

УДК 633.1.004.12

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ПЕРИОД СОЗРЕВАНИЯ ЗЕРНА МЯГКОЙ И ТВЁРДОЙ ПШЕНИЦЫ НА СОСТОЯНИЕ БЕЛКОВОГО КОМПЛЕКСА ЭНДОСПЕРМА, ТЕСТИРУЕМОЕ МЕТОДОМ ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

© 2018 И.А. Кибкало

ФГБНУ НИИСХ Юго-Востока, Саратов

Статья поступила в редакцию 06.07.2018

Колебания погодных характеристик – один из основных факторов, влияющих на конечное качество урожая. В связи с важностью селекции на качество зерна, изучение воздействия погоды на формирующийся белковый комплекс эндосперма в период созревания зерна у разнообразных генотипов пшеницы представляет особый интерес. С помощью флуоресцентного зондирования показано влияние погодных характеристик на свойства белкового комплекса эндосперма разнообразных генотипов яровой мягкой и твёрдой пшеницы в период налива зерна.

Ключевые слова: качество зерна, белковый комплекс, флуоресцентное зондирование, погодные характеристики, гидротермический режим.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Создание высококачественных сортов пшеницы – традиционно актуальное направление селекции, позволяющее, в конечном счёте, улучшить качество питания, а значит и качество жизни современного человека. Множество подходов к оценке свойств зерна селекционного материала обусловлено как неоднозначностью самого понятия «качество зерна», полигенной системой его наследования, так и сильным модифицирующим влиянием окружающей среды на его результирующие признаки (Павлов А.Н., 1992). В континентальных районах страны, характеризующихся большими колебаниями климатических характеристик из года в год, последнее обстоятельство особенно значимо. В связи с этим представляет интерес изучение процесса формирования качества под влиянием погодных условий в период созревания и налива зерна.

Для этого были использованы по два разнокачественных сорта яровой мягкой и твёрдой пшеницы, возделанные в контрастные по погодным условиям годы (острозасушливый и влажный). Саратовская 55 и Людмила – сорта соответственно мягкой и твёрдой пшеницы, формирующие в основном крепкую клейковину. Саратовская 52 и Гордеиформе 2946, формирующие клейковину преимущественно среднего и низкого качества.

Состояние эндосперма незрелого зерна контролировалось с помощью титровального способа флуоресцентного зондирования (Кибкало И.А., 2000), регулярным взятием проб в период созревания зерна. Регистрировались показатели:

Кибкало Илья Анатольевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории клеточной селекции. E-mail: kibk@rambler.ru

интенсивность флуоресценции при различной концентрации красителя (АНС) в мкмоль/л – Φ_8 , Φ_{16} , Φ_{24} , Φ_{32} , Φ_{40} . Способом обратных координат (Владимиров Ю.А., Добрецов Р.Е., 1980) определялись показатели: V_y (скорость связывания красителя), a (интенсивность флуоресценции при максимальном насыщении мест связывания красителя), K_c (константа связывания красителя). Построение кривых в обратных координатах и расчет по ним вышеуказанных показателей проводили по методу наименьших квадратов (Лакин Г.Ф., 1973). Качество зрелого зерна определялось с помощью SDS-седиментации (Бебякин В.М., Бунтина М.В., Васильчук Н.С., 1987) и динамического способа флуоресцентного зондирования (Тучин С.В., Кибкало И.А., Бебякин В.М., 2001).

Погодные характеристики предоставлены лабораторией агрометеорологии НИИСХ Юго-Востока: температура воздуха, температура почвы, относительная влажность воздуха, упругость водяного пара, дефицит влажности воздуха, сумма осадков. Эти показатели учитывались как на момент взятия пробы, так и за некоторое время до взятия пробы – минимум, максимум, амплитуда колебания, средняя, коэффициент вариации.

