

## Генотипни различия в кълняемостта и първоначалния растеж на мутантни сортове и линии зимен многореден ечемик

Боряна Дюлгерова\*, Николай Дюлгеров, Милка Димитрова-Донева

Институт по земеделие – Карнобат, България

\*E-mail: [bdyulgerova@abv.bg](mailto:bdyulgerova@abv.bg)

### Резюме

Целта на настоящото проучване е да се установят генотипните особености в кълняемостта и началния растеж при мутантни сортове и линии зимен многореден ечемик, селектирани в Институт по земеделие – Карнобат. При лабораторни условия са проучени кълняемост, индекс на кълняемост, средно време на покълване, дължина на колеоптил, дължина на първи лист, брой и дължината на корените, свежо и сухо тегло на първи лист при мутантни сортове, линии и при два стандартни сорта зимен многореден ечемик. Установено е, че генотипът доказано влияе върху варирането на всички проучвани признаци, с изключение на броя на корените. Наблюдавана е достоверна зависимост на кълняемостта и на дължината и теглото (свежо и сухо) на първия лист от масата на 1000 зърна. Идентифицирани са генотипове с добро съчетание между проучваните признаци, включването на които в селекционната работа може да доведе до създаване на линии с по-бърз темп на покълване и първоначален растеж.

**Ключови думи:** зимен многореден ечемик; кълняемост; първоначален растеж; мутантни сортове и линии

## Genetic differences in germination and initial growth of mutant varieties and lines winter 6-rowed barley

Boryana Dyulgerova\*, Nikolay Dyulgerov, Milka Dimitrova-Doneva

Institute of Agriculture – Karnobat, Bulgaria

\*E-mail: [bdyulgerova@abv.bg](mailto:bdyulgerova@abv.bg)

### Abstract

Dyulgerova, B., Dyulgerov, N. & Dimitrova-Doneva, M. (2018). Genetic differences in germination and initial growth of mutant varieties and lines winter 6-rowed barley. *Rastenievadni nauki*, 55(5), 8–15

The aim of the present investigation was to study genotype differences in germination and initial growth of mutant varieties and lines winter 6-rowed barley, developed at the Institute of Agriculture – Karnobat. Germination, germination index, mean germination time, coleoptile length, length of first leaf, number and length of roots, fresh and dry weights of first leaf in mutant varieties and lines and two standard varieties of winter 6-rowed barley were measured at laboratory conditions. The genotype had a significant effect on variation of all studied traits except for the number of roots. It was found significant correlation between germination and the length, weight (fresh and dry) of the first leaf and of 1000-grain weight. Genotypes with a good combination of the studied traits have been identified involving them in the breeding work may result in development of lines with a higher germination rate and initial growth.

**Key words:** winter 6-rowed barley; germination; initial growth; mutant varieties and lines

Интензивността на началния растеж на семената е показател за тяхната жизненост и оказва влияние върху растежа и развитието на растенията. Бързият първоначален темп на растеж е от особена важност за конкурентоспособността на ечемика по отношение на плевели и поникването при сеитба на по-голяма дълбочина, налагаща се при липсата на достатъчно влага в почвата (Watson et al., 2002; Paynter et al., 2007). Сортовете, чиито семена покълват бързо и дружно оползотворяват по-добре влагата от падналите след сеитбата валежи, формират добре гарнирани посеви и реализират по-висок добив (Ellis, 1992; Rajala et al., 2011).

Важни за началния растеж са едрината на семената, кълняемостта и кълняемата енергия, дължината на колеоптила, първия лист и зародишните корени. Върху тези признаци влияние оказват генотипа, климатичните особености на годината на отглеждане, прилаганата агротехника, травмирането на семената и условията и продължителността на съхранение на семената (Pieta Filho and Ellis, 1991; Box et al., 1999; Maleki Farahani et al., 2010; Vulchev et al., 2010; Vodner et al., 2013; Tabatabaei, 2015).

В условията на глобални климатични промени, признаците свързани с началния темп на растеж придобиват все по-голямо значение за адаптивността на зърнените култури. При пшеницата се води целенасочена селекционна работа за подобряване на тези признаци (Rebetzke et al., 2007). У нас задълбочено са проучени посевните качества на много малко от районираните сортове ечемик (Bonchev and Valcheva, 2013).

