

СУТОЧНЫЙ РИТМ ОСМОТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ КЛЕТОЧНОГО СОКА В РАСТЕНИЯХ СОИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ГРИБА *MACROPHOMINA PHASEOLINA* (TASSI) GOID.

Саенко Г.М., канд. биол. наук

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта», г. Краснодар

Аннотация. Развитие пепельной гнили на сое, возбудителем которой является гриб *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. является важным вопросом в селекции растений на устойчивость к данному заболеванию. Важным этапом разработки метода контроля ОДКС в тканях сои стали исследования суточного ритма колебаний концентрации клеточного сока, которые позволяют подтвердить предположение о влиянии температуры окружающей среды на концентрацию клеточного сока.

Ключевые слова: соя, пепельная гниль, суточный ритм клеточного сока.

Введение. В связи с увеличением наступления в летний период продолжительных и интенсивных засушливых периодов, изучение развития пепельной гнили на сое, возбудителем которой является гриб *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid., биологических особенностей патогена, а также поиск эффективных мероприятий по снижению вредоносности болезни являются актуальными.

Изучение литературных данных, а также собственные наблюдения за распространением и развитием пепельной гнили на сое показывают, что признаки болезни максимально проявляются на культуре в острозасушливые годы, когда в тканях растений из-за дефицита воды повышается концентрация клеточного сока.

На основании выявленных взаимосвязей между влажностью окружающей среды и образованием микросклероциев нами была сформулирована рабочая гипотеза осмотически зависимого образования микросклероциев у *M. phaseolina*, основанная на градиенте осмотического давления внутри и вне мицелия гриба [1, 2].

Согласно этой гипотезе образование микросклероциев в значительной степени обусловлено гипертоническим ОДКС (осмотическое давление клеточного сока) внутри мицелия гриба относительно ОДКС тканей растения-хозяина. При развитии водного стресса ОДКС тканей растения-хозяина увеличивается и достигает изотонических значений к ОДКС внутри мицелия. При изотонических значениях ОДКС мицелия патогена и тканей растений для гриба наступает «физиологическая засуха», провоцирующая массовое образование микросклероциев. Образовавшиеся микросклероции закупоривают сосуды ксилемы, последовательно вызывая угнетение, завядание и гибель растения-хозяина [5, 6].

Материалы и методы. Основные учёты и исследования посевов сои и возбудителя пепельной гнили *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. проводили

в период 2007–2010 гг. на центральной экспериментальной базе Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур имени В.С. Пустовойта (ВНИИМК), г. Краснодар, Российская Федерация.

Для исследования динамики осмотического давления клеточного сока (ОДКС) в тканях сои в течение онтогенеза использовали рефрактометры ИРФ-22 и PR-101a по методике Н. Н. Третьякова [3]. Особенности развития гриба в условиях водного стресса оценивали путём выращивания мицелия гриба на жидкой питательной среде Чапека с различными концентрациями высокомолекулярного нейтрального осмотического вещества полиэтиленоксида (ПЭГ-6000) на основе методики М. L. Ramirez и S. N. Chulze [4].

Результаты и обсуждение. Для реализации гипотезы осмотически зависимого образования микросклероциев у пепельной гнили нами был разработан метод контроля концентрации клеточного сока в тканях растений в критические для проявления болезни фазы онтогенеза. Известные из литературы, а также полученные в наших исследованиях экспериментальные данные свидетельствуют о зависимости образования микросклероциев от внешних условий, прежде всего, от окружающей температуры и содержания влаги питательным субстратом.

В полевых условиях массовое формирование микросклероциев в тканях сои контролируется концентрацией клеточного сока растения-хозяина. В свою очередь, на уровень ОДКС тканей сои большое влияние должны оказывать температура окружающей среды и объём запасов влаги в почве. Повышение температуры воздуха, особенно в условиях засухи, должно способствовать усилению транспирации воды из сои, и, следовательно, повышению концентрации клеточного сока. Причём, в зависимости от удалённости различных частей растений от корневой системы с одной стороны, и приближённости тканей к испаряющим органам – с другой стороны, степень оводнённости тканей может быть различна. Очевидно, что суточные колебания температур воздуха также будут оказывать некоторое модифицирующее влияние на ОДКС тканей сои.

