

напора  $H_v$  и среднего диаметра капель  $d_k$  для насадок с регулируемыми параметрами дождя, а также зависимости: а) числа Фруда  $Fr$  от диаметра  $d_c$  сопла при значениях напора воды  $H$ ; б) числа Фруда  $Fr$  от коэффициента подсоса  $k_n$ ; в) диаметра капель  $d_k$  от коэффициента подсоса  $k_n$ .

3. Полученные результаты могут быть использованы для обоснования конструкции дождевальных насадок с регулируемыми параметрами дождя, а также при исследовании процесса регулирования дисперсности жидкости для систем орошения сельскохозяйственных культур.

### Литература

1. Лихацевич, А. П. Орошаемое плодовоовощеводство: учеб. пособие / А. П. Лихацевич, М. Г. Голченко; под ред. А. П. Лихацевича. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 287 с.
2. Виды и способы орошения // Агропромышленный портал России [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://agro-portal24.ru/melioracii/4557-vidy-i-sposoby-orosheniya-chast-2.html>. – Дата доступа: 13.05.2018.
3. Ресурсосберегающие энергоэффективные экологически безопасные технологии и технические средства орошения: справ. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 264 с.
4. Исаев, А. П. Гидравлика дождевальных машин / А. П. Исаев. – М.: Машиностроени, 1973. – 216 с.
5. Беляев, В. В. Дождевальные машины / В. В. Беляев, Б. М. Лебедев. – М., 1957. – С. 31–35.
6. Степанов, П. М. Справочник по гидравлике для мелиораторов / П. М. Степанов, И. Х. Овчаренко, Ю. А. Скобельцын. – М.: Колос, 1984. – 207 с.
7. Губер, К. В. Требования, предъявляемые к дождевальной технике / К. В. Губер, Г. П. Лямперт, М. Ю. Храбров // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1998. – № 8. – С. 34–35.
8. Лебедев, Б. М. Дождевальные машины / Б. М. Лебедев. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1977. – 244 с.
9. Васильев, С. М. Дождевание / С. М. Васильев, В. Н. Шкура. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 352 с.
10. Кленин, Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: Элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы / Н. И. Кленин, В. А. Сакун. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1980. – 671 с.
11. Многоопорные дождевальные машины / С. Х. Гусейн-заде [и др.]. – М.: Колос, 1984. – 191 с.
12. Кравцов, А. М. Дождевальная насадка с регулируемыми гидравлическими параметрами / А. М. Кравцов, Д. С. Шахрай, С. С. Попко // Агропанорама. – 2017. – № 5. – С. 9–15.
13. Голченко, М. Г. Оросительные мелиорации / М. Г. Голченко. – Минск: Вышэйшая школа, 1989. – 215 с.

УДК 631.362.3–52:635.21

Поступила в редакцию 11.07.2018

Received 11.07.2018

**А. С. Воробей, В. В. Голдыбан, М. И. Курилович**

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»*

*г. Минск, Республика Беларусь*

*e-mail: labpotato@mail.ru*

### **К РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ ПО ВНУТРЕННИМ ДЕФЕКТАМ**

В статье приведен анализ внутренних дефектов, как имеющих в клубнях картофеля, так и в других фруктах и овощах. Также предложены некоторые методы идентификации клубней для улучшения их качества.

*Ключевые слова:* внутренние дефекты, клубни картофеля, инфракрасная спектроскопия, гиперспектральное визуальное изображение, оптическая сортировка, системы технического зрения.

**S. Verabei, V. V. Goldyban, M. I. Kurilovitch**

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization»*

*Minsk, Republic of Belarus*

*e-mail: labpotato@mail.ru*

### **BY CREATE SYSTEMS IDENTIFICATION THE PLANTS OF POTATOES FOR INSIDE DEFECTS**

In article was gives analyze inside defects, as having in plants of potatoes, such and another fruit and vegetables. Also prepper some methods its identification for improve its quality.

