



УДК 631

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В РАЗНЫХ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ МЕТОДОМ УСТЬИЧНОГО АНАЛИЗА

Л.Г. Смирнова, И.И. Михайленко

Белгородский НИИ сельского хозяйства
РАСХН, Россия, 308001,
ул. Октябрьская, 58

E-mail: lidya.smirnova@yandex.ru

При выращивании озимой пшеницы необходимо учитывать ее экологическую устойчивость к неблагоприятным условиям среды. Известно, что разнообразие элементов рельефа создает неоднородную экологическую обстановку, различающуюся по химическим, физическим, минеральным процессам почвообразования, водному режиму в почве, микроклиматическим условиям. Таким образом, у растений озимой пшеницы отмечается адаптация разной степени к экологическим факторам среды. Данные исследования посвящены изучению устьичного аппарата как показателя устойчивости растений. Применение метода устьичного анализа позволяет оценить физиологическое состояние растений в засушливых условиях.

Ключевые слова: склоновая микроразнональность, экологическая устойчивость, озимая пшеница, устьичный аппарат, урожайность озимой пшеницы.

Введение

Растения в природной среде часто подвергаются негативному воздействию климатических факторов. Способность растений адаптироваться к неблагоприятным факторам окружающей среды, сопротивляться им и при этом сохранять свой жизненный потенциал является одной из важнейших экологических функций растительных организмов. Главная роль ее состоит в возможности реализовывать защитно-приспособительные механизмы [1].

Одним из способов адаптации растений является изменение их устьичной активности. Известно, что в зависимости от содержания воды в листе устьичное отверстие может расширяться и тогда транспирация увеличивается. При повышении осмотического давления в межклеточном соке устьичные клетки сжимаются, и устьичное отверстие уменьшается, иногда вплоть до полного закрытия устьиц. При полном закрытии устьиц транспирация, а также любой газообмен прекращаются [2]. Таким образом, устьичный аппарат растений способен влиять на интенсивность газообмена и фотосинтеза.

Установление закономерностей изменения адаптивных реакций сельскохозяйственных культур позволит выявить устойчивые сорта озимой пшеницы к изменяющимся условиям склона.

Цель работы – изучение экологической устойчивости растений озимой пшеницы в условиях склоновой микроразнональности методом устьичного анализа.

В задачу исследований входило: изучение экологических условий на опытном участке; оценка адаптации сортов озимой пшеницы к абиотическим факторам методом устьичного анализа; выявление степени влияния числа устьиц на урожайности.

Условия, материалы и методы

Исследования проводили в 2010-2012 гг. на контрастных формах рельефа, расположенных в долине реки Ерик в ландшафтно-полевом опыте. Опытный участок развернут на плакоре и прямом склоне южной экспозиции крутизной 1-3° и 3-5°. Объектами исследований служили сорта озимой пшеницы. Всего исследовали 6 сортов ('Белгородская 12', 'Одесская 267', 'Синтетик', 'Богданка', 'Ариадна', 'Корочанка').

При оценке климатических условий, в качестве величины, характеризующей степень увлажненности территории, использовался условный показатель увлажнения – ГТК (гидротермический коэффициент Селянинова). Гидротермический коэффициент, отражающий соотношение тепла и влаги, рассчитывали по формуле: $ГТК = \sum_{осадков > 10^{\circ}} c > 10^{\circ} \times 10 / \sum_{t > 10^{\circ}} t > 10^{\circ}$, где $\sum_{осадков > 10^{\circ}}$ - сумма осадков при температуре выше 10°; $\sum_{t > 10^{\circ}}$ - сумма температур выше 10°.

Отбор растительных образцов вели по фазам онтогенеза: отрастание, трубкование, колошение, молочно-восковая спелость. Листья отбирали со средней части побега. Исследования



по изучению состояния устьиц проводили с помощью микроскопа «Биолам М». Определяли количество устьиц на участке, расположенном на нижней стороне листа, площадью 1 см² в пятикратной повторности в каждом сорте.