Експерименталният мутагенез се прилага интензивно в селекцията на ечемика за създаване на изходен материал и за ускорено получаване на нови сортове (Ahloowalia et al., 2004). Редица автори съобщават за мутационни изменения, засягащи признаци свързани с първоначалния растеж при зърнено-житните култури (Molina-Cano et al., 1989; Şerban, 2012; Barbu et al., 2017; Prina et al., 2017).

Целта на настоящото проучване е да се установят генотипните особености в кълняемостта и началния растеж при мутантни сортове и линии зимен многореден ечемик, селектирани в Институт по земеделие – Карнобат.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Опитът е проведен при лабораторни условия в Институт по земеделие – Карнобат. Използвани са сортовете ИЗ Бори, Божин и Земела и перспективните линии: Кт 3029, Кт 3030, Кт 3038, Кт 3040 и Кт 3041, селектирани в Институт по земеделие – Карнобат с помощта на експериментален мутагенез. Сортовете Веслец и Изгрев са включени в проучването, тъй като са национални стандарти при зимния фуражен ечемик. Използвани са семена от 2016/2017 реколтна година. От всеки генотип са заложили за кълняемост по 100 семена в 3 повторения. В продължение на 7 дни ежедневно е отчитан броят на покълналите семена. На седмия ден, върху 25 растения от всяко повторение са измерени: дължина на колеоптила (cm), дължина на първия лист (cm), брой корени; дължина на корените (cm), свежо тегло на първия лист (g), и сухо тегло на първия лист (g). Окончателно определяне на кълняемостта е извършено на седмия ден. За всяко повторение и генотип са отчетени индекс на кълняемост и средно време на покълване. Индексът на кълняемост (I%) е определен съгласно формулата:  $I = \Sigma(Gt/Dt)$  където Gt е процента на кълняемост към съответния ден на отчитане – Dt (AOSA, 1983). Средното време на покълване (MGT) е изчислено съгласно Ellis and Roberts (1980):  $MGT = \Sigma(nd) / \Sigma n$ , където n е броя на покълналите семена за ден d, а  $\Sigma n$  – общия брой покълнали семена за отчетния период.

За статистическа обработка на данните са прилагани анализ на дисперсия, множествен тест на Duncan за проверка значимостта на разликите на средните, корелационен анализ и анализ на главните компоненти (Principal components analysis). Резултатите са обработени с помощта на програмата SPSS 16.00 for Windows (SPSS Inc., 2007).

## РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

В Таблица 1 са представени резултатите от анализа на дисперсия на признаци, свързани с кълняемостта и началния растеж при мутантни сортове и линии зимен многореден ечемик. Доказано е влиянието на генотипа върху варира-

**Таблица 1.** Анализ на варианса на признаци, свързани с кълняемостта и началния растеж при мутантни сортове и линии зимен многореден ечемик

**Table 1.** Analysis of variance for traits, related to germination and initial growth of mutant varieties and lines of winter 6-rowed barley

Признаци/Traits	Sum of Squares	Mean Square	F
Кълняемост/ Germination	20,800	2,311	6,933***
Индекс на кълняемост/ Germination index	1902,560	211,396	1048,988***
Средно време на покълване/ Mean germination time	4,031	0,448	1007,711***
Дължина на колеоптила/ Coleoptile length	0,896	0,100	10,069***
Дължина на първия лист/ First leaf length	26,357	2,929	132,194***
Брой корени/ Number of roots	0,245	0,027	0,425ns
Дължина на корените/ Root length	26,357	1,777	7,782***
Свежо тегло на първия лист/ First leaf fresh weight	2129,283	236,587	12,646***
Сухо тегло на първия лист/ First leaf dry weight	2503,452	3,278	2,395**
Маса на 1000 зърна/ 1000-grain weight	346,225	38,469	94,365***

\*\*\* -  $p \leq 0.1\%$ ; \*\* -  $p \leq 1\%$ ; ns - not significant

нето на всички проучвани признаци, с изключение на броя на корените. Valcheva and Valcheva, 2013, също установяват генотипни различия по признаци, свързани с първоначалния растеж при голозърнестия ечемик.

