

grain suitable for groats production for the varieties Orion and Sibirskiy golozerniy grown in different agro-climatic zones was determined. The data of grain groat quality evaluation of the collection of chaffy varieties sown in two zones: southern forest-steppe (Omsk) and northern forest-steppe (Tara) are discussed. It has been found that groat grain production is economically feasible when based on the varieties Orion and Pamyaty Bogachkova. At least equal yield of groats and protein per hectare after a cereal forecrop may be obtained by sowing the varieties Argument and Orfey. The sub-taiga zone is more preferable for groat grain production. At three-year average, the obtained grain exceeded the grain obtained in the southern forest-steppe zone in the following indices: thousand-kernel weight – by 3,6 g, grain-unit – by 32 g L, and groats yield – by 2,1%; though with lower protein content – by 1,15%. The hullless oat varieties were less yielding, but in terms of protein and groats yield per hectare they were at the same level with the chaffy varieties or had a slight advantage. The value of the hullless varieties consists in the lower energy consumption of the processing the grain into groats.

Keywords: oats, variety, hullless oats, chaffy oats, groat properties, grain-unit, protein content, chaff content, groats yield, agro-climatic zone.

DOI: 10.24411/2309-348X-2018-11056

УДК 633.16:631.527

СТЕКЛОВИДНОСТЬ ЭНДОСПЕРМА И СОДЕРЖАНИЕ БЕЛКА В ЗЕРНЕ СОРТОВ ПЛЕНЧАТОГО И ГОЛОЗЕРНОГО ЯЧМЕНЯ

Н.И. ВАСЬКО, кандидат сельскохозяйственных наук
М.Р. КОЗАЧЕНКО, доктор сельскохозяйственных наук
П.Н. СОЛОНЕЧНЫЙ, О.В. СОЛОНЕЧНАЯ, О.Е. ВАЖЕНИНА,
А.Г. НАУМОВ, кандидаты сельскохозяйственных наук
А.В. ЗИМОГЛЯД, Т.А. ШЕЛЯКИНА

ИНСТИТУТ РАСТЕНИЕВОДСТВА имени В.Я. ЮРЬЕВА НААН, г. Харьков, Украина

Одними из требований, предъявляемых производителями к ячменю пищевого направления использования, являются высокие показатели стекловидности эндосперма и содержания белка в зерне. В Институте растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН (г. Харьков, Украина) в 2014–2017 гг. проведены исследования с целью изучения взаимосвязи стекловидности и содержания белка в зерне сортов ярового ячменя. Исходным материалом были 48 сортов различного происхождения, разновидностей и направления использования. Установлена зависимость содержания белка и стекловидности зерна ячменя от генотипа и погодных условий во время прохождения критических фаз колошение–налив и налив–созревание. Осадки в фазе колошение–налив оказывали существенное положительное влияние у всех сортов на содержание белка, но отрицательное – на стекловидность, особенно сильно это проявлялось у голозерных сортов ($r = -0,846$). Между суммой эффективных температур в фазе колошение–налив и содержанием белка установлена существенная отрицательная корреляция, со стекловидностью только у голозерных сортов – существенная положительная корреляция, $r = 0,803$. Повышение температуры в фазе налив–созревание существенно повышает стекловидность эндосперма, а в зависимости от количества осадков по уровню стекловидности отмечена только отрицательная тенденция. Существенные различия как по содержанию белка, так и по стекловидности отмечены в зависимости от генотипа. Голозерные пищевые сорта по обоим признакам существенно превысили зерновые и пивоваренные, между которыми различий не было. Зависимость стекловидности от содержания белка отдельно в группах зерновых,

пивоваренных и голозерных пищевых сортов в большинстве случаев не обнаружена, но при аналогичном анализе всех сортов в опыте вместе установлена существенная корреляция. Это объясняется вовлечением в анализ высокобелковых с высокой стекловидностью голозерных сортов.

Ключевые слова: ячмень голозерный, содержание белка, стекловидность, корреляция.

Современными требованиями к сортам ячменя пищевого направления использования предусматривается высокая стекловидность эндосперма. Стекловидность, являясь внешним признаком качества зерна, отражает структуру внутренних тканей зерна. В зрелом зерне ячменя клетки крахмалистого эндосперма заполнены крахмальными гранулами, погруженными в протеиновый матрикс [1-4]. Для мучнистого эндосперма характерна слабая связь крахмальных зерен с белком. В стекловидном эндосперме эта связь очень прочная. Таким образом, часть белка очень прочно связана с крахмалом и при дроблении клеток от него не отделяется, этот белок носит название прикрепленный. Остальной белок как бы заполняет промежутки между крахмальными гранулами, при дроблении клеток освобождается, его называют промежуточным белком. По данным Н.П. Козьминой [5], в стекловидном зерне прикрепленного белка содержится несколько больше, а промежуточного меньше, поэтому такое зерно при дроблении раскалывается на более крупные частицы – крупку и почти не дает муки.

