

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



METODOS PARA MEDIR LA
TRANSPIRACION

EXAMEN PRACTICO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
PRESENTA
MARIO JAVIER ACOSTA LOPEZ

MARIN. N. L.

MARZO 1982

T

OK873

A2

C.1



1080060579

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



METODOS PARA MEDIR LA TRANSPIRACION

EXAMEN PRACTICO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
PRESENTA
MARIO JAVIER ACOSTA LOPEZ

MARIN, N. L.

MARZO 1982

F
2K873
A2



04 1
2

F-tesis

A MIS PADRES

Sr. Martín Acosta Robles

Sra. María del Refugio López de Acosta

**Con cariño y eterno agradecimiento por el
apoyo brindado durante toda mi carrera.**

A MIS HERMANOS

Rigoberto

Blanca Elia

Juan Rafael

A MIS MAESTROS:

Especialmente a el Ing. Juan de Dios Benávides.

**Por su ayuda y orientación en el presente
trabajo**

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS.

INDICE

Página

I.-	INTRODUCCION.....	1
II.-	REVISION DE LITERATURA.....	4
	1.- ¿Que es la transpiración?.....	4
	2.- Formas de perder el agua.....	5
	3.- La intensidad de la transpiración.....	6
	4.- Magnitud de la transpiración.....	8
	5.- Estomas.....	11
	6.- Citología de los estomas.....	12
	7.- Funcionamiento de los estomas.....	13
	8.- Métodos para medir la intensidad de la - - transpiración.....	14
	8.1 Método del cambio de pesos de plantas en-- terras.....	14
	8.2 Método de la medición del vapor de agua -- transpirada.....	16
	8.3 Método de el potómetro.....	17
	8.4 Método del cloruro de cobalto.....	18
	8.5 Método del cambio de peso de ramas o por-- ciones de ellas.....	19
	9.- Teorías que explican la apertura de los -- estomas.....	20
	10.- Gutación.....	28
	11.- Factores que afectan a la transpiración...	32

12.- Relación que hay entre la transpiración y la absorción.....	39
13.- Clasificación de plantas según sus necesi- dades hidricas.....	40
14.- Significado biológico de la transpiración.	47
III.- MATERIALES Y METODOS.....	48
IV.- RESULTADOS.....	51
V.- CONCLUSION.....	55
VI.- LITERATURA CITADA.....	57

INTRODUCCION

Es ya común que en todo el mundo existen grandes regiones en donde la disponibilidad del agua para el desarrollo de la agricultura es bastante escasa. Esta gran verdad ha preocupado desde hace tiempo a los investigadores de las diferentes disciplinas conectadas con la agricultura.

Así por ejemplo, la fisiología vegetal ha considerado como un reto la pérdida de agua ocasionada por la transpiración.

Aunque la transpiración excesiva puede dañar las plantas y disminuir su rendimiento, puede hacerse muy poco para regularla bajo condiciones de campo, porque los factores tales como la temperatura, la luz y el viento son inmodificables.

La transpiración fue uno de los primeros fenómenos fisiológicos descritos en plantas. Consiste en la liberación de moléculas de agua por la parte aérea de las plantas. La pérdida de estas moléculas puede seguir varios caminos: -- por las células epidérmicas, por las lenticelas o por los estomas. Estos últimos son los instrumentos más importantes durante el proceso de transpiración.

Hemos dicho ya que el agua es la sustancia más abundante de los tejidos vegetales. A pesar de ello, las plantas en su parte aérea no retienen sino una pequeña porción del agua que absorben y que pasa a través de ellas, a lo largo del ciclo de su vida. Sin cesar están absorbiendo grandes cantidades de agua a partir del suelo, agua que es transportada a lo largo de la planta y que sale después a la atmósfera sin haber intervenido en ninguna función aparente. Una de las curiosidades de la naturaleza es la terrible ineficacia de la economía del agua en las plantas. A pesar de que las plantas necesitan para su vida cantidades relativamente grandes de agua, las características anatómicas de su estructura foliar son tales que causan la pérdida continua de grandes cantidades de agua.

Como queda dicho, la cantidad de agua realmente empleada por la planta es pequeña, en comparación con las grandes cantidades transpiradas. Claro está, la velocidad de transpiración de algunas plantas es tan grande que, en condiciones favorables, la totalidad del volumen de agua contenida en una sola planta puede renovarse por completo en un solo día, además la cantidad de agua perdida varía más o menos según las especies.

Si tenemos en cuenta lo anterior, nos gana el convencimiento de la gran importancia que tiene el buen empleo de el agua en la práctica agrícola.

REVISION DE LITERATURA

¿QUE ES LA TRANSPIRACION?

Es todo déficit de saturación del vapor de agua existente en la atmósfera que rodea una planta representa la evaporación continua del agua que imbiben los tejidos de la misma. (7)

Según Sivori (16) la transpiración es la pérdida de agua por las plantas en forma de vapor.

La verificación de la transpiración fue demostrada en 1727 (mucho antes que se conociera la fotosíntesis) por Stephen Hales, con frecuencia considerado como la primera persona que hizo una investigación de importancia de una función de las plantas por medio de la experimentación. El método fue el de encerrar una planta en una vasija de vidrio y encontró agua líquida, que debió proceder de la planta, condensada en las paredes del recipiente. Hales, también midió en diversas formas, la tasa de la transpiración, tales como registrando la pérdida continua de peso que sufría una planta en una maceta sin riego. (11)

FORMAS DE PERDER EL AGUA

La forma de perder el agua es en forma de vapor de agua, siendo las hojas los principales órganos de la transpiración realizándose ésta a través de los estomas; es lo que se llama transpiración estomática. Por evaporación directa a través de la cutícula de las células epidérmicas de las hojas, se eliminan cantidades menores de vapor de agua, siendo ésta conocida como transpiración cuticular. Y la eliminación de vapor de agua puede ocurrir, a través de las lenticelas de los frutos y tallos leñosos, fenómeno conocido como transpiración lenticelar. (8).

La pérdida de agua en forma de vapor, esencialmente es un proceso físico de evaporación que ocurre en las paredes de la célula del mesófilo y epidérmis de las hojas, y de otros órganos en contacto con el aire. El vapor de agua escapa a la atmósfera, por difusión, a través de los estomas (transpiración estomática) y las lenticelas (transpiración lenticelar), o atravesando directamente la cutícula (transpiración cuticular). Por su naturaleza está sujeto a las leyes físicas que gobiernan el fenómeno de evaporación, pero modificado o regulado por estructuras biológicas: estomas, cutícula, etc. (16).

LA INTENSIDAD DE LA TRANSPIRACION

Es la cantidad de agua emitida por unidad de tiempo y unidad de masa (o de superficie) de materia vegetal transpirante.

Citemos algunos valores medios de intensidad de transpiración para diversas plantas:

Hoja de haya	:25 mg. de agua por gr. de materia fresca/hora.
Pino, abeto	:1.5 mg. de agua por gr. de materia fresca/hora.
Opuntia	:0.1 mg. de agua por gr. de materia fresca/hora.

Estos valores medios se obtienen en el ambiente natural normal de estas diversas plantas. Se ve cómo puede variar la intensidad de la transpiración de una especie a otra. Los agrónomos consideran más el equilibrio hídrico de una cubierta vegetal tomada en conjunto que el de una planta aislada. Ellos consideran así, además de la transpiración de los vegetales, la emisión de agua debido a la evaporación del suelo el total constituye la evapotranspiración. Esta se mide calculando la diferencia entre la cantidad de agua suministrada a una cubierta vegetal plan-

tada en un lisímetro y la recogida por la parte inferior -- del mismo, colocado en condiciones tales que la humedad -- del suelo sea comparable al principio y al final del experimento. (7)

La intensidad de la transpiración es la cantidad de -- agua en gramos por pérdida de decímetro cuadrado de superficie transpirante. (2)

La intensidad de la transpiración sufre fluctuaciones rápidas, en términos de aproximadamente 30 minutos. La variación puede ser grande: en un experimento con algodoneros, la pérdida de agua en el lapso de 50 minutos pasó de 0,1 a 0,7 g dm⁻² h⁻¹.

