

Изменение във фертилността на хибрида *Triticum aestivum* x *Aegilops cylindrica* при прилагане на гибберелинова киселина

Христо Стоянов^{1*}, Драгомир Пламенов², Мариана Стоянова³

¹Добруджански земеделски институт – Генерал Тошево

²Технически университет – Варна

³М-АГРО ЕООД – с. Стожер

*E-mail: hpstoyanov@abv.bg

Резюме

Отдалечената хибридизация е ефективно средство за подобряване на добива от културните растения. Дивият вид *Aegilops cylindrica* е практически полезен източник на ценни гени в това отношение, тъй като се характеризира с висока степен на кръстосваемост с обикновената пшеница. Същевременно, когато участва като бащин компонент в отдалечената кръстоска, получените хибридни растения се отличават с по-голяма стерилност. Този тип кръстоска е по-подходяща и за практически цели при селекцията на обикновена пшеница. С цел повишаване на фертилността и практическото значение на хибрида *Triticum aestivum* x *Aegilops cylindrica* е изследван ефектът на гибберелиновата киселина върху колхицинирани и неколхицинирани растения на хибрида. Използването както на разтвор на колхицин, така и на гибберелинова киселина не е довело до промени в параметрите на класа (брой класчета в клас, дължина на класа, дължина на класа с осили, маса на класа) в изследваните растения, което би могло косвено да повлияе върху фертилността. Независимо от варианта на третиране, във всички отглеждани растения е отчетена 0% мъжка фертилност. От друга страна, зърна се образуват само във варианта без третиране с колхицин и гибберелинова киселина. Отчетената женска фертилност е 1,92%. Независимо от получените резултати, образуваните зърна са ценен изходен материал, който може ефективно да се използва в селекцията на обикновена зимна пшеница.

Ключови думи: обикновена зимна пшеница; колхицин; гибберелинова киселина; отдалечена хибридизация; *Aegilops cylindrica*

Fertility changes of *Triticum aestivum* x *Aegilops cylindrica* hybrid by applying gibberellic acid

Hristo Stoyanov¹, Dragomir Plamenov², Mariana Stoyanova³

¹Dobrudzha Agricultural Institute – General Toshevo, Bulgaria

²Technical University – Varna, Bulgaria

³M-AGRO LTD – Stozher, Bulgaria

*E-mail: hpstoyanov@abv.bg

Citation

Stoyanov, H., Plamenov, D., & Stoyanova, M. (2020). Fertility changes of *Triticum aestivum* x *Aegilops cylindrica* hybrid by applying gibberellic acid. *Rasteniadvni nauki*, 57(1) 16-26 (Bg)

Abstract

Wide hybridization is an efficient tool for improving the yield from the cultural plants. The wild species *Aegilops cylindrica* is a practically useful source of valuable genes. This species is characterized with a high degree of crossability to common wheat. At the same time, when involved as a father component in the cross, the obtained hybrid plants possess greater sterility. This cross is also more suitable for practical purposes in the

breeding of common wheat. With the aim to increase the fertility and the practical significance of the hybrid *Triticum aestivum* x *Aegilops cylindrica*, the effect of gibberellic acid on colchicinated and non-colchicinated plants of the hybrid was studied. The use of both colchicine solution and gibberellic acid did not cause changes in the spike parameters (number of spikelets in spike, length of spike, length of spike with awns, weight of spike) in the investigated plants, which could indirectly affect fertility. Regardless of the variant of treatment, 0 % male fertility was read in all grown plant. On the other hand, grains were formed only in the variant without colchicine and gibberellic acid treatment. The read female fertility was 1.92 %. Regardless of the obtained results, the formed grains are valuable breeding material that can be efficiently used in the breeding of common winter wheat.

Keywords: common winter wheat; colchicine; gibberellic acid; wide hybridization; *Aegilops cylindrica*

Съвременното земеделско производство се характеризира като динамична система, която е свързана със задоволяване на потребностите на все по-бързо нарастващото световно население. От друга страна, необходимостта от качествен фураж и суровини за продоволствено потребление създава необходимост от реализиране на големи количества от зърнено-житните култури, които обаче се характеризират и с високи качествени показатели. Това налага съвременната селекция бързо да отговори на тези темпове, независимо от нейната времеемкост, трудоемкост и ресурсоемкост.

Отдалечената хибридизация е инструмент на класическата селекция, посредством който се кръстосват отдалечени във филогенетично отношение растителни видове, с цел създаване на ново културно растение или прехвърляне на ценни признаци в културните растения (Stoyanov, 2013^a). Голям брой изследователи посочват множество ценни признаци, които са прехвърлени в образци на обикновена пшеница, свързани с устойчивост на патогени, неприятели, повишаване на качеството и количеството на протеин в зърното, толерантност на абиотичен стрес (Spetsov & Savov, 1992; Jia et al., 1996; Van Ginkel & Rajaram, 1999; Maksimov et al., 2006; Lalkova et al., 2004; Spetsov, 2004; Cherukuri et al., 2005; Zhu et al., 2006; Stoilova & Spetsov, 2006; Miranda et al., 2007; Chhuneja et al., 2007; Mago et al., 2009; Marais et al., 2010; Kuraparthi et al., 2011; Liu et al., 2011; Stoyanov et al., 2012; Ivanova, 2012; Babayants et al., 2012; Stoyanov, 2013^a).