*Keywords:* inside defects, potato tubers, infrared spectroscopy, hyperspectral visual imaging, optical sorting, vision systems.

## Введение

Картофель – четвертый в мире по значимости продукт и незаменимый источник углеводов. Он возделывается в большинстве климатических зон, населенных людьми. Однако в отличие от других важных культур, богатых углеводами, таких как пшеница, рис и кукуруза, в картофеле аккумулируются гидратированные и метаболически активные клетки. Это означает, что картофель намного больше подвержен повреждениям, болезням, потерям и другим пагубным факторам. Картофель, кроме того, подвергается естественному циклу покоя и инициации ростков, который резко изменяет углеводный состав и, следовательно, товарность и потенциальное использование после хранения.

Клубни, поврежденные ушибами, порезами, имеющие потемнение мякоти, негативно влияют на выбор покупателя и могут быть причиной пищевых отравлений. И наоборот, отсортированный здоровый картофель, с чистой кожурой, без следов повреждений продается по более высокой цене, принося дополнительный доход предпринимателю, пользуется повышенным спросом у оптовых покупателей.

Небрежное обращение с картофелем при уборке и транспортировке приводит к внутренним повреждениям клубней. Клетки мякоти клубней разрушаются, внутри клубней образуются темные пятна, наличие которых недопустимо для послеуборочной доработки картофеля. Пятна от синего до серовато-черного цвета возникают в клубнях чаще всего при неправильной транспортировке, сортировке и хранении. При повреждении кожуры происходят химические реакции, приводящие через день-два к появлению темных пятен. Во избежание возникновения темной пятнистости необходимо обращаться с картофелем максимально аккуратно. Нежелательны также внутренние дефекты, такие как пустоты и гниль.

Некоторые сорта подвержены темной пятнистости в гораздо большей степени, чем другие. Практически все сорта картофеля в большей или меньшей степени подвержены заражению паршой обыкновенной. Поддержание соответствующей влажности почвы, особенно в ответственный период завязывания клубней и на протяжении последующих четырех недель, позволяет эффективно контролировать распространение парши обыкновенной.

## Основная часть

Большая гетерогенность в сырье создает необходимость разных методов сортировки и оценки качества картофеля. Традиционно картофель сортируется и качество оценивается вручную относительно простым методом выборки. Однако крупные оптовые базы и обрабатывающие предприятия предъявляют все более высокие требования к методам оценки различных параметров качества картофеля. Это подвигает к реализации все более сложных технологических детекторов качества продукта.

Так, учеными Тин Фангом, Янкином Пенгом и Венсонгом Вэйем из Китайского сельскохозяйственного университета и Национального научно-исследовательского центра агроперерабатывающего оборудования Китая проводились исследования по обнаружению внутренних дефектов картофеля при помощи гиперспектральной визуализации изображения пятнистости картофеля [1]. Ц. Я. Кларком, В. А. Маклоном и Р. В. Джорданом из Биоинженерного центра Новой Зеландии предложен метод сортировки яблок по дефекту «черное сердце» [2]; Дунхай Ханом, Рунлином Ту, Чао Лу, Синьсином Лю и Чжаохуэй Вэнем из Китайского сельскохозяйственного университета проведены исследования по обнаружению коричневого ядра в грушах [3]; Р. Диваном Арианной и Лу Ренфом из Мичиганского университета США проводились исследования сортирования огурцов по таким внутренним дефектам, как охлаждающая травма и физиологическое расстройство [4]; Кенихом Такицавой, Кацухиро Нахавой, Шинтарохом Охаши, Широши Йошицавой, Ян Вангом и Ясухуми Сасаки из Высшей школы науки и техники Японии исследовался способ сортирования «черного сердца» в японском редисе [5]; Ликвинг Пан, Кинг Цанг, Е. Сун, Хуа Пенченген и Канг Ту из Нанкинского колледжа пищевых наук и технологий Китая определяли наличие камеди на персиках [6].

