

И. А. ГЕЛЛЕР

**О ВЛИЯНИИ КИСЛОРОДА И ДРУГИХ ОКИСЛИТЕЛЕЙ  
НА ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ  
ТКАНЕЙ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ**

*(Представлено академиком Н. А. Максимовым 6 IX 1951)*

Предшествующими исследованиями было показано, что с изменением окислительно-восстановительного потенциала почвы изменяется окислительно-восстановительный потенциал тканей растения (1). Такая взаимосвязь возникает вследствие обмена веществ между растением и почвой, что, в частности, подтверждается исследованиями особенностей питания растения окисленными и восстановленными формами азотных соединений.

Работами (2-5), развивающими идеи Д. Н. Прянишникова о питании растений нитратным и аммиачным азотом, было выяснено, что нитратное питание повышает содержание окисленных соединений в тканях растений (например кислот в листьях табака), а аммиачное питание повышает содержание восстановленных соединений (например каучука в кок-сагызе). П. А. Власюк (6) констатировал превалирование окислительных либо восстановительных процессов для высадок сахарной свеклы в зависимости от форм азотных соединений в питательной смеси.

Содержание различных форм азотных соединений в почве зависит от величины окислительно-восстановительного потенциала (7); тем самым, регулируя окислительно-восстановительный режим почвы, мы можем в известной мере регулировать качественный состав урожая.

Помимо различных форм азотных соединений, повидимому, существуют и иные пути передачи окислительно-восстановительных свойств почвы растительному организму: другими кислородсодержащими соединениями, газообразным кислородом почвы, а также и восстановленными соединениями почвы. Также возможно, что имеет место непосредственное взаимодействие между растением и внешней средой, обусловливаемое разностью потенциалов.

Все эти вопросы до настоящего времени мало исследованы, хотя значение их велико. Особенно следует подчеркнуть необходимость изучения влияния кислорода почвы, в отношении которого мнения многих исследователей расходятся: некоторые считают, что кислород почвенного воздуха нужен для дыхания корней растения; другие утверждают, что кислород для дыхания передается корням проводящими тканями из надземных органов, необходим же кислород в почве не для корней, а для жизнедеятельности аэробной микрофлоры.

В связи с изложенным нами предприняты исследования по изучению влияния кислорода и других окислителей на окислительно-восстановительный потенциал тканей сахарной свеклы.

Опыты проводились с сахарной свеклой 2-месячного возраста, которая помещалась в питательную смесь следующего состава: на 1 л воды:  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  1,18 г,  $\text{NaNO}_3$  0,5 г,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0,5 г,  $\text{KCl}$  0,2 г,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0,61 г,  $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0,004 г,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  0,3 г,  $\text{H}_3\text{BO}_3$  0,05 г,  $\text{CaCO}_3$  0,1 г.

Затем гладкий пластинчатый платиновый электрод вставлялся в ткани головки корня, черешка листа, листовую пластинку и измерялся окислительно-восстановительный потенциал методом, ранее описанным (1, 8, 9). Не вынимая электрода из растения, в питательную смесь добавляли соответствующий реагент, после чего продолжались измерения окислительно-восстановительного потенциала питательного раствора и растения.

Опыты проведены в нескольких сериях, результаты которых позволяют отметить следующее: при повышении окислительно-восстановительного потенциала питательной смеси (в наших опытах путем насыщения

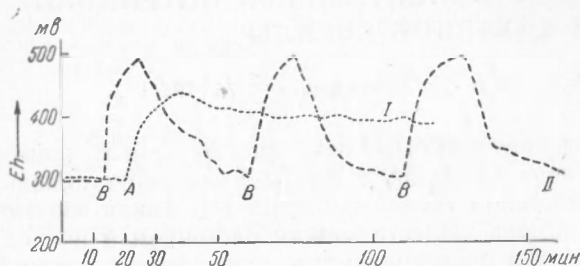


Рис. 1. Кривые изменения окислительно-восстановительного потенциала черешка листа при продувании питательного раствора воздухом (I) и при периодическом добавлении к питательному раствору перекиси водорода (II). А — начало продувания, В — момент добавления перекиси к питательной смеси

питательного раствора кислородом воздуха, кислородом в момент его выделения при электролизе, или добавлением к питательной смеси перекиси водорода, перманганата) происходит нарастание величины окислительно-восстановительного потенциала тканей сахарной свеклы. Достигнув определенного максимума, величины потенциала падают. Характер кривой зависит от

природы окислителя, добавленного к питательной смеси (см. рис. 1).

При добавлении к питательной смеси перекиси водорода окислительно-восстановительный потенциал тканей свеклы повышается, а затем, по мере разложения перекиси каталазой, уменьшается до первоначальной величины. Если периодически добавлять к питательному раствору перекись водорода, то получаем кривую изменения окислительно-восстановительного потенциала растения волнообразного вида, отражающую периодический подъем и падение окислительно-восстановительного потенциала питательного раствора.

Несколько иным образом сахарная свекла противодействует влиянию высокого потенциала перманганата. При добавлении перманганата в питательный раствор восстановление его происходит, главным образом, у поверхности корневой системы:  $\text{MnO}_4$  восстанавливается до  $\text{MnO}_2$  и оседает хлопьями на поверхности корневой системы растения.

