратиче-

ское отклонение (СКО) радиуса изолинии;

$E_{N\bar{R}} = \frac{E_{\bar{R}}}{\bar{R}}$  – нормализованное СКО радиуса изолинии.

Энтропия рассчитывается следующим образом:

1. Находим минимальное и максимальное значения изолинии.

2. Делим этот диапазон на заданное количество интервалов. Это количество либо задается пользователем явно, либо выбирается таким, чтобы энтропия была максимальной.

3. Пусть  $k$  – номер интервала;  $N_{\text{int}}$  – количество интервалов;  $N_k$  – количество значений изолинии, которые попадают в  $k$ -й диапазон. Рассчитываем вероятность попадания значений изолинии в  $k$ -й диапазон как

$$P_k = \frac{N_k}{N_{\text{int}}}.$$

4. Рассчитываем энтропию по Шеннону как

$$E = -\sum_{i=1}^N P_k \ln P_k.$$

Фрактальность рассчитывается по изолинии с использованием алгоритма Хигучи (Higuchi).

Параметры 3–8 численно характеризуют различные аспекты формы свечения. Например, параметр «средний радиус изолинии» оценивает «ширину» свечения вокруг объекта, параметр «нормализованное СКО радиуса изолинии» оценивает неравномерность ширины свечения по контуру.

Суммарная интенсивность рассчитывается как

$$I_{\text{sum}} = \frac{IA}{q},$$

где  $I$  – средняя интенсивность;  $A$  – площадь;  $q = = 100\,000$  – константа.

3. *Стандартные методы* определения энергии прорастания и всхожести в соответствии с ГОСТ 12038–84 [18], с дополнительной оценкой морфофизиологического состояния проростков – длины зародышевого побега и наибольшего зародышевого корня (сантиметры). Длина побега и корня измерялась на цифровых сканированных изображениях с использованием программного обеспечения «Аргус-Био» (производитель ООО «АргусСофт», Санкт-Петербург). Пример панорамного цифрового сканированного изображения проростков семян пшеницы представлен на рис. 3.

4. *Классификация цифровых рентгеновских и газоразрядных изображений исследуемых семян пшеницы* по методу линейной дискриминантной функции Фишера, исполненной встроенной функцией classify и реализованной в среде MATLAB [16].