Нади Эльсайдом из Научно-исследовательского института сельскохозяйственного машиностроения Египта была разработана акустическая система сортировки для обнаружения полого сердца в клубнях картофеля [7]. Система включает в себя микрофон, аппаратуру цифровой обработки сигналов и оборудование для обработки материалов. При ударе о стальную пластину было обнаружено, что твердые клубни картофеля издают звуки большей величины, чем полые клубни. Был проведен анализ для классификации клубней картофеля с использованием трех признаков, извлеченных из микрофонного сигнала. Одной из отличительных особенностей является интегрированное абсолютное значение – выходной сигнал микрофона.

Джавадом Хазаием, Надером Экрами-Радой, Маджидом Сафабом и Сейед-Зиа Носратиком из Тегеранского и Азадского университетов Ирана для извлечения гранатин из плодов граната применялся метод соударения [8]. Этот метод основан на открытии плода, разделении его на две половины и извлечении гранатин с помощью сжатых воздушных струй.

Большинство систем машинного зрения используют режим отражения для определения внешних качественных характеристик продукции, таких как цвет, размер, форма и наличие дефектов поверхности. Однако этот режим, как правило, неэффективен для оценки внутреннего качества овощей. Один из способов улучшить возможности традиционной системы, которая стремится подражать человеческому глазу, – это использование гиперспектрального изображения, составленного из относительно широкого диапазона непрерывных длин волн.

В связи с чем нами предлагается разработка метода гиперспектрального визуального изображения для оценки качества внутренних дефектов клубней картофеля. Научная новизна будет заключаться в разработке высокопроизводительного способа идентификации и отделения некондиционных клубней картофеля из общего вороха с помощью системы инфракрасной спектроскопии по нескольким внутренним дефектам: ушибам, порезам и трещинам, темной пятнистости.

В основу работы данного метода будет положена концепция интеллектуального анализа данных. Сразу отметим, что взять (купить, заимствовать и т. п.) чужое программное обеспечение и применить к оригинальной сортировочной линии не представляется возможным.

Метод ляжет в основу создания машины для оптической сортировки картофеля по внутренним дефектам при помощи инфракрасной спектроскопии. Машина будет состоять из круглой конвейерной ленты, двух галогенных ламп, блока гиперспектральной визуализации, состоящего из высокопроизводительной 12-битной CCD-камеры, спектрографа со спектральным диапазоном 400–1000 нм, объектива с фиксированным фокусным расстоянием, вольфрамовой галогенной лампы мощностью 150 Вт с регулируемым источником питания постоянного тока, подключенным к двойной волоконно-оптической линии для освещения отражения, фильтра с коротким проходом с отрезанной длиной волны 675 нм и волоконной оптики для блокировки световой энергии выше 675 нм, что позволит избежать смещения коэффициента отражения с сигналом пропуска в ближней инфракрасной области.

Технологический процесс работы машины будет следующим: камера настраивается на непрерывную работу в течение 50 мс времени, скорость конвейерной ленты – 110 мм/с. В этом случае система визуализации сможет сканировать только часть (или примерно половину) площади поверхности каждого клубня. Все изображения содержат спектральную и пространственную информацию из линейного сканирования шириной около 5,5 мм и длиной 160 мм, охватывающего две полосы конвейерных лент. Количество полученных изображений линии для каждого образца находится в пределах от 7 до 10, в зависимости от их длин. После того как получены изображения с линейным сканированием, проводится предварительная обработка, которая заключается в том, чтобы разделить каждое изображение на два отдельных изображения, представляющих каждую полосу. Если раздельное изображение оказывается «пятнистым», то такой клубень отбраковывается. Этот этап предварительной обработки также позволит нам сгруппировать изображения клубней, которые будут отбраковываться дальше.

Система основана на непрерывной линейной калибровке света путем размещения эталонных данных в поле зрения системы формирования изображений. Значения интенсивности видимого диапазона от 500 до 675 нм калибруются с помощью ссылки отражательной способности, помещенной между полосами, тогда как значения интенсивности в спектральном диапазоне 675–

1000 нм откалибровываются с помощью двух ссылок на коэффициент пропускания, размещенных на внешней стороне каждой полосы.

