

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”
DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO VEGETAL**

A TEORIA DA TROFOBIOSE

**Disciplina: LPV 719 – Seminários em Fitotecnia
Docente: Dr. Durval Dourado Neto
Discente: Francisco José Severino**

Piracicaba - SP
Novembro de 2001

A TEORIA DA TROFOBIOSE

Francisco José Severino
PG - DR - Fitotecnia

1. INTRODUÇÃO

Há milênios o homem vem produzindo seu alimento, utilizando-se da agricultura, porém, com o aumento das áreas cultivadas, em função da necessidade cada vez maior de alimentos, os problemas relacionados com a produção, principalmente pragas, doenças de plantas e interferências com plantas infestantes também se multiplicaram. São diversos os fatores que contribuíram para esta multiplicação, e mesmo entre os cientistas há controvérsias, principalmente, com relação a causa deste descontrole. Entre as correntes que tentam explicar este fenômeno, há a que defende serem as plantas doentes devido ao uso indiscriminado de agrotóxicos e fertilizantes, originando a teoria da trofobiose.

Segundo esta teoria, o estado nutricional da planta é que parece determinar a resistência ou susceptibilidade da mesma ao ataque de pragas e patógenos. Uma carência nutricional resultante de um desequilíbrio na quantidade de macro e micronutrientes pode provocar mudanças no metabolismo da planta fazendo com que predomine o estado de proteólise nos tecidos, no qual os parasitas encontram as substâncias solúveis necessárias para a sua nutrição. Por outro lado, quando existe um equilíbrio nutricional na planta, um ou mais elementos agem de forma benéfica no metabolismo, estimulando a proteossíntese, resultando num baixo teor de substâncias solúveis nutricionais, não correspondendo às exigências tróficas do parasita, ficando as plantas desta forma menos atrativas ao ataque de insetos e microrganismos patogênicos.

Outro ponto a ser destacado na teoria da trofobiose é a existência de períodos críticos no ciclo da planta, ou seja, períodos em que a proteólise predomina sobre a proteossíntese tornando-a mais sensível a ácaros, pulgões ou fungos patogênicos. Este período crítico pode ser caracterizado, por exemplo, pela formação da inflorescência,

quando as folhas perdem o poder de síntese, havendo até uma certa decomposição de suas próprias proteínas. Outros estágios do ciclo da planta, que não a floração, também podem ser sensíveis a certas carências nutricionais, tornando-a suscetível.

O desequilíbrio mineral do solo, a utilização de adubos minerais solúveis e agrotóxicos interferem no processo de proteossíntese e no metabolismo de carboidratos, levando a planta a acumular aminoácidos e açúcares redutores, nos tecidos, tornando-as mais atraentes às pragas e doenças. Com isto, a planta ou suas partes são atacadas a medida que seu estado bioquímico, determinado pela natureza e pelo teor em substâncias solúveis nutricionais, correspondam as exigências das pragas e patógenos.

As espécies de plantas possuem os mesmos elementos em sua composição, no entanto, em diferentes concentrações. Assim, o que varia na célula é o conteúdo e a concentração de determinadas substâncias absorvidas do meio externo. Quando as condições não são favoráveis a sua utilização pela planta, estas podem ser acumuladas nos vacúolos na forma de compostos solúveis inutilizados como açúcares e aminoácidos. Este acúmulo pode ocorrer em função de um desequilíbrio na fertilização e ou tratamentos fitossanitários, podendo favorecer a incidência de doenças e pragas, isto é, o estado de proteólise dominante nos tecidos conduz a uma sensibilidade em relação aos parasitas.

Os glicídios e os aminoácidos são os compostos que mais repercutem no equilíbrio nutricional, atuando sobre o potencial biótico dos insetos. Os alimentos se separam em energéticos, principalmente os glicídios (mantém a vida), plásticos, (produtos nitrogenados, necessários a formação de novos tecidos) e os hidratos de carbono (auxiliam na utilização das proteínas).

A maior parte dos insetos e ácaros de plantas depende de substâncias solúveis, tais como aminoácidos livres e açúcares redutores, para a sua sobrevivência, uma vez que não são capazes de desdobrar proteínas em aminoácidos. Há evidências que os insetos, mastigadores e sugadores, preferem essas substâncias presentes no suco celular das plantas, bem como os fungos, bactérias e vírus fitopatogênicos também dependem de aminoácidos livres e açúcares redutores para sua nutrição.

2. A TEORIA

A Teoria da Trofobiose foi elaborada pelo pesquisador (biólogo) francês Francis Chaboussou, em 1969, que estudou as relações tróficas entre plantas e seus parasitas (pragas e patógenos).

De acordo com conceitos postos, temos que tolerância é a capacidade da planta de suportar, sem muitos danos, o ataque de uma praga ou patógeno e resistência é a não receptividade ou imunidade, total ou parcial, aos mesmos.

Há uma concordância entre as diferentes correntes de pesquisa, segundo a qual, o aspecto da tolerância/resistência seria determinado basicamente por fatores bioquímicos, porém, as concepções para a explicação do processo são diferentes.

Para a teoria clássica, a resistência da planta procede da presença de substâncias antagônicas nos tecidos, as quais são tóxicas ou repulsivas aos parasitas em questão. O desequilíbrio ocorre quando há destruição dos inimigos naturais, facilitando a proliferação da praga. Contudo, alguns pontos são questionados, como a proliferação de fitófagos após a aplicação de agrotóxicos inofensivos aos inimigos naturais das plantas.

Para os adeptos da teoria da trofobiose, que destacam a importância da nutrição sobre o potencial biótico dos organismos vivos, a tolerância / resistência das plantas ao ataque de insetos praga e patógenos, sem desconsiderar os fatores genéticos inerentes, correlaciona-se positivamente com o estado fisiológico atual da proteossíntese, ou seja, plantas em estado ótimo de síntese de proteínas. Este ocorre quando as condições são favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas, cujas baixas concentrações de compostos solúveis (aminoácidos livres e açúcares redutores), parecem não atrair insetos praga e patógenos.

A proteossíntese é um processo fisiológico pelo qual os aminoácidos livres são reunidos em cadeias polipeptídicas (proteínas) nas plantas, estando relacionada com a ausência dos elementos nutritivos e necessários ao crescimento do parasita.

Porque, então, as duas teorias não poderiam concordar entre si, uma vez que a presença de substâncias reputadas como tóxicas ou antagônicas nos tecidos, poderia na

verdade estar relacionada à ausência de fatores nutricionais? A diferença é explicada, baseada em trabalhos com *Helminthosporium* em milho, em que foram avaliados diversos fatores como densidade de plantio, emasculação da espiga e duração da luminosidade. Através da análise das folhas foi pesquisado o determinismo bioquímico da resistência, que envolveu açúcares e fenóis, elementos provavelmente relacionados com o processo. Concluiu-se que a composição química da planta parece exercer uma influência predominante na resistência.

Outras pesquisas indicam ser a presença do produto químico 6-metoxibenzoxazolinona (fator-A), o fator de resistência a helmintosporiose, porém, como em algumas linhagens com altos teores do fator-A a planta não se mostrou imune, concluindo-se que este não intervém sozinho no mecanismo de defesa. Isso levou Chaboussou a retomar a concepção de resistência relacionada com a ausência ou carência dos elementos nutritivos necessários ao desenvolvimento do parasita. Assim sendo, era necessário determinar como o fator-A inibia o desenvolvimento da helmintosporiose se ele não possuía efeito fungistático, colocando em questão o modo de ação dos compostos fenólicos, anteriormente estudado, o qual postulava que o crescimento miceliano na presença destes compostos dependente da cultura e da presença ou ausência de N no meio. Foi observado que um aporte de N afetou não somente a toxicidade dos fenóis, mas também sua concentração na planta, levando os pesquisadores a questionar o mecanismo de resistência dos compostos fenólicos; se eles realmente são fungistáticos, porque então a adição de certos produtos nitrogenados tem função de contraveneno? Com isto, o papel dos fenóis ficou relativamente obscuro, e do N evidente, no desenvolvimento e virulência de *Helminthosporium* em milho.