Результаты и обсуждение

За исследуемый период 2010-2012 годы, были рассчитаны гидротермические коэффициенты (табл. 1). 2010 год характеризовался как сухой, прослеживался колоссальный дефицит влаги. Гидротермический коэффициент равнялся 0.4. В 2011 году сложились более благоприятные погодные условия, ГТК составил 1,2, и этот период характеризуется как достаточное увлажнение. В 2012 году в соответствии с ГТК (0.6) зафиксирован засушливый вегетационный период.

Таблица 1
Гидротермические коэффициенты по годам исследования

Оценка периода вегетации	Годы	ГТК
Сухой период	2010	0.4
Достаточное увлажнение	2011	1.2
Недостаточное увлажнение	2012	0.6

Проведенные исследования показали, что величина и число устьиц на единице поверхности у растений озимой пшеницы слабо варьирует в разных частях листовых пластинок. Однако существует связь между количеством устьиц и их величиной – чем больше устьиц, тем они мельче. Количество устьиц изменялось в зависимости от фазы онтогенеза, сорта, орографических условий, а также от метеорологических условий года.

Чтобы определить оптимальные значения по количеству устьиц в листьях озимой пшеницы в конкретную фазу онтогенеза, нами был рассчитан устьичный коэффициент. Если число устьиц превышает этот показатель, это значит, что растение плохо переносит засушливые условия. Если количество устьиц не превышает введенный параметр, то растения нормально адаптировались к условиям среды.

Устьичный коэффициент рассчитывается по формуле: $K_y = N / ГТК * 0.01$, где K_y – устьичный коэффициент; N – среднее число устьиц; ГТК – гидротермический коэффициент; 0.01 – постоянная составляющая.

Таким образом, в 2010 году при ГТК равном 0.4 количество устьиц на листьях растений озимой пшеницы варьировало от 5856 шт./см² в период отрастания до 9110 шт./см² в период колошения /цветения. Повышение температуры воздуха увеличивает их число на листьях. Орографические факторы слабо влияли на данный показатель. Различия отмечены только у сортов 'Одесская 267' и 'Синтетик' на плакоре в период отрастания. В фазу трубкования у сорта 'Ариадна' и 'Богданка' выявлена значительная разница между количеством устьиц по рельефу. В период колошения/цветения практически все сорта не отличались между собой по данному показателю (табл. 2).

Таблица 2
Количество устьиц (шт./см²) и устьичные показатели в процессе онтогенеза в зависимости от позиции рельефа за 2010 год

Позиция рельефа	Сорт						
	Белгородская 12	Одесская 267	Корочанка	Богданка	Ариадна	Синтетик	Норма
Отрастание T=15,8°C							
Плакор	6474-161	5856-146	7327-183	6092-152	6444-161	5962-149	119
Склон 1-3°	5928-148	6898-172	6788-169	6558-163	6354-158	7750-193	129
Склон 3-5°	6058-151	6542-163	6628-165	6156-153	6308-157	7154-178	131
Трубкование T=17,8°C							
Плакор	7034-175	8122-203	8950-223	7126-178	6320-158	7774-194	171
Склон 1-3°	8574-214	8462-211	8954-223	8364-209	8326-208	8342-221	200
Склон 3-5°	8254-206	8192-204	8230-205	7948-198	7372-184	7454-186	188
Колошение/цветение T=21,4°C							
Плакор	8420-210	8396-209	8644-216	7618-190	7814-195	7924/198	181
Склон 1-3°	8190-204	8756-218	8618-215	8216-205	7536-188	7744/193	192
Склон 3-5°	8512-212	8873-221	9110-227	9092-227	7728-193	8673/216	193
НСР ₉₅ фактор А – рельеф – 272.4; В – фаза – 272.4; С – сорт – 385.3							

