

FATÔRES FISIOLÓGICOS QUE LIMITAM AS COLHEITAS (*)

W. E. LOOMIS

Professor de Fisiologia Vegetal — Iowa State College,
Ames, Iowa, U. S. A. (**)

A Agronomia é a ciência da produção agrícola. As colheitas são determinadas por dois processos fisiológicos: crescimento e fotossíntese. É tarefa do agrônomo melhorar o rendimento desses processos, de todas as maneiras economicamente possíveis.

A fotossíntese é responsável por 90-95% do peso seco das plantas e ela é dependente do crescimento das partes aéreas, de modo que, normalmente, a maneira mais prática de aumentar a fotossíntese, é aumentar o crescimento.

O crescimento das plantas pode ser limitado pelo ambiente (em que crescem) ou por uma ineficiência genética de utilizar os fatores do ambiente (11). Para simplificar o nosso problema vamos admitir que a habilidade das plantas em explorar o ambiente não seja fator limitante e, assim, concentrar nossa atenção apenas no papel dos fatores edáficos e climáticos.

Os fatores do ambiente que afetam o crescimento e a fotossíntese podem ser agrupados nos capítulos seguintes: a) umidade; b) elementos nutritivos; c) aeração e outras condições do solo que afetam as raízes; d) temperatura; e) luz (intensidade e duração) e f) dióxido de carbono.

(*) Trabalho apresentado ao "2.º Congresso Panamericano de Agronomia", realizado em São Pedro, E. de São Paulo, de 29 de março a 6 de abril de 1954.

(**) Traduzido por Coaracy M. Franco do Instituto Agrônomo de Campinas.

UMIDADE

O solo contribui de vários modos para o desenvolvimento das plantas: a) absorvendo e retendo a água absorvível pelas plantas; b) fornecendo os elementos minerais em quantidades e proporções adequadas e c) como meio para o desenvolvimento das raízes.

O solo não pode ser responsabilizado quando há falta de chuva mas sim, quando as águas pluviais se perdem por escurimento ou percolação.

Êsses fatores são suficientemente importantes para fazer da inter relação água-solo, um capítulo do problema da produção. Algumas características típicas da água do solo estão representadas na tabela 1.

Tabela 1 — Disponibilidade de água do solo

	Ponto de murchamento	Capacidade de campo	Reserva de água	
			Porcent.	Milímetros (*)
Areia	2	4	2	29
Solo limoso	10	20	10	146
Solo argiloso	20	40	20	293

(*) Baseado na profundidade de 1 metro.

Quase que tôda a água retida pela areia é aproveitável pelas plantas, mas o seu poder de retenção de água é pequeno. Os solos pesados são preferidos para a prática do alqueive por causa da sua maior capacidade de retenção de água, mas essa vantagem pode ser, às vêzes, contrabalançada pela deficiência de infiltração das águas pluviais, pela menor aeração e menor penetração das raízes.

O cálculo da quantidade de água armazenada em um solo geralmente é feito na base de um metro de profundidade útil; há todavia, casos constatados das plantas retirarem água de profundidades de 6 ou 7 metros (18). Êstes casos, entretanto, referem-se a plantas perenes, cujas raízes cresceram vários anos em regiões de precipitação deficiente e pouca relação têm

com o uso da água do solo pelas plantas anuais. Parece-nos, portanto, que a adoção nos cálculos, da profundidade útil de um metro é uma norma conservativa; por outro lado, talvez dois metros seja mais ou menos a profundidade máxima que deva ser considerada em solos pesados.

À medida que as plantas reduzem a umidade do solo, da capacidade de campo para o ponto de murchamento, o potencial capilar ou seja, a força com que a água é retida pelas partículas do solo, cresce de cerca de 0,5 a 15 atmosferas. O crescimento, ou melhor, a produção de tecidos novos, tende a ser inversamente proporcional ao potencial capilar, (2,5) mas a fotossíntese e o aumento do peso seco são muito menos sensíveis àquelas variações de umidade do solo e podem mostrar apenas pequenas variações até que o teor de umidade se aproxime do ponto de murchamento (12). Há evidência (10, 15) de que a redução do crescimento das plantas observado durante o dia, e que era atribuída a uma inibição pela luz, é devida a uma redução no suprimento de água das partes aéreas, que se dá mesmo quando o solo está bem molhado. As quantidades aproximadas de água absorvida por diferentes produções de milho acham-se na tabela 2.

