

**ОПРЕДЕЛЯНЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА НА ОБЕМА НА ЗЪРНОТО
ОТ ОБИКНОВЕНА ЗИМНА ПШЕНИЦА (*TRITICUM AESTIVUM* L.)**

Христо Павлинов Стоянов
Технически университет – Варна

Резюме

*Стоянов, Х., 2014. Определяне и характеристика на обема на зърното от обикновена зимна пшеница (*Triticum aestivum* L.). FCS 9(2): 203-218*

Обикновената зимна пшеница се характеризира с динамична селекция, която е основана на непрекъснато нарастващото търсене на висококачествена продукция. Създаваните сортове се отличават с висока продуктивност и ценни качества като устойчивост на биотични и абиотични стресови фактори. Това е свързано с осигуряване на по-високи стойности на качествените показатели на зърното. Подобряването на определени характеристики (протеинов състав, аминокиселинен състав, съдържание на скорбяла, съдържание на мазнини, съдържание на прости захари) е основно селекционно направление при културата. Съществуването на зависимост между химичния състав на зърното и определени физични величини като плътност, обем и тегло дават основание да се търсят методи за тяхното по-лесно определяне. За изчисляването на точния обем и плътността на зърното при обикновената зимна пшеница са разработени три модела (коничен, елипсоиден и лимасо-параболоиден) на базата на метрични измервания на зърна от 30 образеца от вида *Triticum aestivum*. За всеки един от моделите е съставено конкретно математическо уравнение. Ефективността на всеки модел е оценен чрез водно измерване на обема на зърното при всеки образец. С най-висока точност се отличава параболоидния модел, тъй като се основава на естествените пропорции и сечения при пшеничното зърно. Поради сложността на изчисленията, които е необходимо да се направят за изчисляване на обема и плътността при този модел, е разработен опростен софтуерен продукт. По този начин значително се повишава ефективността на селекционния процес, особено при изследване на хибридни генерации, при които се работи с малки количества семена. Изработения модел дава възможност определени изходни форми и линии, притежаващи ценни качествени характеристики, да бъдат отбрани и включени в селекционните програми на обикновената зимна пшеница, при установяване на значими и достоверни корелационни зависимости между плътността и обема на зърното и определен биохимичен показател.

Ключови думи: Модел на зърно – Обем на зърното – Хлебна пшеница

Abstract

*Stoyanov, H., 2014. Determining and characteristics of grain volume in common winter wheat (*Triticum aestivum* L.). FCS 9(2): 203-218*

Common winter wheat is characterized by a dynamic breeding that is based on the ever increasing demand for high quality production. Bred varieties are characterized by high productivity and valuable qualities such as resistance to biotic and abiotic stress

factors. This is related to providing a higher value of the quality grain properties. Increasing of certain characteristics (protein composition, amino acid composition, starch content, fat content and monosaccharides content) is the main breeding purpose of the crop. The existence of a correlation between the chemical composition of grain and certain physical properties such as density, volume and weight give reason to seek methods for easier determination. For calculation of the exact size and density of the grain in the common winter wheat three models (conical, ellipsoidal and limaco-paraboloid) are developed on the basis of the metric pattern of grains 30 accessions of the species *Triticum aestivum*. For each of the models specifically mathematical equation is made. The effectiveness of each pattern was evaluated by measuring the water volume of the grain in each sample. Highest precision features paraboloid model because it is based on natural proportions and sections of wheat grain. Due to the complexity of the calculations needed to be made for the calculation of the volume and the density of this model simple software has been developed. Thereby the efficiency of the selection process is greatly increased, especially in the study of hybrid generations, where small quantities of seed are used. Constructed model allows certain initial forms and lines possessing valuable qualitative characteristics to be selected and included in the breeding programs of common winter wheat when significant and reliable correlations between the density and volume of grain and certain biochemical parameters are identified.

Key words: Bread wheat – Grain model – Grain volume

ВЪВЕДЕНИЕ

Световното зърнопроизводство се основава на използването на високодобивни сортове пшеница, които се отличават с високо качество и високи нива на устойчивост към биотичен и абиотичен стрес. Това е породено от нарастващото търсене на големи количествена качествена хлебна пшеница, за да се задоволят продоволствените и фуражни потребности в световен мащаб (Stoyanov, 2014). Търсенето е свързано от една страна с усъвършенстване на агротехниката, но от друга страна, предимно с динамична селекция, която следва да отговори на високите пазарни изисквания.

Качествените показатели като протеиново съдържание, аминокиселинен състав, добив на мокър глутен (ДМГ) са важно селекционно направление при създаването на нови сортове обикновена зимна пшеница (Донева & Спецов, 2011). Често тези показатели показват определени зависимости спрямо морфологичните параметри на зърното (Oztur & Aydin, 2004). Наблюдават се известни корелации между ДМГ и стъкловидността с добива на зърно (Matsuo & Dexter, 198) и масата на зърната в клас (Millet & Pinthus, 1984). Липсата на корелация между протеиновото съдържание и масата на 1000 зърна (Kibite & Evans, 1984; Varshney et al., 2000) определят необходимостта да се търсят други морфологични параметри, които да са взаимосвързани с протеиновия състав. Mabile & Abecassis (2003), Marshall et al. (1984), Marshall et al. (1986) посочват наличието на добри корелационни и преки зависимости между протеиновото съдържание и обема на пшеничното зърно. Това превръща този показател в ценен признак, който следва да бъде надеждно измерен.

Определянето на обема на пшеничното зърно по недеструктивен начин е комплексен процес, който е свързан с множество неточности (Mabile & Abecassis, 2003). Използването на хектолитровото тегло като сходен показател не дава ясна представа за обема на зърното поради различията в плътността на зърно с еднакъв обем, и е необходимо да бъде съчетаван с масата на 1000 зърна (Stoyanov, 2014). Въпреки това възникват определени неточности, които са породени от неправилната форма на пшеничното зърно и неговата невъзможност да заема плътно определено му обемно пространство. Сравнително лесно е измерването на този признак посредством потапянето на зърното във вода и измерване на разликата по метода

„начален-краен” обем. Това е свързано с определено въздействие върху жизнеността на семената и при техния малък брой при селекционни линии и хибридни генерации е нежелателно да се прилага, поради риск от загуба на ценни генотипове. Освен това подобни методи са свързани с допълнително просушаване, което също може да намали жизнеността, кълняемостта и кълнителната енергия на семената.

