



COMO A PLANTA FORMA AS SUBSTÂNCIAS ORGÂNICAS

Os princípios básicos de produção vegetal são iguais em todo o mundo. A atividade fundamental das células, que compõem todos os seres vivos, desde a ameba, que somente possui uma única célula, até a planta, o animal e o homem, com seu número enorme de células variadas, é igual, funcionando segundo os mesmos princípios. (4)

A planta é composta de inúmeras células onde cada uma é uma verdadeira "fábrica" de substâncias orgânicas, inclusive liberando e transformando energias. Para isso ela necessita de:

1. uma fonte de energia, o sol, ou seja, a luz solar;
2. água;
3. elementos dos quais forma seus produtos, tais como açúcares, amidos, proteínas e gorduras. Estes elementos são carbono (C) que ela capta do ar, hidrogênio (H), que ela retira da água e oxigênio (O), que ela retira tanto do ar do solo e do ar atmosférico como da água. Estes três elementos formam o famoso trinômio $C-H_2-O$, base para todos os carboidratos, como açúcares, amidos, celulose e outros. Temos ainda o nitrogênio (N), que os microrganismos do solo fixam do ar, e os nutrientes minerais, que a planta retira do solo, como fósforo (P), enxofre (S), cálcio (Ca), magnésio (Mg) etc.;
4. biocatalisadores para apressar a formação de suas substâncias. Estes se chamam "enzimas" e, para que possam funcionar, precisam de ativadores, como o potássio (K) ou de micronutrientes. Diz-se "micro" porque são necessários somente em quantidades mínimas para o bom funcionamento do

metabolismo vegetal (47). São eles especialmente: manganês (Mn), ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu), boro (B), molibdênio (Mo), além de vanádio (V), cobalto (Co), cloro (Cl), níquel (Ni), selênio (Se) e outros. (5) Mas, também o magnésio, que sem ser micronutriente entra como ativador de enzimas catalisadoras.

O magnésio e ferro são indispensáveis à formação da clorofila, o verde da planta que capta a energia solar.

COMO É OBTIDA A ENERGIA

A energia é indispensável para a maioria dos processos químicos na planta. O início de todo metabolismo na planta se dá a partir das reservas que a semente possui, sendo poucas as exceções, como as sementes de orquídeas. Daí a importância das sementes serem boas e bem nutridas. A planta forma as primeiras raízes e folhas e ainda com as reservas da semente, absorve água e inicia a fotossíntese. Para tanto ela possui aberturas nas folhas, os estômatos, pelos quais sai a água transpirada e entra o gás carbônico (CO_2). Com este dióxido de carbono e água, a planta forma os primeiros carboidratos ($\text{C-H}_2\text{-O}$)_n com quantidades diversas do grupo destes elementos, como, por exemplo, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, que é o açúcar mais comum conhecido, a glicose. Seja chamada a atenção de que carboidratos são todas as substâncias cuja estrutura é formada de quantidade variável do grupo $\text{C-H}_2\text{-O}$, incluindo-se aqui amidos, açúcares, celulose, ligninas etc. A planta decompõe, em parte, a glicose para obter energia; outra parte ela utiliza para formar substâncias mais complicadas, inclusive na formação das proteínas. (7,13)

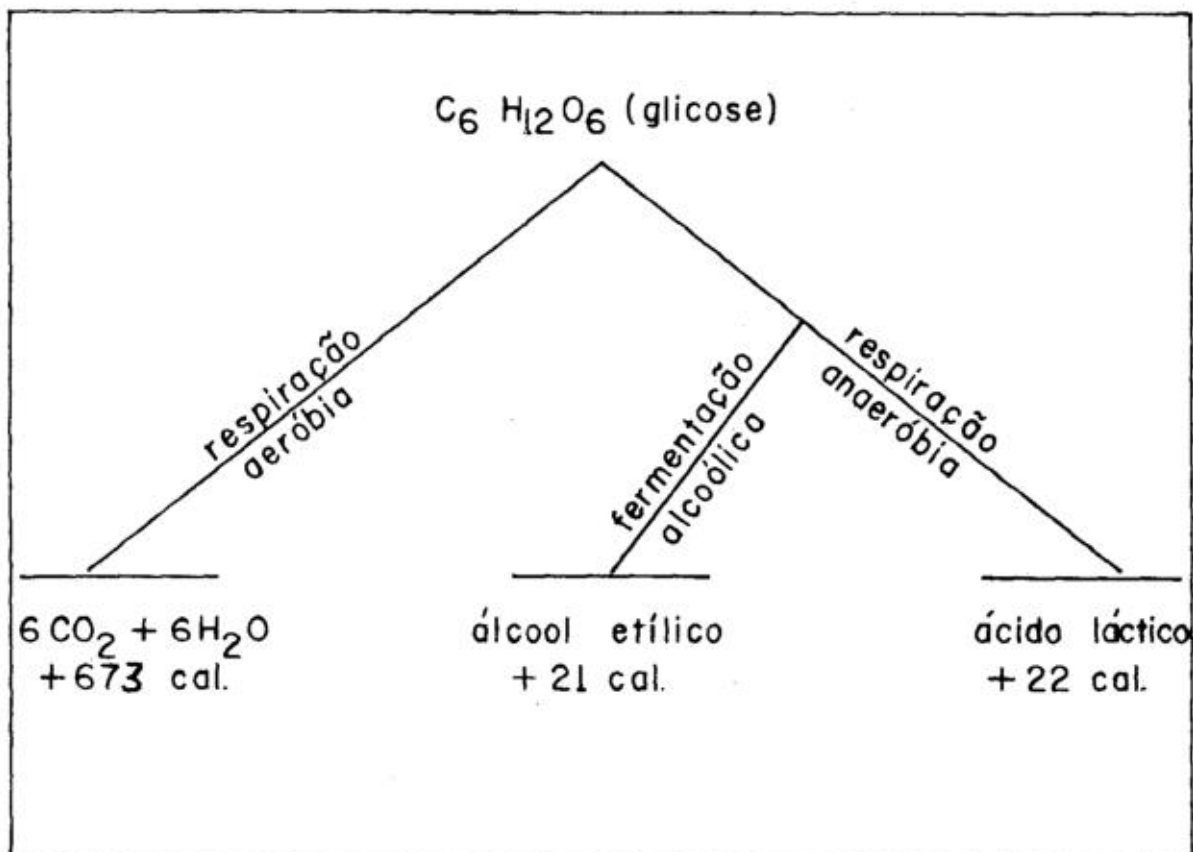


Fig. 1.1 A obtenção de energia a partir da glicose

Quando a planta dispõe de suficiente oxigênio no solo recebe 673 Kcalorias por cada Mol de glicose, mas quando faltar oxigênio, ela fermenta esta glicose para a obtenção de energia, neste caso recebendo somente 20 Kcalorias por cada Mol. (figura 1.1) O uso eficiente das substâncias fotossintetizadas depende, pois, da presença de suficiente oxigênio no solo, como veremos ainda no capítulo II. A energia é liberada no momento em que novamente se forma água na planta, a partir de glicose, porém, ainda não é utilizável. Agora entra em ação a substância, que parece quase milagrosa: Um mononucleotídeo fosforado, o conhecido ATP (trifosfato de adenosina), que armazena e transfere a energia para onde a planta a necessitar. Sem fósforo, portanto, não ocorre nenhum processo metabólico, nem formação de substâncias vegetais, nem divisão celular. Onde se necessita de energia faz-se necessária a presença de fósforo. O processo pelo qual a planta decompõe seus produtos fotossintetizados para gerar energia chama-se simplesmente “*respiração*” .

A ÁGUA NA PLANTA

Inicialmente a célula vivia submersa em água. Também as primeiras plantas eram aquáticas, banhadas de água por todos os lados. Mas, quando a planta subiu à terra, isso mudou. Somente a raiz permanecia em contato com a água do solo, enquanto o vastago, isto é, os caules e as folhas, viviam expostos ao ar, perdendo a água para este. Para repor esta água, a planta desenvolveu um sistema de transporte, o sistema vascular, pelo qual a água sobe, carregando consigo minerais nutritivos, mas igualmente produtos de síntese primária, como aminoácidos, que se formaram no colo da raiz. (33) Este transporte ascendente ocorre através do conjunto de vasos chamados xilema. Paralelamente existe o transporte descendente, que leva os produtos fotossintetizados das folhas para as raízes através do floema. É possível, portanto, interromper o fluxo ascendente da água sem que se prejudique o fluxo descendente. (27).

Noventa e cinco por cento da planta são constituídos pelos elementos H^+ e O^- , sendo aproximadamente 80 a 85% em forma de água (H_2O) e 10 a 15% na forma metabolizada em carboidratos e proteínas.

A água é, pois, a base vital de toda vida vegetal e da vida em geral em nosso globo. Sua absorção e perda pelos vegetais são processos cruciais.

Quadro 1.1 *Perda de água de uma folha, em uma hora, a 20°C, expressa em porcentos do peso inicial total.* (FONTE: prática de aula seg. Kozlowski)

planta hidrófita (aquática)	83,00
planta higrófita (de floresta)	8,30
planta mesófita (de cultura ou pastagem) . .	0,94
planta xerófita (de lugares áridos)	0,09

Disso se pode deduzir que a planta possui um mecanismo para se proteger da perda de água quando é obrigada a viver fora desta, e que este mecanismo é tanto mais eficiente quanto mais seco e inóspito for o ambiente.

Esta proteção é, antes de tudo, a cutícula que, em clima seco, ainda é protegida por cerosidade e pilosidade. É protegida, igualmente, da perda de água pela forma cilíndrica das folhas (*Pinus elliottii*, por exemplo) e caules como nas cactá-

ceas. Em casos extremos a planta deixa cair suas folhas, como no sertão nordestino, permanecendo somente o tronco suberoso, de casca grossa e esponjosa, tornando-se assim mais resistente à seca. (34)

A água transportada para a folha serve, em parte, para resfriá-la, evitando um superaquecimento pela insolação. (16)

Quadro 1.2 *Água em partes da planta.* (Kozlowski, 1968)

semente (como noz)	5%
semente de cereal (trigo)	13%
semente de girassol	30%
tubérculo de batatinha	75%
capim em floração	66 a 87%
leguminosa em flor	75 a 86%
bulbo de cebola	88%
fruto de pepino	95%
alga marinha	95 a 98%
cactácea do deserto	95 a 99%

Chama-se a atenção à quantidade de água armazenada no tecido de planta desértica, que equivale à água armazenada no de planta aquática, constituindo, portanto, um recurso valioso de água para o gado e homens nestas regiões áridas.

TERMOSTATOS NATURAIS: AS FLORESTAS

A planta transpira, perdendo água para o ar em forma de vapor. Na passagem da fase líquida à gasosa, a água necessita de 539 calorias, retiradas do ar, para cada mililitro de água transpirada. Isso refrigera a superfície da folha (8) e ao mesmo tempo transforma a floresta no maior termostato que possuímos. Quando a temperatura sobe, a água transpirada aumenta igualmente, retirando calor do ar. De modo que a Amazônia equatorial possui uma temperatura média de 24°C, oscilando entre 21 e 28°C. Não existem os extremos de temperaturas conhecidos nos desertos. Como, por exemplo, na faixa de Gaza onde, de dia, a temperatura sobe a 45 até 50°C e, de noite, baixa para 4 e até -1°C. A razão destas oscilações é a falta de água que pudesse ser transpirada e, mais exatamente, a falta de florestas ou represas ou lagos que atuassem como termostatos. Na parte da Argentina onde as florestas foram eliminadas para dar lugar a pastagens e campos agrícolas, encontramos o mesmo fenômeno, de modo que as temperaturas extremas durante as 24 horas do dia estão dando um caráter semidesértico à paisagem. Onde as florestas ainda permanecem intatas, as temperaturas são muito mais amenas.

Açudes e represas freqüentes ou o mar têm efeito semelhante.

A ABSORÇÃO DE ÁGUA PELA PLANTA

A ABSORÇÃO PASSIVA POR VIA FÍSICA

A perda de água ao ar naturalmente causa um déficit na folha, que se chama de "pressão negativa" ou "tensão". Esta pressão negativa ou tensão é a força de sucção com que parte da água do solo entra na planta, uma vez que esta sucção existe em todo sistema vascular da planta, embora com intensidade decrescente em dire-

ção à raiz. (34) A força de absorção física da planta depende da temperatura e da umidade relativa do ar. Quanto mais baixa esta for, tanto maior será a força de sucção da raiz. (5, 11)

Em nosso clima tropical e subtropical, onde a umidade relativa do ar geralmente é elevada, muitas vezes se aproximando da saturação, a água transpirada pela planta pode ser pouca, especialmente por passar 90% da transpiração pelos estômatos e estes fecham durante o calor do dia em muitas plantas (11) mas podem ficar abertos em outras, como, por exemplo, em árvores do cerrado. (15)

Quando os estômatos fecham, o gradiente de pressão também será muito pequeno, não havendo força suficiente para a absorção (29, 52) especialmente quando a concentração de ions na água do solo for elevada. (34)

Nos trópicos, a planta absorve boa parte da água pela pressão osmótica da raiz (28, 29) e até o transporte para as folhas pode se processar, em parte, pela "pressão" da raiz (48) e em parte pela "tensão" na folha. (11)

A pressão osmótica da raiz depende, principalmente, do metabolismo vegetal e somente em pequena escala dos cátions acumulados no vacúolo celular. (48)

Segundo White (1938), o vegetal é capaz de bombear água até 60 metros de altura por pressão da raiz.

Algumas medições de pressão osmótica (Mengel, 1965)

Raiz de planta de cultura.	5	a	20 atm.
folha	30	a	40 atm.
solo de cultura.	0,3	a	5 atm.
solo salino do deserto.	30	a	100 atm.

Em clima temperado, admite-se que 95% da absorção de água ocorre pelo déficit de pressão na folha, aproveitando-se dos teores baixos de umidade relativa do ar. (6, 11, 26)

No clima tropical, nem sempre a planta consegue absorver o suficiente por via física, tendo de fazê-lo por vias fisiológicas. Quer dizer, ela tem de criar energia de absorção através de seu metabolismo. (42, 51, 52)

A ABSORÇÃO ATIVA POR VIA FISIOLÓGICA

A absorção ativa da água ocorre por processos osmóticos nas células radiculares, ou, para dizê-lo mais simplesmente, pela pressão negativa produzida pela quantidade de substâncias contidas no suco celular.

É, portanto, igualmente um déficit de pressão que se exprime pela fórmula:

$$\text{D.P.D.} = \frac{R \cdot T \cdot s \times 100}{M} \times 1 \text{ n H. R.}$$

D. P. D. = déficit de pressão de difusão; R = constante dos gases; T = temperatura absoluta; s = peso molecular da água;
H. R. = umidade relativa do ar; M = peso molecular da água com todas as substâncias ali dissolvidas.