Tabela 2 — Consumo de água pelo milho (*)

Produção em ton/Ha	Água consumida por hectare	
	Litros x 1000	Milímetros
2	800 - 2,000	80 - 200
4	1,600 - 4,000	160 - 400
10	4,000 - 10,000	400 - 1000
15	6,000 - 15,000	600 - 1500
20	8,000 - 20,000	800 - 2000

(*) Para os cálculos considerou-se o peso das partes vegetativas igual ao dobro do peso das espigas e 200 e 400 como razões de transpiração mínima e máxima, respectivamente.

O milho é muito eficiente quanto ao uso da água o que se deduz da relação: quantidade de água transpirada / matéria seca produzida. Desde que a maior parte da formação da maté-

ria sêca e da absorção de água se dá em dois meses de verão, é provável que uma produção de 20 ton/Ha exija irrigação.

O "record" mundial de produção, de Carrol Brown, de 15,06 ton/Ha foi obtido em Iowa, sem irrigação e com precipitação pluviométrica normal, portanto, as suas plantas devem ter usado a água com uma eficiência média bem acima da normal.

Há indicações seguras de que nas melhores culturas de Iowa, a razão matéria sêca produzida/água absorvida, deve ser consideravelmente mais baixa do que os dados encontrados na literatura. Para o milho, por exemplo, deve oscilar entre 300 e 400 e muito provavelmente, na cultura de Brown não foi maior do que 200.

Na prática da irrigação deve-se sempre lembrar de que a água reduz a aeração do solo, particularmente em solos pesados e, assim, pode reduzir o crescimento das raízes, o desenvolvimento das bactérias do solo e a absorção de elementos minerais pelo sistema radicular.

ELEMENTOS MINERAIS

A equação de Mitscherlich (19) indica que a quantidade de qualquer elemento nutritivo necessário para produzir a colheita máxima é da ordem de 6 vezes a quantidade requerida para a produção de metade da colheita máxima.

Tabela 3 — Produção de algumas culturas

Planta	Produção normal	Produção alta	Máxima produção calculada
Soja	1740 l	3480 l	4089 l (*) 5481 l (**)
Alfafa	6187 K	14850 K	21037 K (24750)
Trigo	1566 l	4350 l	14790 l
Milho	3480 l	8700 l	16095 l (19488)
Batatinha	17400 l	69600 l	250560 l (174000)
Beterraba	19800 K	44550 K	131175 K

(*) Conforme a lei de Wilcox.

(**) Produções constatadas.

Wilcox (20) admite que nenhuma cultura pode usar mais do que 357 Kg/Ha de nitrogênio. A tabela 3 mostra produções máximas calculadas para algumas plantas econômicas, de acordo com a teoria de Wilcox. Algumas colheitas maiores do que as determinadas de acordo com este autor não invalidam a sua hipótese porque a quantidade de nitrogênio contida nessas colheitas pode estar abaixo da média. Assim, por exemplo, a colheita excepcional atrás citada, de 15,06 ton/Ha encerrava cerca de 147 Kg de nitrogênio.

A curva logarítmica da lei de Mitscherlich torna a colheita máxima extremamente antieconômica.

A lei de Mitscherlich é baseada no princípio dos fatores limitantes e Verduin (16) mostrou recentemente que a reação das plantas à aplicação de fertilizantes é fatorial, no sentido matemático.

Devemos considerar ainda que a produção das plantas em solução nutritiva tende a aumentar linearmente com a quantidade de elementos minerais fornecidos e que a produção "record" de milho em Iowa que produziu 21% a mais da produção máxima calculada, foi obtida com quantidades moderadas de fertilizantes.

CONDIÇÕES DO SOLO

A "chave" para o problema da fertilidade dos solos pode estar encerrada nos dados obtidos por Arnon e Hoagland (1) quando compararam produções obtidas em solo e em solução nutritiva. Na tabela 4 acha-se um resumo das produções que obtiveram com tomateiro.

Apesar de aplicação liberal de estêrco de curral, na razão de 390 ton/Ha e aplicações frequentes de grande quantidade de fósforo e potássio, os tomateiros em solo produziram apenas 2/3 da produção obtida em solução nutritiva. É interessante notar ainda que os tomateiros em solução nutritiva não receberam quantidade de elementos minerais muito maior do que a

usada no crescimento das próprias plantas. Apesar de os resultados obtidos em solo parecerem apoiar o princípio dos rendimentos decrescentes, isso parece ser uma propriedade do solo e não um característica fisiológico das plantas.