Пшеничното зърно е сложно стереометрично тяло, чийто контур условно може да се подели между два нетипични параболоида (Фигура 1). Равнината на пресичане на двата параболоида се намира на разстояние от върха на зърното, съвпадащо с края на щитчето на зародиша. Същевременно напречния пререз на пшеничното зърно в коя да е точка от дължината се огражда от контур, който приема функцията „охлюв на Паскал” (лимасон). По този начин двата параболоида са вдлъбнати в специфичната бразда на зърното и имат нетипична за елиптическия параболоид форма и условно фигурата може да се определи като лимасоиден параболоид. Измерването на подобен обем изисква определянето на множество променливи, които представляват компоненти на изграждащите функции. Поради сложността на лимасоидния параболоид следва, фигурата да бъде сегментирана по метода на интегралните суми, чрез площта на напречното сечение. Подобен тип извеждане на обем на сложно тяло е възприето за ротационните тела и по-рядко за неправилните фигури, тъй като голяма част от пространствените тела се подчиняват на зависимостите на телата, формирани от конични сечения (парабола, хипербола, елипса, окръжност, точка и права) (Каменов, 2001). Охлювът на Паскал не е конично сечение и в този случай се различава значително по отношение на своето канонично уравнение. Същевременно липсата на едно декартово уравнение (Lawrence, 1972), което описва тази полярна функция, допълнително усложнява извеждането на формула за обем на пшенично зърно.

Целта на настоящия доклад е да бъде изведена формула за обема на пшенично зърно, да бъде доказана нейната достоверност и приложимост чрез сравняване с реално измерен обем на зърното и с други стереометрични модели и да бъдат характеризирани корелационните зависимости на обема с плътността на зърното и масата на 1000 зърна.

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

Използвани са 30 образци от обикновена зимна пшеница *Triticum aestivum*, като 22 са с произход от колекцията на ИПК-Gatersleben-Германия, а 8 образца са получени от Добруджански земеделски институт – Генерал Тошево. По 15 броя семена от всеки образец хлебна пшеница са засявани по схема с междуредие 30см и вътрередие 5см. Сеитбата е извършена на 06-11.11.2012, при полски условия в землището на с.Стожер, обл.Добрич. Реколтирането е извършено във фаза пълна зрялост в периода 12-20.07.2013г.

От всеки образец след овършаване на случаен принцип са отделени по 10 зърна, без оглед на тяхната големина. За всяко зърно са измерени ширина (Ш), дължина (Д) и височина (В). От всеки образец отделно са отбрани по 2 зърна, като е оформена обща експериментално-моделна съвкупност. Всяко едно зрънце от така формираната съвкупност е срязано напречно в математическата точка на пресичане на пресичане на параболите на двата условни параболоида, от които е съставено (Фигура 1). Върху напречния пререз са измерени дълбочината на браздичката (ДБ), и ширината на „ушичките” на зърното (ШУЗ) и перпендикулярната дължина на щитчето (ПДЩ). На база на получените координати са намерени функциите на параболите и параболоидите, които формират зърното, както и функцията и лицето на напречния пререз на пшеничното зърно. Съставени са три модела за обем на пшеничното зърно – коничен (КОЗ), при който се приема, че двете части на зърното представляват елиптически конуси; елипсоиден (ЕОЗ), при който се приема, че зърното е елипсоид;

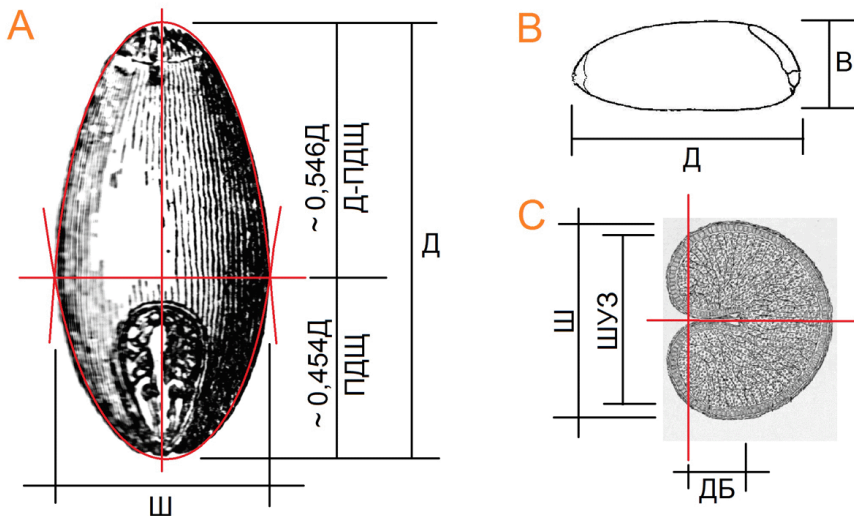
лимасо-параболоиден (ЛПОЗ), при който се приема, че напречния пререз на зърното е затворен от кривата „охлюв на паскал” (лимасон), а обемността е на база двете параболи, които се оформят от надлъжния срез на зърното. За всеки модел е съставено математическо уравнение, изразяващо обема на пшенично зърно.

За всеки 10 зърна от образец е измерен реалния им обем (РОЗ), чрез метода „начален-краен” обем, изразен чрез водна разлика в обемен съд с точна мярка. Измерени са масата на 1000 зърна и хектолитровото тегло, чрез претегляне на зърното, побиращо се в точна обемна мярка. Установена е плътността на зърното (ПЗ) като отношение на М1000 и РОЗ.

Данните от измерванията са осреднени по образци като са представени стандартното отклонение (СО) и вариационния коефициент (ВК). Изведен е корелационен анализ за установяване на зависимостите между обема на зърното и масата на 1000 зърна и хектолитровото тегло. За групиране на образците по техния обем на зърното е използван корелационен анализ. Измерен е директния ефект на М1000 и РОЗ върху ПЗ. За обобщаване на данните и за вариационния анализ е използван програмен продукт Microsoft Excel 2003, за разработване на програмен продукт – Microsoft Visual Studio 2012, за анализа на директния ефект ISM SPSS Amos 20, а за корелационния и клъстерния анализ – IBM SPSS Statistics v.19.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Обемът на зърното от обикновената зимна пшеница условно може да се раздели на две части в най-широкия си външен диаметър по отношение на ширината на зърното (Фигура 1). По този начин надлъжния пререз по ширина на зърното се допуска като съставен от две взаимно пресичащи се параболи, като пресичането също е в най-широката част. Същевременно напречното сечение на зърното условно се огражда от контур с полярна функция охлюв на Паскал (Фигура 1).



