

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЕФИЦИТА ДАВЛЕНИЯ ПАРА ВОЗДУХА СРЕДНЕСПЕЛЫМИ СОРТАМИ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ФОРМИРОВАНИИ УРОЖАЯ ЗЕРНА

### Efficiency of using air vapor pressure deficit in medium-ripe varieties of soft spring wheat in the formation of grain harvest

**Василевский В. Д.**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,  
ведущий научный сотрудник отдела семеноводства,  
Омский аграрный научный центр  
(г. Омск)

#### Аннотация

В статье использованы результаты полевого опыта, проводившегося в отделе семеноводства Омского АНЦ в 2022 г., по сравнительному испытанию среднеспелых сортов мягкой яровой пшеницы. Определены лучшие сорта по эффективности использования дефицита увлажнения воздуха в период колошение-восковая спелость (формирование и налив зерна) в формировании урожайности зерна при их размещении, как по чистому пару, так и по зерновому предшественнику – Лютеценс 205/12-5, Байсан, КВС Аквилон, Омская крепость, Гонец и Лютеценс 242/13-10.

**Ключевые слова:** пшеница мягкая яровая, сорт, предшественник, дефицит давления воздуха (VPD), урожайность зерна, эффективность.

#### Summary

The article uses the results of field experience conducted in the seed production department of the Omsk NPP in 2022, on the comparative test of medium-ripe varieties of soft spring wheat. The best varieties in terms of the efficiency of using air humidification deficiency during the peeling-wax ripening period (grain formation and filling) in the formation of grain yield during their placement, both in pure steam and in grain precursor - Lutescens 205/12-5, Baisan, PIC Aquilon, Omsk Fortress, Gonets and Lutescens 242/13-10.

**Keywords:** soft spring wheat, variety, precursor, air pressure deficit (VPD), grain yield, efficiency.

**Введение.** В Омской области выращиваются сорта мягкой яровой пшеницы, относящиеся к трём группам спелости: среднеранняя, среднеспелая и среднепоздняя. Основной возделываемой группой являются среднеспелые сорта, доля которых, согласно рекомендациям ученых ФГБНУ «Омский АНЦ», в структуре посевов мягкой яровой пшеницы в северной лесостепи должны составлять 30-40%, в южной лесостепи – 40-50% и в степной зоне – 35-45% [1]. Современные сорта мягкой яровой пшеницы в условиях производства способны давать в благоприятные годы до 3-6 т/га зерна [2, 3]. Однако реальная средняя урожайность коммерческих сортов пшеницы в Омской области находится в среднем на уровне 1,2-2,0 т/га за счет громадных потерь их продуктивного потенциала под влиянием неблагоприятных климатических факторов, основным из которых являются часто повторяющиеся летние засухи [4]. После 2000 г. в Западно-Сибирском регионе увеличилась повторяемость засух продолжительностью более 2 месяцев [5, 6]. Повышение засушливости территории Западной Сибири связано как с ростом температуры, так и с уменьшением месячных сумм атмосферных осадков [7].

Установлено [8-10], что растения реагируют на изменения дефицита давления пара (VPD) между листом и атмосферой через изменения в реакции устьиц, что, следовательно, может повлиять на транспирацию, фотосинтез и эффективность использования воды на уровне листьев. Растения реагируют на изменения VPD между листом и атмосферой посредством изменений устьичной реакции. Дефицит давления пара (VPD) является одной из основных причин, вызывающих испарение в растениях. VPD – это параметр, характеризующий разницу между максимальным количеством воды, которое может удерживать воздух, и количеством, которое он содержит, чаще всего измеряется в кПа (килопаскалях). По сравнению с относительной влажностью воздуха VPD коррелирует с транспирацией листьев

и позволяет более точно подходить к улучшению агрономических показателей возделываемых человеком растений.

Высокий VPD (выше 1,0 кПа) означает, что воздух сухой. Действительно, воздух все еще может удерживать большое количество воды. В этом случае растение будет слишком быстро испарять влагу, что приведет к иссушению тканей растений и стрессу. Низкий VPD (менее 0,4 кПа) означает, что воздух близок к насыщению. Нулевое значение VPD означает, что воздух насыщен на 100%, и, следовательно, растение не может испарять влагу, движения влаги по растению нет, и урожай не накапливается. Водяной пар не покидает растение, влага остается на листьях, что может способствовать развитию на растениях заболеваний, особенно грибковых. В ближайшем будущем потребуются дополнительные усилия для увеличения урожайности зерновых культур путем отбора сортов, обеспечивающих более высокую продуктивность в условиях жаркого и сухого климата [11]. Таким климатом характеризуются южные лесостепные и степные районы Западной Сибири.

