

ОКАЧЕСТВЯВАНЕ НА ЦАРЕВИЧНИ ЗЪРНА (ЗДРАВИ И ЗАРАЗЕНИ ОТ FUSARIUM) ПОСРЕДСТВОМ ДЪРВО НА РЕШЕНИЯТА

Пламен Даскалов¹, Цветелина Георгиева¹, Петя Велева-Донева², Георги Беев²
¹Русенски Университет „Ангел Кънчев”, ул. Студентска 8, п.к.7017, Русе, България,

cgeorgieva@uni-ruse.bg

²Тракийски Университет, Студентски град, Стара Загора, 6000, България,

pveleva@uni-sz.bg

QUALITY ASSESSMENT OF CORN KERNELS (HEALTH AND INFECTED BY FUSARIUM) USING DECISION TREE

Plamen Daskalov¹, Tsvetelina Georgieva¹, Petya Veleva-Doneva², Georgi Beev²

¹University of Ruse, 8 Studentska Street, 7017 Ruse, BULGARIA; e-mail:

cgeorgieva@uni-ruse.bg, tel. (082) 888 668

²Trakia University, Student's campus, Stara Zagora, 6000, BULGARIA; e-mail: pveleva@uni-sz.bg,

tel.(042) 699 439

ABSTRACT

New approach for classification of corn kernels into two classes – healthy and Fusarium diseased using classification tree is presented in the paper. Spectral characteristics of diffuse reflectance are obtained from each of the kernels in the range 440 – 110 nm. Principal component analysis is used for spectral data reducing. The corn kernels are classified using classification tree and first three principal components. The classification accuracy is in range from 75 to 100 % for class healthy kernels and from 90 to 100% for class diseased. The influences of kernel variety and position of the kernel when the spectral data is obtained are reduced using classification tree as a classifier.

Key words: Fusarium, corn kernels, NIR spectroscopy, recognition

ВЪВЕДЕНИЕ

Проблемът за качествения контрол на храните съпровожда цялата история на хранителното производство. В миналото оценката на различните признаци за качество се е базирала изцяло на сетивна преценка от човек, така че оценката на качеството е била по-скоро изкуство, отколкото наука. Развитието на обективната методология за окачествяване на хранителните и земеделските продукти през последните три десетилетия значително намали мястото на субективните решения.

Те едва ли могат да бъдат задоволителен и достатъчен критерий в голям мащаб, за широк кръг от операции. Например фактори като зрителна умора, отсъствие на цветова памет, различия в цветовото разграничаване между отделните хора, различия в осветлението и др. значително влияят върху решението на човека при визуалното определяне на качеството на даден продукт. Освен това човешкото око оценява само външния вид на продукта, а при редица продукти трябва да бъдат открити не само външните, но и вътрешните дефекти. Визуално това може да стане само след разрушаване на продуктите. Именно затова са необходими нови идеи, методи и алгоритми, с помощта на които да се прецизира и напълно да се автоматизира целия процес „окачествяване – сортиране“.

Царевичното семе се състои от четири главни части: зародиш, ендосперм, перикарп и връх, чрез който семето се прикрепя към кочана. Ендоспермът е най – голямата по тегло съставна част на царевичното семе и заема около 83 % от теглото му. При отделните подвидове царевица ендоспермът има различна консистенция – брашнеста, роговидна, восъчна, а също и различно оцветяване – бяло, жълто с различни нюанси. Зародишът е около 11 %, а перикарпа (външната обвивка) – около 5 % от семето.