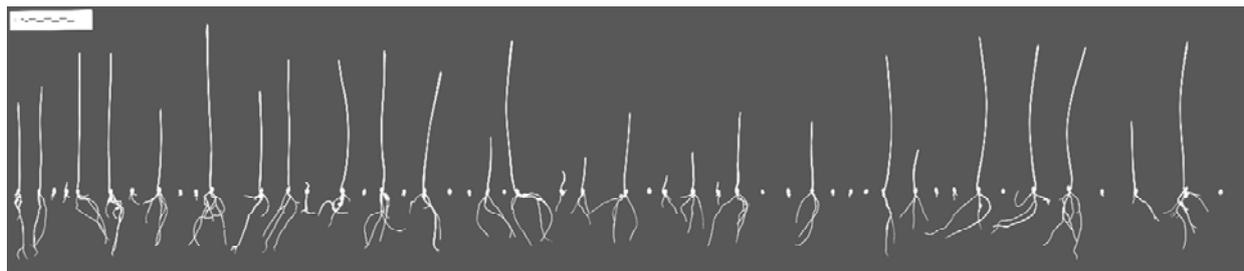


Рис. 3

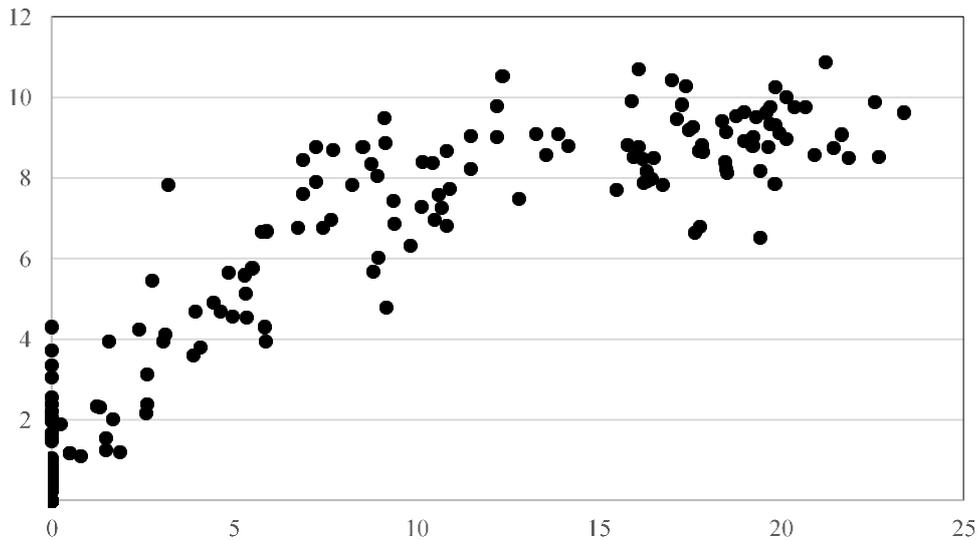


Рис. 4

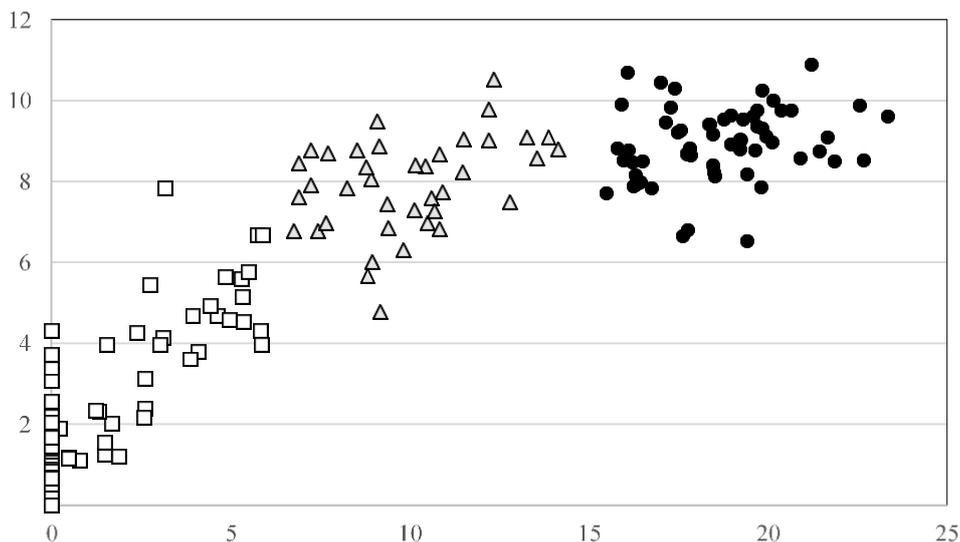


Рис. 5

Схема эксперимента включала в себя следующие этапы:

1. Получение и программная обработка цифровых рентгеновских изображений семян.
2. Получение и программная обработка газоразрядных изображений семян пшеницы.
3. Проращивание семян в течение 7 суток.
4. Сканирование проростков, морфометрические измерения длины побега и корня.
5. Классификация цифровых рентгеновских и газоразрядных изображений исследуемых семян пшеницы.

**Результаты исследований и их обсуждение.**

Изначально рассмотрим массив данных отклика, а именно показатели морфофизиологического состояния проростков (длина побега и корня), для предполагаемого разделения объектов на возможные классы (рис. 4).

