

VIOLAÇÃO DA QUIRALIDADE EM FEIJÃO TREPADOR. Kátia Gonzaga da Silva, Mauro Donizeti Tonasse. – Interáreas – Agronomia – Unidade de Registro - *Campus Experimental de Registro.*

A atividade ótica em cristais foi descoberta por Pasteur 1848. Examinando uma amostra de ácido tartárico ele percebeu que esta substância é composta por dois tipos de cristais, sendo um a imagem especular do outro. Sob incidência de luz, um destes tipos de cristal gira o plano de polarização da luz no sentido horário e o outro no sentido anti-horário. Ele percebeu também a enorme importância deste fenômeno na Natureza e em particular nos organismos vivos. Sistemas que apresentam esta propriedade são chamados *quirais*. Para designar as duas componentes quirais de um objeto ou sistema usam-se os termos *mão direita* e *mão esquerda*. Em princípio não se deveria esperar que a Natureza tivesse preferência por uma ou outra componente quiral. Entretanto, surpreendentemente sabemos agora que o fenômeno da violação da quiralidade (VQ) está presente em uma enorme variedade de escalas.

Em nível mais fundamental a VQ aparece em partículas elementares. Em física atômica o efeito da VQ pode ser medido (Hegstrom *et al.* 1988). Diversos tipos de moléculas também apresentam preferência quiral. É bem conhecido o fato que as moléculas de DNA são de mão esquerda e as de RNA são de mão direita.

Existem basicamente duas linhas de raciocínio para explicar o fenômeno. Uma delas é defendida pelos físicos que procuram explicar a VQ como um efeito da força fraca, a única das quatro interações fundamentais (gravitacional, eletromagnética, fraca e forte) que distingue quiralidade (Janoschek 1991). O problema é que a *fraqueza* da interação torna difícil explicar como a força fraca consegue influenciar estruturas em escalas moleculares ou maiores. O outro ponto de vista é o dos botânicos que tentam compreender a VQ como conseqüências de efeitos gravitacionais. Entretanto, resultados de experimentos feitos em condições de microgravidade não são compatíveis com esses modelos (Brown 1991).

O primeiro registro de observação da VQ em plantas foi feito provavelmente por Darwin e Darwin 1880. Ela é caracterizada por um movimento oscilatório elíptico do ápice de certos órgãos que, ao crescer, forma estruturas helicoidais que violam a quiralidade. Esse movimento oscilatório é conhecido como *circunutação* (CN). Especula-se que a CN seja um mecanismo essencial para a estabilidade da parede celular durante variações de forma e aumento de volume da célula. É observado que a CN é associada com o crescimento de células jovens, localizadas a uma dada distância do ápice em certos estágios do desenvolvimento da planta (Anderson-Bernadas *et al.* 1997).

A CN nem sempre é uma atividade constante. É comum haver interrupções por várias horas, enquanto o órgão sofre uma fase de crescimento retilíneo. Observa-se também que a atividade pode ser modulada com períodos da ordem de horas ou dias (Buda *et al.* 2003). Os pesquisadores têm estudado CN também em raízes. As raízes da espécie *Arabidopsis thaliana* são de mão direita, mas existem indivíduos mutantes em que o efeito é atenuado ou até mesmo invertido. Esses indivíduos apresentam todos os órgãos com tamanhos reduzidos (Migliaccio 2000).

É importante notar também que o fenômeno não persiste necessariamente por todo o período de crescimento do órgão e o que é ainda mais intrigante é que a quiralidade inicial pode ser invertida durante o processo de crescimento (Brown 1993). Fatores mecânicos como pressão, choque, vibrações sub-sônicas e toque podem inibir o *vigor* da CN. É importante observar que o efeito do fator mecânico pode ocorrer em poucos minutos, um tempo menor que o necessário para que os hormônios do crescimento sejam transportados da ponta do órgão até a região de crescimento. Isso sugere que deve haver um mecanismo de controle local do crescimento (Brown 1993).

A compreensão deste fenômeno é de fundamental importância não apenas para a ciência, mas também para a tecnologia. Existe uma complexa indústria química e farmacêutica baseada em VQ em moléculas. Recentemente a indústria agroquímica começou a empregar compostos quirais na produção de herbicidas, hormônios e feromônios. A utilização desses produtos tem vantagens não só para a agricultura, mas também reduz os impactos nocivos ao meio ambiente (Matallo 2004, Kurihara e Miyamoto 1998).

Como a compreensão do fenômeno da VQ está ainda em uma fase muito incipiente, é importante obter dados para que modelos mais consistentes possam ser elaborados. Neste trabalho estudamos VQ em duas variedades de feijão trepador (*Phaseolus vulgaris* L.). Esta planta apresenta quiralidade no caule (ver Figura 1).

J. V. C. Nunes/UNESP



Figura 1. Padrão de quiralidade de mão direita nos feijoeiros do cultivar do tipo Manteiga.

Da variedade Brasília foram cultivadas pelos próprios autores 3.800 plantas em um terreno cedido pela APTA Regional Vale do Ribeira no município de Pariqueira-Açu. Em um sítio no município de Sete Barras foram acompanhadas outras 5.500 plantas da variedade Petrópolis cultivadas por um produtor. Nos dois casos o preparo do solo, plantio e tratos culturais seguiram os procedimentos típicos para esse tipo de cultura. Os feijoeiros se desenvolveram tendo estacas como suportes (Figura 1) colocados ao lado de cada cova, onde foram plantadas três ou quatro sementes. Para definir as duas componentes quirais orienta-se o dedo polegar da mão direita no sentido do crescimento da planta. Se as voltas helicoidais se orientam no mesmo sentido da curvatura dos outros quatro dedos, isto é, para o lado da palma da mão, a quiralidade é de mão direita (sentido anti-horário). Caso contrário, a componente é de mão esquerda (sentido horário). Para observar a preferência quiral e medir a intensidade de VQ o método utilizado foi o da observação visual direta planta por planta.