Фигура 1. Сечения на пшенично зърно: А – фронтално сечение, В – странично сечение, С – напречно сечение
Figure 1. Sections of wheat grain: A – dorsal section, B – lateral section, C – transverse section

Таблица 1. Параметри на зърна от обикновена зимна пшеница от обща експериментално-моделна съвкупност**Table 1.** Parameters of common winter wheat grain by general experimental-model aggregation

№ No	Д, мм L, mm	В, мм H, mm	Ш, мм W, mm	ШУЗ, мм WGE, mm	ДБ, мм LC, mm	ПДШ, мм PLS, mm	ИВЛ, мм CHL, mm
1	6,70	3,30	3,70	2,60	1,60	3,60	4,20
2	6,40	3,20	3,60	2,30	1,40	3,10	3,70
3	6,80	3,00	3,90	2,50	1,50	2,80	4,00
4	6,80	3,10	3,50	2,50	1,40	3,10	3,90
5	7,20	3,30	3,70	2,60	1,50	2,70	4,10
6	6,60	3,70	3,90	2,70	1,90	3,60	4,60
7	6,10	2,90	3,40	2,40	1,40	3,00	3,80
8	7,30	3,20	3,50	2,30	1,50	3,10	3,80
9	7,20	3,70	3,30	2,30	1,40	3,20	3,70
10	6,60	3,40	3,70	2,60	1,80	3,20	4,40
11	7,60	3,50	3,40	2,50	1,60	3,70	4,10
12	7,10	3,50	3,70	2,50	1,50	2,90	4,00
13	5,80	3,40	3,80	3,00	1,60	3,10	4,60
14	6,70	3,00	3,50	2,80	1,50	3,60	4,30
15	5,80	3,20	3,40	2,50	1,40	2,40	3,90
16	6,70	3,40	3,60	2,80	1,90	3,40	4,70
17	5,20	3,60	3,20	2,30	1,50	1,90	3,80
18	6,40	3,50	3,90	2,10	1,60	3,40	3,70
19	6,60	3,10	3,70	2,70	1,60	3,10	4,30
20	6,40	3,00	3,30	2,30	1,40	3,00	3,70
21	7,00	3,50	3,70	2,50	1,60	3,10	4,10
22	7,00	3,40	3,80	3,00	1,60	2,90	4,60
23	6,60	3,30	3,30	2,10	1,00	2,20	3,10
24	7,40	3,60	3,40	2,90	1,70	3,10	4,60
25	6,50	3,40	3,60	2,90	1,60	3,10	4,50
26	6,60	3,60	3,50	2,40	1,60	2,90	4,00
27	7,20	3,20	3,90	2,70	1,60	2,80	4,30
28	5,90	3,10	3,00	2,30	1,30	3,00	3,60
29	6,20	3,10	3,70	2,80	1,40	2,70	4,20
30	7,20	2,90	3,30	2,40	1,40	2,50	3,80
31	6,80	3,40	3,90	3,10	1,40	3,30	4,50
32	6,90	3,50	3,90	2,80	1,60	2,70	4,40
33	6,80	3,30	3,80	2,50	1,40	3,00	3,90
34	6,90	3,40	3,90	2,80	1,50	3,20	4,30
35	6,00	2,90	3,60	2,70	1,20	2,90	3,90
36	6,20	3,10	3,30	2,50	1,60	2,90	4,10
37	6,40	3,10	3,70	2,70	1,30	3,00	4,00
38	6,40	3,30	3,60	2,80	1,50	3,10	4,30
39	5,80	3,80	3,90	2,80	1,50	2,30	4,30
40	7,50	3,50	3,90	3,00	1,70	2,70	4,70
41	6,80	3,30	3,40	2,20	1,30	2,70	3,50
42	6,60	3,30	3,80	3,00	1,60	3,00	4,60
43	5,60	3,10	3,50	2,40	1,20	2,50	3,60
44	6,40	3,30	3,80	2,90	1,30	3,10	4,20
45	6,60	3,00	3,50	2,80	1,50	3,70	4,30

Таблица 1. (Продължение ...)
Table 1. (Continued)

№ No	Д, мм L, mm	В, мм H, mm	Ш, мм W, mm	ШУЗ, мм WGE, mm	ДБ, мм LC, mm	ПДЩ, мм PLS, mm	ИВЛ, мм CHL, mm
46	6,00	3,00	3,30	2,60	1,30	3,00	3,90
47	5,90	2,60	2,90	2,30	1,10	2,80	3,40
48	5,80	3,30	3,40	2,50	1,60	2,60	4,10
49	6,90	3,20	3,80	3,10	1,50	3,20	4,60
50	6,40	3,30	3,70	2,90	1,20	2,50	4,10
51	6,40	3,20	3,00	2,60	1,10	2,70	3,70
52	7,10	3,30	3,80	2,90	1,40	3,10	4,30
53	6,40	3,60	3,70	2,90	1,50	3,30	4,40
54	6,20	3,20	3,60	2,80	1,50	3,10	4,30
55	5,90	3,30	3,30	2,50	1,40	3,00	3,90
56	7,70	3,20	3,80	3,20	1,30	3,70	4,50
57	6,60	3,30	3,60	2,60	1,40	2,60	4,00
58	7,00	3,40	3,40	2,70	1,30	3,30	4,00
59	6,20	3,30	3,30	2,80	1,40	3,30	4,20
60	6,50	3,40	3,60	2,80	1,30	2,60	4,10
CC/AV	6,57	3,28	3,58	2,64	1,46	2,99	4,10
CO/SD	0,52	0,23	0,25	0,26	0,18	0,37	0,35
BK/VC,%	7,92	6,89	6,93	9,84	12,09	12,44	8,50

Д/Л – дължина на зърното/length of grain, В/Н – височина на зърното/height of grain, Ш/В – ширина на зърното/width of grain, ШУЗ/WGE – ширина на ушките на зърното/width of grain ears, ДБ/LC – дължина на браздичката/ length of crease, ПДЩ/PLS – перпендикулярна дължина на щитчето/perpendicular length of scutellum, ИВЛ/CHL – изчисляема височина на лимасона/calculable height of the limacon, CC/AV – средна стойност/average value, CO/SD – стандартно отклонение/standard deviation, BK/VC – вариационен коефициент/variation coefficient.