Полученные данные были подвергнуты корреляционному анализу.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Поскольку влияние погодных условий на качество зерна общепризнанно, наличие статистически значимых коэффициентов корреляций между выраженностью показателей климатических характеристик и критериями качества зерна можно рассматривать с точки зрения прямого воздействия первых на вторые.

Анализируя общий массив полученных данных (табл. 1-4), можно заметить, что вовлечённость разных показателей флуоресцентного зондирования во взаимосвязь с погодными характеристиками в зависимости от вида пшеницы и потенциальной «качественности» генотипа различна. Видимо таким образом проявляются

генетически заложенные различия на уровне формирования конгломераций белковых макромолекул. Также можно заметить, что менее качественные генотипы у обоих видов пшеницы в большей степени подвержены воздействию погодных условий. В ряде случаев качественные генотипы проявляли более замедленную реак-

Таблица 1. Взаимосвязь показателей флуоресцентного зондирования с климатическими характеристиками в засушливый год у яровой мягкой пшеницы

Климатические характеристики	Сорт	$\Phi_8^`$	$\Phi_{16}^`$	$\Phi_{24}^`$	$\Phi_{32}^`$	$\Phi_{40}^`$	B_y	a	K_c
Средняя температура воздуха за сутки	С-55	0,74	0,67	0,68		0,67	-0,72		
	С-52	0,68	0,75	0,77	0,76	0,76			
Температура воздуха*	С-55	0,70					-0,68		
	С-52	0,63	0,71	0,76	0,74	0,74			
Сумма температур воздуха за сутки	С-55	0,72					-0,71		
	С-52	0,68	0,74	0,75	0,75	0,73			
Максимальная температура воздуха за сутки	С-55								
	С-52	0,67	0,65						
Средняя относительная влажность воздуха за сутки	С-55	-0,90	-0,86	-0,84	-0,81	-0,83	0,91		
	С-52	-0,82	-0,88	-0,89	-0,87	-0,90	0,71		
Относительная влажность воздуха*	С-55	-0,91	-0,87	-0,88	-0,84	-0,86	0,93		
	С-52	-0,82	-0,85	-0,90	-0,88	-0,93	0,70		
Средний дефицит влажности воздуха за сутки	С-55	0,83	0,78	0,80	0,76	0,78	-0,82		
	С-52	0,79	0,82	0,84	0,83	0,83			
Дефицит влажности воздуха*	С-55	0,86	0,81	0,84	0,79	0,82	-0,85		
	С-52	0,80	0,83	0,88	0,87	0,88			
Средняя температура почвы на поверхности	С-55	0,73	0,69	0,73		0,69	-0,71		
	С-52	0,70	0,70	0,75	0,74	0,73			
Температура почвы на поверхности*	С-55								
	С-52		0,64	0,73	0,71	0,75			
Температур почвы на глубине 0.2 м	С-55	0,71		0,67		0,67	-0,69		
	С-52	0,68	0,72	0,73	0,73	0,70			

Здесь и далее:

* - показатель на момент взятия пробы

` - показатели флуоресцентного зондирования с отрицательной выраженностью по отношению к качеству клейковинного белка

Примечание. 1. С-55 и С-52 – сорта Саратовская 55 и Саратовская 52 соответственно.

2. В таблице приведены только статистически значимые коэффициенты корреляции, пустые клетки означают отсутствие таковых

Таблица 2. Взаимосвязь показателей флуоресцентного зондирования с климатическими характеристиками в засушливый год у яровой твёрдой пшеницы