В деле повышения эффективности транспирации зерновых культур, в том числе и пшеницы, в формировании урожайности зерна, на наш взгляд, должны использоваться генотипы, способные экономично использовать любые важные для них ресурсы среды, в том числе и дефицит увлажнения воздуха, а также обеспечивать возврат к первичной скорости транспирации после выпадения осадков.

В связи с вышеизложенным в задачи исследований входило: 1) выявить влияние накапливаемой за период колошение-восковая спелость суммы дефицитов давления пара воздуха на формирование урожайности зерна мягкой яровой пшеницы; 2) определить лучшие среднеспелые сорта мягкой яровой пшеницы, отличающиеся максимально эффективным использованием этого ресурса среды, а, следовательно, и более эффективной транспирацией в формировании урожая зерна при размещении по чистому пару и зерновому предшественнику.

**Объекты и методы исследований.** Объектами исследований являлись 19 среднеспелых сортов мягкой яровой пшеницы (в их числе 14 сортов отечественной селекции, в том числе 11 сортов – селекции ФГБНУ «Омский АНЦ», и 5 сортов – иностранной селекции). Опыт проведен в 2022 гг. на опытном поле отдела семеноводства ФГБНУ «Омский АНЦ» в условиях южной лесостепи Западной Сибири по двум предшественникам: чистому пару и зерновому предшественнику (вторая культура после пара). Посев пшеницы проводился 14 мая сеялкой ССФК-7М сплошным рядовым способом с шириной междурядий 15 см и нормой высева 4,5 млн. шт. всхожих зерен на гектар, семена заделывались на глубину 4-6 см.

Учёт урожая проводили с помощью селекционного зерноуборочного комбайна «Wintersteiger Classic Plus» методом сплошного обмолота растений с каждой делянки с приведением урожая зерна к 14%-й стандартной влажности и 100%-й чистоте по методике государственного сортоиспытания с.-х. культур [12,13]. Статистическая обработка экспериментальных данных осуществлена методами дисперсионного и корреляционного анализа в изложении Б.А. Доспехова [14].

Почва опытного участка – чернозем слабо выщелоченный, средне гумусовый (около 6%), среднеспелый, средне- и тяжелосуглинистый, с рН почвенного раствора 6,5-6,8. Климат южной лесостепной зоны Западной Сибири резко континентальный. В среднем за год выпадает 300-350 мм осадков с крайне неравномерным их распределением в течение года. Сумма осадков, выпадающих за вегетационный период (май-август) составляет 200-220 мм, что значительно меньше расхода влаги на испарение (250-280 мм). ГТК по Г.Т. Селянинову составляет в среднем 0,95-1,05.

Метеоусловия вегетационного периода 2022г. имели свои особенности (таблица 1). Май был теплее обычного на 2,3°C. За месяц выпало лишь 10,9 мм осадков, что составило 35% от нормы.

Таблица 1

**Метеорологические условия вегетационного периода 2022 г., (ГМС Омск)**

Месяц	Декада			За месяц	Норма за месяц	Отклонение от нормы $\pm^{\circ}\text{C}$ ; %	ГТК
	I	II	III				
<i>Температура воздуха, <math>^{\circ}\text{C}</math></i>							
Май	10,2	16,6	18,9	15,3	13,0	+2,3	-
Июнь	14,8	19,3	17,9	17,3	18,0	-0,7	-
Июль	18,4	20,8	20,3	19,9	19,4	+0,5	-
Август	19,4	15,0	16,1	16,8	17,0	-0,2	-
Сентябрь	14,2	11,2	8,3	11,2	10,6	+0,6	-
<i>Осадки, мм</i>							
Май	0,0	4,9	6,0	10,9	31	35	0,23
Июнь	13,4	4,0	35,3	52,7	55	95	1,01
Июль	7,7	13,0	95,4	116,1	65	179	1,88
Август	16,0	19,0	1,6	36,2	56	65	0,70
Сентябрь	9,7	0,0	29,5	39,2	30	133	-

Прим.: материалы электронного ресурса: [www.pogodaiklimat.ru](http://www.pogodaiklimat.ru) (г. Омск, апрель-сентябрь 2022 г.)