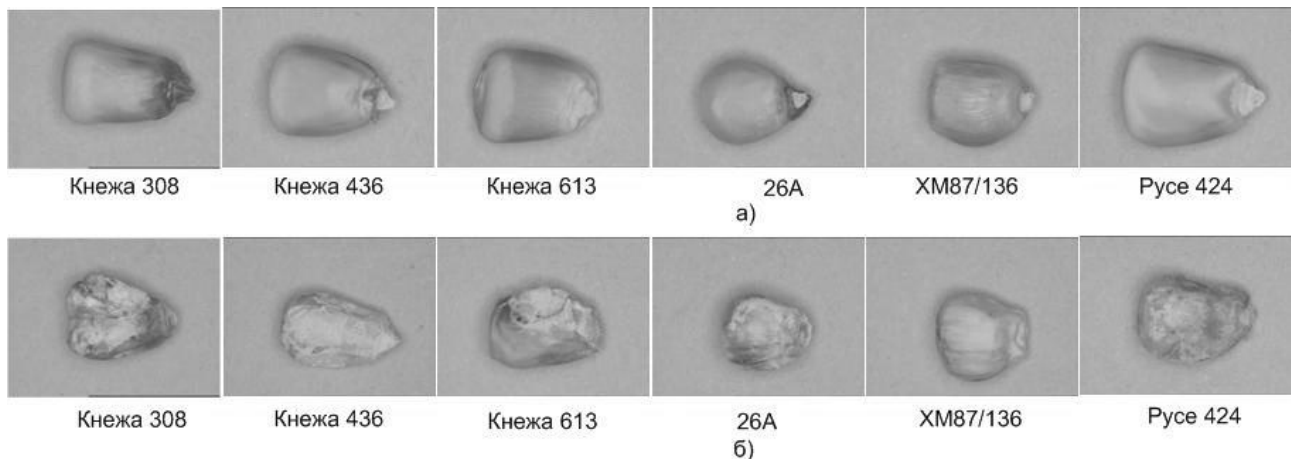
Характеристиките на семето - цвят, тип на ендосперма, химичен състав и степен на развитие влияят върху развитието на болестта. Късно – зреещите видове царевица, при които съдържанието на влага в семето намалява по – бавно са много по – податливи на болестта *Fusarium* [5]. Доказано е, че царевица с отвесни кочани, плътна обвивка, тънък перикарп [7] и предразположени към напукване зърна [6] също е податлива на зараза с фузариум. Фумонизинът при заболяването фузариоза се натрупва в перикарпа и зародиша и чрез механични процеси може да се намали токсина в семето [1,3,4,9]. Въпреки това промяната на цвета на инфектираното семе показва, че то не е обеззаразено напълно. Възрастта на семето също оказва влияние при проява на заболяването [8]. Warfield и Gilchrist [10] откриват високи нива на фумонизин в царевични семена в начална фаза на развитие на семето и ниски нива при недоразвити семена. Chulze [2] докладва за съдържание на фумонизин в царевични семена след достигане на пълна зрялост.

Целта на статията е да се предложи подход за неразрушаващо определяне на здрави и заразени от розова фузариоза царевични семена, независимо от сорта им, както и от положението на снемане на спектралните им характеристики чрез използване на спектроскопия в близката инфрачервена област, анализ на главните компоненти и дърво на решенията.

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

Обект на изследването

Обект на изследването е заболяването розова Фузариоза (*Fusarium Moniliforme*) и проявата му по царевичните семена. Изследвани са царевични семена от шест сорта - **Кнежа 308**, **Кнежа 436**, **Кнежа 613**, **26А**, **ХМ87/136** и **Русе 424**. Те са предоставени и сертифицирани от Института по царевица в град Кнежа от 2008 година. Семената са оценени от експерт и предварително разделени в два класа – здрави и заразени. От всеки сорт са избрани по 50 здрави и 50 заразени с розова Фузариоза царевични семена. На фиг. 1 са представени цифровите им изображения.



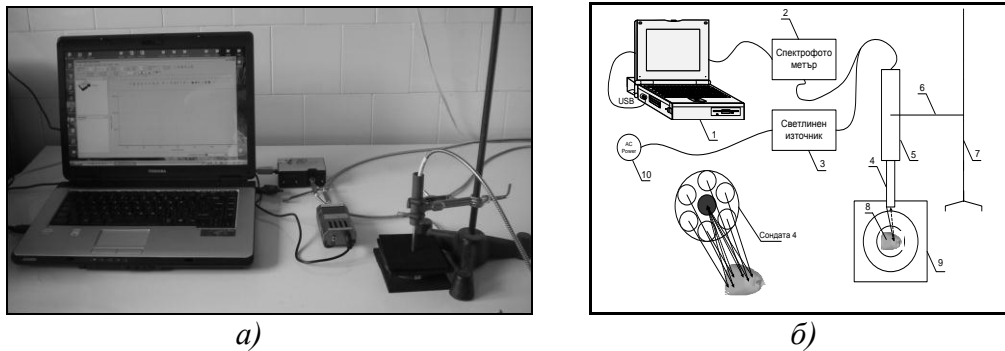
Фиг. 1. Цифрови изображения на здрави (а) и заразени (б) царевични семена за шест сорта