Двете части на условното разделяне могат да се обособят като неправилни параболиди (Фигура 1). Функциите на двете параболи от надлъжното сечение са съответно (по Каменов & Бояджиев, 2000):

$$g(y) = -py^2 + q \quad (1)$$

$$h(y) = my^2 - n \quad (2)$$

Съгласно формулите на Виет и методиката на Стоянов (2013а), стойностите на p , q , m и n се заместват със средните компоненти от измерванията на общата съвкупност от зърна (Таблица 1 и 2), от Фигура 1 и по (3), (4), (5) и (6). Вместо СШ/2, за координати се използва СДБ, тъй като изменението на напречното сечение е спрямо СДБ, а не спрямо ширината на зърното, поради характерното анатомично устройство на зърното.

$$g(y) = -py^2 + CD \quad (3)$$

$$p(СДБ)^2 - СПДЩ = 0 \Rightarrow p = \frac{СПДЩ}{(СДБ)^2} \quad (4)$$

$$h(y) = my^2 - (CD - СПДЩ) \quad (5)$$

$$m(СДБ)^2 - (CD - СПДЩ) = 0 \Rightarrow m = \frac{CD - (СПДЩ)}{(СДБ)^2} \quad (6)$$

Таблица 2. Средни стойности на показателите от общата експериментална съвкупност**Table 2.** Average values of parameters of general experimental-model aggregation

Показател Parameter	Стойност Value
СД/AL	6,57
СВ/АН	3,28
СШ/АВ	3,58
СШУЗ/АВГЕ	2,64
СДБ/АЛС	1,46
СПДЦ/АПЛС	2,99
СОВИВЛ/АРНЧЛ	0.80

СД/AL – средна дължина на зърното/average length of grain, СВ/АН – средна височина на зърното/average height of grain, СШ/АВ – средна ширина на зърното/average width of grain, СШУЗ/АВГЕ – средна ширина на ушичките на зърното/average width of grain ears, СДБ/АЛС – средна дължина на браздинката/average length of crease, СПДЦ/АПЛС – средна перпендикулярна дължина на щитчето/average perpendicular length of scutellum, СОВИВЛ/АРНЧЛ – средно отношение между височината и изчисляемата височина на лимасона/average ratio of height and calculable height of the limacon.

Функциите на двете параболи приемат следния вид съгласно средните стойности от измерванията на експерименталната обща съвкупност от зърна:

$$x = -\frac{\text{СПДЦ}}{(\text{СДБ})^2}y^2 + \text{СПДЦ} = -1,397165y^2 + 2,985 \quad (7)$$

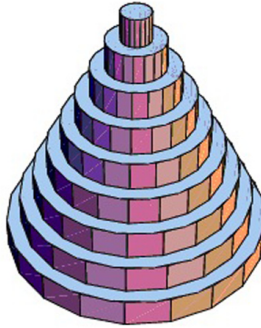
$$x = \frac{(\text{СД} - \text{СПДЦ})}{(\text{СДБ})^2}y^2 - \text{СПДЦ} = 1,397165y^2 + 3,586667 \quad (8)$$

Тъй като координатите на изменението на напречното сечение на неправилните параболоиди са перпендикулярни на оста Ox , то изменението на координатите на охлюва на Паскал ще се изменят съгласно изменението на СДБ, поради което параболичната функция не удовлетворява изменението. За функция на изменението се приемат обратните функции на двете параболи съгласно (9) и (10).

$$y = \pm \sqrt{\frac{(x - 2.985)}{-1.397165}} \quad (9)$$

$$y = \pm \sqrt{\frac{(x + 3.586667)}{1.397165}} \quad (10)$$

Обемът на всеки от неправилните параболоиди ще представлява сегментирана риманова сума (Фигура 2), състояща се от площта на равнините оградени от изменящи се спрямо функции (9) и (10), лимасони.



Фигура 2. Схематично сегментиран обем на пространствена фигура (по Weisstein (1999))

Figure 2. Solid of revolution of three dimensional figure (by Weisstein (1999))

Полярната функция на лимасона (Каменов & Бояджиев, 2000) (11) се преобразува съгласно зависимостите от Фигура 1 и (12), (13) и (14). Следователно лицето на охлюва на Паскал, ще удовлетворява (15).

$$j(t) = b + a \cos(t) \quad (11)$$

$$b = \frac{СШУЗ}{2} \quad (12)$$

$$a = b + СДБ \quad (13)$$

$$\frac{b}{a} = \frac{\frac{СШУЗ}{2}}{\frac{СШУЗ}{2} + СДБ} = 2,11 \Rightarrow j(t) = b + 2,11b \cos(t) \quad (14)$$

$$S_{j(t)} = \left(b^2 + \frac{a^2}{2} \right) \pi \Rightarrow \left(b^2 + \frac{(2,11b)^2}{2} \right) \pi \quad (15)$$

За намиране на обема интегрираме (15), с граници (9) и (10), по (16) и (17), като за координати на x се използват стойностите $-\text{Ш}/2$ и $\text{Ш}/2$, като лимасо-параболоидния обем на пшенично зърно удовлетворява (18).

$$\int_0^{\sqrt{\frac{(x-2,985)}{-1,397165}}} \left(\pi \left(b^2 + \frac{(2,11b)^2}{2} \right) \right) db = 3,28 \sqrt{(-0,72 \cdot x + 2,14)^3} \quad (16)$$

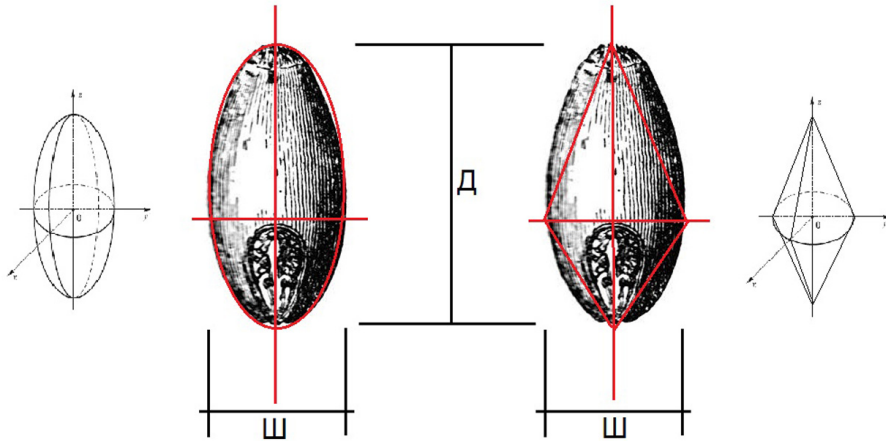
$$\int_0^{\sqrt{\frac{(x+3,586667)}{1,397165}}} \left(\pi \left(b^2 + \frac{(2,11b)^2}{2} \right) \right) db = 3,38 \sqrt{(0,72 \cdot x + 2,56)^3} \quad (17)$$

$$\text{ЛПОЗ} = \left(3,28 \left(\sqrt{\left(0,72 \cdot \frac{\text{Ш}}{2} + 2,14 \right)^3} + \sqrt{\left(0,72 \cdot \frac{\text{Ш}}{2} + 2,57 \right)^3} \right) \right) / 1000 \quad (18)$$

