

УДК 633.16:581.16

## ОЦЕНКА СТЕКЛОВИДНОСТИ ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ ЯРОВОГО КРУПЯНОГО НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

И. А. ПЕТУХОВА, В. К. РЯБЧУН, В. А. МУЗАФАРОВА, Е. И. ПАДАЛКА

Институт растениеводства им. В. Я. Юрьева НААН,  
г. Харьков, Украина, 61060, e-mail: [ncpgru@gmail.com](mailto:ncpgru@gmail.com), [petykhovainna@mail.ru](mailto:petykhovainna@mail.ru)

(Поступила в редакцию 15.02.2018)

В условиях восточной части Левобережной лесостепи Украины оценена стекловидность зерна 189 образцов ячменя ярового и факторы, влияющие на ее формирование. Установлено, что стекловидность зерна ячменя зависит от длительности вегетационного периода и температур во время формирования и налива зерна, пленчатости сорта. Голозерные образцы имели высокую стекловидность (>70 %), превышающую пленчатые сорта; высокие температуры воздуха и, как следствие, короткий вегетационный период ячменя, что способствовало увеличению стекловидности зерна. Как правило, чем выше содержание белка в зерне, тем выше стекловидность. Анализ зерна позволяет распределить исходные сорта на три группы: высокостекловидные – больше 60 %, среднестекловидные – 40–60 % и низкостекловидные – меньше 40 %. Сорта Совіра, Прерія (UKR); Анна, Омский 90, Золотник (RUS), все голозерные образцы: Ахіллес, Гатунок (UKR); Оскар, Голозерный 1 (RUS) характеризуются высокой стекловидностью (больше 60 %). Таким образом, эти сорта можно рекомендовать в качестве родительских форм в селекционных программах для создания сортов ячменя крупяного направления.

**Ключевые слова:** ячмень яровой, сорта, стекловидность зерна, пленчатый, голозерный.

*In the conditions of the eastern part of Left-bank Forest-Steppe of Ukraine, the glassiness of 189 spring barley samples and the factors influencing its formation were evaluated. It has been established that the glassiness of barley grain depends on the duration of growing season and temperatures during the formation and filling of the grain, and the hoodness of the variety. Naked samples had a high glassiness (> 70 %) exceeding the filmy varieties; high air temperatures and, as a result, the short growing season of barley, contributed to an increase in the glassiness of grain. As a rule, the higher the protein content in the grain, the higher the glassiness. Analysis of the grain allows you to distribute the original varieties into three groups: high glassiness – more than 60 %, medium glassiness – 40-60 % and low glassiness – less than 40 %. Varieties Sovira, Preriia (UKR); Anna, Omsk 90, Zolotnik (RUS), all bare samples: Ahilles, Gatunok (UKR); Oscar, Holozerny 1 (RUS) are characterized by high glassiness (more than 60%). Thus, these varieties can be recommended as parental forms in breeding programs for creating barley varieties of cereal direction.*

**Key words:** spring barley, varieties, grain vitreousness, membranous, bare.

### Введение

Зерно ячменя ярового широко используют в сельском хозяйстве в качестве корма для животных, в пивоваренной, а также в пищевой промышленности для изготовления крупы и муки [1, 2]. По консистенции эндосперма оно значительно различается. Эти различия хорошо видны на поперечном срезе зерна по стекловидности. Для получения качественной крупы большое значение имеет стекловидность зерна, так как наибольший выход крупы получают при переработке стекловидного зерна ячменя. Стекловидность зерна имеет важное значение и для получения муки [3]. В промышленности ячменную муку используют для обогащения хлебобулочных и кондитерских изделий. Обогащение пшеничной муки первого сорта добавлением ячменной муки увеличивает содержание витаминов группы В в хлебе на 7–10 % и удовлетворяет суточную потребность человека в витаминах на день с минимальной энергетической ценностью 198 ккал на 100 г [4]. Поэтому в последние годы селекцию ячменя все больше направляют на повышение качества зерна, в том числе по показателю стекловидности.

