

ORIGINAL PAPER

Модел на статистическо разпределение на някои показатели при второ поколение на кръстоски тритикале (*xTriticosecale* Wittm.)

Христо Стоянов¹

¹Добруджански земеделски институт – Генерал Тошево, 9521, Генерал Тошево, България

Автор за кореспонденция: Христо Стоянов; E-mail: hpstoyanov@abv.bg

Statistical Distribution Model of Some Parameters in Second Generation Triticale (*xTriticosecale* Wittm.) crosses

Hristo Stoyanov¹

¹Dobrudzha Agricultural Institute - General Toshevo, 9521 , General Toshevo, Bulgaria

Corresponding Author: Hristo Stoyanov; E-mail: hpstoyanov@abv.bg

Received: September 2018 / Accepted: September 2018 /

Published: March 2019 © Author(s)

Abstract

Stoyanov, H. (2019). Statistical Distribution Model of Some Parameters in Second Generation Triticale (xTriticosecale Wittm.) crosses. Field Crops Studies, XII(1), 175-194.

Classical plant breeding has the main objective to improve the quality and some properties of the crop plants. Because of this, the correct evaluation of the data obtained during the selection process is very important. Statistically significant differentiation of certain breeding groups would be possible only with an accurate statistical analysis. As quantitative parameters in plants are encoded by multiple genes, it is not possible to be given a standard approach for statistical processing of the data. Triticale (*xTriticosecale* Wittm.) as a product of wide hybridization is characterized with its highly complex genome. Often in hybrid populations of the crop some instability in certain parameters is recorded, which results in a distortion of the results and a large deviation from the normal distribution of the data. To establish a model of statistical distribution in triticale for the parameters date of heading and plant height 4395 plants of 10 segregating hybrid populations

of second-generation crosses were studied. As the two parameters are characterized by high stability of their expression in most cereals identical statistical distributions for all crosses are expected. The results obtained for the parameter plant height, exhibit that it has a high stability in all studied populations. The data are distributed close to normal with determined skewness and kurtosis in some crosses. Highly different distribution was observed in regard to the parameter date of heading. Very high deviation from the normal distribution in all studied groups is clearly observed. Regardless of the differences observed in some of the crosses, a model of the statistical distribution for both parameters in second generation triticale crosses is developed.

Keywords: Hybrid population, Statistical distribution, Triticale.

Въведение

Съвременната селекция е изключително динамична система, която се основава на научен подход по отношение на всеки етап от подобряването на определени растителни параметри (Chahal and Gosal, 2002). Това е причина селекционната работа да е свързана с множество трудоемки, времеемки и ресурсоемки практики. Въпреки това на крайните етапи от комплексната дейност по отглеждане на материалите следва те да бъдат правилно и точно оценени от селекционера, при минимално ниво на грешка (Genchev et al., 1975; Chahal and Gosal, 2002; Mead et al., 2002). Ключов момент в това отношение е правилният избор на статистически подход и предварителна оценка на изходните данни (Mead et al., 2002).

Предизвикателство по отношение на обработката на данните в селекционния процес е резултатите, които се получават от ранните хибридни генерации (F2-F5) (Fischer and Rebetzke, 2018). Често при тях съвкупността е малка, варирането в определен показател е твърде голямо и формираната статистическа съвкупност може да се отклонява от нормалното статистическо разпределение. От друга страна хибридните генерации се отглеждат в контрастни условия на средата, което влияе върху експресията на показателите (Fischer and Rebetzke, 2018; Stoyanov, 2018). При тритикале като продукт на отдалечената хибридизация често се формира допълнително по-високо вариране в изследвания признак, за разлика от останалите зърнено-житни култури като пшеницата и ечемика (Baychev, 1990). Stoyanov and Baychev (2017), Stoyanov and Baychev (2018), Baychev (2005) посочват за високо вариране при изследване на различни хибридни комбинации тритикале. Това е свързано с крехкия баланс на субгеномите в генома на тритикале, който много лесно бива нарушаван, дори при използване на междусортова хибридизация (Lelley, 2006). Ето защо предварителната оценка на данните при тритикале е

от значение при прилагането на по-комплексин статистически процедури.

В селекцията е необходимо селекционните потомства да бъдат диференцирани едно от друго, с достатъчна степен на достоверност, за което бива използван инструментариумът на дисперсионния анализ (Filho and Vencovsky, 2009). За прилагането му обаче от значение е данните да бъдат нормално разпределени или близко до нормалното (Hoshmand, 2006; Hoshmand, 1997; Ghasemi and Zahediasl, 2012; Sokal and Rohlf, 2012; Friedman, 1937). При по-малки съвкупности (каквито се наблюдават често в ранните генерации), правилната оценка на статистическото разпределение не винаги може да е достатъчно надеждна, поради невъзможност за осигуряване на достатъчни по обем данни (Krithikadatta, 2014). Поради тази причина оценката на дадена хибридна комбинация и нейното разпределение изисква подробен анализ на основните статистически показатели – средна аритметична, стандартно отклонение, вариационен коефициент, коефициенти на асиметрия и ексцес. Също така важен етап за оценка на статистическото разпределение е графичното онагледяване на статистическата съвкупност (Ghasemi and Zahediasl, 2012).

Често множество автори (Sokal and Rohlf, 2009; Field, 2009) определят като най-надежден графичния подход за определяне на статистическото разпределение. Други автори (Ghasemi and Zahediasl, 2012; Razali and Wah, 2011) твърдят, че използването на критериите за нормалност на Колмогоров-Смирнов и Шапиро-Уилк са достоверен показател за нормално разпределение. От селекционна гледна точка графичното представяне на изходните данни под формата на хистограма и данните за средната аритметична, варирането, асиметрията и ексцеса са свързани с изключително богата информация за селекционера. Те не само позволяват да се определи как се разпределят данните, но и дават възможност в детайли да се проследи разпадането на признака в дадена хибридна генерация. С тяхна помощ може ефективно да се оцени ширината на изследвания признак и честотите на желаните стойности. При ранните генерации на кръстоски тритикале това е от особено значение поради амфидиплоидната му природа. По този начин установяването на модела на статистическо разпределение и съпътстващите го процедури се превръщат в ефективен инструмент за оценка на хибридни генерации.