A pressão osmótica sempre é um valor negativo e equivale ao déficit de pressão de difusão.

Osmose é a passagem de água com seus solutos por uma membrana semipermeável. Ela depende da energia cinética livre da água como ilustrado na fig. 1.2

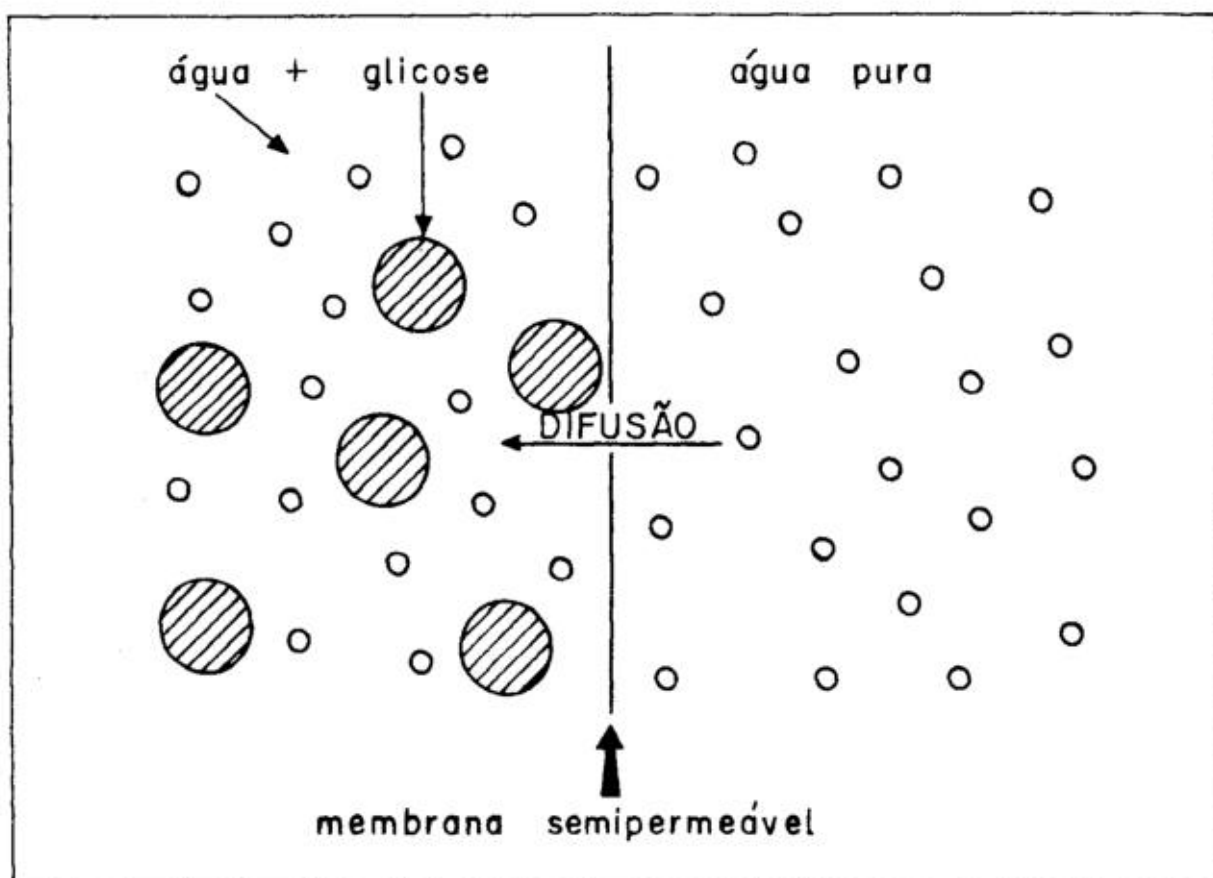


Fig. 1.2 Esquema de osmose: Difusão de água por uma membrana semipermeável da solução mais fraca para a mais concentrada.

Isto é de máxima importância e a base de boa parte de absorção em nosso clima tropical. Explica, como será mostrado mais adiante, por que, às vezes, a adubação química tem resultado insignificante e até negativo nas zonas secas do Nordeste com solos salinos. Mas, no momento em que se compreende o mecanismo do funcionamento, o desenvolvimento de uma técnica agrícola adequada será possível. (2) Vejamos: se alguma substância for dissolvida na água, por exemplo, glicose ou potássio, a quantidade de moléculas de água por cm^3 de espaço diminui logicamente porque tem de compartilhar o espaço com o soluto. Existe, assim, não somente menos água e menos energia cinética nesta unidade de espaço, mas os movimentos das moléculas de água ainda são dificultados pelo de glicose ou potássio. Portanto: *a energia livre de uma solução diminui à medida que a concentração do soluto aumenta*. Estabelece-se um “déficit de pressão” em relação à água pura. Quanto maior este déficit, tanto maior será a difusão de água da solução mais fraca, que possui maior energia cinética, para a solução mais concentrada. A célula bem provida de metabólitos, portanto, tem a capacidade de se apoderar de água com muito mais força que uma célula mal nutrida.

Desta maneira há quatro possibilidades para a planta (2, 13, 42, 51, 52):

1. a planta é bem nutrida e a solução do solo possui concentração fraca, como ocorre, normalmente, em solos tropicais, que são considerados “po-

bres” em nutrientes em relação aos solos de clima temperado. Aqui a planta absorve a água com muita facilidade.

Como a planta compensa a menor quantidade de nutrientes por volume de solo, por um sistema radicular maior, (vide capítulo II), ela não somente absorve água com facilidade, mas ainda encontra muita água disponível no solo, por “enraizar” um volume grande de solo. A condição *sine qua non*, porém, é que o solo tenha uma estrutura grumosa, de densidade aparente baixa (0,9 a 1,2 g/cm³);

2. a planta é bem nutrida mas a concentração da solução do solo é alta. Isto ocorre em terras adubadas comercialmente ou em época de seca quando a água do solo diminui. A planta terá dificuldade em absorver água no momento em que a temperatura do solo e do ar sobe, por existir pouca diferença de concentração entre a solução externa, do solo, e a interna, da célula. A planta sofre a falta de água com facilidade (31);
3. a planta é mal nutrida e, apesar de existir o suficiente em água no solo, ela tem dificuldade em absorvê-la por não possuir pressão osmótica suficiente. Este caso ocorre em solos pobres, não adubados;
4. a planta é mal nutrida e a concentração na solução do solo é alta, como ocorre em solos salinos ou em solos que receberam uma adubação em cobertura muito grande. A planta encontra muita dificuldade em absorver água e com ela o adubo. Ela sofre da falta de água apesar de existir o suficiente no solo. Chama-se a isso de “seca fisiológica” (29).

Planta mal nutrida sofre de seca com muito maior antecipação que uma bem nutrida (27).

Surge a pergunta: Quando é que uma planta é bem nutrida?

A maioria responderá: quando houver o suficiente em nutrientes à disposição no solo e quando forem absorvidos pela planta.

Isso, infelizmente não é o suficiente. *A planta somente é bem nutrida quando for capaz de metabolizar em pouco tempo os nutrientes absorvidos* ! E esta metabolização deve chegar até os produtos finais, como proteínas, e não pode parar nos aminoácidos.

A nutrição do vegetal não só depende dos elementos nutritivos como também dos metabolitos, isto é, dos produtos metabolizados, como de açúcares, de proteínas e de muitas outras substâncias.

A pressão osmótica da raiz se deve, principalmente, aos carboidratos e em muito menor escala aos cátions absorvidos, como cálcio, potássio e outros.

Porém, a metabolização ainda não é o suficiente. Necessita-se que os metabolitos sejam transportados à raiz. E neste transporte age especialmente o micronutriente boro. (36) Embora o potássio seja importante no transporte de açúcares dentro da parte verde do vegetal, a consistência radicular não é alterada quando for deficiente.

Porém, quando houver a deficiência de boro, a raiz sempre será desprovida de carboidratos. (Vide capítulo II)

Para que uma raiz seja bem nutrida, necessita ser abastecida de produtos fotossintetizados pela folha. Estes devem ser transportados pela corrente descendente. Aumenta a pressão osmótica, dependendo desta o crescimento radicular, a absorção de nutrientes e o turgor das folhas. (13, 42)

Verifica-se uma interação muito estreita entre fotossíntese e potencial radicular. Se a fotossíntese diminuir, a raiz é pior nutrida e diminui seu potencial de ab-

sorção (33). Diminuindo a absorção de água e nutrientes, diminui, por sua vez, a fotossíntese. Entra-se num círculo vicioso em que diminui, sempre mais, a absorção pelas raízes e a fotossíntese pelas folhas, debilitando a planta a tal ponto que esta amadurece precocemente para ainda poder reproduzir-se. O resultado é o fracasso da colheita.

A GERMINAÇÃO E A QUALIDADE DA SEMENTE

Raiz alguma se desenvolve sem os produtos da fotossíntese. Mas, o germe ainda não tem folhas quando cria sua raiz. O primeiro impulso deve vir da reserva da semente. Ela deve fornecer a primeira energia, bem como o fósforo para agir no seu transporte, o magnésio para a clorofila e a pressão negativa, para que a semente tenha a capacidade de absorver água. Quanto mais rica a semente for em carboidratos, tanto mais facilmente absorverá água. Isso, porque a semente consegue absorver fisicamente somente parte da água necessária para sua germinação. Existe um ponto, a partir do qual a absorção ocorre por via fisiológica, ou seja, por osmose. *Semente rica germina melhor!* (35, 51) Por outro lado sabe-se que em solos compactados, adubados e plantados com sementes de poucas reservas em carboidratos, como, por exemplo, de soja, esta quase não consegue nascer por estar impedida de absorver a água indispensável à germinação. (Vide capítulo II e VII) Semente deficiente em fósforo não consegue iniciar os processos metabólicos, necessitando sempre uma reserva deste nutriente. (Fig. 1.3)

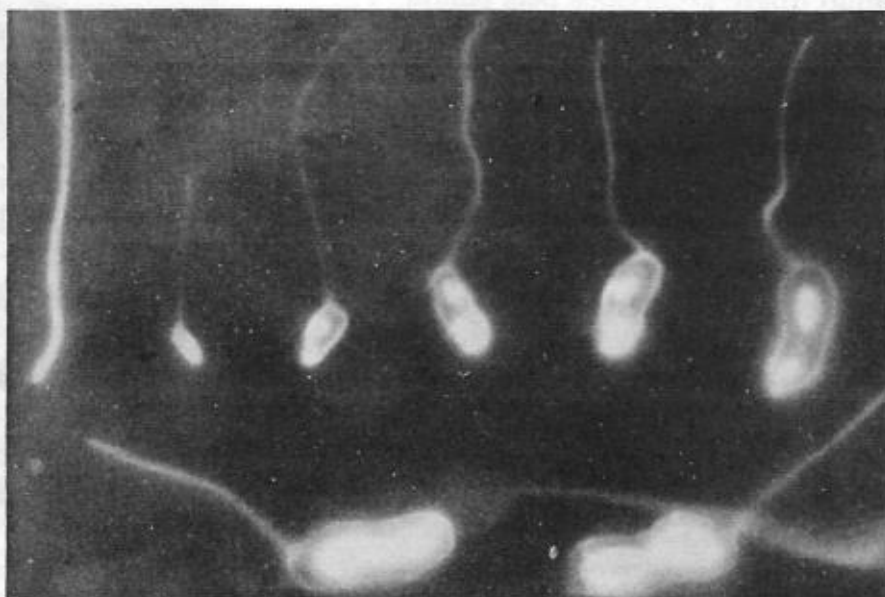


Fig. 1.3 A acumulação de fósforo radioativo (P^{32}) em sementes de amendoim
(H. C. Harris, 1973)

Sem fósforo não há transferência de energia, indispensável à maioria dos processos metabólicos.

A riqueza em carboidratos pode ser determinada, aproximadamente pelo peso hectolítrico da semente. Quanto maior o peso de um hectolitro de grãos, tanto mais ricos são em carboidratos e tanto mais fácil será, portanto, a germinação. Quanto mais rapidamente puderem apoderar-se de água, tanto mais cedo iniciarão o processo de crescimento. Em grãos muito deficientes em carboidratos, como os de milho chocho, frouxos no sabugo (48), a germinação demora muito mais tempo, devido à dificuldade da semente em absorver água, dando por isso maior possibilidade ao ataque por fungos, que podem aniquilar a semente. Protegem-se as sementes dos fungos por mercuriais, mas não existe possibilidade de ajudá-las a absorver água de solos adensados. Isso vale tanto para sementes em grão como para estacas e roletes. Por isso, *somente o melhor pode servir de semente!*

Nas figuras seguintes, mostra-se o efeito de deficiências minerais sobre a força germinativa e o vigor de crescimento das plantas. Pode haver sementes de aspecto bom, mas quando deficientes de boro os germes necrosam, como mostra a figura 1.4. As sementes plantadas não nascem mas apodrecem no solo.

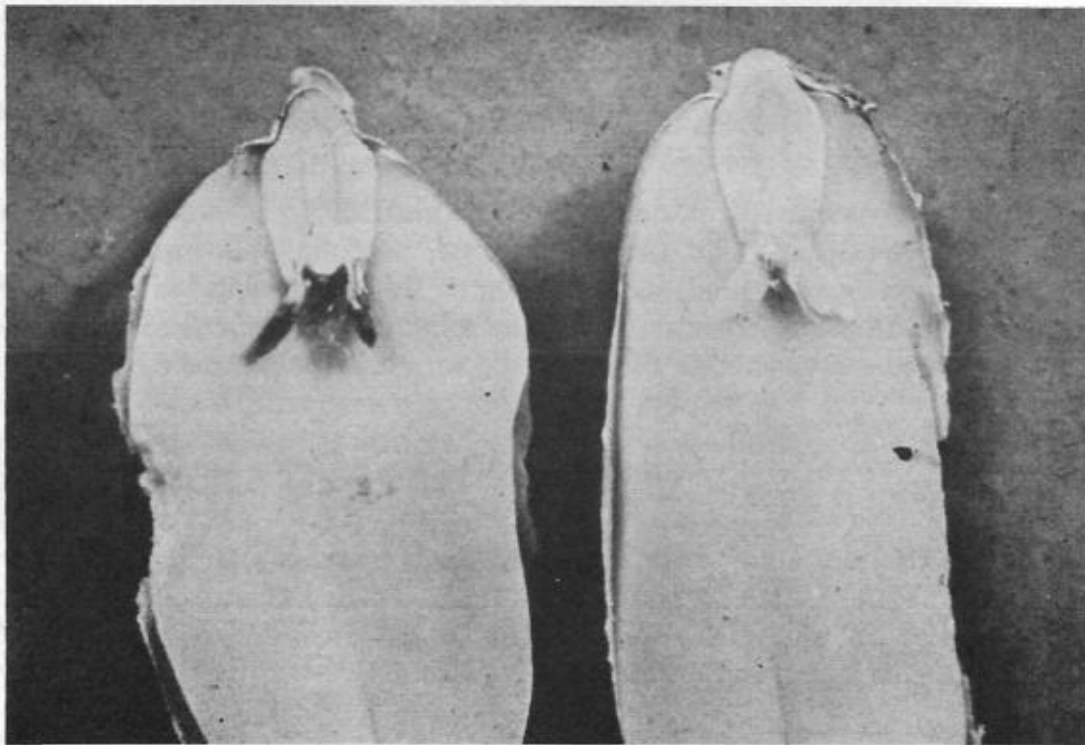


Fig. 1.4 Semente de amendoim com germe necrótico (à esquerda) em decorrência da deficiência de boro. (gentileza H. C. Harris)

Porém, quando faltar cálcio e as sementes conseguirem se formar, elas são deformadas com uma caverna no meio, ou seja, com o tecido central necrótico. Estas sementes nascem, quando as condições do solo forem boas, especialmente quando não houver crosta superficial, mas seu vigor de crescimento é muito fraco, por causa da deficiência de reservas, e muitas plantinhas morrem.