Средните стойности на проучваните признаци при мутантните сортове и линии и стандартите са показани в Таблица 2. Лабораторната кълняемост варира от 96,33% при Кт 3030 до 99,33% при Кт 3041. Според индекса на кълняемост, между двата вариетета (*var. pallidum* и *var. paralellum*), към които принадлежат проучваните генотипове, съществуват доказани различия. При стандартните сортове и линии, принадлежащи към *var. pallidum*, показателят варира от 62,64% (Кт 3040) до 70,66% (Веслец), докато при материалите от *var. paralellum* е от 47,60% (Божин) до 51,50% (ИЗ Бори). Средното време на покълване при двата вариетета също се различава достоверно, като при генотиповете от *var. pallidum* е от 1,70 дни (Веслец) до 1,92

дни (Кт 3029), а при тези от *var. paralellum* варира от 2,41 дни (Кт 3030) до 2,66 дни (Божин). Тези резултати показват зависимост на първоначалния темп на покълване (до 3-тия ден) при лабораторни условия от вариетета, към който принадлежат проучваните генотипове. Всички многоредни сортове, отглеждани у нас, се отнасят към един от двата вариетета – *var. pallidum* или *var. paralellum*. Поради това са необходими допълнителни проучвания, за да се установи доколко наблюдаваните различия в началния темп на покълване между вариететите са валидни при използване на семена, получени при различни условия на отглеждане (реколтни години), при различни генотипове, както и дали тази зависимост се отнася и за полската кълняемост.

Дължината на колеоптила е от особена важност, когато поникването протича при неблагоприятни условия (Rebetzke et al., 2005; Farhad et al., 2014). Най-голяма дължина на колеоптила е

**Таблица 2.** Средни стойности на признаци, свързани с кълняемостта и началния растеж при мутантни сортове и линии зимен многореден ечемик  
**Table 2.** Mean values traits, related to germination and initial growth of mutant varieties and lines winter 6-rowed barley

Генотип Genotype	Вариетет	Кълняемост, %	Герминация, %	Индекс на кълняемост, % Germination index, %	Средно време на покълване Mean germination time	Дължина на колготтига, cm	Coloritile length, cm	Дължина на първия лист, cm	First leaf length, cm	Брой корени Number of roots	Дължина на корените, cm	Свезко тегло на първия лист, g	First leaf fresh weight, g	Сухо тегло но първия лист, g	First leaf dry weight, g	Маса на 1000- зърна, g	1000-grain weight, g
Веслец/Veslets	<i>pall</i>	98,67ab	70,66a	1,70f	2,94ab	10,79c	5,05	6,06bc	0,0879ab	0,0112ab	40,5b	37,5c	42,2a	39,5b	38,3c	35,5d	33,2ef
Изгрев/Izgrev	<i>pall</i>	98,33abc	66,89b	1,82e	2,84abc	10,19d	4,92	6,61ab	0,0741de	0,0089bc	42,2a	39,5b	38,3c	35,5d	33,2ef	32,8ef	32,1f
Кт 3029	<i>pall</i>	98,00bc	62,79c	1,92d	3,03a	10,25d	5,04	5,47cde	0,0883ab	0,0108abc	42,2a	39,5b	38,3c	35,5d	33,2ef	32,8ef	32,1f
Кт 3040	<i>pall</i>	97,67ab	62,64c	1,82e	2,53de	12,08a	5,04	4,96de	0,0885ab	0,0108abc	42,2a	39,5b	38,3c	35,5d	33,2ef	32,8ef	32,1f
Кт 3041	<i>pall</i>	99,33a	66,59b	1,83e	2,98b	11,49b	5,08	6,99a	0,0933a	0,0116a	42,2a	39,5b	38,3c	35,5d	33,2ef	32,8ef	32,1f
ИЗ Бори/IZ Bori	<i>par</i>	97,67bcd	51,50e	2,65a	2,71cd	10,07de	4,95	5,60cd	0,0825bc	0,0105abc	42,2a	39,5b	38,3c	35,5d	33,2ef	32,8ef	32,1f
Божин/Bojin	<i>par</i>	98,33abc	47,60g	2,66a	2,52e	8,68g	5,04	5,46cde	0,0668e	0,0103abc	42,2a	39,5b	38,3c	35,5d	33,2ef	32,8ef	32,1f
Земела/Zemela	<i>par</i>	97,33cde	50,48f	2,50b	2,93ab	9,27f	5,23	4,81de	0,0718de	0,0089c	42,2a	39,5b	38,3c	35,5d	33,2ef	32,8ef	32,1f
Кт 3030	<i>par</i>	96,33e	50,90ef	2,41c	2,66cde	9,89e	4,99	5,98bc	0,0745de	0,0093bc	42,2a	39,5b	38,3c	35,5d	33,2ef	32,8ef	32,1f
Кт 3038	<i>par</i>	96,67de	53,47d	2,42c	2,78bc	10,08de	5,18	4,61e	0,0758cd	0,0091bc	42,2a	39,5b	38,3c	35,5d	33,2ef	32,8ef	32,1f