Através do estudo da suscetibilidade da planta, pode-se chegar ao fenômeno inverso, que é a resistência.

2.1. A resistência da planta pelo ângulo da teoria da trofobiose

Os pesquisadores ressaltam que o efeito tóxico dos compostos fenólicos sobre os fungos não é muito elevado, bem como outros grupos importantes de toxinas também não

são altamente tóxicos, levando a crer que a resistência da planta deve estar relacionada a um ótimo de proteossíntese. Os mesmos observaram, em experimentos com *Phytophthora infestans*, um incremento de proteínas nos tecidos resistentes, e concluíram que a resistência não estaria ligada a existência de compostos fenólicos, mas sim a uma carência de elementos nutricionais solúveis que seriam utilizados como alimentos pelos patógenos. Ainda, a carência estaria relacionada com um estímulo à proteossíntese, a qual é acompanhada da produção de fenóis, e que a planta ou órgão desta, será atacada somente na medida em que seu estado bioquímico, determinado pela natureza e pelo teor das substâncias solúveis nutricionais, corresponda às exigências tróficas do parasita em questão. Se o parasita prolifera ou metaboliza intensivamente em um hospedeiro, este deve fornecer todos os elementos nutritivos requeridos pelo parasita, logo, pela mesma razão um hospedeiro suscetível apresenta um sistema inibidor ineficaz.

Para Chaboussou, é graças também a um estado predominante de proteólise nos tecidos das plantas, que pode ser consequência de diversos fatores (como agrotóxicos), que o parasita encontra elementos solúveis convenientes, possibilitando seu crescimento e desenvolvimento.

Os sais minerais, glicídios, aminoácidos, lipídios, esteróis e vitaminas são as substâncias mais requeridas pelos parasitas.

Dentre as substâncias citadas, as mais estudadas foram os glicídios (alimentos energéticos) e os aminoácidos (alimentos plásticos), principalmente em relação às repercussões sobre o potencial biótico dos insetos estudados (pulgões, ácaros e outros insetos).

Em trabalhos com pulgões (*Myzus persicae*), foi encontrado que na ausência de aminoácidos a longevidade não se alterou, porém, a fecundidade foi muito baixa.

A natureza dos aminoácidos também intervém na escolha das plantas a serem parasitadas, como no caso de tripes em videira, cujas plantas atacadas apresentavam ausência total de lisina, histidina e tirosina. Também em variedades de cebola resistentes a tripes, evidenciou-se que as mesmas continham glicina, histidina e cistina, o que, segundo Chaboussou pode evidenciar o papel dissuasivo da histidina.

Com relação aos glicídios, foi encontrado em feijão que a fecundidade do ácaro *Tetranychus urticae* diferiu com as variedades, mas estava relacionado com o teor de açúcares redutores nas folhas.

No que diz respeito às necessidades nutricionais dos parasitas animais, uma das respostas que se busca é se a escolha do animal é função dos fatores atrativos ou repulsivos das plantas, ou se a planta é selecionada pela disponibilidade de nutrientes que oferece ao fitófago. Da observação de diversos trabalhos, foi concluído que os insetos são governados por dois estímulos:

a) Estímulos sinais, cuja natureza pode ser olfativa ou gustativa, mas que teria como objetivo acusar a presença de produtos sem valor alimentício para os insetos, como glicosídeos, alcalóides, saponinas e taninos.

b) Estímulos gustativos, que indicariam a presença de fatores nutricionais, como glicídios, protéidos e vitaminas.

Relativo às necessidades nutricionais dos insetos e ácaros, pode-se destacar que:

a) A suscetibilidade da planta é função de fatores nutricionais em seus tecidos, especialmente relacionados com substâncias solúveis presentes no vacúolo das células, principalmente aminoácidos e glicídios redutores.

b) É necessário um certo equilíbrio entre as substâncias nitrogenadas e os glicídios, a fim de assegurar, a cada espécie animal, uma dieta ótima para seu crescimento e reprodução.

c) Há influência de diversos fatores ambientais ou da natureza da planta que confirmam os efeitos da nutrição sobre a suscetibilidade, como a época do ano, o cultivar e a idade das folhas entre outros.

Com relação às necessidades nutricionais dos fungos patogênicos, pesquisas indicam que os glicídios são elementos nutricionais de primeira necessidade para a maior parte destes fungos, enquanto que para outros, as substâncias nitrogenadas são mais importantes.

A proteossíntese pode ser afetada por diversos fatores, destacando-se a espécie, variedade, clima (energia solar, temperatura, umidade, etc.), solo (composição química,

estrutura e aeração), fertilização (orgânica, mineral e micronutrientes), prática da enxertia e tratamentos com agrotóxicos.

3. NUTRIENTES

Para que as plantas fiquem livres de danos econômicos causados por pragas e patógenos, há a necessidade não apenas da disponibilidade e quantidade de todos os macro e micro nutrientes essenciais, mas que os mesmos estejam em proporções satisfatórias, isto é, que haja equilíbrio dos nutrientes entre si e ainda, tanto aqueles que se encontram com baixa disponibilidade, tanto os que estão em excesso, são limitantes para as culturas. O excesso de um nutriente pode levar a deficiência de outros, com reflexo imediato no metabolismo vegetal e na sua resistência à espécies daninhas.

Há evidências experimentais que o excesso de N provoca deficiência de K, Mo, Fe, Cu, Mn e Ca, o excesso de P causa deficiência de Ca, Fe e Zn, o excesso de K causa deficiência de Mg, Ca, e Na e o excesso de cálcio pode causar deficiência de K, Mg, Fe, Cu, Zn, B e Mn.

Os micronutrientes são essenciais para o funcionamento das enzimas, podendo ser divididos em dois grupos, os que fazem parte das enzimas (ferro, cobre, zinco e molibdênio) e os que são apenas ativadores de enzimas (manganês, cloro e boro).

A indisponibilidade de Mo, Fe, Cu e Mn causada pelos adubos nitrogenados solúveis prejudica a proteossíntese, acumulando nitrogênio na forma de nitrato, dado que esses nutrientes ativam as flavoproteínas as quais reduzem o NO_3 e o NH_3 .

Chaboussou (1987) comenta que o K desempenha papel fundamental no metabolismo glicídico e fosfatado das plantas e que o mesmo encontra-se ligado à resistência dos vegetais às pragas e patógenos, atuando na translocação dos aminoácidos da fonte para o dreno.

O potássio e o fósforo, o qual é constituinte dos ATPs, são necessários para que os aminoácidos sejam reunidos em cadeias polipeptídicas (proteínas). Estes elementos podem tornar-se indisponíveis às plantas devido a alterações das propriedades físicas e químicas do solo, induzidas por fertilizantes minerais solúveis, levando a redução da proteossíntese.

3.1. NITROGÊNIO (N)

Existem evidências experimentais que o N em desequilíbrio provoca várias doenças além de influenciar no aumento de pragas em diversas culturas.

Quando há nitrogênio disponível em excesso às plantas de arroz, ocorre acúmulo de substâncias nitrogenadas nas células, aumentando a suscetibilidade à *Pyricularia grisea*.

Após a aplicação de sulfato de amônia em cana-de-açúcar verifica-se aumento no teor de nitrogênio nas folhas bem como na fecundidade da cigarrinha (*Saccharosyne saccharivora*).

O N amoniacal (sulfato de amônia, nitrato de amônia) acarreta um nível mais baixo de proteossíntese (aumenta o conteúdo dos aminoácidos nas folhas) em relação ao N nítrico, tornando as plantas mais sensíveis aos patógenos e insetos praga.

Quando adubada com N amoniacal, os tecidos da folha da fava e seus exsudados, apresentaram-se com teores de aminoácidos três a quatro vezes mais alto, bem como teores de açúcar mais elevados tornando as plantas mais sensíveis a *Botrytis* em relação àquelas adubadas com N nítrico, devido ao N amoniacal reduzir a proteossíntese.