Первым обязательным этапом разработки метода контроля ОДКС в тканях сои стали исследования суточного ритма колебаний концентрации клеточного сока. Для этого во второй декаде июля (16.07) в течение полных суток оценивали ОДКС в тканях нижнего, среднего и верхнего ярусов растений раннеспелого сорта Лира и среднеспелого сорта Парма. Интервал между определениями ОДКС – 3 часа.

В день проведения эксперимента минимальная температура воздуха в 6 часов утра составила 21,4 °С. В это же время относительная влажность воздуха была максимальной и составляла 43 %. По мере восхода солнца и прогревания воздуха температура возрастала и в период 15–16 ч достигла суточного максимума 33,6 °С, относительная влажность воздуха в это время была минимальной и составила 24 % (рис. 1).

Растения раннеспелого сорта сои Лира на дату определения суточной динамики ОДКС (16 июля) полностью завершили свой рост и находились в фазе налива семян.

Анализ данных ОДКС в разное время суток показал их существенную зависимость от температуры воздуха (табл. 1). Минимальные значения ОДКС тканей (510–540 кПа) были отмечены в ночные и утренние часы на фоне минимальной температуры и максимальной относительной влажности воздуха. При этом максимальные значения ОДКС (950 кПа) были установлены в 15 ч дня на фоне максимальной температуры и минимальной влажности воздуха.

Коэффициент корреляции Пирсона между суточной динамикой температур воздуха и ОДКС тканей нижнего, среднего и верхнего ярусов растений составил 0,57; 0,74 и 0,73 соответственно.



Рис. 1. Суточная динамика температуры и относительной влажности воздуха, в течение суток, Краснодар, метеостанция «Круглик»

Таблица 1

Суточный ритм осмотического давления клеточного сока раннеспелого сорта Лира в фазу налива семян, кПа, ВНИИМК

Время измерения ОДКС, ч	ОДКС тканей стебля по ярусам растения			Отклонения ОДКС от среднесуточных значений, %		
	нижний ярус	средний ярус	верхний ярус	нижний ярус	средний ярус	верхний ярус
0	510	670	720	-25,7	-2,3	5,0
3	620	650	640	-10,3	-6,0	-6,7
6	540	670	640	-21,3	-2,3	-7,4
9	670	690	700	-2,3	-0,1	2,0
12	680	700	660	-0,9	1,3	-3,8
15	710	950	790	2,8	38,5	15,2
18	640	750	740	-6,7	9,3	7,1
21	680	730	770	-1,6	5,7	11,5
24	510	670	720	-25,7	-2,3	5,0

Увеличение зависимости ОДКС тканей среднего и верхнего ярусов растений от температуры объясняется удалённостью от корневой системы и развитой листовой поверхностью этих частей растений, активно испаряющих влагу. Подтверждением этого вывода служит высокая отрицательная корреляция между ОДКС верхнего яруса растений и относительной влажностью воздуха, составившая $r = -0,82$. При этом корреляция между ОДКС тканей нижнего яруса и относительной влажностью воздуха, из-за близкого расположения подающей воду корневой системы составила всего $r = -0,33$.

Среднее значение ОДКС у сорта Лира по результатам суточного определения составило 686 кПа. Этот уровень оказался ниже критических значений ОДКС для возбудителя пепельной гнили (930 кПа), и в целом, не провоцировал массовое формирование микросклероциев. Только на фоне максимальных значений дневной температуры, составившей в послеобеденный период (15–16 ч) в этот день 33,6 °С, ткани среднего яруса растений незначительно превысили критические значения ОДКС гриба и составили 950 кПа. Однако уже к 18 ч этот показатель опять вернулся на докритические уровни.

Наиболее стабильно близкий к среднему (≈ 700 кПа) уровень ОДКС у сорта Лира поддерживали ткани нижнего яруса растений в период с 9 ч утра до 21 ч вечера, а также ткани среднего и верхнего ярусов – в ночные и утренние часы.

Аналогичные исследования суточного ритма ОДКС были проведены на растениях среднеспелого сорта Парма. Растения этого сорта завершали рост и находились на стадии бобообразования. Как и у сорта Лира, минимальные значения ОДКС тканей растений сорта Парма на уровне 500–570 кПа были отмечены в ночные часы. Максимальные значения ОДКС тканей (810–860 кПа) фиксировали в период с 15 до 21 ч (табл. 2).