отчетена при линията Кт 3029 (3,03 cm), следвана от Кт 3041 (2,98 cm) и Веслец (2,94 cm).

Мутантните линии и сортове се различават статистически достоверно по дължината на първия лист, както помежду си, така и в сравнение със стандартните сортове.

Броят на корените при проучваните генотипове варира от 4,92 до 5,23, като тези различия не са статистически доказани.

Зародишните корени отговарят за първоначалната абсорбция на вода и хранителни вещества от развиващото се растение. Тяхната функция е особено важна, когато началното развитие на растенията протича при недостатъчна почвена влага. Линията Кт 3041 се отличава с най-дълги корени, а линията Кт 3038 с най-къси.

Най-високо свежо и сухо тегло на първия лист е отчетено при Кт 3041. Най-ниско е свежото тегло на първия лист при сорт Божин, а сорт Земела се отличава с най-ниско сухо тегло на първия лист.

Масата на 1000 зърна е от 37,5 g до 42,2 g при var. *pallidum* и от 32,1 g до 35,5 g при var. *paralellum*.

Корелационните зависимости между признаците, свързани с кълняемостта и началния растеж при проучваните генотипове зимен многореден ечемик, са представени в Таблица 3. Кълняемостта е в положителна корелация с индекса на кълняемост ( $r=0,676$ ), със сухото тегло на първия лист ( $r=0,730$ ) и с масата на 1000 зърна ( $r=0,659$ ). Индексът на кълняемост е в положителна зависимост от свежото тегло на първия лист ( $r=0,713$ ) и от масата на 1000 зърна ( $r=0,850$ ) и отрицателна от средното време на покълване ( $r=-0,980$ ). Отрицателна е корелацията на средното време на покълване с дължината на първия лист ( $r=-0,724$ ), със свежото тегло на първия лист ( $r=-0,667$ ) и с масата на 1000 зърна ( $r=-0,820$ ). Доказана е корелацията на дължината на първия лист със свежото тегло на първия лист ( $r=0,857$ ) и с масата на 1000 зърна ( $r=0,659$ ). Положителна зависимост е установена между свежото и сухото тегло на първия лист ( $r=0,794$ ). Отчетени са статистически значими корелации между масата на 1000 зърна и свежото ( $r=0,808$ ) и сухото тегло ( $r=0,657$ ) на първия лист. Тези резултати са в съответствие с докладваното от Massimi (2018), който също отчита достоверна положителна корелация между едрината на

**Таблица 3.** Корелационни зависимости между признаци, свързани с кълняемостта и началния растеж при мутантни сортове и линии зимен многореден ечемик

**Table 3.** Correlation between traits, related to germination and initial growth of mutant varieties and lines winter 6-rowed barley

