Field Crops Studies

Volume X
No. 1

2016

Изследвания върху полските култури

Том X
Книжка 1

2016

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ:

Гл. редактор: Доц. д-р Юлия Енчева
Редактори: Проф. д-р Маргарита Нанкова
Проф. д-р Валентина Енчева
Проф. д-р Емил Пенчев
Доц. д-р Татяна Петрова
Доц. д-р Генчо Милев
Езикови редактори: Катя Делчева
Соня Димитрова
гл. ас. д-р Даниела Вълкова

Издател: Добруджански земеделски институт
Редакция: Добруджански земеделски институт
гр. Генерал Тошево, 9520
тел.: +359 58 / 603 125; факс: +359 58 / 603 183
e-mail: fcs@dai-gt.org; http://fcs.dai-gt.org/
Корица: Катя Делчева, Стефан Димитров
Дизайн и предпечат: Катя Делчева, Стефан Димитров
Печат: "Нилекта Принт" ООД - гр. Добрич (+359 58 600 299)
ISSN 1312-3882

EDITORIAL BOARD:

Editor in chief: *Assoc. Prof.* Julia Encheva
Editors: *Prof.* Margarita Nankova
Prof. Valentina Encheva
Prof. Emli Penchev
Assoc. Prof. Tatyana Petrova
Assoc. Prof. Gencho Milev
Language editors: Katia Delcheva
Sonia Dimitrova
Daniela Valkova

Publisher: Dobrudzha Agricultural Institute
Address: Dobrudzha Agricultural Institute
General Toshevo 9520
phone: +359 58 / 603 125; fax: +359 58 / 603 183
e-mail: fcs@dai-gt.org; http: //fcs.dai-gt.org/
Cover design by Katia Delcheva& Stefan Dimitrov
Text design and typeset by Katia Delcheva & Stefan Dimitrov
Printed by Nilekta Print Ltd. - Dobrich (+359 58 600 299)
ISSN 1312-3882

Field Crops Studies

Изследвания върху полските култури 2016, Том X - 1
Field Crops Studies, 2016, Vol. X - 1

ПРОУЧВАНЕ НА ПУКЛИВОСТТА ПРИ СОРГО ЗА ЗЪРНО (*SORGHUM BICOLOR* L.)

Ирена Голубинова, Анелия Кътова, Анна Илиева, Пламен Маринов-Серафимов
Институт по фуражните култури, Плевен

Резюме

Голубинова, И., А. Кътова, А. Илиева, П. Маринов-Серафимов. 2016. Проучване на пукливостта при сорго за зърно (Sorghum bicolor L.). FCS 10(1):45-52

Експериментът е проведен през 2016 година в Институт по фуражните култури – Плевен. Обект на изследване са 12 генотипа (сортове, хибриди, мутантни и хибридни линии) сорго за зърно *(Sorghum bicolor* (L) Moench). Целта на проучването е да се установи пукливостта и връзката с някои биохимични показатели (съдържанието на суров протеин, скорбяла, влага) и характеристики на зърното (цвят на перикарпа, ширина на зърното и пуканките, маса на 1000 семена). Пукливостта на зърното при изследваните генотипи сорго варира в границите 32,0% до 72,0%. Най-силно влияние върху пукливостта оказват показателите маса на 1000 семена (*r* = 0,831), съдържание на скорбяла (*r* = -0,356), следвани от съдържание на влага (*r* = 0,212) и суров протеин (*r* = 0,282). Установено е, че ендоспермът на семената при пукане се разраства най-слабо при генотиповете с бяло оцветяваване на перикарпа (от 33,3 до 90,1%), а при при тези с тъмно оцветяване разрастването е от 50,0 до 160%. Мутантна линия M1(6282) (с тъмно кафяво оцветяване на перикарпа) и хибридна линия 1643 (с бяло оцветяване на перикарпа) се открояват с относително по-добра пукливост и едрина на получените пуканки. Настоящото изследване демонстрира едно от качествата на зърненото сорго – пукливост и възможностите за отбор в хода на селекционния процес и обогатяване на генетично разнообразие при тази култура.

