

NEW CULTIVAR

Стопанска характеристика на сорт зимен двуреден ечемик ГТЕ Ахат

Галина Михова¹ • Валентин Байчев¹

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

Автор за кореспонденция: Галина Михова; E-mail: gm_mihova@abv.bg

Economic characterization of a two-rowed winter barley variety GTE Ahat

Galina Mihova¹ • Valentin Baychev¹

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

Corresponding Author: Galina Mihova; E-mail: gm_mihova@abv.bg

Received: February 2021 / Accepted: February 2021 /

Published: March 2021 © Author(s)

Abstract

Mihova, G. & Baychev, V. (2021). Economic characterization of a two-rowed winter barley variety GTE Ahat. Field Crops Studies, XIV(1), 23-34.

After a long interruption of the barley breeding program at Dobrudzha Agricultural Institute, a two-rowed winter barley variety GTE Ahat was released. The aim of the investigation was to analyze its biological and economic properties. Results are presented from the two-year testing at the national Executive Agency of Variety Testing, Field Inspection and Seed Control (EAVTFISC). The new cultivar exceeded by yield the mean standard at all testing locations in Bulgaria. Averaged for the period of investigation, the relative yield was with 8.7 % higher. The date to heading was with 1-2 days earlier than that of the standard. Under filed conditions, the variety demonstrated high resistance to powdery mildew and brown rust. The technological evaluation of the new variety showed higher 1000 kernel weight and high grain uniformity. By brewing properties, the variety equaled the mean

standard. The advantages of GTE Ahat are high resistance to lodging and to net blotch attack.

Key words: Winter two-rowed barley, GTE Ahat, Abiotic stress, Biotic stress, Productivity.

Въведение

Преди малко повече от десетилетие програмата по селекция на зимен ечемик на Добруджански земеделски институт, Генерал Тошево е възстановено след многогодишно прекъсване. Приоритет е подобряване на зимоустойчивостта на културата. Нейното ниво е лимитиращ фактор за производството в района. Под ръководството на проф. дсн Стоян Цветков са създадени и разработени всички селекционни звена. Той е основен автор на пивоварен ечемик Каскадър 3. Сортът е стандарт за качество при изпитване в системата на ИАСАС. Провеждането на голям брой полски опити и лабораторни изследвания дава възможност за обогатяване на селекционната програма и нейното разширяване. Създадени са голям брой перспективни линии. През 2012 година със заповед № РД 12-19 на министъра на земеделието е признат сорт зимен двуреден ечемик ГТЕ Ахат. Като такъв е защитен със сертификат № 11038 / 31.03.2014 на Патентно ведомство. Сортът е включен в пълна схема на начално семепроизводство и вече е внедрен в производството. През 2018 година е сключен договор за неговото изпитване в Република Турция. Резултатите показват, че сортът се отличава с висока продуктивност, както при неполивни, така и при поливни условия. Предстои тяхното разглеждане с цел вписването на ГТЕ Ахат в сортовата листа на страната.

Целта на изследването е да се направи стопанска характеристика на сорт зимен двуреден ечемик ГТЕ Ахат.

Материал и методи

Представени са данни от конкурсните сортови опити на Добруджански земеделски институт. Изпитването е на парцели с големина 10 m², в пет повторения. Посевната норма е 420 кълняеми семена на m². Предшественикът е грах за зърно. Нивото на минералния азот през есента е около 0.05 t.ha⁻¹. Пролетното подхранване се извършва в края на м. февруари с 0.04 t.ha⁻¹ активно вещество азот. Биологичните и стопански качества са оценени в системата на Изпълнителната агенция по сортоизпитване, апробация и семеконтрол през 2009-2010 и 2010-2011 години (EAVTFISC, 2012). Държавното сортово изпитване на ечемик се провежда в 6 пункта на страната: Селановци, Г. Тошево, Бургас, Пордим, Чепинци и Раднево. На 06.06.2011 на опитното поле в с. Чепинци е паднала градушка, придружена със силен вятър. Регистрираният