Таким образом, стекловидность характеризует степень плотности эндосперма. Ее применяют для описания структуры зерна, а для описания силы сопротивления при деформации (размалыванию, раздавливанию и т.п.) – твердозёрность. Термины стекловидность и мучнистость определяют твердость зерна, между ними существует сильная зависимость. При этом стекловидность изучена гораздо меньше, чем твердость зерна.

Российскими учеными при изучении 28 образцов ячменя сибирской селекции установлена существенная положительная корреляция ($r=0,726$) между стекловидностью зерна и его плотностью. Был предложен метод определения плотности эндосперма по количеству впитываемой зерновками воды, отмечена устойчивая положительная связь между этими показателями [6, 7].

Другие ученые получили противоположные результаты. Так, в исследованиях J.E. Mauyolle et al. [8] установлено, что наибольшее значение диффузии воды было у наиболее стекловидного зерна, наименьшее – у пористого, что противоречит общепринятому.

Установлено, что стекловидность обычно связана с характером обмена веществ, при наливе и созревании зерна на стекловидность влияют условия выращивания, как то обеспеченность влагой и питательными элементами, применение азотных удобрений и т.п. Повышению стекловидности способствует преобладание сухих дней, особенно в период налива и созревания зерна. Также сильное влияние на уровень проявления стекловидности оказывает скорость высыхания зерна при созревании [9]. Стекловидное зерно ячменя обычно содержит больше белка, чем мучнистое.

Л.В. Рукшан и др. [3] установили существенные отклонения стекловидности в зависимости от условий года, а также независимо от условий года в пределах одной зоны выращивания. Стекловидность у изученных сортов ячменя составляла от 20 до 45%, при этом установлена зависимость этого показателя от природы зерна ($r=0,33$).

Также, по мнению З.Б. Борисоника (1974), стекловидность эндосперма зерна ячменя больше зависит от условий выращивания, чем от сортовых особенностей. Наиболее стекловидное зерно получают в восточных и южных районах, наиболее мучнистое – в западных и северных, поэтому для выращивания крупяных сортов ячменя оптимальными являются почвенно-климатические условия Казахстана, Поволжского района, Центрально-Черноземной зоны России, Лесостепи и Полесья Украины, стран Балтии.

Американские ученые исследовали 959 селекционных линий ячменя по Single Kernel Characterization System (SKCS). Стекловидность определяли в световом боксе, она изменялась от 5% до 99%. Из изученных линий по ассоциативным признакам – массе 1000 зерен, диаметру, стекловидности, содержанию белка, β -глюканов и амилозы – отобрали 10

линий голозерного ячменя. В результате было установлено, что масса 1000 зерен и диаметр не влияли на твердость зерна. Также содержание белка, β -глюканов и амилозы тоже не имели существенной связи с твердостью. При этом стекловидность существенно положительно коррелировала с твердостью ($r = 0,83$). Это указывает на то, что плотность эндосперма может быть одним из основных факторов твердости зерна [10]. Замечено, что чем выше плотность зерна, тем выше его натура.

Данные по изучению зависимости между химическим составом, стекловидностью и твердостью зерна получены другими учеными. Так, финскими учеными установлено, что твердость зерна положительно коррелирует с содержанием белка, но корреляция сильнее у образцов со стекловидным эндоспермом. У большинства сортов ячменя отмечена положительная корреляция между твердостью и содержанием β -глюканов. Но текстура эндосперма очень важна при обработке, а сведения о ней не могут быть получены или непосредственно оценены на основе химического состава зерна [11]. В других исследованиях установлено, что содержание β -глюканов и арабиноксилана в зерне ячменя линейно коррелируют с твердостью зерна и они определяют 60% твердости зерна [12].

