

Цифровая морфометрия разнокачественности семян овощных культур

Ф.Б. Мусаев, Н.С. Прияткин, М.В. Архипов, П.А. Щукина, А.Ф. Бухаров, М.И. Иванова

Приведено описание разработанной авторами методики цифровой компьютерной морфометрии семян овощных культур на основе системы анализа изображений, состоящей из планшетного сканера и программного обеспечения для автоматических измерений. В основу метода положено представление о разнокачественности семян, обусловленной генетической неоднородностью самих семенных растений, используемых в промышленном семеноводстве. Физические свойства семян (их форма и линейные размеры) – основные параметры при определении их качества. Цифровые изображения семян получены при помощи планшетного сканера HP Scanjet 200 на базе Агрофизического НИИ с использованием серийного программного обеспечения «Argus-BIO», производства ООО «АргусСофт» (г. Санкт-Петербург). Метод состоит из подбора контрастной подложки (фона) для сканирования семян с минимальными теневыми эффектами, калибровку программного обеспечения для привязки к истинным размерным величинам, подбор параметров измерений и автоматическое распознавание цифровых сканированных изображений семян. Представлены экспериментальные данные по морфометрии экологически разнокачественных семян фасоли овощной, матрикально разнокачественных семян укропа, пастернака и лука Кристофа. Семена укропа и пастернака, собранные из разных порядков ветвления семенного растения, значительно различались по величине линейных параметров. Наиболее показательный линейный параметр семян – площадь проекции. Предложенная авторами методика цифровой морфометрии, уже использована на практике и в перспективе может быть задействована в исследованиях экологической и матрикальной разнокачественности семян овощных культур. Так, она прошла апробацию на разнокачественных семенах пяти сортов фасоли овощной (Настена, Магура, Миробела, Морена, Бажена) полученных в пяти контрастных эколого-географических условиях среды (Москва, Белгород, Ставрополь, Омск, Горки) в 2011–2012 годах. В дальнейшем методика может быть использована для улучшения качества цифровых изображений семян, изучения разнокачественности семян в том числе и для совершенствования контроля за селекционным процессом. Кроме того, она применима для изучения взаимосвязи совокупности морфометрических характеристик семян и их посевных качеств.

Ключевые слова: семена овощных культур, разнокачественность семян, цифровые изображения семян, анализ изображений семян.

Разнокачественность семян – биологически обусловленное явление и в условиях естественного отбора видов даже приносит пользу. В то же время в агрономии, и особенно в точном земледелии рекомендуют использовать однородных, выровненных семян, как для их точного посева, так и для получения равномерных всходов. Физические свойства семян (их линейные размеры и форма) – важные показатели в определении их качества. Форма семени

показывает степень их выполненности и вызреваемости, что в свою очередь определяет уровень их жизнеспособности и силы роста. Форма семени также является внешним проявлением процессов синтеза, превращения, распределения и накопления органических веществ в эмбриональных и запасующих тканях [1]. Каждому виду, а, зачастую и сорту, присуща определенная форма семени, обусловленная соотношением линейных размеров: длины, ширины

и толщины [2]. Следовательно, путем измерения и анализа линейных размеров семян, определив их форму можно сделать предварительное заключение об их посевных качествах, что имеет важное практическое значение для агрономов, семеноводов и тех, кто занимается реализацией семян.

Цель исследований: разработать методику оценки экологической и матрикальной разнокачественности семян овощных культур с использованием средств цифровой морфометрии.

Условия, материалы и методы.

Для реализации поставленной цели была разработана методика на основе системы анализа изображений, включающей в себя планшетный сканер и программное обеспечение для автоматических измерений.

На ранних этапах нашей работы мы пользовались методом Н.Н.Ульриха [3], линейные размеры семян определяли с помощью линейки. Трудоемкость и погрешность такого способа очевидна. С появлением современных технических и программных средств в семеноведение пришли и активно используются технологии компьютерного анализа изображений семян [4, 5].