La causa de este fenómeno es la siguiente: en condiciones ambientales constantes, pero que favorecen una -- transpiración elevada, la resistencia alta de las raíces -- al flujo de agua provoca en las hojas un déficit hídrico -- con el consecuente cierre de los estomas. En esta situación la transpiración disminuye y permite que las hojas -- recuperen su turgencia. Cuando ocurre este fenómeno, los estomas vuelven a abrirse hasta que se inicia un nuevo ciclo. (16)

MAGNITUD DE LA TRANSPIRACION

Como queda dicho, la cantidad de agua realmente empleada por la planta es pequeña, en comparación con las grandes cantidades transpiradas. Clara está, la velocidad de transpiración de algunas plantas herbáceas es tan grande que, en condiciones favorables, la totalidad del volumen de agua contenida en una sola planta puede renovarse por completo en un solo día. Por ejemplo, se han estimado que una sola planta de maíz puede transpirar 245 litros de agua durante su crecimiento completo. De acuerdo con este dato, una sola hectárea de maíz transpiraría el equivalente de 245 mm de agua durante su crecimiento. La cantidad de agua perdida varía más o menos según las especies, como podemos ver:

Ejemplo:

Pérdidas de agua por transpiración de cada planta, en cinco especies de plantas, durante el período de crecimiento.

Tipo de planta	Transpiración durante la época del crecimiento, en litros.
----------------	--

<u>Vigna sinensi</u>	49
patata	114

trigo	204
tomatera	129
maíz	204

Tomado de Devlin, Robert, M. Fisiología Vegetal. (3)

En un estudio sobre la pérdida de agua por las plantas, Kozlowski ha citado datos extraídos de publicaciones diversas, que destacan de forma sorprendente las enormes cantidades de agua que son emitidas por los árboles y los bosques. Por ejemplo, un bosque medio del sur de los Estados Unidos puede perder hasta 90,000 litros de agua por hectárea y por día (Möller, 1947). Cummings (1941) citado por Devlin (3) ha estimado que un solo ejemplar de arce plateado bien desarrollado, de 15 metros de altura, puede transpirar hasta 265 litros por hora.

Si tenemos en cuenta estos resultados, nos gana el convencimiento de la importancia del buen empleo del agua en la práctica agrícola.

Según Sivori (16) no se pueden obtener valores exactos de la cantidad de agua perdida por las plantas debido a que son varios los factores que modifican el proceso y lo hacen muy variable. En cada especie existe una diferencia

diaria que depende de las condiciones meteorológicas y edáficas. Durante el día la transpiración puede variar entre $0,5$ y $2,5 \text{ g dm}^{-2} \text{ h}^{-1}$, mientras que en la noche los valores se hallan entre $0,1$ y $0,3 \text{ g dm}^{-2} \text{ h}^{-1}$, que corresponde a una pérdida de agua de más de 200 litros de una planta de maíz durante todo su ciclo vegetativo. En las xerófitas suculentas, que abren los estomas durante la noche, los valores de transpiración más altos se obtienen en este período.

La variación estacional también depende de las condiciones climáticas, pero además de la especie considerada. En las plantas de hojas perennes la transpiración es máxima a mediados del verano, lo mismo que en las hojas caedizas. Pero en estas últimas la pérdida es nula en el invierno, mientras que en las primeras, si bien se reduce, el proceso prosigue.

En regiones donde la estación seca es el verano, la abscisión del follaje hace que sea mínima la transpiración en esta estación y máxima cuando la humedad edáfica permite nuevamente la expansión foliar.

ESTOMAS

La superficie epidérmica de las hojas presenta un gran número de poros llamados estomas. Los estomas son microscópicos y están rodeados por dos células epidérmicas especializadas llamadas células oclusivas ó estomáticas, que regulan la apertura y el cierre de los estomas. (3)

Los estomas estan formados por dos células especiales (células estomáticas) con tamaño y formas cambiables que determinan la apertura o cierre del poro (ostíolo). La regulación de la apertura del ostíolo es importante tanto para retener el anhídrido carbónico de la respiración con vistas a la fotosíntesis, como para la conservación del agua en tiempos de sequía. (17)

Cuando están abiertos al máximo, los poros estomáticos pueden medir 3 a 12 micras de anchura por 10 a 40 micras de longitud. Según la especie de que se trate, la superficie de una hoja puede tener de unos 1000 a 60,000 estomas por centímetro cuadrado.

Por grandes que parezcan estos números, los poros estomáticos son tan pequeños que, cuando están abiertos al máximo, ocupan solamente de un 1 a un 2% de la superficie

foliar total. De ordinario los estomas se encuentran en el envés de las hojas, pero en un gran número de especies se encuentran en ambas caras. (3)

CITOLOGIA DE LOS ESTOMAS

Aunque los cambios de la turgencia suministren la fuerza motora necesaria para lograr la apertura y el cierre de los estomas, una característica privativa de la pared de las células oclusivas permiten que los estomas se abran tal como lo hacen.

La pared celular que limita el poro estomático es más gruesa y menos elástica que la pared que está en contacto con las otras células epidérmicas. Un aumento de la presión de turgencia hará que la parte más elástica de la pared de la célula oclusiva se extienda considerablemente mientras que la parte de pared celular que bordea el poro, es más gruesa y menos elástica, se extiende muy poco. Esto provoca la formación de una apertura elíptica entre las dos células oclusivas. El aspecto de las células oclusivas difiere de un modo característico de las células epidérmicas que se encuentran alrededor. Es más, las células oclusivas de algunas especies de plantas están acompañadas por células epidérmicas cuyo aspecto, al igual que las células

oclusivas, es distinto del resto de las células epidérmicas. Estas células reciben distintos nombres, como células acompañantes, subsidiarias o accesorias. Otra característica distintiva de las células oclusivas consiste en la presencia de cloroplastos. Típicamente, las células epidérmicas no poseen cloroplastos. En cambio, los espectros microespectrofotométricos obtenidos de cloroplastos de células oclusivas nos indican la presencia de clorofila a y b, y son parecidos a los obtenidos a partir de cloroplastos de células del mesófilo. Es casi seguro que las células oclusivas realizan fotosíntesis, aunque con una intensidad reducida. (3)

FUNCIONAMIENTO DE LOS ESTOMAS

Dado que la transpiración estomática representa del 80 al 90% de la pérdida del vapor de agua. El funcionamiento de los estomas se explica a continuación: El hecho fisiológico más importante acerca de los estomas es que, unas veces, están abiertos y, otras cerrados. Cuando están abiertos, sirven de cambio principal para el intercambio gaseoso entre los espacios intercelulares de la hoja y la atmósfera circundante; cuando están cerrados, los cambios gaseosos entre la hoja y el ambiente se retardan pronunciadamente. Los gases de mayor importancia fisiológica que

ingresan o egresan de la hoja principalmente a través de los estomas son: oxígeno, anhídrido carbónico y vapor de agua. En primer lugar, el paso de gases a través de los estomas en ambas direcciones en un fenómeno de difusión, aunque bajo ciertas condiciones, que serán explicados más adelante, también pueden ocurrir movimientos masivos. No obstante que los estomas son las puertas principales a través de los cuales se produce la salida o escape de los gases, no hay que olvidar que pequeñas cantidades de ellas pasan directamente a través de la epidermis y capas cuticulares de todas las hojas. En las plantas acuáticas sumergidas de tipo vascular todos los intercambios gaseosos entre el vegetal y el ambiente tienen lugar a través de la epidermis. (8)

METODOS PARA MEDIR LA INTENSIDAD DE LA TRANSPIRACION

Se han ideado diversos métodos para determinar la magnitud de la transpiración, aunque ninguno está libre de críticas. No obstante, son muy útiles para fines comparativos si se mantienen constantes las variables que afectan el proceso.