Ефективен източник на ценни гени за устойчивост на биотичен и толерантност на абиотичен стрес е дивият вид *Aegilops cylindrica* (Singh et al., 2004; Plamenov & Spetsov, 2005; Rehman et al., 2006; Stoyanov et al., 2012; Arabbeigi et al., 2014; Stoyanov & Plamenov, 2014). Голям брой

изследователи съобщават за сравнително лесната му хибридизация с *Triticum aestivum* и по-слаба с *Triticum durum* (Rehman et al., 2006; Schoenenberger et al., 2006; Cifuentes & Benavente, 2009; Stoyanov et al., 2012). Съществено предимство на хибридите на обикновената зимна пшеница с дивия вид е тяхната висока жизнеспособност, независимо от хаплоидния им характер (Rehman et al., 2006). Същевременно обаче, получаването на стабилни форми посредством колхициниране или беккрос на хибриди от типа *Triticum aestivum* x *Aegilops cylindrica* е практически много трудно (Schneider et al., 2008; Stoyanov et al., 2012). Получените след бекросиране зърна често нямат зародиши, а тези, които имат, са с много слаба жизнеспособност. Различни изследователи съобщават за по-добри резултати при обратната кръстоска (*Aegilops cylindrica* x *Triticum aestivum*) (Gandhi et al., 2006; Stoyanov & Plamenov, 2014). Zemetra et al. (1998) посочват, че бекросирането с *Aegilops cylindrica* е значително по-ефективно, като частично фертилни растения се получават дори след втория беккрос. Наличието на естествени хибриди между двата вида също е показателно за по-лесната хибридизация, когато майчин родител е дивият вид (Gaines et al., 2008). Въпреки това, чуждата цитоплазма често е свързана с намалена фертилност (Tsunewaki et al., 1984), което прави правата кръстоска *Triticum aestivum* x *Aegilops cylindrica* практически по-подходяща за прехвърляне на гени от дивия вид.

За преодоляване на неблагоприятните ефекти, свързани с преембрионална несъвместимост (мъжка и женска фертилност) Riera-Lizarazu et al. (1992) при хибридизация на обикновена зимна пшеница с ечемик (при права и обратна кръстоска) изследват влиянието на гиберелиновата киселина и 2,4Д. Авторите установяват, че ги-

берелиновата киселина има слаб ефект върху формирането на зародиши, независимо от посоката на кръстоската. Larter & Chaubet (1965) при кръстоване на ечемик с ръж и приложение на гиберелинова киселина наблюдават формиране на зародиши, но без получаване на зърна. Khush & Brar (1992) съобщават, че използването на гиберелинова киселина не само води до увеличаване на формираните зародиши, но и до повишаване на озърняването при голям брой отдалечени хибриди. Това прави третирането с гиберелинова киселина подходящо и за повишаване на фертилността на първо поколение отдалечени хибриди, при тяхното беккросиране с родителските форми.

Целта на настоящето изследване е да се установи влиянието на третирането с гиберелинова киселина върху фертилността на хибрида *Triticum aestivum* x *Aegilops cylindrica* при беккросиране с обикновена зимна пшеница.

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

Първоначалната кръстоска е проведена през стопанската 2012/2013, като за майчин компонент са използвани сортовете обикновена зимна пшеница Енола, Ласка и Maris Huntsman, а за бащин образец – АЕС1 на вида *Aegilops cylindrica* (Таблица 1).

През стопанската 2013/2014 получените зърна са поставени за покълване в петриеве блюда и впоследствие засадени в саксии с вместимост 3l. С цел получаване на по-голямо количество

растения, по време на братене всяко растение е разделяно и вкоренявано за получаване на допълнителни братя. Разделянето е проведено двукратно при условията на неотопляема полиетиленова оранжерия.

Половината от получените по този начин растения по време на вретене са третирани с 0.5% разтвор на колхицин за удвояване на хромозомния брой, а останалите са поставени при същите условия, но разтворът не съдържа колхицин.

Непосредствено преди цъфтеж половината от колхицинираните и половината от неколхицинираните растения са обработвани с гиберелинова киселина като класовете са опръсквани с микрокапков диспенсер при концентрация 10 ppm. След третиране върху класовете е поставян изолатор за предпазване от опрашване. Беккросирането на класовете е извършено с прашец от майчината форма неколкократно по време на разтваряне на цветчетата чрез нанасянето му директно върху стигмите. Непосредствено след опрашването, класовете са изолирани. Част от класовете не са беккросирани с цел възможно самоопрашване. Обработените растения и класове са представени в Таблица 2.

Всички класове са прибирани по растения и по варианти на третиране в пълна зрялост. Анализирани са показателите дължина на класа, дължина на класа с осили, брой класчета в клас, маса на класа, маса на зърната в клас, брой зърна в клас, фертилност. Женската фертилност е установена върху беккросираните класове, а мъжката – върху самоопрашените.

Таблица 1. Получени зърна и растения от хибридизацията на *Triticum aestivum* с *Aegilops cylindrica*
Table 1. Obtained grains and plants by hybridization of *Triticum aestivum* and *Aegilops cylindrica*

Кръстоска/ Cross	Брой получени зърна/ Number obtained seeds	Брой поникнали зърна/ Number of germinated seeds	Брой получени растения/ Number of obtained plants	Брой отгледани растения/ Number of grown plants	Брой получени класове/ Number of obtained spikes
Ласка x АЕС1 Laska x AEC1	1	0	0	0	0
Енола x АЕС1 Enola x AEC1	5	0	0	0	0
Maris Hunstman x AEC 1	5	4	4	16	73

Таблица 2. Брой изследвани класове по варианти на третиране с колхицин и гибберелинова киселина
Table 2. Number of studied spikes by variant of treatment with colchicines and gibberellic acid

№ на изходно растение/ No of initial plant	Неколхицинирани/ Non-colchicined				Колхицинирани/ Colchicined			
	Нетретирани/ Non sprayed		Третирани с GA3/ GA3 sprayed		Нетретирани/ Non sprayed		Третирани с GA3/ GA3 sprayed	
	CO/SF	БК/BC	CO/SF	БК/BC	CO/SF	БК/BC	CO/SF	БК/BC
1	2	3	3	3	1	2	2	2
2	3	3	2	2	5	4	3	3
3	1	1	1	2	1	1	2	2
4	3	2	4	2	2	2	1	2
	9	9	10	9	9	9	8	9
	18		19		18		17	
	37				35			

CO/SF – самоопрашени/selfed; БК – беккросирани/backcrossed.