Спектрални характеристики на царевични зърна

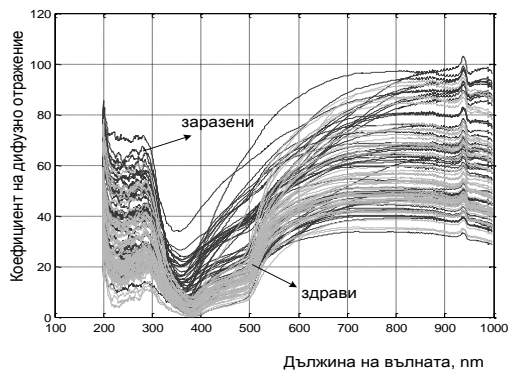
На фиг. 2.а) е представена система за получаване на спектрални характеристики на дифузно отражение на царевични семена. Системата включва преносим компютър – 1; спектрофотометър USB4000-VIS-NIR на фирмата Ocean Optics – 2, с обхват 456÷1140,5 nm; светлинен източник LS-1 – 3 с обхват 360÷2500 nm и сонда за измерване на дифузно отражение от повърхността на обекта (QR200-7-VIS-NIR) – 4. За насочване на сондата над царевичното семе се използват държач – 6 и стойка – 7.

Сондата 4 има три извода. Един от изводите е свързан със спектрофотометъра, втория извод – със светлинния източник, третия извод е насочен към царевичното семе. Последният извод се състои от седем оптични влакна, обединени в общ корпус, който представлява неръждаема стоманена букса 5. Едно оптично влакно е разположено в центъра на буксата, а останалите шест – в кръг около централното.

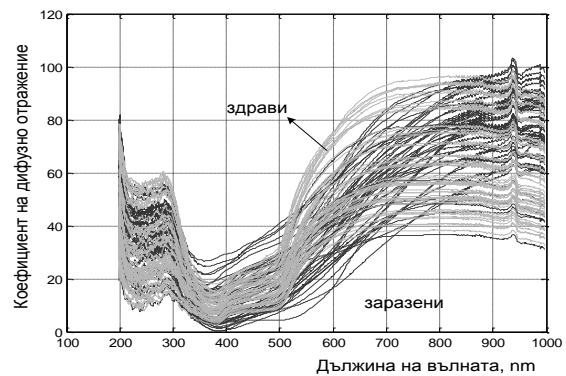
На фиг. 2.б) е представен принципът на действие на системата за получаване на спектрални характеристики. Царевичното семе 8 се поставя в приставката 9. При насочване на сондата 4 към царевичното семе шест от влакната, разположени в кръг, осветяват изследваното царевично семе. Отразената от обекта светлина се приема от седмото влакно, намиращо се в центъра на сондата.



Фиг. 2. Система за получаване на спектрални характеристики на дифузно отражение на царевични семена: а) – структура на системата за получаване на спектрални характеристики, б) – принцип на работа.