валеж в продължение на два часа е 100 l/m^2 . Опитите са унищожени напълно, поради което комисия на ИАСАС ги бракува. Извършена е сравнителна оценка на базата на националните стандарти, които в групата на зимния пивоварен ечемик са Емон, Каскадър 3 и Обзор. Морфологичната характеристика е в съответствие с техническия въпросник на СРОВ (2015), а фенологичното развитие е оценено по скалата на Zadoks et al. (1974). Дисперсионният анализ е проведен по Clewer & Scarisbrick (2001). Обработката на експерименталните данни е осъществена с помощта на STATISTICA, release 7.0 (StatSoft Inc., 2004).

Резултати и обсъждане

Зимен двуреден ечемик ГТЕ Ахат е създаден от колектив на Добруджански земеделски институт, град Генерал Тошево по пътя на комбинативната селекция чрез осъществяване на проста хибридна комбинация Kristal x Laura.

Таблица 1. Характеристика на растението.

Table 1. Plant characters.

Признаци Characters	Стадий Stage	Оценка/Assessment
		ГТЕ Ахат/GTE Ahat
Тип на растеж / Growth habit	25-29	 междинен / intermediate
Окосмяване в основата на растението / Hairiness of the basal part of the plant	25-29	наличие / present
Антоцианово оцветяване в основата на растението Anthocyanin coloration of the basal part of the plant	25-29	 липсва / absent
Височина (стъбло, клас), cm Plant height (stem, ear), cm	80-92	73-111
Брой възли над възела на братене / Number of exposed nodes	80-92	5

Кръстоската е направена през 1998 година от дсн Стоян Цветков. След многократен индивидуален отбор в хибридна популация през 2005 година е отбрана линия 418-361. Нейното изпитване продължава през 2005-2006 година в КИ и от 2006-2009 в КСО. Родителските форми са зимни, двуредни ечемци. Kristal е сръбски сорт с много добри пивоварни качества, а Laura е с румънски произход, характеризира се с добра студоустойчивост.

Морфологична характеристика (таблици 1, 2 и 3). Тестовите за Различимост, хомогенност и стабилност са преминали успешно и ГТЕ Ахат е признат без забележки. По систематична принадлежност се отнася към *Hordeum sativum* Jessen, ssp. *distichum* L. var. *nutans*. Стъблото е средно високо (73-111 cm), което е с 3-4 cm над стандарта Обзор. Растението пониква с бледо зелен колеоптил. Характеризира се с междинен тип на розетката във фаза братене. Листата са тревисто зелени с нормално развити езиче и ушички, светли на цвят. Класът е средно дълъг (6-7 cm), без восъчен налеп, полуизправен във фаза млечна зрелост (фигура 1). Осилите са средно дълги, леко назъбени, без антоцианово оцветяване. Зърното е с белезникав цвят на алейроновия слой, без окосмяване на коремната бразда.

Биологични качества. ГТЕ Ахат е с типичен зимен тип на развитие. Стъблото е здраво и еластично, което определя високата му устойчивост към полягане. Условия за по-добро диференциране по отношение на устойчивост към полягане има през реколтната 2009-2010 година.

Таблица 2. Характеристика на листа.

Table 2. Leaf characters.



Признаци Characters	Стадий Stage	Оценка/Assessment
		ГТЕ Ахат / GTE Ahat
Оцветяване на колеоптила Coloration of coleoptile	07-10	светло зелен / light green
Честота на растенията с извит флагов лист / Frequency of plants with recurved flag leaf	47-51	средна / medium
Флагов лист: антоцианово оцветяване на ушички и лигула Flag leaf: antocyanin coloration of auricles and ligule	45-49	 липсва / absent

Таблица 3. Характеристика на класа и зърното.

Table 3. Ear and seed characters.