Признаци	Индекс на кълняемостта / Germination index	Средно време на покълване / Mean germination time	Дължина на колеоптила / Coleoptile length	Дължина на първия лист / First leaf length	Брой корени / Number of roots	Дължина на корените / Root length	Свежо тегло на първия лист / First leaf fresh weight	Сухо тегло на първия лист / First leaf dry weight	Маса на 1000 зърна / 1000-grain weight
Кълняемост / Germination	0,676*	-0,610	0,175	0,507	0,501	-0,205	0,552	0,730*	0,659*
Индекс на кълняемостта / Germination index	1	-0,980**	0,518	0,720*	0,550	-0,234	0,713*	0,492	0,850**
Средно време на покълване / Mean germination time		1	-0,490	-0,724*	-0,506	0,179	-0,667*	-0,413	-0,820**
Дължина на колеоптила / Coleoptile length			1	0,113	0,326	0,263	0,409	0,138	0,467
Дължина на първия лист / First seedling leaf length				1	0,253	-0,130	0,857**	0,562	0,659*
Брой корени / Number of roots					1	-0,569	0,311	0,346	0,349
Дължина на корените / Root length						1	-0,106	-0,171	-0,294
Свежо тегло на първия лист / First seedling leaf fresh weight							1	0,794**	0,808**
Сухо тегло на първия лист / First seedling leaf dry weight								1	0,657*

\*  $p \leq 5\%$ ; \*\*\*  $p \leq 0.1\%$

зърното и кълняемостта, свежото и сухото тегло на първия лист при ечемика. В нашето проучване не е наблюдавана връзка между теглото на зърното и дължината на колеоптила, за каквато съобщават някои автори при пшеницата (Cornish and Hindmarsh, 1988; Rebetzke et al., 2004). Raynter et al. (2007) също не установяват зависимост между двата признака при проучване на сортове пролетен ечемик.

Въз основа на проучените признаци е извършен анализ по метода на главните компоненти (Таблица 4). Налице са три собствени стойности (eigen values) по-големи от 1, което определя избора на три главни компоненти (Таблица 4). Тези главни компоненти обясняват около 83% от общото вариране. Първият (PC1) от компонентите обяснява 56,78%, вторият (PC2) - 14,42% и третия (PC3) - 11,52%.

**Таблица 4.** Резултати от анализа на главните компоненти при проучваните генотипове зимен многореден ечемик

**Table 4.** Principal component analysis of studied winter 6-rowed barley genotypes

Параметри / Parameters	PC1	PC2	PC3
Собствени стойности / Eigen values	5,678	1,442	1,152
% от общото вариране / % of variance	56,780	14,421	11,517
Кумулативен % / Cumulative %	56,780	71,201	82,717
<b>Признаци / Traits</b>			
Кълняемост / Germination	<b>0,783</b>	-0,162	0,152
Индекс на кълняемостта / Germination index	<b>0,932</b>	0,07	-0,215
Средно време на покълване / Mean germination time	<b>-0,891</b>	-0,114	0,227
Дължина на колеоптила / Coleoptile length	0,458	0,551	<b>-0,614</b>
Дължина на първия лист / First leaf length	<b>0,790</b>	0,094	0,356
Брой корени / Number of roots	<b>0,581</b>	-0,506	-0,493
Дължина на корените / Root length	-0,285	<b>0,884</b>	0,110
Свежо тегло на първия лист / First leaf fresh weight	<b>0,878</b>	0,199	0,269
Сухо тегло на първия лист / First leaf dry weight	<b>0,750</b>	-0,071	0,445
Маса на 1000 зърна / 1000-grain weight	<b>0,903</b>	0,064	0,036

Първият компонент е свързан с признаците кълняемост, индекс на кълняемост, средно време на покълване, дължина на първи лист, брой корени, сухо и свежо тегло на първи лист и маса на 1000 зърна. Вторият компонент корелира с признака дължина на корените, а третият с дължина на колеоптила.