Основната цел на настоящата статия е да бъдат оценени по основни статистически критерии 10 кръстоски тритикале във второ хибридно поколение и да бъде установен модел на статистическо разпределение по отношение на различаващи се по своята същност показатели.

Материали и методи

За изпълнение на поставените цели на изследването са използвани 10 кръстоски, които са представени в Таблица 1.

Опитът е извършен през реколтната 2015/2016г в опитното поле на Добруджански земеделски институт – Генерал Тошево. Второ хибридно поколение от използваните кръстоски е засято на лехи в редове с дължина 2 m, с междуредово разстояние 30 cm и вътрередово – 10 cm. Броят на засятите потомства от всяка кръстоска по фамилии е представен в Таблица 1. Сеитбата е извършена ръчно в стандартни срокове за тритикале (10-15.10) с по 20 зърна в ред. Всяко потомство е засято в два реда.

Таблица 1. Кръстоски тритикале по потомства отбрани и засяти за стопанската 2015/2016 година

Table 1. Triticale crosses by offsprings selected and sown in the economic year 2015/2016

№ No	Селекц. № Breeding No	Произход Origin	Потомства бр. Offspring number
1	12/14	Атила x Акорд Atila x Akord	30
2	13/14	Атила x Респект Atila x Respekt	16
3	24/14	Акорд x Бумеранг Akord x Bumerang	33
4	25/14	Акорд x Ирник Akord x Irnik	21
5	26/14	Акорд x Добруджанец Akord x Dobrudzhanets	8
6	28/14	Акорд x Дони52 Akord x Doni 52	35
7	34/14	Респект x Бумеранг Respekt x Bumerang	20
8	35/14	Респект x Ирник Respekt x Irnik	21
9	36/14	Респект x Добруджанец Respekt x Dobrudzhanets	8
10	38/14	Респект x Дони52 Respekt x Doni 52	29
Общо Total			221

През периода на вегетацията са оценени показателите дата на изкласяване и височина на растението (ВР) (измерена в cm от основата на растението до върха на класа без осилите), върху цялата хибридна съвкупност по растения

и кръстоски. Двата показателя са подбрани, тъй като имат по-силно изразено генотипно влияние (Stoyanov, 2018), а също така и се кодират от различни генни системи (Heidari et al., 2012).

За всяка кръстоска са изчислени средната аритметична, стандартното отклонение, вариантс, медиана, мода, асиметрия и ексцес, граници на вариране. Намерени са грешките на варианта, асиметрията и ексцеса. Представени са графично разпределенията за двата изследвани показателя по кръстоски. Направена е селекционна оценка на кръстоските на база на получените данни. С цел пълна оценка на статистическото разпределение са представени и графични модели на целите съвкупности от данни от всички кръстоски за двата показателя. Приложени са Колмогоров-Смирнов тест и Шапиро-Уилк тест за потвърждаване или отхвърляне на хипотезата на нормалност на двата показателя. Направена е съпоставка между честотите за датите на изкласяване с денонощните температури, като е изказана хипотеза за влиянието на метеорологичните фактори върху статистическото разпределение на показателя.

За обобщаване на данните е използван софтуерен продукт MS Office Excel, 2003 и 2013, а за изчисляване на всички статистически показатели – IBM SPSS Statistics 19.

Резултати

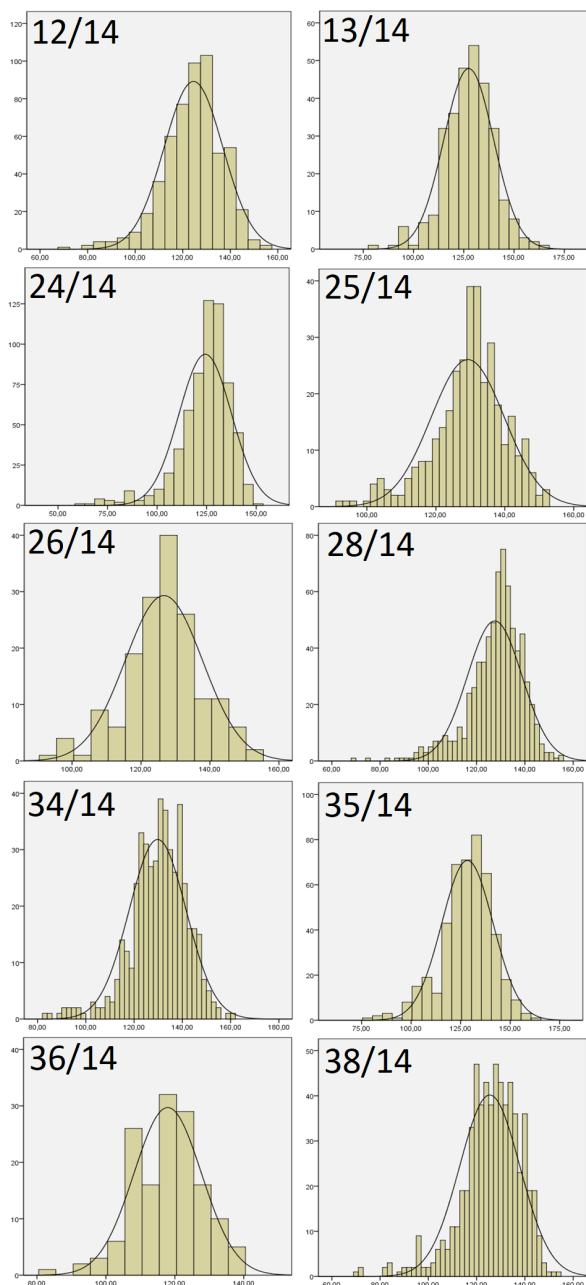
Получените резултати от вариационния анализ на двата показателя са представени в Таблица 2 и 3. Наблюдава се известно различие по отношение на тяхното вариране както на ниво показател, така и спрямо отделните кръстоски. С по-голямо вариране се отличава показателят височина на растенията. Вариационните коефициенти отчетени за изследваните кръстоски показват вариране в границите между 8,22 и 10,65%, което е показателно за по-консервативния характер на височината при изследваните кръстоски. Това се наблюдава и от средните им стойности, при които не са установени много големи различия. С най-високи растения се отличават кръстоски 25/14, 34/14 и 35/14, а с най-ниски стойности са кръстоските 12/14, 24/14 и 36/14. Най-висока стойност на медианите е отчетена при кръстоски 25/14, 34/14 и 35/14, а най-ниски при 12/14, 24/14 и 36/14. При модата най-високите стойности се наблюдават при 13/14, 24/14, 25/14, 28/14 и 34/14, а най-ниска е при 12/14 и 36/14. Ясно се откроява фактът, че средната аритметична, модата и медианата при нито една от кръстоските не са с напълно еднакви стойности. Това е признак за отклонение от нормалното разпределение и за наличие на асиметрия в групирането на стойностите при отделните кръстоски. Наличието на асиметрия при показателят височина на растенията се откроява много ясно при графичната интерпретация на данните на Фигура 1.