Цифровые изображения семян были получены с использованием планшетного сканера HP Scanjet 200, формат сохраняемых файлов BMP, TIFF, JPG. Выбор необходимого и достаточного разрешения при сканировании определялся техническими возможностями сканера (максимальное разрешение 4800×2400 DPI), ресурсами программного обеспечения и персонального компьютера, а также размерами семян, так как для обеспечения точности измерений менее 1% требовалось, чтобы на объект (проекцию семени) попало не менее 1000 пикселей [6]. Морфометрический анализ циф-

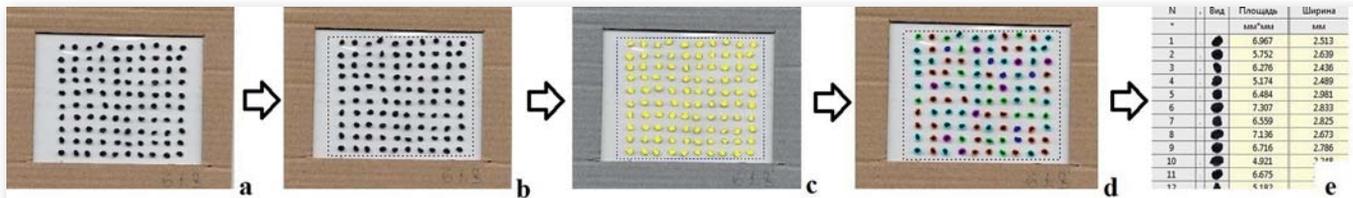


Рис. 1. Автоматический анализ цифровых сканированных изображений на примере семян лука Кристофа: а – исходное изображение; б – выделение области интереса; с – выделение объектов интереса (семян) по порогу яркости; д – автоматическое измерение объектов интереса и их классификация; е – получение таблицы измерений с возможностью экспорта в MS Excel

ровых сканированных изображений семян был выполнен на базе Агрофизического НИИ с использованием серийного программного обеспечения «Argus-BIO», производства ООО «АргусСофт», г. Санкт-Петербург. Методика включает в себя подбор контрастной подложки (фона) для сканирования семян с минимальными теневыми эффектами, калибровку программного обеспечения для привязки к реальным размерным величинам, выбор параметров измерений и непосредственно автоматический анализ цифровых сканированных изображений семян (рис. 1).

При раскладке семян для последующего сканирования желательно использовать стандартные рамки с клейкой подложкой, что дает возможность выполнять последующие сопряженные тесты: рентгенографический анализ [7] без дополнительной пробоподготовки, а также оценку посевных качеств семян с измерением ростовых показателей, с соблюдением индивидуальной нумерации семян.

Для автоматической компьютерной морфометрии семян использовали набор следующих параметров: площадь проекции (мм²), длина (мм), ширина (мм), удлиненность (относительные единицы).

Методика прошла апробацию на следующих объектах:

- экологически разнокачественные семена пяти сортов (Настена, Магура, Миробела, Морена, Бажена) фасоли овощной, выращенные в пяти контрастных эколого-географических условиях (Москва,

Белгород, Ставрополь, Омск, Горки) в течение 2011–2012 годов (рис. 2);

- матрично-разнокачественные семена укропа сорта Кентавр, 2015–2017 годов репродукции; пастернака сорта Кулинар, 2013 года репродукции; декоративного лука Кристофа 2016 года репродукции.

Результаты. Из приведенных данных видно, что в неблагоприятный, очень жаркий в Европейской России 2010 год, семена максимальных линейных размеров (длина и ширина) получены в Сибири (пункт Омск), где погодные условия вегетации сложились более мягкими, чем в европейской части страны. В 2011 году, где погодные условия по пунктам испытания вошли в норму, по высоким значениям вышеназванных параметров по сортам, выделились также другие пункты: Белгород, Ставрополь.

Матрично-разнокачественные семена укропа и пастернака, собранные из разных порядков ветвления семенного растения, значительно различаются по

величине линейных параметров. Наиболее показательный линейный параметр семян – площадь проекции. В целом семена укропа в 2016 году получены крупнее, по сравнению с партией семян 2015 и 2017 годов по всем фракциям: 10,037+0,216 мм² к 7,803+0,150 мм² и 8,019+0,236 мм², соответственно. Наиболее крупные семена в каждый год получены с побегов первого порядка ветвления: 8,004+0,256 мм² (2015 г.), 11,305+0,309 мм² (2016 г.) и 8,817+0,425 мм² (2017 г.). По размерам они превысили и контрольные варианты: 7,860+0,280 мм² (2015 г.); 10,235+0,281 мм² (2016 г.); 8,364+0,377 мм² (2017 г.) и семена, собранные с побегов второго порядка ветвления: 7,546+0,237 мм² (2015 г.); 8,572+0,316 мм² (2016 г.); 6,869+0,324 мм² (2017 г.).