По мнению российских ученых, исследовавших качество и амилолитическую активность зерна ячменя Биом, выращенного в условиях Новосибирской области в 2012–2013 гг., стекловидность определяется прежде всего большим содержанием белков. Но иногда и при сравнительно небольшом содержании белков эндосперм бывает стекловидным вследствие цементации крахмальных зерен гумми веществами и белками. Эта стекловидность исчезает, если зерно замочить, а затем высушить при низкой температуре. Нормы допустимой стекловидности ячменя не установлены. Общая стекловидность ячменя сорта Биом за годы исследований составила 24% [13].

Но соотношение между содержанием белка и твердостью не всегда подтверждается. Причиной этому может быть толщина клеточных стенок, другое объяснение – в составе гордеинов. Например, стекловидные зерна содержат больше С-гордеина [14].

Так, российскими учеными при изучении 28 образцов ячменя сибирской селекции установлено, что содержание белка оказывало лишь незначительное влияние на уровень стекловидности ($r=0,46$) [6, 7].

Стекловидность, содержание белка и клейковины можно отнести к основным показателям качества зерна. Повышенное содержание белка интересует производителей любой продукции, но если крупяные предприятия и производители макаронных изделий заинтересованы в стекловидном ячмене, то для хлебопекарной промышленности более важным показателем является содержание клейковины. Наибольший выход перловой крупы получается при переработке именно стекловидного ячменя, зерно которого дает продукты лучшего товарного вида. При переработке зерна ячменя в производстве круп важно учитывать, что твердость линейно коррелирует со временем перлования [15]. Также установлено, что во время перлования зерна ячменя с *waхu* крахмалом и твердым эндоспермом меньше склонны к разрушению по сравнению с зерном, содержащим крахмал обычного состава [16].

Таким образом, признак стекловидности зерна как один из основных факторов твердости зерна имеет важное значение при промышленной переработке. Результаты изучения взаимосвязи стекловидности зерна ячменя с другими качествами имеют некоторые различия в силу того, что на проявление всех упомянутых свойств влияют условия выращивания. Поэтому исследования стекловидности ячменя в разных эколого-географических зонах имеют свою специфику и являются актуальными.

Материалы и методика исследований

Исследования проводили в 2014-2017 гг. в Институте растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН (г. Харьков, Украина). Исходным материалом были 48 сортов ярового ячменя различного происхождения, разновидностей и направления использования с целью наиболее полно изучить взаимосвязь между изучаемыми признаками – стекловидностью и содержанием белка в зерне.

Зона, где проходили исследования, расположена на востоке Лесостепи и характеризуется умеренным климатом. Погодные условия в годы проведения исследования различались в разные фазы вегетационного периода ячменя (табл. 1).

Таблица 1

Погодные условия прохождения межфазных периодов ячменя ярового

Год	Всходы-кущение			Кущение-колошение			Колошение-налив			Налив-созревание		
	Σ эф. t°	Σ осадков в	ГТК	Σ эф. t°	Σ осадков	ГТК	Σ эф. t°	Σ осадков	ГТК	Σ эф. t°	Σ осадков	ГТК
2014	218	37,0	1,70	330	32,0	0,97	167	54,0	3,23	583	99,0	1,70
2015	291	46,4	1,59	162	7,0	0,43	350	30,0	0,86	665	117,1	1,76
2016	243	69,0	2,84	222	119,0	5,36	263	38,0	1,44	559	102,0	1,82
2017	327	39	1,19	277	33	1,19	277	9	0,32	719	37	0,51

Наиболее благоприятным для реализации потенциала урожайности ячменя был 2014 год – достаточное количество осадков распределялось равномерно на протяжении всей вегетации, максимальное количество – в фазу колошение–налив при невысоких температурах. В 2016 году количество осадков на протяжении вегетации также было достаточным, в фазу кущение–колошение даже избыточным, но осадки носили ливневый характер, выпадали неравномерно. В 2015 г. и 2017 г. в критическую фазу колошение–налив осадков было недостаточно, при этом были высокие температуры.

Сорта и линии выращивали в опытах сортоиспытания, площадь делянки 10 м². Существенность различий между вариантами определяли с помощью дисперсионного анализа, апостериорное сравнение – по Homogenous groups (Fisher LSD) по программе STATISTICA 10. Взаимосвязь между изучаемыми признаками определяли с помощью коэффициентов корреляции и регрессии. Содержание белка определяли на ИнфраЛЮМ ФТ-10М 09495, стекловидность – на диафаноскопе.