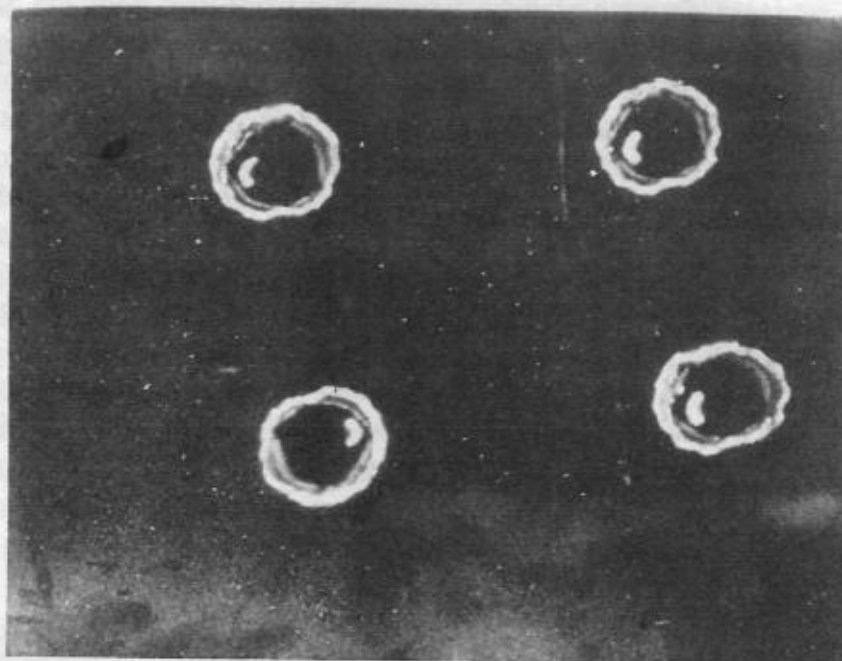


Fig. 1.5 *Amendoim novo com depósito de cálcio radioativo na casca e na semente* (gentileza H. C. Harris)

Na figura 1.5 verifica-se, por exemplo, a necessidade do amendoim de encontrar o suficiente de cálcio no solo para poder formar sementes de boa qualidade.

Além das deficiências minerais das sementes, da falta de água, da pobreza em carboidratos e crostas superficiais do solo que dificultam a emergência das plântulas, também a pressão osmótica na solução do solo pode prejudicar a germinação.

Todos sabem que o adubo em linha, junto com a semente, retarda a germinação, simplesmente porque aumenta a pressão osmótica na solução do solo, o que dificulta a absorção fisiológica (vide capítulo VIII) de água pela semente. Neste sentido o ion cloro (Cl^-), que geralmente acompanha o adubo potássico, quando na forma de KCl , tem efeito mais depressivo sobre a germinação da semente e a absorção de água. Carbonato de potássio seria muito mais inofensivo. Não somente a concentração da solução do solo é de importância mas igualmente o tipo de soluto presente, que ainda pode apresentar efeito tóxico.

Quadro 1.3 *Produção de trigo em relação à pressão osmótica da solução do solo e de tipo do soluto. (Müller, 1973/74)*

0,3 atm. na solução do solo	100% do rendimento
0,4 atm. na solução do solo	75% do rendimento
0,4 atm. na sol. do solo por NaCl	8% do rendimento
0,4 atm. na sol. do solo por MgCl_2	45% do rendimento
0,4 atm. na sol. do solo por MgSO_4	83% do rendimento

Verifica-se que não somente a pressão osmótica é importante mas igualmente o composto em solução. Todas as combinações que contêm cloro são mais depres-

sivas que as sem cloro, especialmente sobre a germinação. Por isso solos salinos por cloretos são mais prejudiciais que solos salinos por carbonatos.

Sabe-se, igualmente, que as sementes mais prejudicadas pela elevação da pressão osmótica no solo são as de leguminosas, como de feijão ou soja, porque são mais ricas em proteínas e mais pobres em carboidratos, possuindo uma pressão osmótica menor. E essa também a razão por que pode falhar a germinação de soja quando posta em contato com o adubo potássico.

Deve-se cuidar de *nunca colocar o adubo na linha junto com a semente!*

Há diversos métodos de enriquecimento da semente, como umedecimento com solução de micronutrientes ou entumescimento nesta solução, a pilulação ou peletização com cálcio ou fosfatos ou micronutrientes que serão tratados mais adiante ou a pulverização ou polvilhamento de sementes com óxidos de micronutrientes.

Para que a semente nasça, necessita-se de uma determinada temperatura no solo que é específica a cada espécie. Se esta temperatura for alta ou baixa demais, a semente entra em dormência, e, se for muito distante da temperatura ideal, impede-se a germinação.

A TEMPERATURA E A PRODUÇÃO VEGETAL

Sabe-se que a temperatura possui papel preponderante na produção vegetal. No clima temperado a temperatura média anual oscila entre 9 e 15°C e a temperatura máxima do solo, por exemplo na Escócia, é de 14°C, o que equivale à temperatura mínima nas zonas subtropicais do Brasil.

No clima tropical as culturas podem sofrer o efeito de temperaturas elevadas, quando existir, ao mesmo tempo, a dificuldade de absorção de água. Este efeito raramente ocorre em solos recém-roçados, ou seja, virgens, e é muito pronunciado em solos cultivados por muitos anos ou em pastagens permanentes mal tratadas.

Se fosse somente pelo empobrecimento rápido, por que o solo em clima tropical, muitas vezes, não reage satisfatoriamente a uma adubação (vide capítulo VIII) e raramente se obtêm resultados como nos EUA ou Europa?

Por que a floresta tropical produz em 18 anos o que o temperado produz em 100 anos? Se a causa fosse somente o inverno e os 4 a 6 meses de estagnação de crescimento, a relação deveria ser de 1:2 até 1:3 e nunca 1:5. Além disso, em muitas zonas ocorre igualmente uma época de estagnação de crescimento, causada pela seca, de modo que neste sentido estaria equiparada ao clima temperado.

Quais os fatores que criam este ambiente extremamente favorável ao crescimento florestal?

Por outro lado a produção agropastoril é baixa nas zonas tropicais, o que não é próprio ao clima quente mas deve ser originado dum manejo errado dos solos e, talvez, das culturas, uma vez que o uso de tecnologia não significa ainda que esta seja acertada.

Como a temperatura influi sobre a planta?

1. Aumenta a respiração vegetal, o que significa mais energia. De outro lado gasta mais produtos fotossintetizados e enfraquece com isso o potencial osmótico radicular. A planta possui um metabolismo acelerado que a poderia

habilitar a uma produção maior, como ocorre nas matas virgens. Parece que o ponto de entrave está na raiz, que deve ter a possibilidade de absorver o suficiente mesmo com pressão osmótica baixa; (23)

2. Aumenta o crescimento radicular (vide capítulo II) quando o solo o permitir (sem camadas adensadas);
3. aumenta a transpiração e o gasto de água, dependendo, pois, de um solo com boa capacidade de armazenamento de água útil;
4. diminui a fotossíntese líquida e, quando faltar água, diminui igualmente a fotossíntese bruta, uma vez que, normalmente, os estômatos se fecham, o que impede a saída de água mas também a entrada de gás carbônico.

Portanto, em solos que oferecem empecilhos à expansão radicular e com isso à absorção de água e em plantas que forem nutridas de maneira incompleta, durante o calor do dia, a fotossíntese será muito reduzida. O vegetal gasta os produtos fotossintetizados e o crescimento será lento.

Se a água for escassa e a planta mantiver seus estômatos fechados por muito tempo, ela poderá chegar a um ponto em que o produto da fotossíntese se torna nulo por ter sido gasto pela respiração. Continuando a respiração, a planta inicia a decomposição de produtos já metabolizados, inclusive proteínas. Ela perde todo seu turgor e o murchamento é irreversível.

De uma murcha passageira a planta se recupera, mesmo se esta for muito intensa. Mas a partir do ponto em que o vegetal gasta sua substância, a murcha torna-se permanente e a planta morre.

Quanto mais tempo a planta mantiver os estômatos fechados, tanto menor será sua produção. Cada hora que falta na fotossíntese, faltará na produção de substâncias vegetais.

O problema é o *equilíbrio entre fotossíntese e respiração* (6, 11, 33)

Como se pode verificar na figura 1.6, em clima tropical as plantas atingem o ótimo de respiração e fotossíntese líquida com 25°C. Se a temperatura subir mais, os estômatos de muitas plantas se fecham, porém continua a respiração sem que haja fotossíntese, baixando, portanto, não somente a produção de produtos fotossintetizados mas, aumentando seu gasto. De modo que numa temperatura de aproximadamente 48°C alcança-se o ponto zero. Daqui em diante a planta começa a gastar sua substância. Em clima temperado o ótimo de temperatura está ao redor de 12°C, alcançando-se o ponto zero, com aproximadamente 24°C. O efeito da temperatura depende, pois, não somente das propriedades genéticas do vegetal mas igualmente da disponibilidade de água e de uma respiração econômica, ou seja, um máximo de energia liberada de um mínimo de glicose, o que ocorre somente em solo suficientemente arejado.

O efeito benéfico de temperaturas elevadas depende pois:

1. da proteção de um superaquecimento do solo e do ar. Esta proteção do solo reside no seu sombreamento, seja pela capa vegetal, seja por cobertura morta. O superaquecimento do ar evita-se por áreas suficientemente grandes e bem distribuídas de florestas ou açudes;
2. de quantidades suficientes de água à disposição das plantas, o que pode ocorrer quando as raízes conseguirem explorar um volume grande de solo, ou por irrigação;
3. de quantidade suficiente de ar no solo, o que depende da estrutura grumosa do solo e da proteção e conservação deste grumos;

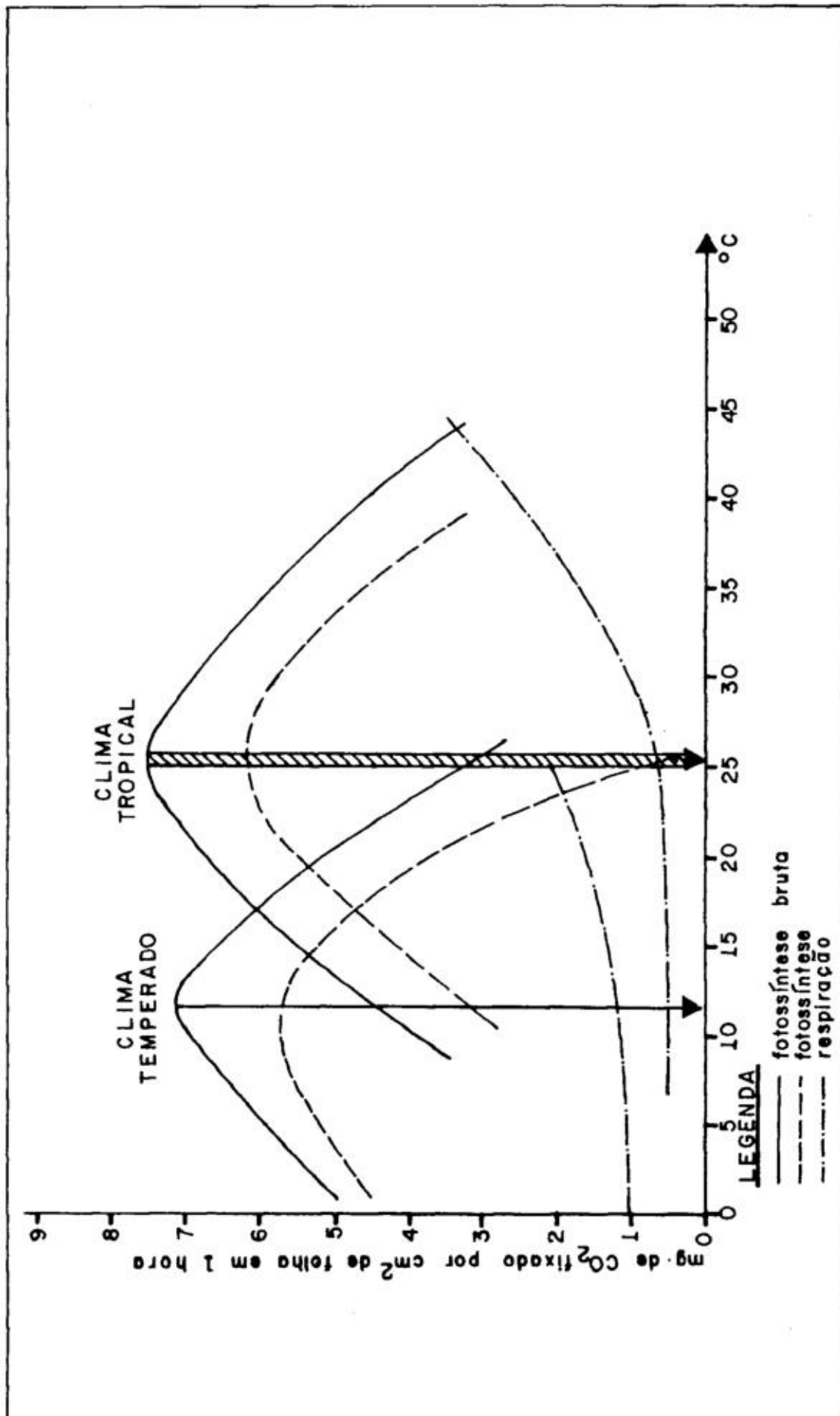


Fig. 1.6 Fotossíntese x Respiração, em clima tropical e temperado (Müller, 1973)

4. de suficiente nutrientes à disposição, cuja disponibilidade diminui quando se tornam escassos ou quando existirem em concentrações elevadas demais. As técnicas na agricultura tropical devem ser adaptadas a estas exigências.