На основании данных, представленных на рис. 4, были выделены 3 условных класса по длине побега: класс А – хорошие (длина побега >15 см), класс В – средние (длина побега от 6 до 15 см) и класс С – плохие (длина побега <6 см). Результаты разбиения на условные классы представлены на рис. 5.

С использованием данных анализа цифровых рентгенографических изображений индивидуальных зерновок по комплексу параметров, описанных в разделе «Объекты и методы исследований», было проведено сопоставление с показателями морфофизиологического состояния проростков с учетом разбиения на условные классы (рис. 6).

Аналогичный анализ был выполнен на основе данных, полученных по результатам обработки газоразрядных изображений зерновок (рис. 7).

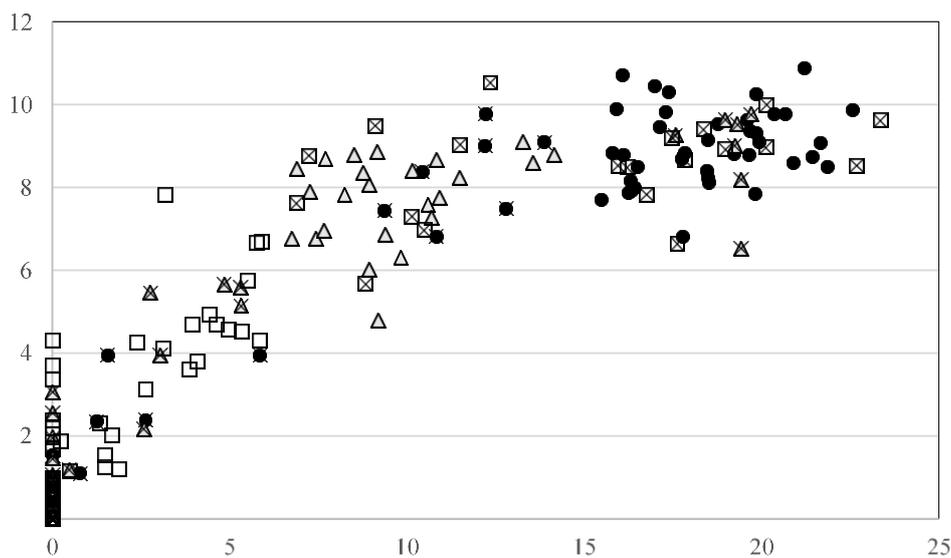


Рис. 6

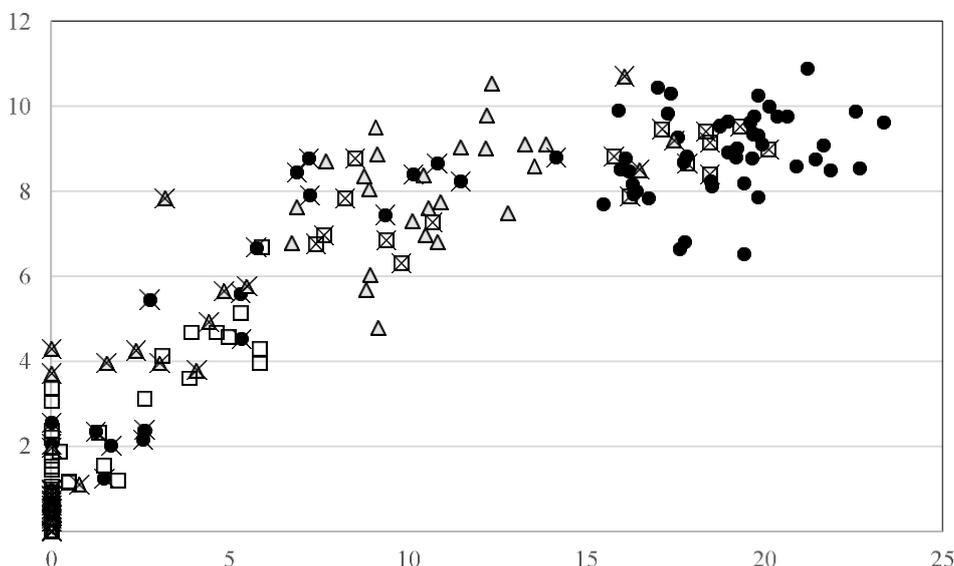


Рис. 7

Результаты классификации семян по каждому отдельному классу представлены в табл. 1 и 2.

