

Морфометрия колосьев пшеницы на основе анализа цифровых изображений и методов глубокого машинного обучения

Афонников Д.А.^{1, 2, 3*}, Генаев М.А.^{1, 2}, Комышев Е.Г.¹, Артеменко Н.В.³, Бусов И.Д.³, Епифанов Р.Ю.³, Кручинина Ю.В.^{1, 2}, Коваль В.С.^{1, 2}, Пискарев В.В.⁴, Гончаров Н.П.¹

¹ Институт цитологии и генетики СО РАН, Новосибирск, Россия

² Курчатowski геномный центр ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия

³ Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

⁴ СибНИИРС – филиал Института цитологии и генетики СО РАН, Краснообск, Новосибирская область, Россия

* ada@bionet.nsc.ru

Ключевые слова: пшеница; колос, фенотипирование; анализ цифровых изображений; глубокое машинное обучение

Мотивация и цели: Морфометрические характеристики колоса пшеницы являются одними из наиболее важных для генетиков и селекционеров, поскольку тесно связаны с такими хозяйственно ценными качествами, как продуктивность, отсутствие ломкости колоса и легкость обмолота. Для выявления генов, контролирующих данные признаки, используются статистические методы (QTL, GWAS), для успешности применения которых необходимы сбор и анализ большого количества фенотипических данных. В настоящее время в большинстве исследований фенотипирование выполняется экспертами на основании визуального анализа колоса и измерений вручную, что является трудозатратным. Для повышения эффективности фенотипирования колосьев необходимы методы, основанные на автоматическом анализе изображений.

Методы и алгоритмы: Для фенотипирования колосьев пшеницы в нашем коллективе были разработаны методы на основе анализа двумерных изображений. Эти методы используют как методы компьютерного зрения, так и глубокого машинного обучения и позволяют выделять на изображении области колоса и остей, выделять контур тела колоса, определять его геометрические параметры, подсчитывать число колосков в колосе, оценивать цвет колоса и остей, производить классификацию колосьев по опушению чешуй и плоидности растения.

Результаты: Разработанные методы были использованы для оценки характеристик колосьев разных видов пшеницы из коллекции Н.П. Гончарова и коллекции мягкой пшеницы СибНИИРС.

Выводы: Использование методов автоматического анализа цифровых изображений колосьев позволяет проводить массовый анализ характеристик колосьев пшеницы с высокой производительностью и точностью.

Финансирование: Работа выполнена при поддержке РНФ, проект № 23-14-00150. Вычисления проводились с использованием ресурсов ЦКП «Биоинформатика».

Morphometry of wheat spikes based on digital image analysis and deep machine learning methods

Afonnikov D.A.^{1, 2, 3*}, Genaev M.A.^{1, 2}, Komyshev E.G.¹, Artemenko N.V.³, Busov I.D.³, Epifanov R.Yu.³, Kruchinina Yu.V.^{1, 2}, Koval V.S.^{1, 2}, Piskarev V.V.⁴, Goncharov N.P.¹

¹ Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Novosibirsk, Russia

² Kurchatov Genomic Center of the Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Novosibirsk, Russia

³ Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

⁴ Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – Branch of the Institute of Cytology and Genetics, SB RAS, Novosibirsk, Russia

* ada@bionet.nsc.ru

Key words: wheat; spike; phenotyping; digital image analysis; deep machine learning

Motivation and Aim: The morphometric characteristics of a wheat spike are among the most important for geneticists and breeders, since they are closely related to such economically valuable qualities as productivity, lack of fragility of the ear and ease of threshing. Statistical methods (QTL, GWAS) are used to identify the genes that control these traits, for the success of which it is necessary to collect and analyze a large amount of phenotypic data. Currently, in most studies, phenotyping is performed by experts based on visual analysis of the ear and manual measurements, which is labor-intensive. To increase the efficiency of ear phenotyping, methods based on automatic image analysis are needed.

Methods and Algorithms: For the phenotyping of wheat spike, we developed methods based on the analysis of two-dimensional images. These methods use both computer vision and deep machine learning methods and allow to determine the areas of the spike and awns in the image, determine the contour of the ear body, determine its geometric parameters, count the number of spikelets in the spike, evaluate the color of the spike and awns, classify spikes according to the glume pubescence and ploidy of the plant.

Results: The developed methods were used to evaluate the characteristics of ears of different types of wheat from the collection of N.P. Goncharov and the collection of bread wheat from SibRIPP&B.

Conclusion: The use of methods for automatic analysis of digital images of wheat spikes allows for a mass analysis of their characteristics with high productivity and accuracy.

Funding: The work was carried out with the support of the RSF, project No. 23-14-00150. The data analysis was carried out using the resources of the Joint Computational Center “Bioinformatics”.