Елипсоидния и коничния обем на зърното се основават на пропорциите на зърното, по Фигура и удовлетворяват (19) и (20), по (Каменов, 2001) и съгласно Фигура 3.

$$EOZ = \left(\frac{4}{3} \pi \frac{D}{2} \cdot \frac{III}{2} \cdot \frac{B}{2} \right) / 1000 \quad (19)$$

$$KOZ = \left(D \cdot \left(\frac{III+B}{4} \right)^2 \cdot \frac{1}{3} \pi \right) / 1000 \quad (20)$$



Фигура 3. Елипсоиден и коничен модел на пшенично зърно
Figure 3. Ellipsoid and conic models of wheat grain

Съгласно (18), (19) и (20) и на база получените данни по образци се изчисляват параметрите за всеки образец поотделно като данните са представени в Таблица 3. Показателите ЛПОЗ, ЕОЗ, КОЗ се различават по своите стойности както по между си, така и спрямо РОЗ. С най-малка разлика се отлича ЕОЗ, въпреки липсата на съвпадение между елипсоида и анатомичната структура на зърното (Фигура 3). С най-голяма разлика с РОЗ е КОЗ, поради голямата разлика в анатомичния строеж на зърното и коничните параметри, зададени с показателите Д, Ш и В (Фигура 3). Въпреки съвпадението на анатомичния строеж с лимасо-параболоидите (Фигура 1) се наблюдава известно отклонение от реалния обем на зърното. Това се дължи на както на коефициентното изразяване на параметрите Д и В, така и на разликата между параметъра В и ИВЛ. Това показва, че напречният пререз на зърното е заграден от контур, който не съвпада точно с функцията на лимасона. Независимо от това идентичните отношения между В и ИВЛ, както и между РОЗ и ЛПОЗ, показват, че ЛПОЗ може да се промени коефициентно, на база на отношението му с РОЗ. Обемът на зърното изразен, чрез лимасо-параболоидния модел, ще приеме стойности съгласно (21) и (22).

$$ЛПОЗ = k \left(3,28 \left(\sqrt{\left(0,72 \cdot \frac{III}{2} + 2,14 \right)^3} + \sqrt{\left(0,72 \cdot \frac{III}{2} + 2,57 \right)^3} \right) \right) / 1000 \quad (21)$$

$$\overline{РОЗ \text{ ЛПОЗ}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow ЛПОЗ = \left(3,28 \left(\sqrt{\left(0,72 \cdot \frac{III}{2} + 2,14 \right)^3} + \sqrt{\left(0,72 \cdot \frac{III}{2} + 2,57 \right)^3} \right) \right) \cdot 8 \cdot 10^{-4} \quad (22)$$

Таблица 3. Данни за параметрите на зърна от обикновена зимна пшеница от изследваните образци
Table 3. Data of parameters of common winter wheat grain of studied accessions

Образец Accession	Д L mm	В H mm	Ш W mm	M1000 g	РОЗ RGV cm ³	ЛПОЗ LPGV cm ³	ЕОЗ EGV cm ³	КОЗ CGV cm ³	ЛПВО LPVD cm ³	ЕВО EVD cm ³	КВО CVD cm ³	ПЗ GD g/cm ³
TRI357	6,58	3,23	3,49	48,50	0,040	0,046	0,039	0,019	-0,006	0,001	0,021	1,21
TRI365	6,36	3,10	3,11	44,50	0,033	0,044	0,032	0,016	-0,011	0,000	0,016	1,37
TRI370	6,62	3,26	3,74	55,00	0,038	0,048	0,042	0,021	-0,011	-0,005	0,016	1,47
TRI377	7,33	3,17	3,49	56,00	0,044	0,046	0,042	0,021	-0,002	0,002	0,023	1,27
TRI378	7,29	3,23	3,54	50,50	0,037	0,047	0,044	0,022	-0,010	-0,007	0,015	1,36
TRI1914	6,65	3,23	3,47	51,50	0,043	0,046	0,039	0,020	-0,004	0,003	0,023	1,21
TRI3702	6,82	3,43	3,81	59,00	0,049	0,049	0,047	0,023	0,000	0,002	0,026	1,20
TRI5204	6,68	3,24	3,59	50,00	0,041	0,047	0,041	0,020	-0,007	0,000	0,020	1,23
TRI5215	6,81	3,41	3,63	55,00	0,045	0,047	0,044	0,022	-0,002	0,001	0,023	1,22
TRI9352	6,54	3,30	3,68	54,00	0,040	0,048	0,042	0,021	-0,008	-0,002	0,019	1,35
TRI9354	5,84	2,95	3,38	42,00	0,025	0,046	0,030	0,015	-0,021	-0,005	0,010	1,68
TRI9355	5,94	3,17	3,44	44,00	0,030	0,046	0,034	0,017	-0,016	-0,004	0,013	1,47
TRI9356	5,60	3,07	3,51	41,00	0,034	0,047	0,032	0,016	-0,013	0,002	0,018	1,21
TRI9358	5,69	3,27	3,36	42,00	0,033	0,046	0,033	0,016	-0,013	0,000	0,016	1,29
TRI9359	5,93	3,26	3,44	46,50	0,042	0,046	0,035	0,017	-0,005	0,007	0,024	1,12
TRI9360	6,35	3,23	3,60	44,50	0,035	0,047	0,039	0,019	-0,013	-0,004	0,015	1,29
TRI9842	6,92	3,07	3,57	54,50	0,048	0,047	0,040	0,020	0,000	0,008	0,028	1,15
TRI9843	6,39	3,01	3,46	46,50	0,038	0,046	0,035	0,017	-0,009	0,003	0,020	1,24
TRI9844	6,80	3,44	3,73	61,00	0,048	0,048	0,046	0,023	-0,001	0,002	0,025	1,28
TRI10287	6,97	3,24	3,75	55,00	0,044	0,048	0,044	0,022	-0,005	-0,001	0,021	1,26
TRI10361	6,39	3,23	3,75	49,50	0,036	0,048	0,041	0,020	-0,012	-0,005	0,016	1,38
Fla10401	6,42	3,39	3,70	50,50	0,039	0,048	0,042	0,021	-0,009	-0,003	0,018	1,29
TRI21615	5,89	3,23	3,67	44,50	0,038	0,048	0,037	0,018	-0,010	0,001	0,020	1,17
ENL	6,88	3,20	3,49	51,00	0,036	0,046	0,040	0,020	-0,010	-0,004	0,016	1,42
MRN	7,08	3,20	3,77	58,00	0,042	0,048	0,045	0,023	-0,006	-0,003	0,019	1,38