В процессе онтогенеза у сортов озимой пшеницы выявлена достоверно существенная разница между количеством устьиц. Так, в период отрастания существенная разница выявлена между сортами 'Одесская 267' (5856 шт./см²) и 'Корочанка' (7327 шт./см²) на плакоре; на



склоне максимум отмечен у сорта 'Синтетик' (7154-7750 шт./см²), а минимум у сорта 'Белгородская' 12 (5928-6058 шт./см²). В фазу трубкования достоверные различия зафиксированы на плакоре между сортами 'Ариадна' (6320 шт./см²), 'Белгородская' 12 (7034 шт./см²), 'Богданка' (7126 шт./см²) и 'Корочанка' (8950 шт./см²). В условиях склоновой микроразнообразности крутизной 1-3° выделен сорт 'Корочанка' (8954 шт./см²), на участке 3-5° – 'Ариадна' (7372 шт./см²), 'Синтетик' (7454 шт./см²). У сортов 'Ариадна' и 'Синтетик' устьичные показатели находятся в пределах нормы. В период колошения/цветения получена существенная разница между сортами 'Корочанка' (8644 шт./см²) и 'Богданка' (7618 шт./см). В условиях склона наиболее устойчивым оказался сорт 'Ариадна' (7536-7728 шт./см²).

В 2011 году также, как и в 2010 году получены достоверно низкие значения по количеству устьиц в период отрастания (3795-3933 шт./см²) по сравнению с другими фазами онтогенеза (табл.3). Однако в связи с более низкой температурой в фазу отрастания (13.1°C) в 2011 году в целом число устьиц было меньше, чем в аналогичном периоде в 2010 году. Согласно устьичным показателям растения в этом году на всех вариантах хорошо адаптировались к условиям среды. Следует отметить, что в период трубкования (при средней температуре – 17.3°C) количество устьиц было в среднем больше, чем в фазу колошения / цветения (при средней температуре – 20.6°C). Это можно объяснить тем, что в период колошения / цветения выпало избыточное количество атмосферных осадков (ГТК – 1.8), что привело к снижению числа устьиц. Известно, что склон прогревается интенсивнее плакора, поэтому у всех сортов в фазу колошения / цветения, за исключением Белгородской 12, отмечено наибольшее количество устьиц в условиях склона 3-5° (7168-8560 шт./см²).

Таблица 3

Число устьиц (шт./см²) и устьичные показатели в процессе вегетации в зависимости от позиции рельефа в 2011 г.

Позиция рельефа	Сорт						Норма
	Белгородская 12	Одесская 267	Корочанка	Богданка	Ариадна	Синтетик	
Отрастание T=13.1°							
Плакор	4408-36	3936-32	4560-38	3558-29	3036-25	3276-27	39
Склон 1-3°	3818-31	3112-25	4620-38	3620-30	3366-28	3248-27	43
Склон 3-5°	4810-40	4240-35	4220-35	3220-26	3304-27	3808-31	43
Трубкование T=17.3°C							
Плакор	6344-52	7338-61	6460-53	6180-51	5992-49	5312-44	57
Склон 1-3°	7728-64	7632-63	7088-59	6390-53	7534-62	6132-51	66
Склон 3-5°	6662-55	7494-62	7538-62	6044-50	6760-56	6960-58	62
Колошение/цветение T=20.6°C							
Плакор	4256-35	5394-44	5486-45	4752-39	6082-50	5634-46	60
Склон 1-3°	6460-53	5694-47	6858-57	6198-51	6284-52	5844-48	64
Склон 3-5°	5796-48	7590-63	8560-71	7294-60	7168-59	7364-61	64
Молочно-восковая спелость T=20.2°C							
Плакор	6570-54	5980-49	5922-49	7144-59	5994-49	5898-49	59
Склон 1-3°	6282-52	5956-49	6758-56	6478-53	5330-44	5878-48	60
Склон 3-5°	6806-56	5804-48	6192-51	6348-52	6108-50	5880-49	57
НСР ₉₅ фактор А – рельеф – 287.2; В – фаза – 331.7; С – сорт – 406.2							