Проведен е дисперсионен анализ за установяване на влиянието на колхицинирането и третирането с гибберелинова киселина върху развитието и озърняването на класовете. За обобщаване на данните е използван програмен продукт Microsoft Excel 2003, а за дисперсионния анализ – IBM SPSS Statistics v.19.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Данните за кръстосваемостта (Таблица 1) показват, че най-добро озърняване в резултат на проведената хибридизация се наблюдава при кръстоската между Maris Huntsman и АЕС1. Същевременно, въпреки че зърна са получени и от кръстосването с Енола и Ласка, то растения не са получени. Вероятно това се свързва с постембрионална несъвместимост и липсата на нормален ендосперм. Въпреки това при кръстоската с участието на Maris Huntsman покълват 4 от 5 зърна, а получените растения се развиват бързо и не дават признаци на хибридна некроза. Това позволява за сравнително кратък период от време да се формират голям брой братя както при първоначалното развитие на растенията, така и след разделянето им. Колхицинирането също не възпрепятства сериозно растежа и развитието на растенията, тъй като те са отглеждани при идентични условия. Отгледаните растения при условията на полиетилинова оранжерия не се

нападат от патогени, което позволява да запазят листната си маса сравнително дълго време. След прибирането на основните класове, при някои от растенията се формират допълнителни класоносни стъбла, които не са включени в настоящето изследване. Подобен растеж и развитие показват изключителната жизнеспособност на хибридните растения от кръстосването на *Triticum aestivum* и *Aegilops cylindrica*. Stoyanov et al. (2012) и Stoyanov & Plamenov (2014) съобщават за подобно развитие на хибридни растения в първо хибридно поколение на прави и обратни кръстоски. Съществува голям брой изследвания за високата жизнеспособност и на естествените хибриди между двата вида (Gotsov & Panayotov, 1972; Sakamoto & Kobayashi, 1982; Van Slageren, 1994; Watanabe & Kawahara, 1999; Plamenov & Spetsov, 2005; Stoyanov & Plamenov, 2014).

Развитието на хибридните растения и високата способност за братимост, която наследяват от дивия вид, дават възможност за получаването на голям брой класоносни стъбла, които позволяват да се изследва влиянието на третирането с колхицин и гибберелинова киселина. Често при изследването на влиянието на гибберелиновата киселина върху фертилността на проучвания хибриден материал се използват отрязани класове, тъй като целта е получаване на жизнеспособни зародиши, които да бъдат отгледани върху хранителна среда (Riera-Lizarazu et al., 1992). В проведения от нас експеримент,

основната цел е да се проследи фертилността на хибридните растения, затова е необходимо растенията да бъдат отгледани до зрялост. Тъй като колхицина (като алкалоид (Kostoff, 1938)) и гиберелиновата киселина (като растежен регулатор (Ivanov, 1991; Todorova et al., 2005; Drumeva et al., 2005; Nenova et al., 2005)) влияят върху растежа и развитието на растенията, се предполага, че биха засегнали в известна степен морфологичните показатели на класовете като количествено определени признаци. Това, от своя страна, би повлияло косвено фертилността поради разлики, които е възможно да се наблюдават. Поради тази причина е необходимо да се установи в каква степен двете прилагани вещества повлияват нормалното развитие на класовете. Това налага да се проследи цялостно класовата морфология и да се оцени как третираната (колхицин и гиберелинова киселина и комбинацията между тях) влияят върху общото развитие на растенията.

Брой класчета в клас

Получените резултати за броя на класчетата в клас при изследвания хибрид (Таблица 3) показват незначителни изменения в средния брой класчета при изследваните варианти. Това показва, че нито третирането с колхицин, нито приложението на гиберелиновата киселина оказват влияние върху вегетативното развитие на класа. Броят на класчетата е сравнително нисък спрямо този на обикновената зимна пшеница, но е характерен за подобни хибридни растения (по Stoyanov et al., 2012). Stoyanov & Plamenov (2014) посочват сходен брой класчета при анализа на естествени хибриди, но при обратната кръстоска на двата вида (*Aegilops cylindrica* x *Triticum aestivum*). Липсата на влияние на двете използвани вещества се подчертава и от резултати от проведения дисперсионен анализ (Таблица 5).