По данным анализа цифровых рентгеновских изображений общая погрешность классификации составила 38,09 %, цифровых газоразрядных изображений – 36,40 %.

Таким образом, общая точность классификации по результатам исследований авторов статьи оказалась несколько ниже, чем в работах других авторов [14] (менее 10 %) и [19] (5–22,2 %, в зависимости от используемого математического метода классификации). Однако в приведенных работах исследовались сортовые различия семян, оцениваемые по спектральным характеристикам их поверхности [14], а также пораженность зерновки инфекцией грибного происхождения, на основе анализа цифровых рентгеновских изобра-

жений [19]. В данном случае, проблема сопоставления интроскопических и морфофизиологических характеристик проростков является более сложной по ряду причин как технического, так и биологического свойства, а именно:

- цифровые рентгеновские изображения семян были получены только в одной (единственной) проекции. При изменении положения зерновки при рентген-съемке визуализация и, соответственно, количественная оценка дефекта могут быть отличными от первоначальной [20];

- используемые в исследовании программные средства обработки изображений как рентгеновских, так и газоразрядных позволяют осуществлять расчет характеристик в целом по объекту (зерновке), без учета характеристик ее отдельных структур и органов, в частности зародыша;

Таблица 1

Классификация по данным анализа цифровых рентгеновских изображений	Классификация по ростовым показателям. Количество объектов классификации (семян), шт.			Точность классификации, %	Погрешность классификации, %
	Класс А	Класс В	Класс С		
Класс А	38	7	27	52.78	47.22
Класс В	3	24	38	34.78	65.22
Класс С	12	8	88	81.48	18.52

Таблица 2

Классификация по данным анализа цифровых рентгеновских изображений	Классификация по ростовым показателям. Количество объектов классификации (семян), шт.			Точность классификации, %	Погрешность классификации, %
	Класс А	Класс В	Класс С		
Класс А	45	8	47	45.00	55.00
Класс В	3	24	29	42.86	57.14
Класс С	9	7	77	82.80	17.20

– особенности топоческой приуроченности клопа вредная черепашка при питании на зерновках позволяют судить о его вредоносности. Наиболее вредоносными являются повреждения, одновременно охватывающие зону спинки и бочков в призародышевой зоне, поскольку глубина и степень повреждения зерновок при этом значительно увеличиваются [21]. При слабых повреждениях, не затрагивающих призародышевую зону, зерновка может давать полноценный проросток. Наряду с этим значения показателей (особенно – яркостных) цифровых рентгеновских изображений будут отличаться от эталонных (неповрежденных) зерновок;

– биологически полноценные семена также гетерогенны по показателям энергии прорастания, всхожести и силы роста, отражающим потенциальную продуктивность [22]. Причина такого разнообразия может быть связана, в частности, с различиями в морфологических признаках зародыша, которые могут быть идентифицированы как рентген-позитивные признаки [23];

– нарушение прорастания отдельных семян может быть обусловлено иными причинами, не связанными с поврежденностью клопом вредная

черепашка, например поврежденностью зародыша грибной инфекцией и механическими травмами зародыша [24].

Общая погрешность классификации исследуемых семян пшеницы, поврежденных клопом вредная черепашка составила 38.09 и 36.40 % по данным анализа цифровых рентгеновских и газоразрядных изображений соответственно.