Ключови думи: Сорго (*Sorghum bicolor* (L) Moench), селекция, пукливо сорго, пукливост

Abstract

Golubinova, I., A. Katova, A. Ilieva, P. Marinov-Serafimov, 2016. Studies on the Popping Characteristics of Sorghum Grains Sorghum bicolor L.). FCS 10(1):45-52

A trial was carried out at the Institute of Forage Crops, town of Pleven. 12 genotypes (varieties, hybrids, mutant and hybrid lines) grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench) were studied. The objective of the study was to establish popping and the relationship with some biochemical parameters (the content of crude protein, starch, moisture) and grain characteristics (color of pericarp, width grain, 1000-grain mass). Popping of sorghum grain genotypes is in ranges 32,0% to 72,0%. Most strongly influence on popping have 1000-grain mass (r = 0,831), starch content (r = -0,356), followed by moisture content (r = 0,212) and crude protein (r = 0.282). It was found that the endosperm of the seeds grows poorly in most genotypes with white coloring the pericarp (from 33,3 to 90,1%), while

for those with a dark-colored grows is from 50,0 to 160,0%. Mutant line M1 (6282) (dark brown color of the pericarp) and hybrid line 1643 (white color of the pericarp) stand out with relatively better popping and particle size of popsorghum. This study demonstrates one of the qualities of grain sorghum – popping of grain and opportunities enrichment of the genetic diversity for the breeding program in this culture.

Key words: Sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench), breeding, pop sorghum, popping

УВОД

Соргото (*Sorghum bicolor* L.) Moench) е петата по важност зърнена житна култура в света. Отглежда се основно за производство на зърно за фуражни цели. У нас площите със сорго през 2014 година са над 66 000 da сорго за зърно по данни на Отдел „Агростатистика“ към МЗХ. В световен мащаб през последните десетилетия, соргото намира приложение и за производството на биогорива (Liu and Lin, 2009; Ottman, 2009; Manea et al., 2010). Соргото в редица райони предимно на Азия и Африка намира приложение в народната медицина (Duke and Wain, 1981), както и за приготвяне на безквасен хляб и каша, за производство на брашно, пуканки, корнфлейкс, в пивоварната промишленост. От соргото могат да се получават брашна за производството на нови и по-здравословни храни и продукти на зърнена основа (Baskaran et al. 1999). Възможността за използване на соргото в хранително-вкусовата промишленост налага в редица проучвания да се изследва предпочитаното сорго с бял цвят на зърното поради ненатрапчивия цвят и вкус (Parker et al. 1999; Duodu et al. 2001; Kayode et al. 2007), но се проучват също и физикохимичните, хранителни и антихранителни свойства на сортове с по-тъмен цвят и пигментация (Saravanabavan, et al., 2011).

В отговор на непрекъснато променящия се потребителски вкус и очаквания, през последните десетилетия благодарение на пукливостта, соргото намира приложение в една от най-важните области на хранително-вкусовата промишленост – така наречените бързи храни (fast foods). Процесът на пукане при соргото е евтин и бърз начин за приготвяне на готова за консумация здравословна храна (Mishra et al., 2014). Поради тази причина в редица проучвания се изясняват начините на приготвяне на пуканките от сорго и на различните фактори оказващи влияние върху пукливостта (Hoke et al., 2005; Mariotti et al., 2006, Mirza et al., 2014). Множество от фактори определят пукливостта при соргото като съдържание на влага, химичен състав и морфологични характеристики на зърното, а също и метода на приготвяне на пуканките (Mishra et al., 2014). Съществен фактор в това отношение са и сортовите различия. В съвременните селекционни програми важно условие е съчетаването на комплекса от продуктивност и пукливост при соргото за пуканки (pop sorghum), като не без значение е оцветяването на зърното допринасящ за естетичния вид на пуканките. Потенциалната възможност за подобряване на съществуващи или създаване на нови генотипове с повишена пукливост, както и ограничените проучвания у нас за пукливостта при соргото обосноваха целта на настоящата работа.

Целта на настоящето изследване е да се проучи пукливостта на 12 генотипа сорго (*Sorghum bicolor* (L) Moench) и съдържанието на някои биохимични показатели и морфологични характеристики на зърното и взаимовръзката между тях.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

През периода 2014-2016 г. в опитното поле на Института по фуражните култури – Плевен е извършено сравнително проучване в селекционен питомник при полски условия на 12 генотипа (сортове, линии и хибриди) сорго за зърно *Sorghum bicolor* (L) Moench с различен произход (Таблица 1).