Стекловидный эндосперм обладает большей механической прочностью, чем мучнистый. В процессе размола стекловидный эндосперм образует большое количество крупок, что очень важно для получения муки высокого качества. Такая мука выше ценится как добавка при выпечке хлеба. Мучнистый эндосперм измельчается в порошок. Поэтому стекловидное зерно обладает более высокими мукомольными качествами [5, 6].

За последние годы в коллекцию включены образцы различного происхождения, уровень стекловидности которых требует изучения.

Цель исследования – оценить исходный материал ячменя ярового и выделить сорта с высоким уровнем стекловидности.

#### **Основная часть**

Изучали 189 образцов ячменя ярового (*Hordeum vulgare* L.) отечественной и зарубежной селекции двух подвидов (*distihon* – двурядные, *vulgare* – шестирядные) 11 разновидностей: двурядные плёнчатые – *nutans*, *medicum*, *inerme*, *deficiens*, *submedicum*, *subinerme*, *erectum*; двурядные голозерные – *glabrinudum*, *nudum*; шестирядные пленчатые – *pallidum*, *rikotense*. Большинство из них из Украины 38 % и России 32 %, а также Канады 6 %, Германии 6 %, Беларуси 5 %, Франции 4 %, Казахстана 3 %, Чехии 2 %, Великобритании, Дании, Эстонии, Норвегии, Сербии, Сирии по 1 %.

Исследование осуществляли в лаборатории генетических ресурсов зерновых культур Национального центра генетических ресурсов растений Украины (НЦГРРУ) Института растениеводства имени В. Я. Юрьева НААН. Опыты проведены в соответствии с требованиями селекционных полевых экспериментов. Коллекционные образцы высевали в ранние сроки селекционной сеялкой ССФК-7 по предшественнику горох с нормой посева 500 всхожих зерен на 1 м<sup>2</sup> с глубиной заделки семян 4–6 см. Учетная площадь делянки 2 м<sup>2</sup>. Ширина междурядий 15 см. Национальный стандарт – Взірець (UKR) высевали через 20 коллекционных образцов.

Погодные условия 2014–2016 гг. в период вегетации ячменя ярового были благоприятными для роста и развития растений как по температурному режиму, так и по уровню влагообеспеченности, что способствовало формированию высокого урожая ячменя. В период посев–всходы 2014–2016 гг. среднесуточная температура составляла почти 10 °С. Сумма осадков была в 2014 г. – 47 мм, в 2015 г. – 71,4 мм, в 2016 г. – 64,7 мм. В фазы кущения и трубкования отмечалось превышение температуры от средней многолетней на 0,9–3,5 °С с достаточным количеством осадков, большей от средней многолетней нормы на 26,6 мм в 2014 г. и на 48,0 мм в 2016 г. Это дало возможность растениям нормально раскуститься, выйти в трубку и сформировать хороший колос. Количество осадков в 2015 г. в эти фазы было на уровне среднего многолетнего значения. В период формирования–созревание зерна средняя температура в 2014–2016 гг. была на уровне многолетней 22,5–23,3 °С, а количество осадков в этот период в 2014–2015 гг. было меньше нормы на 22,8–29,1 мм. В 2016 г. количество осадков превышало среднюю многолетнюю норму на 34,7 мм.

Стекловидность ячменя определяли по ГОСТу 10987-76 (Зерно. Методы определения стекловидности) [7] на диафаноскопе ДСЗ-2 путем просвечивания зерна. Из очищенного зерна выделяли без выбора 100 целых зерен. Заполняли ячейки кассеты зерном и помещали в прибор. При включенной лампе просматривали зерна каждого ряда в проходящем свете [8, 9]. В зависимости от консистенции зерно распределяли на стекловидное – зерно полностью просвечивалось, полустекловидное – зерно просвечивалось частично и мучнистое – зерно не просвечивалось совсем [10].

Стекловидность ячменя ярового характеризовали показателем, выраженным в процентах по отношению к 100 зернам. Как свидетельствуют полученные результаты, стекловидность зерна варьировала от 18 % до 94 %. На основе наших исследований разработана шкала распределения стекловидности зерна: высокостекловидные – больше 60 %, среднестекловидные – 40–60 % и низкостекловидные – меньше 40 %.