Дължина на класа

Варирането при този показател, подобно на предходния, също е слабо по отношение на отделните варианти на третиране при липса на доказани разлики. При дължината на класа третирането с колхицин или с гиберелинова киселина не оказва съществено влияние, което се доказва от проведения дисперсионен анализ. Независимо че при колхицинираните растения

се наблюдава по-мощно развитие на листната маса, то дължината на класа се запазва сравнително идентична. Rehman et al. (2006) съобщават подобни резултати при получените от тях хибридни растения. Стойностите на признака при получените от нас растения са между 100 и 120 mm, което е характерно за подобни хибриди (Stone & Peepel, 2004). При съобщените от Stoyanov & Plamenov (2014) естествени хибриди дължината на класа е значително по-малка. Това се свързва с влиянието на майчиния компонент върху развитието на класовете (Stoyanov et al., 2012). При обикновената зимна пшеница дължината на класа е консервативен показател, който се повлиява слабо дори при високи нива на абиотични стресови фактори (Stoyanov, 2013^b). Поради тази причина дължината на класа и при естествените хибриди варира сравнително слабо, както поради хибридният характер на растенията, така и поради консервативната природа на признака, наследен от майчиния компонент. Не бива да се пренебрегва и влиянието на бащината форма, тъй като Endo (1996) посочва, че хромозома 2С от дивия вид влияе значително върху изявата на някои от количествените признаци на класа в заместени линии на Chinese Spring.

Дължина на класа с осили

Този показател се различава съществено в зависимост от посоката на кръстоската (Stoyanov & Plamenov, 2014). Поради тази причина, наличието и развитието на осили при хибридните растения е специфичен признак, по който може да се установи принадлежността на хибрида и неговото правилно развитие. Стойностите на показателя варират от 124 до 147 mm, което е характерно за подобен вид хибридни растения. Данните на Stoyanov & Plamenov (2014) показват по-високо вариране в показателя. Резултатите от дисперсионния анализ определят липсата на доказана разлика между отделните изследвани варианти. Третирането с колхицин и гиберелинова киселина не оказва влияние върху дължината на осилите като част от вегетативното развитие на класа.

Маса на класа

Стойностите на масата на класа при изследваните растения и варианти са изключително

Таблица 3. Показатели на класовата морфология на хибридните растения при различните варианти на третиране
Table 3. Parameters of the hybrid plants spike morphology by different treatment variants

Показател/ Parameter	№ на растение/ No of plant	Неколхицинирани/ Non-colchicined				Колхицинирани/ Colchicined				
		Нетре- тирани Non sprayed	Третирани с GA3/ GA3 sprayed	Средно/ Average	Нетре- тирани/ Non sprayed	Третирани с GA3/ GA3 sprayed	Средно Average	Нетре- тирани/ Non sprayed	Третирани с GA3/ GA3 sprayed	Средно/ Average
	1	11,40	11,67	11,55	13,00	10,50	11,57	12,00	11,20	11,56
	2	12,83	11,50	12,30	11,67	13,83	12,53	12,13	12,90	12,44
БКК	3	11,50	13,33	12,60	11,00	11,00	11,00	11,25	12,00	11,73
NSS	4	12,60	11,00	11,73	12,00	10,33	11,29	12,33	10,78	11,56
	Средно/ Average	12,22	11,68	11,95	11,89	11,76	11,83	12,06	11,72	11,89
	1	108,60	103,00	105,55	117,33	104,25	109,86	111,88	103,50	107,22
	2	115,17	105,75	111,40	110,56	118,17	113,60	112,40	113,20	112,72
ДК, mm	3	116,00	121,33	119,20	113,00	110,50	111,33	114,50	115,14	114,91
LS	4	119,80	104,50	111,45	113,00	100,00	107,43	116,78	103,00	109,89
	Средно/ Average	114,72	106,95	110,73	112,50	109,88	111,23	113,61	108,33	110,97
	1	127,20	121,83	124,27	139,67	127,25	132,57	131,88	124,00	127,50
	2	130,83	130,75	130,80	134,00	144,50	138,20	132,73	139,00	135,24
ДКО, mm	3	130,50	147,33	140,60	133,50	131,25	132,00	132,00	138,14	135,91
LSA	4	133,80	121,50	127,09	135,50	122,00	129,71	134,56	121,67	128,11
	Средно/ Average	130,61	127,63	129,08	135,22	133,35	134,31	132,92	130,33	131,63
	1	0,31	0,34	0,33	0,42	0,26	0,33	0,36	0,31	0,33
	2	0,51	0,35	0,44	0,44	0,57	0,50	0,47	0,48	0,48
МК, g	3	0,48	0,43	0,45	0,31	0,27	0,28	0,39	0,34	0,36
WS	4	0,53	0,35	0,43	0,32	0,23	0,28	0,44	0,31	0,37
	Средно/ Average	0,46	0,36	0,41	0,40	0,37	0,38	0,43	0,36	0,40

БКК/NSS – брой класчета в клас/number of spikelets per spike; ДК/LS – дължина на класа/length of spike;
 ДКО/LSA – дължина на класа с осили/length of spike with awns; МК/WS – маса на класа/weight of spike.

ниски – 0,23-0,57g. Това се свързва с липсата на достатъчно добро озърняване от една страна, а където са се формирали зърна, тяхното изхранване е възпрепятствано от хибридният характер на растенията и от правилното формиране на ендосперм. Rehman et al. (2006) посочват вероятните причини за липсата на формиране на нормален ендосперм и добре развити зърна, които при неколхицинираните растения са свързани с тяхното хаплоидно състояние, а при колхицинираните – с тетраплоидното състояние на D-генома. Stoyanov & Plamenov (2014) съобщават сходни или по-ниски стойности на този показател при изследваните от тях естествени хибриди – 0,11-0,42g. Въпреки наличието на зърна в някои класове в една от изследваните групи, между отделните варианти не се наблюдава съществено различие, а разликите се недоказани. Това се подчертава и от резултатите от дисперсионния анализ, което доказва липсата на влияние на третирането с колхицин и гиберелинова киселина върху показателя.

