

МЕТОДЫ СЕДИМЕНТАЦИИ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КЛЕЙКОВИНЫ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

**В.П. Нецветаев^{1,2},
О.В. Лютенко¹,
Л.С. Пашенко¹,
И.И. Попкова¹**

¹ Белгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства РСХА
Россия, 308001, г.Белгород,
ул. Октябрьская, 58
e-mail: netsvetav@bsu.edu.ru

² Белгородский государственный университет
Россия, 308015, г.Белгород,
ул. Победы, 85

Представлены данные по оценкам качества клейковины озимой мягкой пшеницы различными методами седиментации. Показано, что разработанные методы SDS1 и SDS2 седиментации можно использовать для характеристики образцов муки по относительному числу межмолекулярных дисульфидных связей, участвующих в формировании клейковинного комплекса. Данный подход позволяет выделять формы с экстра высокими качествами зерна, обусловленными клейковиной в коллекционном материале, и вести отбор перспективных образцов среди гибридного материала при селекции мягкой пшеницы на качество.

Ключевые слова: ИДК-анализ, клейковина, мягкая пшеница, седиментация.

Оценка качества зерна с помощью SDS-седиментации интенсивно используется в работах с твердой пшеницей [1, 2, 3]. На мягкой пшенице большее распространение нашла седиментация в слабых растворах органических кислот – тест Зелени и его модификация по Пумпянскому-Созинову [4, 5, 6]. В последние годы SDS-седиментация все шире вводится в исследования с мягкой пшеницей [7, 8, 9, 10]. Целью исследования было найти новые подходы для использования методов SDS-седиментации и оценить сопряженность методов SDS-седиментации, адаптированных к мягкой пшенице, с другими показателями качества селекционных образцов этой культуры.

Материал и методы

Для анализа качества зерна использовали образцы озимой мягкой пшеницы конурсного и предварительного испытания урожая 2007-2008 гг. Зерно размалывали для ИДК анализа до шрота на мельнице МЛ-1 (типа Циклон), для седиментации получали муку на вальцовой мельнице «Квадрумат-Юниор фирмы Брабендер в соответствии с рекомендациями А.А. Созинова и др. [6].

SDS-седиментация. 1 вариант (SDS1): Для седиментации отбиралась навеска муки 3,2 г в 100 мл мерный цилиндр. После этого в цилиндр добавлялось 50 мл 2% уксусной кислоты. Содержимое перемешивали покачиванием 30 секунд и отстаивали 5 мин. Затем добавляли в цилиндр еще 50 мл следующего раствора (содержимое второго раствора: 100 г SDS в 5 л 2% уксусной кислоты). После добавления второго раствора, полученную смесь перемешивали покачиванием 10 сек., после чего отстаивали 5 мин. и проводили первый замер показателя седиментации (набухаемости) в мл. Данную процедуру повторяли еще раз, т.е. взбалтывали второй раз 10 сек., отстаивали 5 мин и снимали второе показание объема набухшей суспензии в мл. Средние показания по двум параллелям являлись характеристикой образца по данному виду анализа.

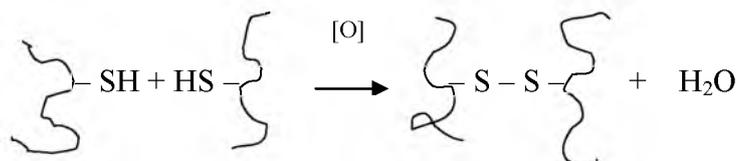
2 вариант (SDS2). Навеска муки 6 г в 100 мл мерном цилиндре. Затем к навеске добавляли 1% раствор сульфита натрия (Na_2SO_3) и содержимое перемешивали в течение 30 сек. и отстаивали 30 мин. при комнатной температуре. После этого в цилиндр добавляли 50 мл следующего раствора (100 г SDS в 5 л 4% уксусной кислоты). Полученную смесь перемешивали покачиванием 10 сек., после чего отстаивали 5 мин. и проводили первый замер показателя седиментации (набухаемости) в мл. Данную процедуру повторяли еще раз, т.е. взбалтывали второй раз 10 сек., отстаивали 5 мин и снимали второе показание объема набухшей суспензии муки в мл. Средние показания по двум параллелям являлись характеристикой образца по данному виду анализа.