Таблица 3. (Продължение...)
Table 3. (Continued)

Образец Accession	Д L mm	В H mm	Ш W mm	M1000 g	РОЗ RGV cm ³	ЛПОЗ LPGV cm ³	ЕОЗ EGV cm ³	КОЗ CGV cm ³	ЛПРО LPVD cm ³	ЕРО EVD cm ³	КРО CVD cm ³	ПЗ GD g/cm ³	
SP	6,68	3,17	3,68	50,00	0,045	0,048	0,041	0,021	-0,003	0,004	0,024	1,11	
CHN	6,61	3,06	3,50	49,50	0,038	0,047	0,037	0,019	-0,009	0,000	0,019	1,32	
GOR	6,06	3,16	3,66	43,50	0,037	0,048	0,037	0,018	-0,011	0,000	0,019	1,18	
BZS	6,67	3,45	6,80	60,50	0,050	0,071	0,082	0,046	-0,021	-0,032	0,004	1,21	
RSL	7,33	3,50	3,71	60,00	0,047	0,048	0,050	0,025	-0,001	-0,003	0,022	1,29	
CC/AV	6,54	3,23	3,68	50,60	0,040	0,048	0,041	0,021	-0,008	-0,001	0,019	1,29	
CO/SD	0,47	0,13	0,61	5,94	0,006	0,005	0,009	0,005	0,006	0,007	0,005	0,12	
ВКВС, %	7,22	4,12	16,50	11,73	14,82	9,47	22,20	25,71	-67,53	-512,58	25,67	9,28	

Д/Л – дължина на зърното/length of grain, В/Н – височина на зърното/height of grain, Ш/Ш – ширина на зърното/width of grain, M1000 – маса на 1000 зърна/weight of 1000 grains, РОЗ/RGV – реален обем на зърното/real grain volume, ЛПОЗ/LPGV – лимасо-параболоиден обем на зърното/limaso-paraboloid grain volume, ЕОЗ/EGV – елипсоиден обем на зърното/ellipsoid grain volume, КОЗ/CGV – коничен обем на зърното/conic grain volume, ЛПРО/LPVD – лимасо-параболоидна разлика в обема/limaso-paraboloid volume difference, ЕРО/EVD – елипсоидна разлика в обема/ellipsoid volume difference, КРО/CVD – конична разлика в обема/conic volume difference, ПЗ/GD – плътност на зърното/grain density, СС/AV – средна стойност/average value, СО/SD – стандартно отклонение/standard deviation, ВКВС – вариационен коефициент/variation coefficient.

Таблица 4. Корелация на параметрите на зърна от обикновена зимна пшеница от изследваните образци

Table 4. Correlations of parameters of common winter wheat grain of studied accessions

	M1000	POЗ	ЛПОЗ	ЕОЗ	КОЗ	ПЗ
M1000	-	0,834**	0,419*	0,721**	0,681**	-0,134
POЗ	0,834**	-	0,424*	0,662**	0,623**	-0,647**
ЛПОЗ	0,419*	0,424*	-	0,908**	0,933**	-0,166
ЕОЗ	0,721**	0,662**	0,908**	-	0,995**	-0,204
КОЗ	0,681**	0,623**	0,933**	0,995**	-	-0,181
ПЗ	-0,134	-0,647**	-0,166	-0,204	-0,181	-

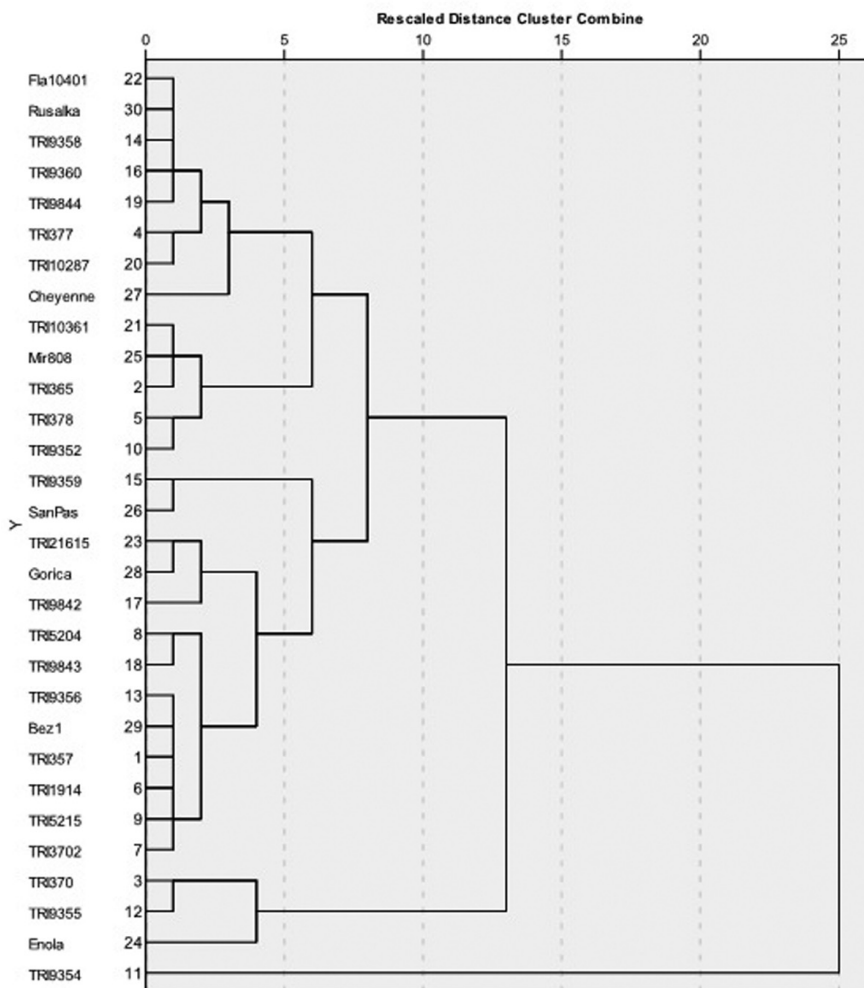
M1000 – маса на 1000 зърна/weight of 1000 grains, POЗ/RGV – реален обем на зърното/real grain volume, ЛПОЗ/LPGV – лимасо-параболоиден обем на зърното/limaso-paraboloid grain volume, ЕОЗ/EGV – елипсоиден обем на зърното/ellipsoid grain volume, КОЗ/CGV – коничен обем на зърното/conic grain volume, ПЗ/GD – плътност на зърното/grain density.