В июне преобладала прохладная, особенно в первой его декаде, и в основном сухая погода. Осадков за июнь выпало 52,7 мм, или 95% от нормы. Однако 60% июньских осадков (31,8 мм) пришлось на 25-30 июня. Влагообеспеченность растений зерновых культур была недостаточной. В июле наблюдалась теплая погода с острым дефицитом атмосферного увлажнения. Количество выпавших с 1 по 27 июля осадков составило всего лишь 26,1 мм, или 40% от нормы. Лишь в самом конце месяца (28-29 июля) выпали запоздалые осадки в виде очень интенсивных ливней (90,0 мм), которые уже не оказали существенного влияния на формирование продуктивности яровой пшеницы. В августе преобладала погода по теплообеспеченности близкая к норме, выпало 36,6 мм осадков, или 65% от нормы. Сентябрь характеризовался несколько более теплой погодой, чем обычно. Среднемесячная температура составила 11,2 $^{\circ}\text{C}$  и была на 0,6 $^{\circ}\text{C}$  выше нормы. За сентябрь выпало 39,2 мм осадков, что составило 133% от среднемноголетнего их количества.

Сумма среднесуточных температур выше 10 $^{\circ}\text{C}$  за май-август составила 2132,1 $^{\circ}\text{C}$ , при среднемноголетней норме 2071 $^{\circ}\text{C}$ . За это время выпало 215,9 мм осадков (104% от нормы 207,0 мм). Гидротермический коэффициент (ГТК по А.Т. Селянинову) за период май-август 2022 г. составил 1,01 при норме 1,10. Однако, осадки в течение лета выпадали крайне неравномерно: 113 мм летних осадков (52% от их общего количества за период май-август выпало в виде ливневых осадков всего за 3 суток (23 мм – 29 июня и 90 мм – 28 и 29 июля). Так, ГТК за период с 1 мая по 27 июля составил лишь 0,59 (выпало 89,7 мм осадков при сумме температур 1530,2 $^{\circ}\text{C}$ ). А в периоды с 1 по 24 июня и с 1 по 27 июля ГТК оказались равными 0,49 (выпало, соответственно, по 20,9 и 26,1 мм осадков при суммах температур 424,1 $^{\circ}\text{C}$  и 535,1 $^{\circ}\text{C}$ ), что свидетельствует о средней засухе в эти периоды по шкале Е.К. Зойдце и Т.В. Хомяковой [15].

Суточные значения дефицита давления пара воздуха были получены с использованием автоматической метеостанция «iMETOS 3.3», находившейся на опытных полях ФГБНУ «Омский АНЦ».

**Результаты исследований.** Наши исследования показали, что сумма дефицитов давления пара воздуха за период колошение-восковая спелость, измеряемая в кПа, в среднем по сортам изучаемой нами группы спелости составила по паровому предшественнику 40,81 кПа, по зерновому – 40,74 кПа. Коэффициенты вариации, составившие, соответственно, 1,97 и 2,11%, указывают на высокую стабильность суммы дефицитов давления воздуха при прохождении сортами мягкой яровой пшеницы периода колошение-восковая спелость (этот период практически соответствует продолжительности периодов формирования и налива зерна, в течение которых идет формирование урожая зерна у пшеницы).

В условиях средней июньско-июльской летней засухи нами отмечено значительное преимущество (на 65%) в средней урожайности пшеницы при размещении по чистому пару, по сравнению с зерновым предшественником (таблица 2).

При размещении по чистому пару наиболее высокой урожайностью зерна отличались сорта Лютесценс 205/12-5, Байсан, КВС Аквилон, Сигма 5, Гонец, Лютесценс 242/13-10, Омская крепость и Уралосибирская 3 (4,39-3,65 т/га), причем первые семь сортов существенно превосходили по урожайности стандартный сорт Дуэт (3,52 т/га) при НСР<sub>05</sub>=0,15 т/га. При посеве после зернового предшественника (вторая культура после пара) наиболее высокую зерновую продуктивность обеспечивали сорта Лютесценс 205/12-5, КВС Аквилон, Гранни, Байсан, Гонец, Лютесценс 242/13-10, Омская крепость и Омская 45 (2,57-2,16 т/га), существенно превосходя сорт-стандарт (1,99 т/га) при НСР<sub>05</sub>=0,15 т/га. Таким образом, в условиях 2022 г. сорта Байсан, Гонец, КВС Аквилон, Лютесценс 205/12-5, Лютесценс 242/13-10 и Омская крепость стабильно высокой урожайностью зерна характеризовались при размещении по обоим предшественникам. При посеве после зерновых культур высокой зерновой продуктивностью выделялись еще два сорта: Гранни и Омская 45.