Таблица 2. Вариационен анализ на изследваните кръстоски тритикале по показателя височина на растенията

Table 2. Analysis of variation of the studied triticale crosses by the parameter plant height

Кръстоска Cross	12/14	13/14	24/14	25/14	26/14	28/14	34/14	35/14	36/14	38/14
Брой изследвани растения Number of studied plants	553	298	622	347	165	704	471	460	146	629
Средна аритметична Mean	124,52	127,45	124,30	129,24	126,63	127,50	129,75	128,41	117,92	125,44
Грешка на средната аритметична Std. Error of Mean	0,53	0,72	0,53	0,57	0,87	0,43	0,54	0,60	0,81	0,50
Медиана Median	126,00	128,00	126,00	130,00	127,00	129,00	130,00	130,00	119,00	127,00
Мода Mode	125,00	133,00	130,00	130,00	126,00	130,00	130,00	125,00	118,00	120,00
Стандартно отклонение Std. Deviation	12,37	12,41	13,24	10,62	11,23	11,32	11,81	12,96	9,80	12,49
Варианс Variance	152,97	154,01	175,21	112,87	126,11	128,15	139,56	167,99	96,10	155,95
Вариационен коефициент Coefficient of variation	9,93	9,74	10,65	8,22	8,87	8,88	9,11	10,09	8,31	9,96
Асиметрия Skewness	-0,72	-0,34	-1,53	-0,70	-0,36	-1,10	-0,75	-0,66	-0,33	-1,04
Грешка на асиметрията Std. Error of Skewness	0,10	0,14	0,10	0,13	0,19	0,09	0,11	0,11	0,20	0,10
Ексцес Kurtosis	1,33	1,05	3,75	0,86	0,50	2,40	1,51	0,96	0,42	2,08
Грешка на ексцеса Std. Error of Kurtosis	0,21	0,28	0,20	0,26	0,38	0,18	0,22	0,23	0,40	0,19
Ширина на признака Range	84,00	84,00	91,00	60,00	59,00	86,00	78,00	85,00	57,00	83,00
Минимална стойност Minimum	70,00	80,00	61,00	92,00	93,00	69,00	83,00	78,00	83,00	70,00
Максимална стойност Maximum	154,00	164,00	152,00	152,00	152,00	155,00	161,00	163,00	140,00	153,00

При всички кръстоски се забелязва отклонение от изчислената нормална крива. Въпреки това графичните данни не дават възможност да се определи в каква степен се отклонява всяка една от кръстоските. Изчисленият коефициент на асиметрия (Таблица 2) показва значителни различия при отделните кръстоски по разпределението на изследвания показател. При всички кръстоски е установена отрицателна асиметрия или изместване на средната аритметична към по-ниските стойности спрямо медианата и модата. В селекционно отношение кръстоските с по-голяма отрицателна асиметрия са реализирали потомства, при които се наблюдават малък брой растения с по-малка височина от очакваните граници на вариране. Най-голяма отрицателна асиметрия е отчетена при кръстоски 24/14, 28/14 и 38/14. Респективно при тях се наблюдават и най-ниските отчетени растения от цялата изследвана съвкупност. Освен това впечатление при тези кръстоски прави фактът, че при тях се наблюдава много голяма ширина на признака. От друга страна с най-малка асиметрия се характеризират кръстоски 13/14, 26/14 и 36/14. При тях не се наблюдават растения с много малка височина. При кръстоски 26/14 и 36/14 е отчетена и най-малката ширина на признака. При същите две кръстоски хистограмата почти следва кривата на нормално разпределение без резки отклонения във вертикално направление т.е. се наблюдава много нисък ексцес. Това е видно и от представените данни (Таблица 2). При всички кръстоски е отчетен коефициент на ексцес, но особено висок е при 24/14, 28/14 и 38/14. Наличието на ексцес, често в биометрията се свързва с повишено ниво на стрес или влияние на определен фактор върху растежа и развитието на растенията (Pooni et al., 1977; Choo et al., 1982; Venkatesha et al., 2016; Hanafiah et al., 2016; Le Bagousse-Pinguet et al., 2017). В това отношение може да се приеме, че върху изявата на показателя са повлияли определени фактори, които изместват разпределението му от нормалното. При наблюдаваните растения в определени потомства на някои кръстоски се наблюдават растения, които се развиват трудно след зимния период в следствие на изтегляне или частично измръзване. Това е и причина при някои от кръстоските да се наблюдават определен брой растения с по-малка височина. Това води до по-широк статистически ред, а оттам и до появата на ексцес. Независимо от това кръстоските с най-висок ексцес се характеризират с умерена средна стойност, което показва, че голяма част от растенията са реализирали по-малка височина, близка до средната. Важно е да се посочи, че много високите растения при изследваните кръстоски са рядкост, което е много ценно от селекционна гледна точка. Освен това наличието на високи растения не причина за асиметрия и ексцес при нито една от изследваните кръстоски. Въпреки това растения с височина над 160cm са наблюдавани при кръстоски 13/14, 34/14 и 35/14.