1.- Método del cambio de peso de plantas enteras.

La transpiración se determina pesando periódicamente

la planta, el sustrato y el recipiente que la contiene. Si se impermeabiliza este último, lo mismo que la superficie del sustrato, la diferencia de un peso obtenido en períodos cortos ofrece una medida adecuada del agua transpirada.

Si se determina inmediatamente el área foliar se puede expresar los valores en gramos de agua perdida por unidad de superficie foliar en unidad de tiempo ($\text{g dm}^{-2} \text{ h}^{-1}$).

Las desventajas del método son:

a) Los experimentos deben ser cortos, de manera que el agua del sustrato no se convierta en un factor limitativo y no haya aumento apreciable de peso por la actividad fotosintética.

b) Está limitando a plantas que pueden crecer normalmente en recipientes relativamente pequeños, a lo sumo de 50 litros de capacidad.

c) La absorción de agua por las raíces puede modificarse por la temperatura del recipiente y aereación del sustrato, haciendo variable el flujo de agua hacia las hojas, lo cual introduce un error.

2.- Método de la medición del vapor de agua transpirada.

Las plantas se colocan en cámaras generalmente transparentes de ambiente controlado, a través de las cuales pasa una corriente de aire de humedad conocida. La diferencia entre el vapor de agua del aire que entra y que sale de las cámaras corresponde a la transpiración, siempre que se tomen las debidas precauciones para que la evaporación de la maceta y de la superficie del sustrato donde crecen las plantas sea nula.

La medición del vapor de agua se realiza de diversas maneras. Actualmente se utiliza un aparato que determina la intensidad con que el vapor de agua absorbe las radiaciones infrarrojas de una fuente. Otro instrumento muy usado es el que determina el vapor de agua mediante dos termocuplas, una húmeda y otra seca. Una técnica que también se emplea es la que consiste en absorber el vapor de agua en ácido sulfúrico y medir, por medio de termistores, la elevación de temperatura que se produce.

Las desventajas de este método son:

a) El equipo es utilizable principalmente para experiencias de laboratorio.

b) La extrapolación de los resultados a las plantas -- que viven en un ambiente natural exige condiciones, idénticas a los de las cámaras (temperatura, luz, humedad relativa, y el viento) por lo común muy difíciles de obtener. (16)

3.- Método del potómetro.

El método del potómetro se basa en el hecho de que, en general, la velocidad de absorción de agua es muy próxima a la velocidad de transpiración. Un brote de una planta, -- por ejemplo de geranios, o de otra planta adecuada, se une de modo estanco a un recipiente de vidrio lleno de agua. -- Dicho recipiente tiene otras dos salidas: un tubo capilar graduado y un depósito de agua.

Antes de iniciarse la medida de la velocidad de transpiración, o más exactamente la velocidad de absorción, la totalidad del aparato se llena de agua para evitar que -- queden en él espacios o burbujas llenas de aire. Esto puede lograrse manipulando la llave de paso que regula la entrada de agua al recipiente procedente del depósito. Si se introduce una burbujita de aire en el tubo capilar mientras la transpiración se va realizando, la burbujita de -- aire se desplaza a lo largo del capilar, proporcionando -- una medida de la velocidad de transpiración. El método del

potómetro es ideal para observar los efectos de distintos factores del medio ambiente (temperatura, luz, movimientos del aire) sobre las velocidades de transpiración. Sin embargo este método adolece del defecto de que solamente mide la absorción del agua y sólo indirectamente la transpiración.

4.- Método del cloruro de cobalto.

En este método, la transpiración se manifiesta a través de un cambio de color. Se impregnan discos de papel de filtro con una solución ligeramente acética de cloruro de cobalto al 3% y se dejan secar bien. En seco, el color del papel impregnado con cloruro de cobalto es azul. Expuesto al aire húmedo, el color azul vira gradualmente a rosa.

Asimismo, cuando se le pone en contacto con la superficie transpiradora de una hoja, el color del papel al cloruro de cobalto cambia gradualmente de azul a rosa. La velocidad con que tiene lugar este cambio de color es un indicativo de la velocidad de transpiración. El método del cloruro de cobalto solo se puede usar para medir las velocidades relativas de transpiración de diferentes plantas.

Debido a las modificaciones de las distintas condiciones ambientales del medio, las velocidades de transpira-

ción determinadas por este método se puede desviar considerablemente de las velocidades de transpiración reales.

La superficie de la hoja cubierta por el papel no está casi sujeta a movimientos del aire y, en cambio, sufre una reducción de la luz y un gradiente de presión de vapor mucho más pronunciada. (3)

5.- Método del cambio de peso de ramas, ó porciones de ellas.

El método consiste en separar de una planta una rama, una hoja o discos de ésta, y pesarlo a intervalos de un minuto y durante no más de cinco. La determinación se realiza en el mismo ambiente donde crece la planta entera, por lo general con balanzas de torsión que permiten mantener el material al aire libre y realizar las lecturas rápidamente. Se estima que en el lapso de cinco minutos el contenido del agua del órgano cortado no limita la transpiración.

Inconvenientes del método.:

a).- La porción del material usado no se encuentra transpirando en el ambiente estrictamente natural, ya sea en cuanto a la orientación con respecto a la radiación so-

lar, como tampoco el movimiento del aire que generalmente ocurre en el entorno de la planta entera.

b).- En algunas especies, entre los 2 y 5 minutos la transpiración aumenta debido a que se incrementa la apertura estomática por los efectos de la rápida disminución de la turgencia de las células epidérmicas; luego declina progresivamente a medida que los estomas se cierran por disminución del potencial de agua. El método, no obstante, resulta muy útil en estudios ecológicos de carácter comparativo, dada su simplicidad y rapidez, lo que permite realizar en poco tiempo numerosas determinaciones. Los resultados no pueden ser extrapolados a la planta entera ni a comunidades. Este método ha sido decididamente desaconsejado por algunos autores. (17)

TEORIAS QUE EXPLICAN LA APERTURA DE LOS ESTOMAS

Una teoría propone que la apertura y cierre son determinados por la conversión del almidón en azúcar dentro de las células oclusivas. Esta teoría es apoyada por el hecho de que las células oclusivas generalmente contienen altas concentraciones de fosforilasa, una enzima que interviene en esta conversión. Por lo general, las células fotosintetizadoras convierten los productos de la fotosíntesis en -

almidón durante el día, que es cuando tiene lugar la fotosíntesis, y luego desdoblan el almidón en azúcar durante la noche. Curiosamente, sin embargo, las células oclusivas convierten el almidón en azúcar durante el día y el azúcar en almidón por la noche.

El azúcar, como se sabe, es soluble en agua, mientras que el almidón se deposita en gránulos sólidos (granos de almidón). Por consiguiente, el paso de almidón a azúcar -- aumenta la cantidad de soluto, con lo que desciende el potencial de agua. Como resultado de ello, el agua entra en la célula, aumenta la turgencia y se abren los estomas. -- Recíprocamente, el paso de azúcar a almidón aumenta el potencial de agua, determinando la pérdida de agua y por -- tanto, el descenso de la turgencia. El dióxido de carbono puede ser introducido en este esquema porque un aumento en la concentración de dióxido de carbono disminuye el PH y -- una disminución en el PH acelera la conversión a almidón.

Esta teoría es muy pausable, pues da cuenta de muchos hechos distintos, pero, a pesar de ello, actualmente es -- desechada por muchos investigadores.

Algunos fisiólogos vegetales están inclinados a creer que la abertura de los estomas puede ser causada por una --

absorción activa de soluto, lo cual acarrearía la entrada de agua por ósmosis. Y, a la inversa, es igualmente posible que el cierre, que sería causada por la excreción de soluto por parte de la célula oclusiva, pueda ser el proceso activo.