Седиментация по Пумпянскому-Созинову. В данном случае показатель седиментации (набухаемости) муки оценивали макрометодом в 2% растворе уксусной кислоты, навеска также 3.2 г на 100 мл мерный цилиндр, согласно А.А. Созинову и др. [6].

Определение качества клейковины. Стандартный метод отмывки клейковины из шрота проводили по прописи А.А. Созинова и др. [6], модифицированный I – согласно В.П. Нецветаеву и др. [11] с замочкой шрота в 0,05М растворе уксусной кислоты и, кроме этого, с замочкой в 0.20М растворе уксусной кислоты (модификация II) [12]. Количество сырой клейковины выражали в процентах к навеске измельченного зерна. Массу сухой клейковины также выражали в процентах к навеске исходного продукта.

Результаты и обсуждение

По технологическим свойствам различают 3 группы мягкой пшеницы: сильную, среднего качества и слабую. Так, зерно сильной пшеницы должно отличаться повышенным содержанием белка хорошего качества, обладающее отличной смесительной ценностью. Содержание белка (клейковины) зависит от обеспеченности растений азотным питанием. На бедном агрофоне способностью накапливать больше белковых веществ отличаются только низкоурожайные, экстенсивные сорта, что происходит за счет недобора урожая зерна. В то же время технологические свойства муки (зерна) определяются качеством белка, которое, прежде всего, обусловлено сортовыми особенностями запасных белков зерновки, т.е. наследственными вариантами белковых молекул эндосперма. Физико-химические свойства теста зависят от структуры белковых молекул и способности их образовывать межмолекулярные агрегаты, в значительной мере, за счет межмолекулярных дисульфидных связей:



Кислые условия среды способствуют образованию дисульфидных связей. Следует заметить, что по количеству и характеру (внутрицепочечные, межцепочечные) этих связей белковые комплексы эндосперма зерновки разных сортов не идентичны.

Следует отметить, что представленная реакция обратима. В частности, в присутствии восстанавливающих агентов, таких например как β -меркаптоэтанол, дитиотриэтол или сульфит натрия (Na_2SO_3), процесс идет в обратном направлении с образованием полипептидов на основе разрушения межмолекулярных белковых агрегатов по дисульфидным связям. Щелочные условия способствуют интенсификации этого процесса.

Методы седиментации по Зелени и первый вариант SDS-седиментации характеризуются тем, что весь процесс набухания муки проходит в кислых условиях среды. Соответственно, данные условия способствуют сдвигу реакции вправо, т.е. агрегации полипептидов. Подтверждением этому может быть сравнение результатов по отмывке клейковины стандартным и модифицированным методом I (с замочкой шрота в слабом растворе уксусной кислоты) (табл. 1). Более того, поражение зерна вредным клопом черепашкой (рис.) приводит к разжижению клейковины и соответственно увеличению показателя ИДК. Поэтому для оценки потенциальных физических свойств клейковины целесообразно использовать модифицированный метод отмывки клейковины [11, 12]. Это позволяет снизить влияние ненаследственных факторов среды на физические свойства клейковины, включая влияние ферментов клопа черепашки.

Таблица 1

Влияние методов отмывки клейковины на показатели качества клейковины озимой мягкой пшеницы $n = 28$ (ур. 2008 г., Гонки)

Показатели	Стандартный	Модифицированный I	Различия	t
ИДК, усл. ед.	96.1±0.8	80.8±1.2	+15.3***	10.4
Количество сырой клейковины, %	28.1±0.4	26.7±0.5	+1.4*	2.1
Количество сухой клейковины, %	9.7±0.2	9.9±0.0.2	-0.2	0.5

Примечание: * Различия значимы при $P > 0.95$; ***То же при $P > 0.999$.