Используемые методы могут являться дополнительным инструментом для оперативного прогноза посевных качеств семян пшеницы при условии повышения точности классификации. Снижение ошибки классификации может быть в дальнейшем реализовано путем совершенствования методики (получение нескольких цифровых рентгеновских изображений зерновки при ее различной пространственной ориентации), программных средств (поиск дополнительных параметров для анализа цифровых рентгеновских и газоразрядных изображений, использование дифференцированной обработки цифровых рентгеновских изображений с учетом отдельных структур и органов зерновки), а также использования расширенного набора математических методов классификации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kapadia V. N., Sasidharan N., Patil K. Seed Image Analysis and Its Application in Seed Science Research // *Advances in Biotechnology and Microbiology*. November 2017. Vol. 7, № 2. P. 1–3.

2. Возможности биофизических методов в агрофизике и растениеводстве / М. В. Архипов, Л. П. Великанов, А. Г. Желудков, Л. П. Гусакова, Д. В. Алферова, Н. Н. Потрахов, Н. С. Прияткин // *Биотехносфера*. 2013. № 6 (30). С. 40–43.

3. Sandeep Varma V., Kanaka Durga K., Keshavulu K. Seed image analysis: its applications in seed science re-

search / A Review. Intern. Research J. of Agricultural Sciences. 2013. Vol. 1 (2). P. 30–36.

4. Люминесцентный анализ: сб. ст. / под ред. М. А. Константиновой-Шлезингер. М.: Физматлит, 1961. 400 с.

5. Вилкова Н. А., Шапиро И. Д., Борцова Т. А. Использование инфракрасной микроскопии для диагностики повреждения и устойчивости зерновок к клопам. В кн.: *Методы исследований патологических изменений растений*. М.: Знание, 1976. С. 216–219.

6. Viability Prediction of *Ricinus cummunis* L. Seeds Using Multispectral Imaging / M. H. Olesen, P. Nikneshan,

S. Shrestha, A. Tadayyon, L. Ch. Deleuran, B. Boelt, R. Gis-lum // *Sensors (Basel)*. 2015. Vol. 15 (2). P. 4592–4604.

7. Архипов М. В., Потрахов Н. Н. Микрофокусная рентгенография растений. СПб: Технолит, 2008. 192 с.

8. Fast virtual histology using X-ray in-line phase tomography: application to the 3D anatomy of maize developing seeds / D. Rousseau, T. Widiez, S. Di Tommaso, H. Rositi, J. Adrien, M. E. Langer, C. Olivier, F. Peyrin, P. Rogowsky // *Plant Methods*. 2015. № 11 (55). P. 1–10.

9. Методика исследования характеристик газоразрядного свечения семян / М. В. Архипов, Н. С. Прияткин, Л. П. Гусакова, М. В. Борисова, Л. Е. Колесников // СПб.: Изд-во Агрофиз. ин-та, 2016. 52 с.

10. Čater M., Batič, F. Determination of seed vitality by High Frequency Electrophotography // *In Phytion: annales rei botanicae*. 1998. Vol. 38 (2). P. 225–336.

11. Evaluation of the hidden disturbance of seeds using fuzzy indicator approach / M. Arkhipov, E. Krueger, D. Kurtener, N. Priyatkin // *European Agrophysical J*. 2015. Vol. 2 (3). P. 86–90.

12. Архипов М. В., Прияткин Н. С., Колесников Л. Е. Прогнозирование урожайности и устойчивости к болезням мягкой пшеницы с использованием методов интроскопического анализа зерна // *Изв. Санкт-Петербург. гос. аграрного ун-та*. 2016. № 44. С. 21–27.

13. Методы классификации элементов зерновых смесей на основе анализа спектральных характеристик в видимом и инфракрасном диапазонах длин волн / А. О. Донских, Д. А. Минаков, А. А. Сирота, В. А. Шульгин // *Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. Системный анализ и информационные технологии*. 2016. № 1. С. 150–160.