Във фенофаза „техническа зрелост”, от всеки генотип сорго (*Sorghum bicolor* (L) Moench) са взети средни проби от 500 g семена (ръчно почистени от примеси, повредени и счупени зърна) за определяне на някои характеристики на зърното (ширина на зърното (mm), маса на 1000 броя семена (g), влага (%) (AOAC, 2000) и оцветяване перикарпа на зърното) и за извършване на биохимични анализи (суров протеин (по класическия метод на Келдал) и скорбяла (поляриметрично по метода на Еверс (Ермаков, 1972)).

Таблица 1. Описание на изследвани генотипове сорго *sorghum bicolor* (L) Moench
Table 1. Description of the studied genotypes of sorghum *Sorghum bicolor* (L) Moench

№	Генотип/Genotype	Метод/ Method	Цвят на зърното Color to grain
1	Максиред	Сорт	червен
2	Максибел	Сорт	бял
3	Вердон	Хибрид	кафяв
4	BBO	Хибридизация / Hybridization	бял
5	M1(6282)	Експериментален мутагенез /Experimental mutagenesis	Тъмно кафяв
6	1641	Хибридизация / Hybridization	бял
7	1643	Хибридизация / Hybridization	бял
8	1651	Хибридизация / Hybridization	бял
9	1673	Хибридизация / Hybridization	бял с кафяви петна
10	16113	Хибридизация / Hybridization	Тъмно червен
11	16121	Хибридизация / Hybridization	червен
12	16122	Хибридизация / Hybridization	кафяв

Във фенофаза „техническа зрелост”, от всеки генотип сорго (*Sorghum bicolor* (L) Moench) са взети средни проби от 500 g семена (ръчно почистени от примеси, повредени и счупени зърна) за определяне на някои характеристики на зърното (ширина на зърното (mm), маса на 1000 броя семена (g), влага (%) (AOAC, 2000) и оцветяване перикарпа на зърното) и за извършване на биохимични анализи (суров протеин (по класическия метод на Келдал) и скорбяла (поляриметрично по метода на Еверс (Ермаков, 1972)).

Пукливостта на зърното за всички проучвани генотипове (Таблица 1) е определяна след предварително навлажняване на проби от 100 бр. зърна в осем повторения, чрез потапяне за 1 min в загрята (до 100°C) дестилирана вода, след което са подсушавани (Hamad, 2006). Така подготвените проби са изпукани по конвенционалния метод в затворен съд с горещ въздух (Mishra et al., 2014). Статистическата обработка на експерименталните данните е извършена с програмен продукт Statistica version 10.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Пукливостта на соргото може да бъде свързано с различия в химичните (протеин, скорбяла, мазнини, пепел, влага, сухо вещество и др.), морфологични (размер, форма на зърното) и физични свойства (стъкловидност, твърдост на семенната обвивка и др.) на зърното (Hamad and El-khalilq, 2006; Mishra et al., 2014; Saravanabavan et al., 2011). Тези свойства определят качествените характеристики на зърното от които зависи мощността и енергията на разпукване.

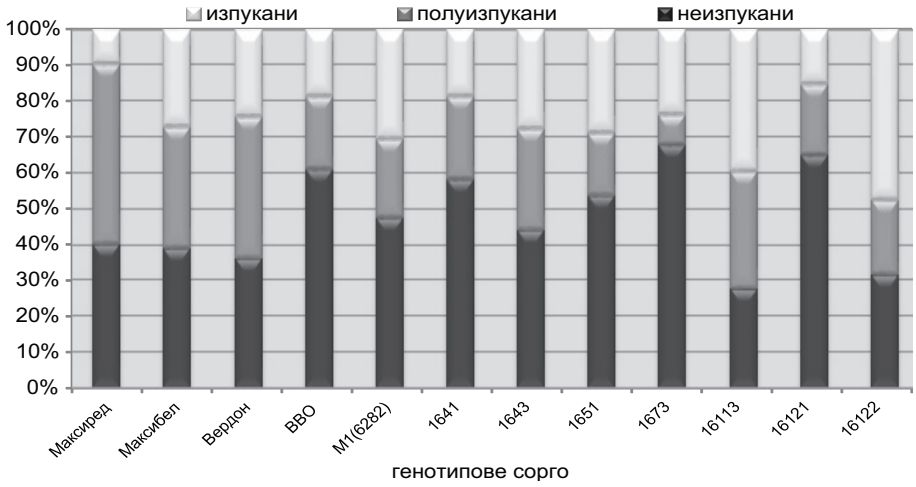
При отделните генотипове са отчетени несъществени различия по отношение съдържанието на влага в зърното, което варира в относително тесни граници от 9,18 до 9,91%, докато съдържанието на суров протеин е от 6,25 до 12,01% от сухото вещество (Таблица 2).