A murcha de “Stewart” no milho é agravada com N amoniacal (nitrato de amônia) e não o é por nitrato.

A adubação com NH_4^+ na região do hipocótilo aumenta os níveis de glutamina e asparagina no feijoeiro, tornando-as mais suscetíveis ao *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*, não sendo verificado o mesmo nas plantas adubadas com NO_3^- (Zambolim & Ventura, 1996).

A seca provoca certos fenômenos nas plantas de trigo, principalmente acréscimo do teor de N não protéico, queda do teor de auxinas, redução da síntese protéica, aumento de asparagina e prolina, o que favorece a infecção de *Puccinia triticina*.

São conhecidos os inconvenientes deste N mineral em relação às bactérias úteis à fertilização do solo, a propósito da adubação de pastagens. Inconvenientes ainda mais acentuados, tratando-se dos adubos nitrogenados amoniacais.

Pode-se ainda questionar se o excesso de N mineral ou orgânico no solo, provocado por estas técnicas, não atuaria no bloqueio do K. Sabe-se que o excesso ou deficiência de K são nefastos, podendo conduzir a um acúmulo de N solúvel na planta.

Inversamente, toda a prática que favoreça a proteossíntese, melhora, simultaneamente, a resistência da planta e a qualidade da colheita, como no caso de correções de carências.

3.2. FÓSFORO

As adubações fosfatadas podem aumentar a síntese de proteínas e a atividade celular dos tecidos vegetais, incrementar vitamina C, óleos vegetais, polifenóis, peroxidase e amônia, conferindo maior resistência da planta hospedeira aos nematóides (Zambolim & Ventura, 1996).

O fósforo correlaciona-se negativamente com a exsudação de aminoácidos nas raízes do trigo, diminuindo a atividade do mal-do-pé (Graham & Menge, 1982).

No pessegueiro, a carência de manganês pode ser resultante de um excesso de fósforo em relação ao equilíbrio cálcio/magnésio. As correções calcárias quando em excesso, podem tornar o manganês não assimilável. Por outro lado, os micronutrientes aumentam a concentração de fósforo nos tecidos das plantas, resultando na presença de cálcio nas células, podendo este fenômeno estar na origem da estimulação da resistência.

3.3. POTÁSSIO (K)

O suprimento das plantas com K, geralmente, porém nem sempre são benéficos. As não leguminosas mostraram decréscimo nos teores de aminoácidos solúveis, ou seja, correlação positiva entre K e proteossíntese, ocorrendo o inverso com leguminosas (trevo vermelho), sendo que, neste caso, o K afetou a fixação simbiótica do N.

O K estimula a absorção de Ca e de Mg no milho, até um determinado nível em solução nutritiva, inibindo-os em determinados níveis.

O estado nutricional de K da videira (cepa *Semillon*) pode ser determinado através da concentração de aminoácidos e K das folhas: 0,65 % de K corresponde a 50 ppm de aminoácidos e 0,28 % de K corresponde a 950 ppm, caracterizando correlação positiva entre K e proteossíntese. Outros fatores (genética, clima e agrotóxicos) modificariam a necessidade de K no mesmo período da videira.

Em outra observação, o K reduziu a suscetibilidade do milho a helmintosporiose.

3.4. CÁLCIO (Ca)

O cálcio está envolvido em pelo menos trinta doenças, entre elas as necroses (coração negro ou marrom), necrose hipocotiledonar do feijão, rachaduras de cenoura, e tomate.

O Ca atua também como regulador de eventuais efeitos tóxicos causados por excesso de Mg, Cu, Fe, Mn e Zn.

O Ca estimula a absorção de K e de Mg no milho, até um determinado nível em solução nutritiva, inibindo-os em determinados níveis.

Essas interações complexas podem explicar certos resultados aparentemente contraditórios referentes as relações entre o Mg e as doenças de deficiência de cálcio, como o “Blossom End Rot” do tomate e o coração negro do aipo, que são favorecidos por valores baixos da relação Ca / total de sais solúveis, indicando que a relação catiônica parece ser pouco favorável a proteossíntese, partindo-se da premissa que a suscetibilidade da planta está ligada a um teor elevado de N nos tecidos.

Outros fatores como o solo seco (aumenta a necrose do tomate), umidade excessiva e altas temperaturas sobrepõem-se à carência de Ca, agindo indiretamente no metabolismo desse nutriente na planta, provocando uma inibição da proteossíntese.

A deficiência de água provoca hidrólise das proteínas nas folhas, enriquecendo-as em nitrogênio solúvel, acarretando a multiplicação de pulgões (*Aphis fabae*, *Myzus persicae* e *Brevicorynae*) e cochonilhas.

A cianamida cálcica (adubo nitrogenado com Ca) reduziu a helmintosporiose do milho e inibiu fortemente a *Cercospora herpotrichoides* em cereais, sendo que a doença

manifestou-se nas parcelas tratadas com nitrato de amônia. Em alguns casos, o Ca aumentou a suscetibilidade do milho a helmintosporiose.

O cálcio modifica o pH do solo. Quando o pH está entre 3,8 a 4,3 há predominância do N nítrico (NO₃) em relação ao N amoniacal (NH₄), favorecendo a proteossíntese nas plantas.

O *Verticillium* do tomate não é diretamente influenciado pelo pH e sim, correlacionado positivamente com deficiência de Ca.

3.5. RELAÇÃO N / K

O N favorece doenças bacterianas das folhas como a queima bacteriana do fumo, sendo que os danos são limitados ou suprimidos com aporte conveniente de K.

Observou-se correlação positiva entre o grau de ataque da sarna e a relação N %/ K₂O % nas folhas de macieira.

Foi observado em arroz, que tanto a carência de K e N, como o excesso de N incrementaram a taxa de germinação de conídios de *Helminthosporium*, o que estaria relacionado com a quantidade de ácidos livres contidos nos tecidos.

3.6. RELAÇÃO K / Ca

O ótimo de proteossíntese é obtido por um determinado nível de equilíbrio entre K / Ca, o qual provavelmente é diferente entre as famílias de plantas.

A relação K / Ca explica os resultados aparentemente contraditórios em que o milho torna-se mais tolerante a helmintosporiose com suprimento de K, enquanto o cálcio em alguns casos aumenta e em outros diminuí a tolerância à doença.

Os dias curtos aumentam o teor dos compostos solúveis nos tecidos de *Mentha piperita*, sendo que a alta relação de K / Ca anula esses efeitos, ao concentrar N protéico em detrimento de N solúvel, condição favorável ao estímulo da resistência da planta às doenças.

3.7. RELAÇÃO K / Ca + Mg

O Mg é constituinte da molécula de clorofila, o qual tem importância na síntese de ATPs e, conseqüentemente, na síntese e na decomposição de moléculas, indicando a importância do Mg e do P na fisiologia das plantas, estando o metabolismo do P também relacionado com o Ca. Ainda, o Mg estimula a absorção de Ca e de K no milho, até um determinado nível em solução nutritiva, inibindo-os em determinados níveis.

A relação K / Ca influi na proporção de Mg utilizada pelo vegetal, o que é explicado pela influência do Ca sobre a absorção do Mg, admitindo-se que $K + Ca + Mg$ é uma constante.

Nas diversas enzimas envolvidas no metabolismo dos açúcares, o Mg pode ser substituído por Mn, apesar da atividade final não ser a mesma.

As folhas doentes de macieira, no início da clorose, possuem teor de Mg entre 0,14 e 0,20 % do peso seco, enquanto os teores nas folhas sadias são de 0,30 a 0,45 %.

Evidências indicam que o aumento da relação K / Ca + Mg diminui a população de cochonilhas (*Lepidodosaphes beckii*) em citros, provavelmente devida também à relativa diminuição das substâncias solúveis na seiva, em particular os aminoácidos. A menor população de insetos estabiliza quando a relação é 2,5 a 3,4: 1. O excesso de Ca no solo favorece esse inseto.