Рис. Поражение зерен пшеницы вредным клопом-черепашкой (места сосния показаны стрелками)

Как видно из табл. 1, кислые условия способствовали существенному укреплению клейковины (ИДК-показатель) и, соответственно, уменьшению влагоемкости клейковины. Следует отметить, что исследуемые образцы были в разной степени поражены вредным клопом черепашкой: от 0.1 до 3%. В среднем по опыту было повреждено 1.2% зерен. Соответственно, результаты оценки физических свойств клейковины при использовании стандартного метода отмывки показали более высокие значения (средн. = 96.1 ± 0.8 ед. ИДК) по сравнению с модифицированной оценкой (средн. = 80.8 ± 1.2 ед. ИДК), что свидетельствует о разжижении клейковины под действием, в частности, ферментов клопа. Более детальный анализ такого влияния на клейковину мягкой пшеницы по действием данного вредителя

представлен ранее [12]. Корреляционный анализ показал значительную связь между оценками седиментации по Пумпянскому-Созинову и SDS1-седиментацией. Более того, показатели деформации клейковины (ИДК), полученные стандартным методом, не коррелировали с данными седиментации, как по Пумпянскому-Созинову, так и SDS1-седиментации. В то же время, обнаружена статистическая связь между этими показателями седиментации и величинами деформации клейковины, полученными модифицированным методом (табл.2). Следовательно, кислые условия, в которых проходит седиментация, убирают влияние на набухаемость муки вариации по степени поражения образцов клопом черепашкой. Это подтверждается также данными табл. 3.

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между количественными признаками, определяющими качество зерна ($n = 28$) (ур. 2008 г., Гонки)

Показатель (метод)	Седиментация (Пумпянский-Созинов)	Стандартный метод			Модифицированный метод I		
		ИДК	Кол-во сырой клейковины	Кол-во сухой клейковины	ИДК	Кол-во сырой клейковины	Кол-во сухой клейковины
SDS1-седиментация	0.77**	0.22	0.00	0.04	-0.38*	-0.10	0.13
Седиментация (Пумпянский-Созинов)	1	0.36	0.18	0.15	-0.46*	0.00	0.17
ИДК (стандартный)		1	0.52*	0.53*	0.20	0.38*	0.28
Кол-во сырой клейковины (стандартный)			1	0.81**	0.19	0.68**	0.70**
Кол-во сухой клейковины (стандартный)				1	0.21	0.55**	0.48**
ИДК (модифицированный I)					1	0.39*	0.25
Кол-во сырой клейковины (модифицированный I)						1	0.84**

Примечание: * Величины значимы при $P > 0.95$; ** То же при $P > 0.99$.

Характерно, что не обнаружена статистическая связь между степенью поражения зерна вредным клопом-черепашкой и показателями качества зерна, полученными моди-



фицированным методом, а также седиментацией по Пумпянскому-Созинову и SDS1-седиментацией. Следовательно, эти методы целесообразно использовать для характеристики наследственных свойств качества зерна исследуемых образцов пшеницы, т.к. в данном случае уменьшается влияние средовой изменчивости.

Добавление при замочке шрота (муки) восстанавливающих агентов должно приводить к деструкции клейковинного комплекса. Действительно, использование для замочки шрота раствора сульфита натрия в концентрации 0.5% и выше приводило даже в кислых условиях (0.2 М уксусной кислоты) к тому, что клейковину невозможно было отмыть, образовывалась липкая масса не способная к формированию клейковины. Учитывая такое воздействие на белковый комплекс восстанавливающих агентов, не безынтересно было изучить, как будет формироваться набухаемость муки, если ее предварительно подвергнуть деструкции посредством восстановителей.

На основе такого подхода предложен метод седиментации SDS2. Различия в показателях седиментации между SDS1 и SDS2, по-видимому, может служить величиной свидетельствующей о количественных различиях в межмолекулярных дисульфидных связях клейковинного комплекса между исследуемыми образцами. В связи с этим, представляло интерес оценить как различается мука разных образцов пшеницы по набухаемости, если исключить эффект агрегации белков по дисульфидным связям. Кроме этого, выяснить существует ли статистическая связь такой оценки по седиментации с другими показателями качества зерна.