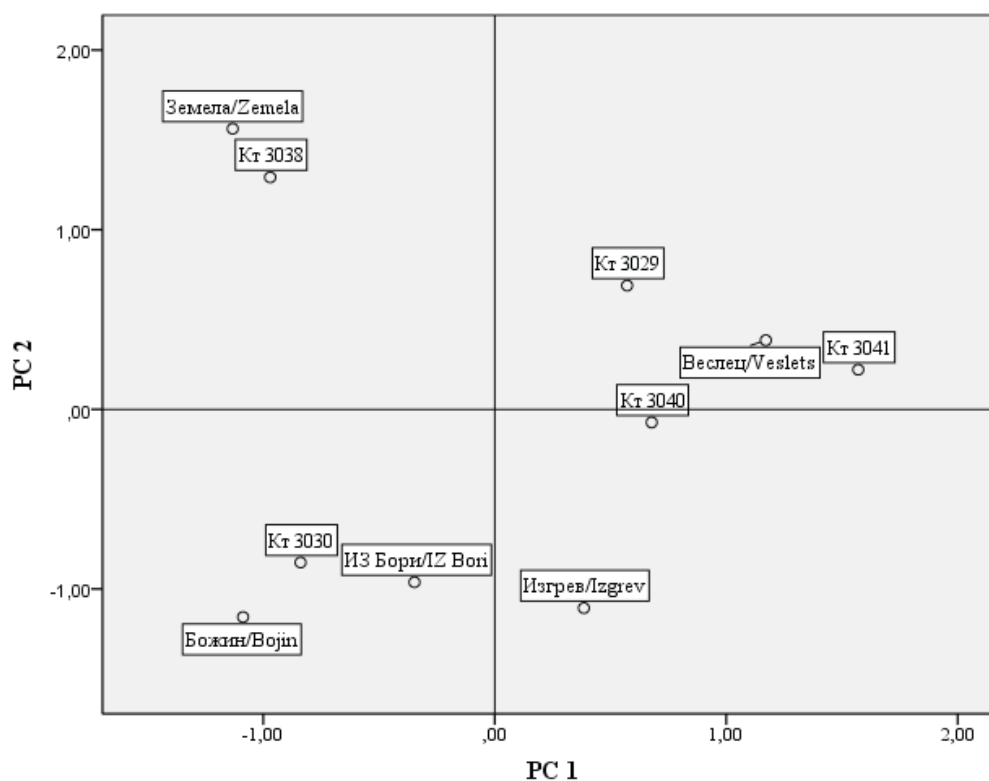
Разпределението на генотиповете според техните стойности за първия и втория компонент е представено на Фигура 1 и съответно според стойностите им за първия и третия компонент – на Фигура 2. Генотиповете от var. *pallidum* имат положителни стойности по PC1, а тези от var. *parallellum* - отрицателни. Мутантните линии от var. *pallidum* не се отличават съществено по комбинацията от проучвани признаци от стандарта Веслец (Фигура 1). Разположението на линията Кт 3040 на Фигура 2 е свързано с по-късия колеоптил при тази линия, в сравнение с останалите *pallidum* форми. При генотиповете от var. *parallellum* с най-добро съчетание между признаците, свързани с PC1 и дължината на корените са ИЗ Бори и Кт 3030

(Фигура 1). Сорт Земела и линията Кт 3030 се отличават с добра комбинация между дължината на колеоптила и останалите признаци (Фигура 2). Като цяло, най-добро съчетание между проучваните признаци е наблюдавано при линията Кт 3041.

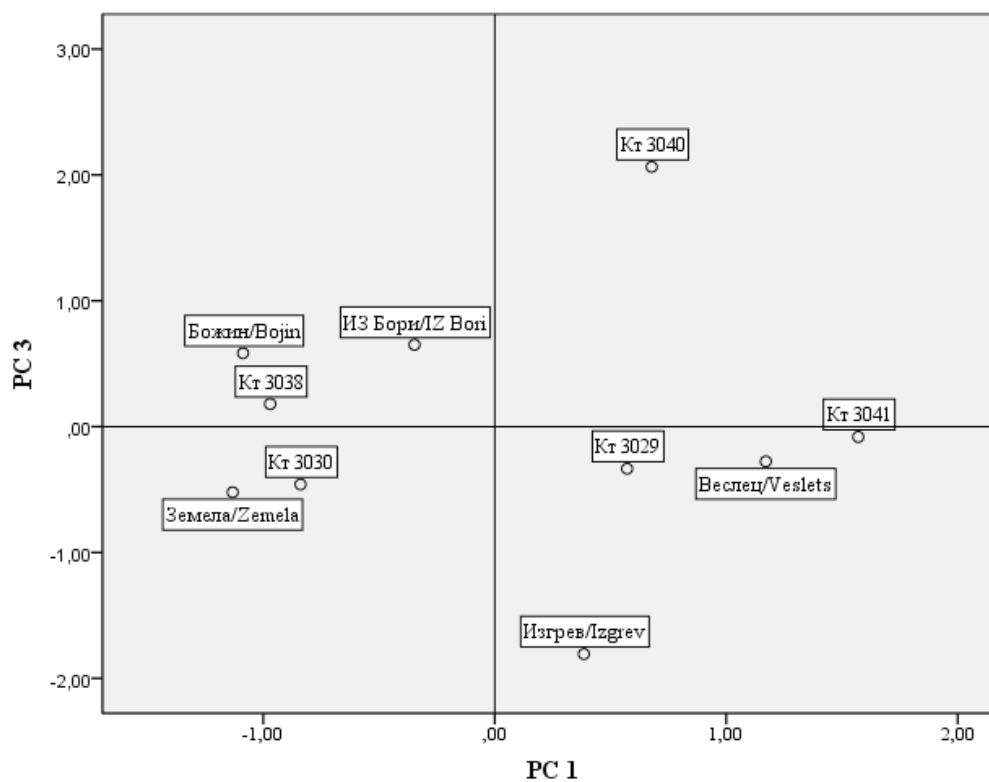
Резултатите от настоящото проучване показват наличие на генотипни различия между мутантните сортове и линии и възможност да бъдат отбрани такива които се отличават с повисоки стойности по признаци, свързани с първоначалния растеж.