Todo lo que en el presente podemos decir con certeza es que hay tres hechos claros.

1.- La abertura y cierre estomáticos son controlados por cambios en la turgencia.

2.- Diversos factores ambientales pueden producir estos cambios en la turgencia (pero no se sabe si la hacen por el mismo ó por diferente mecanismo).

3.- A pesar de la aparente sencillez de la acción de las células oclusivas y de la relativa facilidad con que sus movimientos pueden ser observados y manipulados, los problemas anteriores expuestos seguirán intrigando, y quizá también frustrando, los esfuerzos de los fisiólogos vegetales durante algún tiempo. (11)

Teoría de Fujino.

Casi a principios de 1968, se tuvo una experiencia que revolucionó a los entendedores de la fisiología vegetal.

Actualmente, el descubrimiento inicial es un hecho -- que, solamente pocos fisiólogos de plantas han hecho con -- mucha atención y esmero.

El primer científico japonés que observó la apertura -- de los estomas, observó una cantidad grante de iones de -- potasio K^+ moviéndose desde las células circundantes a las células oclusivas.

La cantidad de potasio acumulada en las vacuolas de -- las células oclusivas permiten que los estomas se abran, -- y en forma suficiente cuenta en la apertura, asimismo que el potasio está asociado con un apropiado anión. Se observó un incremento de un 0.5 molar en la concentración de -- potasio, y decreció bastante el potencial osmotico por casi 20 bares.

La luz causa acumulación de potasio K^+ en las células oclusivas ante CO_2 en aire libre y ocasiona la apertura de los estomas. Cuando son transferidos en lo oscuro, el movimiento de potasio sale de las células oclusivas hacia -- las células circundantes, y los estomas se cierran.

Cuando una tira de tejido fino epidermal de Vicia faba es removida la mayor parte de células epidérmicas se rompen ó acaban, solamente las células oclusivas permanecen intactas. Cuando estas tiras son flotadas en solución, los estomas no abren a menos que la solución contenga potasio. Por lo tanto las células oclusivas obtienen iones de potasio K^+ desde células accesorias.

También los estomas se cierran en respuesta a la aplicación de ácido abscisico, ésta aplicación es la causa de la pérdida de potasio de las células oclusivas a las células circundantes. (14)

Las teorías que tratan de explicar la causa por el cual el estoma se abre o se cierra son las siguientes:

Al respecto, resulta útil la lectura del trabajo de Fujino (1967) citado por León, González, Fernando De (6). En dicho trabajo, a la vez que se discute la teoría de la fotosíntesis (o teoría de la conversión almidón-azúcar), Fujino sienta las bases (apoyado en el trabajo experimental de él y de sus colegas) de una nueva teoría más satisfactoria, conocida como teoría del potasio. Por tratarse de las dos teorías más importantes que tratan de explicar los movimientos estomatales, conviene discutir las aquí.

Fujino menciona que la teoría de la fotosíntesis fue propuesta primero por Sayre en 1926 y modificado posteriormente por otros investigadores. La teoría puede resumirse como sigue: la fotosíntesis causa una reducción de CO_2 que a su vez provoca el incremento del PH en las células de cierre; debido a que la conversión de almidón a azúcar catalizada por la amilasa o fosforilasa es más favorable en la región alcalina, el cambio en PH resulta en la acumulación de azúcares y por lo tanto en un incremento en el valor osmótico de las células de cierre; el agua es luego absorbida y finalmente el estoma se abre. La acumulación de CO_2 por la respiración en la obscuridad resulta en la reversión de los eventos anteriores y el estoma se cierra. Fujino menciona las objeciones a ésta teoría. Por ejemplo, las células oclusivas de plantas como Allium no contienen almidón, y los estomas son capaces de abrir y cerrarse. Además en muchas plantas los movimientos estomatales se dan antes de que ocurra la conversión almidón a azúcar. También se ha cuestionado si el cambio en PH puede atribuirse solamente al cambio en la concentración de CO_2 a través de la fotosíntesis y la respiración. Debido a estas contradicciones de la teoría de la fotosíntesis, durante mucho tiempo la atención de los investigadores se volcó hacia los requerimientos de energía, o sea, hacia los procesos no osmóticos. En 1954, Williams sugirió que el cie--

rre estomatal era causado por el bombeo activo de agua hacia afuera de las células de cierre, basado en la observación de que no hubo diferencia apreciable en las concentraciones osmóticas que pudieron detectarse entre células de cierre abiertas y cerradas. Fujino menciona que sin embargo otros autores puntualizaron que la medición precisa del valor osmótico de las células de cierre es bastante -- difícil. Los resultados de Fujino publicados en japonés en el año de 1959, mostraron que, si las tiras de epidermis con estomas totalmente abiertos se colocaban en agua, ocurría una rápida excreción de iones potasio de las células de cierre, cambiando muy rápidamente el valor osmótico. -- También se observó que el estomas no se abre del todo en agua. Fujino concluyó que: "los anteriores hechos muestran que la hipótesis de que el transporte activo de agua es el responsable del movimiento estomatal, tiene muy poco apoyo experimental".

La mención de los trabajos publicados en japonés a finales de la década de los 50's es un buen camino para llegar a la teoría del potasio, recurriendo necesariamente de nuevo al valioso trabajo de Fujino. Este autor menciona -- que en 1943 Imamura reportó que el contenido de potasio en las células de cierre fue diferente cuando el estoma estaba abierto o cerrado; mientras que en 1952 Yamashita ob- -

servó que el movimiento estomatal se vió influenciado por la suplementación externa de potasio. Según Fujino, Yamashita no llegó a correlacionar el papel del potasio con el proceso activo del movimiento estomatal, ni a elucidar el mecanismo mediante el cual la migración de potasio ocurre. Con tres artículos publicados en 1959 y uno en 1960. Fujino reveló la importancia del potasio en el movimiento estomatal, basado en las siguientes observaciones: 1.- El estoma no abrió en agua destilada, pero sí lo hizo en soluciones de cloruro de potasio; 2.- Hubo una correlación definitiva entre la concentración de potasio en las células de cierre y el estado de la apertura y cierre estomatales; 3.- Cuando el movimiento estomatal se inhibió mediante inhibidores metabólicos, baja tensión de oxígeno o baja temperatura, el contenido de potasio en las células de cierre siempre se afectó. Fujino concluyó que la apertura y cierre estomatal son causados por la migración activa del potasio entre células de cierre y células vecinas. Conviene mencionar aquí que en 1905 Macallum, citado por León, González, Fernando De. (6), observó acumulación de potasio en células estomáticas; sin embargo como acabamos de ver no fue hasta la década de los 50's cuando se empezó a elucidar el papel del potasio en la fisiología de los estomas.

Fischer 1968, citado por León, González, Fernando De. (6), en forma independiente demostró que la apertura estomatal de Vicia faba probablemente dependía del transporte activo del potasio, y posteriormente encontró mediante el uso de iones rubidio (RB^+) marcado, que los cambios en potencial de soluto que resultan del movimiento de cationes monovalentes podría ser suficiente para responder por los cambios en turgor que ocurren durante la apertura estomatal. (6)

GUTACION

Las plantas que crecen en suelos cálidos y ricos en agua, y en atmósfera muy frecuentemente húmedas, presentan con frecuencia gotitas de agua a lo largo del borde de sus hojas. Este tipo de pérdida de agua en forma líquida recibe el nombre de gutación.