Признаци Characters	Стадий Stage	Оценка/Assessment
		ГТЕ Ахат/GTE Ahat
Брой редове / Number of rows	80-92	двуреден / two
Восъчен налеп / Waxiness	65-70	липсва / absent
Положение / Attitude	70	полуизправен / semi-erect
Форма / Shape	80-92	 паралелен / parallel
Плътност / Density	80-92	средна / medium
Дължина (без осилите) Length (excluding awns)	80-92	средна / medium
Положение на стерилните класчета / Attitude of sterile spikelets	92	слабо разклоняващи / weakly divergents
Осили: антоцианово оцветяване на върха Awns: anthocyanin coloration of the tips	60-65	липсва / absent
Осили: дължина спрямо класа Awns: length compared to ear	80-92	средни / medium
Зърно: окосмяване на коремната бразда Grain: hairness of ventral furrow	92	липсва / absent
Оцветяване на алейроновия слой / Coloration of aleurone layer	85-87	белезникав / whitish



Фигура 1. Класове и зърно от двуреден ечемик ГТЕ Ахат.
Figure 1. Spikes and grains of two-rowed barley GTE Ahat.

Такова е отчетено в Селановци, Раднево и Г. Тошево. В първия пункт всички генотипове са полегнали и не са установени разлики. Във вторите два те са съществени. ГТЕ Ахат се отличава с по-високи балови оценки (таблица 4). Резултатите се потвърждават през следващата година на изпитване. Притежава висока устойчивост на оронване и пречупване на класовата шийка. При условията на Добруджа ГТЕ Ахат изкласява 2-5 дни преди Обзор и 1-2 дни след Емон. Според предоставените данни от ИАСАС, сортът навлиза във фаза изкласяване средно с 1-2 дни по-рано от стандартите, но по продължителност на вегетационния период се изравнява с тях.

Продуктивност. ГТЕ Ахат е изпитван през периода 2006-2009 година в рамките на Конкурсните сортови опити (КСО) на Добруджански земеделски институт. Полученият добив е $7.83 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, което е 7.1 % над средния стандарт (таблица 5). В метеорологично отношение стопанските години са много различни. С най-благоприятни условия е 2007-2008. Стопанската 2006-2007 е твърде нетипична за района. През зимните месеци, почти липсват температури под 0°C като са отчетени и високи абсолютни стойности. Ограниченото количество валежи допълнително усложнява картината. Наливането на зърното протича при сухо време с високи максимални температури. Засушаване се наблюдава и през стопанската 2008-2009 като най-значителен е ефектът през периодите на вретенене и изкласяване. Късните пролетни слани също повлияха негативно върху нормалното изкласяване и опрашване. Наблюдавани са различни типове повреди. При подобни стресови условия ГТЕ Ахат реализира по-висока продуктивност спрямо националните стандарти. В рамките на КСО, най-висок абсолютен добив от сорта е отчетен през стопанската 2015 година ($8.94 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Често полягането е лимитиращ фактор за производството на ечемик. При подобни условия (2012-2013г.) е

установен най-висок относителен добив спрямо стандартите (над 10.5 %) и част от райониранияте сортове двуреден ечемик.

Таблица 4. Биологични особености на ГТЕ Ахат и съответните национални стандарти.

Table 4. Biological characteristics of the GTE Ahat in comparison with national standards.

Сорт Varieties		Височина на р-то, cm Plant height, cm	Полягане, бал* Lodging, score*	Дни до изкласяване** Days to heading**	Дни до узряване** Days to full maturity**
Обзор Obzor	средна/mean	90	3	131	165
	вариране/variation	75-105	1-9	126-139	152-176
Емон Emon	средна/mean	92	5	127	162
	вариране/variation	79-110	3-9	126-137	151-175
Каскадър 3 Kaskadyor 3	средна/mean	90	3	131	165
	вариране/variation	75-105	1-9	127-139	153-174
ГТЕ Ахат GTE Ahat	средна/mean	100	8	128	163
	вариране/variation	73-111	7-9	125-138	154-178

* Бал: 1 - 100% полегнали растения; 9- стъблата са изправени; ** считано от 01.01. / Score: 1 – 100% lodging plants; 9 – upright plants; ** from 1st January.