Группу высокостекловидных (больше 60 %) составляют 26,3 % изученных сортов, среди них пленчатые Совіра, Ілот, Варіант (UKR); Омский 90, Золотник, Бахус, Натали (RUS), а также голозерные образцы Ахіллес, Гатунок (UKR); Оскар, Голозерный 1 (RUS). К среднестекловидным (40–60 %) относятся 61,1 % сортов, среди них Святомихайлівський, Імідж, Сонцедар (UKR); Приазовский 9, Поволжский 65, Нутанс 533, Эколог (RUS); Бурштын, Зубр, Магутны, Бровар (BLR) и др. Группу низкостекловидных (менее 40 %) составляли 12,6 % сортов, среди них Гермес, Хорс, Взірець (UKR); Азов, (RUS); Poet (DNK).

Высокие температуры воздуха и, как следствие, сокращение вегетационного периода ячменя в наших исследованиях способствовало к увеличению стекловидности зерна. Вегетационный период ячменя в 2015 и 2016 гг. был короче, чем в 2014 г. на 5–21 день, что привело к повышению уровня стекловидности зерна ячменя на 2–29 % (табл. 1). При этом температура воздуха в июне 2015–2016 гг. была выше на 11,9–12,8 °С, чем в 2014 г. На такую связь стекловидности с температурным режимом также указывает Козьмина Н. П. [11].

Для установления уровня зависимости стекловидности зерна и среднесуточной температуры воздуха в период вегетации ячменя ярого определения коэффициент корреляции. Сорты ячменя ярого показали высокую, среднюю и несущественно позитивную зависимость. Выделены образцы, у которых формирование стекловидности тесно зависит от среднесуточной температуры воздуха. Это сорта: Гатунок, Совіра, Донецкий 12, Сока, Водограй (UKR); Голозерный 1, Оскар, Анна, Омский 90 Таловский 9 (RUS); Каройский, Карагандинский 5 (KAZ); Якуб, Бровар (BLR) ( $r = 0,67-1,00$ ). Эти образцы формировали в 2015–2016 гг. высокий уровень стекловидности (61–94 %).

Таблица 1. Показатель стекловидности зерна в разное по продолжительности вегетационного периода годы, 2014–2016 гг.

Образец	Разновидность	Страна происхождения	Вегетационный период, дней				Стекловидность, %			
			2014 г.	2015 г.	2016 г.	средний	2014 г.	2015 г.	2016 г.	средняя
Пленчатые двурядные										
Совіра	var. nutans	UKR	89	67	80	78	68,1	71,0	72,5	70,5
Алегро	var. nutans	UKR	89	68	75	77	49,0	53,0	59,0	53,7
Аспект	var. nutans	UKR	88	69	81	79	43,0	44,0	46,0	44,3
Баскак	var. nutans	UKR	89	69	78	79	48,0	61,5	54,0	54,5
Прерія	var. medicum	UKR	88	68	80	79	53,0	59,5	68,0	60,1
Сварожич	var. nutans	UKR	89	70	80	80	45,0	53,5	60,0	52,3
Східний	var. nutans	UKR	87	69	80	79	49,0	50,5	51,0	50,1
Задонский 8	var. medicum	RUS	88	69	80	79	48,0	52,5	62,0	50,3
Омский 90	var. medicum	RUS	87	69	82	79	51,0	68,0	70,0	63,0
Биом	var. nutans	RUS	87	69	80	79	55,0	56,5	67,0	59,5
Гастинец	var. nutans	BLR	89	71	81	80	56,0	50,0	65,0	57,0
Якуб	var. deficiens	BLR	89	72	81	81	48,0	65,0	61,0	58,0
Бурштын	var. erectum	BLR	89	68	81	79	58,0	55,0	68,0	60,0
В среднем по сортам			88	69	80	79	51,6	56,9	61,8	56,4
Голозерные двурядные										
Гатунок	var. nudum	UKR	89	68	81	79	72,0	77,5	87,0	78,8
Ахіллес	var. glabrinudum	UKR	88	72	81	80	77,0	89,0	90,0	85,0
Майский	var. nudum	RUS	87	69	80	79	64,0	74,0	93,0	77,0
Голозерный 1	var. nudum	RUS	92	70	72	78	66,0	79,0	87,0	80,8
Оскар	var. nudum	RUS	81	74	72	76	64,0	77,0	89,0	77,0
В среднем по сортам			87	71	77	78	68,6	79,3	89,2	79,7
<i>HCP</i> <sub>0,05</sub>			0,59	0,44	0,82	0,27	2,77	3,37	4,00	3,42