Для определения общей стекловидности брали по 50 зерен в двух повторениях. К числу стекловидных зерен прибавляли половину полустекловидных и сумму выражали в процентах к общему количеству исследованных зерен.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате исследования установлена зависимость содержания белка и стекловидности зерна ячменя от условий выращивания ячменя (табл. 2). В зависимости от погодных условий во время прохождения критических фаз колошение-налив и налив-созревание содержание белка в зерне и стекловидность эндосперма изменялись по-разному в зависимости от группы сортов.

Так, между суммой эффективных температур в фазе колошение–налив и содержанием белка установлена существенная отрицательная корреляция для всех групп сортов. Коэффициент корреляции составил для группы зерновых и пивоваренных сортов -0,453 - 0,531 соответственно, что характеризует среднюю зависимость, для голозерных – 0,858 - это сильная зависимость.

Между суммой эффективных температур в фазу колошение–налив и стекловидностью у зерновых и пивоваренных сортов нет существенной зависимости, установлена только тенденция к повышению стекловидности. У голозерных сортов отмечена существенная положительная корреляция, $r = 0,803$.

Осадки в фазе колошение–налив оказывали существенное положительное влияние на содержание белка у всех сортов. Сильная связь характерна только для группы зерновых сортов ($r = 0,967$), для пивоваренных и голозерных – средняя ($r = 0,670$ и $r = 0,498$ соответственно). Что касается стекловидности, то осадки в фазе колошение–налив снижали этот показатель, особенно сильно это проявлялось у голозерных сортов ($r = -0,846$). Это

подтверждается и регрессией между количеством осадков и стекловидностью голозерных сортов, $b = -0,96$.

Таблица 2

Содержание белка и стекловидность образцов ярового ячменя, %

Образец	Содержание белка					Стекловидность				
	2014	2015	2016	2017	сред- нее	2014	2015	2016	2017	сред- няя
Зерновые										
Взірець	11,61	13,20	12,97	11,48	12,31	48	56	53	59	54*
Командор	12,47	12,00	12,45	13,06	12,50	54	51	12	60	44**
Бальзам	13,11	13,24	11,99	12,56	12,73	55	49	52	45	50
Модерн	12,56	11,72	12,79	11,65	12,18	32	48	32	89	50
Парнас	13,29	11,86	12,01	12,32	12,37	56	50	47	80	58*
Доказ	13,51	13,07	11,69	12,32	12,65	55	52	31	63	50
Алегро	14,65	12,98	12,46	12,32	13,10	57	52	20	59	47
Аграрій	11,08	13,63	12,89	12,01	12,40	43	50	32	39	41**
Мальовничий	13,73	13,71	12,76	12,47	13,17	49	52	5	70	44**
Хорс	14,75	12,90	12,76	12,53	12,34	46	48	36	67	49
Подив	13,67	13,14	12,79	12,37	13,00	49	49	44	55	49
Гетьман	12,71	12,01	13,13	11,49	12,34	49	51	56	54	53
Святогор	11,89	13,26	13,38	11,28	12,45	55	53	32	60	50
Гермес	13,28	12,40	14,15	12,51	13,09	52	51	27	47	44**
Ратник	14,66	13,31	13,49	11,63	13,27*	49	57	50	52	52
Абалак	14,76	13,64	11,77	11,14	12,83	61	57	40	70	57*
Шедевр	11,80	10,33	11,96	10,45	11,14**	48	50	26	54	45
Аміл	13,98	14,31	12,70	11,09	13,02	44	48	30	41	41**
Донецкий 15	14,02	12,66	11,90	13,27	12,96	52	53	49	61	54*
Илек 9	13,29	12,35	14,00	11,30	12,74	55	51	44	72	56*
Среднее	13,24	12,79	12,70	11,96	12,63	50	51	36	60	49
max	14,76	14,31	14,15	13,27	13,27	61	57	56	89	58
min	11,08	10,33	11,77	10,45	11,14	32	48	5	39	41
НСР ₀₅ для группы зерновых сортов					0,60					4,2
Пивоваренные										
Xanadu	13,05	12,35	12,60	12,25	12,56	41	47	16	45	37
Sofira	13,06	11,76	13,24	11,91	12,49	47	46	10	44	37
Shakira	13,22	12,94	12,85	12,11	12,78*	42	54	24	35	39
Kango	11,65	10,81	12,90	12,31	11,92	43	45	31	40	40
Sebastian	11,07	10,78	12,04	11,34	11,31**	51	45	32	40	42
Pasadena	12,58	12,06	14,39	11,57	12,65*	39	45	10	37	33**
Авгур	11,79	12,35	12,34	12,19	12,17	44	47	26	62	45*
Margret	12,76	12,16	12,45	11,57	12,23	43	46	28	47	41
J.V. Maltasia	12,81	12,40	12,55	11,19	12,24	43	45	17	41	37
Arikada	12,25	11,66	11,06	12,54	11,88	38	48	14	44	36
Philadelphia	12,34	10,65	13,23	11,30	11,88	49	45	27	35	39
Beatrix	11,40	11,77	12,48	11,08	11,68	47	46	31	25	37
Среднее	12,33	11,81	12,68	11,78	12,15	44	47	22	41	39
max	13,22	12,94	14,39	12,54	12,78	51	54	32	62	45
min	11,07	10,65	11,06	11,08	11,31	38	45	10	25	33
НСР ₀₅ для группы пивоваренных сортов					0,48					3,3
Голозерные пищевые										
13-301	13,75	11,24	13,90	13,44	13,08**	84	94	87	95	90
Беркут	14,96	12,76	14,16	13,69	13,89	72	96	95	98	90
Millhouse	13,86	12,40	14,47	15,99	14,18	49	99	95	97	85
Голозерный 1	15,55	14,94	14,06	14,68	14,81	61	99	99	97	89