Таблица 5. Среден добив ($t \cdot ha^{-1}$) на зимен двуреден ечемик ГТЕ Ахат от КСО на ДЗИ, 2006-2009 г.

Table 5. Average yield ($t \cdot ha^{-1}$) of winter two-rowed barley GTE Ahat of competitive trials in DAI, 2006-2009.

Сорт / Variety	2006/2007		2007/2008		2008/2009		Средно / Average	
	$t \cdot ha^{-1}$	%	$t \cdot ha^{-1}$	%	$t \cdot ha^{-1}$	%	$t \cdot ha^{-1}$	%
Обзор/Obzor	6.55	96.0	7.76	100.6	7.61	102.8	7.30	99.8
Емон / Emon	7.12	104.4	7.65	99.2	7.06	95.4	7.28	99.6
Каскадър 3 Kaskadyor 3	6.79	99.5	7.73	100.2	7.54	101.8	7.35	100.5
Ср. ст. Average ST	6.82	100.0	7.71	100.0	7.40	100.0	7.31	100.0
ГТЕ Ахат GTE Ahat	7.37	108.1	8.11	105.2	8.01	108.2	7.83	107.1

За периода на изпитване в системата на ИАСАС, ГТЕ Ахат достоверно превишава по продуктивност Обзор, Емон и Каскадър 3 (таблица 6). През стопанската 2010, отчетеният добив е $6.86 t \cdot ha^{-1}$, което е 108 % спрямо тях.

През 2011 разликата е по-голяма и достига $7.30 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, съответно 109.3%. Основна причина за това е по-високата устойчивост на сорта към мрежовидни листни петна и полягане, които са основни стресови фактори за годината.

Таблица 6. Резултати от изпитването на ГТЕ Ахат през стопанските 2010 и 2011 година в системата на ИАСАС.

Table 6. Results of GTE Ahat productivity in the Executive Agency of Varietal Testing, Field Inspection and Seed Control, during cropping seasons 2010 and 2011.

Пункт Location	Селановци Selanovtsi		Г. Тошево G. Toshevo		Бургас Burgas		Пордим Pordim		Чепинци Chepintsi		Раднево Radnevo		Средно Average	
	t _{ha} -	%	t _{ha} -	%	t _{ha} -	%	t _{ha} -	%	t _{ha} -	%	t _{ha} -	%	t _{ha} -	%
Ср. ST-I	6.5	100.0	6.2	100.0	6.9	100.0	5.1	100.0	6.8	100.0	6.6	100.0	6.4	100.0
Ср. ST-II	7.8	100.0	7.4	100.0	6.3	100.0	5.0	100.0			6.9	100.0	6.7	100.0
Ср. ST-M	7.1	100.0	6.8	100.0	6.6	100.0	5.1	100.0			6.7	100	6.5	100.0
Obzor-I	7.0	108.8	6.3	103.1	6.8	97.5	4.9	96.8	6.3	92.2	6.7	102.5	6.4	100.2
Obzor-II	7.8	100.4	7.3	97.8	6.2	97.6	4.8	99.2			7.0	101.9	6.7	99.5
Obzor-M	7.4	104.2	6.8	100.2	6.5	97.5	4.9	97.9			6.9	102.2	6.5	99.8
Emon-I	6.0	93.2	5.8	94.1	7.2	103.3	5.3	103.1	7.3	106.4	6.4	97.8	6.3	99.7
Emon-II	7.9	101.3	8.4	112.5	6.4	100.5	4.9	98.6			7.6	111.1	7.0	105.2
Emon-M	6.9	97.6	7.1	104.1	6.8	101.9	5.1	100.7			7.0	104.6	6.7	102.5
Kaskad-I	6.3	98.0	6.3	102.8	6.9	99.2	5.1	100.1	6.9	101.4	6.6	99.7	6.4	100.2
Kaskad-II	7.7	98.3	6.7	89.61	6.4	101.9	5.0	102.2			5.9	86.9	6.4	95.3
Kaskad-M	7.0	98.2	6.5	95.6	6.7	100.4	5.1	101.1			6.3	93.2	6.4	97.6
Ahat-I	7.1**	109.5	7.2***	116.4	7.2	103.2	5.6***	109.9	7.1***	104.2	7.0***	106.3	6.9***	108.0
Ahat-II	8.2*	104.6	8.4***	113.6	7.0***	110.92	4.7	93.4			8.3***	120.1	7.3**	109.3
Ahat-M	7.6*	106.7	7.8***	114.8	7.1**	106.8	5.2*	101.7			7.6***	113.4	7.1**	108.7