Em clima temperado a planta raramente fecha os estômatos durante o dia, que é relativamente frio. A fotossíntese continua, portanto. Porém, a respiração é fraca devido à temperatura ser baixa. Falta assim energia para a metabolização. (34) As técnicas agrícolas das zonas temperadas tentam, por isso, aumentar a respiração aumentando a insolação do solo, ferir o ponto vegetativo por grades-de-dente articuladas e por produtos húmicos. Um dos mais poderosos ativadores de respiração são subprodutos dos ácidos húmicos, os *fenóis* e *quinonas* (vide capítulo IV). De modo que, em clima temperado, a produção vegetal depende essencialmente de técnicas de animação da respiração e de aquecimento do solo, para criar mais energia para o metabolismo. (43)

No clima tropical ocorre o inverso. Respiração e metabolização são muito ativos e a fotossíntese se torna facilmente deficiente. As técnicas agrícolas devem restringir a respiração e aumentar a fotossíntese. (28)

Para isso é importante saber de que fatores depende a fotossíntese. Ela depende:

1. do abastecimento suficiente da planta com água para evitar que se fechem os estômatos. Isto ocorre pelo aumento do espaço enraizado, ou seja, pela conservação de uma estrutura grumosa do solo ou pela irrigação;
2. do gasto econômico desta água que depende da sanidade e nutrição vegetal;
3. da diminuição da respiração que se consegue pela:
 - a) diminuição da temperatura do solo, ou seja, pela proteção da insolação direta, que ocorre tanto por um espaçamento menor, culturas intercaladas ou uma cobertura morta;
 - b) pelo semi-sombreamento da cultura, protegendo-a de insolação excessiva, sendo 30% de sombra o suficiente (vide capítulo IX);
4. da produção máxima de energia por Mol de glicose que depende do arejamento adequado do solo e que se consegue pela conservação de sua estrutura grumosa;
5. de um anabolismo rápido, isto é, da produção rápida de substâncias orgânicas que igualmente aumentam o potencial radicular e com isso a fotossíntese, e que torna o plasma celular mais viscoso, evitando um gasto excessivo de água. Portanto, micronutrientes são essenciais à produção vegetal (39, 45);
6. do controle da temperatura em geral, por florestas ou açudes;
7. do fator C-4 e sua influência na fotorrespiração.

As plantas tropicais em geral possuem maior capacidade de utilização da luz e da água, e por consequência de fixação de CO_2 , do que as de clima temperado. (14, 17, 18, 37) Também podem produzir maior quantidade de matéria seca por unidade de água transpirada. (20) Sabe-se que as plantas superiores podem ser subdivididas em dois grupos, de acordo com os passos iniciais da fixação fotossintética de CO_2 .

No primeiro grupo (C-3) o CO_2 é fixado inicialmente em fosfoglicerato (3-PGA), no *ciclo de Calvin*. No segundo grupo (C-4) o CO_2 aparece primeiro em ácidos com 4 átomos de C (málico, aspártico ou oxalacético) e que se chama tipo *Kranz*. (19) A função principal do grupo C-4 parece ser possibilitar uma maior eficiência de fotossíntese. Praticamente todas as gramíneas tropicais, como

cana-de-açúcar, milho, sorgo e forrageiras (37) pertencem a este grupo que possivelmente inclui ainda muitas outras plantas tropicais. Mas existem, também, plantas tropicais, como arroz e as *Bambusaea* que pertencem ao grupo C-3, o que, porém, parece exceção.

Isso significa que os países tropicais poderiam produzir muito mais que os países temperados se soubessem utilizar convenientemente os seus solos !

O ABASTECIMENTO DA PLANTA COM ÁGUA

Geralmente se acredita que o abastecimento com água seria especialmente através da irrigação. É certo que o abastecimento da planta com água depende de quantidade suficiente de água disponível no solo. Mas, já a disponibilidade não depende somente da irrigação. A água disponível é aquela que se encontra nos poros médios do solo. Estes poros devem ser tão pequenos que não a percam pela força da própria gravidade, porém, devem ser tão grandes que a planta possa retirá-la com toda facilidade, o que ocorre entre 0,1 e 0,5 atm. Estes poros dependem da textura do solo. Se este for de areia fina, possuirá exatamente a textura ótima para a disponibilidade de água. Porém, nem todos os solos são de areia fina e areias finas não são ideais para a produção vegetal por serem pobres em minerais.

As argilas possuem uma textura tão fina, provocando a retenção de água com tamanha força, que poucas plantas conseguem retirá-la do solo. Mas as argilas podem ser ricas em nutrientes e muitas vezes possuem capacidade de troca adequada. A natureza sabe superar o problema da textura das argilas e em solos virgens apresentam-se agregadas a grumos de modo que reúnem as qualidades favoráveis da textura mais grossa das areias com a maior riqueza das argilas. Os agregados devem ter um diâmetro de 0,5 a 1,0 mm e perfazer no mínimo 43 a 45% do total do solo argiloso, sendo o ótimo entre 60 e 63%. (vide capítulo VII). O mais importante nestes grumos é que sejam estáveis à água e não se desagreguem quando a primeira gota de chuva cair. (Vide capítulo II)

A disponibilidade da água no solo mede-se em pF, atmosferas ou milibar. O pF é o logaritmo negativo de uma coluna de água de determinada altura. Uma coluna de água de 1000 cm (exatamente 1013 cm) corresponde a 1 atmosfera de pressão ou 1013 mB ou pF 3. Os valores mínimos oscilam entre 0,14 e 0,65 atm, ou seja, pF 2,18 a 2,81.

Geralmente se estabelece como limite de água disponível, o que pode ser retirado a 2,4 pF de tensão. Este limite é arbitrário, dependendo da planta, uma vez que plantas de solos salinos não murcham ainda com 2,4 pF, ou seja, 0,5 atm de tensão de água no solo. Conseguem retirar água até pF 4,5, ou seja, 15 atm e em casos extremos até 100 atm. (33)

Para que haja água disponível no solo, deve haver antes de tudo a possibilidade de infiltrar-se. Quando a maior parte da água pluvial escorrer, devido à formação de uma crosta "vedante" na superfície, não adiantam precipitações abundantes. Causam somente erosão e enchentes mas nunca servem à produção vegetal. Na África encontramos desertos em zonas com 2800 mm de chuva por ano, como será discutido ainda mais adiante. (44)

A planta não necessita somente de água disponível no solo. Também deve ter a possibilidade de absorver esta água.

Haverá falta de água para a planta quando:

1. houver escassez de água no solo;
2. a água existente não é disponível devido à tensão elevada;
3. a água disponível do solo tiver pressão osmótica maior que a raiz, em consequência de concentração elevada de solutos;
4. as raízes tiverem seu caminho barrado por camadas adensadas, impedindo a penetração do solo a procura de umidade;
5. as raízes forem atacadas por parasitas, como nematóides;
6. as raízes forem prejudicadas por anaerobismo no solo, seja por encharcamento ou por adensamento;
7. o metabolismo das plantas for deficiente e a raiz estiver mal nutrida, possuindo um potencial radicular reduzido.

Portanto, uma falta de água pode ocorrer mesmo quando esta existir no solo em forma disponível e existe o caso extremo das plantas murcharem por falta de água em terrenos inundados, dentro da água, por não poderem absorvê-la por falta de oxigênio. (27, 29) Por isso, a irrigação de um solo completamente adensado e empobrecido faz pouco efeito. Da mesma maneira que uma irrigação aumenta o efeito da adubação em épocas secas, uma adubação aumenta o efeito da irrigação em solos pobres, como mostra a figura 1.7

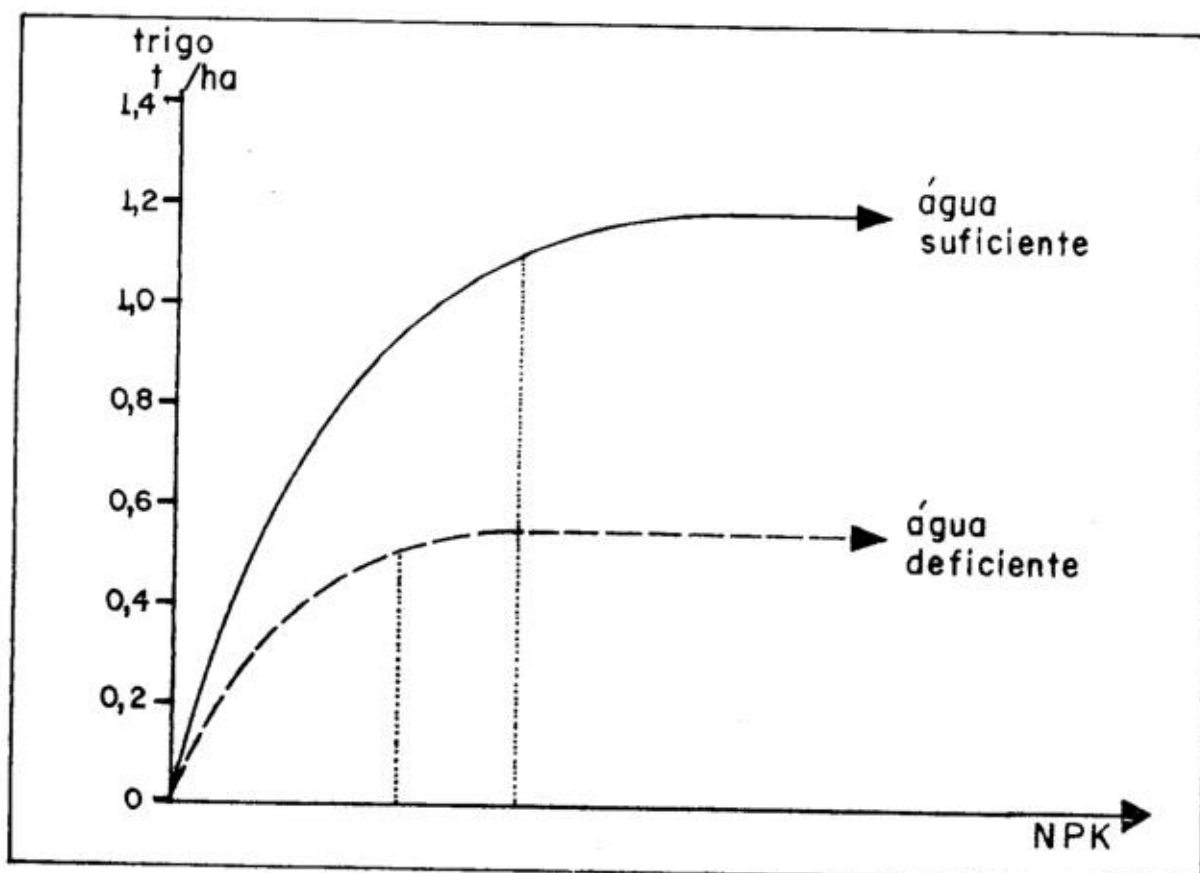


Fig. 1.7 Efeito de doses crescentes de água e nutrientes sobre a produção de trigo (Boguslawski, 1954)

Assim como uma adubação aumenta a eficiência da irrigação em solos pobres, ela também pode ser o fator de indução de uma seca precoce, por elevar a pressão

osmótica do solo (seca fisiológica). Além disso, os ions possuem um efeito hidratante ou desidratante (34) sobre as células da raiz, que depende da camada de hidratação que possuem e que diminui com o aumento das valências dos ions, como mostra a figura 1.8

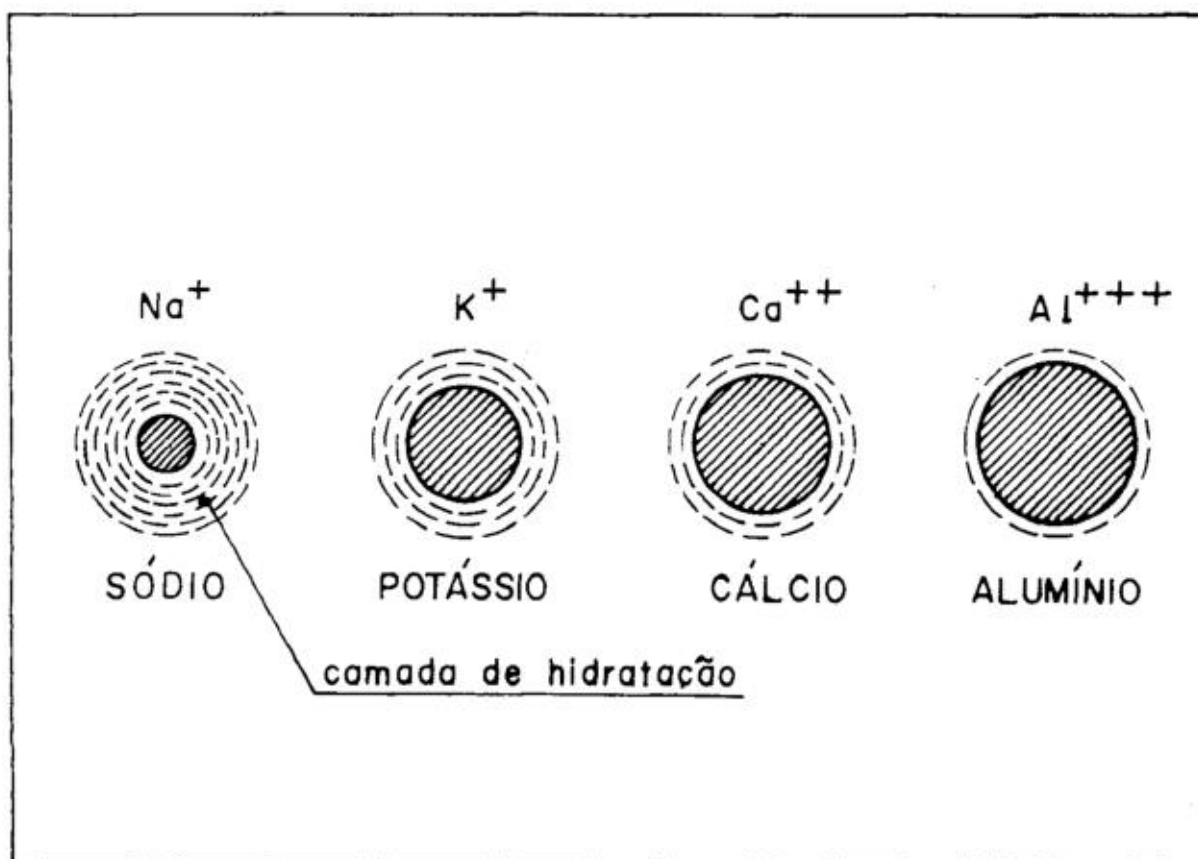


Fig. 1.8 *Hidratação de alguns ions*

Os ions absorvidos no plasma celular também hidratam ou desidratam o mesmo. Por isso, os ions monovalentes, com camada espessa de hidratação, são tidos como "hidratantes", enquanto os bi e trivalentes, como cálcio e alumínio, com sua camada de hidratação reduzida, são tidos como desidratantes. (26) Tanto uma hidratação excessiva como uma desidratação pronunciada do plasma vegetal é prejudicial. Somente o equilíbrio de ions mono e bi ou trivalentes faz com que o plasma celular da raiz possa atingir uma hidratação ótima. (21) Por isso existem hoje sempre mais trabalhos que não indicam mais o teor absoluto de alumínio trocável no solo, mas os porcentos de saturação do complexo de troca. (vide capítulo II)

Esta é a razão por que qualquer ion em solução monossalina, ou seja isoladamente, tem efeito negativo sobre o crescimento vegetal. Assim, potássio necessita de cálcio para ser equilibrado, (24) e muitos pesquisadores não trabalham mais com níveis de um nutriente na planta mas sim, com proporções, características para cada especie (40), porém em níveis diferentes. Assim a proporção K/Ca sempre é de 8 a 10 no arroz. Mas existem variedades com 1,2% de K e 0,15% de Ca e outra com 2,5% de K e 0,31% de Ca. Os níveis são diferentes, as proporções são iguais. E existem trabalhos que adiantam mais e dizem que muitas plantas de cultura possuem proporções semelhantes (50) de modo que as firmas químicas produzem adubos foliares com a mesma proporção de nutrientes para diversas culturas.