Фиг. 3 Спектрални характеристики на царевични зърна от сорт А26



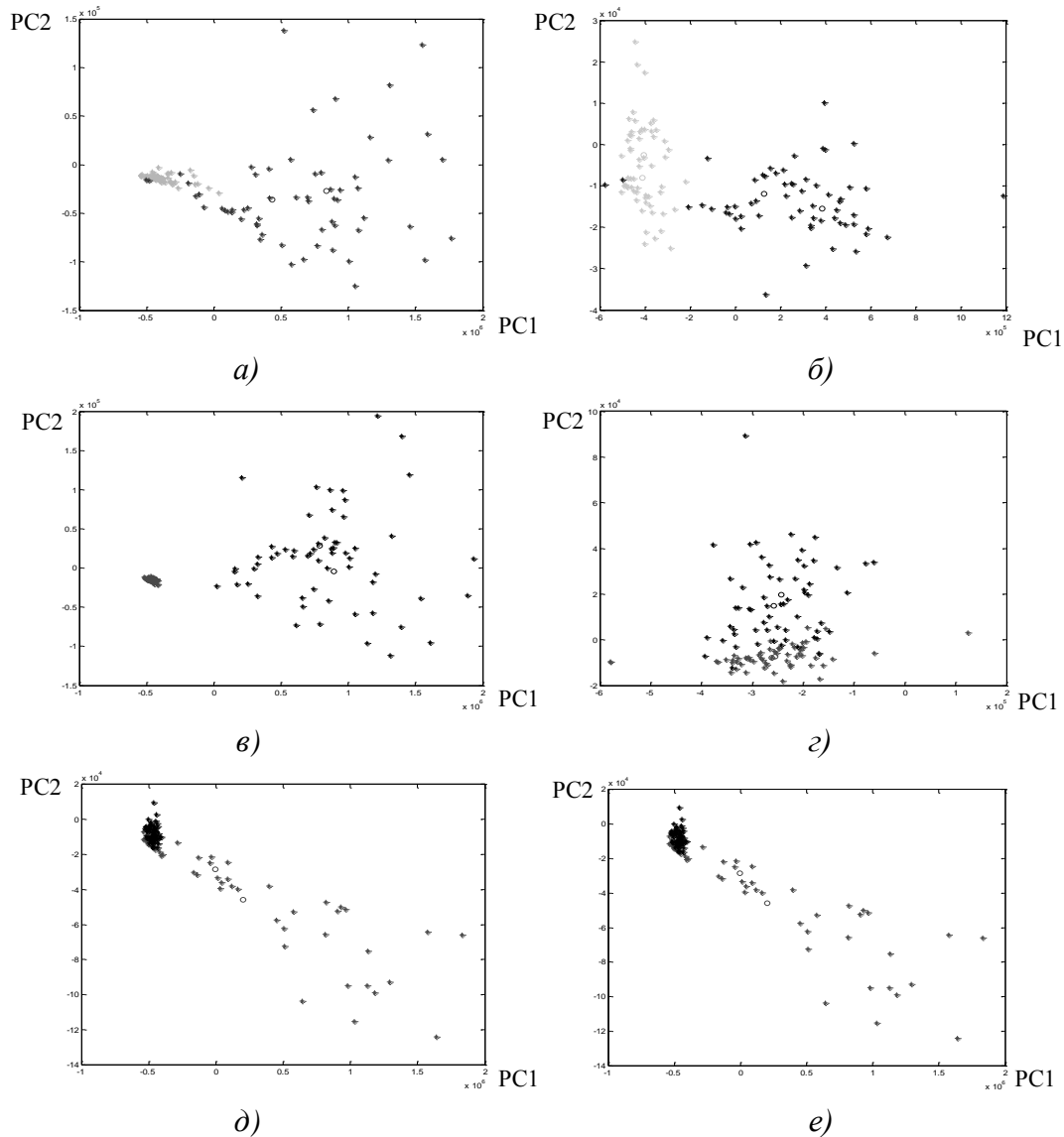
Фиг. 4 Спектрални характеристики на царевични зърна от сорт XM 87

На фиг. 3 и фиг. 4. са представени спектралните характеристики на здрави и заразени царевични зърна за два от сортовете, съответно А26 и XM87. За останалите сортове характеристиките са аналогични. Получените данни показват, че в този суров вид те не могат да бъдат използвани директно като признаци за класификация на зърната поради това, че са много близки по характер на изменение и са припокриващи се. Освен това данните за всяка характеристика, които се получават при измерването са около 3500, което е недопустимо при използване на класификационни процедури.