Высокую стекловидность зерна в среднем за 2014–2016 гг. формировали сорта Совіра (70,5 %), Прерія (60,1 %) (UKR); Омский 90 (63,0 %), Биом (59,5 %) (RUS). Все голозерные образцы: Ахіллес (85,0 %), Гатунок (78,8 %) (UKR); Оскар (77,0 %), Майский (77,0 %), Голозерный 1 (80,8 %) (RUS) имели самый высокий уровень стекловидности. Стекловидность голозерных сортов на 24 % выше по сравнению с пленчатыми двурядными.

Параметры адаптивности определяли по методикам В. В. Хангильдина, М. А. Литвиненко [12], а также А. В. Кильчевского, Л. В. Хотылевой [13]. Для оценки генотипов было проведено определение параметров адаптивности у выделенных образцов по уровню стекловидности и длительности вегетационного периода. По результатам определения коэффициента вариации длительности вегетационного периода выделен сорт голозерного ячменя Оскар с высоким уровнем стабильности  $V = 6,2\%$  (табл. 2).

Таблица 2. Параметры адаптивности по длительности вегетационного периода и стекловидности зерна, 2014–2016 гг.

Образец	Страна происхождения	Параметры адаптивности по длительности вегетационного периода						Параметры адаптивности стекловидности зерна					
		max, дн.	min, дн.	V, %	nom	$s_c$	as, %	max, %	min, %	V, %	nom	$s_c$	as, %
Пленчатые двурядные													
Совіра	UKR	89,0	67,0	14,2	5,50	68,4	85,8	72,5	68,1	3,2	22,2	68,6	96,8
Алегро	UKR	89,0	68,0	13,9	5,54	66,6	86,1	59,0	49,0	9,4	5,7	48,9	90,6
Аспект	UKR	88,0	69,0	12,2	6,49	70,9	87,8	46,0	43,0	3,4	12,8	42,7	96,6
Баскак	UKR	89,0	69,0	12,7	6,23	70,1	87,3	61,5	48,0	12,4	4,4	48,3	87,6
Прерія	UKR	88,0	68,0	12,7	6,20	70,9	87,3	68,0	53,0	12,5	4,8	53,1	87,5
Сварожич	UKR	89,0	70,0	11,9	6,73	71,9	88,1	60,0	45,0	14,4	3,6	45,6	85,6
Східний	UKR	87,0	69,0	11,5	6,88	71,7	88,5	51,0	49,0	2,1	24,1	49,2	97,9
Задонский 8	RUS	88,0	69,0	12,1	6,54	70,9	87,9	62,0	48,0	14,2	3,5	40,8	85,8

Омский 90	RUS	87,0	69,0	11,8	6,72	71,7	88,2	70,0	51,0	16,6	3,8	56,7	83,4
Биом	RUS	87,0	69,0	11,5	6,88	71,7	88,5	67,0	55,0	11,0	5,4	52,8	89,0
Гастинец	BLR	89,0	81,0	11,3	7,10	71,9	88,7	65,0	50,0	13,3	4,3	50,0	86,8
Якуб	BLR	89,0	81,0	10,5	7,71	73,7	89,5	65,0	48,0	15,3	3,8	51,8	84,7
Бурштын	BLR	89,0	81,0	13,4	5,89	70,1	86,6	68,0	55,0	11,3	5,3	52,9	88,7
Голозерные двурядные													
Гатунок	UKR	89,0	68,0	13,4	5,89	70,1	86,6	87,0	72,0	9,6	8,2	71,4	90,4
Ахіллес	UKR	88,0	72,0	10,0	7,98	72,7	90,0	90,0	77,0	8,5	10,0	80,3	91,5
Майский	RUS	87,0	69,0	11,5	6,88	71,7	88,5	93,0	64,0	19,1	4,0	63,8	80,9
Голозерный 1	RUS	92,0	70,0	15,6	5,00	66,1	84,4	87,0	66,0	13,1	6,2	75,0	86,9
Оскар	RUS	81,0	72,0	6,2	12,22	71,3	93,8	89,0	64,0	16,2	4,7	66,6	83,8