A maioria de nossos solos tropicais possuem suficiente potássio (K) e igualmente considerável quantidade de alumínio (Al). Este último é altamente prejudicial à planta quando predominar, desidratando o plasma, causando a conhecida "plasmólise" nas células radiculares, impossibilitando a absorção de suficiente água e nutrientes. Quando, porém, somente uma pequena parte dos cátions trocáveis for alumínio, este, raramente tem efeito prejudicial em culturas tropicais. Uma das exceções é a cevada, que não é cultura tropical.

Por outro lado cada plantador de soja sabe que um campo que recebeu uma calagem elevada, para fins de correção do pH, sofre a seca muito mais cedo que os campos com calagem menor. Isso não ocorre por causa de uma granulação melhor do solo e, portanto, de seu arejamento mais intenso, como se supunha, mas sim, por causa do aumento da pressão osmótica na solução do solo. (33)

O importante não é uma quantidade grande de um nutriente mas o equilíbrio entre os nutrientes.

Como ensina a prática do campo, tanto em solo com calagem elevada como em solo com teores elevados de alumínio pode ocorrer uma "seca fisiológica" nas plantas, que mostram todos sinais de seca, antes que estes apareçam nos outros campos.

O GASTO DE ÁGUA PELAS PLANTAS

A falta de água ocorre tanto pela absorção deficiente como pelo gasto excessivo. A quantidade de água gasta por uma planta varia muito segundo sua nutrição, a espécie e a incidência do vento. (39, 43) (vide capítulo IX)

Quadro 1.4 *Coefficiente de transpiração, em litros de água gastos por quilograma de substância seca formada. (Römer, 1953)*

sorgo	277	aveia	583
milho	349	centeio	634
trigo	491	trevo vermelho	698
cevada	527	linho	783
batatinha	575	alfafa	844

Cada autor indica quantidades diferentes de água gastas para formar um quilograma de substância seca, segundo o lugar de ensaio e a nutrição da cultura.

Quadro 1.5 *Efeito da adubação sobre o gasto de água por quilograma de substância seca. (Klapp, 1967)*

cultura	sem adubação	com adubação
trigo	928	349
centeio	604	364
batatinha	1 317	638
ferrageiras	1 586	637

Verificamos que o gasto de água é muito maior em plantas mal nutridas. Assim batatinhas em solo pobre gastam mais que o dobro de água que em terra adu-

bada, e forrageiras em terra pobre gastam quase o triplo do que em estado bem nutrido. Verifica-se que o uso econômico de água pela planta ocorre somente quando esta for bem nutrida. Por outro lado deve ser ressaltado que a planta pode ser bem nutrida em solo adubado ao lado da semente, ou em solo mais pobre, mas com a possibilidade de expansão, explorando um volume grande de solo com suas raízes.

A diferença de água gasta pela planta deixa dúvidas sobre o valor de pesquisas que trabalham com poucos fatores. Porém pode dar-nos também uma indicação sobre o manejo mais econômico da água do solo.

O gasto de água também é diferente segundo o lugar e seu clima. Assim, pode-se compilar os seguintes dados (43) referentes à cultura de trigo adubado, variando a indicação de água gasta segundo o autor ou melhor a estação experimental:

Hellriegel	338
Schröder	390
Tulaikow	415
Sorauer	450
Schantz	491

sendo a diferença de 32%; e isso numa planta conhecida pelo gasto reduzido em água. O trigo é tido como cultura própria de zonas semi-áridas, com 300 a 400 mm de precipitações anuais. Nas culturas que necessitam de mais água como, por exemplo, a batatinha, a diferença torna-se muito maior e pode ser até de 229%. O mesmo vale para as forrageiras. Uma cultura sem condições de metabolização rápida pode gastar o dobro a mais da água de que necessitaria quando em condições nutricionais ótimas. É, sem dúvida, um problema grave porque poderá insinuar o uso de irrigação, quando esta ainda poderia ser evitada por uma nutrição melhor da cultura e pela diminuição da incidência de vento. (9,44) O rendimento poderia ser duas a três vezes maior com idêntica disponibilidade de água, mas com um gasto mais econômico.

Para zonas subúmidas ou semi-áridas é importante:

1. escolher culturas que tiveram maior taxa de produção por unidade de água;
2. nutrir as plantas de tal maneira que gastem o mínimo de água. Na maior parte das culturas uma nutrição boa inclui, ao lado dos adubos e de calagem, uma estrutura granular do solo com a possibilidade de um melhor "enraizamento" deste;
3. proteger a cultura de uma transpiração excessiva, baixando a incidência de vento pela instalação de quebra-ventos.

Aqui surge um problema: é econômico plantar uma cultura mesmo quando as técnicas exigidas a tornam tão dispendiosa, que apesar de uma colheita boa não dá lucro? É um caso que, aparentemente, não é muito raro, uma vez que a colheita boa pode criar um tal entusiasmo pela cultura, que se esquece o custo da tecnologia empregada para poder produzir uma colheita. Caso contrário os créditos bancários não seriam tão cruciais para nossa agricultura. Não é raro um agricultor declarar: "Utilizei todas as técnicas modernas, obtive colheitas boas e mesmo assim não consigo sair das dívidas!"

A tecnologia moderna não garante o lucro se a cultura for mal escolhida. Por isso, o zoneamento das culturas e a escolha acertada da terra, onde se pretende plantar, é de importância.

A NUTRIÇÃO VEGETAL E O GASTO DE ÁGUA

Plantas bem providas de potássio transpiram menos (27) e, quando têm à sua disposição quantidades suficientes de manganês, zinco, cobre e boro (39), o seu plasma torna-se mais viscoso e elas gastam a água de maneira mais econômica. Vale, portanto, a regra:

Planta mal nutrida gasta mais água!

Se a planta é bem ou mal nutrida não depende somente dos elementos maiores. A planta é bem nutrida quando tem à sua disposição todos os nutrientes que necessita para formar as substâncias próprias à espécie e à variedade. Deve-se distinguir claramente entre a capacidade de absorção pela raiz, que é própria à variedade, e a proporção dos elementos nutritivos na planta, que não varia dentro da espécie e até pode ser semelhante em espécies diferentes. Este aspecto ressalta a importância da raiz e suas propriedades diferentes.

Importante é que a metabolização dos elementos nutritivos seja a mais rápida possível, e que seu transporte, dentro da planta, seja garantido.

Assim, a quantidade de micronutrientes que cada planta e variedade necessita encontrar no solo varia. O milho sofre facilmente da deficiência de boro, zinco e cobre, o trigo de manganês e cobre, o café de boro, zinco e manganês, o fumo de cobre e boro etc. e existem inúmeros livros que tratam das deficiências minerais em vegetais (vide capítulo VIII).

Como já foi discutido, a nutrição da planta não depende somente de uma adubação completa, mas igualmente do espaço de solo que a raiz pode explorar. Assim, um solo "pobre" é capaz de produzir a hiléia amazônica com suas árvores frondosas de até 3 m de diâmetro e parece que a "pobreza" do solo depende não somente do volume do solo explorado, que pode ser restrito por camadas adensadas, mas igualmente do potencial da raiz de mobilizar nutrientes de formas não consideradas como disponíveis nas análises de rotina.

O adensamento do solo, porém, é um impedimento decisivo no abastecimento com água, por confinar as raízes a camadas muito superficiais (vide capítulo II).

As condições de desenvolvimento de uma planta vão piorando à medida que o solo se está adensando e encrostando, por causa da deterioração de sua estrutura grumosa.

Na figura 1.9 este problema está esquematizado. Em solo com camada adensada em pouca profundidade, freqüente em terra de cultura, a raiz somente desenvolve-se bem na parte grumosa acima. Perto da superfície não desenvolve radículas, por falta de água e da impossibilidade de absorver nutrientes. No lado direito a raiz consegue desenvolver-se livremente, não existindo adensamentos. O volume maior explorado pela raiz proporciona ao mesmo tempo mais água e mais nutrientes. A planta melhor nutrida transpira menos.

A quantidade de água disponível não depende somente das chuvas e da temperatura, encontrando sua expressão na evapotranspiração, que nada mais indica do que a proporção de precipitações e sua perda por evaporação e transpiração devido à temperatura. Não se dá conta que a água que nunca infiltrou no solo, também não pode estar disponível às plantas. De modo que não é impor-

tante saber quanta chuva caiu, mas quanta água se infiltrou, e quanto o solo conseguiu armazenar. A água que escorre, enchendo os rios, não é água produtiva!

O gasto da água no solo não depende somente da espécie e da temperatura ambiental, mas também da nutrição vegetal, uma vez que plantas no mesmo local, com idêntica quantidade de chuva e idêntica temperatura, podem produzir rendimentos diferentes em até 400%, segundo a estrutura do solo e a nutrição. (22)

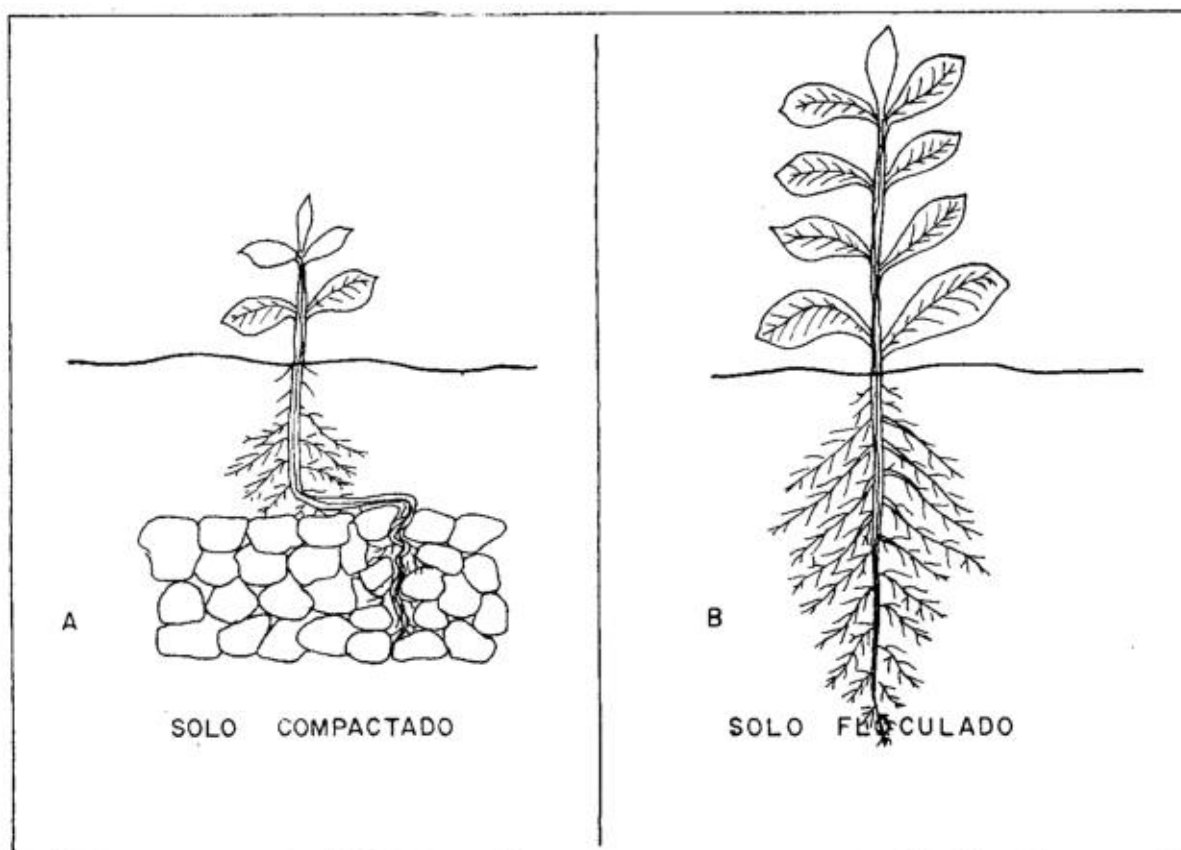


Fig. 1.9 O enraizamento de solo com camada compactada e de solo grumoso. O volume de solo explorado é diferente.

O gasto de água pela planta depende da;

1. adaptação ao ambiente em que cresce;
2. umidade relativa do ar que será mais baixa onde houver maior incidência de vento;
3. freqüência do vento. Plantas expostas ao vento transpiram mais água mas produzem menos,
4. viscosidade do plasma celular que aumenta com um metabolismo ativo;
5. intensidade de transpiração, que diminui em presença de micronutrientes (39);
6. possibilidade de manter os estômatos abertos durante o dia para garantir a continuidade da fotossíntese;
7. possibilidade de fechar os estômatos quando as condições se tornarem adversas (calor e uma brisa de vento constante) a fim de evitar perdas excessivas de umidade. E para isso necessita-se de potássio. (16, 34)

O manejo da água no solo depende, pois, essencialmente da perícia do agricultor, como o manejo do dinheiro depende da perícia do administrador.