При получасовой инкубации 6 г навески муки в 50 мл 1% раствора сульфита натрия наблюдалась небольшая дифференциация образцов по набухаемости. Корреляционный анализ показал, что дифференциация образцов муки по набухаемости в водном растворе сульфита натрия показала небольшую статистическую связь со степенью поражения зерна вредным клопом черепашкой ($r = -0.31 \pm 0.17$; $n = 34$; 2008 г.). Следовательно, в водном растворе сульфита натрия протеолитические ферменты клопа активны, способны разрушать пептидные связи и могут вносить около 10% изменчивости в оценку набухаемости. Полный анализ SDS2-седиментации не показал статистической связи с поражением зерна вредным клопом-черепашкой (табл. 3). В тоже время обнаружена существенная положительная корреляционная зависимость между количеством сырой и сухой клейковины с показателем SDS2-седиментации. Характерно, что эта седиментация не обнаружила сопряженности с другими методами седиментации (табл. 3). Следовательно, судя по табл. 3, SDS2-седиментация зависит от уровня содержания клейковины в зерне пшеницы. Это логично, так как увеличение количества белковых молекул должно увеличивать набухаемость, обусловленную агрегацией не связанной с дисульфидными связями. Более того, дифференциация по величине осадка оказалась не существенно связанной с физическими свойствами клейковины (табл. 3), что подтверждает значимость межмолекулярных бисульфидных связей в формировании клейковинного комплекса. В целом, полученные данные свидетельствуют о том, что величина осадка, определяемая другими методами седиментации (Зелени, Пумпянского-Созинова, SDS1), прежде всего, обусловлена белками, содержащими цистеиновые остатки. Поэтому они показывают сопряженность между собой и физическими свойствами клейковины.

Судя по табл. 3, 4 наиболее информативным для характеристики физических свойств клейковины, является оценка с использованием SDS1-седиментации. Седиментация в уксусной кислоте (по Пумпянскому-Созинову) обнаружила сопряженность с натурой зерна (табл. 3). Характерно, что в 2008 г. найдена небольшая, но существенная связь между крупностью зерна и степенью его поражения вредным клопом черепашкой. Подтверждена также сопряженность между индексом деформации клейковины и количеством сырой и сухой клейковины (табл. 3, 4).

Учитывая, что сульфит натрия воздействует на дисульфидные связи белкового комплекса, можно численно оценить различия по ним между исследуемыми образцами на основе оценок SDS1 и SDS2 седиментаций. Эти величины можно выразить следующим отношением:

$$(SDS1 - SDS2) \text{ мл} / \text{количество сухой клейковины или белка (\%)} = \text{ООСЦ}$$

В табл. 5 дана характеристика некоторых сортов и селекционных образцов озимой мягкой пшеницы по ряду показателей качества зерна. Среди них относительная оценка

Коэффициенты корреляции между количественными признаками, определяющими качество зерна (КСИ-08, n =74)

Показатель	Седиментация (Пумпянский-Созинов)	Модифицированный метод I			Поражение клопом черепашкой	Масса 1000 зерен	Натура зерна	Na ₂ SO ₃ инкуб.+ SDS	ООСЦ [Δ SDS – (Na ₂ SO ₃ + SDS)/% сухой клейковины]
		ИДК	Кол-во сырой клейковины	Кол-во сухой клейковины					
SDS1-седиментация	0.56***	-0.32**	-0.06	0.07	-0.07	-0.16	0.01	0.07	0.48***
Седиментация (Пумпянский-Созинов)	1	-0.11	0.08	0.18	-0.15	-0.07	0.34**	0.01	0.22
ИДК (модифицированный I)		1	0.68***	0.52***	-0.07	0.01	0.09	0.18	-0.46***
Кол-во сырой клейковины (модиф. I)			1	0.89***	-0.08	-0.04	0.16	0.30*	-0.41***
Кол-во сухой клейковины (модиф. I)				1	-0.20	-0.07	0.15	0.28*	-0.32**
Поражение клопом черепашкой					1	0.25*	-0.08	-0.02	-0.08
Масса 1000 зерен						1	0.06	0.03	-0.12
Натура зерна							1	-0.04	0.01
Na ₂ SO ₃ инкуб.+ SDS								1	-0.82***

Примечание: *Величины значимы при P>0.95; **То же при P>0.99, *** Тоже при P>0.999.