Относителният добив средно за периода е 108.7 %. Сравняването на резултатите по пунктове показва, че сортът е подходящ за райониране към различни почвено климатични условия. Разликите спрямо Обзор, Емон и Каскадър 3 са значителни. Най-нисък относителен добив на сорт ГТЕ Ахат е установен в Пордим. Въпреки това отчетената продуктивност е по-висока от средния стандарт. Структурата на добива е специфична и се определя най-вече от систематичните особености. По брой продуктивни брата не се наблюдават съществени разлики. Границите на вариране за ГТЕ Ахат са 555-1089 бр/м², а за средния стандарт 559-1075 бр/м². С най-ниска продуктивна братимост е сорт Емон (572-961 бр/м²). ГТЕ Ахат формира по-голям брой

зърна в клас (4.1-25.7) в сравнение със стандартите (20.5-23.6). Масата на 1000 зърна е също по-висока, съответно 43.2-46.6 g за ГТЕ Ахат и 40.86-42.04 g за стандартите. Анализът на данните по пунктове показва, че без значение на условията, сортът се характеризира с по-едро зърно и по-висок хектолитър.

Устойчивост на болести. На изкуствен инфекциозен фон, ГТЕ Ахат показва много висока степен на устойчивост към брашнеста мана, докато стандартите Емон и Обзор попадат в групата на силно чувствителните и чувствителни сортове. Не са отчетени разлики към кафява ръжда. Всички генотипове са с максимален бал на устойчивост 9. Към черна ръжда ГТЕ Ахат попада в групата на средно устойчивите, където е Каскадьор 3, а Обзор и Емон показват силна чувствителност. Отчетен е и индексът на нападение от *Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum* и *Fusarium oxysporum*. За контрола е използван стандартът с най-висок индекс на нападение. За *Fusarium graminearum* и *Fusarium oxysporum* това е Обзор. Новият сорт показва висока степен на устойчивост. По отношение на *Fusarium culmorum*, разликите варират в много тесни граници, а чувствителният стандарт е Емон. ГТЕ Ахат се изравнява с него. През последните години мрежовидните листни петна се превръщат в икономически важна болест при ечемика. Причинителят (*Drechlera teres* Ito.) е агресивен и при подходящи условия бързото му разпространение води до обезлистване на растенията в най-критичните моменти от формиране на добива. При полски условия, в рамките на КСО се установи, че ГТЕ Ахат се напада в по-ниска степен и запазва здрава фотосинтетичната си активна повърхност, което е от изключителна важност за нормалното наливане на зърното (фигура 2).



А) ГТЕ Ахат / GTE Ahat

В) Каскадьор 3 / Kaskadyor 3

Фигура 2. Нападение от мрежовидни листни петна (*Drechlera teres* Ito), 2013-2014.

Figure 2. Net blotch infection (*Drechlera teres* Ito), 2013-2014.