Фигура 1. Статистическо разпределение на показателя височина на растенията

Figure 1. Statistical distribution of the parameter plant height

Съвсем различни резултати са установени по отношение на изкласяването при изследваните кръстоски (Таблица 3). Наблюдаваното вариране е много по-ниско, в границите между 2,09 и 3,76%. Това показва изключителната консервативност на този признак, дори в хибридни популации. Най-голямо вариране е отчетено при кръстоска 12/14, а най-ниско при 35/14. Същевременно средните стойности по кръстоски също са доста близки. Най-рано изкласяват кръстоски 12/14, 26/14 и 36/14, а най-късно съответно – 13/14, 25/14 и 35/14. По отношение на медианата и модата, тенденцията спрямо средната аритметична се запазва частично. Най-високи стойности на медианата са отчетени при 13/14, 25/14 и 38/14, а най-ниски при 12/14, 26/14 и 36/14. При модата, най-високи стойности се наблюдават при кръстоски 13/14, 25/14, 35/14 и 38/14, а най-ниски при 12/14 и 36/14.

Липсата на съвпадение между трите стойности подчертава отклонението от нормалното разпределение на изкласяването и наличието на асиметрия. Това бива потвърдено от изчисления коефициент на асиметрия. За разлика обаче от предходния показател, при изкласяването се наблюдава както положителна, така и отрицателна асиметрия.

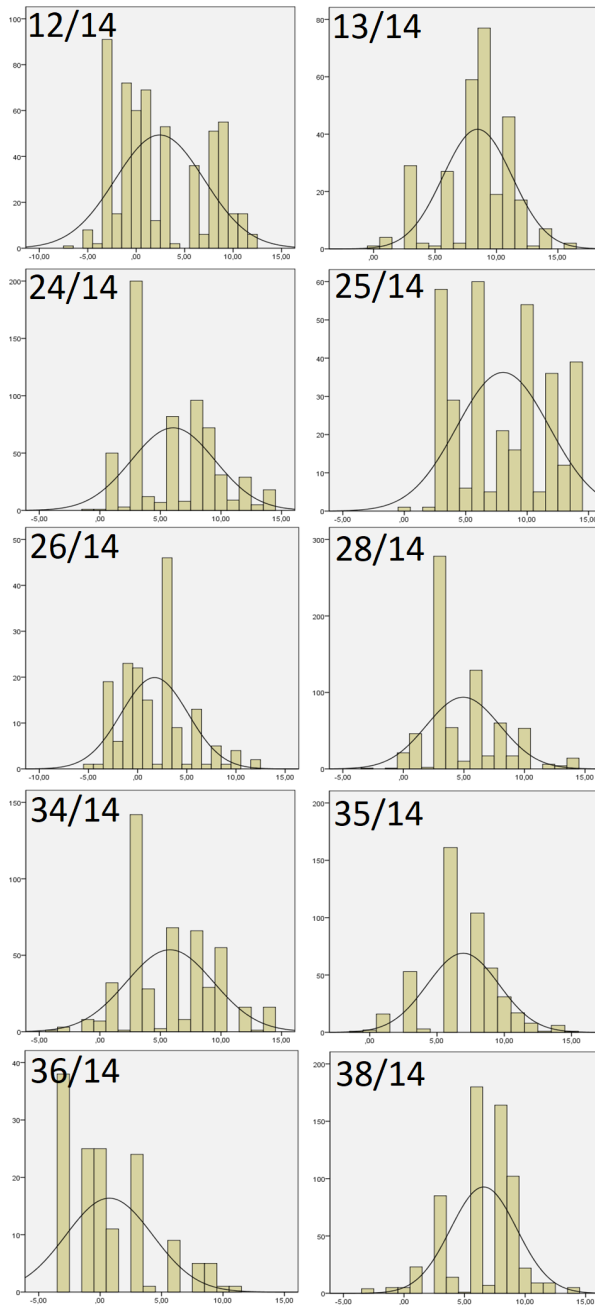
Това е показателно за твърде разнообразното поведение на отделните кръстоски, независимо от по-малката ширина на признака. Графичната интерпретация на статистическото разпределение (Фигура 2), заедно със стойностите на коефициента на асиметрия показва, че изследваните хибридни съвкупности се различават съществено от нормалната крива. Това бива подчертано и от силно различаващите се коефициенти на ексцес и много високите стойности на грешка на асиметрията и ексцеса. Подобно поведение не е характерно за подобен консервативен показател, което показва, че кръстоските са изкласявали при много ясно открояващи се условия на стрес. Най-силно се отклоняват от нормалните криви, на база на коефициента на ексцес кръстоските 12/14, 24/14, 25/14 и 38/14, а по коефициента на асиметрия – 13/14, 26/14, 28/14, 36/14 и 38/14. Получените резултати показват, че изследваните отделни кръстоски биха могли да се поделят на отделни съвкупности.

В действителност всяка кръстоска представлява съвкупност от потомства и растения, чието изкласяване може да е различно под действието на стресовите фактори, тъй като изследваната съвкупност не е унифицирана, а има хибриден характер. В това отношение при кръстоски 12/14, 25/14 и 36/14 много ясно се открояват разпределения, силно различаващи се от нормалното. Основавайки се на хипотезата, че наличието на ясно обособен ексцес е показателно за наличие на стрес (Le Bagousse-Pinguet et al., 2017), то при тях може да се търси по-силно влияние на стресовите фактори.