Семена пастернака также оказались крупнее на побегах первого порядка: 27,015+0,411 мм², превысив контрольный (24,462+0,811 мм²) и вариант семян, собранных

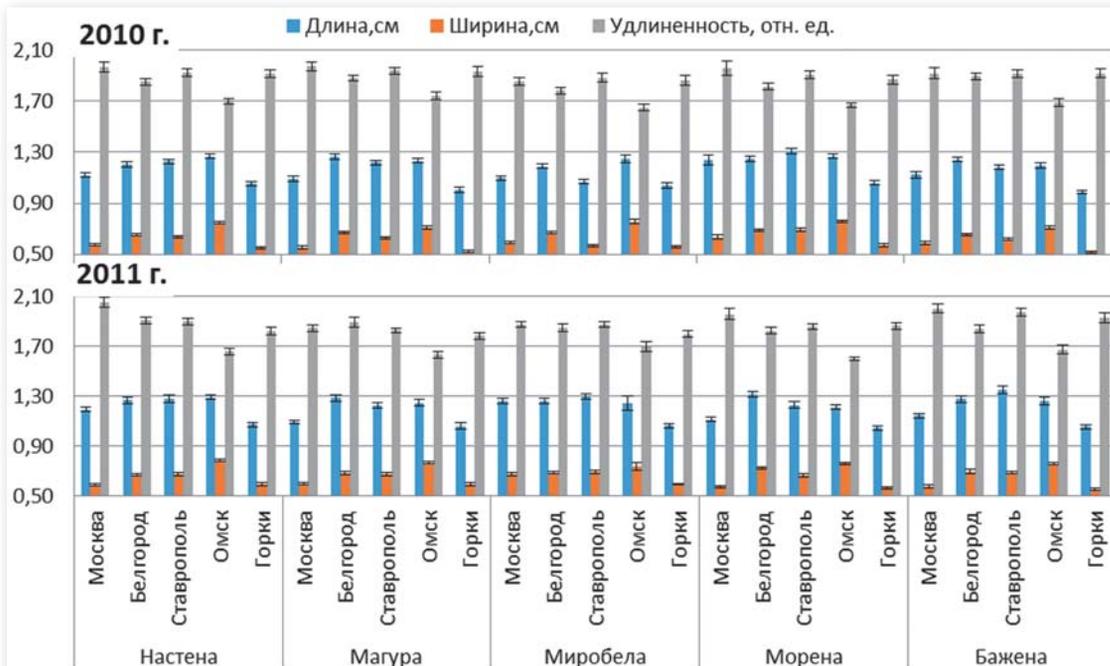


Рис. 2. Результаты цифровой морфометрии семян фасоли овощной

со второго порядка ветвления (23,472+0,526 мм²).

Матричная разнокачественность семян лука Кристофа была обусловлена с их вертикально-разноярусным расположением в пределах соцветия. Морфометрический компьютерный анализ размерных характеристик (площадь проекции, мм²) семян лука Кристофа выявили тенденцию к снижению размера семян от нижнего яруса – к верхнему: 6,574+0,172 мм² (нижний ярус), 6,420+0,161 мм² (средний ярус), 6,266+0,155 мм² (верхний ярус), однако эти различия находились в пределах статистической погрешности.

Выводы. Таким образом, разработанная и примененная в работе методика цифровой морфометрии может служить эффективным инструментом для исследований экологической и матричной разнокачественности семян овощных культур.

Перспективные направления дальнейшего развития цифровой морфометрии семян овощных культур:

- в технической части: совершенствование методики получения цифровых изображений семян, что позволит получать дополнительные данные по толщине семян, а также расширение набора параметров измерений, в том числе позволяющих оценивать неоднородность окраски и текстуру индивидуального семени;

- в экспериментальной части: исследование генетической разнокачественности семян, в том числе для контроля результата направленного селекционного процесса, а также изучение взаимосвязи комплекса морфометрических характеристик семян и их посевных качеств.

Библиографический список

1. Макрушина Е.М. Биологическое обоснование нового принципа отбора семян // Збірник наукових праць [Інституту цукрових буряків УААН]. 2007. Вип. 9. С. 129–136.
2. Макрушин Н.М. Основы гетеросперматологии. М.: Агропромиздат, 1989. 287 с.
3. Ульрих Н.Н. Оценка качества семян по физико-математическим свойствам // Вестник с.-х. науки. 1957. № 6. С. 13–18.
4. Sandeep Varma V., Kanaka Durga K. and Keshavulu K. Seed image analysis: its applications in seed science research // International Research Journal of Agricultural Sciences Vol. 1 (2). June 2013. Pp. 30–36.
5. Kapadia V.N., Sasidharan N. and Patil K. Seed Image Analysis and Its Application in Seed Science Research // Advances in Biotechnology and Microbiology. November 2017. Vol. 7. Iss. 2. P. 1–3. DOI 10.19080/AIBM.2017.07.555709.
6. Пантелеев В.Г., Егорова О.В. Клыкова Е.И. Компьютерная микроскопия. М.: Техносфера, 2005. 303 с.
7. Мусаев Ф.Б., Потрахов Н.Н., Архипов М.В.