RESUMO

A água disponível às plantas, antes de tudo, deve infiltrar-se no solo, o que não ocorre em solos cuja superfície encrosta com facilidade. Solos grumosos com bioestrutura estável à água possuem uma infiltração maior (32), retêm mais água disponível (49) e permitem um enraizamento melhor. As plantas nestes solos têm maior possibilidade de serem melhor nutridas, reduzindo o gasto em água.

A DIMINUIÇÃO DA RESPIRAÇÃO DAS PLANTAS

A respiração da planta é a produção de energia na decomposição oxidativa ou fermentativa de produtos fotossintetizados. A respiração somente terá efeito quando a energia liberada for utilizada no metabolismo vegetal, ou seja, quando a planta tiver o que metabolizar.

Em temperaturas elevadas a aceleração da respiração pode significar maior produção se a fotossíntese e a absorção de água e nutrientes são capazes de acompanhá-la. O metabolismo compreende tanto o anabolismo, que é a formação de substâncias, como o catabolismo que é a decomposição das substâncias existentes. Se não houver mais produtos de fotossíntese a decompor, a planta decomporá suas próprias substâncias, como proteínas. Nesta base funcionam muitos herbicidas hormonais, acelerando a respiração de tal maneira que o vegetal "cresce para a morte".

Mas a planta tropical, além da respiração acelerada, muitas vezes possui a propriedade de poder fotossintetizar mais, graças a uma senda diferente de metabolização (C-4) de modo que seria capaz de produzir muito. Mas três condições são exigidas para que esta produção se efetue:

1. que o metabolismo não seja acelerado demais; e este ótimo ocorre a 25°C (vide figura 1.6);
2. que haja o suficiente para sintetizar, quer dizer, a planta deve estar bem abastecida com água, CO₂ e nutrientes;
3. que os produtos possam ser metabolizados até seu estágio final, ou seja, que não permaneçam em forma de aminoácidos mas que formem proteínas e que não permaneçam em forma de açúcares simples mas que formem amidos, celulose etc.

A respiração da planta aumenta quando:

- a) a temperatura subir muito, graças a uma insolação intensa;
- b) faltar água no solo ou sua absorção for difícil;
- c) a planta estiver mal nutrida;
- d) a raiz for ferida por capina ou parasitas;
- e) o solo for anaeróbio por inundação ou por adensamentos.

(Fonte: Müller, 1973);

- f) existirem fenóis no solo como resultado de humificação.

Existem, pois, muitas possibilidades para controlar a respiração, mantendo-a em níveis favoráveis.

A temperatura tropical parece ser o problema maior. Porém, existem, antes de tudo, nossos "termostatos", as florestas, que criam na Amazônia condições extremamente favoráveis à produção vegetal. Uma paisagem com 40% da área florestada ou tomada por matas raramente terá temperaturas acima de 30°C, como prova a região amazônica. Também açudes e represas freqüentes impedem o aumento excessivo

sivo de temperatura. Mas não somente a temperatura do ar é importante, a do solo, às vezes, é ainda mais decisiva.

Esta pode ser mantida a 24°C:

1. cobrindo o solo com cobertura morta ou por uma capa vegetal densa;
2. conseguindo um sombreamento do solo pelo espaçamento menor da própria cultura e por uma adubação dirigida, que provocará um crescimento mais rápido. (3)

Em clima temperado evitam-se as culturas consorciadas porque pesam na balança da água. Lá, a água evapora somente por transpiração e o solo seca pela absorção radicular. (3) Quanto mais massa foliar existir, tanto mais água do solo será gasta.

No clima tropical a água transpirada pelas culturas, muitas vezes, é menor que a evaporada diretamente do solo. Isso se deve ao aquecimento excessivo do solo pela insolação direta, que pode atingir até 75°C.

O sistema de *dry-farming* e do espaçamento maior, usados em zonas áridas temperadas, dificilmente dará certo nos trópicos. No *dry-farming* mantém-se o solo isento de vegetação durante um ano para permitir o armazenamento da água das chuvas escassas de um ano. Como as chuvas, nestas regiões, são mansas, infiltram-se e, como o máximo de aquecimento é de 20°C, não se perde por evaporação. A água penetra de fato no solo, percola o perfil e é armazenada. A cultura seguinte disporá de umidade de dois anos. Pela mesma razão propaga-se o espaçamento maior entre as plantas, para que cada planta receba o máximo de umidade.

Nos trópicos, a situação não é idêntica. Um solo sem vegetação invariavelmente terá sua superfície encrostada (vide capítulo II) pelas chuvas raras mas torrenciais e a erosão e o escoamento de água seriam ainda mais catastróficos do que em terrenos cobertos de vegetação. As culturas mais espaçadas fazem o solo evaporar mais água que as mais densas, que sombreiam o solo, evitando seu aquecimento (22). *Dry-farming* e maior espaçamento, para poupar água, são técnicas pouco convincentes nas zonas tropicais.

O espaçamento menor ou "stand" mais denso não tem somente a vantagem de sombrear o solo, mas permite o sombreamento mútuo das plantas da cultura, baixando assim a taxa de respiração.

Também quebra-ventos, isto é, faixas de árvores, que diminuem a velocidade do vento, contribuem para manter os solos mais frescos. (vide capítulo IX) Segundo Ekern, (1964), no Havaí, a umidade do solo aumenta pela ação de quebra-ventos até a um equivalente de 750 mm de chuva. (1 mm de chuva equivale a 10 t/ha de água)

AS CAPINAS

O método de manter completamente limpos os campos de milho, algodão, café etc. aumenta a respiração porque aumenta a insolação no solo, causando seu maior aquecimento. Fere igualmente as raízes, o que também contribui para o aumento de respiração. Não é raro, após a capina, observar a estagnação do crescimento das plantas por alguns dias, o que os agricultores atribuem ao fato de ter "afrouxado" as plantas. Mas pode ser também a razão que Müller (1973) aponta: a raiz ferida incentiva a respiração, que em dias quentes, gasta tudo o que foi fotossintetizado, restando mais nada para o crescimento. Este é justamente também um

dos pontos favoráveis a herbicidas, que podem dar um aumento de produção de 30% por evitar estes períodos de estagnação.

Capinar ou gradear a cultura nova dá ótimos resultados em épocas frias onde se pretende animar a respiração vegetal. Passar uma grade de dente articulada sobre o trigo aumenta a produção em clima frio e baixa-a em clima quente.

Verificamos que uma técnica dá resultados absolutamente contrários segundo a temperatura reinante.

No emprego de uma técnica, a pergunta não deve ser pelo resultado em outro lugar mas pela razão de seu emprego. O simples fato de aumentar o rendimento não é razão para ser empregada. Por que aumentou o rendimento nesta zona? Se foi porque aumentou a respiração, então não serve para zonas tropicais onde o problema é de conter a respiração facilmente excessiva. O caso será discutido mais adiante no capítulo IX.

OS PARASITAS

Não somente o ferimento da raiz por capinas é prejudicial. O mesmo ocorre quando esta for atacada por nematóides, insetos ou microrganismos. Qualquer ataque à raiz e qualquer ferimento causam um aumento da respiração. No caso de parasitas junta-se ainda a dificuldade de absorção de água e nutrientes, que, por sua vez, aumenta a respiração. (34). Todos conhecem as plantas murchas, atacadas por nematóides. A morte da planta por deficiência de água e excesso de respiração é iminente.

A sanidade radicular é um dos pontos mais importantes em zonas tropicais. E, para obtê-la, praticamente existem só três caminhos: a rotação de culturas, a restituição periódica de matéria orgânica (vide capítulo IV) e a adubação foliar dirigida. A nutrição completa da planta parece ser tão óbvia que não é mencionada em separado.

NUTRIÇÃO E A RESPIRAÇÃO VEGETAL

Se a planta for mal nutrida, respirará mais intensamente (11). Esta nutrição vegetal não se limita ao NPK mas inclui igualmente magnésio, enxofre, cálcio, manganês, boro, zinco, cobre, molibdênio, ferro e outros elementos nutritivos.

Surge outro problema: a planta deve ser bem nutrida, porém não suporta maiores concentrações de ions no solo. Tanto os solos salinos como adubações maciças na linha, especialmente em solos adensados ou compactados, provocam esta concentração indesejável. Portanto, a boa intenção de alimentar melhor a planta pode provocar uma aceleração da respiração e baixar o rendimento agrícola, ou, no mínimo, impedir que o aumento seja semelhante ao de clima temperado. (vide quadro 9.46)

Em regiões onde abundam os “veranicos”, a adubação de solo adensado deve ser evitada. A adubação a lanço, às vezes, é mais vantajosa para evitar maiores concentrações na solução do solo.

A FALTA DE OXIGÊNIO NO SOLO

Solos anaeróbios aumentam igualmente a respiração, quer a deficiência de oxigênio exista por causa de adensamentos e compactações quer por causa de inun-

dação ou encharcamento. (26, 27) O resultado é sempre o mesmo: por falta de oxigênio a planta inicia a respiração fermentativa. E, como neste processo se produz muito pouca energia, a respiração é acelerada para poder mobilizar mais energia. O gasto de produtos fotossintetizados é elevado sem que a energia liberada compensasse. O desenvolvimento vegetal é reduzido, por ter poucos produtos fotossintetizados a metabolizar e todos os processos de síntese são lentos, de modo que raramente chega à formação de proteínas e carboidratos mais complexos, permanecendo muitos aminoácidos livres na planta. (12, 33)

Em solo com adensamento, a raiz não se pode expandir, sofrendo a planta facilmente da falta de água e de nutrientes, e, se for adubada, consegue aproveitar muito pouco, como demonstrado na figura 2.25. Todos conhecem as plantas raquíticas nas beiradas dos campos onde as máquinas manobram, ou nos terraços, onde a terra grumosa foi raspada, expondo o subsolo adensado.

Portanto, em solo compactado ou adensado diminui o desenvolvimento do vegetal graças a um metabolismo pouco eficiente e uma respiração fermentativa. (34)

OS FENÓIS COMO ATIVADORES DE RESPIRAÇÃO

O valor do húmus, para o clima temperado, está na produção de substâncias respiratórias e no melhoramento da estrutura do solo. Nos trópicos, necessita-se desesperadamente a melhora da estrutura de solos de cultura (vide capítulos II, VII e IX), porém não se deseja obter fenóis.

Os fenóis formam-se na humificação de ligninas pela ação de fungos. A incorporação de matéria orgânica ao solo sempre propicia o aparecimento de fungos. A primeira fase de decomposição de matéria orgânica seca, celulósica e lignosa, como de palha ou de folhas secas, sempre ocorre por fungos, mesmo se ficar na superfície do solo. Porém, em clima quente, a segunda fase, já com os anéis estruturais de celulose e ligninas rompidos pelos fungos, é realizada por bactérias.

A incorporação profunda da matéria orgânica reduz seu efeito sobre a estrutura e o aumenta sobre a respiração vegetal; como mostra o quadro 9.25 e será discutido nos capítulos IV, VI e VII. Quando os fungos predominam na decomposição, o que ocorre em solos mais ácidos que pH 5,5, a formação de fenóis é mais provável.

Existem muitas possibilidades de diminuir a respiração muito ativa e, às vezes excessiva, em clima tropical. (12)

RESUMO

O equilíbrio ótimo entre fotossíntese e respiração, necessário para uma boa produção vegetal, pode ser estabelecido e mantido em clima tropical, possibilitando uma produção vegetal muito elevada, como ocorre em solos virgens, nunca usados, para fim algum. Mas faz-se necessário:

1. a recuperação e manutenção de uma bioestrutura grumosa do solo;
2. adubação mineral módica e equilibrada;
3. sombreamento do solo por cobertura morta ou uma capa vegetal densa;
4. sanidade radicular;
5. o restabelecimento de áreas suficientemente grandes reflorestadas, açudes e quebra-ventos para estabilizar a temperatura da zona;
6. sombreamento parcial das culturas na zona equatorial.

O equilíbrio fotossíntese-respiração é o pivô de toda produção vegetal, tanto nos trópicos como em clima temperado.

Todas as técnicas agrícolas em clima tropical devem visar a diminuição da respiração e ao mesmo tempo torná-la o mais eficiente possível, produzindo o máximo de energia para o metabolismo vegetal, por um mínimo de glicose gasta. Cada molécula de glicose que for gasta para produzir energia, faltará depois para a produção de substâncias vegetais.

O problema da agricultura tropical é a indiferença ao problema de respiração ativa mas ineficiente e o uso de técnicas especializadas, sem serem conscientemente polarizadas para o problema principal da produção vegetal.

Deve-se levar em conta que cada técnica agrícola é um produto do meio ambiente, um "ecótipo", sendo adaptada às condições de um lugar, tentando criar as condições mais favoráveis para as culturas neste ambiente. A técnica agrícola que dá recompensa boa é o produto dos fatores ambientais, como mostra a figura 1.10.

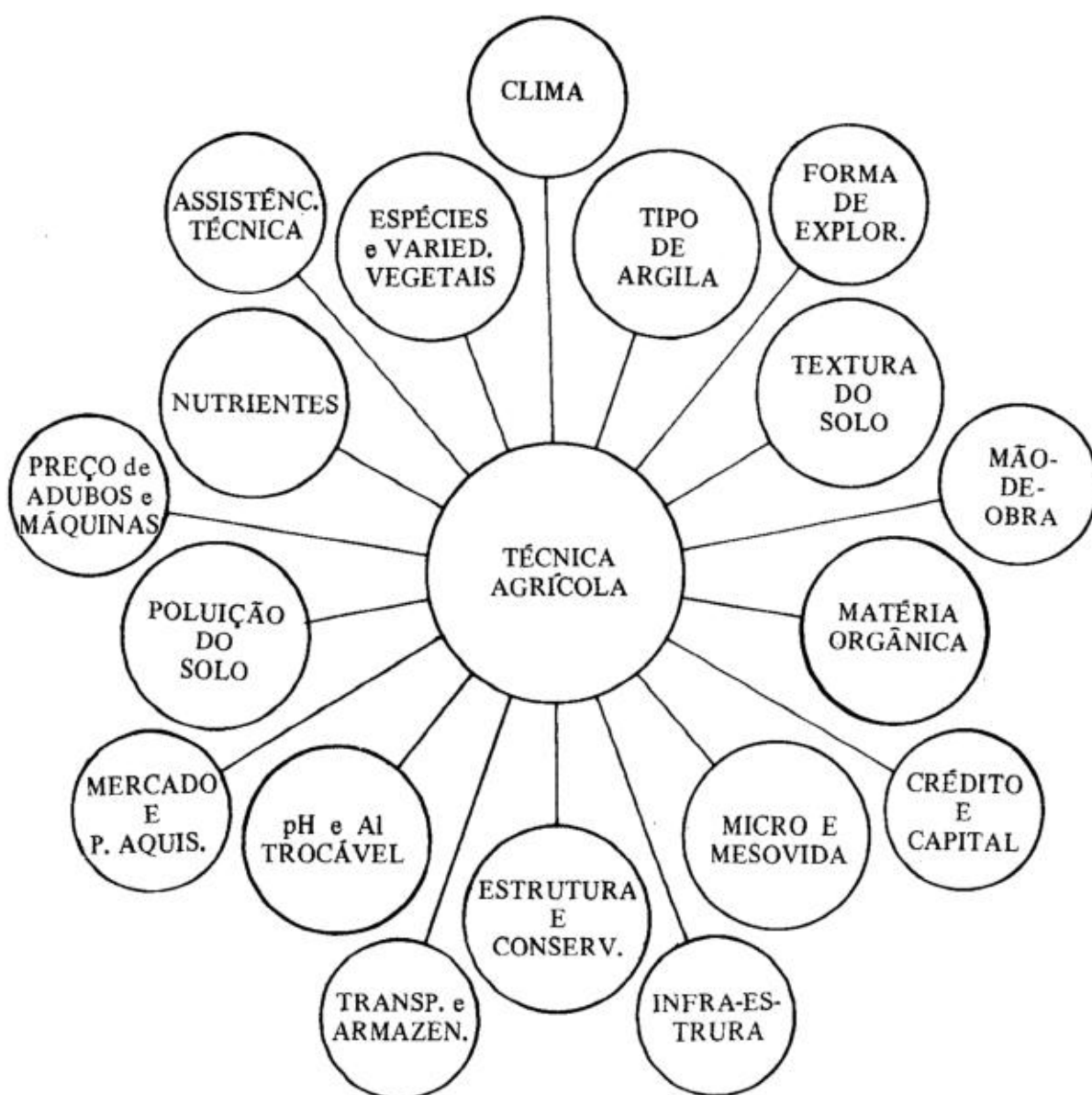


Fig. 1.10 Fatores que influem na formação da tecnologia agrícola de uma região.