Cualquier buen observador se dará cuenta de que las condiciones que acabamos de citar favorecen la absorción de agua, pero no favorecen su transpiración. En otras palabras, en estas condiciones la absorción de agua supera de modo importante la transpiración, con lo que el agua es literalmente empujada por los conductos del xilema hasta ser excretada al exterior a través de estructuras especia-

lizadas llamadas hidátodos. Cuando el agua que se absorbe supera la que se pierde, va aumentando la presión hidrostática en el interior de los conductos de el xilema, con lo que acabará escapando, agua por cualquier punto en donde encuentre una vía de salida. En general, los hidátodos se encuentran en el extremo de los nervios de las hojas, por lo cual representan excelentes puertas de escape para el agua empujada desde las raíces. El agua que se exudan los hidátodos es pues resultado de la presión hidrostática desarrollada en la savia de los conductos del xilema, y no se puede atribuir a la actividad local del hidrato ni de los tejidos próximos. Sin embargo, en diversos órganos de plantas hay aberturas a través de los cuales se excreta -- agua activamente. Es decir, las células que bordean el poro. Se les puede dar el nombre de glándulas acuíferas o -- hidátodos activos.

Hemos considerado que el líquido se escapa de los hidátodos era agua. Sin embargo, el líquido producido por la gutación no era agua pura, sino una disolución de un gran número de sustancias. En los casos en que el agua de la -- gutación se evapora rápidamente, se observa algunas veces como las sustancias disueltas se depositan sobre la superficie de la hoja. En otras veces las sales precipitadas -- sobre las hojas son redisueltas y reabsorbidas al interior

de la hoja. En general, la concentración de estas sales es muy elevada en estas circunstancias y puede provocar trastornos en la hoja.

Análisis de la composición del líquido de gutación de plántulas de centeno, trigo y cebada.

Sustancias	mg/litro		
	Centeno	Trigo	Cebada
P	1.1	0.7	2.3
K	18.0	27.0	30.0
Na	0.5	0.9-0.8	1.1
Ca	1.5	3.0	4.8
Mg	1.5	1.5	2.4
Mn	0.02	0.02	0.05
Fe	0.4	0.15	0.07
Cu	0.04	0.03	0.03
B	0.04	0.05	0.08
Zn	0.02	0.05	0.05
Mo	0.001	0.002	0.003
Al	0.06	0.08	0.09
NO ₃ ⁻	1.0	1.0	1.0
Fosfato	2.0	0.9	1.0

NH ⁺ ₄	5.6	5.0	8.9
Arabinosa	2.5	5.6	4.1
Fructuosa	10.3	4.4	1.8
Galactosa	10.3	7.6	4.0
Glucosa	18.7	2.6	38.7
Ribosa	1.0	Tr	1.0
Sacarosa	3.8	4.9	0.0
Xilosa	1.8	2.0	0.2
Acido Succínico	Ca.10	Ca.10	Ca.10
Acido aspártico	2.2	0.5	3.6
Asparagina	2.5	1.9	9.5
Acido glutámico	0.7	0.0	0.0
Glutamina	0.8	0.3	1.2
Biotina	0.002	0.001	0.018
Colina	0.30	0.06	1.9
Inositol	9.0	0.25	4.5
Acido p-aminoben- zóico	0.00006	0.00005	0.002
Acido pantoténico	0.040	0.085	0.08
Piridoxina	0.01	0.0005	0.0001
Riboflavina	0.00025	0.0002	0.0002
Tiamina	0.00006	0.00005	0.0025
Uracilo	0.0	0.0	1.6
PH	5.0	5.5	6.7

Tomado de Devlin, Robert, M. Fisiología Vegetal p. 39 (3)

Las raíces de muchas plantas tienen en si mismas la -- capacidad para absorber agua del suelo y transportarla al xilema. En raíces separadas, este transporte puede ocasionar una presión positiva notable en el xilema, llamándosele presión de la raíz. Cuando la tasa de la transpiración de una planta intacta es muy baja, como ocurre en la noche en condiciones de humedad elevada, puede desarrollarse suficiente presión dentro del xilema debido al transporte -- por las raíces hasta forzar agua líquida hacia afuera de -- las hojas, de ordinario a través de poros especiales que -- se encuentran en las márgenes de las hojas. Este proceso, llamado gutación, produce parte del rocío que aparece en -- el pasto durante la noche. (11)

FACTORES QUE AFECTAN A LA TRANSPIRACION

Influyen en la transpiración tan diversos números de -- factores, que es casi imposible estudiar aisladamente cada uno de ellos y poder decir en un caso dado, cuál tiene mayor influencia. Estos factores se agrupan en: Factores internos y factores externos.

Factores Internos

1.- Concentración del jugo celular.-

La intensidad de la transpiración está en razón inversa --

con respecto a este factor. Aquellos vegetales que poseen células con vacuolas muy ricas en glúcidos, mucílagos, --- grasas, gomas, cristaloides, etc. evaporan el agua con mayor dificultad y la retienen más enérgicamente que las que poseen células con un jugo celular muy diluído. Así, la -- riqueza en mucílagos y en otras sustancias orgánicas de -- las células de las plantas xerófitas, contribuye entre - - otras causas a mantener por mucho tiempo sus reservas de - agua.

2.- Número, abertura y disposición de los estomas.

La intensidad de la transpiración está en razón directa -- con respecto al número de los estomas. Las plantas cuya -- transpiración es más intensa, poseen un gran número de estomas en el envés de sus hojas (hasta 500 estomas por mm. cuadrado en algunas plantas), en contraposición con aqué-- llas, como las xerófitas, que casi no tienen estomas, y su transpiración es muy débil. Lo mismo se puede decir con -- respecto a la abertura de los estomas.

La disposición de los estomas influye en gran manera - en esta función. Cuando están distribuídos en una superfi- cie plana, sin pelos ni anfractuosidades, la emisión de -- vapor de agua se facilita, pues el contacto con el medio - externo es inmediato. No sucede lo mismo cuando existen --

pelos, criptas y cámaras aéreas externas, en cuyo caso la transpiración es más difícil.

3.- Espesor de la cutícula.

La intensidad de la transpiración está en razón inversa con respecto al espesor de la cutícula. Las hojas jóvenes que tienen cutícula delgada transpiran más que las hojas adultas cuya cutícula es gruesa. La cutícula muy espesa de los vegetales xerófitos, impide la transpiración o la hace muy débil y se evita la pérdida del agua que estos vegetales tienen como reservas.

4.- Presencia de tejido esponjoso,

Un tejido esponjoso, ricos en meatos aéreos, facilita en gran manera la transpiración, pues ésta no se efectúa -- solamente en las células que están al contacto directo de la atmósfera; las células internas, cuando están junto a -- los meatos aéreos, emiten también vapor de agua. Esta es -- una de las causas por la cual las hojas ricas en parénquima esponjoso, son los órganos de transpiración más intensa.

Factores Externos.

1.- Temperatura.

Durante el invierno, ante una temperatura baja, la --

transpiración es muy débil. Si se aumenta gradualmente la temperatura, la emisión de vapor de agua por las plantas - aumenta también hasta llegar a una temperatura máxima, muy variable según la clase de vegetal que se use, arriba de - la cual el fenómeno decrece y llega a cesar. Esto último - no se debe precisamente a la temperatura muy elevada, sino que a causa de la misma, la transpiración llega a ser tan intensa que el citoplasma celular pronto se deseca, se - - coagula y muere.

La elevación de la temperatura obra, asimismo, aumentando la permeabilidad de la película protoplásmica y facilita de esta manera la rápida emisión de vapor de agua.

2.- Humedad de la atmósfera.

La intensidad de la transpiración está en razón inversa con respecto a la cantidad de vapor de agua que contenga la atmósfera. A medida que aumenta la humedad de la - - atmósfera, las plantas tienen mayores dificultades para -- realizar la emisión del vapor de agua y, por lo mismo, la transpiración disminuye ostensiblemente.

Cuando la atmósfera llega a saturarse de vapor de agua, la transpiración cesa por completo. Sin embargo, la absorción del agua por las raíces continúa y como no se puede -

acumular indefinidamente en los órganos del vegetal (exceptuando en las plantas xerófilas), se concentran en los hidátodos o estomas acuiferos, por donde se expulsa al medio externo en forma de pequeñas gotitas de agua. Este fenómeno recibe el nombre de sudación.