* - достоверност при $p < 0.05$, ** - достоверност при $p < 0.01$

От Таблица 4 може да се проследи корелационната зависимост на измерените параметри на зърното. Установява се положителна, достоверна и значителна корелация на M1000 с POЗ, което подчертава връзката между показателя M1000 (абсолютното тегло) и едрината на зърното. По-слабата корелация на M1000 с ЛПОЗ вероятно се дължи на използването само на един параметър (Ш), което намалява варирането в показателя ЛПОЗ, а оттам придава по-широка унификация на параметъра и по-значимо отклонение от реалните стойности. Тъй като при ЕОЗ и КОЗ се използват и трите величини (Д, В и Ш), то корелацията е значително по-висока. Липсва достоверна и значима корелация на M1000 с плътността на зърното. Независимо, че M1000 и POЗ, корелират достоверно и M1000 е компонент на ПЗ, то масата на единично зърно не е определяща за плътността, тъй като зърно с еднакво тегло имат различни обеми. Тази зависимост се подчертава от по-големия директен стандартизиран ефект на POЗ върху ГД (0,201), отколкото този на M1000 (0,152). Поради това, корелацията между POЗ и ПЗ е отрицателна, значима и достоверна. Колкото по-голям е обемът на зърното, толкова плътността е по-малка, независимо, че върху ПЗ освен POЗ и M1000 значение имат и други фактори като количеството на протеина и скорбялата, процента на триците и т.н. Данните, които съобщава Стоянов (2013b), по отношение на масата на зърната в клас за същите образци, не корелират достоверно и значимо с POЗ (39,5%) и ПЗ (-16,3%). Тъй като масата на зърната в клас е компонент на добива, се предполага липсата на корелация с плътността на зърното. Тъй като плътността е обвързана до голяма степен със съдържанието на протени, за което съобщават Mabile & Abecassis (2003), може да се посочи липсата на зависимост между протеиновото съдържание и добива на изследваните образци. За подобни данни съобщават (Mabile & Abecassis, 2003; Marshal et al., 1984; Marshal et al., 1986).

На Фигура 4 са представени данните от клъстерния анализ по ПЗ. От дендрограмата може да се проследи разпределението по групи в зависимост от плътността на зърното на образците. Плътността на целулозата и скорбялата, съдържаща се в зърното е $1,5\text{g/cm}^3$ (Brown, 2005), а тази на протеновата фракция е $1,2-1,4\text{g/cm}^3$, (Fischer et al., 2004) което предполага, че по-малката плътност определя по-високо протеиново съдържание. Плътност по-малка от $1,2\text{g/cm}^3$ в този случай би определила порест строеж на зърното (по подобие на тритикале) или по-висока влажност. Еднаквото съдържание на влага на образците (14%) изключва съдържанието на вода да е причина за ниски стойности на ПЗ. По-големи стойности от $1,5\text{g/cm}^3$, освен ниско количество протеини, предполагат висока концентрация на пепелни вещества. Подобни зависимости се подчертават от стойностите и групирането при "Cheyenne" и "Енола". "Cheyenne" е стандарт за протеиново

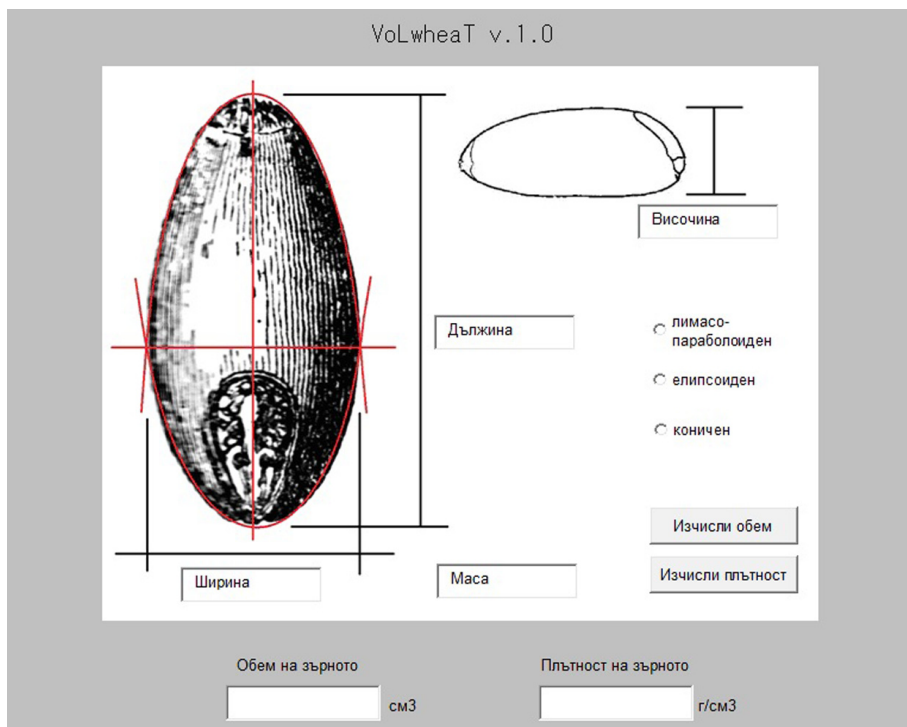
съдържание, а образец TRI10287 (“**Maris Huntsman**”) е стандарт за хлебопекарни качества. Образците, които се групират около TRI10287 и “**Cheyenne**”, се предполага да притежават високо протеиново съдържание и добри хлебопекарни качества (Донева & Спецов, 2011). Това се подкрепя от напречните срезове на зърна от образците като при TRI10287 и “**Cheyenne**”, срезове са с много добре изразена стъкловидност, при “**Енола**” се наблюдава понижена стъкловидност, а при “**San Pastore**” - ломът е брашнест, много лесно се натрошава, а структурата му не е плътна. Макар варирането на ПЗ да не е твърде широко (9,28%), то групирането чрез клъстерния анализ показва диференциацията на образците, по отношение на химичния им състав.