Таблица 2

Суточный ритм осмотического давления клеточного сока среднеспелого сорта Парма в фазу бобообразования, кПа, ВНИИМК

Время измерения ОДКС, ч	ОДКС тканей стебля по ярусам растения			Отклонения ОДКС от среднесуточных значений, %		
	нижний ярус	средний ярус	верхний ярус	нижний ярус	средний ярус	верхний ярус
0	540	550	710	-20,9	-19,5	4,0
3	500	570	700	-26,8	-17,3	2,5
6	570	550	670	-17,3	-19,5	-2,6
9	660	670	660	-3,4	-1,9	-3,4
12	660	670	800	-3,4	-2,6	17,1
15	670	810	830	-1,9	18,6	21,5
18	740	780	860	7,6	13,5	25,2
21	640	740	860	-7,0	7,6	25,2
24	540	550	710	-20,9	-19,5	4,0

Среднеспелый сорт Парма относится к сортам интенсивного типа и в оптимальных по влагообеспечению условиях формирует очень высокие урожаи

семян. В то же время этот сорт сильно снижает свою продуктивность в засушливых условиях, сильно поражаясь пепельной гнилью. Поэтому коэффициент корреляции Пирсона между суточной динамикой температур воздуха и ОДКС тканей растений этого сорта оказался выше, чем у сорта Ли́ра, и составлял от $r = 0,75$ на нижнем, до $r = 0,88$ – на верхнем ярусе. Дополнительным показателем слабой засухоустойчивости и повышенной зависимости ОДКС растений от влагообеспеченности служит более высокая, чем у сорта Ли́ра отрицательная корреляция между ОДКС тканей нижнего яруса и относительной влажностью воздуха, даже в непосредственной близости корневой системы составившая $r = -0,58$.

Среднесуточное значение ОДКС у сорта Парма оказалось очень близким к сорту Ли́ра и составило 683 кПа. Поскольку растения сорта Парма находились на более ранней стадии онтогенеза, то потребности воды на формирование репродуктивных органов у них были ниже по сравнению с сортом Ли́ра. Поэтому даже в самые жаркие послеобеденные часы ОДКС растений не превышала критических для пепельной гнили значений и оставалась на уровне 800–860 кПа.

Временной отрезок стабильного и близкого к среднесуточным значениям ОДКС тканей у сорта Парма оказался короче по сравнению с сортом Ли́ра.

На нижнем ярусе растений близкие к средним значения ОДКС фиксировали в период с 9 до 15 ч, на среднем ярусе – с 9 до 12 ч, а на верхнем ярусе – только в утренние часы.

Вывод. Проведённые исследования суточного ритма ОДКС у сортов раннеспелой и среднеспелой группы позволили подтвердить предположение о влиянии температуры окружающей среды на концентрацию клеточного сока. Кроме этого, на основании оценок ОДКС двух генетически отдалённых сортов было установлено, что наиболее надёжной является оценка ОДКС в любой части растений в утренние часы, или только нижнего яруса растений, но в течение всей первой половины дня.

Литература

1. Саенко Г.М. Использование особенностей гриба *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. в селекции на толерантность к пепельной гнили / Г.М. Саенко, С.В. Зеленцов, В.Т. Пивень // Масличные культуры.- Краснодар, 2013. – Вып. 2 (155–156). – С. 32–42.
2. Зеленцов С.В., Бушнев А.С. К вопросу изменения климата Западного Предкавказья // НТБ ВНИИ масличных культур. – Краснодар, 2006. – Вып. 2 (135). – С. 79–92.
3. Третьяков Н.Н. Практикум по физиологии растений / Н.Н. Третьяков. – М.: Агропромиздат, 1990. – 272 с.
4. Ramirez M.L. Chulze S.N. Impact of osmotic and matric water stress on germination, growth, mycelial water potentials and endogenous accumulation of sugars and sugar alcohols in *Fusarium graminearum* // Mycologia. – 2004. – Vol. 96(3). – P. 470–478.

5. Саенко Г.М. Особенности патогенеза гриба *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. На сое и селекционные меры снижения его вредоносности: автореф. дис. ... канд. биол. наук. - Краснодар, 2011. – 24 с.
6. Саенко Г.М., Зеленцов С.В., Пивень В.Т. Роль водного стресса в формировании микросклероциев *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. В тканях сои // НТБ ВНИИ масличных культур. – Краснодар. – 2008. – Вып. 1 (138). – С. 53–57.