Аналогичные закономерности отмечены по использованию суммы дефицитов давления воздуха в формировании урожая зерна, в кг зерна на 1 кПа.

Таблица 2

**Эффективность использования дефицита увлажнения воздуха в формировании урожая зерна среднеспелыми сортами мягкой яровой пшеницы**

Сорт	Сумма дефицитов давления воздуха за период колошение-восковая спелость, кПа		Урожайность зерна, т/га		Эффективность использования дефицитов давления воздуха, кг зерна на 1 кПа	
	П	З	П	З	П	З
Дуэт (St.)	41,71	41,73	3,52	1,99	84,4	47,7
Арабелла	41,13	41,05	3,01	1,93	73,2	47,0
Байсан	40,95	40,37	<b>4,00</b>	<b>2,37</b>	<b>97,7</b>	<b>58,7</b>
Гонец	41,35	41,90	<b>3,79</b>	<b>2,29</b>	<b>91,6</b>	<b>54,6</b>
Гранни	41,14	41,73	3,53	<b>2,45</b>	85,8	<b>58,7</b>
КВС Аквилон	41,27	41,12	<b>4,00</b>	<b>2,52</b>	<b>96,9</b>	<b>61,3</b>
КВС Буран	41,73	41,12	3,31	2,11	79,3	51,3
КВС Торрридон	41,27	41,12	3,64	2,06	88,2	50,1
Лютесценс 205/12-5	40,89	40,37	<b>4,39</b>	<b>2,57</b>	<b>107,4</b>	<b>63,7</b>
Лютесценс 242/13-10	41,31	41,27	<b>3,77</b>	<b>2,21</b>	<b>91,3</b>	<b>53,5</b>
Мелодия	40,11	39,91	3,01	1,95	75,0	48,9
Омская 38	39,90	39,67	2,83	1,87	70,9	47,1
Омская 44	40,30	39,67	3,10	1,91	76,9	48,1
Омская 45	40,89	40,37	3,45	<b>2,16</b>	84,4	<b>53,5</b>
Омская крепость	39,90	39,67	<b>3,73</b>	<b>2,18</b>	<b>93,5</b>	<b>55,0</b>
Сигма	39,65	39,21	3,02	1,81	76,2	46,2
Сигма 5	41,73	41,12	<b>3,81</b>	2,09	<b>91,3</b>	50,8
Силантый	41,39	42,38	3,57	2,10	86,2	49,6
Уралосибирская 3	38,70	40,30	<b>3,65</b>	2,00	<b>94,3</b>	49,6
<i>Среднее</i>	<i>40,81</i>	<i>40,74</i>	<i>3,53</i>	<i>2,14</i>	<i>86,6</i>	<i>52,4</i>
НСР <sub>05</sub>	-	-	0,15	0,15	-	-

Прим.: П – предшественник пар чистый; З – предшественник зерновые культуры (2-я культура после пара)

Самой высокой эффективностью использования дефицитов давления воздуха (107,4-91,3 кг зерна на 1 кПа), а, значит, и наиболее высокой интенсивностью транспирации растений, при размещении по пару отличались сорта Лютесценс 205/12-5, Байсан, КВС Аквилон, Уралосибирская 3, Омская крепость, Гонец, Лютесценс 242/13-10 и Сигма 5; на уровне 90-80

кг/кПа – КВС Торридон, Силантий, Гранни, Дуэт (St.) и Омская 45; 80-70 кг/кПа – КВС Буран, Омская 44, Сигма, Мелодия, Арабелла и Омская 38.

Наиболее эффективным использованием транспирации на создание урожая зерна при размещении после зернового предшественника (63,7-53,5 кг/кПа) выделялись сорта Лютесценс 205/12-5, КВС Аквилон, Байсан, Гранни, Омская крепость, Гонец, Лютесценс 242/13-10 и Омская 45. Менее эффективно транспирация проходила у растений сортов КВС Буран, Сигма 5, КВС Торридон, Силантий, Уралосибирская 3, Мелодия, Омская 44, Дуэт (St.), Омская 38, Арабелла и Сигма (51,3-46,2 кг/кПа).

Отмечена очень тесная прямая корреляционная связь эффективности использования дефицитов давления воздуха на формирование зерна с урожайностью зерна пшеницы: при размещении по пару – 0,984; по зерновому предшественнику – 0,979.