Разница в длительности вегетационного периода этого сорта по годам является минимальной по сравнению с другими сортами из этой выборки. Для характеристики, а также отбора стабильных генотипов был определен показатель гомеостатичности (Ном) как параметр, характеризующий стабильность сорта в разные по условиям годы, а также селекционную ценность ( $S_c$ ) и агрономическую стабильность ( $A_s$ , %). Наиболее ценные генотипы – это сорта с максимальными значениями по данным параметрам. Высокую гомеостатичность по длительности вегетационного периода имеет голозерный сорт Оскар (12,22) (RUS). Высокой селекционной ценностью в пределах 71,3–73,7 характеризуются пленчатые образцы Сварожич, Східний (UKR); Биом, Омский 90 (RUS); Якуб (BLR) голозерные образцы Ахіллес (UKR); Майский, Оскар (RUS). При этом голозерные сорта Оскар (93,8 %) и Ахіллес (90,0 %) выделены по агрономической стабильности с максимальным значением, превышающим 70 %.

С низким коэффициентом вариации по стекловидности (2,1–9,6 %) выделены пленчатые сорта Східний, Совіра, Аспект, Алегро (UKR), голозерные Ахіллес, Гатунок (UKR). Наивысшей гомеостатичностью (10,0–24,1) и агрономической стабильностью (91,5–97,9 %) характеризуются пленчатые сорта Східний, Совіра, Аспект (UKR) и голозерный сорт Ахіллес (UKR). А по всем параметрам адаптивности по стекловидности следует отметить образцы Совіра и Ахіллес, имеющие значительную селекционную ценность для создания сортов, характеризующиеся стабильным формированием высокой стекловидности. Сорт Ахіллес имеет высокую стекловидность с низким колебанием периода вегетации по годам изучения. Стекловидность связана также с накоплением белка в зерне ячменя. Результаты исследований подтвердили, что стекловидный эндосперм ячменя содержит больше белка по сравнению с мучнистым (табл. 3).

Таблица 3. Стекловидность зерна и содержание белка в зерне %, 2014–2015 гг.

Образец	Разновидность	Страна происхождения	Содержание белка, %			Стекловидность, %		
			2014 г.	2015 г.	среднее	2014 г.	2015 г.	средняя
Пленчатые								
Інклюзив	var. nutans	UKR	13,80	12,84	13,32	64,0	54,5	59,3
Косар	var. inerme	UKR	14,66	11,77	13,21	57,0	52,5	54,8
Імідж	var. nutans	UKR	14,76	13,25	14,00	58,0	48,5	53,3
Азов	var. nutans	RUS	18,40	11,49	14,94	54,0	35,5	44,8
Анна	var. nutans	RUS	13,51	10,63	12,07	71,0	67,0	69,0
Золотник	var. medicum	RUS	15,10	10,96	13,03	68,0	64,0	66,0
Гастинец	var. nutans	BLR	18,20	11,90	15,05	56,0	50,0	57,0
Якуб	var. deficiens	BLR	16,90	13,65	15,28	48,0	65,0	58,0
Бурштын	var. erectum	BLR	15,90	12,10	14,00	58,0	55,0	60,0
Голозерные								
Гатунок	var. nudum	UKR	17,66	11,90	14,78	72,0	77,5	60,8
Ахіллес	var. glabrinudum	UKR	17,10	13,98	15,54	77,0	89,0	72,0
Майский	var. nudum	RUS	17,31	13,39	15,35	64,0	74,0	69,0

В 2014 г. сорта Інклюзив, Імідж, Гатунок, Ахіллес (UKR); Майский (RUS) имели высокое содержание белка в зерне (больше 13 %) и высокую стекловидность (больше 60 %). Однако у некоторых образцов высокая стекловидность зерна может сочетаться со средним содержанием белка – сорт Анна (RUS).