Таблица 2. Основни характеристики на зърното
Table 2. Main characteristics of the grain

№	Генотип Varieties	Маса на 1000 семена, g 1000-grain mass, g	Влага, % Moisture, %	Суров протеин,% Crude protein, %	Скорбяла, % Starch, %
1	Максиред	29,48 cd	9,91	10,92	78,55
2	Максибел	29,07 cd	9,97	11,42	78,27
3	Вердон	29,93 d	9,18	10,70	76,38
4	BBO	25,79 b	9,53	9,05	78,01
5	M1(6282)	28,46 c	9,65	12,01	69,88
6	1641	25,30 a	9,51	8,13	75,56
7	1643	25,35 a	9,67	6,25	80,45
8	1651	25,44 b	9,61	6,62	79,08
9	1673	25,97 b	9,66	7,90	80,45
10	16113	29,32 cd	9,55	10,28	74,20
11	16121	24,81 b	9,40	9,16	76,92
12	16122	29,11 cd	9,76	7,00	73,62

Легенда: a, b, c, d, статистически доказани разлики при P=0.05;
Legend: a, b, c, d, are statistically proven differences in P=0.05

От данните в Таблица 1 и 2 е видно, че генотиповете с тъмен перикарп (червен до тъмно кафяв) са с по-високи стойности на суровия протеин от 7,00 до 12,01%, докато при тези с по-светло оцветяване е от 6,25 до 11,42%. Съдържанието на скорбяла в зърното при генотиповете сорго варира в относително тесен диапазон - от 69,88 до 80,45%. Изключение се установява само при мутантната линия M1(6282), където съдържанието на скорбяла в зърното е най-ниско 69,9%, а съдържанието на суров протеин е най-високо – 12,01%. Установена е отрицателна корелационна зависимост (r = -0,448) между съдържанието на скорбяла и съдържанието на протеин в зърната на генотиповете сорго. Подобна зависимост е установена в експерименталната работа на Bressani and Tuna, (1992); Buffo et al., (1998); Wong et al., (2009); Mishra et al., (2014).



Фигура 1. Количествено съотношение (изпукани:полуизпукани:неизпукани) при определяне пукливостта на различни генотипове сорго
Figure 1. Quantitative ratio (popped: semipopped: unpopped) in determining popping of different genotypes of sorghum

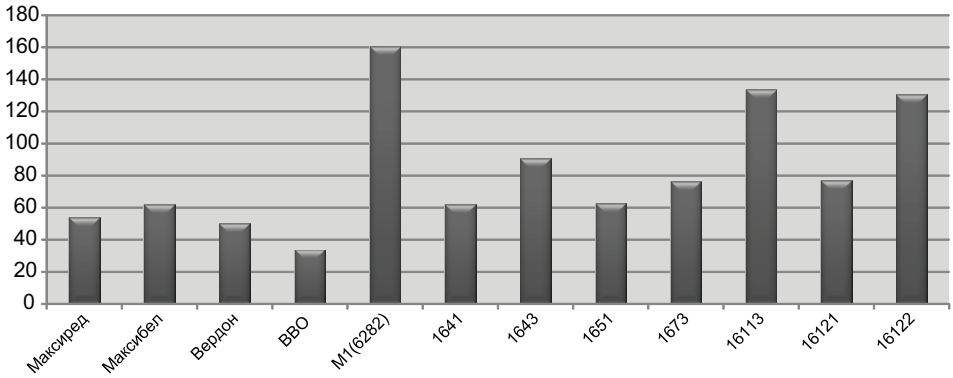
На Фигура 1 са представени резултатите от количественото съотношение на изпуканите, полуизпуканите и неизпукани зърна при определяне пукливостта на различните генотипове сорго.