3.8. RELAÇÃO Ca / P

O Ca estimula a absorção de fosfatos no milho, não ocorrendo o mesmo com K e Mg, relacionando-se com a proteossíntese, em que o íon de cálcio forma complexos com as proteínas, ou as proteínas apresentam afinidade com o cálcio.

Suprimentos sucessivos de cal hidratada e gesso agrícola aumentaram a resistência do tomate a *Botrytis*, a qual parece estar inversamente relacionada à relação Ca / P.

3.9. COBRE (Cu)

A carência em cobre na cultura do cacau parece causar uma doença que é provocada pelo Swollen Shoot Vírus. No início dos estudos, trabalhava-se com a hipótese de que o vírus competia com a planta por alguns de seus produtos metabólicos, e que essa competição causava uma deficiência em cobre. Tal hipótese não pôde ser confirmada nos experimentos, e um agravamento da moléstia foi verificado na ausência de luz, ou seja, por falta de energia recebida pela planta (havia deficiência na proteossíntese). Isto confirmaria o fato de que a doença realmente estava sendo causada por uma carência em cobre, visto que, esse elemento é fundamental para a proteossíntese.

3.10. MOLIBDÊNIO (Mo)

Estudos de diversos micronutrientes e de superfosfato, em relação a requeima da batata, mostraram que apenas o molibdênio provocou um decréscimo na sensibilidade da cultura à doença, sendo que os micronutrientes só favorecem a saúde da planta se utilizados juntamente com algum adubo dito “de base”, estimulando dessa forma a atividade de enzimas e conseqüente elaboração de proteínas e substâncias de reservas a partir dos macronutrientes.

3.11. BORO (B)

Certas moléstias como o “chumbo da videira”, *Phoma betae*, e a “vírula do damasqueiro”, estão relacionadas com a carência em boro nas plantas. No primeiro caso, a cura pode ser obtida pela transferência das mudas para um local com nutrição mais favorável, ou então, pela aplicação de boro nas folhas ou no solo. Em se tratando da “vírula do damasqueiro”, não é recomendável a aplicação de boro no solo, pois devido aos mecanismos de bloqueio, a planta pode não absorver este elemento. No entanto, ressalta-se que as pulverizações foliares promovem resultados mais rápidos no que diz respeito à correção de uma carência.

O boro também pode repelir o ataque de pulgões vetores do vírus BYV da beterraba, enquanto os sais de zinco, lítio ou níquel podem favorecer o seu estabelecimento.

A carência de boro aumenta a sensibilidade do dendezeiro às moléstias Bud Rot (broto vermelho) e Little Leaf (folha pequena) e também predispõe a cultura a um ataque mais severo do ácaro *Tetranychus piercei*.

A carência em boro, nos casos acima citados, produz uma inibição da proteossíntese, provocando um maior acúmulo de substâncias solúveis nos tecidos.

3.12. ENXOFRE (S)

A correção de enxofre (feita em diferentes épocas), em solos semeados com colza, além de favorecer o crescimento da cultura, protegeu-a de um ataque severo de *Phorbia platura*. As manifestações desse ataque foram muito mais severas nas parcelas que não haviam recebido sulfato de amônia.

3.13. COBRE (Cu) e ZINCO (Zn)

A partir de 1965, em uma região da Itália, observou-se um enfraquecimento das macieiras. Nenhuma infecção fúngica ou bacteriana havia sido registrada, mas os sintomas dos vírus Stem Pitting Vírus Disease e de Blister Bark foram observados sobre o tronco e os galhos principais. O restabelecimento das macieiras, foi obtido através das pulverizações com produtos a base de cobre e produtos com zinco, indicando que a carência desses elementos é que provocou o aparecimento das viroses. A resistência poderia estar sendo induzida apenas pela ação benéfica do cobre e zinco no metabolismo da planta.

O cobre e o zinco podem ainda inibir a transmissão do vírus BYV da beterraba.

3.14. COBRE (Cu) e MANGANÊS (Mn)

A explicação da ineficiência de certos fungicidas para o controle de brusone no arroz, talvez esteja no fato de que esses produtos não modificaram a fisiologia do arroz num sentido favorável a proteossíntese.

Em relação ao controle de brusone em arroz, pesquisadores constataram que níveis de 18 ppm de manganês e 2 ppm de cobre, mantiveram o equilíbrio nutricional das plantas e que neste estado, nem mesmo as variedades suscetíveis apresentaram a manifestação da doença, embora os fatores clima e presença de esporos fossem favoráveis. Tudo indica que esses elementos favoreceram a proteossíntese, tornando a planta resistente ao ataque do patógeno. O desequilíbrio mineral, que torna a planta suscetível ao ataque, parece ser o fator decisivo.

3.15. RELAÇÃO BORO / CÁLCIO (B / Ca)

O boro é capaz de manter o cálcio na forma solúvel e quando fornecido via radicular ou foliar aumenta a mobilidade do Ca nas macieiras.

3.16. MATÉRIA ORGÂNICA

Os adubos orgânicos fornecem todos os macro e micro nutrientes que as plantas necessitam, em doses proporcionais, sem excessos ou deficiências.

A matéria orgânica modifica a mobilidade do Ca, Mg, N, Mn, B e hidrogênio, com efeito contrário no zinco, refletindo na disponibilidade às plantas. Além de fornecer N, S, P, Mg e K, melhora a capacidade de retenção de água, a microflora e estabiliza a estrutura dos solos. Além dos nutrientes, a adubação orgânica libera ácidos húmicos, os quais estimulam a capacidade de absorção do fósforo. Esses fatores estariam ligados a melhoria do estado de proteossíntese das plantas e conseqüentemente na melhoria da tolerância às pragas e doenças.

O mosaico virótico da alcachofra foi reduzido consideravelmente com o emprego de esterco, como suplemento de adubações minerais.

4. AGROTÓXICOS

Além da correção de carências por fertilizantes e corretivos, os fungicidas clássicos, através de seus componentes, também podem atuar no metabolismo das plantas tornando-as menos atrativas a pragas e doenças.

A penetração de agrotóxicos pelas folhas constitui a via mais freqüente. Sabe-se que a cutícula e as paredes cuticulares das folhas contém numerosos lipídios que facilitam a absorção dos compostos lipossolúveis. Este fato acentua a importância da solubilidade das moléculas sobre as repercussões indiretas. A afinidade do agrotóxico, pelos corpos graxos e água, é que vai condicionar sua penetração no organismo vegetal ou animal. Primeiramente, os agrotóxicos necessitam atravessar uma barreira lipídica (cutícula cerosa dos vegetais, tegumento dos insetos e dos animais superiores), devendo possuir um certo grau de solubilidade em lipídios. Em seguida, passa por uma fase aquosa, que o veiculará até seu local de ação. A fase aquosa constitui o meio vivo ao nível da célula e dos transportadores celulares (seiva, linfa, sangue). Uma certa hidrossolubilidade é, portanto, necessária. E é, conseqüentemente, isto que se denomina coeficiente de separação entre óleo e água que condicionará seu transporte do meio exterior até seu local de ação. No entanto, deve-se considerar que nem sempre o agrotóxico age somente no alvo visado. O fato da cutícula e as paredes cuticulares das folhas conterem numerosos lipídios que facilitam a absorção de composto lipossolúvel explicam, por exemplo, que um sal metálico como o óxido de cobre hidratado, resultante da aplicação da calda bordalesa, possa penetrar na folha.

A espessura da cutícula bem como o número e a repartição dos estômatos também podem influir na penetração das caldas. Assim, podem ser parcialmente explicadas as diferenças de sensibilidade em relação a um mesmo agrotóxico, segundo a espécie e variedade de plantas. Portanto, talvez seja a pressão osmótica das células que regula, antes de tudo, a penetração das caldas. Quando o suco celular é isotônico ou hipertônico em

comparação à calda, não há risco de queimadura, pois não há possibilidade de penetração. Porém, quando é hipotônico, as alterações são mais frequentes, pela plasmólise das células. Certas variedades de macieira e de pereira, que apresentaram potencial osmótico alto (30 a 38 atm), foram praticamente insensíveis às queimaduras por produtos cúpricos, enquanto que outras variedades com baixa pressão osmótica (5,3 a 13,7 atm) foram fortemente afetadas.