Климатические характеристики	Сорт	Φ_8	Φ_{16}	Φ_{24}	Φ_{32}	Φ_{40}	V_y	a	K_c
Средняя температура воздуха за сутки	Л	-0,61							
	Г			-0,65		-0,65		0,64	
Температура воздуха*	Л								
	Г			-0,72	-0,69	-0,75		0,76	0,67
Средняя температура воздуха за несколько суток	Л	-0,80	-0,66	-0,73	-0,75	-0,71			
	Г								
Минимальная температура воздуха за сутки	Л	-0,64	-0,64		-0,64				
	Г			-0,66		-0,63			
Средняя упругость водяного пара	Л								
	Г			-0,78	-0,70	-0,78		0,63	0,64
Упругость водяного пара*	Л								
	Г			-0,78	-0,69	-0,69		0,64	
Дефицит влажности воздуха*	Л	-0,64					0,71		
	Г				-0,62	-0,70		0,73	0,67
Средняя температура почвы на поверхности	Л								
	Г			-0,62				0,66	
Температура почвы на поверхности*	Л								
	Г					-0,68		0,77	0,64
Максимальная температура почвы за сутки	Л	-0,73		-0,66	-0,64	-0,63			
	Г					-0,61			
Температура почвы на глубине 0,4 м	Л								
	Г		-0,69						
Сумма осадков за несколько суток	Л								
	Г							-0,62	-0,68

Примечание. 1. Л и Г – сорта яровой твёрдой пшеницы Людмила и Гордеиформе 2946 соответственно.

2. Сноски см. в табл. 1

цию на изменение погодных условий, когда взаимосвязи смещались от погодных показателей на момент взятия пробы к средним или суммарным за некоторый период перед этим.

В засушливый год оба генотипа мягкой пшеницы испытывали явный существенный стресс – повышенные температуры воздуха и почвы, низкая влажность воздуха и связанные с ними показатели гидротермического режима отрицательно влияли на качество белка

эндосперма. При этом более качественная Саратовская 55 проявила к некоторым климатическим характеристикам невосприимчивость или слабую восприимчивость (табл. 1). При этом оба генотипа твёрдой пшеницы гораздо в меньшей степени реагировали на изменение погодных условий. Причём, даже направленность реакций была иной. Повышение температуры и дефицит влаги укрепляли клейковинные белки (табл. 2).

Таблица 3. Взаимосвязь показателей флуоресцентного зондирования с климатическими характеристиками во влажный год у яровой мягкой пшеницы

Климатические характеристики	Сорт	$\Phi_8^`$	$\Phi_{16}^`$	$\Phi_{24}^`$	$\Phi_{32}^`$	$\Phi_{40}^`$	V_y	a	K_c
Температура воздуха*	С-55								
	С-52			-0,72	-0,65				
Относительная влажность воздуха*	С-55								
	С-52			0,74	0,67				
Дефицит влажности воздуха*	С-55								
	С-52			-0,73	-0,64				
Средняя температура почвы на поверхности	С-55								
	С-52			-0,72					
Температура почвы*	С-55								
	С-52	-0,69		-0,79	-0,72			0,65	
Температура почвы на глубине 0,4м	С-55			-0,68					
	С-52			-0,66					
Сумма осадков за несколько суток	С-55	-0,80	-0,70	-0,76					
	С-52								

Примечания и сноски см. в табл. 1

При этом более качественный сорт Людмила проявлял замедленную реакцию на изменение показателей погодного режима, в большей степени реагируя на значения температуры воздуха и почвы за некоторое время (от суток и более) до взятия пробы. На менее качественный генотип Гордеиформе 2946 в большей степени, чем на Людмилу, оказывал влияние гидротермический режим.

В более благоприятные по влагообеспеченности годы мягкая пшеница значительно снизила свою восприимчивость по признаку «качество клейковинного белка» к изменению погодных условий, особенно более качественный сорт Саратовская 55 (табл. 3). При этом изменилась направленность воздействия погоды. Повышение температуры и снижение увлажнённости уже положительно сказывались на потенциальном качестве зерна. При этом Саратовская 55 более эффективно использовала выпадающие осадки. Твёрдая пшеница сохранила направленность воздействия погодных условий на свойства белкового комплекса эндосперма (табл. 4). При этом обеспеченность влагой в большей степени, чем в засушливый год влияла на качественный сорт Людмила, причём положительным образом. Как и в случае Саратовской 55 можно говорить о лучшем использовании ею благоприятных условий внешней среды для обеспечения качества зерна.