Tabela 4 — Produções de tomate em estufa, cultivado em solo, em areia irrigada com solução nutritiva e em solução nutritiva com e sem aeração. (Arnon e Hoagland (1)).

	Solo (*)	Areia	Solução nutritiva	Sol. nutritiva com aeração(**)
Ton/hectare (***)	434	700	564	735
% obtida a mais, sobre a produção do solo	—	61	30	69

(*) Solo adubado com estêrco na razão de 390 ton/Ha e mais adubação mineral.

(**) Dados obtidos de um ensaio concomitante.

(***) Produção baseada nas quantidades colhidas em canteiros de 2,3m²

O fenômeno acima referido dos rendimentos decrescentes de produção são, provavelmente, em solos arenosos, devido às perdas pela lixiviação e em solos pesados devido a fixação dos elementos, movimento lento dos iônios e também à aeração deficiente.

Os trabalhos de Chang (3), Lawton (8), Hammond (6) e outros, em Iowa, mostram a importância do oxigênio e CO₂ para a fisiologia da raiz. Chang mostrou que as raízes de milho, na presença de grande porcentagem de CO₂ absorvem menos água, até mesmo murchamento, excretam potássio e absorvem menor quantidade dos outros elementos nutritivos. Nos solos limosos pesados de Iowa, uma elevada umidade, compactação, ou um preparo deficiente dos canteiros provocam deficiência de potássio (9). Esse mesmo sintoma pode ser obtido em solução nutritiva com o decréscimo da porcentagem de oxigênio e aumento da de CO₂. Os dados obtidos por L. C. Hammond sobre o efeito da aeração contínua com uma mistura de porcenta-

gens variáveis de oxigênio e CO₂ sobre a absorção de potássio pelo milho acham-se na tabela 5. Esses dados mostram o efeito inibidor que o CO₂ tem sobre a absorção de potássio, quando a tensão de oxigênio é baixa.

Tabela 5 — Absorção de potássio pelo milho, cultivado em solução nutritiva (L. C. Hammond (6))

Oxigênio no ar empregado na aeração %	mg de K absorvido		Redução devida ao CO ₂	
	sem CO ₂	10% de CO ₂	mg.	%
5	75.6	60.9	14.5	19
1	34.5	19.2	15.3	44
0.5	33.1	16.0	17.1	52
Sem aeração	33.5		—	—

Análise dos gases do solo (6) onde se notava diminuição na absorção de potássio não mostrou porcentagem de oxigênio tão baixa ou de CO₂ tão alta quanto as encontradas por Hammond e nenhuma anormalidade foi notada em solos leves (9). Admitimos por isso que a eficiência de aeração em solos pesados deve ser, em consequência das trocas gasosas lentas, muito menor nas delgadas camadas que envolvem as raízes do que no solo, como um todo. O efeito da aeração parece dar-se sobre a permeabilidade e atividade respiratória das raízes.

Desde que umidade elevada decresce a aeração rapidamente e umidade moderadamente alta é necessária para uma produção máxima, torna-se evidente a importância de uma irrigação judiciosa.

E' provável que as máximas colheitas sejam obtidas em solução nutritiva ou em solos tão arenosos que neles a cultura seja uma verdadeira cultura em areia, com adição frequente de água e quantidades moderadas de fertilizantes.

Com um controle perfeito desses fatores, deveremos obter produções elevadas com aplicações de fertilizantes moderadas, em relação às estipulações do método de Mitscherlich.

Nenhuma dificuldade intransponível parece existir, para a obtenção de produções bastante elevadas.

FOTOSÍNTESE

Em geral damos ênfase à importância da precipitação pluviométrica e da fertilidade do solo na produção e esquecemos que cerca de 90% da colheita consiste de C e O, provenientes do CO₂ fixado pela fotossíntese. Assim, ignoramos a fotossíntese, em parte porque sentimos que nada é possível fazer-se nesse setor, mas, principalmente, porque ela raramente é fator limitante para as colheitas médias e mesmo boas.

Entretanto, em uma cultura em areia, com água e elementos minerais constantemente no "optimum", podemos esperar que a fotossíntese se torne o fator limitante da colheita máxima.