Отбракованные клубни картофеля идут на корм для животных, а отсортированные поступают для производства чипсов, крахмала, сухого пюре, полуфабрикатов и других видов продукции, требующих повышенного качества клубней картофеля.

### Заключение

Инфракрасная спектроскопия в отличие от других имеющихся на сегодняшний день систем технического зрения охватывает наибольший диапазон параметров удаления некондиционных (по внутренним дефектам) клубней картофеля.

Ее применение в дальнейшем позволит создать машину для идентификации некондиционных клубней картофеля. Она сможет работать как отдельная единица, так и встраиваться в технологические линии за сухим способом очистки, и будет распознавать и идентифицировать клубни картофеля, поступающие на сортировку ворохом.

В целом, изучив влияние внутренних дефектов на качество возделываемого картофеля, можно повысить рентабельность в картофелеводстве до 50 % и полностью завершить цикл механизации послеуборочной доработки картофеля.

### Литература

- 1 Fang, Tian. Nondestructive and rapid detection of potato black heart based on machine vision technology / T. Fang, P. Yankun, W. Wensong // Sensing for Agriculture and Food Quality and Safety VIII. China Agricultural University. – V. 2. – China, 2016. – P. 83–94.
- 2 Clark, C. J. Detection of Brownheart in 'Braeburn' apple by transmission NIR spectroscopy / C. J. Clark, V. A. McGlone, R. B. Jordan // Postharvest Biology and Technology. – 2003. – № 28. – P. 87–96.
- 3 Donghai, Han. Nondestructive detection of brown core in the Chinese pear 'Yali' by transmission visible–NIR spectroscopy / H. Donghai, T. Runlin, L. Chao, L. Xinxin, W. Zhaohui // Food Control. – 2006. – № 17. – P. 604–608.
- 4 Diwan, P. Evaluation of internal defect and surface color of whole pickles using hyperspectral imaging / P. Diwan, A. Ariana, L. Renfu // Journal of Food Engineering. – 2010. – № 96. – P. 583–590.
- 5 Takizawa, Kenichi. Development of nondestructive technique for detecting internal defects in Japanese radishes / K. Takizawa, K. Nakano, S. Ohashi, H. Yoshizawa, J. Wang, Y. Sasaki // Journal of Food Engineering. – 2014. – № 126. – P. 43–47.
- 6 Leiqing, Pan. Detection of cold injury in peaches by hyperspectral reflectance imaging and artificial neural network / P. Leiqing, Z. Qiang, Z. Wei, S. Ye, H. Pengcheng, T. Kang // Food chemistry. – 2016. – № 192 – P. 134–141.
- 7 Elbatawi, I. E. An acoustic impact method to detect hollow heart of potato tubers / I. E. Elbatawi, E. Nadi // Biosystems engineering. – 2008. – № 100. – P. 206–213.
- 8 Javad, Khazaeia. Effect of air-jet impingement parameters on the extraction of pomegranate arils / K. Javad, E. R. Nader, S. Majid, Z. N. Seyed // Biosystems engineering. – 2008. – № 100. – P. 214–226.

УДК 631.358:634.7

Поступила в редакцию 30.06.2018  
Received 30.06.2018

**А. Н. Юрин, А. А. Игнатчик, В. В. Викторovich, С. Н. Савченко**

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»  
г. Минск, Республика Беларусь  
e-mail: ignatchick.an@yandex.ru*

### РЕЗУЛЬТАТ ИСПЫТАНИЙ ЯГОДОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА КПЯ

В статье приводятся результаты выполненных исследований по уборке ягод аронии и смородины ягодоуборочным комбайном КПЯ на различных рабочих скоростях движения. Также приведены рекомендации по выбору рабочей скорости.

*Ключевые слова:* сбор ягод, технология, средства механизации, производительность механизированных работ, себестоимость, ресурсосбережение, ягодоуборочный комбайн, рабочий процесс.