As duas variedades apresentaram uma forte preferência por quiralidade de mão direita. No caso da variedade Brasília, a amostra de 3.800 plantas não foi suficiente para que se encontrasse pelo menos um indivíduo com quiralidade de mão esquerda. Na amostra da variedade Petrópolis foram encontrados apenas cinco indivíduos com quiralidade de mão esquerda (Figura 2). Observou-se que ao contrário dos indivíduos com quiralidade de mão direita, os de mão esquerda não apresentaram um padrão de voltas helicoidais bem definidas.

Outra característica interessante é que os indivíduos que começaram com quiralidade de mão esquerda permaneceram nesta condição apenas até a terceira ou quarta volta. A partir daí a quiralidade se inverteu (Figura 3).



Figura 2. Padrão de quiralidade de mão esquerda.



Figura 3. Região onde a quiralidade se inverteu.

A inversão da quiralidade acabou não permitindo que verificássemos se a orientação quiral está relacionada com aspectos de produção e qualidade dos grãos. Como os feijoeiros começam a produzir depois de uma certa altura, não foram encontradas vagens nas regiões de quiralidade de mão esquerda. Em um ramo que começou orientado como mão esquerda foi encontrada uma vagem localizada uma volta acima da região onde a quiralidade se inverteu. Esta vagem cresceu quatorze centímetros. Em um outro ramo que também começou com quiralidade *errada* foi encontrada uma vagem exatamente na região de inversão da quiralidade. Esta vagem, entretanto, cresceu cerca de sete centímetros e secou. Levando em conta que as vagens dos ramos de mão direita tinham tamanho médio de aproximadamente vinte e dois centímetros, estes resultados podem sugerir que a quiralidade afeta o tamanho da vagem. Entretanto, para que esta hipótese seja confirmada ou não estudos mais detalhados são necessários.

Como já foi mencionado o estudo da quiralidade é de fundamental importância em diversas áreas da ciência. No caso deste trabalho em particular um aumento da estatística é necessário para estudar aspectos ainda não completamente esclarecidos. O estudo de outras variedades seria também interessante.

Em conclusão, constatamos que as duas variedades de feijão trepador estudadas (Brasília e Petrópolis) apresentam forte preferência por quiralidade de mão direita no caule. Para a variedade Brasília esta preferência foi maior que 1/3.800, enquanto na variedade Petrópolis ela foi da ordem de 1/1.040. Constatamos também que todos os indivíduos que começaram com quiralidade de mão esquerda tiveram esta orientação quiral invertida entre a terceira e a quarta volta helicoidal. Os resultados sugeriram, mas ainda não foram suficientes para se concluir, que a orientação quiral tem alguma relação com o tamanho das vagens.

Agradecimentos: Agradecemos ao professor M. Sakai que nos cedeu um terreno da APTA Regional de Pariquera-Açu para cultivo do feijão, ao Eng. Agr. Mário que permitiu estudos em seu sítio em Sete Barras, ao professor J. V. C. Nunes que fez as fotografias e à professora E. C. Leite que nos emprestou a máquina fotográfica do Museu Dinâmico da Mata Atlântica. KGS agradece ao CNPq pelo apoio financeiro e ao Prof. Dr. M. Tonasse que a orientou em todas as etapas do projeto.

Referências Bibliográficas

ANDERSON-BERNADAS, C., CORNELISSEN, G., TURNER, C. M. e KOUKARI, W. L. Koukari, **J. Plant Physiol.**, Vol. 151, 575, 1997.

BROWN, A. H. **Gravity Perception and Circumnutation in Plants**, em: BONTING S. L. (editor) **Advances in Space Biology and Medicine**, Greenwich CT: J. A. I. Press, pp. 129-153 (1991).

BROWN, A. H., **Plant Physiol.**, Vol. 101, 345, 1993.

BUDA, A., ZAWADZKI, T., KRUPA, M., STOLARZ, M. e OKULSKI, W., **Physiol. Plantarum**, Vol. 119, 582, 2003.

DARWIN, C. A. e DARWIN, F. **The Power of Movement in Plants**. Londres: John Murray, 1880.

HEGSTROM, R. A., CHAMBERLAIN, J. P., SETO, K. e WATSON, R. G., **Am. J. Phys.**, Vol. 56, 1086, 1988.

JANOSCHEK, R. (editor), **Chirality. From Weak Bosons to the α -Helix**, Berlin: Springer-Verlag, 1991.

JOHNSSON, A. **Circumnutation**, em: HAUP, W. e FEINLEIG, M. E. (editores), **Encyclopedia of Plant Physiology**, Vol. 7, **Physiology of Movements**, Berlin: Springer-Verlag, pp. 627-646, 1979.

KURIHARA, N. e MIYAMOTO, J. (editores) **Chirality in Agrochemicals**, Nova York: John Wiley & Sons, Inc, 1998.

MATALLO, M. B., **Os Herbicidas e o Estereoisomerismo**, Anais do “XXIV Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas” (24 a 28/05/2004), São Pedro, editado pela Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2004.

MIGLIACCIO, R., PICONESE, S. e TRONELLI, G., **J. Gravit. Physiol.**, Vol. 7, 1, 2000.

PASTEUR, L., **C. R. Hebd Séanc Acad. Sci. Paris**, n. 26, 535, 1848.

Bolsa: Reitoria/PIBIC.