## ИЗВОДИ

Доказани са генотипни различия между проучваните мутантни сортове и линии по признаците: кълняемост, индекс на кълняемост, средно време на покълване, дължина на колеоптила, дължина на първия лист, дължина на корените, свежо и сухо тегло на първия лист и маса на 1000 зърна.



**Фигура 1.** Проекция на генотипове зимен многореден ечемик според стойностите им за PC1 и PC2  
**Figure 1.** Projection of genotypes of winter 6-rowed barley according to PC1 and PC2 values



**Фигура 2.** Проекция на генотипове зимен многореден ечемик според стойностите им за PC1 и PC3  
**Figure 2.** Projection of of genotypes of winter 6-rowed barley according to PC1 and PC3 values

Установена е статистически значима зависимост между кълняемостта и масата на 1000 зърна и между дължината и теглото (свежото и сухото) на първия лист и масата на 1000 зърна.

Идентифицирани са сортове и линии с добро съчетание между проучваните признаци, включването на които в селекционната работа може да доведе до създаване на линии с по-бърз темп на покълване и първоначален растеж.

## ЛИТЕРАТУРА

- Ahloowalia, B. S., Maluszynski, M., & Nichterlein, K.** (2004). Global impact of mutation-derived varieties. *Euphytica*, 135(2), 187-204.
- AOSA**, Association of Official Seed Analysts (1983). Seed vigor testing handbook: Contribution No. 32 to the Handbook on Seed Testing.
- Barbu, S. P., Șerban, G., Cornea, C. P., & Giura, A.** (2017). Variability of coleoptile length in mutant/recombinant wheat DH (doubled haploid) lines. *Scientific Bulletin. Series F, Biotechnologies*, 21, 91-95.
- Bodner, G., Ullmannová, K., & Streda, T.** (2013). Prospects of selection for barley seed vigour as a precondition for stand emergence under dry condition. *Kvasny Prumysl (Czech Republic)*.
- Bonchev, B., & Valcheva, D.** (2013). Effect of growing conditions on seed quality, traumatization of the seed and their growth activity in winter barley. *Scientific Works of Institute of Agriculture - Karnobat*, 2(1), 147-155 (Bg).
- Box, A. J., Jefferies, S. P., & Barr, A. R.** (1999). Emergence and establishment problems of hullless barley—a possible solution. In *Proceedings of 9th Australian barley technical symposium*. ABTS, Melbourne (vol. 2, pp. 1-2).
- Cornish, P. S., & Hindmarsh, S.** (1988). Seed size influences the coleoptile length of wheat. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 28(4), 521-523.
- Ellis, R. H. & Roberts, E. H.** (1980). Towards a rational basis for testing seed quality. In: *Seed Production* (ed. P. D. Hebblethwaite), pp. 605-635.
- Ellis, R. H.** (1992). Seed and seedling vigour in relation to crop growth and yield. *Plant Growth Regulation*, 11(3), 249-255.
- Farhad, M., Hakim, M. A., Alam, M. A., & Barma, N. C. D.** (2014). Screening wheat genotypes for coleoptile length: a trait for drought tolerance. *Am J Agric For*, 2(6), 237.
- Maleki Farahani, S., Mazaheri, D., Chaichi, M., Tavakol Afshari, R., & Savaghebi, G.** (2010). Effect of seed vigour on stress tolerance of barley (*Hordeum vulgare*) seed at germination stage. *Seed Science and Technology*, 38(2), 494-507.