Получените данни за вегетативното развитие на класовете категорично показват, че то не се повлиява нито от действието на колхицина, нито от приложението на гиберелиновата киселина. Това дава основание да се счита, че изявата на фертилността при беккросиране или самоопрашване ще се влияе единствено от прилагането на двете вещества и няма да има косвено проявление на останалите показатели.

Данните за озърняването (Таблица 4) показват, че зърна се образуват единствено при варианта, при който растенията не са обработени с колхицин, не са третирани с гиберелинова киселина и са беккросирани с прашец от майчината форма. При всички останали варианти и комбинации на приложение на колхицин и гиберелинова киселина и начин на опрашване класовете остават напълно стерилни.

Rehman et al. (2006) при изследване на хибриди и амфидиплоиди на *Triticum aestivum* x *Aegilops cylindrica* съобщават, че въпреки доброто вегетативно развитие на растенията, независимо дали са третирани с колхицин, хибридният растения остават напълно стерилни при самоопрашване и при беккросиране с прашец от обикновена пшеница. За пълна мъж-

ка стерилност съобщават и Mirzaghaderi et al. (2017). Wang et al. (2000), също посочват, че изследваните от тях хибриди са напълно стерилни при самоопрашване, но след беккросиране с прашец от дивия вид женската фертилност е 2.2%, а след две генерации на беккросиране с прашец от *Aegilops cylindrica* е възстановена частична мъжка фертилност. Schneider et al. (2008) съобщават за частично фертилни хибриди на два вида. Zemetra et al. (1998), Snyder et al. (2000), Wang et al. (2001), Morrison et al. (2002) също получават сходни данни. Резултатите на Schoenenberger et al. (2006) отчитат женска фертилност в първо хибридно поколение между 0,03 и 0,6%, а след първия беккрос са регистрирани и самофертилни растения.

Отчетената от нас женска фертилност при варианта без третиране с колхицин и гиберелинова киселина е 1,92%, и 0,48% за целия експеримент. Това показва, че получените от нас хибридни растения следват закономерностите установени от други изследователи.

Zemetra et al. (1998) при получаването на BC1 семена прилагат гиберелинова киселина, и получават над 2% женска фертилност. Wang et al. (2001) не третират растенията, за да се доближи фертилността максимално до естествените условия. И двете изследвания потвърждават факта, че хибридите между *Triticum aestivum* и *Aegilops cylindrica* са частично женско фертилни, но използването на гиберелинова киселина не оказва съществено влияние върху стойностите на фертилността.

Липсата на озърняване – в проведения експеримент при вариантите с колхициниране, третиране с гиберелинова киселина и комбинация от двете – показва, че изследваните растения реагират неблагоприятно по отношение на фертилността. Причини за това могат да са както хибридната комбинация, така и условията на средата, при които растенията са отглеждани, поради което е необходимо подобен тип експерименти да бъдат проведени при по-широка генетична основа и по-голям брой хибридни комбинации. Независимо от това, получените в резултат от експеримента зърна са ценен източник на генетично разнообразие, който може да бъде използван в селекционната работа на обикновената зимна пшеница.

Таблица 4. Получени зърна и фертилност на хибридните растения, при различните варианти на третиране.
Table 4. Obtained grains and fertility of the hybrid plants by different treatment variants

Показател/ Parameter	Бек- кросирани/ Back-crossing	Неколхицинирани/ Non-colchicined			Колхицинирани/ Colchicined			Средно/ Average	
		Нетре- тирани/ Non sprayed	Третирани с GA3/ GA3 sprayed	Средно/ Average	Нетре- тирани/ Non sprayed	Третирани с GA3/ GA3 sprayed	Средно/ Average		
MЗК/ WGS	SF/ CO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	BC/ BK	0,004	0,000	0,002	0,000	0,000	0,002	0,000	0,001
	Average/ Средно	0,002	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001
	SF/ CO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BЗК (средно)/ NGS (average)	BC/ BK	0,44	0,00	0,22	0,00	0,00	0,22	0,00	0,11
	Average/ Средно	0,22	0,00	0,11	0,00	0,00	0,11	0,00	0,06
	SF/ CO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BЗК (общо)/ NGS (total)	BC/ BK	4,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	4,00
	Сума/ Total	4,00	0,00	4,00	0,00	0,00	4,00	0,00	4,00
	SF/ CO	-	-	-	-	-	-	-	-
ЖФ/ FF	BC/ BK	1,92	0,00	0,96	0,00	0,00	0,96	0,00	0,48
	Average/ Средно	1,92	0,00	0,96	0,00	0,00	0,96	0,00	0,48
	SF/ CO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MФ/ MF	BC/ BK	-	-	-	-	-	-	-	-
	Average/ Средно	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

MЗК/WGS – маса на зърната в клас/weight of grains per spike; BЗК/NGS – брой зърна в клас/number of grains per spike; ЖФ/FF – женска фертилност/female fertility; MФ/MF – мъжка фертилност/male fertility; CO/SF – самоопрашени/selfed; BK – беккросирани/backcrossed.