Продолжение табл.2										
Richard	15,24	12,88	12,72	14,50	13,84	66	87	93	91	84**
Buck	13,65	12,46	12,03	11,66	12,45**	65	84	92	95	84**
Ахіллес	17,28	14,45	15,22	14,15	15,28*	74	87	99	98	90
Майский	15,69	14,37	14,20	14,29	14,64	73	97	92	97	90
Оскар	17,40	14,60	13,68	13,47	14,79	76	94	96	99	91
Гатунок	16,42	15,85	15,38	15,14	15,70*	71	93	90	98	88
Merlin	16,10	15,60	14,36	15,73	15,45*	70	99	97	97	91
Козацький	13,99	15,23	15,19	15,06	14,87	66	98	94	98	89
Омский голозерный 1	13,62	14,52	13,24	13,72	13,78	74	94	94	99	90
Mebere	15,47	14,76	14,47	14,38	14,77	78	94	92	98	91
Candle	15,03	13,74	12,59	13,96	13,83	63	65	99	100	82**
Alamo	16,15	14,30	13,76	16,74	15,24*	62	94	67	93	79**
Среднее	15,26	14,01	13,96	14,41	14,41	69	92	93	97	88
max	16,42	15,85	15,38	16,74	15,70	84	99	99	100	91
min	13,62	11,24	12,03	11,66	12,45	49	65	67	91	79
НСР ₀₅ для группы голозерных сортов					0,72					3,8
НСР ₀₅ для всего опыта					1,04					7,3

Примечание. * – значение существенно превышает среднее по группе, ** – значение существенно ниже среднего по группе.

Осадки в фазу налив–созревание не существенно снижают стекловидность у всех сортов, отмечена только тенденция при коэффициенте корреляции от -0,042 до -0,357 в зависимости от группы сортов. Повышение температуры в фазу налив–созревание существенно повышает стекловидность эндосперма, коэффициент корреляции составляет от 0,526 до 0,875.

В зависимости от генотипа отмечены существенные различия как по содержанию белка, так и по стекловидности. Голозерные сорта по обоим признакам существенно превысили зерновые и пивоваренные, между которыми различий не было (см. табл. 2). При апостериорном сравнении сорта разделились на 15 групп по содержанию белка и на девять – по стекловидности (табл. 3). Группы обозначены цифровыми индексами 1-15 и 1-9 соответственно, где меньшему значению признака соответствует меньший индекс.

По содержанию белка можно выделить группу низкобелковых сортов (< 12%) – Шедевр, Sebastian, Beatrix, Arikada, Philadelphia, Kangoо под индексами 1–4, существенно отличающихся от 23 сортов под индексами 5–15. Высокобелковые сорта (> 14%) Millhouse, Майский, Mebere, Оскар, Голозерный 1, Козацький, Alamo, Ахіллес, Merlin, Гатунок под индексами 10–15 существенно превышают по этому показателю 38 сортов (см. табл. 3). К высокобелковым относятся только голозерные пищевые сорта.

По стекловидности выделяется группа сортов с очень низким уровнем показателя (< 40%). Это пивоваренные сорта Pasadena, Arikada, J.B. Maltasia, Sofiara, Xanadu, Beatrix, Shakira, Philadelphia, Kangoо с индексами 1-6. Существенно отличаются по стекловидности от всех остальных сортов голозерные с индексом группы 9 (см. табл. 3).