Una atmósfera seca, y que por lo mismo contiene escaso vapor de agua, activa la transpiración.

3.- Agitación del aire.

Las corrientes de aire como las brisas y los vientos, renuevan constantemente la atmósfera en la superficie de las hojas y al mismo tiempo arrastran el vapor de agua que pueda existir al contacto de ellas y el cual disminuye la intensidad de la transpiración de los vegetales. En una atmósfera en calma, las plantas, debido a la transpiración, se rodean de una capa de aire casi saturado de vapor de agua y la energía de la transpiración disminuye considerablemente; basta una simple sacudida de la planta o una ligera corriente de aire, para que el fenómeno aumente en intensidad.

Los vientos cálidos y secos tienen una influencia particularmente notoria sobre los vegetales, a los cuales llegan a desecar con rapidez, en el caso en que no posean bastante humedad en el terreno en que se encuentren.

4.- Sustancias químicas del terreno.

Numerosas experiencias efectuadas sobre plantas acuáticas, muestran que la cantidad de agua evaporada por las plantas depende también del grado de concentración en sales del agua que absorben por sus raíces y de la presencia o ausencia de diferentes compuestos. La adición, en pequeña cantidad, de una sal al agua destilada en donde se cultivan plantas, provoca un aumento en intensidad de la transpiración. La riqueza en sales minerales de un terreno disminuye la evaporación ya que el jugo celular aumenta su concentración. La presencia de ácidos en el medio en que se desarrollan las plantas, activa la emisión del vapor de agua. Cuando se emplean medios nutritivos, la evaporación es tanto más débil cuando la solución es más concentrada. Se ha mostrado que el trigo cultivado en arena que contenga una solución nutritiva, transpira tres veces menos que cuando solo tiene agua destilada.

5.- Luz.

En las condiciones normales en que viven la mayoría de los vegetales, este factor es el que tiene o es uno de los que tiene mayor influencia sobre la transpiración. Los rayos luminosos, que también son caloríficos, elevan la temperatura de las plantas y, además, aumenta la permeabilidad de la película protoplásmica, con lo cual la evapora-

ción se hace más enérgica. Asimismo, tienen una influencia muy notable sobre los estomas, ya que se ha demostrado que provocan la abertura de los ostíolos. En la gran mayoría de las plantas los ostíolos están casi cerrados durante la noche y, durante el día, cuando reciben los primeros rayos del sol, comienzan a aumentar su abertura.

Los siguientes datos, proporcionados por Palladine citado por Oronoz (9), y que se refieren a una planta de maíz joven dan una idea de la influencia de la luz sobre la intensidad de la transpiración:

Maíz ante la luz directa del sol.....	0.198 grs. en 1 hora
Maíz ante una luz difusa.....	0.068 grs. en 1 hora
Maíz en la obscuridad.....	0.027 grs. en 1 hora

En otros vegetales, la diferencia es aún más notable, pues según Guilliermond, citado por Oronoz (9), una hoja de la vid, en una hora, por decímetro cuadrado expulsa en la obscuridad 0.005 grs. de vapor de agua, y ante la luz 0.355 grs.

La clorofila, ante la presencia de la luz influye de una manera muy notable en el fenómeno de transpiración. -- Como se sabe, esta sustancia tiene la propiedad de absor--

ber ciertas radiaciones luminosas, parte de las cuales son empleadas en la fotosíntesis, pero en su mayoría se utilizan en la evaporación del agua. Algunos investigadores, -- después de varias experiencias, han llegado a admitir que algunas plantas absorben el 28% de las radiaciones luminosas que llegan a sus hojas, e indican que un 0.5% se aprovecharía para la fotosíntesis, y 27.5%, en la transpiración. Sin embargo, estos datos no están plenamente comprobados y son sumamente dudosos.

De todas maneras, es tal la influencia que la clorofila ejerce sobre la función de transpiración, que cuando -- ésta se efectúa con el concurso de aquélla y de la luz, -- recibe el nombre de clorovaporización. (9)

RELACION QUE HAY ENTRE LA TRANSPIRACION Y LA ABSORCION

Durante mucho tiempo, los botánicos han estado interesados en la cuestión de si la transpiración tiene un papel importante en las plantas o no, particularmente porque la mayor parte del agua absorbida por las plantas se pierde -- por la transpiración. Entre los posibles papeles que se -- han sugerido para la transpiración están el transporte del agua y sales minerales por el xilema y el enfriamiento de hojas y otros órganos vegetales.

Aunque la tasa de transpiración es el factor principal que determina la tasa del flujo del agua a través del xilema. Mientras que en la absorción el aspecto final que se desea examinar en la economía de las plantas es el referente al transporte de agua en plantas vasculares.

Aquí estamos interesados en el flujo de agua a través de las traqueidas o los vasos del xilema, de las raíces o los tallos, las hojas y las estructuras reproductoras de una planta. Por lo tanto la relación que hay entre la transpiración y la absorción es el flujo del agua a través de el xilema. (5)

CLASIFICACION DE PLANTAS SEGUN SUS NECESIDADES HIDRICAS

El mantenimiento de provisión suficiente de agua dentro de las plantas es de importancia vital para ellas, habiéndose llamado ya la atención sobre el papel que esta sustancia representa en las actividades de las plantas. Por lo tanto, es de esperarse que las estructuras y actividades características de las plantas deben estar relacionadas con la obtención y conservación de una provisión abundante de este líquido indispensable.

Mesófitas.

La mayoría de las especies vegetales prosperan mejor cuando hay un buen equilibrio entre la precipitación pluvial y la evaporación. Bajo estas condiciones hay suficiente agua aprovechable para las actividades de las plantas, pero no demasiado. Las plantas que viven bajo condiciones que son especialmente favorables para el crecimiento se conocen como mesófitas. Tienen sistemas radiculares y foliares bien desarrollados y son generalmente grandes, prósperos, y de crecimiento rápido en comparación con las xerófitas e hidrófitas.

Su área foliar es extensa, la cutícula y la epidermis son más bien delgadas, y los estomas no están especialmente protegidos. Internamente son bien diferenciadas, sobre todo en el sistema vascular. Algunas veces es difícil trazar una línea clara entre las mesófitas y las xerófitas. Hay muchas plantas, tales como nuestros árboles de hoja caduca, por ejemplo, que son mesófitas durante el verano y xerófitas durante el invierno. Tales plantas se conocen como tropófitas.

Las modificaciones de las plantas relacionadas con su provisión de agua son muy numerosas, y en ninguna otra - -

parte es más claramente evidente el carácter regulatorio - de las estructuras vegetales. (15)

Xerófitas.

En algunos cultivos, pese a que el máximo rendimiento se obtiene con la humedad edáfica óptima, la calidad del producto es mejor si hay cierta deficiencia de agua durante el ciclo: ejemplo. La fibra del algodón mejora si la -- humedad es ligeramente subóptimo.

Esto es cierto, en especial respecto a los productos - de la explotación de algunas xerófitas que precisamente, - son adaptaciones de la planta al ambiente seco; así, el -- hule del guayule (parthenium argentatum) es de mucho mejor calidad si no se riega, la cera de la candelilla (Euphor-- bía cerifera) aumenta en cantidad y calidad si ha sufrido sequía, la savia del maguey pulquero (Agave atrovirens) -- tiene mayor concentración de azúcar en tierras de secano, por lo que el pulque (producto de fermentación) tiene me-- jor calidad. (13)

Mecanismos de adaptación morfológicos.

El sistema radicular es extenso y muy bien desarrollado en comparación con el vástago. La concentración osmótica del jugo celular es generalmente más alta que entre las plantas que crecen en medios ecológicos menos áridos.

La superficie foliar es reducida, algunas veces mucho, produciéndose entonces hojas escamosas o filamentosas, como en los árboles coníferos; y las hojas pueden llegar a desaparecer por completo como en los cactus.