От фигурата е видно, че общият брой на пуканките (полуизпукани и изпукани зърна) е от 32,0% (линия № 1673) до 72,0% (при линия №16113). Броят на полуизпуканите зърна варира в широки граници от 8,7 до 50,0%. Установена е висока положителна корелационна зависимост между броя на пуканките и масата на 1000 броя семена (r = 0,831), умерена от съдържанието на влага (r = 0,212) и суров протеин (r = 0,282) и отрицателна корелационна зависимост (r = -0,356) в зависимост от съдържанието на скорбяла (Таблица 3).

Таблица 3. Корелационни зависимости между някои показатели при сорго
Table 3. Correlations between some parameters of sorghum

Променливи Variables	Маса на 1000 семена, g 1000-grain mass, g	Влага, % Moisture, %	Суров протеин,% Crude protein, %	Скорбяла, % Starch, %	Пуканки, общ брой
Маса на 1000 семена, g 1000-grain mass, g					
Влага, % Moisture, %	0,214				
Суров протеин,% Crude protein, %	0,640	0,060			
Скорбяла, % Starch, %	-0,430	0,144	-0,448		
Пуканки, общ брой	0,831	0,212	0,282	-0,356	
Диаметър на пуканките, mm	0,420	0,102	0,218	-0,801	0,442

Количеството на получените пуканки се определя от общия брой полуизпукани и изпукани зърна, както и от формирания размер на пуканката (Фигура 2). Процентът на разрастване на ендосперма при пукане на зърното е най-нисък (33,3%) при хибридна линия ВВО и достига до 160,0% при мутантна линия М1(6282), където са получени най-големи по размер пуканки.



Фигура 2. Разрастване на зърното при пукане, %
Figure 2. Expansion in popping grain,%

Установено е, че по-едри пуканки са получени от генотиповете с по-голяма маса на 1000 семена (*r* = 0,420) и с по-ниско съдържание на скорбяла (*r* = -0,801). Най-силно е разрастването на ендосперма при пукане на зърното (от 130,0 до 160,0%) при генотиповете с тъмно оцветяване на перикарпа (M1(6282), 16113 и 16122), докато при тези с бяло оцветяваване разрастването на ендосперма е от 33,3% (при хибридна линия BBO) до 90,1% (при линия 1643).

Получените резултати могат да обяснят с генетични различия между отделните генотипове, тъй като сравненията са направени при конкретните условия и постановка на опита. При други условия (различни генотипове, начин на пукане, с или без навлажняване на зърното, начин и продължителност на съхранение на зърното и др.) резултатите ще бъдат различни, тъй като пукливостта се определя от комплекс от множество фактори.

С настоящото изследване, проведено с произволно подбрани генотипове и селекционни материали, се акцентира върху едно от качествата (пукливост) и приложението на зърненото сорго (за приготвяне на пуканки). Изследването на някои химични свойства на зърното и неговата пукливост са предпоставка за обогатяване на генетичното разнообразие и повишаване ефективността на селекционния процес при соргото.

ИЗВОДИ

Пукливостта на зърното при изследваните генотипи сорго варира в границите 32,0% до 72,0%. Най-силно влияние върху пукливостта оказват показателите маса на 1000 броя семена (r = 0.831), съдържание на скорбяла (r = -0,356), следвани от съдържание на влага (r = 0.212) и суров протеин (r = 0.282).

Установено е, че ендоспермът на семената при пукане се разраства най-слабо при генотиповете с бяло оцветяваване на перикарпа (от 33,3 до 90,1%), а при при тези с тъмно оцветяване разрастването е от 50,0 до 160,0%.

Мутантна линия M1(6282) (с тъмно кафяво оцветяване на перикарпа) и хибридна линия 1643 (с бяло оцветяване на перикарпа) се открояват с относително по-добра пукливост и едрина на получените пуканки.

Настоящото изследване демонстрира едно от качествата на зърненото сорго – пукливост и възможностите за отбор в хода на селекционния процес и обогатяване на генетично разнообразие при тази култура.

ЛИТЕРАТУРА

AOAC., 2010. Official methods of analysis, 17-th ed. Association of Official Analytical Chemists, Maryland, USA, AOAC, International.

Ермаков, А. И., 1972. Методы биохимическога исследования растений „Колос". Ленинград, с. 220-269.