При размещении пшеницы по чистому пару средняя по сортам эффективность использования дефицитов давления воздуха в условиях средней по интенсивности июньско-июльской засухи, в кг зерна на 1 кПа, так же, как и урожайность, на 65% была выше, чем при посеве после зерновых культур.

**Заключение.** Установлена очень тесная зависимость эффективности использования дефицитов давления пара воздуха на формирование зерна с урожайностью зерна пшеницы: при размещении по пару – 0,984; по зерновому предшественнику – 0,979. При размещении пшеницы по чистому пару средняя по сортам эффективность использования дефицитов давления пара воздуха в условиях средней по интенсивности июньско-июльской засухи так же, как и урожайность, на 65% была выше, чем при посеве после зерновых культур.

Определены лучшие среднеспелые сорта мягкой яровой пшеницы по эффективности использования дефицита увлажнения воздуха в период колошение-восковая спелость (формирование и налив зерна) в формировании урожайности зерна – Лютесценс 205/12-5, Байсан, КВС Аквилон, Омская крепость, Гонец и Лютесценс 242/13-10.

#### **Библиографический список**

1. Система адаптивного земледелия Омской области. ФГБНУ «Омский АНЦ». Авт. кол.: И.Ф. Храмцов, В.С. Бойко, Л.В. Юшкевич и [др.]. Омск: Изд-во ИП Макшеевой Е.А., 2020. 522 с.
2. Поползухин П.В., Василевский В.Д., Гайдар А.А. Система ускоренного размножения и внедрения в производство Омской области новых сортов пшеницы и ячменя селекции Сибирского НИИСХ // Труды Кубанского ГАУ. 2015. Вып. 3(54). С. 249–253.
3. Россеева Л.П., Мешкова Л.В., Белан И.А. [и др.] Устойчивость сортов мягкой яровой пшеницы к листостебельным патогенам в Западной Сибири // Вестник Алтайского ГАУ. 2019. № 5 (175). С. 5–11.
4. Пушкарев Д.В., Чурсин А.С., Кузьмин О.Г. [и др.] Изменчивость климатических факторов и урожайности сортов яровой мягкой пшеницы в степной зоне Омской области // Вестник Омского ГАУ. 2018. № 2 (30). С. 39–45.
5. Рязанова А.А., Воропай Н.Н. Повторяемость атмосферных засух на юге Сибири в конце XX – начале XXI вв. // Международная конференция и школа молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды: Enviromis-2018. (г. Томск, 5-11 июня 2018 г.). Томск: Томский ЦНТИ, 2018. С. 372–374.
6. Литвинова О.С. Влияние макроциркуляционных условий на атмосферное увлажнение юга и юго-востока Западной Сибири // Географический вестник. 2020.
7. Рязанова А.А., Воропай Н.Н. Засухи и периоды переувлажнения на юге Сибири в конце XX – начале XXI веков // Международная молодежная школа и конференция по вычислительно-информационным технологиям для наук об окружающей среде (г. Таруса-Звенигород, 28 августа-07 июля 2017 г.). Томск: Томский ЦНТИ, 2017. С. 171–175.

8. Broughton K.J., Payton P., Tan D.K., Tissue D.T., Bange M.P. Effect of vapour pressure deficit on gas exchange of field-grown cotton // Journal of Cotton Research. 2021. Vol. 4. № 30. <https://doi.org/10.1186/s42397-021-00105-4>.
9. Devi M.J., Reddy V.R. Transpiration response of cotton to vapor pressure deficit and its relationship with stomatal traits // Front Plant Sci. 2018. Vol. 9: P. 1572–1581. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01572>.
10. Shekoofa A., Safikhan S., Snider J.L., et al. Variation in stomatal conductance responses of cotton cultivars to high vapour pressure deficit under controlled and rainfed environments // Journal Agron. Crop Sci. 2021. Vol. 207. № 2. P. 332–343. <https://doi.org/10.1111/jac.12440>.
11. Robertson M., Kirkegaard J., Rebetzke G., Llewellyn R., and Wark T. Prospects for yield improvement in the Australian wheat industry: a perspective // Food and Energy Security. 2016. Vol. 5. PP. 1–16. <https://doi.org/10.1002/fes3.81>.
12. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск первый. М., 1985. 268 с.
13. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй. М., 1989. 194 с.
14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 308 с.
15. Зойдзе Е.К., Хомякова Т.В. Моделирование формирования влагообеспеченности территории Европейской России в современных условиях и основы оценки агроклиматической безопасности // Метеорология и гидрология. 2006. №2. С. 98-105.