La cutícula del tallo y de las hojas se vuelven gruesas. Los estomas son relativamente pocos y generalmente sumidos en poros, cubiertos con una masa de pelos o protegidos de alguna otra manera. En algunos casos, notablemente entre las xerófitas árticas y alpinas, las hojas y tallos se hallan cubiertos con una capa de pelos. (15).

Los caracteres fisiológicos, como la capacidad de entrar en vida latente tirando las hojas; histológicas, o caracteres xeromórficos, como la presencia de pelillos en la hoja, estomas en criptas epidérmicas, gruesas capas cuticulares en las hojas.

Semixerófitas.

Los cultivos adaptados a las zonas secas reconocen una adaptación semixerofítica (mijo, sorgo) ó semiefimeras, -- que son maneras de resistencia de la flora silvestre.

Efimeras.

La planta con déficit de agua se adapta a la vida en -- diversas formas. Algunas presentan un ciclo de vida muy -- corto, de manera que viven solamente durante las pocas se-- manas que queda húmedo el suelo después de una lluvia - -- fuerte y luego, quedan como semilla, hasta una nueva llu-- via, quizá un año más tarde; estas son las efimeras. (13)

Otra clasificación ecológica de las plantas, basada -- en sus relaciones hídricas fue la que propuso Warming ci-- tado por Wilsie Carroll (18), que estableció tres grupos - que son: hidrófitas, mesófitas y xerófitas.

Hidrófitas.

Han sido reconocidas dos clases de hidrófitas: plantas acuáticas, que crecen normalmente en agua, total o par-- cialmente sumergidas, y pantanosas, que pueden crecer en suelos demasiado húmedos para las plantas ordinarias. Las hidrófitas extienden sus raíces en agua o en suelos satu--

rados. Estructuralmente, la mayoría de las hidrófitas se caracterizan por la esponjosidad de sus tejidos. Los estomas pueden ser numerosos, localizados principalmente en la superficie superior de las hojas. Un cierto número de grupos ecológicos de hidrófitas ha sido descrito por Daubenture (1959). Las hidrófitas suspendidas, como el fitoplancton, están en contacto solamente con agua. Entre las hidrófitas flotantes figuran la lenteja de agua (Lemna minor) y el jacinto de agua (Eichhornia). Algunas hidrófitas están sumergidas, pero fijadas a la tierra del fondo, como la zoostera marina, el acaxaxán y muchas algas pequeñas. Otro grupo tiene las hojas flotantes, pero están arraigadas en la tierra del fondo; entre ellas figuran los nenúfares y la platanaria. Un grupo final puede ser denominado de hidrófitas fijadas emergentes. Crecen en aguas poco profundas y desarrollan sus tallos hacia la superficie. Entre otras, este último grupo comprende: la españada (Typha), el junco (Scirpus), y algunas variedades de arroz (Oryza sativa).

Mesófitas.

La mayoría de las plantas terrestres comunes, en las que están comprendidas las cultivadas más frecuentes, con la excepción de ciertos tipos de arroz, son mesófitas. Los

estomas están confinados, o son más numerosos, en las epidermis inferiores. Los pelos radicales son abundantes y la longitud y volumen de la raíz frecuentemente iguala o -- excede a la parte aérea. Experimentos con gramíneas forrajeras, verificados por Paltridge y Mair (1936) citado por Wilsie Carroll (18), proporcionaron una nueva base para la clasificación en grupos, según su adaptación a la humedad. Bajo condiciones controladas, se determinó la naturaleza xerofítica de varias especies, tomando como fundamento la pérdida de agua que experimentaban a medida que se aproximaban al porcentaje de marchitamiento permanente. Las especies que se marchitaban de manera permanente cuando perdían el 25% de su contenido total de agua eran consideradas verdaderas mesófitas. Mesófitas xerofíticas eran aquellas que se marchitaban cuando perdían del 25 al 50% de su agua.

Xerófitas.

En este grupo de plantas figuran aquellas que pueden resistir una prolongada desecación sin sufrir daño. Pueden crecer en un substrato que pierda el agua disponible para el crecimiento hasta una profundidad de 20 a 25 cm (o más), durante una estación normal. En los experimentos de Paltridge y Mair citados por Wilsie Carroll (18), con gramí--

neas fueron clasificadas como xerófitas las especies que se marchitaban, de manera permanente, solamente después de perder de 50 al 75% de su contenido total de agua. En este grupo se incluían especies de *Eragrostis* y *Danthonia*. Como verdaderas xerófitas se consideraron aquellas especies cuyo contenido hídrico podía ser reducido hasta cerca de un 25%, sin marchitarse. Es comprensible que muchos ecólogos duden de que todas las gramíneas mencionadas puedan ser -- consideradas como verdaderas xerófitas. (18)

SIGNIFICADO BIOLÓGICO DE LA TRANSPIRACION

El interés o falta de interés de la transpiración para la planta ha sido tema de debates entre los fisiólogos vegetales durante bastante tiempo. Algunos han argumentado -- que el efecto refrigerante de la transpiración evita que -- la planta se sobrecaliente. Sin embargo, las plantas que -- crecen en condiciones en que la transpiración es despre- -- ciable tampoco se sobrecalientan, lo que parece indicar -- que el efecto refrigerante de la transpiración no tiene -- una importancia real en la disipación del calor, en lo que se refiere a la planta. (3)

MATERIALES Y METODOS

Materiales.

Para el desarrollo de este trabajo se utilizó el siguiente material:

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| 1.- Plantas de frijol | 7.- Navaja |
| 2.- Potómetro | 8.- Secadora de pelo |
| 3.- Pipeta graduada 5 ml. | 9.- Lámpara de mesa |
| 4.- Soportes | 10.- Recipiente de vidrio |
| 5.- Pinzas | 11.- Estufa |
| 6.- Balanza analítica | |

Métodos.

El método que se utilizó fue el método de el potómetro que se basa en el hecho de que, en general, la velocidad de absorción de agua es muy próxima a la velocidad de transpiración.

El potómetro y la pipeta graduada se encuentran sujetas por medio de pinzas en ambos lados, y estas pinzas a su vez están sujetas a los soportes.

Un brote de una planta de frijol (phaseolus vulgaris), se une de modo estanco a un recipiente de vidrio (potómetro) lleno de agua, dicho recipiente tiene otra salida, --

una pipeta graduada. Antes de iniciarse la medida de la --
velocidad de transpiración la totalidad del aparato se --
llena de agua para evitar que queden espacios o burbujas --
de aire, después se une la planta a el potómetro, se uti--
lizó plantas túrgidas de frijol, se hace un corte tangen--
cial bajo el agua, separe la sección con hojas e inser--
tarlas inmediatamente en la manguera (potómetro). Procure
que el agua de la pipeta se estabilice en cierta porción --
leíble. Con un cronómetro señale su momento "0" y se va --
anotando, al terminar el término de los 10 minutos cuanta
agua se consume.

Dependiendo de que tratamiento sea el que se aplique --
en el lapso de esos 10 minutos, ya sea el testigo, aire --
caliente o luz, después se toma la medida que haya al --
transcurrir esos 10 minutos y ese dato será la velocidad --
de transpiración que tendrá dicha planta.

Posteriormente de que se conocen todas las velocidades
de transpiración se les cortan las hojas y se colocan en --
bolsas de papel con su respectiva etiqueta, y se colocan --
en la estufa para secarlas con el fin de poder sacar su --
área foliar, para sacar su área foliar se utilizó el si--
guiente método; se pesa un decímetro cuadrado de una hoja
de papel en la balanza analítica y con este dato y el peso

que resulte de las hojas de cada planta respectivamente se procede a hacer una regla de tres simple con lo cual quedaría así:

Si 1 dm² ----- pesa 0.6289 grs.

X ----- será si pesa 0.0247 grs.

el resultado de el área foliar para el tratamiento 1 - (testigo) planta 1 será de = 0.0392 dm².