Редуциране на данните посредством анализ на главните компоненти

За редуциране на спектралните данни, състоящи се от около 3500 точки, се използва метода на главните компоненти. Анализът на главните компоненти (Principal Component Analysis - PCA) е метод за визуализация и графично представяне на връзката между пробите или между променливите. Той също така позволява да се намали размерността на данните

като намира линейни комбинации на оригиналните независими променливи, които описват максимална част от вариациите. Ако на всяка от използваните дължини на вълните съпоставим една координатна ос и нанесем получените спектрални стойности, то на всяка проба ще съответства точка в m -мерното пространство (m - броя на използваните дължини на вълните). На фиг. 5 са представени двата класа зърна здрави и заразени, представени в двумерна координатна система по първите два главни компонента.



Фиг. 5. Разпределение на два класа царевични зърна (здрави – сив цвят, заразени-черен цвят) в двумерна координатна система по първи и втори главен компонент

Целта на получаването на главните компоненти е да се намери друга система от координатни оси, в която да се трансформира спектралната характеристика. Първата ос (първият главен компонент) съответства на това направление, по което вариациите са най-големи. Втората ос е перпендикулярна на първата и е в направление, по което са най-големи неописаните от първата ос вариации и т.н. Този процес продължава докато се опишат всички вариации в спектъра чрез главни компоненти. Процентът на описваната част от общата дисперсия намалява с увеличаване на поредния номер на компонента. Спектърът на всяка индивидуална проба се описва със своите координати спрямо тази нова система от оси.

Получените резултати показват, че за различните сортове клас здрави зърна невинаги попада в един и същи квадрант от координатната система. Това означава, че не можем да

използваме класификационни процедури, които използват център на класа като критерии за разпознаване на входните образци и то в случаи когато целта е крайния резултат да показва вида на зърното – здраво или заразено, независимо от сорта, който се изследва и без да се използват допълнителни логически критерии. Такъв пример е вероятностната невронна мрежа, която използва за създаването си централните на съответния клас, както и размита логика, при която освен център се задава и обхват на варирането му. Поради това се използва класификатор от типа дърво на решенията.

Класификация на царевичните зърна

Дървото на решенията е графичен метод за избор на алтернатива чрез изследване на последователни и взаимно свързани решения и резултатите от тях. Подпомага взимането на решения, използващ дървовидна структура с отделни възли и свързващи ги дъги. Дървото на решенията дава възможност за избор на рационално управленско решение, когато за всяка алтернатива на решенията са известни или могат да бъдат предвидени стойността на възможните резултати и вероятностите за постигане на един или друг резултат. Предимствата на метода са следните: представя проблема по начин, даващ възможността да се изпитат всички възможни решения; създава условия, в които да се анализират всички възможни последствия от зададеното решение и дава стойностна оценка на всяко едно от решенията. Входни данни за класификатора са първите три главни компонента за всяка спектрална характеристика.

Резултатите от класификацията са представени в табл. 1. Изчислени са процент правилно разпознати и процент неправилно разпознати зърна.

Таблица 1. Резултати от класификацията на здрави и заразени царевични зърна

Сорт царевица	Страна на зърното	Разпознати към клас здрави		Разпознати към клас заразени	
		Брой зърна	% правилно/неправилно разпознаване	Брой зърна	% правилно/неправилно разпознаване
A26	Здраво гладка	20	100	0	0
	Здраво вдлъбната	20	100	0	0
	Заразено гладка	2	10	18	90
	Заразено вдлъбната	1	5	19	95
Русе 424	Здраво гладка	20	100	0	0
	Здраво вдлъбната	20	100	0	0
	Заразено гладка	1	5	19	95
	Заразено вдлъбната	1	5	19	95
ХМ 87	Здраво гладка	20	100	0	0
	Здраво вдлъбната	20	100	0	0
	Заразено гладка	0	0	20	100
	Заразено вдлъбната	0	0	20	100
Кнежа 308	Здраво гладка	15	75	5	25
	Здраво вдлъбната	17	85	3	15
	Заразено гладка	0	0	20	100
	Заразено вдлъбната	1	5	19	95
Кнежа 436	Здраво гладка	20	100	0	0
	Здраво вдлъбната	20	100	0	0
	Заразено гладка	0	0	20	100
	Заразено вдлъбната	0	0	20	100
Кнежа 613	Здраво гладка	17	85	3	15
	Здраво вдлъбната	19	95	1	5
	Заразено гладка	1	5	19	95
	Заразено вдлъбната	0	0	20	100