Admitindo que a constituição genética das plantas seja a mesma e que a água e os elementos minerais estejam no "optimum", a razão da fotossíntese deverá depender da temperatura, luz e CO₂. Em condições de laboratório, com uma concentração de CO₂ cem vezes maior do que a do ambiente, a fotossíntese apresenta um coeficiente de temperatura igual à das reações enzimáticas, tendo sua razão duplicada ou triplicada por um aumento de 10°C na temperatura, dentro de uma amplitude de cerca de 20°C.

No campo (4,14), isto aparentemente não ocorre, provavelmente porque a quantidade de CO₂ é limitante.

Desde que a razão de respiração cresce logaritmicamente, podemos esperar que a máxima acumulação de matéria seca seja obtida a temperaturas um tanto abaixo do "optimum" para uma espécie considerada. Esta hipótese concorda com a observação de que as maiores colheitas são obtidas na face norte das culturas.

A plena luz do sol, na zona temperada, é de mais de 1 g cal/cm²/min ou cerca de 10.000 velas. Essa intensidade pode ser aumentada por nuvens claras que refletem a luz e diminuída por nuvens escuras que a absorvem. Normalmente as folhas exibem máxima fotossíntese entre 10 e 50% da luz solar, mais frequentemente em redor de 25%.

(*) No nosso hemisfério seria a face sul, entretanto, nas nossas condições de clima êsse fenômeno talvez não se verifique. N. do T.

As folhas inferiores das árvores (7) e da alfafa (14), que se acham naturalmente sombreadas pelas outras, se beneficiam da luz que recebem quando à luz solar é máxima o que mostra que, considerando todas as folhas da planta, elas recebem, em média, menos do que 25% da luz solar. Devemos, portanto, esperar que a fotossíntese seja reduzida por qualquer sombreamento.

Tabela 6 — Penetração de luz solar na cultura de milho

N. de plantas p/ cova	0	2	4	6
N. de plantas p/ hect.	0	20,000	40,000	60,000
Iluminação em velas	10,000	2525	1075	750 (*)
Produção (ton/ha)	—	5.1	7.0	7.8

(*) Variou de 200 a 2300 velas.

A iluminação ao nível do solo, no interior de plantações de milho com diferentes números de plantas por cova pode ser vista na tabela 6. Com duas plantas por cova a iluminação média esteve próxima do "optimum" o que mostra ter havido desperdício de luz. Mesmo com 6 plantas por cova ainda havia certo desperdício. Plantar a 20 ou 30 cm na linha e ruas estreitas ou em covas espaçadas de 1 x 0,5 m com várias plantas por cova, num total de 50.000 a 80.000 plantas por hectare, seria uma maneira de usar a luz solar com maior eficiência.

Muhr (13) obteve mais alta produção de milho com um espaçamento de 50 x 50 cm com duas plantas por cova. Entretanto deveremos considerar aqui o inconveniente da diminuição da ventilação no interior da cultura, em consequência do menor espaçamento, o que resulta em menor eficiência na circulação do CO₂ entre as plantas.

Mesmo na faixa de intensidade luminosa onde a fotossíntese aumenta linearmente (4,17) como a luz, a porcentagem de energia radiante total usada é em geral de um ou dois por cento e a porcentagem da luz absorvida que é usada na fotossíntese é talvez de 5%. Desde que a máxima utilização da radiação absorvida, para uma eficiência quântica de oito é 30 ou 40 por cento, a luz no campo parece adequada para maiores colheitas.

O problema é o de manter número suficiente de fôlhas para absorver uma grande proporção de luz.

Em condições favoráveis a fotossíntese é maior em dias longos. Entretanto, o fotoperíodo está tão ligado ao fenômeno da reprodução que torna difícil qualquer análise de sua influência em outros processos. Desde que as flôres e os frutos consomem alimento e neles a fotossíntese é nula ou quase nula, as plantas que não frutificam devem ser as que maior quantidade de matéria sêca produzem por área. Obviamente, entretanto, essas plantas não dão colheita.

BIÓXIDO DE CARBONO

A porcentagem normal de CO₂ no ar é de 0,03% ou seja, 0,59 miligrama por litro.