Ya que se tienen sus áreas foliares de todas las plantas y sus respectivas velocidades de transpiración, se usa la siguiente fórmula para obtener las velocidades de transpiración reales:

$$V.T. = \frac{V}{T} \times \frac{1}{A}$$

V= volumen transpirado

T= tiempo

A= área foliar

Ejemplo: de el tratamiento 1 (testigo), planta 1

$$V.T. = \frac{0.0}{10} \times \frac{1}{.0392} = 0.0 \text{ c.c./dm}^2/\text{minuto}$$

Al final ya que se tiene todos los resultados de la velocidad de transpiración reales se reportan los resultados en milímetros de agua/decímetro cuadrado/tiempo.

Al utilizar este método de el potómetro fue para observar como los distintos factores ambientales pueden afectar a la transpiración.

RESULTADOS

El presente trabajo se hizo con el fin de ver los -- efectos ó variación de distintos factores ambientales ta-- les como: la luz y la temperatura (aire caliente), con -- respecto a el testigo, cada tratamiento fue aplicado a 4 -- plantas de frijol, y las mediciones o resultados que se -- obtuvieron son los siguientes:

Resultados que se obtuvieron de la velocidad de trans-- piración sin tomar en cuenta su área foliar.

Testigo - Tratamiento 1

Planta 1.- 0.00 ml

Planta 2.- 0.00 ml

Planta 3.- 0.01 ml

Planta 4.- 0.01 ml

Aire Caliente - Tratamiento 2

Planta 1.- 0.11 ml

Planta 2.- 0.02 ml

Planta 3.- 0.05 ml

Planta 4.- 0.01 ml

Luz - Tratamiento 3

Planta 1.- 0.04 ml
Planta 2.- 0.03 ml
Planta 3.- 0.00 ml
Planta 4.- 0.02 ml

Datos que resultaron de el área foliar de cada planta son:

Testigo.

Planta 1.- 0.0392 dm²
Planta 2.- 0.38941 dm²
Planta 3.- 0.27317 dm²
Planta 4.- 0.17792 dm²

Aire Caliente.

Planta 1.- 0.04229 dm²
Planta 2.- 0.32342 dm²
Planta 3.- 0.09095 dm²
Planta 4.- 0.11003 dm²

Luz.

Planta 1.- 0.21577 dm²
Planta 2.- 0.16552 dm²
Planta 3.- 0.24932 dm²
Planta 4.- 0.30577 dm²

Y por último los resultados de velocidad de transpiración reales, obtenidos con la fórmula anterior.

Testigo.

Planta 1.-	0.00	cc/dm ² /minuto
Planta 2.-	0.00	"
Planta 3.-	0.00366	"
Planta 4.-	0.00562	"

Aire Caliente.

Planta 1.-	0.2601	cc/dm ² /minuto
Planta 2.-	0.00618	"
Planta 3.-	0.05497	"
Planta 4.-	0.00908	"

Luz.

Planta 1.-	0.01853	cc/dm ² /minuto
Planta 2.-	0.01812	"
Planta 3.-	0.00	"
Planta 4.-	0.00654	"

Comparación de medias de los tratamientos (luz y aire caliente), con el testigo.

Tratamientos	Suma de tratamiento	Medias de tratamientos \bar{X} .
Testigo	0.00928	0.00232
Aire Caliente	0.33033	0.08255
Luz	0.04319	0.01079

Mediante esta comparación de medias, se hará la conclusión de este trabajo.

CONCLUSION

De los resultados obtenidos en el presente trabajo se concluye lo siguiente:

1.- De los resultados obtenidos de todos los tratamientos se observará que el testigo fue el que menos velocidad de transpiración presentó, esto puede ser debido a que el - - trabajo se realizó en el invernadero bajo condiciones am--bientales controladas.

2.- El tratamiento con luz presentó variación con respecto a el testigo, por lo tanto se observa que al inducir un --factor ambiental se eleva la transpiración.

3.- En los resultados de comparación de medias de los tra--tamientos, se vé como el tratamiento de aire caliente es - el que presentó mayor velocidad de transpiración que el --testigo y que el tratamiento con luz.

Por lo anterior se puede resumir que estando la planta en condiciones ambientales controladas, presenta una - - - transpiración menor, que al agregarle algún tratamiento --(luz o aire caliente).

Puesto que la planta pierde agua mayoritariamente a --
través de los poros estomatales, habrá que investigar al--
guna forma o método para regular la transpiración mediante
el control de las células oclusivas, con el fin de econo--
mizar el uso de el agua.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Bonner, James. y Galston, W, Arthur. Principios de - -
Fisiología Vegetal. Ed. Aguilar S. A. Juan - -
Bravo, 38 Madrid, España. 1979
- 2.- Carvalho, De, Joao. y Coutinho, P, Miguel, Carlos.
Fisiología Vegetal. Ed. de Repartición de Es--
tudios, Información y Propaganda 1957. p. 105.
- 3.- Devlin, Robert, M. Fisiología Vegetal. Ed. Omega S. A.
Casanova, 220. Barcelona 11, 1980 pp. 62, 63,
64, 65, 66, 67, 77, 79.
- 4.- Fogg, G, E. El Crecimiento de las plantas. Ed. Univer-
sitaria de Buenos Aires. Rivadavia.
- 5.- Greulach, Victor, A. y Adams, J. Edison. Las Plantas.
Ed. Limusa. Wiley, S. A. 1970. pp. 290, 298.
- 6.- León, González, Fernando, De. Efecto Del Acido Acetil-
salicilico (Aspirina) Sobre Algunos Aspectos -
De La Fisiología Estomatal De Commelina Commu-
nis L. Tesis para obtener el grado de Maestro
en Ciencias, Especialidad Botánica. Colegio de
Postgraduados, Chapingo, México.

- 7.- Mazliak, Paul. Fisiología Vegetal, nutrición y metabolismo. Ed. Omega. Barcelona. 1976.
pp. 257, 259.
- 8.- Meyer, S. Bernard. Anderson, Donald, B. y Böhning. Richard, H. Introducción a la Fisiología Vegetal. Ed. Universitaria de Buenos Aires, 1970. pp. 80, 81, 82.
- 9.- Oronoz, Ruiz, Manuel. Roara, Nieto, Daniel. y Rodríguez, Larios, Ignario. Tratado Elemental de -- Botánica. Ed. E.C.L.A.L.S.A. Salvador Alvarado 105. 1977. pp. 343, 344, 345, 346.
- 10.- Raven, Peter, H. y Curtis, Helena. Biología Vegetal. Ed. Omega 220, Barcelona 11. pp. 249, 250.
- ✓11.- Ray, Peter, Martín. La Planta Viviente. Ed. Continental S. A. México. pp. 14, 120
- 12.- Robbins, W. Wilfred. Weier, T. Elliot. y Stocking, Ralph, C. Botánica Ed. Limusa, México 1974.
- 13.- Rojas, Garcidueñas, Manuel. Fisiología Vegetal Aplicada. Libros Mc. Graw-Hill 1977. pp. 39, 42, - 43.

- 14.- Salysbury, Frank, B. y Ross, Cleon, W. Plant
Physiology. Wadsworth Publishing Company, Inc.
Belmont, California. p. 39.
- 15.- Sinott, Edmund, M. y Wilson, Katherine, S. Botánica,
Principios y problemas. Compañía Editorial - -
Continental S. A. pp. 245, 246, 247, 251.
- 16.- Sivori, Enrique, M. y Montaldi, Edgardo, R. Fisiolo--
gía Vegetal. Ed. Hemisferio Sur S. A. 1980. --
pp. 346, 352, 353, 354.
- 17.- Street, H. E. Metabolismo de las plantas. Ed. Alham--
bra, S. A. 1969. p. 16.
- 18.- Wilsie, Carroll. Cultivos, aclimatación y distribu- -
ción. Ed. Acribia. Zaragoza, (España).
1966. pp. 163, 164, 165.