МЗХ, отдел "Агростатистика", наблюдение "Добиви от земеделски култури – реколта`2014".

Baskaran, V., N. Mahadevamma, G. Malleshi, R. Shankara and B. R. Lokesh, 1999. Acceptability of supplementary foods based on popped cereals and legumes suitable for rural mothers and children. *Plant Foods Hum Nutr.* 53:237–247.

Bressani, R. and E. Tuna, 1992. Relation between various physical characteristics of sorghum varieties (Sorghum vulgare) and their popping capacity. Arch Latinoam Nutr. 42(3):275-82.

Buffo, R. A., C. L.Weller and A. M. Parkhurst, 1998. Relationships Among Grain Sorghum Quality Factors. Biological Systems Engineering: Papers and Publications. Paper 107. http://digitalcommons.unl.edu/biosysengfacpub/107

Duodu, K.G., H. Tang, A. Gran, N. Weller, P.S. Belton and J.R.N. Taylor, 2001. FTIR

and solid state CNMR spectroscopy of proteins of wet and popped sorghum and maize. *J Cereal Sci.* 33:161–174.

Duke, J.A. and K.K. Wain, 1981. *Medicinal Plants* of the *World*. *3 vol*. *Computer index* with *more than 85,000 entries*.

Hamad, R. and M. El-khalil, 2006. Preliminary studies on the popping characteristics of sorghum grains. A Thesis Submitted to the Sudan Academy of Sciences in Fulfillment of the Requirement for Master Degree in Food Science and Technology. Sudan. pp. 90.

Hoke, K., J. Housova and M. Houska, 2005. Optimum conditions of rice puffing. *Czech Journal of Food Science*, 23: 1-11.

Kayode, A.P., A.R. Linemann, M. Nout and M. Boekel, 2007. Impact of sorghum processing on phytate, phenolics compounds and in vitro solubility of iron and zinc in thick porridges. *J Sci Food Agric.* 87:832–838.

Liu, S.Y., C.Y. Lin, 2009. Development and perspective of promising energy plants for bioethanol production in Taiwan. World Renewable Energy Conference*,* 34(8):1902-1907.

Manea, V., A. Tanase, A. Casarica, R. Albulescu, G. Radulescu, G. Campaneu, F. Israel-Roming and G. Stoian, 2010. Study of the chemical composition of sweet sorghum stalks depleted in carbohydrates with applications in obtaining bioethanol. Analele Ştiinţifice ale Universităţii „Alexandru Ioan Cuza", Secţiunea Genetică şi Biologie Moleculară, 9:87-96.

Mariotti, M., C. Alamprese, M.A. Pagani and M. Lucisano, 2006. Effect of puffing on ultra-structure and physical characteristics of cereal grains and flours. Journal of Cereal Science, 43(1): 47-56.

Mishraa, G., D.C. Joshib and B.K. Panda, 2014. Popping and Puffing of Cereal Grains: A Review. *Journal of Grain Processing and Storage*, 1(2): 34-46.

Mirza, N., N. Sharma, S. Srivastava and A. Kuma, 2014. Variation in Popping Quality Related to Physical, Biochemical and Nutritional Properties of Finger Millet Genotypes. Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences, 1-9. doi:10.1007/s400011-014-0384-x.

Ottman, M., 2009. Annual warm season grassesfor biofuel production in the west. In: Proceedings, Western Alfalfa & Forage Conference, December 2-4, 2009, Reno, Nevada.

Parker, M.L., A. Grant, N. M. Rigby, P.S. Belton and J.R.N. Taylor, 1999. Effects of popping on the endosperm cell walls of sorghum and maize. *J Cereal Sci.* 30:209–216.

Saravanabavan, S.N., M.M. Shivanna and S. Bhattacharya, 2011. Effect of popping on sorghum starch digestibility and predicted glycemic index. J Food Sci Technol. 50(2): 387–392.

Wong, J.H., T. Lau, N. Cai, J. Singh, J.F. Pedersen, W.H. Vensel, W.J. Hurkman, J.D. Wilson, P.G. Lemaux and B.B. Buchanan, 2009. Digestibility of protein and starch from sorghum (Sorghum bicolor) is linked to biochemical and structural features of grain endosperm. Journal of Cereal Science 49: 73–82.