- Massimi, M.** (2018). Impact of seed size on seeds viability, vigor and storability of *Hordeum vulgare* (L.). *Agricultural Science Digest*, 38(1), 62-64.
- Molina-Cano, J. L., de Togores, F. R., Royo, C., & Perez, A.** (1989). Fast-germinating low  $\beta$ -glucan mutants induced in barley with improved malting quality and yield. *Theoretical and Applied Genetics*, 78(5), 748-754.
- Paynter, B., Cartledge, S., & Clarke, G. P. Y.** (2007). Coleoptile length of barley cultivars. In *Proceedings of 13th Australian Barley Technical Symposium. Perth, Western Australia, Australia* (pp. 369-378).
- Pieta Filho, C., & Ellis, R. H.** (1991). The development of seed quality in spring barley in four environments. I. Germination and longevity. *Seed Science Research*, 1(3), 163-177.
- Prina, A. R., Martínez, A. E., Arias, M. C., Díaz, D. G., Manghers, L., & Pacheco, M. G.** (2006). Wheat and Barley Mutants Selected in Hydroponics by Root and/or Coleoptile Characteristics and their Relationship with Water Stress. In: *Mutational analysis of root characters in food plants*. IAEA-TECDOC-1493, 73-86.
- Rajala, A., Niskanen, M., Isolahti, M., & Peltonen-Sainio, P.** (2011). Seed quality effects on seedling emergence, plant stand establishment and grain yield in two-row barley. *Agriculture and Food Science*, 20, 228-234.
- Rebetzke, G. J., Bruce, S. E., & Kirkegaard, J. A.** (2005). Longer coleoptiles improve emergence through crop residues to increase seedling number and biomass in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant and Soil*, 272(1-2), 87-100.
- Rebetzke, G. J., Richards, R. A., Fettell, N. A., Long, M., Condon, A. G., Forrester, R. I., & Botwright, T. L.** (2007). Genotypic increases in coleoptile length improves stand establishment, vigour and grain yield of deep-sown wheat. *Field Crops Research*, 100(1), 10-23.
- Rebetzke, G. J., Richards, R. A., Sirault, X. R. R. & Morrison, A. D.** (2004). Genetic analysis of coleoptile length and diameter in wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*, 55(7), 733-743.
- Șerban, G.** (2012). Identification of longer coleoptile mutants in an rht-blb semidwarf wheat population. *Romanian Agricultural Research*, 29, 17-21.
- SPSS Inc.** (2007). SPSS for Windows. Release 16.0, SPSS Inc. Chicago, IL, USA.
- Tabatabaei, S. A.** (2015). The Changes of Germination Characteristics and Enzyme Activity of Barley Seeds under Accelerated Aging. *Cercetari Agronomice in Moldova*, 48(2), 61-67.
- Valcheva, I. & Valcheva, D.** (2013). Genotypic differences in growth activity of seed in hullless barley. *Scientific Works of Institute of Agriculture - Karnobat*, 2(1), 157-162 (Bg).
- Vulchev, D., Valcheva, D. & Stankov, S.** (2010). Influence of bruising on malting barley variety Obzor seeds on the growth activity. *Field Crops Studies*, 6(1), 59-66 (Bg).
- Watson, P. R., Derksen, D. A., Van Acker, R. C., Irvine, B., Therrien, M. C. & Entz, M. H.** (2002, November). The contribution of seed, seedling, and mature plant traits to barley cultivar competitiveness against weeds. In: *Proceedings of the 2002 National Meeting of Canadian Weed Science Society* (pp. 49-57).