Таблица 3. Вариационен анализ на изследваните кръстоски тритикале по показателя дата на изкласяване

Table 3. Analysis of variation of the studied triticale crosses by the parameter days to heading

Кръстоска Cross	12/14	13/14	24/14	25/14	26/14	28/14	34/14	35/14	36/14	38/14
Брой изследвани растения Number of studied plants	553	298	622	347	165	704	471	460	146	629
Средна аритметична Mean	122,42	128,46	126,05	128,04	121,72	124,94	125,78	126,94	120,74	126,58
Грешка на средната аритметична Std. Error of Mean	0,19	0,16	0,14	0,20	0,26	0,11	0,16	0,12	0,29	0,11
Медиана Median	121,00	129,00	126,00	128,00	121,00	124,00	126,00	126,00	120,00	127,00
Мода Mode	117,00	129,00	123,00	126,00	123,00	123,00	123,00	126,00	117,00	126,00
Стандартно отклонение Std. Deviation	4,60	2,81	3,46	3,77	3,41	3,04	3,60	2,66	3,54	2,73
Варианс Variance	21,14	7,91	11,94	14,24	11,61	9,21	12,93	7,07	12,50	7,47
Вариационен коефициент Coefficient of variation	3,76	2,19	2,74	2,95	2,80	2,43	2,86	2,09	2,93	2,16
Асиметрия Skewness	0,43	-0,60	0,37	0,09	0,62	0,83	0,24	-0,17	0,97	-0,64
Грешка на асиметрията Std. Error of Skewness	0,10	0,14	0,10	0,13	0,19	0,09	0,11	0,11	0,20	0,10
Експес Kurtosis	-1,13	0,50	-0,81	-1,28	0,24	0,39	-0,52	0,33	0,22	0,70
Грешка на експеса Std. Error of Kurtosis	0,20	0,28	0,20	0,26	0,37	0,18	0,22	0,23	0,40	0,19
Ширина на признака Range	19,00	16,00	15,00	14,00	17,00	17,00	18,00	16,00	14,00	17,00
Минимална стойност Minimum	113,00	120,00	119,00	120,00	115,00	117,00	116,00	119,00	117,00	117,00
Максимална стойност Maximum	132,00	136,00	134,00	134,00	132,00	134,00	134,00	135,00	131,00	134,00



Фигура 2. Статистическо разпределение на показателя дата на изкласяване
Figure 2. Statistical distribution of the parameter days to heading

Тъй като всяка от кръстоските съчетава отделни съвкупности, то може в този случай да се предположи, че наблюдаваното разпределение при кръстоската съчетава разпределението на тези съвкупности под влияние на стресовия фактор.

Подобно разпределение в този случай показва, че изкласяването се повлиява не само от наличието на стрес, но и от взаимодействието му с генетичната основа на кръстоската. Освен това изкласяването се характеризира като динамичен процес, който протича в определени граници. Това дава възможност за неговото пряко повлияване в кратък период от време. Получените данни и графичната интерпретация ясно показват, че подобни фенологични процеси макар да варират слабо в дадена съвкупност са подложени на кратки, но съществени влияния от условията на отглеждане.

Обсъждане

Получените резултати от двата показателя категорично показват, че двата изследвани показателя се различават по своите статистически разпределения, въпреки сходните средни стойности и идентичното вариране на отделните кръстоски. Това се свързва с различаващите се генни системи, които контролират двата признака, независимо от привидно сходния им консерватизъм по отношение на варирането. Редица изследвания свързват изкласяването и височината на растенията към различни QTLs и генни системи (Heidari et al., 2012; Zhang et al., 2009; Voerner et al., 2002; Xu et al., 2005; Worland, 1996), при обикновената пшеница. Това подчертава нашата теза и показва, че показатели, отличаващи се със сходно поведение, могат да се различават по своята статистическа същност, а оттам и да се наблюдават разлики и от генетично естество.

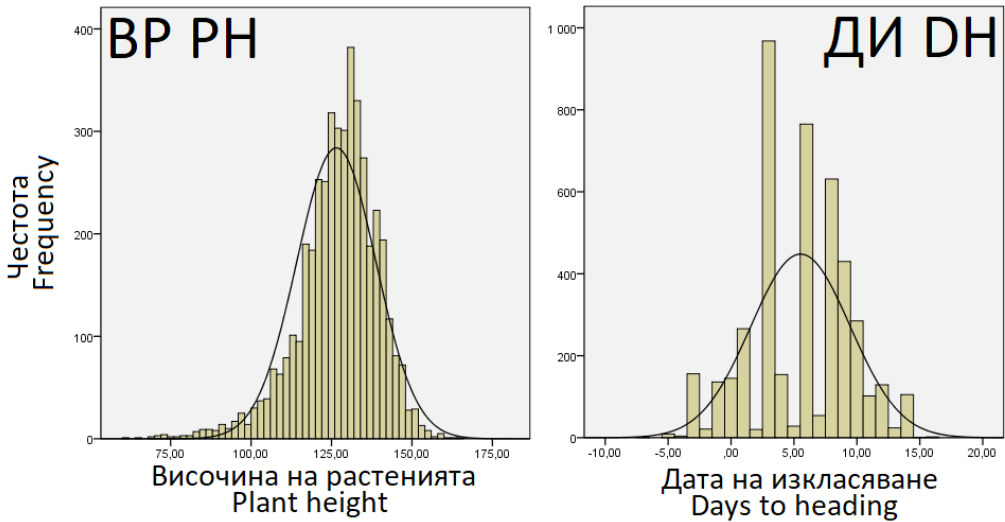
При тритикале не съществуват изследвания в литературата, които да разглеждат в частност статистическото разпределение на отделни показатели в хибридни популации. Това налага подобни изследвания да бъдат проведени при различаваща се генетична основа на изходния материал с цел да бъдат изяснени и някои закономерности при формиране на разпределението на биометричните признаци.