Таблица 5. Дисперсионен анализ на изследваните показатели по варианти на третиране с колхицин и гибберелинова киселина

Table 5. ANOVA of studied parameters by variants of treatment with colchicine and gibberellic acid

Factor/ Фактор	Parameter/ Показател	SS	df	MS	F	Sig.
CL	БКК/NSS	0,287	1	0,287	0,083	0,774
	ДК/LS	2,283	1	2,283	0,013	0,910
	ДКО/LSA	479,677	1	479,677	1,996	0,162
	МК/WS	0,011	1	0,011	0,504	0,480
	МЗК/WGS	0,000	1	0,000	4,850	0,031
	БЗК/NGS	0,222	1	0,222	4,850	0,031
GA	БКК/NSS	1,970	1	1,970	0,572	0,452
	ДК/LS	485,267	1	485,267	2,753	0,102
	ДКО/LSA	105,636	1	105,636	0,440	0,510
	МК/WS	0,073	1	0,073	3,320	0,073
	МЗК/WGS	0,000	1	0,000	4,850	0,031
	БЗК/NGS	0,222	1	0,222	4,850	0,031
CL * GA	БКК/NSS	0,769	1	,769	0,224	0,638
	ДК/LS	119,501	1	119,501	0,678	0,413
	ДКО/LSA	5,538	1	5,538	0,023	0,880
	МК/WS	0,021	1	0,021	0,953	0,332
	МЗК/WGS	0,000	1	0,000	4,850	0,031
	БЗК/NGS	0,222	1	0,222	4,850	0,031
Error	БКК/NSS	234,053	68	3,442		
	ДК/LS	11984,823	68	176,247		
	ДКО/LSA	16339,692	68	240,290		
	МК/WS	1,491	68	0,022		
	МЗК/WGS	0,000	68	0,000		
	БЗК/NGS	3,111	68	0,046		
Total	БКК/NSS	237,111	71			
	ДК/LS	12607,944	71			
	ДКО/LSA	16944,875	71			
	МК/WS	1,596	71			
	МЗК/WGS	0,000	71			
	БЗК/NGS	3,778	71			

БКК/NSS – брой класчета в клас/number of spikelets per spike; ДК/LS – дължина на класа/length of spike; ДКО/LSA – дължина на класа с осили/length of spike with awns; МК/WS – маса на класа/weight of spike; МЗК/WGS – маса на зърната в клас/weight of grains per spike; БЗК/NGS – брой зърна в клас/number of grains per spike; CL – третиране с колхицин/Colchicined; GA – прилагане на гибберелинова киселина/GA3 sprayed.

ИЗВОДИ

От така получените резултати могат да бъдат направени следните изводи:

1. Приложението на разтвор на колхицин за удвояване на хромозомния брой при получените хибридни растения и третирането с разтвор на гибберелинова киселина не повлиява изявката на количествените признаци, свързани с ве-

гетативното развитие на класа – брой класчета в клас, дължина на класа, дължина на класа с осили и маса на класа.

2. Получените хибридни растения, независимо от приложените колхицин и гибберелинова киселина, са с 0% мъжка фертилност.

3. При варианта без третиране с колхицинов разтвор и без прилагане на гибберелинова киселина е получена частична женска фертилност – 1,92%.

4. Получените семена, въпреки големия процент стерилни растения, са ценен изходен материал, който може да бъде използван в подобрителната работа с обикновената зимна пшеница.