Estes fatores condicionam diferenças na penetração dos produtos, segundo o estado fisiológico da planta no momento do tratamento. Por sua vez o estado fisiológico depende dos fatores abióticos, da idade dos tecidos, e da nutrição da própria planta.

A luz e a temperatura favorecem a máxima abertura dos estômatos, aumentando-lhes a permeabilidade e facilitando a penetração dos produtos nas folhas mais velhas.

A nutrição das plantas também interfere no metabolismo, por influenciar a pressão osmótica das células. Por exemplo, a nutrição amoniacal pode traduzir-se simultaneamente por uma redução dos cátions minerais, como cálcio (Ca^{++}) e magnésio (Mg^{++}) e por uma maior absorção de ácido fosfórico. No entanto, é possível que a penetração dos inseticidas fosforados na planta, não poderia estar ligada a nutrição e, portanto, a fertilização.

Todos os agrotóxicos sejam minerais ou orgânicos, fungicidas, inseticidas ou acaricidas, penetram nos tecidos das plantas e, portanto, agem sobre seu metabolismo. Os agrotóxicos podem enriquecer a planta com metais contidos em sua fórmula, tais como cobre, zinco, ferro, enxofre e fósforo. Outros produtos também parecem intervir pela própria estrutura de sua molécula, como é o caso dos hormônios sintéticos e dos produtos clorados, como DDT (retirado do comércio).

De maneira geral, os agrotóxicos apresentam ação sobre a fotossíntese, respiração e transpiração. Pode-se assim afirmar que esses produtos são capazes de modificar, de uma maneira mais ou menos acentuada e mais prolongada, a relação entre as substâncias nitrogenadas e os glicídios, por sua ação sobre os processos antagonistas de proteossíntese e proteólise. O mesmo processo ocorre envolvendo as relações entre as diferentes formas de nitrogênio, ou seja, os critérios do nível de proteossíntese, correlacionados ao processo de resistência/tolerância.

Os efeitos indiretos e nutricionais destes processos parecem explicar as repercussões malélicas, e também benéficas dos agrotóxicos, até agora utilizados sob um ângulo totalmente diferente do estímulo da resistência da planta.

As plantas apresentam diferenças na sensibilidade ao DDT, segundo sua natureza botânica. Foi registrado um aumento da proteossíntese, do tamanho das folhas, da velocidade de crescimento e do rendimento em videira e batata, mas um afinamento e redução de colheita em pepino. Em trigo, o DDT alterou o metabolismo de tal forma que os aminoácidos e os açúcares solúveis acumularam-se nas folhas, e o efeito pareceu resultar da inibição da síntese das proteínas e dos hidratos de carbono.

A explicação das diferentes ações do 2,4-D e do DDT, seriam não apenas devido a dose utilizada, mas também em função dos diferentes fatores que agem sobre a fisiologia das plantas. Estes fatores seriam de natureza botânica ou devido à constituição genética das plantas, a época da intervenção, as condições ecológicas e, enfim, a nutrição, que por sua vez depende da natureza da fertilização.

Observaram-se diferenças nas repercussões, segundo a planta tratada e a dose utilizada. Sejam quais forem as repercussões dos agrotóxicos sobre o metabolismo das plantas e, portanto, sobre sua resistência, elas estão em estreita relação com sua nutrição.

O inseticida carbaryl promove aumento no teor de potássio, o parathion e o carbophenothion promovem aumento no teor de magnésio, o parathion promove aumento no teor de cálcio, parathion, diazinon, carbophenothion e DDT promovem um aumento do teor de fósforo.

Alguns estudos mostraram que as suspensões de Maneb na água absorvem oxigênio e que ocorre uma decomposição com solubilização do manganês. Esta solubilização favorece a penetração do produto na planta e sua ação em relação a resistência aos fungos patogênicos que pode ser benéfica ou nefasta, dependendo das doses aplicadas.

Os agrotóxicos incorporados ao solo para desinfestá-lo, ou incorporados indiretamente, após tratamento de controle de insetos e fungos ou tratamentos com herbicidas, são capazes de afetar a fisiologia da planta através de sua nutrição. Os herbicidas, devido a sua dupla ação, são os mais perigosos, pois promovem efeitos diretos no momento do tratamento (ainda que subletal em relação à planta) e efeitos indiretos, pela

inibição da nitrificação ou amonificação, em consequência da destruição dos microrganismos do solo.

Alguns casos de desequilíbrio biológico após o tratamento das folhas com agrotóxicos são citados na literatura, entre os quais temos que a proliferação de ácaros sobre videiras, após o tratamento da folhagem com agrotóxicos como DDT, carbaryl e alguns fosforados. O mesmo tem sido observado em citros. Foi encontrado, que tais proliferações não ocorreram apenas após a utilização de inseticidas, isto é, com produtos tóxicos aos inimigos naturais dos ácaros, mas também com fungicidas como captan, não tóxico aos parasitas ou predadores de ácaros.

Foi demonstrado experimentalmente, após a aplicação de um fosforado aumentos na fecundidade e redução do ciclo evolutivo dos pulgões (*Myzus persicae*), o que promoveu um incremento de gerações por temporada. Estas multiplicações anormais podem envolver também outras espécies como cochonilhas, lepidópteros e nematóides.

Em um experimento com a cultura da batata, foi observado que a calda bordalesa exercia uma ação repelente em relação a *Leptinostarsa* sp. Com relação ao Fentin-acetato e ao Maneb, o primeiro provocava forte diminuição no número de posturas e de larvas (produto usado como esterilizador de insetos causando quebras cromossômicas) e, o segundo, não exercia qualquer influência sobre a praga. Em um segundo experimento, a calda bordalesa foi substituída por Oxicloreto de cobre (os outros produtos foram mantidos) e a ação dos fungicidas cúpricos foi confirmada mais uma vez. O controle exercido pelo cobre se deve provavelmente ao efeito que este elemento provoca no estado bioquímico da planta, estimulando a proteossíntese e conferindo a resistência da planta ao ataque do inseto. Por outro lado, o Fentin-acetato embora promova o controle da praga, também favorece a multiplicação dos pulgões vetores da batata por eliminar seus inimigos naturais. A utilização de ditiocarbamatos no controle da requeima da batata, também favorece o desenvolvimento de moléstias viróticas.

Em folhas de videiras tratadas com calda bordalesa (complexo sulfato de cobre-cal), foi constatado que estas possuíam teores menos elevados de nitrogênio total e solúvel, mostrando o efeito desse produto sobre a proteossíntese e consequente resistência da cultura ao míldio.

Em contrapartida, os fungicidas clássicos a base de cobre, aumentam a intensidade da doença causada por *Pseudoperonospora*, em lúpulo. Tudo indica que ocorreu um acúmulo do micronutriente cobre e que este deve ter atuado de maneira nefasta sobre a fisiologia da planta tornando-a mais suscetível a moléstia.

A capacidade de um micronutriente em promover a resistência ou susceptibilidade da planta ao ataque de insetos praga e patógenos, está definitivamente relacionado com a frequência e o número de aplicações dos produtos, ou seja, com a quantidade de micronutrientes fornecidos à planta. Sendo assim, um excesso de nutrientes pode sensibilizar a planta e não torná-la resistente aos insetos e microorganismos patogênicos.

Em um experimento com morangueiro verificou-se que as folhas jovens tratadas com Zineb ou Nabam + sulfato de zinco, continham 3,5 vezes mais zinco que as testemunhas, enquanto que as velhas alcançavam 13 vezes mais. O acúmulo deste micronutriente provocou uma sensibilização dos tecidos em relação a *Botrytis*, *Phytophthora* e moléstias viróticas.