Результирующая всех влияний внешней среды за весь период роста и развития сельскохозяйственных культур проявляется в качестве готового продукта, в нашем случае – созревшего зерна. Представляло интерес выявление влияния отдельно взятого эпизода изменения погоды на качество убранного зерна. Для этого параллельно со взятием проб незрелого зерна яровой твёрдой пшеницы на флуоресцентный анализ, часть зёрен из пробы высушивалась до полной спелости. Впоследствии это зерно было подвергнуто седиментационному и флуоресцентному (динамический способ) анализам.

Во время высушивания, как и во время естественного созревания, белковый комплекс эндосперма подвергается радикальным перестройкам и изменениям, на фоне которых теоретически, казалось бы, весьма затруднительно уловить вклад погодных условий в момент уборки неспелого зерна или определённого периода перед ней в конечное качество. Однако результат оказался иным. У сорта Гордеиформе 2946 величина седиментационного осадка оказалась достоверно сопряжена со средней упругостью водяного пара за сутки переел взятием пробы (0,80*), с минимальным дефицитом влажности за сутки перед взятием пробы (0,87**), с минимальной температурой почвы за сутки перед взятием пробы (0,80*). У сорта Людмила список статистически значимых взаимосвязей величины

Таблица 4. Взаимосвязь показателей флуоресцентного зондирования с климатическими характеристиками во влажный год у яровой твёрдой пшеницы

Климатические характеристики	Сорт	Φ_8	Φ_{16}	Φ_{24}	Φ_{32}	Φ_{40}	V_y	a	K_c
Максимальная температура воздуха за сутки	Л				-0,73	-0,77		0,80	
	Г	-0,83	-0,88	-0,86	-0,81	-0,83		0,84	0,80
Средняя температура воздуха за несколько суток	Л						-0,69		
	Г	-0,83	-0,74	-0,78	-0,74	-0,80		0,75	0,69
Средняя упругость водяного пара за сутки	Л					-0,68	-0,75	0,75	0,77
	Г	-0,88	-0,87	-0,93	-0,90	-0,93	-0,76	0,91	
Минимальная относительная влажность воздуха за сутки	Л								
	Г	-0,74	-0,68		-0,67			0,67	
Амплитуда колебания относительной влажности воздуха за сутки	Л								
	Г			-0,71	-0,76	-0,74	-0,67	0,68	0,68
Минимальная температура почвы за сутки	Л					-0,67		0,72	
	Г	-0,71	-0,85	-0,80	-0,77	-0,78		0,79	0,78
Максимальная температура почвы за сутки	Л		-0,69	-0,79	-0,71				
	Г								
Средняя температура почвы за несколько суток	Л							0,68	
	Г	-0,79	-0,73	-0,77	-0,75	-0,79		0,74	0,69
Температура почвы на глубине 0,2 м	Л				-0,68	-0,73		0,74	
	Г	-0,79	-0,85	-0,83	-0,81	-0,82		0,82	0,78

Примечания и сноски см. в табл. 1-2.

седиментационного осадка с погодными характеристиками оказался ещё шире: средняя температура воздуха за сутки перед взятием пробы (0,85*), средняя упругость водяного пара за сутки перед взятием пробы (0,89**), минимальная температура воздуха за сутки (0,94**), максимальная температура воздуха за сутки (0,84*), минимальная температура почвы за сутки (0,99**), температура почвы на глубине 0,2 м (0,84*).