Cada técnica depende de muitos fatores específicos e, portanto, não pode ser transferida. E lugar nenhum de nosso território assemelha-se aos lugares onde a tecnologia agrícola foi desenvolvida. E muitas vezes estas técnicas visam o contrário do que necessitamos. O revolvimento do solo visa seu aquecimento e enxugamento após o inverno; a capina, ao lado do combate às invasoras, visa aumentar a respiração pelo ferimento das raízes; a adubação verde não somente deve fornecer nitrogênio mas especialmente incentivar uma microvida muito inativa etc., como será explicado nos capítulos seguintes. As técnicas de clima temperado tentam neutralizar as condições desfavoráveis existentes, como solo frio, respiração baixa e microvida pouco ativa. No clima tropical os problemas cruciais são solos muito quentes e secos no fim da estação seca, uma microvida ativa demais, uma respiração vegetal muito acelerada e uma estrutura grumosa sem recuperação natural uma vez que não existe inverno com capa de neve recuperadora. Em clima tropical, a recuperação do solo ocorre, parcialmente, durante o repouso forçado da seca, mas a bioestrutura não se recupera, a não ser durante o abandono.

Os problemas de produção vegetal são muito diferentes nos climas temperados e tropicais, e devem ser resolvidos com técnicas próprias, que satisfaçam as necessidades da produção em clima quente.

O OXIGÊNIO NO SOLO

Todos os indícios deixam supor que a produção vegetal nos trópicos poderia ser muito superior à de clima temperado, uma vez que a liberação de energia, em nossas latitudes, é muito maior. Mas, tudo depende de que nossas técnicas agrícolas sejam adaptadas às necessidades vegetais nos trópicos. (vide figura 1.1)

Quando a raiz encontra o suficiente de oxigênio no solo, ocorre a respiração aeróbia, como mostra a figura 1.1. De cada Mol de glicose decomposta a planta ganha 673 calorias. Como a decomposição, na maioria dos casos, é um processo oxidativo, como será ainda discutido no capítulo IV, a presença de oxigênio é indispensável. Se este faltar, a planta recorre à respiração anaeróbia ou fermentativa, como recurso de sobrevivência. Porém o ganho de calorias nestes processos é somente 21 a 22 calorias por Mol de glicose, ou seja, 1/30 das que ela podia obter em condições ótimas. O metabolismo, que necessita de energia, é sensivelmente desacelerado. (33, 34) A planta recebe este oxigênio, necessário à respiração, através da raiz. (11) Poucas são as exceções que conseguem captar este oxigênio pelas folhas e transferi-lo à raiz, como por exemplo o arroz, capim-arroz, juncos e semelhantes. Estas plantas possuem um "aerênquima", isto é, um sistema de ventilação, através do qual transportam o oxigênio do ar, captado pelas folhas, às raízes, possibilitando assim que as plantas possam viver em solos encharcados.

Esta é a razão por que a maioria das plantas necessitam de um solo suficientemente arejado. Adensamentos, como barreira física, podem perder sua importância, quando o solo for irrigado. A irrigação não consegue fornecer o oxigênio deficiente. Portanto, a produção de algodão, milho etc. nunca será satisfatória em solos adensados irrigados, porque falta energia para seu metabolismo.

O ótimo de oxigênio exigido no solo varia segundo a planta e o clima. Quanto maior a temperatura tanto menos oxigênio se dissolve na água do solo e tanto maior deve ser a taxa de ar no solo para poder satisfazer as exigências vegetais. Nas regiões tropicais, com suas temperaturas elevadas, a quantidade de O_2 , no solo,

provavelmente deverá ser maior que em clima temperado, como se pode verificar na figura 1.11.

A falta de oxigênio (O_2) ocorre quando:

1. o solo for compactado ou adensado, com seus macroporos reduzidos, permitindo circulação deficiente de ar;
2. o solo se aquecer muito sob insolação direta;
3. os microrganismos tiverem sua atividade incentivada por uma decomposição de matéria orgânica verde, ou de palha com nitrogênio adicionado ou se um solo seco for reumedecido.

Os microrganismos consomem oxigênio liberando CO_2 , com que saturam o ar do solo.

Parece que todas as técnicas que aumentam a necessidade de oxigênio no solo devem ser consideradas com cautela, inclusive a adubação verde, tão usada nas regiões temperadas. Também um espaçamento maior das plantas de cultura e um solo "limpo", capinado ou tratado com herbicidas, exposto ao sol, aumenta a necessidade de oxigênio em consequência de seu aquecimento.

A capina ou o uso de herbicidas não somente deveria visar a eliminação de plantas indesejáveis, chamadas simplesmente de "mato", mas devem ser cautelosamente empregados para evitar que um aquecimento forte do solo aumente a necessidade da cultura em oxigênio. Portanto o espaçamento não pode ser ditado pelo tamanho de máquinas que devem trafegar entre as linhas, mas pela necessidade de proteção do solo. As pulverizações poderiam ser entregues, no futuro à aviação agrícola.

A densidade ou compacidade do solo é outro fator limitante de oxigênio, por diminuir radicalmente o espaço poroso em que circula o ar, ou seja, os macroporos. (8, 32) Existem plantas que crescem bem em solos que perderam sua bioestrutura, como, por exemplo, o capim-seda (*Cynodon dactylon*), o capim-pé-de-galinha (*Eleusine tristachia*), a guanxuma (*Sida spp*) e outras. Seja aqui mencionado que em Sta. Catarina, antes de abandonar o solo, decaído pelo cultivo de trigo e milho, se usa plantar arroz, por suportar melhor solos adensados, anaeróbicos, por poder oxigenar a raiz através da folha. Também nos cerrados, a planta pioneira, em solo bruto, é o arroz, provavelmente pela mesma razão.

Uma adubação em solo compactado ou adensado melhora raramente a situação da cultura porque não supera a dificuldade criada pela deficiência de oxigênio.

Em solo mal arejado, com baixo teor em oxigênio, as raízes excretam álcool etílico quando a parte aérea é cortada. E quando se tratar de solos mal drenados, pode ocorrer a formação de aldeídos de salicila, tóxicos para muitas plantas em concentrações de 40 ppm, (41a) aumentando ainda o efeito desfavorável do anaerobismo.

Solos tropicais produtivos devem ser grumosos, permitindo um arejamento adequado da raiz, com uma taxa mínima de 10% de oxigênio no ar do solo.

A bioestrutura "fofa" do solo tropical é importante para a absorção de água e dos nutrientes e para uma metabolização eficaz. Não se pode esperar uma produção elevada sem condições biofísicas adequadas do solo.

A quantidade de oxigênio no solo está sendo pesquisada, há tempos, nos Estados Unidos da América e, especialmente, na Inglaterra. Existem aparelhos próprios para medir a oxi-redução (r) no solo. E, como esta ainda depende do pH reinante, mede-se a oxi-redução em pH determinado (rH). Porém, isso é um fator empírico depen-

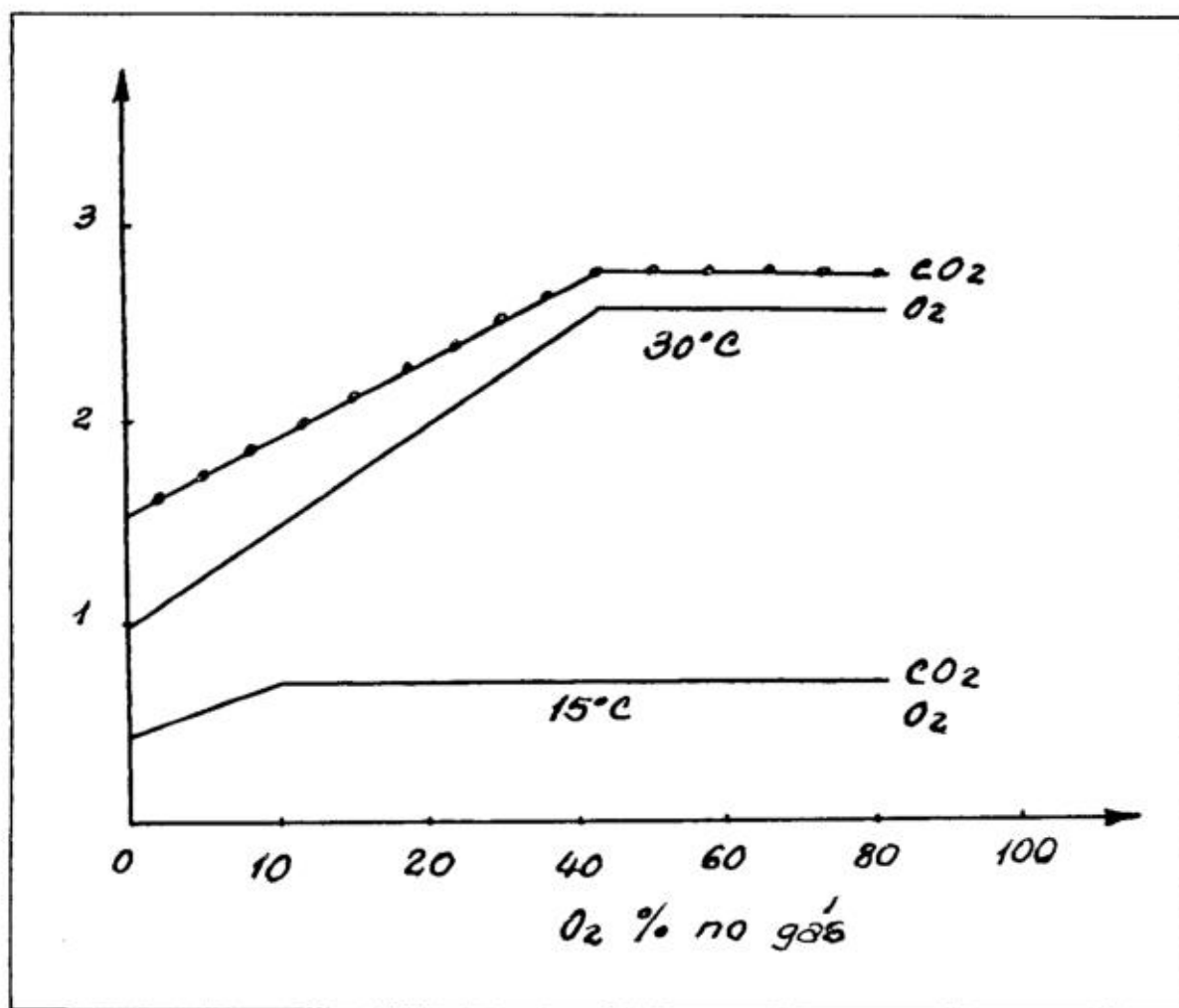


Fig. 1.11 Consumo de oxigênio e produção de CO_2 pela raiz de cebola a temperaturas de 15°C e 30°C (Berri, 1949)

dendo da espécie de planta e da capacidade dela de suportar um determinado rH. (41b)

Portanto, determina-se hoje o *potencial bioelétrico* da raiz, que é o produto da respiração anaeróbia e da atividade metabólica da planta em determinado solo. (34)

FATORES QUE CONTRIBUEM À METABOLIZAÇÃO RÁPIDA PELA PLANTA

Antigamente se acreditava ser suficiente a planta absorver um nutriente pela raiz ou pela folha e este nutriente se transformaria, obrigatoriamente, em substâncias vegetais, como carboidratos, proteínas, vitaminas e outras. Mas Liebig (1843) já descobriu não ser isso verdade e estabeleceu a "*lei do mínimo*", dizendo que o nutriente deficiente barrava toda produção.

A importância do equilíbrio mineral é fácil de apurar como mostra a figura 1.12. Numa solução nutritiva normal, porém 50 vezes diluída, consegue-se nutrir a planta normalmente se for trocada freqüentemente. Mas, quando se omite um nutriente de uma solução de concentração normal, como no caso o nitrogênio, o desenvolvimento vegetal é drasticamente reduzido, como mostra a figura 1.13.

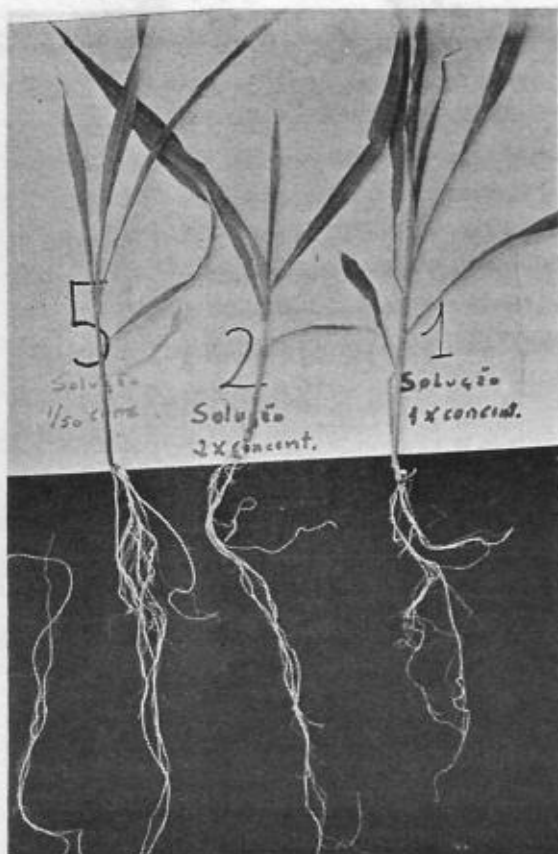


Fig. 1.12 Milho criado em solução nutritiva de concentração normal, duas vezes concentrada e 50 vezes diluída.