O DDT também pode favorecer a multiplicação de pulgões *Aphis fabae* sobre hastes florais de beterraba, devido ao estado de proteólise dominante criado pela ação do agrotóxico, enquanto o 2,4-D pode favorecer o aumento de pulgões em fava, aveia e cevada.

4.1. Determinismo da multiplicação de lepidópteros

As proliferações de ácaros, pulgões e aleurodídeos, desencadeadas por toda uma gama de agrotóxicos, ocorrem porque estes parasitas permanecem sobre a planta durante a maior parte de seu ciclo. O mesmo não acontece com os lepidópteros, cujas exigências de metamorfose levam-nos a mudar de meio e, portanto, a deixar a planta hospedeira. Entretanto, o tratamento do solo com um inseticida clorado, como o Dieldrin, aumentou as populações de *Ostrinia nubilalis* no milho.

Experiências com *Agrotis segetum* em plântulas de trigo, cujos grãos tinham sido tratados com Lindane, mostraram que a duração do estágio larval é levemente afetada e que ocorre um aumento no peso das crisálidas.

O DDT, Carbaryl e Methyl-parathion alteraram a relação Na / K da hemolinfa das lagartas de *Heliothis*. Esta relação é parâmetro para determinar a intensidade metabólica das larvas. Observou-se que os inseticidas reduzem a intensidade do metabolismo das lagartas sobreviventes, as quais mostravam-se muito resistentes a numerosos fatores ambientais adversos.

Levando-se em consideração as repercussões dos agrotóxicos sobre a fisiologia da planta e as conseqüências resultantes sobre o potencial biótico das pragas, por efeito nutricional, todo o controle químico deve ser retomado sobre novas bases, bem como o controle dito integrado.

4.2. Determinismo do desenvolvimento das moléstias criptogâmicas e bacterianas pelos agrotóxicos

a) Os ditiocarbamatos no desenvolvimento das moléstias das plantas:

Foi observado que Zineb e sobretudo Maneb favoreceram a infecção dos cachos de uva por *Botrytis cinerea*, a tal ponto que, em numerosas regiões, o mofo cinzento tornou-se o problema patológico mais importante na cultura. Também em tomateiro e morangueiro, estes produtos recrudesceram o ataque de *Botrytis*.

Alguns autores concluíram que é possível associar o aumento da concentração de zinco nas folhas com o crescimento aparente da suscetibilidade à infecção por *Botrytis*.

Os aumentos de zinco nas folhas são acompanhados de alterações no metabolismo normal da planta. É reforçada a hipótese de que as aplicações de fungicidas ditiocarbamatos podem aumentar a suscetibilidade de certas plantas a *Botrytis*. Em concordância com a teoria da trofobiose, este processo parece encontrar-se relacionado com a diminuição da proteossíntese.

b) Agrotóxicos e doenças bacterianas:

A aplicação de agrotóxicos pode acentuar o surgimento de doenças bacterianas. Foi observado que a aplicação de substâncias de crescimento estimularam o desenvolvimento destas doenças, possivelmente através da inibição da proteossíntese.

c) Agrotóxicos e doenças dos cereais:

Demonstrou-se experimentalmente que o DDT provocou aumento da sensibilidade do trigo à ferrugem, como consequência direta das repercussões deste produto organoclorado na fisiologia do cereal.

Obviamente, não é mais questão de tratar os cereais com DDT ou outros produtos clorados, já interditados, porém, observa-se que as incidências deste produto podem, perfeitamente, ser comparadas às provocadas por uma substância de crescimento como 2,4-D.

Foi observado que os herbicidas podem ter uma ação favorável ou desfavorável sobre o estado sanitário das culturas. Parece que os ataques graves de esporão do centeio, observados já há alguns anos, e as multiplicações da fusariose são, em parte, devidos à utilização de herbicidas que destruiriam apenas parcialmente as gramíneas.

Os produtos à base de hormônios, que têm uma influência sobre a fisiologia dos cereais, podem torná-los mais receptivos a certas doenças transmitidas no momento da floração.

No caso do cereal encontrar-se condicionado, de tal forma a ser fisiologicamente resistente (segundo a teoria da trofobiose, porque se encontrará num estado de proteossíntese dominante), ele estará ao mesmo tempo imunizado, independente do nível de patógeno no ambiente.

Alguns pesquisadores observaram o surgimento e a multiplicação inquietante de numerosas e graves moléstias fúngicas e bacterianas de origem telúrica, nos últimos anos. O fato foi observado por todos os laboratórios que estudam as traqueomicoses, traqueobacterioses, e agentes da podridão do colmo e das raízes. Esses fenômenos complexos necessitam do concurso de diversas disciplinas para o estudo etiológico e, na maioria dos casos, de uma experimentação bastante longa.

O emprego generalizado de herbicidas e ditiocarbamatos, que exercem um efeito inibidor da proteossíntese, não estariam englobados num processo de sensibilização dos cereais em relação às moléstias viróticas? Assim, explicar-se-iam os danos do nanismo amarelo da cevada, cujo desenvolvimento sofreu incremento nestes últimos anos, sem que se tenha, até agora, uma explicação realmente satisfatória para o fato.

4.3. Agrotóxicos e desencadeamento das moléstias viróticas

a) Agrotóxicos e desenvolvimento das viroses nas hortaliças:

Desde que os horticultores se familiarizaram com os principais parasitas de suas culturas, e a partir da disponibilidade de fungicidas eficazes, as moléstias viróticas tornaram-se de importância predominante. Estas moléstias são temidas, pois sua origem parece misteriosa e seu desenvolvimento insidioso.

A doença virótica ocuparia doravante a posição até então tomada pelo fungo parasita ou pela bactéria. Este desenvolvimento da moléstia virótica seria, de certa forma, o resultado da destruição de um concorrente eliminado pelo fungicida reputado eficaz.

Todavia, o mínimo que se pode dizer é que os fatores parecem pouco ajustados a esta concepção. Devemos observar que freqüentemente se encontram presentes na mesma planta, simultaneamente moléstias criptogâmicas e moléstias viróticas.

O vírus absolutamente não faria concorrência ao fungo patógeno, mas talvez, até favoreceria seu desenvolvimento.

O controle químico de *Phytophthora cactorum* do morangueiro, pelos doze produtos testados (calda bordaleza a base de sulfato de cobre, dichlofuanid, naban, daxon, difolatam, captan, demosan, mancozeb, vitavax, thiabendazole, udonkor e daconil), que pelos resultados obtidos não foi considerado eficiente.

Da mesma forma, envolvendo as moléstias dos cereais, se contesta totalmente a eficácia das pulverizações fúngicas qualificadas de específicas para controlar os parasitas do pé, a escaldadura da cevada ou as ferrugens.

Sabe-se que nem sempre é possível atribuir às infecções virais sintomas realmente característicos. São poucos os sintomas que efetivamente podem ser associados a viroses. Há diversas convergências de sintomas entre determinados fenômenos de carência e as infecções virais.

A ação nefasta do agrotóxico pode perfeitamente encontrar superposta a uma má nutrição da planta. Esta, por sua vez, pode resultar de uma fertilização desequilibrada. As doenças viróticas poderiam, portanto, ser desencadeadas por uma conjunção, provavelmente mais freqüente do que se poderia pensar a priori, de práticas culturais desfavoráveis à proteossíntese.

Assim, estaria explicada a noção de latência das moléstias nas plantas. Nas árvores frutíferas, a existência de vírus latente conduziria a conclusão errônea de plantas sem vírus.

Esta afirmação acentua a importância das condições ambientais, incluindo-se os tratamentos com agrotóxicos. Por um condicionamento desfavorável à proteossíntese, o metabolismo da planta seria capaz de favorecer o desenvolvimento do vírus e, até, de criá-lo.

Com os progressos da terapêutica antiinfeciosa, e a redução das moléstias bacterianas, vemos aumentar o número de doenças causadas por vírus, que tendem cada vez mais a ocupar o primeiro plano da patologia infecciosa.