В настоящето изследване, двата показателя – височина на растенията и дата на изкласяване привидно клонят към нормално разпределение, но в различна степен, което може да бъде потвърдено от графичното представяне на резултатите по кръстоски (Фигура 1 и 2). Изследванията на Just and Weninger (1999) показват, че често биометричните показатели не следват категорично нормалното разпределение. Така например добивът при различни културни растения и в рамките на даден вид може да следва или не кривата на нормалното разпределение (Ramirez et al., 2001). От друга страна, често условията на

средата са причина за получаването на резултати, които не се разпределят нормално. Le Bagousse-Pinguet et al. (2017) при изследване на височината на растенията в различни условия на средата, видове и популации, посочват, че в условия на стрес се наблюдават отклонения от нормалното разпределение. Поради тази причина не само генотипът, но и средата се оказват ключови за варирането на даден признак и за неговото честотно разпределение в изследваната съвкупност. Отклонението от нормалното разпределение още по-ясно се подчертава при графично представяне на цялата изследвана хибридна съвкупност и при двата показателя. На Фигура 3 е представена съпоставка на статистическото разпределение, като ясно се очертават различията между височината на растенията и датата на изкласяване. При височината на растенията се наблюдава разпределение, което се доближава в по-голяма степен до нормалното с ясно изразена отрицателна асиметрия и положителен ексцес. От друга страна при датата на изкласяване ясно се отличават значителни отклонения от нормалното разпределение, макар хистограмата да има подобен звънчевидна форма. Наблюдава се много сериозен ексцес и известна положителна асиметрия. Много ясно обаче се откроява значително намалените честоти на някои от значенията на признака. Това показва, че в определени дати по време на изкласяването са се наблюдавали условия, които са забавили изкласяването.

От селекционна гледна точка наличието на отклонения от нормалното разпределение е от съществено значение, тъй като често някои от крайните стойности, които водят до асиметрия и стойностите, които образуват ексцесивни криви са от особено значение. В конкретните условия на експеримента по отношение на височината на растенията селекционно ценни са големият брой растения, които са реализирали височина близка до средната, тъй като за тритикале при тези стойности се свързват с оптимална продуктивност. Намалването на височината под 100cm и увеличаването и над 130cm не е практически правилно, тъй като води до прекалено занижаване или увеличаване на биомасата, което определя намалена продуктивност на класа (Stoyanov, 2018). В това отношение кръстоските с най-големи стойности на коефициента на ексцес имат по-голяма селекционна стойност – 24/14, 28/14 и 38/14.

При датата на изкласяване при тритикале селекционно ценни са тези кръстоски, потомства и растения, които изкласяват по-рано, тъй като се справят по-добре с неблагоприятните условия на средата свързани със засушаване или температурни аномалии през май и юни (Stoyanov and Baychev, 2017; Stoyanov, 2018). Поради тази причина за селекцията по-ценни биха били кръстоските с изявена положителна асиметрия и тези, при които се наблюдава ексцес при по-ниските стойности на показателя.



Фигура 3. Статистическо разпределение на изследваните показатели за цялата изследвана хибридна съвкупност

Figure 3. Statistical distribution of the studied parameters of whole studied hybrid set

Такива са 12/14, 24/14, 26/14, 28/14 и 36/14. В това отношение кръстоски 24/14 и 28/14 се характеризират като сравнително по-ценни от селекционна гледна точка, тъй като са реализирали по-голям брой растения с оптимални стойности по двата показателя. Поради тази причина може да се счита, че хибридните комбинации, които в по-голяма степен се отличават от нормалното разпределение, могат да се свържат с по-висока селекционна ценност. Следва обаче да се подчертае, че наличието на нормално разпределени данни е ключово за достоверността на последващата статистическа обработка. Данните получени от настоящия експеримент показват, че въпреки отклоненията които се наблюдават спрямо нормалното разпределение данните могат да бъдат с висока степен на достоверност обработвани статистически, тъй като обхващат достатъчен брой случаи (Ghasemi and Zahediasl, 2012). Дори по-големи отклонения в този случай, не биха оказали твърде голямо влияние върху грешката и върху доверителните интервали (Field, 2009). Много изследвания в този случай дори определят наличието на истинско нормално разпределение като „мит“ (Elliott and Woodward, 2007). Въпреки това съществуват процедури, които дават представа за това в каква степен дадено извадково разпределение се отличава от нормалното. В Таблица 4 са представени резултати от проведените Колмогоров-Смирнов тест и Шапиро-

Уилк тест. И при двата показателя нулевата хипотеза е отхвърлена, което показва, че данните се разпределят с известни отклонения от нормалното. Тъй като извадката е много голяма, то дори малки отклонения биха потвърдили липсата на пълна нормалност на извадките (Razali and Wah, 2011). Получените резултати обаче показват, че датата на изкласяване се отклонява от нормалното разпределение в по-голяма степен от височината на растенията. Това показва, че изследваните кръстоски притежават по-широка генетична основа по отношение на изкласяването и неговата реакция към условията на средата в хибридна съвкупност, отколкото реакцията на височината на растенията.

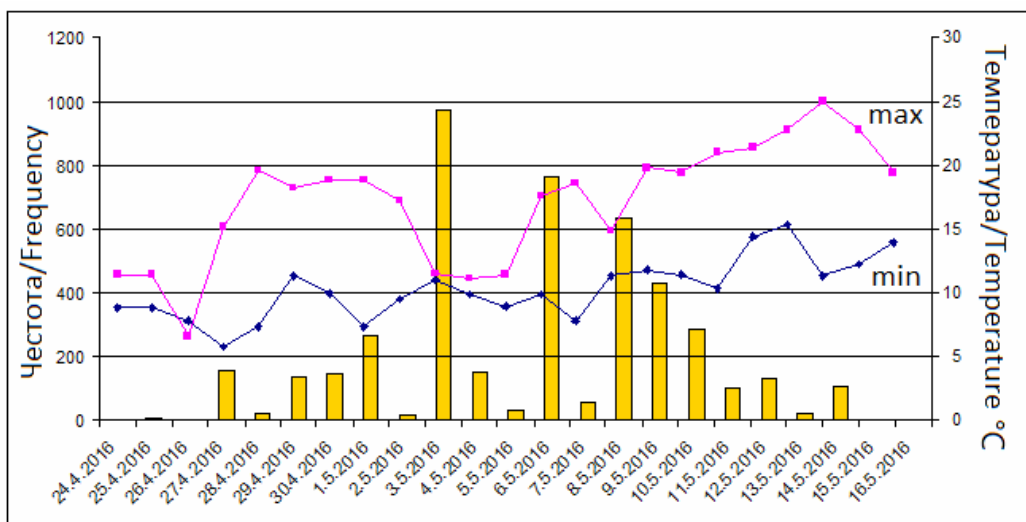
Таблица 4. Тест за нормалност на изследваните показатели