As determinações que fizemos (4,17) indicam uma queda de aproximadamente 25% no teor de CO₂ do ar nas horas de fotossíntese mais intensa, portanto o teor médio de CO₂ do ar sobre a cultura nessas ocasiões é de cêrca de 0,025 por cento. Experiências de curta duração, levadas a efeito por Chapman (4) e por Thomas (14) mostraram um aumento linear da fotossíntese à medida que aumentava o teor de CO₂ do ar de cinco ou dez vêzes o normal. Ambos êsses autores não conseguiram demonstrar o esperado aumento da fixação do CO₂ com a temperatura em níveis normais de CO₂ o que indica que processos físicos na absorção de CO₂ limitam a razão da fotossíntese nas condições de campo. Thomas obteve um aumento de três ou quatro vêzes na fotossíntese empregando quantidades extras de CO₂, mas o tratamento diário com CO₂ proveniente de gêlo sêco (CO₂ solidificado) danificou as plantas.

Nos ensaios da "Minnesota Valley Canning Company" (13) as produções máximas de milho, plantado em linha, foram de 15.600 a 16.500 litros por hectare. Quando, entretanto, duas linhas de milho plantadas a 50 cm foram alteradas com duas linhas de soja, a produção subiu a quase 26.000 litros por hectare, calculada na base da área ocupada por essa planta. Êsse resultado foi atribuído a uma melhor iluminação das plantas pe-

la luz solar, mas, parece igualmente provável que tenha sido devido a uma área maior para o desenvolvimento das raízes, rasas, no caso do solo ter sido compacto ou a uma melhor ventilação e conseqüente maior absorção de CO₂ pelas plantas. Nesses ensaios havia 76.000 plantas por hectare enquanto que na cultura de Brown, já citada, havia 42.000 plantas provavelmente em covas de 1,0 x 1,0 metro.

Enquanto que Muhr se preocupava com o sombreamento recíproco das plantas em uma cultura de 76.000 plantas por hectare, Arnon e Hoagland (1) dispuseram seus tomateiros na razão de 107.000 plantas por hectare, no interior de uma estufa. O efeito de bordadura foi grande nos seus pequenos canteiros, contudo a sombra não parece ter constituído um problema.

Quem se propuzer a produzir o máximo terá que decidir se será melhor distribuir suas plantas de maneira a absorverem o máximo de luz ou plantar em linhas mais espaçadas para obter uma melhor penetração de CO₂.

Produção diária de matéria seca

Se considerarmos o peso das hastes igual ao da colheita e tomarmos 90 dias como o ciclo de crescimento de milho, a colheita máxima obtida em Iowa produziu 340 quilos de matéria seca por hectare e por dia. A produção de tomate obtida por Arnon e Hoagland (1) dá números próximos a estes mas, em contraposição, a tão falada produção de cana nos trópicos é consideravelmente menor. Sua alta produção resulta da longa duração do ciclo vegetativo que é frequentemente maior do que 400 dias, enquanto que no caso do milho é de 90 dias. Além disso, no milho o produto obtido é a frutificação, que representa a metade ou mais do peso seco final da planta e que não funciona na fotosíntese ou na absorção, enquanto que na cana de açúcar o produto é parte vegetativa. Considerando-se pois a razão da produção de matéria seca, o milho da "cornbelt" talvez seja a planta mais eficiente do mundo.

SUMMARY

The man who wishes to produce a world record crop regardless of cost should expect to have the greatest success if he :

a) Grows his plants on a light soil, perhaps verging on sand.

b) Holds the moisture content of his soils near the field percentage (or capacity) but avoids over watering.

c) Fertilizes frequently and heavily, particularly with nitrogen and potassium.

d) Adjusts a heavy stand to make maximum use of light and CO₂.

The man who merely wishes to grow a more profitable crop may well apply the same principles on a more limited scale.

LITERATURA

1. ARNON, D. I. and D. R. Hoagland. Crop production in artificial culture solutions and in soils with special reference to factors influencing yields and absorption of inorganic nutrients. *Soil Sci.* 50: 463-485 — 1940.
2. BLAIR, G. Y., L. A. Richards and R. B. Campbell. The rate of elongation of sunflower plants and the freezing point of soil moisture in relation to permanent wilt. *Soil Sci.* 70: 431-439. 1950.
3. CHANG, H. T. and W. E. Loomis. Effect of carbon dioxide on absorption of water and nutrients by roots. *Plant Physiol.* 20: 221-232. 1945.
4. CHAPMAN, H. W. and W. E. Loomis. Photosynthesis in the potato under field conditions. *Plant Physiol.* 28: 703-716. 1953.
5. DAVIS, C. H. Response of *Cyperus rotundus* L. to five moisture levels. *Plant Physiol.* 17: 311-316. 1942.
6. HAMMOND, L. C. The influence of oxygen and carbon dioxide levels in the substrate upon potassium absorption by plants. Thesis Iowa State College. 1949.