Проведенная сравнительная характеристика сортов озимой пшеницы по числу устьиц показала, что в каждой исследуемой микроразнообразности были выявлены сорта с большим и меньшим количеством устьиц. Так, в период отрастания существенная разница обнаружена на плакоре между сортами 'Ариадна' (3036 шт./см²) и 'Корочанка' (4560 шт./см²), на участке склона 1-3° – 'Корочанка' (4620 шт./см²) и 'Одесская 267' (3112 шт./см²), в условиях склона 3-5° – 'Богданка' (3220 шт./см²) и 'Белгородская 12' (4810 шт./см²). В фазу трубкования достоверные различия получены на плакоре между сортами 'Одесская 267' (7338 шт./см²) и 'Синтетик' (5312 шт./см²), в микроразнообразности крутизной 1-3° наиболее устойчивым был 'Синтетик' (6132 шт./см²), в условиях склона 3-5° – между сортами 'Корочанка' (7538 шт./см²) и 'Богданка' (6044 шт./см²). В период колошения/цветения меньшее количество устьиц зафиксировано у сорта 'Белгородская 12' (4256 шт./см² на плакоре, 5796 шт./см² на склоне крутизной 3-5°) и 'Одесская 267' в условиях склона 1-3° (5694 шт./см²). На этапе молочно-восковой спелости меньше всех адаптировался сорт 'Богданка' (7144 шт./см²) на плакоре. Минимальное число устьиц зафиксировано у сорта 'Ариадна' (5330 шт./см²) на участке склона 1-3°.

В 2012 году получены неполные данные исследования. Это связано с тем, что на склоне в период посева и после него сохранялись засушливые условия, которые привели к недостатку доступной влаги для растений. В связи с этим появились недружные всходы, особенно на



участке склона крутизной 3–5°. Перезимовка усилила негативные последствия засушливых условий осени и привела к еще большему изреживанию посевов. На участке склона 3–5° отмечались лишь единичные растения.

Таблица 4

Число устьиц (шт./см²) и устьичные показатели в процессе вегетации в зависимости от позиции рельефа в 2012 г.

Позиция рельефа	Сорт						
	Белгородская 12	Одесская 267	Корочанка	Богданка	Ариадна	Синтетик	Норма
Отрастание T=16,5°C							
Плакор	5169-86	4975-82	5391-89	4421-73	4499-74	5057-84	79
Склон 1-3°	5445-90	5974-99	5765-96	5448-90	5917-98	5814-96	86
Трубкавание T=21°C							
Плакор	7644-127	7517-125	8330-138	8585-143	7338-122	8423-140	114
Склон 1-3°	9097-151	9550-159	8431-140	9248-154	7823-130	8040-134	133
Колошение/цветение T=20°C							
Плакор	8286-138	8018-133	9677-161	9571-159	9550-159	9763-162	120
Склон 1-3°	10426-173	10451-174	9048-150	10600-176	8977-149	9972-166	128
Молочно-восковая спелость T=21,6°C							
Плакор	9815-163	8239-137	8010-133	8220-137	8236-137	9095-151	118
Склон 1-3°	9534-158	8362-139	8549-142	9457-157	9135-152	9760-162	120
НСР ₉₅ фактор А – рельеф – 488,9; В – фаза – 691,4; С – сорт – 846,8							