Определяя окислительно-восстановительный потенциал различных органов сахарной свеклы в условиях освещения и без доступа света, мы установили, что с повышением окислительно-восстановительного потенциала питательного раствора более значительно повышается потенциал тканей головки корня и черешка листа и менее значительно — пластинки листа. При этом в темноте эти изменения более значительны, очевидно, в связи с отсутствием фотосинтеза.

Не приводя здесь всех полученных кривых изменения окислительно-восстановительного потенциала тканей сахарной свеклы в целом, в табл. 1 приводим только максимальные значения окислительно-восстановительных потенциалов тканей свеклы при добавлении к питательному раствору окислителей.

Таблица 1

Максимальные величины окислительно-восстановительного потенциала тканей сахарной свеклы при изменении потенциала питательного раствора

Варианты опыта	Ен в мв по водородному электроду						
	питательного раствора	тканей свеклы					
		на свету			в темноте		
		головка корня	черешок листа	пла- стинка листа	головка корня	черешок листа	пла- стинка листа
Питательная смесь (контроль) . . . . .	386	310	296	238	327	294	269
Питательная смесь + + 1 мл 0,01 НКМпО <sub>4</sub> на 1 л раствора . . . . .	484	429	417	369	465	463	372
Питательная смесь + про- дувание воздухом . . . . .	497	453	416	384	473	429	418
Питательная смесь + + 1 мл 5% Н <sub>2</sub> О <sub>2</sub> на 1 л раствора . . . . .	638	496	491	367	498	503	384
Питательная смесь + + 5 мл 5% Н <sub>2</sub> О <sub>2</sub> на 1 л раствора . . . . .	649	563	532	454	582	548	471
Питательная смесь + + 10 мл 5% Н <sub>2</sub> О <sub>2</sub> на 1 л раствора . . . . .	673	556	545	472	585	575	494
Питательная смесь + на- сыщение кислородом при электролизе . . . . .	695	581	584	461	598	589	486

В полевых условиях мы также констатировали, что при продувании почвы воздухом повышается окислительно-восстановительный потенциал почвы и растения, и при этом потенциалы корнеплода и черешка листа повышаются значительно, чем потенциал тканей листовой пластинки (см. табл. 2).

Таблица 2

Изменение окислительно-восстановительных потенциалов почвы и тканей сахарной свеклы при продувании почвы воздухом

Объекты анализа	Ен в мв по водородному электроду		
	до проду- вания воздухом	после про- дувания воздухом	повышение потенциала
Серая среднеподзолен- ная почва Бэтгоры . . . . .	473	586	113
Головка корня сахарной свеклы . . . . .	365	451	86
Черешок листа сахар- ной свеклы . . . . .	347	398	51
Пластинка листа сахар- ной свеклы . . . . .	273	289	16

Приведенные в табл. 1 и 2 данные показывают, что различные ткани сахарной свеклы оказывают различное противодействие влиянию высоких потенциалов внешней среды, стремясь сохранить определенный уровень окислительно-восстановительного потенциала.

Суммируя изложенное, можно отметить, что окислительно-восстановительный режим растения устанавливается в результате взаимодействия ряда факторов, среди которых, наряду с процессами фотосинтеза и дыхания, также важную роль играет окислительно-восстановительный потенциал внешней среды — почвы. Так как кислород является одним из основных элементов окислительно-восстановительного режима почвы, становится понятным в жизни растения роль почвенного кислорода, обуславливающего повышение потенциала тканей растения.

При избытке кислорода в почве, так же как и при его недостатке, создаются неблагоприятные условия для жизни растения. По нашим наблюдениям, оптимальная величина  $Eh$  почвы для сахарной свеклы лежит в пределах  $+300 - +400$  мв по водородному электроду, ибо в этих случаях мы получали более высокий урожай сахарной свеклы.

Можно, однако, полагать, что оптимум  $Eh$  почвы для растения будет различным в зависимости от интенсивности процессов фотосинтеза и дыхания, а также в зависимости от требований той или иной культуры к условиям внешней среды, возникших в связи с акклиматизацией растений условий внешней среды. Так например, растения болот должны требовать более низких потенциалов, а растения песчаных почв — более высоких.

Поступило  
21 VIII 1951

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> И. А. Геллер и Е. Г. Харитон, ДАН, 78, 1043 (1951). <sup>2</sup> А. В. Владимиров и Н. А. Дмитриева, Изв. АН СССР, сер. биол., № 3 (1945). <sup>3</sup> А. Ф. Калинин, ДАН, 58, № 2 (1947). <sup>4</sup> А. Ф. Калинин, ДАН, 78, № 6 (1951). <sup>5</sup> А. К. Островская и А. С. Оканенко, Научн. тр. Ин-та физиологии растений и агрохимии, № 1—2, 166 (1948). <sup>6</sup> П. А. Власюк, ДАН, 28, 181 (1940). <sup>7</sup> И. П. Сердобольский, Тр. юбил. сесс., посвящ. столетию со дня рождения В. В. Докучаева, М.—Л., 1949, стр. 288—294. <sup>8</sup> И. А. Геллер, Микробиол. журн. АН УРСР, 11, в. 2 (1949). <sup>9</sup> И. А. Геллер, Тр. ВНИС, 32, 55 (1950).