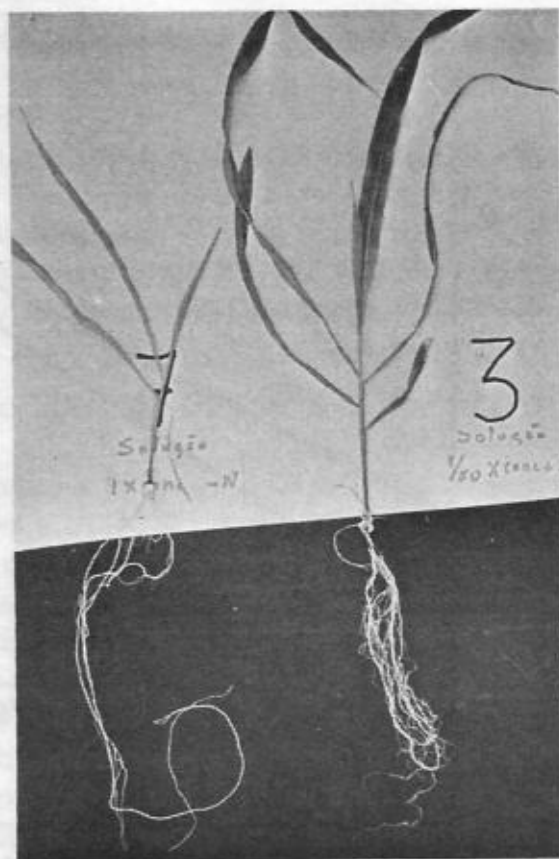


Fig. 1.13 Desenvolvimento de milho em solução de concentração normal mas com omissão de nitrogênio, ao lado de milho criado em concentração 50 vezes diluída.

Pode-se verificar que a planta compensa a pobreza da solução nutritiva, 50 vezes diluída, com um crescimento radicular maior.

Homès preocupou-se mais com este assunto e dizia que as plantas necessitam de um certo equilíbrio entre cátions, como cálcio, potássio e magnésio, que funcionam como catalisadores ou lastros de absorção, e ânions, como fósforo, enxofre, nitrogênio níttrico e outros que tomam parte na formação de substâncias orgânicas (vide capítulo VIII).

Sabe-se hoje que não se metaboliza nitrogênio algum quando faltar fósforo e, muitas vezes, os aminoácidos continuam circulando na planta, sem poderem formar proteínas, quando faltar o enxofre.

Sabe-se que os carboidratos não são transportados à raiz quando faltar o boro e, subprodutos tóxicos de metabolismo, como H_2O_2 , não são eliminados quando faltar cobre, por não ser possível formar a enzima catalase.

Sem fósforo não há metabolismo por não haver transferência de energia. É essa a razão por que o efeito de fósforo, nos solos brasileiros, é tão pronunciado.

A planta não forma, obrigatoriamente, substâncias vegetais e os nutrientes podem circular em taxas elevadas na seiva, sem serem metabolizados. Somente formam-se substâncias orgânicas quando tudo, que é necessário, existir na célula.

Sem dúvida alguma, a absorção dos nutrientes é importante, mas é somente o primeiro passo. Toda "industrialização" ocorre após. E, só ocorrerá se tiver os instrumentos à mão e se não faltar nada para produzir.

O metabolismo depende, pois, de:

1. haver suficiente energia à disposição;
2. presença de ADP-ATP para a transferência de energia (exigindo P);
3. que exista o suficiente em nitrogênio e enxofre para a síntese de proteínas;
4. que existam as enzimas para catalisar os processos bioquímicos na planta.

As enzimas dependem:

- da possibilidade da planta poder formar as proteínas respectivas;
- da existência da co-enzima específica que, em muitos casos, é uma vitamina;
- da disponibilidade do elemento específico ativador que geralmente é um mineral e muitas vezes um micronutriente.

Na deficiência de micronutrientes a maioria das enzimas ativas não se formam em quantidade suficiente e, na deficiência de enzimas, a formação de substâncias orgânicas é muito mais vagarosa ou alterada.

Para uma produção agrícola abundante necessita-se de suficientes enzimas na planta. Os solos tropicais, em sua maioria, são “pobres” em nutrientes ou no mínimo os têm distribuído por um perfil profundo de modo que uma adubação com NPK e uma calagem devem ser complementadas pela aplicação de micronutrientes, para manter o equilíbrio e ativar as enzimas, que são os *biocatalisadores*.

Algumas enzimas são “gastas” após poucas reações bioquímicas, como várias oxidases, e outras podem agir em dezenas de milhares de reações sem se desgastarem, como a catalase. As enzimas são como chaves numa fechadura. Servem somente para um único e determinado processo. Sua atividade aumenta normalmente com a temperatura, tendo a maioria delas seu ótimo com 37°C. Existem enzimas que agem em temperaturas baixas. Entre 58°C e 62°C as enzimas são desnaturizadas ou seja, destruídas.

Elas dependem de um determinado pH na célula e de uma concentração ótima do substrato sobre o qual devem reagir. Os elementos mais necessários para a ativação de enzimas são potássio, manganês, magnésio, ferro, cobre, zinco e boro. É um engano muito grande querer eliminar o manganês disponível no solo pela calagem, somente porque é tóxico em maior concentração.

RESUMO

Ao lado de água e oxigênio no solo, o equilíbrio entre os nutrientes é importante. Para um metabolismo eficiente necessita-se tanto a liberação de energia como a atividade de enzimas. O pivô de toda produção vegetal é o equilíbrio fotossíntese-respiração, devendo ser controladas por técnicas agrícolas adequadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDA - 1976 - no Seminário Nacional da Agropecuária. *A granja, ed. especial pp 60-78*.
2. Anderson, W. P; D. P. Allen e A. Meiri, - 1970 - Excised root exudation a standing gradient of osmotic flow. *Proc. Roy. Soc. London, B, 174:445-58*.
3. Batey, T. - 1973 - Uso e manejo do solo tropical. *Curso Pós-Grad. Biodin. Produt. Solo. Sta. Maria/RS*.

4. **Berri, V.** - 1954 - Em: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze, de Mengel 1965, *Fischer, Jena*.
5. **Bergmann, W. e P. Neubert,** - 1976 - Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. *Fischer, Jena*.
6. **Bonner, J. e A. W. Galston,** -1967 - Princípios de Fisiologia Vegetal. *Aguilar, Madrid*. (Versão espanhola de F. Portilho).
7. **Boguslawski, E. von,** -1958 - Das Ertragsgesetz, Handbuch der Pflanzenphysiologie. Vol. IV p 943, *Springer, Berlin*.
8. **Corsini, P. C.** - 1974 - Modificação de características físico-hídricas em perfis das séries Jaboticabal e Santa Tereza, ocasionadas pelo cultivo intenso. *Cientif. 2(2):148-61*.
9. **Eckern, P. C.** - 1964 - Soil moisture and soil temperature changes with the use of black vapor barrier mulch and their influence on pineapple growth in Hawaii. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. Vol. 1 em: Soils, de Donahue, Prentice Hall, New Jersey, p 49*.
10. **Ehrler, W. L.** - 1962 - Transpiration of alfafa as affected by low root temperatur and other factors of controlled environment. *Plant Physiol. 37:11-18*.
11. **Epstein, E.** - 1972 - Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives. *Wiley, New York*.
12. ----- e **R. L. Hefferies,** - 1964 - The genetic basis of selective ion transport in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol. 15:169-84*.
13. **Davis, T. A.** - 1961 - High root pressure in palms. *Nature, 192:277-78*.
14. **Downes, R. W.** - 1970 - Differences between tropical and temperate grasses in rates of photosynthesis and transpiration. *Proc. IX Int. Grassl. Congr. Canberra. Austrália, p 527-30*.
15. **Ferri, M. G.** - 1971 - Histórico dos Trabalhos Botânicos sobre o Cerrado. Simpos. Cerrado, USP, *Blücher, São Paulo, pp 7-37*.
16. **Fujino, M.** - 1967 - Role of adenosine-triphosphate and adenosine-triphosphatase in stomatal movement. *Sci. Bull. Fac. Educ. Nagasaki Univ. 18:1-47*.
17. **Hatch, M.D. e C.R.Slack,** -1966- Photosynthesis by sugar cane leaves. A new carboxilation reaction and pathway of sugar formation. *Biochem. J. 101:103-11*.
18. ----- e **H. S. Johnes,** - 1967 - Further studies on a new pathway of photosynthetic carbon dioxide fixation in sugar cane and its occurrence in other plant species. *Biochem. J. 102:417-22*.
19. ----- e -----, - 1970 - Photosynthetic CO₂ fixation pathways. *Ann. Rev. Plant Physiol. 21:141-62*.
20. -----, - 1971 - Differing photosynthetic pathways and biochemical factors influencing net assimilation. *XII Pacific Sci. Congr. Canberra, Australia, p 70*.
21. **Hoagland, D. R.** - 1964 - Lectures of the inorganic nutrition of plants. *Chronica Botanica, Com. Waltham. Mass.*
22. **Jackson, R. D.** - 1964 - Water vapor diffusion in relatively dry soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28(3):467-70*.
23. **Jurion & Henry,** - 1969 - The review of soil research in tropical Latin America de Sanchez. *USAID, csd 2806, North Carolina State Univ.*
24. **Kalkmann, R. E. e C. T. A. Fratini,** - 1967 - Contribuição à interpretação das análises de potássio em solos do RGS. *Pesq. agropec. bras. 2:263-67*.
25. **Klapp, E.** - 1967 - Lehrbuch des Acker und Pflanzenbaus. ed 5 *Parey, Berlin*.
26. **Kozlowski, T. T.** - 1964 - Water metabolism in plants. *Harper & Row, New York*.
27. -----, - 1968 - Water deficits and plant growth. I: Development, controls and measurement. II: Plant water consumption and response. *Academic Press. New York & London*.
28. **Kramer, P. J.** - 1965 - Water relationship of plant cells and tissue. *Ann. Rev. Plant Physiol. 6:53-61*.
29. -----, - 1969 - Plant and soil water relationship. A modern synthesis. *McGraw-Hill, New York*.
30. **Linser, H.** - 1965 - Rentabilität und wirtschaftliche Bedeutung der Düngung. *Springer, Wien & New York. pp 1390-1444*.
31. **McNeal, B. L.; D. A. Layfield; W. A. Norwell e J. D. Rhoades,** - 1968 - Factors influencing hydraulic conductivity of soil in the presence of mixed salt solutions. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32(1):187-90*.
32. **Machado, J. A.** - 1976 - Efeito dos sistemas de cultivo reduzido e convencional na alteração de algumas propriedades físicas e químicas do solo. *Tese Livre Doc. UFSM/RS*.

33. Mengel, K. - 1965 - Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. *Fischer, Jena*.
34. Müller, E. L. - 1973/74 - Curso de Fisiol. Vegetal no Curso Pós-Grad. *Biodin e Produt. Solo. UFSM/RS*.
35. Neumaier, N. - 1975 - Efeito da fertilidade do solo, época de plantio e população sobre o comportamento de duas cultivares de soja (*Glycine max (L) Merrill.*) Tese MS, UFRGS, Porto Alegre.
36. Oertli, J.J. - 1962 - Loss of boron from plants through gutation. *Soil Sci.* 13:94-214.
37. Oliveira, B. A. D. de, e o. - 1973 - Identificação de gramíneas tropicais com via fotossintética C-4 pela anatomia foliar. *Pesq. agropec. bras.* 8(8):267-71.
38. Passarinho, J. - 1976 - Futuro da Amazônia legal. Confer. no Congr. bras. de Anestesiologia. *Belém*.
39. Peive, J. B. e A. J. Kraya - 1956 - Os microelementos e sua importância na agricultura e medicina. *Isd. An. Latv. SSR*, p 425-518. (russo)
40. Primavesi, A. M.; A. Primavesi e C. Veiga, - 1971 - Influência dos equilíbrios nutricionais no arroz irrigado sobre a resistência à brusone (*Piricularia oryzae Cav.*) *Rev. Centro Ciênc. Rur.* 1(2):101-24.
- 41a. Rands R. D. e F. Dopp, - 1938 - Influence of certain harmful soil constituents on severity of Pythium root rot of sugar cane. *J. Agr. Res.* 56:53-67.
- 41b. Römer, W. - 1966 - Experiment on iron reduction after compacting of shifted loess. *Z. Pflanzenern. Düng. Bodenkde.* 114(1):101-12.
42. Rufelt, H. - 1956 - Influence of the root pressure on the transpiration of wheat plants. *Physiol. Plantarum*, 9:154-64.
43. Scharrer, K e H. Linser, - 1966 - Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung. 1/2 Boden, *Springer, Wien & New York*.
44. Schendel, V. - 1967 - Probleme des Wasserhaushaltes, der Bodenerosion und der Bewässerung in wärmeren Klimazonen. *Kulturtech. u. Flurberein.* 8(2):68-84.
45. Schütte, K. H. - 1964 - The biology of trace elements. *Lockwood London*.
46. Seaman, J. F. - 1977 - Energias e matérias-primas obtidas da biomassa florestal. *Silvic. Simp. Floresta potencial energético bras.*
47. Slack, C. R. e M. D. Hatch, - 1967 - Comparative studies on the activity of carboxylase and other enzymes in relation to the new pathway of photosynthetic carbon dioxide fixation in the tropical grasses. *Biochem. J.* 103:660-65.
48. Slatyer, R. O. - 1961 - Effect of several osmotic substrates on the water relationship of tomatoes. *Austral. J. Biol. Sci.* 14:519-22.
49. Souza, D. M. P. de, - 1967 - Água no solo: armazenamento e disponibilidade em Terra Roxa estruturada e Terra Roxa misturada. *Rev. Esc. Agron. Vet. Paraná.* 3(único):79-138.
50. Trenkel, M; A. Fritz e K. Kummer, - 1976 - Experiencias acerca de 1a fertilización foliar. *Rep. Agric. BASF, Supl. 4 pp 3-8*.
51. Vaadia, Y. e o. - 1961 - Plant water deficit and physiological processes. *Ann Rev. Plant Physiol.* 12:265-71.
52. White, P. R. - 1928 - Root pressure, an unappreciated force in sap movement. *Ann. J. Bot.* 25:223-27.