Динамический способ флуоресцентного зондирования продуктов размола зрелого зерна, как более тонкий инструмент анализа состоя-

ния белкового комплекса эндосперма, выявил дополнительные взаимосвязи между конечным качеством зерна и погодными характеристиками. У сорта Гордеиформе 2946 это: минимальная температура воздуха за сутки (0,68*-0,72*), минимальная относительная влажность воздуха за сутки (0,71*-0,47*), температура почвы на глубине 0,2м (0,76*-0,93**). У сорта Людмила это: относительная влажность воздуха за сутки, её минимум и максимум (0,70*-0,78*), средняя сумма температур воздуха за несколько суток перед взятием пробы (0,68*-0,80*), средняя сумма тем-

ператур поверхности почвы за несколько суток перед взятием пробы, сумма осадков за несколько суток перед взятием пробы (0,69*-0,82*). В обоих случаях повышение температуры воздуха и почвы, увлажнение – положительно сказывались на качестве зерна. А у более качественного сорта снова проявился эффект замедленной реакции на погодные изменения и кумулятивный эффект благоприятных воздействий среды.

ВЫВОДЫ

По воздействию погодных характеристик на различные показатели флуоресцентного зондирования в ряде случаев выявлены структурные различия строения или формации белковых макромолекул у твёрдой пшеницы и мягкой пшеницы, а также между потенциально качественными и менее качественными генотипами в пределах каждого вида.

На качество зерна твёрдой пшеницы благотворно влияли повышение температуры воздуха и почвы, улучшение гидротермического режима в не зависимости от типа погодных условий года. Мягкая же пшеница испытывала избыточный стресс в засушливый жаркий год и снижала качество под воздействием этих факторов и в меньшей степени реагировала на улучшение погодных условий, снижая качество под воздействием увлажнения в год, когда оно не было в дефиците. Т.о. можно предполагать большую потенциальную видовую гомеостатичность твёрдой пшеницы по показателю «качество зерна».

У обоих видов пшеницы потенциально менее качественные генотипы в целом более мо-

бильно реагировали на уровне структурной перестройки белкового комплекса эндосперма на изменения погодных условий. При этом у потенциально качественных генотипов порою проявлялась либо более замедленная реакция на изменения погодных условий, либо кумулятивный эффект воздействия благоприятных для них факторов – высоких температур (кроме случая избыточного стресса у мягкой пшеницы в жаркий засушливый год) и осадков.

Каждый эпизод изменения погодных условий в период созревания зерна может в значительной степени влиять на итоговое качество собранного урожая.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Павлов А.Н. Качество клейковины пшеницы и факторы его определяющие // Сельскохозяйственная биология. 1992. № 1. С. 3-15
2. Кибкало И.А. Эффективность тестирования качества клейковины яровой мягкой и твёрдой пшеницы на основе гидрофобных взаимодействий в белковом комплексе. Дис. ... канд. с.-х. наук. Саратов, 2000. 206 с.
3. Владимиров Ю.А., Добрецов Р.Е. Флуоресцентные зонды в исследовании биологических мембран // М.: Наука, 1980. 320 с.
4. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1973. 343 с.
5. Бебякин В.М., Бунтина М.В., Васильчук Н.С. Информативность показателя ДСН-седиментации в связи с селекцией яровой твёрдой пшеницы // Доклады ВАСХНИЛ. 1987. № 3. С. 3-5.
6. Тучин С.В., Кибкало И.А., Бебякин В.М. Способ определения качества клейковины пшеницы // Патент на изобретение № 2161797, приоритет от 27.08.1999. Москва, 2001.

INFLUENCE OF THE WEATHER AND CLIMATE CONDITIONS AT THE PERIOD OF GRAIN MATURING ON THE STATE OF ENDOSPERM PROTEIN COMPLEX TESTING BY THE METHOD OF FLUORESCENT SOUNDING IN SOFT AND DURUM WHEAT

© 2018 I.A. Kibkalo

State Scientific Institution "Agricultural Research institute of South – East Region", Saratov

Influence of the weather characteristics on the properties of the endosperm protein complex of soft and durum wheat was shown by the method of fluorescent sounding. Fluctuations of the weather characteristics is one of the main factors, influencing on the final crop quality. Studying of the weather influence on the forming of endosperm protein complex in connection with the importance of breeding on the grain quality in diverse wheat genotypes is of particular interest.

Keywords: grain quality, protein complex, fluorescent sounding, the weather characteristics, hydrothermal regime.