Коэффициенты корреляции между количественными признаками, определяющими качество зерна (модификация I) (КСИ-07, КСИ-08, n = 68)

Показатель	Седиментация по Пумпянскому-Созинову			Показатель ИДК			Количество сырой клейковины		Количество сухой клейковины		Поражение вредным клопом черепашкой	
	2007	2008	среднее за 2 г.	2007	2008	среднее за 2 г.	2007	2008	2007	2008	2007	2008
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
SDS-седиментация, 2008	0.40***	0.54***	0.50***	-0.19	-0.39**	-0.33**	0.01	-0.01	0.13	0.13	0.19	-0.18
Седиментация (Пумпянский-Созинов), 2007	1	0.52***	0.92***	-0.0	-0.09	-0.05	0.37**	0.18	0.39**	0.29*	-0.01	0.02
Седиментация (Пумпянский - Созинов), 2008		1	0.80***	0.06	-0.09	0.0	0.30*	0.28*	0.33**	0.44***	-0.03	-0.20
Седиментация (Пумпянский - Созинов), сред.			1	0.03	-0.10	-0.02	0.40***	0.25*	0.41***	0.40***	-0.03	-0.07
Показатель ИДК, 2007				1	0.31*	0.89***	0.59***	0.08	0.15	0.06	0.03	0.14
Показатель ИДК, 2008					1	0.71***	0.26*	0.51***	0.15	0.35**	0.02	-0.02
Показатель ИДК, среднее						1	0.56***	0.30*	0.19	0.21	0.03	0.09

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Кол-во сырой клейковины, 2007							1	0.41***	0.59***	0.39**	-0.13	0.08
Кол-во сырой клейковины, 2008								1	0.38**	0.90***	-0.06	-0.03
Кол-во сухой клейковины, 2007									1	0.33**	-0.25*	-0.15
Кол-во сухой клейковины, 2008										1	-0.08	-0.10
Поражение вредным клопом-черепашкой											1	0.07

Примечание: *Величины значимы при $P>0.95$; **То же при $P>0.99$, *** Тоже при $P>0.999$.

Таблица 5

Характеристика некоторых сортообразцов озимой мягкой пшеницы по некоторым показателям качества (КСИ-08)

Сорт, образец	Показатели качества зерна в 2008 г. (0,2М уксусной кислоты)			Показатели седиментации по годам, мл				Поражение клопом по годам, %		$\Delta SDS_1 - (Na_2SO_3 + SDS) / \% \text{ сухой клейковины (=OOCЦ)}$
	ИДК, ед.	% сырой клейковины	% сухой клейковины	по Пумпянскому-Созинову		SDS1	SDS2 ($Na_2SO_3 + SDS$)			
				2007	2008			2008	2008	
БелНИИСХ 1	48	23.5	9.6	60.5	28.5	88.5	62.5	4	0.5	2.71
БелНИИСХ 2	63	24.8	10	56.5	31.5	74	58.2	2	1	1.58
Селянка одесская	53	23.1	8.4	39.5	34	77	22.2	2	0	6.52
Белгородская 16	78	26.7	10.4	50	28	72	37.5	3	0	3.32
Синтетик	80	28.9	9.6	46	29	56	58.7	3	0	-0.28
Уни-1 (1Do)	51	24.4	10.4	57	43	88	24.5	5	1	6.11
Ариадна	70	22.2	8.8	54	26.5	78	29.5	1	1.5	5.51
Волжская 100	57	19.2	8.4	46.5	23.5	51	28.2	1	1	2.71
Богданка	55	21.4	8.8	38.5	24.5	65	56.7	6	1.5	0.94
Корочанка	55	23.1	8	48.5	31	73	41.5	4	0.5	3.94
Донецкая 48	86	28.8	10.4	49	27	56	41	2	3	1.44
Льговская 4	70	24	9.6	43.5	24	63	24.5	1	1	4.01
Безенчукская 380	60	28.2	11.2	54	38	78.5	42	1	0.5	3.26
650/00	43	21.6	9.2	54.5	32	74	45.5	2	2	3.09
Коротышка	40	21	8	39.5	23.5	74	34.3	1	0.5	4.95
252/08 Б12 X Селянка одесская	70	21.1	8.4	48.5	28	80	20.7	3.5	1	7.06
<i>HCP_{0.95}</i>						6.0	9.2	X	X	0.9





содержания цистеиновых остатков (ООСЦ), участвующих в агрегации полипептидов. Корреляционный анализ показал существенную отрицательную сопряженность ООСЦ с индексом деформации клейковины, количеством сухой и сырой клейковины (табл. 3), но не обнаружил статистической связи с поражением зерна вредным клопом черепашкой, массой зерна и его натурой.