Таблица 3

Однородные группы сортов ячменя по содержанию белка и стекловидности, среднее за 2014-2017 гг.

Сорт	Содержание белка		Стекловидность	
	группа*	%	группа*	%
Взірець	2,3,4,5,6	12,17–12,31	4,5,6,7,8	52,6–58,2
Командор	3,4,5,6	12,34–12,74	1,2,3,4,5,6,7,8	32,8–58,2
Бальзам	4,5,6	12,73–12,74	2,3,4,5,6,7,8	49,2–58,2
Модерн	2,3,4,5	12,17–12,24	2,3,4,5,6,7,8	49,2–58,2
Парнас	3,4,5,6	12,34–12,74	8	57,0–58,2
Доказ	3,4,5,6	12,34–12,74	2,3,4,5,6,7,8	49,2–58,2
Алегро	5,6,7,8,9	12,96–13,10	1,2,3,4,5,6,7,8	32,8–58,2
Аграрій	3,4,5,6	12,34–12,74	1,2,3,4,5,6,7	32,8–55,6
Мальовничий	5,6,7,8,9	12,96–13,10	1,2,3,4,5,6,7,8	32,8–58,2
Хорс	5,6,7,8,9	12,96–13,10	2,3,4,5,6,7,8	49,2–58,2
Подив	5,6,7,8,9	12,96–13,10	2,3,4,5,6,7,8	49,2–58,2
Гетьман	3,4,5,6	12,34–12,74	4,5,6,7,8	52,6–58,2
Святогор	3,4,5,6	12,34–12,74	2,3,4,5,6,7,8	49,2–58,2
Гермес	5,6,7,8,9	12,96–13,10	1,2,3,4,5,6,7,8	32,8–58,2
Ратник	6,7,8,9,10	13,27	3,4,5,6,7,8	52,0–58,2
Абалак	4,5,6,7,8	12,73–12,83	8	57,0–58,2
Шедевр	1	11,14	1,2,3,4,5,6,7,8	32,8–58,2
Аміл	5,6,7,8,9	12,96–13,10	1,2,3,4,5,6,7	32,8–55,6
Донецький 15	5,6,7,8,9	12,96–13,10	5,6,7,8	53,8–58,2
Илек 9	4,5,6	12,73–12,74	7,8	55,6–58,2
Xanadu	3,4,5,6	12,34–12,74	1,2,3	32,8–37,2
Sofara	3,4,5,6	12,34–12,74	1,2	32,8–36,8
Shakira	4,5,6,7	12,73–12,78	1,2,3,4	32,8–38,8
Kango	1,2,3,4	11,14–11,92	1,2,3,4,5,6	32,8–39,8
Sebastian	1,2	11,14–11,31	1,2,3,4,5,6,7	32,8–55,6
Pasadena	3,4,5,6	12,34–12,74	1	32,8
Авгур	2,3,4,5	12,17–12,24	1,2,3,4,5,6,7,8	32,8–58,2
Margret	2,3,4,5	12,17–12,24	1,2,3,4,5,6,7	32,8–55,6
J.V. Maltasia	2,3,4,5	12,17–12,24	1,2	32,8–36,8
Arikada	1,2,3,4	11,14–11,92	1,2	32,8–36,8
Philadelphia	1,2,3,4	11,14–11,92	1,2,3,4,5	32,8–39,0
Beatrix	1,2,3	11,14–11,68	1,2,3	32,8–37,2
13-301	5,6,7,8,9	12,96–13,10	9	79,0–91,2
Беркут	9,10,11,12,13	13,89–14,18	9	79,0–91,2
Millhouse	10,11,12,13	14,18	9	79,0–91,2
Голозерный 1	12,13,14,15	14,87–15,70	9	79,0–91,2
Richard	8,9,10,11,12	13,83–13,84	9	79,0–91,2
Buck	3,4,5,6	12,34–12,74	9	79,0–91,2
Ахіллес	14,15	15,24–15,70	9	79,0–91,2
Майский	11,12,13,14	14,64–15,24	9	79,0–91,2
Оскар	11,12,13,14,15	14,64–15,70	9	79,0–91,2
Гаунок	15	15,70	9	79,0–91,2
Merlin	14,15	15,24–15,70	9	79,0–91,2
Козацький	13,14,15	14,87–15,70	9	79,0–91,2
Омский голозерный 1	7,8,9,10,11	13,78	9	79,0–91,2
Mebere	11,12,13,14,15	14,64–15,70	9	79,0–91,2
Candle	8,9,10,11,12	13,83–13,84	9	79,0–91,2
Alamo	14,15	15,24–15,70	9	79,0–91,2

Примечание. * – разные цифры обозначают существенные различия при уровне значимости $p = 0,05$

При анализе зависимости стекловидности от содержания белка в каждой группе сортов отдельно существенных взаимосвязей в большинстве случаев не обнаружено (табл. 4). Только у пивоваренных сортов установлена существенная средняя зависимость между двумя показателями в условиях 2015 г.