ЛИТЕРАТУРА

- Arabbeigi, M., Arzani, A., Majidi, M. M., Kiani, R., Tabatabaei, B. E. S., & Habibi, F. (2014). Salinity tolerance of *Aegilops cylindrica* genotypes collected from hypersaline shores of Urmia Salt Lake using physiological traits and SSR markers. *Acta Physiol Plant*, 36: 2243–2251.
- Babayants, O. V., Babayants, L. T., Gorash, A. F., Vasil'ev, A. A., Traskovetskaya, V. A., & Palyasnyi, V. A. (2012). Genetic determination of wheat resistance against *Puccinia graminis* (f. sp. *Triticici*) derived from *Aegilops cylindrica*, *Triticum erebuni*, and Amphidiploid 4. *Tsitologiya i Genetika*, 46(1), 10–17.
- Cherukuri, D. P., Gupta, S. K., Charpe, A., Koul, S., Prabhu, K. V., Singh, R. B., & Haq, Q. M. R. (2005). Molecular mapping of *Aegilops speltoides* derived leaf rust resistance gene Lr28 in wheat. *Euphytica*, 143, 19–26.
- Chhuneja, P., Kaur, S., Goel, R.K., Aghaee-Sarbarzeh, M., & Dhaliwal, H. S. (2007). Resistance genes from *Aegilops umbellulata* to hexaploid wheat through induced homoeologous pairing. *Wheat Production in Stressed Environments*, 83–90.
- Cifuentes, M. & Benavente, E. (2009). Complete characterization of wheat-alien metaphase I pairing in interspecific hybrids between durum wheat (*Triticum durum* L.) and jointed goatgrass (*Aegilops cylindrica* Host). *Theor Appl Genet* 118:1609–1616.
- Drumeva, M., Nenova, N., & Ivanov, P. (2005). Genotypic responsiveness of sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) for accelerated line formation, fertility restorators. *Collection of Scientific Conf. with inter. participation - Plovdiv*, October 19–20, 2005, 85–92.
- Endo, T. (1996). Allocation of a gametocidal chromosome of *Aegilops cylindrica* to wheat homoeologous group 2. *Genes Genet. Syst.*, 71, 243–246.
- Gaines, T., Brien Henry, W., Byrne, P., Westra, P., Nissen, S., & Shaner, D. (2008). Jointed Goatgrass (*Aegilops cylindrica*) by Imidazolinone-Resistant Wheat Hybridization under Field Conditions. *Weed Science*, 56(1), 32–36. doi:10.1614/WS-07-033.1
- Gandhi, H., Mallory-Smith, C., Watson, C., Vales, M., Zemetra, R., & Riera-Lizarazu, O. (2006). Hybridization between wheat and jointed goatgrass (*Aegilops cylindrica*) under field conditions. *Weed Science*, 54(6), 1073–1079. doi:10.1614/WS-06-078R1.1
- Gotsov, K., & Panayotov, I. (1972). Natural hybridization of male sterile lines of common wheat x *Ae. cylindrica* Host. *Wheat Inf Serv*, 33–34: 20–21
- Ivanov, P. (1991). Chemical composition of sunflower seeds and possibilities for its change by selection path. *Dissertation for the degree of Doctor of Agricultural Sciences*, 327 pages.
- Ivanova, V. (2012). Studies on resistance to common wheat and other species to the cause of brown rust *Puccinia triticina* Erikss. – autoreferate. DAI-General Toshevo (Bg).
- Jia, J., Devos, K. M., Chao, S., Miller, T. E., Reader, S. M., & Gade, M. D. (1996). RFLP-based maps of the homoeologous group-6 chromosomes of wheat and their application in the tagging of Pm12, a powdery mildew resistance gene transferred from *Aegilops speltoides* to wheat. *Theor Appl Genet*, 92, 559–565.
- Kuraparthi, V., Sood, S., Guedira, G. B., & Gill, B. S. (2011). Development of a PCR assay and marker-assisted transfer of leaf rust resistance gene Lr58 into adapted winter wheats. *Euphytica*, 180, 227–234.
- Khush, G. S., & Brar, D. S. (1992). Overcoming the barriers in hybridization. In: Kaloo, G. & Chowdhury (Eds.). *Distant hybridization of crop plants*. Springer-Verlag, 47–61.
- Kostoff, D. (1938). Polyploid plants produced by colchicine and acenaphthene. *Curr. Sci.* 7, 108 bis 110, refer. In: *Ber. Biol.* 49, 488.
- Lalkova, L. I., Arbuzova, V. S., Efremova, T.T., & Popova, O. M. (2004). Resistance to fungal diseases in hybrid progeny from crosses between wheat variety Saratovskaya 29 and the amphidiploid *Triticum timopheevii/Triticum tauschii*. *Russian Journal of Genetics*, 40(9), 1046–1050.
- Larter, E., & Chaubet, C. (1965). Use of exogenous growth substances in promoting pollen tube growth and fertilization in barley-rye crosses. *Can. J. Genet. Cytol.*, 7, 511–518.
- Liu, W., Jin, Y., Rouse, M., Friebe, B., Gill, B., & Pumphrey, M. O. (2011). Development and characterization of wheat-*Ae. searsii* Robertsonian translocation and recombinant chromosome conferring resistance to stem rust. *Theor Appl Genet*, 122, 1537–1545.
- Mago, R., Zhang, P., Bariana, H. S., Verlin, D. C., Bansal, U. K., Ellis, J. G., & Dundas, I. S., (2009). Development of wheat lines carrying stem rust resistance gene Sr39 with reduced *Aegilops speltoides* chromatin and simple PCR markers for marker-assisted selection. *Theor Appl Genet*, 119, 1441–1450.
- Maksimov, I. V., Cherpanova, E. A., Murtazina, G.F., & Chikida, N. N. (2006). The relationship between the resistance of *Aegilops umbellulata* Zhuk. seedlings to *Septoria nodorum* Berk. and peroxidase isozyme pattern. *Izvestiya Akademii Nauk, Seriya Biologicheskaya*, 5, 575–580.
- Marais, G. F., Badenhorst, P. E., Eksteen, A., & Pretorius, Z. A., (2010). Reduction of *Aegilops sharonensis* chromatin associated with resistance genes Lr56 and Yr38 in wheat. *Euphytica*, 171, 15–22.
- Mirzaghaderi, G., Abdolmalaki, Z., Zohouri, M., Moradi, Z., & Mason, A. S. (2017). Dynamic nucleolar activity in wheat × *Aegilops* hybrids: evidence of C-genome dominance. *Plant Cell Rep*, 36: 1277. <https://doi.org/10.1007/s00299-017-2152-x>