Анализируя данные табл. 5 нельзя не отметить, что образцы *Селянка одесская* и *Уни 1* характеризуются самыми высокими показателями ООСЦ (6.52 и 6.11). *Селянка одесская* по данным одесских исследователей относится к супер-сильным пшеницам [13]. Такого типа сорта известны и описаны причины их высокого качества. Так, *Red River* несет дандемную дупликацию аллеля ***Glu-B1a1***, контролирующего синтез высокомолекулярных глютелинов, которые участвуют в агрегации белковых молекул по дисульфидным связям [14, 15]. Это приводит к количественному увеличению межмолекулярных связей между пептидами и улучшению физических свойств клейковины. Сорт *Bànkúti 1201* несет аллель ***Glu-1Ax2*b*** [16] у которого в позиции 1181 нуклеотидной пары замещен нуклеотид, что привело к замене в белковой молекуле глютелина аминокислоты серина на цистеин. Появление дополнительного остатка цистеина в молекуле глютелина приводит к повышению степени агрегации фракции глютелинов клейковинного комплекса. Это в свою очередь улучшает физические качества клейковины и хлебопекарные показатели муки. Характерно, что молекулярная масса мутантного белка, контролируемого аллелем ***Glu-1Ax2*b***, и заряд его молекулы электрофоретически не отличим от исходного белка, контролируемого аллелем дикого типа ***Glu-1Ax2****.

Образец *Уни 1* создан М.М. Копусем и интересен тем, что у него в эндосперме отсутствуют ω -глиадины, контролируемые хромосомой 1D [17]. Следует отметить, что эти белки в своем составе вообще не несут цистеина. Соответственно, доля других полипептидов в эндосперме зерновки увеличивается, что приводит к повышению качества муки по сравнению с исходными формами. Отсутствие этой группы глиадинов легко тестируется с помощью электрофореза.

Следует отметить, что наименьший показатель ООСЦ (-0.28) из данного набора образцов имел сорт *Синтетик*. Особенностью этого сорта является то, что он несет 1В/1R транслокацию (или замещение). Хромосома 1R ржи контролирует синтез запасных белков эндосперма – секалинов. Широко известно, что белки ржи, которые синтезируются пшеницей, обуславливают негативный эффект на хлебопекарные качества муки пшеницы [18]. В основе этого эффекта лежит неспособность секалинов ржи образовывать с пшеничными белками нерастворимые высокополимерные белковые комплексы, которые формируют клейковину с высокими физическими показателями качества [19]. Таким образом, наличие белков ржи в эндосперме пшеницы уменьшает число межмолекулярных дисульфидных связей. Другим сортом с наличием ржаной транслокации, но в 1А хромосоме (1AL.1RS), является *Богданка*. Характерно, что этот сорт также отличается более низким значением ООСЦ (0.94) (табл. 5). Интересно, что полученное значение ООСЦ в этом случае больше по сравнению с образцом *Синтетик*. Следовательно, степень снижения качества муки пшеницы может зависеть от того, в какую из гомологичных хромосом, 1А, 1В или 1D, транслоцировано плечо 1RS.