Таблица 4

Коэффициенты корреляции между содержанием белка в зерне и стекловидностью эндосперма сортов ярового ячменя

Год	Коэффициент корреляции по группам сортов			
	зерновые	пивоваренные	голозерные	весь опыт
2014	0,310	-0,468	0,204	0,698*
2015	0,249	0,600*	0,206	0,628*
2016	0,032	-0,264	0,047	0,557*
2017	0,032	0,513	-0,159	0,739*
Среднее	0,006	-0,360	0,208	0,824*

Примечание. * – значение существенно при уровне значимости $p = 0,05$.

При аналогичном анализе всех вместе сортов в опыте установлена существенная средняя корреляция, а в 2017 г. и в среднем по опыту – сильная. Это объясняется вовлечением в анализ голозерных сортов, имеющих высокий уровень, как содержания белка, так и стекловидности. При этом образуется линейная зависимость между двумя исследуемыми показателями.

Заключение

Таким образом, установлено влияние условий прохождения критических фаз вегетации, на уровень содержания белка в зерне и стекловидность эндосперма сортов ярового ячменя. Осадки в фазу колошение-налив оказывали существенное положительное влияние на содержание белка у всех сортов. Осадки в фазу колошение-налив снижали стекловидность, особенно сильно это проявлялось у голозерных сортов ($r = -0,846$). Между суммой эффективных температур в фазу колошение-налив и содержанием белка установлена существенная отрицательная корреляция, со стекловидностью у зерновых и пивоваренных – только положительная тенденция, у голозерных сортов – существенная положительная корреляция, $r = 0,803$.

Повышение температуры в фазу налив-созревание существенно повышает стекловидность эндосперма, коэффициент корреляции составляет от 0,526 до 0,875. Зависимость уровня стекловидности от осадков в фазу налив-созревание несущественная, отмечена только отрицательная тенденция. Это объясняется тем, что в зоне исследований осадки во время прохождения ячменем фазы налив-созревания, как правило, выпадают очень редко и носят ливневый характер, что не может существенно влиять на уровень изучаемых показателей.

В зависимости от генотипа отмечены существенные различия как по содержанию белка, так и по стекловидности. Голозерные пищевые сорта по обоим признакам существенно превысили зерновые и пивоваренные, между которыми различий не было.

Зависимость стекловидности от содержания белка в каждой группе сортов отдельно в большинстве случаев не обнаружена, но при аналогичном анализе всех сортов в опыте вместе установлена существенная корреляция. Это объясняется вовлечением в анализ высокобелковых с высокой стекловидностью голозерных крупяных сортов. При этом образуется линейная зависимость между двумя исследуемыми показателями. Поэтому для подобных исследований следует очень тщательно подбирать исходный материал с учетом поставленных целей, чтобы получить корректную картину зависимости признаков.

Литература

1. Palmer G.H., Harvey A.E. The influence of endosperm structure on the behavior of barley in the sedimentation test // J. Int. Brew. – 1977. – 83. – P. 295-299.
2. Nair S., Knoblauch M., Ulrich S., Baik B.K. Microstructure of hard and soft kernels of barley // J. Cereal Sci. – 2011. – 54. – P. 354-362.