Стекловидность зерна связана с его пленчатостью. Результаты показали, что голозерные двурядные образцы были высокостекловидными (> 60 %) – Ахіллес, Гатунок (UKR); Оскар,

Голозерный 1, Майский (RUS). Среди пленчатых были представлены двурядные и многорядные сорта. Все многорядные образцы имели среднюю стекловидность (44,0–57,0 %) – Тулеевский, Казьминский (RUS); Береке (KAZ); AC Maple, AC Alma (CAN), а стекловидность зерна пленчатых двурядных сортов варьировала от низкой (27,0 %) – Поет (DNK) до высокой (79,0 %) – Оленек (RUS).

Согласно «Положению о регистрации коллекций образцов генофонда растений в Национальном центре генетических ресурсов растений Украины» зарегистрированы четыре сорта ячменя ярового с комплексом ценных хозяйственных признаков и крупяных свойств – Совіра, Дорідний, Сока, Водограй (белок больше 14 %, масса 1000 зерен больше 44 г, выравненность зерна больше 85 % и стекловидность зерна больше 50 %) (Свидетельства №1544, 1545, 1546, 1547 от 15.11.2016 г.).

### **Заключение**

Таким образом, в результате исследований выделены сорта с высоким стабильным показателем стекловидности (больше 60 %) – Совіра, Прерія (UKR); Анна, Омский 90, Золотник (RUS) и все голозерные образцы: Ахіллес, Гатунок (UKR); Оскар, Голозерный 1 (RUS). Эти сорта можно рекомендовать в качестве родительских форм в селекционных программах для создания сортов ячменя крупяного направления.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Беляков, И. И. Технология выращивания ячменя / И. И. Беляков. – М.: Агропромиздат, 1985. – С. 119.
2. Коданев, И. М. Ячмень / И. М. Коданев. – М.: Колос. – 1964. – С. 239.
3. Борисоник, З. Б. Ячмень яровой / З. Б. Борисоник. – М.: Колос, 1974. – С. 255.
4. Экструдаты зерна в производстве хлебобулочных изделий / В. И. Демченко [и др.] // Хлебопечение России. – 2003. – № 5. – С. 16–17.
5. Рыбалка, А. И. Оценка показателей пищевой ценности зерна ячменя (*Hordeum vulgare* L.) / А. И. Рыбалка, С. С. Полищук, З. В. Щербина // Сборник научных трудов СГИ – НЦНС. – 2016. Вып. 28 (68). – С. 56–67.
6. Зооинженерный факультет МСХА Тема: **зерноведение, зерно и зерновые культуры**. – Режим доступа: <http://www.activestudy.info/steklovidnost-zerna/>. – Дата доступа: 10.02.2018.
7. Методы определения стекловидности зерна. ГОСТу 10987-76. - Изд-во Гос. стандарт «Зерно и продукты его переработки». – М., 1995.
8. Андросова, О. Г. Практикум по хранению и технологии сельскохозяйственных продуктов. / О. Г. Андросова. – Харьков, 1979. – С. 1–89.
9. Кравцов, А. И. Товароведная оценка качества продукции растениеводства: лабораторный практикум / А. И. Кравцов, Л. Н. Кравцова, Н. А. Козлов. – Горки: БГСХА, 2012. – С. 155.
10. Рыбалка А. И. Современные направления улучшения качества зерна ячменя / А. И. Рыбалка, М. М. Копусь, Д. П. Донцов // Аграр. вестн. Юго-Востока. – 2009. – № 3. – С. 24–27.
11. Козьмина, Н. П. Биохимия зерна и продуктов его переработки Н. Г. Козьмина. – М.: Колос, 1976. – 376 с.
12. Хангильдин, В. В. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы / В. В. Хангильдин, Н. А. Литвиненко // Науч.-тен. Бл. ВСГИ. – 1981. – Вып. 1 (39). – С. 8–14.
13. Кильчевский, А. В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов, дифференцирующей способности среды. Сообщение I. Обоснование метода / А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева // Генетика. – 1985. – Т. XXI. – № 9. – С. 481–489.