Известно, что ген мягкозерности (Soft) по сравнению с геном твердозерности (hard) приводит к значительному снижению набухаемости муки, что связано не с клейковинными белками, а крахмальным комплексом. Среди изученных образцов, исследован сорт озимой мягкой пшеницы *Волжская 100*, которая является мягкозерной в отличие от остальных, представленных в табл. 5. Действительно, например, в 2008 г. SDS1-седиментация и седиментация по Пумпянскому-Созинову в среднем по опыту составляла 68.2 и 29.8 мл, что выше результатов полученных по этому сорту и выраженных, соответственно, величинами в 51 и 23.5 мл. Судя по представленным данным (табл.5), мягкозерность снижает показатели седиментации на 22 (по Пумпянскому-Созинову) – 25%% (SDS1 и SDS2-седиментация). Таким образом, ООСЦ *Волжской 100* (2.78), по-видимому, правильно отражает количественное соотношение межмолекулярных дисульфидных связей запасных белков эндосперма.

Следует заметить, что для установления ООСЦ требуется определение количества белка или сухой клейковины в зерне. Учитывая, что эти виды анализа достаточно трудоемки и требуют дополнительного времени, провели корреляционный анализ между пока-



зателями ООЦ и $\Delta[\text{SDS}_1 - \text{SDS}_2]$. Исследование 68 образцов показало величину $r = 0.9847 \pm 0.0214$ ($t = 45,96$). Коэффициент детерминации между данными показателями соответственно составляет 96.97%. Следовательно, для массового анализа достаточно исследовать у образцов величины SDS_1 и SDS_2 , чтобы сделать заключение об их качестве. Так, для форм с ржаной транслокацией *1BL.1RS* и *1A.L.1RS* разница между SDS_1 и SDS_2 седиментацией составляла (-2.7) – (+8.3) мл, а для экстра-сильных образцов: 54.8 – 63.5 мл. В целом по опыту, в данном случае, $\text{HCP}_{0.95}$ составила величину равную 8.5 мл.

Учитывая различные причины, приводящие к увеличению числа межмолекулярных дисульфидных мостиков между молекулами белков, а также то, что с помощью электрофоретического исследования не всегда возможно идентифицировать необходимый вариант полипептида, очевидна необходимость разработки комплексных подходов к их количественной оценке. Относительная оценка содержания межмолекулярных дисульфидных связей (ООЦ), полученная по результатам SDS_1 и SDS_2 седиментации на наш взгляд является результирующим показателем качества клейковины, связанной с цистеинсодержащими полипептидами. Данная оценка может служить для выявления среди коллекционного материала и гибридного потомства форм с наличием большего количества межмолекулярных дисульфидных связей. Подтверждением этому может служить номер 252/08 полученный от скрещивания *Белгородской 12* с *Селянкой одесской* (табл. 5). Как видно, он имел ООЦ равное 7.06, то есть уровень родительской формы *Селянки одесской*. По ИДК анализу в течение двух лет (2007-2008) номер 252/08 формировал клейковину первой группы качества.