- Miranda, L., Murphy, J. P., Marshall, D., Cowger, C., & Leath, S.** (2007). Chromosomal location of Pm35, a novel *Aegilops tauschii* derived powdery mildew resistance gene introgressed into common wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor Appl Genet*, 114, 1451-1456.
- Morrison, L. A., Cré mioux, L., & Mallory-Smith, C. A.** (2002). Infestations of jointed goatgrass (*Aegilops cylindrica*) and its hybrids in Oregon wheat fields. *Weed Sci.* 50:737-747.
- Nenova, N., Hristov, M., Drumeva, M., & Ivanov, P.** (2005). Selection of sunflower lines by combining embryo cultivation with traditional breeding approaches. Proceedings of a Balkan Science Conf. - Carnobat, 1-2 June 2005, Volume I, 284-288.
- Plamenov, D., & Spetsov P.** (2005). Natural hybrids (*Aegilops* x *Triticum*) and their application in breeding. *Scientific Communications of USB, Branch Dobrich*, 7(2): 155-158.
- Rehman, M., Hansen, J.L., & Zemetra, R. S.** (2006). Hybrids and Amphiploids of *Aegilops cylindrica* with *Triticum aestivum* L.; Production Morphology and Fertility. *Pakistan Journal of Biological sciences*, 9(8), 1563-1566.
- Riera-Lizarazu, O., Dewey, W. G., & Carman, J. G.** (1992). Gibberellic Acid and 2, 4-D Treatments for Wheat x Barley Hybridization Using Detached Spikes. *Crop Sci.*, 32, 108-114. doi:10.2135/cropsci1992.0011183X003200010024x
- Sakamoto, S., & Kobayashi, H.** (1982). Variation and geographical distribution of cultivated plants, their wild relatives and weeds native to Turkey, Greece and Romania. Reprint from: Tani, Y (ed.), Preliminary report of comparative studies on the agrico-pastoral peoples in in Southwestern Eurasia, II 1980. Research Institute for the Humanistic Studies, Kyoto University, Japan: 41-104.
- Schneider A., Molnar, I., & Molnar-Lang, M.** (2008). Utilisation of *Aegilops* (goatgrass) species to widen the genetic diversity of cultivated wheat. *Euphytica*, 163, 1-19.
- Schoenenberger, N., Guadagnuolo, R., Savova-Bianchi, D., Kuepfer, P., & Felber, F.** (2006). Molecular Analysis, Cytogenetics and Fertility of Introgression Lines From Transgenic Wheat to *Aegilops cylindrica* Host. *Genetics*, 174, 2061-2070.
- Singh, S., Franks, C. D., Huang, L., Brown-Guedira, G. L., Marshall, D. S., Gill, B.S., & Fritz, A.** (2004). L41, L39, and a leaf rust resistance gene from *Aegilops cylindrica* may be allelic and are located on wheat chromosome 2DS. *Theor Appl Genet*, 108, 586-591.
- Snyder, J. R., Mallory-Smith, C. A., Balter, S., Hansenand, J. L., & Zemetra, R. S.** (2000). Seed production on *Triticum aestivum* by *Aegilops cylindrica* hybrids in the field. *Weed Sci.*, 48, 588-593
- Spetsov, P., & Savov, M.** (1992). A review on amphidiploids in the *Triticeae*, obtained in Bulgaria during 1950-1990. *Wheat Information Service*, 75, 1-6.
- Spetsov, P.** (2004). Practical results from wide hybridization in common wheat (*T. aestivum* L.) at DAI-General Toshevo. *Field crops studies*, I-1, 43-50 (Bg).
- Stoilova, T., & Spetsov, P.** (2006). Chromosome 6U from *Aegilops geniculata* Roth carrying powdery mildew resistance in bread wheat. *Breeding science*, 56, 351-357.
- Stone, A., & Peeper, T.** (2004). Characterizing jointed goatgrass (*Aegilops cylindrica*) x winter wheat hybrids in Oklahoma. *Weed Science*, 52(5), 742-745. doi: 10.1614/WS-03-119R1
- Stoyanov, H., Koleva, M., Plamenov, D., & Spetsov, P.** (2012). Influence of wheat genome in hybrids with participation of *Aegilops cylindrica* Host. *Field Crops Studies*, VIII-1, 41-52 (Bg).
- Stoyanov, H.** (2013^a). Status of wide hybrids in *Poacea*: problems and prospects, *Agricultural science and Technology, Trakia University – Stara Zagora*, 5(1), 3-12.
- Stoyanov, H.** (2013^b). Correlation between the spike characteristics in commonwinter wheat varieties (*Triticum aestivum* L.). Scientific works of Institute of Agriculture – Karnobat, 2, 95-104 (Bg).
- Stoyanov, H., & Plamenov, D.** (2014). Mechanism of origin and morphology of natural hybrids between *Aegilops cylindrica* Host and *Triticum aestivum* L. close to the Black sea climate area. *Proceedings of the Union of Scientist – Varna. Series Marine Sciences*, 18-24.
- Todorova, M., Ivanov, P., Nenova, N., & Encheva, J.** (2004). Effect of mother genotype on the efficiency of γ -induced parthenogenesis in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Helia*, 27(41), 67-74.
- Tsunewaki, K., Iwanaga, M., Maekawa, M., & Tsuji, S.** (1984). Production and characterization of alloplasmic lines of a triticales 'Rosner'. *Theoret. Appl. Genetics*, 68: 169. https://doi.org/10.1007/BF00252334
- Van Ginkel, M., & Rajaram, S.** (1999). Breeding for Resistance to the Septoria/Stagonospora Blights of Wheat. *Septoria and Stagonospora Diseases of Cereals: A Compilation of Global Research*, CYMMYT, 117-126.
- Van Slageren, M.W.** (1994). Wild wheats: a monograph of *Aegilops* L. and *Amblyopyrum* (Jaub. & Spach) Eig (*Poaceae*). Wageningen Agriculture University Papers
- Wang, Z., Zemetra, R. S., Hansenand, J., & Mallory-Smith, C. A.** (2001). The fertility of wheat x jointed goatgrass hybrid and its backcross progenies. *Weed Sci.*, 49, 340-345.
- Wang, Z. N., Hang, A., Hansen, J., Burton, C., Mallory-Smith, C. A., & Zemetra R. S.** (2000). Visualization of A- and B-genome chromosomes in wheat (*Triticum aestivum* L.) x jointed goatgrass (*Aegilops cylindrica* Host) backcross progenies. *Genome*, 43, 1038-1044.
- Watanabe, N., & Kawahara, T.** (1999). *Aegilops* species collected in California and Oregon, USA. *Wheat Inf Serv*, 89, 33-36
- Zemetra, R. S., Hansenand, J., & Mallory-Smith, C. A.** (1998). Potential for gene transfer between wheat (*Triticum aestivum*) and jointed goatgrass (*Aegilops cylindrica*). *Weed Sci.*, 46, 313-317.
- Zhu, Z., Zhou, R., Kong, Z., Dong, Y., & Jia, J.** (2006). Microsatellite marker identification of a *Triticum aestivum-Aegilops umbellulata* substitution line with powdery mildew resistance. *Euphytica*, 150, 149-153.