Фигура 4. Дендрограма от клъстерния анализ по показателя ПЗ
Figure 4. Dendrogram of cluster analysis by parameter GD

Данните от анализа на обема и плътността на пшеничните зърна, по образци и общо, показват вариране по отношение на различните генотипове в идентични условия на отглеждане. Установените различия в плътността при различните

образци са основание да се търсят конкретните фактори на средата, които влияят върху оформянето на показателя. Възможната корелация и зависимост между плътността и протеиновото съдържание са основание за провеждане на допълнителни изследвания с цел улесняване на селекционната работа. По този начин чрез единични измервания лесно би могло определянето на приблизителен химичен състав и съдържание на глютен в комбинация с опростен софтуерен продукт (Фигура 5), което е ценен инструмент при селекцията на хибридни репродукции, характеризиращи се с малко количество зърна.



Фигура 5. Софтуер Volwheat за изчисляване на обема и плътността на зърното
Figure 5. Software Volwheat for calculation grain volume and density

ИЗВОДИ

На база на така представените резултати от изследването могат да бъдат направени следните изводи:

1. Изведена е формула за намиране на обем на зърно от обикновена зимна пшеница, на база на анатомичното устройство на зърното (лимасо-параболоиден обем) и зависимостите между средните измерени стойности при обща съвкупност от зърна за 30 различни образеца.

2. Доказана е ефективността на формулите за елипсоидния и лимасопараболоидния обем на зърното, като с по-висока прецизност на получените резултати е елипсоидният модел, а с по-голяма ефективност – лимасо-параболоидният.

3. Установена е значима и достоверна корелация между масата на 1000 семена и обема на зърното установен чрез показателите РОЗ, ЛПОЗ и ЕОЗ и липса на корелация между ЛПОЗ и ЕОЗ и ПЗ, при висока корелация на РОЗ с ПЗ, дължащо се на реалното вариране в обема на зърното, а не варирането на отделните му компоненти.

4. Въпреки слабото вариране на показателя ПЗ, данните от клъстерния анализ доказват значителни разлики между определени образци на база отдалеченост при групирането, което се дължи на различния им протеинов състав.

5. Връзката на плътността на зърното с химичния му състав и особено с протеиновото съдържание определят моделирането на база единични компоненти като перспективен инструмент, който след задълбочени проучвания може да бъде надеждно използван в селекционните програми на хлебната пшеница.

БЛАГОДАРНОСТИ

Настоящото изследване е осъществено с подкрепата на ИПК-Gatersleben, Германия и ДЗИ-Генерал Тошево, които любезно предоставиха семена от изследваните образци.

ЛИТЕРАТУРА

- Донева, С., П. Спецов, 2011. Полиморфизъм на глутенини и глиадини в образци на *Aegilops tauschii* (2n=14, DD). FCS 7(2):243-253
- Каменов, О., 2001. Висша математика част първа, Сиела.
- Каменов, О., Л.Бояджиев, 2000. Висша математика част трета, Сиела.
- Стоянов, Х., 2013а. Изчисляване на листно-площен индекс при обикновена зимна пшеница (*Triticum aestivum* L.). Годишник на Технически-университет Варна, том 2, 30-35.
- Стоянов, Х., 2013б. Корелация между характеристики на класа при сортове обикновена зимна пшеница (*Triticum aestivum* L.). Научни трудове на Институт по земеделие – Карнобат. (под печат).
- Brown, W.H., T. Poon, 2005. Introduction to organic chemistry (3rd ed.). Wiley.
- Fischer, H., I. Polikarpov, A.F. Craievich, 2004. Average protein density is a molecular-weight-dependent function. Protein Science, 13: 2825–2828.
- Kibite, S., L.E. Evans, 1984. Causes of negative correlations between grain yield and grain protein concentration in common wheat. Euphytica, 33: 801-810
- Lawrence, J.D., 1972. A catalog of special plane curves. Dover Publications
- Mabille, F., J. Abecassis, 2003. Parametric Modelling of Wheat Grain Morphology: a New Perspective. Journal of Cereal Science, 37(1): 43–53.
- Marshall, D.R., F.W. Ellison, D.J. Mares, 1984. Effects of grain shape and size on milling yields in wheat. I. Theoretical analysis based on simple geometric models. Australian Journal of Agricultural Research, 35(5): 619 – 630
- Marshall, D.R., D.J. Mares, H.J. Moss, F.W. Ellison, 1986. Effects of grain shape and size on milling yields in wheat. II. Experimental studies. Australian Journal of Agricultural Research, 37(4): 331-342.
- Matsuo, R.R., Dexter, J.E., 1980. Relationship between some durum wheat physical characteristics and semolina milling properties. Can. J. Plant Sci, 60: 49-53.
- Milliet, E., M.J. Pinthus, 1984. The association between grain volume and grain weight in wheat. Journal of Cereal Science, 2(1): 31-35
- Ozturk, A., F. Aydin, 2004. Effect of Water Stress at Various Growth Stages on Some Quality Characteristics of Winter Wheat. Journal of Agronomy and Crop Science, 190(2): 93–99
- Varshney, R.K., M. Prasad, J.K. Roy, N. K. Harjit-Singh, H.S. Dhaliwal, H.S. Balyan, P.K. Gupta, 2000. Identification of eight chromosomes and a microsatellite marker on 1AS associated with QTL for grain weight in bread wheat. Theor Appl Genet, 100: 1290-1294.
- Weisstein, E.W., 1999. "Solid of Revolution." From MathWorld--A Wolfram Web Resource. <http://mathworld.wolfram.com/SolidofRevolution.html>

Stoyanov, H., 2014. Morphological analysis of spikes and grouping of accessions of *Triticum turgidum* ssp. *dicoccon*. Agricultural Science and Technology, Trakia University – Stara Zagora, 6(2): 124-133.