A observação coloca em paralelo as constatações que envolvem o desenvolvimento das doenças viróticas nas hortaliças como conseqüentes ao emprego de certos agrotóxicos.

Assim passa-se a questionar em que nível a regressão das moléstias bacterianas pode estar relacionada com o aumento das moléstias viróticas, bem como, em que este aumento estaria ligado aos progressos da terapêutica. Dever-se-ia considerar, como para as plantas, a utilização de novos medicamentos e, especialmente, dos antibióticos? Estes são suscetíveis de agir, não apenas em relação ao agente patogênico, mas também, indiretamente, por intermédio do próprio paciente?

b) Latência e desencadeamento das doenças nas plantas:

Define-se uma “infecção latente” como uma infecção que não produz temporariamente nenhum sintoma visível, mas que é capaz de se exteriorizar em determinadas circunstâncias.

Todo problema consiste em saber quais podem ser os fatores suscetíveis de fazer mudar este estado. Os fitopatologistas ficam sempre embaraçados quando se trata de definir patogenia. Todavia, reconhecem que não existe limite bem definido entre saprófitas e parasitas.

Podemos concluir que a assepsia numa árvore, se ela pode existir, é um estado totalmente excepcional, exceto talvez, durante as primeiras semanas de sua vida.

Uma segunda conclusão do mesmo seria que o poder patogênico só pode se manifestar caso o agente encontre em seu hospedeiro condições convenientes de desenvolvimento.

De acordo com as concepções clássicas, só haveria imunidade ou resistência em um antagonismo, fosse este por concorrência ou por barreira física. Acredita-se ter demonstrado e traduzido à teoria de trofobiose, que nas relações entre hospedeiro e parasita antes de tudo influem os fatores nutricionais suscetíveis de satisfazerem este último. Daí a importância do condicionamento da planta pela natureza do solo e pela fertilização corretiva que se pode fazer.

A carência de boro em videira provoca a moléstia do chumbo. Este definhamento pode ser curado por transplante, ou seja, por uma alimentação em outro solo e também pelo aporte de boro na folhagem ou solo.

Os micronutrientes intervêm de maneira importante na fisiologia e, portanto, na resistência da planta. Assim, a nutrição mineral parece ser o fator decisivo determinante da resistência que as plantas oferecem à infecção, podendo-se inferir que é diminuída pelo excesso de nitrogênio. O oposto é observado com potássio e magnésio.

Foi observado, em experimentos para controle da helmintosporiose do arroz, utilizando-se fertilização com micronutrientes, que a sensibilidade diminuiu pela aplicação de iodo, zinco e magnésio. Além do mais, estes tratamentos parecem favorecer o desenvolvimento vegetativo. Alguns autores observaram que o efeito favorável dos

tratamentos com micronutrientes sobre o desenvolvimento vegetativo do arroz não é acrescentado a seus efeitos positivos sobre a resistência à moléstia.

Pelas observações efetuadas, pode-se concluir que a latência de qualquer patógeno resulta de uma insuficiência nos elementos nutritivos que lhe são oferecidos. Inversamente, a interrupção da “latência” pode provir de uma má nutrição da planta, seja devido a uma carência (tanto de macro como de micronutrientes), ou a uma inibição da proteossíntese por agrotóxico qualquer.

c) Latência das moléstias viróticas: influência do porta-enxerto:

Se o desenvolvimento de uma moléstia virótica pode ser resultante de má nutrição ou ingestão de um veneno, como o fluoreto de sódio, por que não poderia ocorrer o mesmo nas plantas, onde os tratamentos com agrotóxicos perturbam o metabolismo? Estes, principalmente em intervenções repetidas, inibem o processo da proteossíntese, estabelecendo, conseqüentemente, um estado eminentemente favorável ao desencadeamento das diversas moléstias.

Assim, se explica o vazio da noção de mudas sem vírus nas árvores frutíferas. Os vírus latentes propriamente ditos correspondem a uma concepção diferente. No caso da macieira, por exemplo, são os vírus que provocam nenhum sintoma sobre o conjunto das variedades comestíveis. Tal evidência foi, no início, fruto do acaso. Espécies como as macieiras ornamentais, com frutos pequenos, manifestaram anomalias inesperadas quando se colocou, sobre elas, enxerto de árvores normais.

Esta observação mostrou a importância do estado fisiológico das plantas, pelo menos sobre as manifestações dos sintomas das moléstias viróticas e, até, sobre o próprio determinismo do seu desencadeamento. Estas interferências recíprocas entre porta-enxerto e enxerto repercutem sobre a nutrição deste último e, portanto, sobre sua suscetibilidade em relação às diversas moléstias, inclusive as viróticas.

Assim, a moléstia “Sharka” se manifestou nos damasqueiros enxertados sobre um determinado porta-enxerto (brompton), e obtiveram resistência em relação à mesma moléstia, através da enxertia sobre porta-enxertos especiais. A resistência das plantas assim

enxertadas parece estar ligada a um nível elevado de proteossíntese provocado pela natureza da nutrição, o que poderia traduzir-se por um nível mais baixo de substâncias solúveis como aminoácidos e glicídios redutores.

Os porta-enxerto dos limoeiros, cujas combinações que davam melhores resultados, apresentavam pequenas quantidades de açucars solúveis nas folhas colhidas na primavera. O inverso ocorria com os porta-enxertos que apresentavam resultados medíocres. Respostas análogas foram registrados em videira, sendo encontrado nas folhas das cepas européias enxertadas um acúmulo de aminoácidos, como conseqüência da redução da proteossíntese, ou seja, resultando num fenômeno que, segundo a teoria da trofobiose, sensibiliza o enxerto às diversas moléstias.

d) Agrotóxicos e moléstias viróticas:

O desenvolvimento de moléstias viróticas em hortaliças, levaram a suspeitar que novos fungicidas sintéticos seriam a causa deste fenômeno, da mesma forma como foram responsabilizados pela sensibilização de diversas plantas em relação a *Oidium* e *Botrytis*. Contudo, paradoxalmente, se procurou controlar as moléstias viróticas com agrotóxicos. Os resultados obtidos foram os mais diversos, em sua maioria ineficientes.

A aplicação de 2,4 - D sobre o fumo, visando os vírus X e Y, mostram que o hormônio não impediu a contaminação, nem destruiu os vírus, mas manifestou uma ação inibidora muito forte em relação à sua multiplicação. Os experimentos *in vitro* mostraram que o 2,4-D era desprovido de qualquer ação própria inativante. Sobre a planta, esta ação era apenas temporária e com as doses utilizadas, o fumo sofria deformações características.

O que se verificou foram repercussões indiretas, induzidas pelo 2,4-D sobre a fisiologia do fumo, que foram capazes de modificar a resistência à moléstia virótica e aos fungos parasitas. Assim, foi a redução de glicídios nos tecidos de fava que explicou a eficácia do 2,4-D em relação a *Botrytis*. Já os produtos plantvax e benomyl favorecem o aumento da concentração de vírus nas folhas, na maioria das condições.

Estes diferentes resultados integram-se perfeitamente na concepção de trofobiose. A sensibilização da planta a seus diferentes parasitas está correlacionada com uma inibição da

proteossíntese, ou seja, do que se poderia chamar de um certo envenenamento da planta. Quanto ao estímulo da resistência, ao contrário ocorre paralelamente, com a proteossíntese e com a redução concomitante do nível das substâncias solúveis.

Os herbicidas utilizados em cereais, cuja seletividade observou-se não ser total, também inibem a proteossíntese nestas plantas. Por sua incidência, simultaneamente direta sobre a planta e indireta sobre a vida do solo, favorece o desenvolvimento das moléstias viróticas, como suspeitam, agora, observadores cada vez mais numerosos.

Estes efeitos nefastos dos herbicidas e outros agrotóxicos podem ser exacerbados quando os cereais estiverem em mau estado, seja devido a uma queda de temperatura ou a um desequilíbrio da fertilização.