Количество устьиц варьировало в процессе онтогенеза (табл. 4). Достоверно минимальное количество устьиц зафиксировано в фазу отрастания по всем сортам (4894-4985 шт./см²). В период трубкавания число устьиц возросло и в среднем составило 8139-8531 шт./см²; на этапе колошения / цветения - 9310-10079 шт./см². Согласно устьичным коэффициентам более устойчивыми к засухе были сорта озимой пшеницы 'Богданка' и 'Ариадна' на плакоре в фазу отрастания. Кроме того, сорт 'Ариадна' лучше противостоял засушливым условиям на участке склона 1–3° в период трубкавания. В процессе вегетации проявлялись различия между сортами по числу устьиц. Так, в период трубкавания достоверно меньшее количество устьиц на всех вариантах выявлено у сорта 'Ариадна' (4499 шт./см²); в фазу колошения / цветения существенная разница обнаружена между сортами 'Одесская 267' (8018 шт./см²) и 'Синтетик' (9763 шт./см²) на плакоре, сорт 'Ариадна' был устойчивее на участке склона 1–3° (8977 шт./см²); на этапе молочно-восковой спелости засушливые условия хуже перенесли сорта 'Белгородская 12' (9534-9815 шт./см²) и 'Синтетик' (9095-9760 шт./см²).

Анализ данных таблицы 5 показывает, что количество устьиц у сортов озимой пшеницы по элементам рельефа меняется неравномерно.

Таблица 5

Влияние абиотических факторов на изменение количества устьиц (шт./см²) у сортов озимой пшеницы за 2010-2012 гг.

Сорт	Вариант	2010 год	2011 год	2012 год
1	2	3	4	5
Белгородская 12	Плакор	7309	5394	7828
	Склон 1-3°	7564	6072	8375
	Склон 3-5°	7641	5268	
Одесская 267	Плакор	7458	5662	7687
	Склон 1-3°	8039	5598	8084
	Склон 3-5°	7869	5782	
Фея	Плакор	8307	5357	8352
	Склон 1-3°	8120	6023	7448
	Склон 3-5°	7956	6033	
Корочанка	Плакор	6945	5659	8199
	Склон 1-3°	7713	5671	8688
	Склон 3-5°	7732	5726	
Богданка	Плакор	7193	5276	7656
	Склон 1-3°	7405	5878	7713
	Склон 3-5°	7136	5835	
Ариадна	Плакор	7053	5030	8834
	Склон 1-3°	7945	5275	7646
	Склон 3-5°	7637	5753	



Окончание таблицы 5

1	2	3	4	5
Синтетик	Плакор	5053	5030	8834
	Склон 1-3°	5945	5275	7646
	Склон 3-5°	5637	5753	
НСР ₉₅		363.4	344.7	735.7

Так, в сухом 2010 году количество устьиц варьировало от 7377 до 7797 шт./см²; в 2012 году – от 7992 до 8092 шт./см². В то время как в благоприятном 2011 году их число было меньше и составило 5396-5753 шт./см². В 2010 году наиболее адаптировались к засухе сорта 'Богданка' на плакоре (6945 шт./см²), 'Ариадна' и 'Белгородская 12' в микрозоне 1-3° (7405 и 7564 шт./см²). В 2011 году у сорта 'Синтетик' наблюдалось минимальное число устьиц на плакоре и части склона 1-3° (5030 и 5275 шт./см²). В условиях склона 3-5° лучшим был сорт 'Белгородская 12' (5268 шт./см²). В 2012 году на плакоре хуже всех переносил засуху сорт 'Синтетик' (8834 шт./см²). В агроландшафтном контуре 1-3° наиболее устойчивым был сорт 'Корочанка' (7448 шт./см²).

Урожайность сортов озимой пшеницы в среднем за период исследований 2010-2012 годов варьировала по вариантам от 8.6 до 28.0 ц/га. Максимальной она отмечена у сортов 'Ариадна' и 'Синтетик' на плакоре – 28.0 ц/га, минимальная – у сорта 'Одесская 267' на склоне 3-5° – 8.6 ц/га. Средние показатели урожайности на плакоре были выше, чем в условиях склона. В микрозоне крутизной 1-3° разница с плакором составила 9.1 ц/га. В условиях склона 3-5° урожайность составляла от 8.6 до 16.3 ц/га. В среднем она была на 10.6 ц/га ниже, чем на плакоре. (табл. 6). В каждой микрозоне разница между сортами по урожайности не выявлена.