Устойчивост на абиотичен стрес. През първата реколтна година в повечето пунктове на ИАСАС презимувалят брой растения достига 98-100%. Най-нисък е той в Бургас. ГТЕ Ахат е презимувал най-добре, но разликата е незначителна. Лабораторното изпитване на студоустойчивостта е проведено при три температури: -10°C , -12°C и -14°C . Процентът на оцелелите растения на новия сорт, при -10°C е с около 10 % повече спрямо средния стандарт. При -12°C разликата е 3 %. При най-силен стрес, ГТЕ Ахат показва по-ниска студоустойчивост. В групата, с най-голям процент оцелели растения е Каскадър 3, който при полски условия обаче е показал най-нисък процент на презимуване. През 2010-2011, в пунктове Генерал Тошево и Раднево презимуването е на 100%. В Селановци и Пордим новият сорт има по-висок или равен процент презимували растения в сравнение със стандартите. По-нисък процент на презимуване е отчетен в Бургас. Въпреки това, в този пункт продуктивната братимост на ГТЕ Ахат е по-висока, макар и незначително, относителният добив е съответно 110.9 % спрямо средния стандарт като разликата е доказана на високо статистическо ниво. Подобно разминаване на резултатите показва, че ГТЕ Ахат успешно преодолява неблагоприятните зимни условия, компенсира негативния ефект и реализира висок добив.

Благодарение на някои фенологични и биологични особености при засушаване, ечемикът има възможност да реализира по-висока продуктивност в сравнение с други зимни зърнено-житни култури. Наблюденията показват, че ГТЕ Ахат се характеризира с много добра толерантност към този тип стрес. Характерна особеност на сорта е бързия темп на възстановяване на вегетацията при удължаване на деня. Това му дава възможност да натрупа достатъчно биомаса и заложи нормално репродуктивните органи, възползвайки се от есенно-зимния воден запас. Стопанските 2007 и 2009 години се отличават със засушаване през различни етапи от вегетацията, отчетени са и високи максимални температури. ГТЕ Ахат формира добре озърнени класове, а масата на 1000 зърна запазва високи стойности. Полските наблюдения са потвърдени чрез прилагане на лабораторни техники, когато новият сорт е изпитван като селекционна линия (Vulchev et al., 2005).

Технологична оценка. Качеството на пивоварния ечемик се формира от широк комплекс показатели, които са взаимосвързани (Weise et al., 2009; Neuberger et al., 2014). От установените около 154 локуса определящи експресията на 18 признака, само малка част от тях са характеризирани (Szűcs et al., 2009). Прилаганата технология на производство също е от значение и е наложително да бъде съобразена с особеностите на генотипа (Mohammadi et al., 2015). Технологичната оценка на сорт ГТЕ Ахат показва по-висока

маса на 1000 зърна, много добра изравненост на зърното и хектолитър. По пивоварни качества се изравнява със стандартите (таблица 7). При определяне на торовите норми и срокове на тяхното приложение е необходимо да се има предвид по бързия темп на развитие на сорт ГТЕ Ахат в сравнение с Емон и особено Обзор и Каскадър 3. При по-късно пролетно подхранване, азотът като важен макроелемент няма ефективно да бъде използван за формиране на общата биомаса и репродуктивни органи, а ще повлияе негативно върху качеството. Информацията е натрупана при предварителни изследвания на колектива (Mihalkova et al., 2008). Средно за периода новият сорт изпитван като селекционна линия 418-361 е със съдържание на протеин 8.93 % с.в. и бета-глюкани 4.93 % с.в.

Таблица 7. Малцови качества на сорт ГТЕ Ахат, резултати от опити в системата на ИАСАС, средно 2009-2011.

Table 7. Malt qualities of varieties GTE Ahat in EAVTFISC, average 2009-2011.