Resta estudar em que medida se pode explicar a multiplicação ou mesmo a infecção de origem eventualmente endógena dos vírus, sob a influência de diversos fatores.

e) Determinismo do desenvolvimento e da multiplicação de vírus pelos agrotóxicos:

É possível que os hidrocarbonetos diminua a síntese protéica de uma célula ou de um grupo de células. Esta ação, reversível, não teria conseqüências duráveis para a maioria das sínteses, mas diminuiria, durante um certo tempo, a produção de proteínas de vigilância (como o interferon) e, também enfraqueceria o controle da diferenciação das células.

A pergunta é, se os agrotóxicos exercem uma ação inibidora na proteossíntese, sensibilizando a planta à moléstias criptogâmicas e bacterianas, não poderiam por um mecanismo análogo, acelerar a elaboração e a multiplicação dos vírus?

5. FERTILIZAÇÃO E VALOR NUTRICIONAL DAS PASTAGENS

a) Nutrição e potencial biótico dos rebanhos:

Demostrou-se que é um estado nutricional específico da planta ou órgão que, segundo a teoria da trofobiose, determina a suscetibilidade ou a resistência à moléstia ou

inseto. Devemos admitir o mesmo a respeito da saúde dos vertebrados, em vista da composição alimentar com que se nutrem.

Exemplos como os do gado Limousin, e do cavalo Bolonhês, que têm suas características fenotípicas influenciadas pela alimentação, acentuam a importância da alimentação dos rebanhos sobre sua constituição. Não há que se espantar que ela possa também repercutir sobre sua saúde.

b) Carência e estado sanitário do rebanho:

As carências alimentares podem provocar fenômenos de ordem patológica, uma vez que todas as carências repercutem sobre o conjunto do metabolismo do indivíduo, com toda a gama de seqüelas que isto traz ao funcionamento do organismo. Daí as dificuldades observadas para explicar os numerosos estados patológicos, baseando-se apenas na unidade moléstia.

c) Relação entre alimentação e moléstia:

Primeiro foi abordado o problema pela análise dos alimentos, a fim de determinar os limites de carência e toxicidade, para relacioná-los com a análise dos tecidos animais, mas na maioria das vezes fracassou. Observou que a análise individual não tem nenhum significado e se trabalha apenas sobre valores médios.

Admitindo-se que pudessem ser evidenciadas as carências, perceberíamos que nem todas são primárias, isto é, diretamente ligadas a insuficiência de um elemento na ração. Algumas são secundárias, isto é, induzidas pela presença de um outro fator alimentar que interfere na utilização metabólica do alimento ingerido.

A pobreza do solo em nutrientes disponíveis repercute sobre a composição dos vegetais que nele se desenvolvem e daí sobre o animal que deles se nutre. Determinados tipos de solo produzem forragens cujo teor em alguns nutrientes é freqüentemente inferior ao limite de carência definido pelo animal.

Como os dados obtidos pelo método de análises de alimentos não conduziram a um diagnóstico preciso, passou-se a testes tarapêuticos, isto é, substituiu-se o método analítico pelo sintético.

Se um limite de carência é determinado pelo método analítico, este pode ser questionado, uma vez que os elementos devem ser considerados por seu papel na fisiologia da planta, especialmente na elaboração de proteínas. Outrossim, nenhum elemento age sozinho sobre o metabolismo da planta, mas sim em um complexo fisiológico em que outros nutrientes intervêm.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ocorrência de pragas e doenças em uma cultura parece estar mesmo relacionada com o desequilíbrio nutricional da planta hospedeira. É importante ressaltar que nenhum nutriente por si só controla todas as doenças em todas as culturas, sendo que a natureza dos elementos, exerce influência sobre a resistência das plantas. O balanceamento dos nutrientes é importante, mas ainda não está clara a razão das proporções ideais entre os diversos macro e micro nutrientes que podem ser utilizados nas diversas culturas.

Considerando o que foi exposto, os micronutrientes (elementos que muitas vezes foram colocados em segundo plano), também são fundamentais para o vegetal, pois podem ter relação direta com a proteossíntese. Tanto o excesso como a falta de micronutrientes são responsáveis por alterações bioquímicas na planta, resultando em um acúmulo de substâncias solúveis não utilizáveis (açúcares e aminoácidos) sendo que este estado é ideal para a nutrição de pragas e patógenos (fungos, bactérias e vírus).

O estado nutricional pode interferir diretamente na incidência de insetos praga e patógenos ou não, uma vez que cada gênero, espécie ou mesmo raças e estirpes são exigentes em dietas diferentes. Assim, uma planta (cultivar, variedade ou híbrido) que está equilibradamente nutrida, poderá ser resistente a uma praga e altamente suscetível a outra em condições idênticas.

Os agrotóxicos, se utilizados de maneira inadequada, promovem o desequilíbrio nutricional e conseqüente aumento de substâncias nitrogenadas solúveis (redução da

proteossíntese), o que acarreta na proliferação de insetos e doenças. Por outro lado, se forem usados corretamente, podem trazer grandes benefícios para as plantas, pois estarão fornecendo elementos que serão essenciais para o metabolismo, favorecendo a proteossíntese e conferindo a resistência do vegetal às moléstias e pragas.

As correções das carências deveriam ser feitas durante o período crítico do ciclo da planta, pois é neste que as necessidades nutricionais das plantas são mais intensas e então, os tratamentos teriam efeitos mais prolongados. Esse processo também evitaria um possível desequilíbrio de nutrientes provocado pelo acúmulo de certos elementos na planta.

Outros fatores como idade da planta, fase de desenvolvimento, época do ano e condições climáticas podem afetar a resistência ou suscetibilidade. As condições do ambiente influenciam no metabolismo das plantas e conseqüentemente na resistência às pragas e doenças.

Os princípios gerais atuais utilizados para interpretar as relações patógenos/hospedeiros consideram que as respostas das plantas em favor de sua defesa estão correlacionadas com a formação de barreiras mecânicas (espessamento de paredes celulares, lignificação de tecidos, abscisão, etc.) e químicas (síntese de compostos tóxicos aos patógenos), cuja resposta é de natureza genética e dependente também do estado nutricional do hospedeiro, ao invés do estado de proteossíntese.

O termo trofobiose, da teoria, não é sinônimo de protocooperação.

Há necessidade de se preocupar com as causas das pragas e doenças e não somente com os efeitos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**, 4.ed. San Diego: Academic Press, 1997. p.43-62, 93-113.
- CHABOUSSOU, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: a teoria da trofobiose**. Tradução de GUAZELLI, M. J. Porto Alegre: L&PM, 1987. 256p.
- GRAHAN, J. H.; MENGE, J. A. Influence of vesicular – arbuscular mycorrhizal and soil phosphorous on take – all of wheat. **Phytopathology**, v.72, p.98-108, 1982.
- CARDOSO, C.O.N.; KIMATI, H. Doenças do arroz – *Oryza sativa* L. In: **GALLI, F. Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**, v.2. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1980. p.75-86.
- PASCHOAL, A. D. Pragas da agricultura nos trópicos, módulo 3.1. **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO AGRÍCOLA SUPERIOR – ABEAS**, 1996.
- PICANÇO, M.; CASALI, V.W.D.; OLIVEIRA, I. R. de.; LEITE, G.L.D. Homópteros associados ao jiloeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.4, p.451-456, 1997.
- REIMER, N.; COPE, M., YASUDA, G. Interference of *Pheidole megacephala* (Hymenoptera: Formicidae) with biological control of *Coccus viridis* (Homoptera: Coccidae) in coffee. **Environmental Entomology**, v.22, n.2, p.483-488, 1993.
- SCHEFFER, R. P. **The nature of disease in plants**. Cambridge: Cambridge Academic Press. p.15-20, 31-41.
- ZAMBOLIM, L., VENTURA, J.A. Resistência a doenças induzidas pela nutrição das plantas. **Informações Agronômicas (POTAFOS)**, v.75, encarte técnico, 1996.