Процентът на правилно разпознаване за клас здрави зърна, независимо от ориентацията им при снемане на спектралнта им характеристика (гладка или вдлъбнатата страна) достига до 100. Изключение правят два от сортовете – Кнежа 308 и Кнежа 613, при които този процент варира от 75 до 95. За заразните зърна, за два от сортовете има пълно разпознаване – ХМ87 и Кнежа 436, докато за другите сортове процента варира от 90 до 95.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложен е подход за разпознаване на заразени с розова фузариоза царевични семена, базиран на абсорбцията на семената, получена чрез измерване на дифузното им отражение във видимата и близката инфрачервена област. Използваните признаци за разпознаване на заболяването са първите три главни компонента от обработката на спектралните данни. Влиянието на факторите “положение на царевично зърно при снемане на спектралната му характеристика” и сортовата му принадлежност са редуцирани чрез използване на класификационна процедура “дърво на решенията”. Точността на правилна класификация варира от 75 до 100% за здрави и от 90 до 100% за заразени от фузариум зърна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Charmley L.L., Prelusky D.B., Decontamination of *Fusarium* mycotoxins. *Appl. Environ. Microbiol.*, 1995, p. 421 – 435.
2. Chulze S.N. Ramirez M.L., Farnochi M.C., Pascale M., Visconti A., March G., *Fusarium* and fumonisin occurrence in Argentina corn at different ear maturity stages. *J. Agric. Food Chem.* 44, 1996, p. 2797-2801.
3. FDA (2000b)., Background paper in support of Fumonisin levels in corn and corn products intended for human consumption. USA Food and drug administration, Centre for Food Safety and Applied Nutrition. URL: <http://vm.cfsan.fda.gov/~dms/fumonbg1.html>
4. Krska R., Schubert-Ullrich P., Molinelli A., Sulyok M., Macdonald S., Crews C., Mycotoxin analysis: An update, *Food additives and contaminants*, Vol.: 25/2, p.152-163, 2008.
5. Manninger I., Resistance of maize to ear rot on the basis of natural infection and inoculation. In: *Proceeding 10th Meeting., Eucarpia, Maize, Sorghum Sec.* Varna, Bulgaria, p. 181-184.
6. Odvody G.N., Remmers J.C., Spencer N.M., Association of kernel splitting with kernel and ear rots of corn in a commercial hybrid grown in the coastal bend of Texas. *Phytopathology* 80:1045, 1990.
7. Riley R.T., Norred W.P., Mycotoxin prevention and decontamination. Corn – a case study. *Third Joint FAO/WHO/UNEP International Conference on Mycotoxins*, Tunis, 1999, 11 p.
8. Shephard G.S., Thiel P.G., Stockenstrom S., Sydenham E.W. Worldwide survey of fumonisin contamination of corn and corn – based products. *J. AOAC* 79, 1996, p. 671-687.
9. Sydenham E.W., Shephard G.S., Thiel P.G., Marasas W.O., Stockenstrom S., Fumonisin contamination of commercial com-based human foodstuffs., *J.Agric.Food Chem.* 39, 1991, p. 2914-2918.
10. Warfield C.Y., Gilchrist D.G., Influence of kernel age on fumonisin B1 production in corn by *Fusarium Moniliforme*. *Appl. Environ. Microbiol.* 65, 1999, p. 2853-2856.

БЛАГОДАРНОСТ

Изследванията са подкрепени по договор № **BG051P0001-3.3.04/28**, „Подкрепа за развитие на научните кадри в областта на инженерните научни изследвания и иновациите”. Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси” 2007-2013, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз“.