7. HEINICKE, A. J. and N. F. Childers. The daily rate of photosynthesis, during the growing season of 1935, of a young apple tree of bearing age. N. Y. (Ithaca) Agr. Exp. Sta. Mem. 201. 1937.
8. LAWTON, Kirk. The influence of soil aeration on the growth and absorption of nutrients by corn plants. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 10: 263-268. 1945 (6).
9. ———, and G. M. Browning. The effect of tillage practices on the nutrient content and yield of corn. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 13: 311-317. 1948 (9).
10. LOOMIS, W. E. Daily growth of maize. Amer. Jour. Bot. 21: 1-6. 1934.
11. ———. Growth and differentiation — an introduction and summary. In Growth and Differentiation in Plants, pp. 1-17. W. E. Loomis, ed. Iowa State College Press, Ames, Iowa. 1953.
12. MITCHELL, J. W. Effect of atmospheric humidity on rate of carbon fixation by plants. Bot. Gaz. 98: 87-104. 1936.
13. MUHR, G. R. Maximum yield studies. Mimeo. Rept. Minn. Valley Canning Co. 1949.
14. THOMAS, M. D. and Geo. R. Hill. Photosynthesis under field conditions. In Photosynthesis in Plants, pp. 19-52. J. Franck and W. E. Loomis eds. Iowa State College Press, Ames, Iowa. 1949.
15. THUT, H. F., and W. E. Loomis. Relation of light to growth of plants. Plant Physiol. 19: 117-130. 1944.
16. VERDUIN, J. Limiting factors. Science. 115: 23. 1952.
17. ———, and W. E. Loomis. Absorption of carbon dioxide by maize. Plant Physiol. 19: 278-293. 1944.
18. WIGGANS, C. C. Some further observations on the depletion of subsoil moisture by apple trees. Am. Soc. Hort Sci. Proc. 34: 160-163. 1937.
19. WILCOX, O. W. Verification of the Mitscherlich effect law. Agron. Jour. 41: 225-229. 1949.
20. ———. The factual base of the inverse yield-nitrogen law. Agron. Jour. 41: 527-530. 1949.

ORLANDO CARNEIRO

Engenheiro pela Escola Politécnica de S. Paulo.
Prof. Catedrático da Escola Superior de Agricultura
"Luiz de Queiroz" de Piracicaba, U. S. P.

Construções Rurais

— 5a. EDIÇÃO — 1952 —

Materiais e Peças de Construção — Fundações — Estaqueamentos —
Concreto Armado — Impermeabilizações — Revestimentos Asfálticos
— Organização de Orçamentos — Habitações Rurais — Casas de Ma-
deira e Capelas — Instalações Agrícolas — Instalações para : Bovinos,
Equídeos, Suínos, Ovinos, Caprinos, Silos, Aves, Coelhoos, Abelhas, Ins-
talações Rústicas etc. — Sirgaria — Tanques para Peixes — Construções
diversas : Caixas de Água, Piscina, Pontes e Boeiros, Mata Burros, Pos-
tes de Concreto Armado, Porteiras, Fornos para Carvão, para Tijolos e
para Cal, Drenagem, Açudes, Saneamento, Fossas Sépticas, Casas
Prefabricadas, etc. — Descrição, Desenhos detalhados e Fotografias

UM LIVRO COMPLETO

A VENDA NAS BOAS LIVRARIAS — PREÇO : Cr\$ 500,00

PEDIDOS :

Av. Bernardino de Campos, 186 (Paraiso) — Tel. 31-2972 — S. Paulo

IMPORTANTE !

"CITOPLASMA E O NÚCLEO NO DESENVOLVIMENTO E NA HEREDITARIEDADE"

O gen não existe. O cromossômio funciona como um todo.
O Citoplasma é mais importante do que o núcleo
na hereditariedade

Cerca de 146 páginas, 27 figuras e bibliografia

Interessantissimo trabalho da autoria do

Prof. Dr. S. de Toledo Piza Junior

PREÇO: Cr\$ 50,00 — A VENDA NESTA REDAÇÃO