Сорт Variety	Екстрактно съдържание Volume of extract	Екстрактна разлика Difference in extract	Време на озахаряване Saccharification	Вискозитет Viscosity	Цвят Colour	Разтворим азот Soluble nitrogen	Съд. на протеин Protein content
	%	%	min	mPa,s	score	mg/100 g	%
Обзор Obzor	79.3	1.9	15	1.52	2.5	668	10.7
Емон Emon	78.9	1.6	10-15	1.53	2.5	705	11.1
Каскад. Kaskad.	78.8	1.7	10-15	1.52	2.5	657	10.7
Ахат Ahat	79.1	2.0	10	1.55	2.5	684	11.5

Заклучение

С решение на Експертната комисия по зърнено-житни култури към ИАСАС и заповед на зам. министъра на земеделието и храните по чл. 16 ал. 2 от Закона за посевния и посадъчния материал е утвърдено признаването и вписването в официалната листа на Р. България на сорт зимен двуреден ечемик ГТЕ Ахат. За периода на изпитване е установено достоверно превишение по продуктивност спрямо националните стандарти във всички пунктове на страната. Относителният добив съпоставен с този на средния стандарт (Обзор, Емон и Каскадър 3) е 108.7 %. По пивоварни качества се изравнява със стандартите. Отличават се с бърз темп на възстановяване на вегетацията през пролетните месеци, което налага по-ранно подхранване, осигуряващо нормално натрупване на биомаса и залагане на репродуктивните органи. Това игнорира евентуален негативен ефект върху реализиране на качествените

показатели. Предимства на ГТЕ Ахат са високата устойчивост към полягане и нападение от мрежовидни листни петна.

Литература References

- Clewer, A. & Scarisbrick, D. (2001). *Practical statistics and experimental design for plant and crop science*. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, 332.
- Executive Agency of Variety Testing, Field Inspection and Seed Control (2012). Bulletin. Results of the variety testing of field and vegetable varieties released for entry in the Official Variety List “A”, 40 (Bg).
- Heuberger, A., Broeckling, C., Kirkpatrick, K. & Prenni, J. (2014). Application of nontargeted metabolite profiling to discover novel markers of quality traits in an advanced population of malting barley. *Plant Biotechnology Journal*, 12, 147-160.
- Mihalkova, N., Petrova, I., Tsvetkov, Ts. & Mihova, G. (2008). Contents of beta-glucans in Bulgarian barley varieties. *Food Processing Industry*, 12, 49-51 (Bg).
- Mohammadi, M., Blake, Th., Budde, A., Chao, S., Hayes, P., Horsley, R., Obert, D., Ullrich, S. & Smith, K. (2015). A genome-wide association study of malting quality across eight U.S. barley breeding programs. *Theor Appl Genet.*, 128 (4), 705-721.
- StatSoft, Inc. (2004). STATISTICA (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com.
- Szűcs, P., Blake, V., Bhat, P., Chao, S., Close, T., Cuesta-Marcos, A., Muehlbauer, G., Ramsay, L., Waugh, R. & Hayes, P. (2009). An integrated resource for barley linkage map and malting quality QTL alignment. *Plant Genome*, 2, 1-7.
- CPOV (2015). Protocol for distinctness, uniformity and stability tests. *Hordeum vulgare* L. *sensu lato*. European Union, Community Plant Variety Office, 36pp.
- Vulchev, D., Valcheva, D., Dimova, D., & Mihova, G. (2005). Physiological valuation of drought resistance of some perspective lines winter barley. *Proceedings of a Balkan scientific conference “Breeding and Cultural Practices of the Crops*, 2 June 2005 – Karnobat, Bulgaria, part I, 178-181 (Bg).
- Weise, S., Scholz, U., Röder, M. & Matthies, I. (2009). A comprehensive database of malting quality traits in brewing barley. *Barley Genetics Newsletter*, 39, 1–4.
- Zadoks, J., Chang, T. & Konzak, B. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14, 415-421.