Рентгенография семян овощных культур. Санкт-Петербург: ЛЭТИ, 2016. 206 с.

Об авторах

Мусаев Фархад Багадыр оглы, канд. с.-х. наук, с.н.с. лабораторно-аналитического центра ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО).
E-mail: musayev@bk.ru

Прияткин Николай Сергеевич, канд. техн. наук, с.н.с., зав. сектором биофизики растений ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт» (АФИ).
E-mail: prini@mail.ru

Архипов Михаил Вадимович, доктор биол. наук, профессор, г.н.с. сектор биофизики растений ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт» (АФИ), зам. директора ФГБНУ «Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения». E-mail: szcentr@bk.ru

Щукина Полина Алексеевна, студент-магистрант кафедры ИЗСОС ФГАОУ ВО Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»), м.н.с. ФГБНУ «Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения» (СЗЦППО). E-mail: szcentr@bk.ru

Бухаров Александр Федорович, доктор с.-х. наук, зав. лаб. семеноведения, ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО. E-mail: vniioh@yandex.ru

Иванова Мария Ивановна, доктор с.-х. наук, профессор РАН, зам. врио руководителя по научной работе, ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО. E-mail: vniioh@yandex.ru

Digital morphometry of vegetable seeds heterogeneity

F.B. Musaev, PhD, senior research fellow, laboratory and analytical center, Federal Scientific Centre of Vegetable Growing.
E-mail: musayev@bk.ru

N.S. Priyatkin, PhD, senior research fellow, head of sector of plant biophysics, Agrophysical Research Institute.
E-mail: prini@mail.ru

M.V. Arkhipov, DSc., professor, chief research fellow, sector of plant biophysics, Agrophysical Research Institute, deputy director of North West Centre interdisciplinary researches of food problems. E-mail: szcentr@bk.ru

P.A. Shchukina, undergraduate student, Saint Petersburg Electrotechnical University, junior research fellow of North West Centre interdisciplinary researches of food problems. E-mail: szcentr@bk.ru

A.F. Bukharov, DSc., head of seed knowledge laboratory, All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – the branch of Federal Scientific Centre of Vegetable Growing. E-mail: vniioh@yandex.ru

M.I. Ivanova, DSc., professor of RAS, deputy acting head of All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – the branch of Federal Scientific Centre of Vegetable Growing. E-mail: vniioh@yandex.ru

Summary. The description of the method of digital computer morphometry of vegetable seeds developed by the authors on the basis of the image analysis system consisting of a flatbed scanner and software for automatic measurements is given. The method is based on the idea of seed quality, due to the genetic heterogeneity of the seed plants used in industrial seed production. Physical properties of seeds (their shape and linear dimensions) are the main parameters in determining their quality. Digital image of the seed obtained using the flatbed scanner, HP Scanjet 200 on the basis of the Agrophysical research Institute with serial software “Argus-BIO”, produced by LLC “Argussoft” (Saint-Petersburg). The method consists of selection of a contrast substrate (background) for scanning seeds with minimal shadow effects, calibration of software for binding to true size values, selection of measurement parameters and automatic recognition of digital scanned images of seeds. Experimental data on the morphometry of ecologically different-quality seeds of vegetable beans, matrix seeds of dill, Pasternak and Christoph onion are presented. Seeds of dill and parsnip, collected from different orders of branching of the seed plant, significantly differed in size of linear parameters. The most revealing linear parameter seed – area projection. The method of digital morphometry proposed by the authors has already been used in practice and in the future can be used in studies of ecological and matrix heterogeneity of vegetable seeds. So, it was tested on different quality seeds of five varieties of vegetable beans (Nastena, Magura, Mirobela, Morena, Bazhenf) obtained in five contrasting environmental and geographical conditions (Moscow, Belgorod, Stavropol, Omsk, Gorki) in 2011-2012. In the future, the technique can be used to improve the quality of digital images of seeds, study of seed diversity, including to improve the control of the breeding process. In addition, it is applicable to study the relationship of the set of morphometric characteristics of seeds and their sowing qualities.

Keywords: vegetable seeds, seeds heterogeneity, seed digital imaging, seed image analysis