Table 4. Test of normality for the studied parameters

Показател Parameter	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Височина на растенията Plant height	0.128	4395	0.000	0.972	4395	0.000
Дата на изкласяване Days to heading	0.073	4395	0.000	0.961	4395	0.000

Разпределението на височината на растенията от друга страна се характеризира като крайно необичайно, поради наличието на множество прекъсвания изразяващи се в ексцесивно намаляващи и увеличаващи се честоти в определени значения на показателя. Това показва много голямата роля на стресовите фактора в процеса на формиране на стойностите на признака. На практика данните за изследваната хибридна съвкупност показват, че в определени дни по време на протичане на масовото изкласяване са наблюдавани неблагоприятни условия, които са възпрепятствали растежа и развитието на растенията. Подобни условия могат да бъдат понижение на температурите на въздуха, дневно-нощни температурни инверсии, рязко преминаване от сух към влажен период и обратното. Тъй като през периода на изследване не се наблюдават резки засушавания, то тази теза бива отхвърлена. На Фигура 4 е представена схема, показваща минималните и максималните температури през денонощието и съответния отчетен брой изкласили растения от изследваната хибридна популация. На схемата се наблюдават понижения в максималните и минималните температури, които биха могли да доведат до забавяне на растежа на растенията и съответно да спрат процеса на изкласяване. Наблюдават се определени взаимовръзки между динамиката на температурите и изкласяването. Въпреки това тенденцията не е категорична, тъй като изследваната хибридна съвкупност представлява много сложна генотипна система, която не е хомогенна. Това налага да бъдат проведени допълнителни изследвания както върху същата генетична основа в последващи хибридни

генерации, така и върху различни хибридни комбинации и върху сортове тритикале. Подобни изследвания, които изследват взаимовръзката между условията на средата и статистическото разпределение на изкласяването при тритикале не се срещат в световната научна литература. От друга страна е от особено значение да бъдат установено тези зависимости, тъй като те имат практическа стойност за селекцията. Динамиката на изкласяването при неблагоприятни условия е ключова за селектирането на генотипи, които са толерантни към комплекс от абиотични стресови фактори.



Фигура 4. Съпоставка на статистическото разпределение на показателя дата на изкласяване с температурите през изследвания период
 Figure 4. Comparison of statistical distribution of the parameter days to heading with the temperatures during the studied period

Получените резултати за статистическото разпределение на височината на растенията и датата на изкласяване представят ценна информация за изследваните кръстоски. Въпреки консервативното поведение на двата признака, тяхното разпределение е твърде разнообразно и различаващо се. Това дава възможност за детайлно проучване на определени хибридни комбинации и до отсяването на тези потомства, които имат практическо значение за селекционния процес. Резултатите за кръстоските ясно показват, че в селекционно отношение кръстоски 24/14, 28/14 и 38/14 по изследваните показатели се отличават с по-голям брой растения, които отговарят на оптималните стойности за тритикале. По този начин пълният вариационен и графичен анализ на изходните данни и моделът на статистическо разпределение

се превръщат в ценен инструмент, който може да допринесе за по-прецизен отбор в хибридните популации на зимното хексаплоидно тритикале

Изводи

1. По показателят височина на растенията изследваните кръстоски показват статистическо разпределение близко до нормалното, като при всички се наблюдава отрицателна асиметрия и положителен ексцес, а датата на изкласяване се отклонява в по-голяма степен от нормалното разпределение с преобладаваща положителна асиметрия и разнообразни прояви на ексцес.

2. В селекционно отношение кръстоски 24/14, 28/14 и 38/14 са реализирали стойности на асиметрия и ексцес, при които по-голяма част от растенията удовлетворяват селекционните критерии по отношение височината на растенията.

3. По отношение датата на изкласяване селекционно най-ценни са кръстоски 12/14, 25/14, 28/14 и 36/14, които показват преобладаващи растения с по-ранно изкласяване, което води до положителна асиметрия.

4. Кръстоските с отчетени по-високи стойности на асиметрия и ексцес, показват предимства в селекционно отношение по изследваните показатели, тъй като оптималните стойности често са свързани с по-ниски или по-високи стойности от средната аритметична.

5. Условиата на средата са оказали по-силно въздействие върху разпределението на показателя дата на изкласяване, отколкото върху височината на растенията, което се доказва както от графичното представяне на данните, така и от тестовете за нормалност.

6. Установяването на модела на статистическо разпределение в дадена хибридна популация дава възможност за прецизиране на отбора в конкретна кръстоска по изследвания показател, което прави вариационния анализ мощен инструмент в селекцията на зимно хексаплоидно тритикале.

Литература

References

- Baychev, V. (1990). Creation and study of primary and secondary triticale. PhD thesis. General Toshevo, Bulgaria (Bg).
- Baychev, V. (2005). Study of hybrid forms of wheat and triticale obtained by the scheme F1 (6x-triticale / 6x-wheat). Proceedings of the Balkan Scientific Conference Breeding and Agrotechnology of Field Crops 2 June 2005, Karnobat, Part One: 269-273 (Bg).
- Börner, A., Schumann, E., Fürste A., Cöster, H., Leithold, B., Röder, M. S. and Weber, W. E. (2002). Mapping of Quantitative Trait Loci Determining Agronomic Important Characters in Hexaploid Wheat (*Triticum aestivum* L.).