Список литературы

1. Dick, J.W. and Quick, J.S. A modified screening test for rapid estimation of gluten strength in early – generation durum wheat breeding lines // *Cereal Chemistry*. – 1983. – V. 60, № 4. – P. 315-318.
2. Казаков Е.Д. Методы оценки качества зерна. – М. – 1987. – 217 с.
3. Васильчук Н.С. Селекция яровой твердой пшеницы. Саратов. – 2001. – С. 63-66.
4. Zeleny L. Wheat sedimentation test // *Cereal Science Today*. – 1962. – V. 7, № 7. – P. 226-230.
5. Пумпянский А.Я. Технологические свойства мягких пшениц. – Л: Колос, 1971. – 320 с.
6. Созинов А.А., Блохин Н.И., Василенко И.И. и др. Методические рекомендации по оценке качества зерна. – М., 1977. – 172 с.
7. Carter В.Р., Morris С.Ф. and Anderson J.А. Optimizing the SDS sedimentation test for end-use quality selection in a soft white and club wheat breeding program // *Cereal Chemistry*. – 1999. – V. 76, № 6. – P. 907-911.
8. Рибалка О.І., Червоніс М.В., Топораш І.Г. и др. Наукове обґрунтування розробки нових методів оцінки хлібопекарської якості борошна пшениці // *Хранение и переработка зерна*. – 2006. – № 1 (79). – С. 43-48.
9. Рибалка О.І. Поневіряння експрес-методу седиментації SDS_{30} при визначенні якості зерна й борошна пшениці // *Зерно і хліб*. – 2008. – № 1.
10. Бебякин В.М., Бунтина М.В. Эффективность оценки качества зерна яровой мягкой пшеницы по SDS -тесту // *Вестник сельскохозяйственной науки*. – 1991. – №1. – С. 68-70.
11. Нецветаев В.П., Моторина И.П., Петренко А.В. Сравнение методов определения качества клейковины зерна мягкой пшеницы на приборе ИДК-1 // *Доклады РАСХН*. – 2005. – №4. – С. 14-16.
12. Нецветаев В.П., Чубарева М.В., Петренко А.В. Оценка качества клейковины пшеницы при поражении зерна вредным клопом черепашкой / *Актуальные вопросы аграрной науки и образования (Матер. Международ. научно-практ. конфер.)*. Т. 1. Агронимия и агроэкология. – Ульяновск, 2008. – С. 114-118.
13. Литвиненко М.А., Лифенко С.П., Лінчевський А.А. и др. Каталог новых сортов зерновых колосовых культур Селекційно-генетичного інституту. – Одесса, 2000. – 88 с.
14. D'Ovidio R., Masci S., Porceddu E., Kasarda D. Duplication of the *Bx7* high-molecular-weight glutenin subunit gene in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar Red River 68 // *Plant Breeding*. – 1997. – Vol. 116. – P. 525-531.
15. Butow B., Gale K., Ikea J., Juhasz A., Bedo Z., Tanas L., Gianibelli M. Dissemination of the highly expressed *Bx7* glutenin subunit (*Glu-B1al* allele) in wheat as revealed by novel PCR markers and RP-HPLC // *Theor. Appl. Genet.* – 2004. – Vol. 109. – P. 1525-1535.
16. Juhasz A., Tamas L., Karsai I., Vida G., Lang L., Bedo Z. Identification, cloning and characterization of a HMW-glutenin gene from an old Hungarian wheat variety, Bänkúti 1201 // *Euphytica*. – 2001. – Vol. 119. – P. 75-79.
17. Копусь М.М. Полиморфизм белков зерна и селекция озимой пшеницы // *Автореф. дисс... докт. биол. наук*. – Краснодар. – 1998. – 48 с.



18. Zeller F., Gunzel G., Fischbeck G., Gersternkorn P., Weipert D. Veränderung der Backeigenschaften der Weizen-Roggen Chromosomen-Translocation 1B/1R // Getreide Mchl. Brot. – 1982. – Vol. 36. – P. 141-143.

19. Рыбалка А.И., Казарда Д.Д., Созинов А.А. R-глиадины – проламины ржи, синтезирующиеся в эндосперме пшеницы // Сельскохозяйственная биология. – 1985. – №2. – С. 34-42.

20. Копусь М.М. Влияние особенностей компонентного состава глиадина, консистенции эндосперма на качество муки у гибридов от скрещивания сортов пшеницы Безостая 1 и Восход // Научно-техн. бюллетень ВСГИ. – 1982. – №1 (43). – С. 35-39.

GRAIN QUALITY ESTIMATIONS IN BREAD WHEAT BY SDS-SEDIMENTATION TESTS

V.P. Netsvetaev^{1,2},

O.V. Ljutenko¹,

L.S. Pashchenko¹,

I.I. Popkova¹

¹ Belgorod Research Institute
of an Agriculture RAA,
Oktjabr'skaja Str., 58, Bel-
gorod, 308001, Russia

e-mail:

netsvetaev@bsu.edu.ru

² Belgorod State University
Pobedy Str. 85, Belgorod,
308015, Russia

The data are submitted for grain quality of the different varieties in winter bread wheat. Deformation gluten indexes (IDK) were investigated by the IDK-1 apparatus. The sedimentation tests SDS1, SDS2 and Zeleny (Pumpyansky-Sozinov) were carried out on flour. SDS1 and SDS2 methods can be used for the characteristics of the flour samples on relative number of intermolecular disulfide bonds of a gluten complex. The given approach allows to identify forms with the extra-high grain qualities in a collection and a breeding stocks.

Key words: IDK-analysis, gluten, Triticum aestivum, sedimentation tests.