Таблица 6

Влияние орографических факторов на урожайность сортов озимой пшеницы, ц/га (среднее за 2010-2012 гг.)

Сорт	Плакор	Склон 1-3°	Склон 3-5°	Разница от плакора к склону	
				1-3°	3-5°
Белгородская 12	23.7	19.3	15.1	4.4	8.6
Одесская 267	20.9	14.1	8.6	6.8	12.3
Корочанка	24.8	13.1	11.3	11.7	13.5
Богданка	27.6	17.2	16.3	10.4	11.3
Ариадна	28.0	13.7	13.6	14.3	14.4
Синтетик	28.0	12.2	13.0	15.8	15
Среднее	23.8	14.7	13.2	9.1	10.6
НСР ₉₅ 19.5 фактор А – рельеф – 7.4; В – сорт – 11.3					

Выводы

1. За время исследований сложились неоднородные погодные условия: в 2010 году ГТК равнялся 0.4 (сухой период), в 2011 – 1.2 (достаточное увлажнение), в 2012 году – 0.6 (засушливый период).

2. Различие климатических условий сказалось на количестве устьиц у сортов озимой пшеницы. Их число увеличивается с повышением температуры воздуха по фазам онтогенеза. Количество устьиц достоверно изменялось в зависимости от фазы онтогенеза, сорта, орографических факторов, а также от метеорологических условий года.

3. Для выявления наиболее устойчивых сортов озимой пшеницы, был рассчитан устьичный коэффициент. Согласно ему более адаптированными к засухе оказались сорта озимой пшеницы 'Богданка' и 'Ариадна'.

3. Урожайность сортов озимой пшеницы изменялась по годам исследования и в среднем за 2010-2012 годы составляла 23.8 ц/га на плакоре, 14.7 ц/га на склоне 1-3° и 13.2 ц/га в условиях склона 3-5°. Это связано с влиянием ряда факторов. Главными из них остаются метеорологические условия и экологические факторы, которые изменяются в зависимости от позиций рельефа. Максимальная урожайность наблюдалась у сортов 'Ариадна' и 'Синтетик' на плакоре – 28.0 ц/га, минимальная – у сорта 'Одесская 267' на склоне 3-5° – 8.6 ц/га.

Список литературы

1. Чиркова Т.В. Физиологические основы устойчивости растений / Т.В. Чиркова. – СПб.: СПбГУ, 2002. – 244 с.
2. Чернавская Н.М. Периодические явления в фотосинтезе / Н.М. Чернавская, Д.С. Чернавский // Успехи физических наук. – 1960. – №3. – С. 627-651.



3. Каталог мировой коллекции ВИР: Засухоустойчивость сортов земляники ананасной в условиях Северо-Запада РСФСР и Краснодарского края / Под. ред. Г.Б. Удовенко. – Ленинград, 1989. – 20 с.

DEFINITION OF ECOLOGICAL TOLERANCE SORTS OF WINTER WHEAT BY METHOD OF STOMATAL ANALYSIS IN DIFFERENT GEOMORPHOLOGICAL CONDITIONS

L.G. Smirnova, I.I. Mikhailenko

*Belgorod Research Institute of Agriculture
of Russian Academy of Agrarian Sciences,
58. Octabr'skaya St., Belgorod, 308001,
Russia*

E-mail: lidya.smirnova@yandex.ru

During cultivation of winter wheat it is necessary to consider its ecological tolerance to unpropitious environmental conditions. It is known that diversity of landscape elements creates a heterogeneous ecological environment, which differs in chemical, physical, mineral soil formation processes, the water regime in the soil, microclimate conditions. Thus, in plants of winter wheat different degrees of adaptation to the ecological factors of the environment are observed. These researches are devoted to studying of the stomatal apparatus as indicators of tolerance of plants. Application of the method of stomatal analysis allows estimating physiological state of plants in arid conditions.

Key words: slope microzonation, ecological tolerance, winter wheat, stomatal apparatus, productivity of winter wheat.