- Theor. Appl. Genet.*, 105: 921-936.
- Chahal, G. S. & Gosal, S. S. (2000). Principles and procedures of plant breeding: Biotechnological and conventional approaches. CRC Press, New York.
- Choo, T.M. & Reinbergs, E. (1982). Analysis of slowness and kurtosis for detecting gene interaction in a double haploid. *Crop Sci.*, 22, 231-235
- Elliott, A.C. & Woodward, W.A. (2007). Statistical analysis quick reference guidebook with SPSS examples. 1st ed. London: Sage Publications
- Field, A. (2009). Discovering statistics using SPSS. 3 ed. London: SAGE publications Ltd; p.822.
- Filho, J.S.S.B. & Vencovsky, R. (2009). Selection in several environments by BLP as an alternative to pooled ANOVA in crop breeding. *Ciencia e Agrotecnologia*, 33(5), 1342-1350.
- Fischer, R.A. & Rebetzke, G.J. (2018). Indirect selection for potential yield in early-generation, spaced plantings of wheat and other small-grain cereals: a review. *Journal of Crop & Pasture Science*, 69, 439-459.
- Friedman, M. (1937). The Use of Ranks to Avoid the Assumption of Normality Implicit in the Analysis of Variance. *Journal of the American Statistical Association*, 32(200), 675-701.
- Genchev, G., Marinkov, E., Yovcheva, V. & Ognyanova, A. (1975). Biometric methods in crop production, genetics and selection. Zemizdat, Sofia.
- Ghasemi, A. & Zahediasl, S. (2012). Normality Tests for Statistical Analysis: A Guide for Non-Statisticians, *Int J Endocrinol Metab*, 10(2), 486-489
- Just, R.E. & Weninger, Q. (1999). Are crops yields normally distributed? *Amer. J. Agr. Econ.*, 81, 287-304.
- Hanafiah, D.S., Lahay, R.R., Safni, I., Bayu, E.S. & Nuriadi, I. (2016). Assessment of Gene Action for Agronomy Characters in Segregating Generation of Soybean [*Glycine max(L.) Merr.*]. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 5(2), 56-59.
- Heidari, B., Saeidi, G., Sayed Tabatabae, B.E. & Suenaga, K. (2012). QTLs Involved in Plant Height, Peduncle Length and Heading Date of Wheat (*Triticum aestivum L.*). *J. Agr. Sci. Tech.*, 14, 1093-1104.
- Hosmand, A.R. (1997). Statistical methods for environmental and agricultural sciences. Second edition. CRC press.
- Hoshamnd, A.R. (2006). Design of Experiments for Agriculture and the Natural Sciences. Second edition. Chapman and Hall/CRC.
- Krithikadatta, J. (2014). Normal Distribution. *Journal of Conservative Dentistry*, 17(1), 96-97.
- Le Bagousse-Pinguet, Y., Gross, N., Maestre, F. T., Maire, V., de Bello, F., Fonseca, C. R. & Liancourt, P. (2017). Testing the environmental filtering concept in global drylands. *The Journal of ecology*, 105(4), 1058–1069. doi:10.1111/1365-

2745.12735

- Mead, R., Curnow, R.N. & Hasted, A.M. (2002). Statistical methods in agriculture and experimental biology. Third edition. Chapman and Hall/CRC.
- Pooni, H.S., Jinks, J.L. & Cornish, M.A. (1977). The causes and consequences of non-normality in predicting the properties of recombinant inbred lines. *Heredity*, 38, 329-338
- Ramirez, O.A., Misra, S. & Field, J. (2001). Are crops yields normally distributed? Paper presented at the annual meeting of the American Agricultural Economics Association, Chicago, Illinois, August 5-8, 2001, 32pp.
- Razali, N.M. & Wah, Y.B. (2001). Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 2(1), 21-33.
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. (2009). Introduction to biostatistics. Second edition. Dover Publication Inc., Mineola, New York.
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. (2012). Biometry. The principles and Practise of Statistics in Biological Research. Fourth edition. W.H. Freeman and Company, New York.
- Stoyanov, H. & Baychev, V. (2017). Research on the variability in triticale (\times *Triticosecale* Wittm.) crosses as a source of genetic diversity. Youth Scientific Conference "Kliment's Days", Sofia 2016, *Annuaire de l'Université de Sofia "St. Kliment Ohridski"*, Faculte de Biologie, 2017, 102(4): 105-126.
- Stoyanov, H. & Baychev, V. (2018). Combining economically important indices in F3 generations of triticale crosses. *Rastenievadni nauki*, 55(3), 27-36 (Bg).
- Stoyanov, H. (2018). Reacton of triticale (\times *Triticosecale* Wittm.) to abiotic stress. PhD Thesis, General Toshevo, Bulgaria. (Bg)
- Venkatesha, S.C., Ajai, B.C., Ramanjini Gowda, P.H., Byregowda, M. & Ganapathy, K.N. (2016). Genetic appraisal of F2 generation of Dolichos bean for yield and yield attributing traits. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 7(3), 589-594.
- Worland, A. J. (1996). The Influence of Flowering Time Genes on Environmental Adaptability in European Wheat. *Euphytica*, 89, 49-57.
- Xu, X., Bai, G., Carver, B. & Shaner, E. (2005). A QTL for Early Heading in Wheat Cultivar Suwon 92. *Euphytica*, 146, 233-237.
- Zanke, C.D., Ling, J., Plieske, J., Kollers, S., Ebmeyer, E., Korzun, V., Argillier, O., Stiewe, G., Hinze, M., Neumann, F., Eichhorn, A., Polley, A., Jaenecke, C., Ganai, M.W. & Roder, M.S. (2014). Analysis of main effect QTL for thousand grain weight in European winter wheat (*Triticum aestivum* L.) by genome-wide association mapping. *Frontiers in Plant Science*, 5, 217, 1-12
- Zhang, K., Tian, J., Zhao, L., Liu, B. & Chen, G. (2009). Detection of Quantitative Trait Loci for Heading Date Based on the Doubled Haploid Progeny of Two Elite Chinese Wheat Cultivars. *Genetica*, 135, 257-265