14. Bruggink H., van Duijn B. X-Ray based seed analysis // *Seed Testing International*. 2017. № 153. P. 43–50.

15. Капусткина А. В. Морфофизиологические особенности прорастания зерновок озимой пшеницы

при их повреждении вредной черепашкой // *Вестн. защиты растений*. 2009. № 4. С. 39–47.

16. Обработка данных в среде MATLAB: методические указания к практическим и лабораторным занятиям / сост.: А. П. Немирко, Л. А. Манило. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. 35 с.

17. Крылов Б. А., Гришенцев А. Ю., Величко Е. Н. Методы регистрации, обработки и анализа изображений: учеб.-метод. пособие. СПб.: Изд-во СПбГУ ИТМО, 2010. 60 с.

18. ГОСТ 12038–84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М.: Изд-во стандартов, 1984. 58 с.

19. Assessment of soft X-ray imaging for detection of fungal infection in wheat / D. S. Narvankara, C. B. Singha, D. S. Jayasa, N. D. G. White // *Biosystems engineering*. 2009. № 103. P. 49–56.

20. Grundas S., Velikanov L., Arkhipov M. Importance of wheat grain orientation for the detection of internal mechanical damage by the X-Ray method // *Int. Agrophysics*. 1999. № 13. P. 355–361.

21. Капусткина А. В. Поврежденность зерна яровой пшеницы вредной черепашкой в Алтайском крае // *Защита и карантин растений*. 2015. № 10. С. 47–49.

22. Рентгенография для выявления внутренних повреждений и их влияние на урожайные качества семян / В. Н. Савин, М. В. Архипов, А. Л. Баденко, Ю. К. Иоффе, Л. Б. Грун // *Вестн. сельскохозяйственной науки*. 1981. № 10. С. 99–104.

23. Дерунов И. В. Рентгенографическое исследование семян различных сельскохозяйственных культур и продуктов их переработки: дис. ... канд. биол. наук. СПб.: Изд-во Агрофиз. науч.-исслед. ин-та РАСХН, 2004. 116 с.

24. Методика комплексной оценки биологической и хозяйственной пригодности семенного материала / М. В. Архипов, Л. П. Гусакова, Л. П. Великанов, А. К. Виличко, А. Г. Желудков, В. Б. Алферов. СПб.: Изд-во Агрофиз. науч.-исслед. ин-та, 2013. 52 с.

N. S. Priyatkin, M. V. Arkhipov, L. P. Gusakova  
*Agrophysical research institute*

A. A. Boitsov, N. N. Potrakhov, N. E. Staroverov, P. A. Shukina  
*The First electrotechnical university*

A. V. Kapustkina  
*All-Russian Research institute of plant protection*

## THE AUTOMATIC ANALYSIS AND CLASSIFICATION OF DIGITAL X-RAY AND GAS DISCHARGE IMAGES OF WHEAT SEEDS DAMAGED BY CORN BUG FOR THE FORECAST OF THEIR SOWING QUALITIES

*The experimental study of digital X-Ray and gas-discharge image analysis of winter soft seeds, normal and damaged in various degrees by corn bug to their comparison by additional indicators, characterizing sowing qualities of seeds (shoot and root length) carried out. Digital x-ray images of grain seeds obtained using microfocus X-Ray technique, gas discharge images – using gas discharge visualization technique (electrophotography). Measurements of shoots and root length of carried out with use of computer morphometry of the scanned sprouts of seeds. Classification of digital x-ray and gas discharge images of grain seeds performed with use of the linear discriminator of Fischer realized in the problem-solving environment MATLAB. General misclassification of the studied wheat seeds has made 38.09 % and 36.40 %, in cases of digital x-ray and gas discharge images of seeds, respectively. Recommendations for increase in the received classification accuracy are offered.*

**Seed image analysis, method of linear discriminator of Fischer, microfocus X-Ray, gas discharge visualization (electrophotography), sowing qualities of seeds, wheat seeds, corn bug**