3. Рукшан Л.В., Данилова Л.Н., Малиновский А.А. Технологические свойства ячменя, выращиваемого в Республике Беларусь // Известия Академии аграрных наук Республики Беларусь. – 1999. – № 1. – С. 81-84.
4. Slafer G.A., Molina-Cano J.L., Savin R., Araus J.L., Romagosa J. Barley science: recent advances from molecular biology to agronomy of yield and quality. – CRC Press, – 2002. – 665 p.
5. Козьмина Н. П. Биохимия зерна и продуктов его переработки. – М. Колос. – 1976. – 376 с.
6. Полонский В.И., Сумина А.В. Метод оценки стекловидности зерна ячменя // Вестник Красноярского ГАУ. – 2013. – №3. – С. 33-36.
7. Сумина А.В. Неповреждающие методы оценки качества зерна ячменя для различных целей селекции. Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 – селекция и семеноводство. – Красноярский ГАУ. – 2013.
8. Mayolle J.E., Lullien-Pellerin V., Corbineau F., Boivin P., Guillard V. Water diffusion and enzyme activities during malting of barley grains: A relationship // J. of Food Engineering. – 2012. – 109. – No 3. – P. 358-365.
9. Turnbull K.M., Rahman S. Review – Endosperm texture in wheat // J. Cereal Sci. – 2002. – 36. – P. 327-337.
10. Nair S., Ulrich S.E., Blake T.K., Cooper B., Griffley C.A., Hayes P.M., Hole D.I., Horsey R.D., Obert D.E., Smith K.P., Muehlbauer G.J., Baik B.K. Variation in kernel hardness and associated traits in U.S. barley breeding lines // Cereal Chem. – 2010. – 87 (5). – P. 461-466.
11. Holopainen-Mantila U. Composition and structure of barley (*Hordeum vulgare* L.) grain in relation to end uses. Academic dissertation. – University of Helsinki, – 2015.
12. Gamlath J., Alred G.P., Panozzo J.F. Barley (1→3: 1→4)-β-glucan and arabinoxylan content are related to kernel hardness and water uptake // J. of Cereal Science. – 2008. – 47. – P. 365-371.
13. Зинкевич Е.П., Гридина С.Б., Лёвкина Г.Б., Токарева Н.А. Качество и биохимия зерна ячменя // Вестник ВСГУТУ. – 2014. – № 4. – С. 40-44.
14. Ferrari B., Baronchelli M., Stanca A., Gianetti A. Constitutive differences between steely and mealy barley associated with endosperm modification // J. of the Science of Food and Agriculture. – 2010. – 90. – P. 2105-2113.
15. Bhatti R.S., Rosnagel B.G. Comparison of pearled and unpearled Canadian and Japanese barley // Cereal Chemistry. – 1998. – 75. – P. 15-21.
16. Edney M.J., Rosnagel B.G., Endo Y., Ozawa S., Brophy M. Pearling quality of Canadian barley varieties and their potential use as rice extenders // J. of Cereal Science. – 2002. – 36. – P. 295-305.

ENDOSPERM VITREOUSNESS AND PROTEIN CONTENT IN GRAIN OF CHAFFY AND NAKED BARLEY CULTIVARS

N.I. Vasko, M.R. Kozachenko, P.N. Solonechnyi, O.V. Solonechnaia, O.E. Vazhenina, A.G. Naumov, A.V. Zimogliad, T.A. Sheliakina

PLANT PRODUCTION INSTITUTE nd. a. V.YA. YURIEV OF NAAS OF UKRAINE

Abstract: *High endosperm vitreousness and protein content in grain are producers' requirements for food barley. In 2014-2017, the Plant Production Institute named after V.Ya. Yuriev of NAAS (Kharkiv, Ukraine) investigated the relationship between vitreousness and protein content in grain of spring barley cultivars. Forty-eight cultivars of different origin, varieties and directions of use were taken as the test material. It was established that the protein content and grain vitreousness depended on the genotype and weather conditions during the critical "earring-filling" and "filling-ripening" phases. Precipitation in the "earring-filling" phase had a significantly positive effect on the protein content in all the cultivars, but a negative effect on the vitreousness, especially in naked cultivars ($r = -0.846$). There was a significant negative correlation between the effective temperature sum during the "earring-filling" phase and the protein content. There was a significant positive correlation the effective temperature sum during the "earring-filling" phase and the vitreousness only in naked cultivars ($r = 0.803$). A rise in temperature during the "filling-ripening" phase considerably increased the endosperm vitreousness. As to the precipitation amount, only a negative trend was noticed for the vitreousness. Both the protein content and vitreousness significantly differed depending on the genotype. The naked groat cultivars significantly exceeded ones by the both parameters. No differences were observed between the grain and brewing cultivars. No dependence of the vitreousness on the protein content was revealed within the grain, brewing and naked groat groups in most cases, however, analyzing all the cultivars together for such dependence, a significant correlation was established. This is attributed to including high-protein, high-vitreous naked cultivars in the analysis, therefore, it is necessary to carefully select the test material for such studies in order to obtain a correct picture of relationships between the traits.*

Keywords: naked barley, protein content, vitreousness, correlation.