

# TÉCNICAS DE PRODUÇÃO DE FRAMBOESA E MIRTILO



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Clima Temperado  
Embrapa Uva e Vinho  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

## **TÉCNICAS DE PRODUÇÃO DE FRAMBOESA E MIRTILO**

*Andrea De Rossi Rufato  
Luis Eduardo Corrêa Antunes*

Editores Técnicos

**Embrapa**  
*Brasília, DF*  
2016

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Clima Temperado**

BR 392 km 78  
CEP 96010-971 Pelotas, RS  
Fone: (53) 3275-8100  
www.embrapa.br  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

www.embrapa.br/clima-temperado  
www.embrapa.br/fale-conosco

**Unidades responsáveis pelo conteúdo e pela edição**

Embrapa Clima Temperado  
Embrapa Uva e Vinho

Comitê de Publicações da Embrapa Clima Temperado

Presidente:

*Ana Cristina Richter Krolow*

Vice-presidente:

*Enio Egon Sosinski Junior*

Secretaria-executiva:

*Bárbara Chevallier Cosenza*

Membros:

*Ana Luiza Barragana Viegas*

*Apes Falcão Perera*

*Daniel Marques Aquini*

*Eliana da Rosa Freire Quincozes*

*Marilaine Schaun Pelufê*

Revisão de texto: *Bárbara Chevallier Cosenza*

Normalização bibliográfica e catalogação na fonte: *Marilaine Schaun Pelufê*

Projeto gráfico e editoração eletrônica: *Fernando Jackson*

**1ª edição**

1ª impressão (2016): 30 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais para Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Clima Temperado

---

R922t Técnicas de produção de framboesa e mirtilo / editores técnicos, Andrea De Rossi Rufato, Luis Eduardo Corrêa Antunes, – Pelotas : Embrapa Clima Temperado, 2016. 90 p. : il. ; 21 cm x 29,7 cm

ISBN 978-85-7035-603-1

1. Fruta de clima temperado. 2. Framboesa. 3. Mirtilo.  
I. Rufato, Andrea De Rossi. II. Antunes, Luis Eduardo Corrêa.

---

CDD 634.7

© Embrapa 2016

## **Autores**

### **Aníbal Caminiti**

Engenheiro-agrônomo autônomo, Província del Neuquén, Patagonia, Argentina

### **Carlos Augusto Posser Silveira**

Engenheiro-agrônomo, Doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

### **Luis Eduardo Corrêa Antunes**

Engenheiro-agrônomo, Doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

### **Mariana da Luz Potes**

Química-ambiental, Mestre em Ciência do Solo, bolsista DTI CNPq na Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

### **Eduardo Pagot**

Engenheiro-agrônomo, extensionista da Emater, Vacaria, RS



## Apresentação

O SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS FRUTAS é um evento realizado em parceria entre a Embrapa, através de suas Unidades Uva e Vinho e Clima Temperado, EMATER-RS, Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Rio Grande do Sul e Prefeitura Municipal de Vacaria, com diversas instituições apoiadoras. Trata-se de um evento de grande importância para a divulgação e o desenvolvimento tecnológico e econômico das espécies conhecidas como “pequenas frutas” de clima temperado.

A produção de pequenas frutas vem crescendo em importância, volume e qualidade. O início da produção no Brasil não é bem conhecida, mas sabe-se que no início do século 20 os imigrantes europeus já cultivavam moranguinhos. Atualmente, além do morango, mirtilo e framboesa representam importante opção de cultivo aos agricultores.

Por serem espécies, em sua maioria, ainda pouco conhecidas, tanto nos aspectos tecnológicos de produção quanto para sua comercialização, é fundamental a discussão e o intercâmbio de informações de forma a contribuir para a viabilização do cultivo destas espécies no Brasil. Em 2002, foi realizado o 1º Seminário Regional sobre Pequenas Frutas, tendo evoluído em 2003, para o 1º Seminário Brasileiro.

Nesta sexta edição, realizada de 12 a 15 de julho de 2011, trás uma grande inovação em relação às cinco edições anteriores, pois apresenta como pré-evento curso dirigido a produtores e técnicos envolvidos na produção de pequenas frutas, no Brasil.

Neste sentido, o papel da Embrapa, através de suas Unidades Clima Temperado e Uva e Vinho consiste em aportar conhecimento nas diferentes áreas, de modo a dar condições para que o agricultor possa ter rentabilidade e sustentabilidade na sua área de produção.

Este livro tem por finalidade reunir informações geradas no dia a dia do trabalho de pesquisadores da Embrapa, de suas instituições parceiras, e de extensionistas da Emater Ascar-RS, tanto nos projetos de pesquisa quanto no contato com o produtor rural. Destina-se a atender à demanda por informações a respeito da produção de pequenas frutas, por parte de produtores, técnicos, estudantes e demais interessados em obter, com este cultivo, renda, sustentabilidade, saúde e prazer na sua atividade.

Este conjunto de informações, embora abrangente, não pretende esgotar o assunto, mas apenas permite acesso rápido, objetivo e técnico as principais dúvidas do setor.

Clenio Nailto Pillon  
Chefe-Geral da Embrapa Clima Temperado

Mauro Celso Zanus  
Chefe-Geral da Embrapa Uva e Vinho



## Sumário

<b>Introdução .....</b>	<b>9</b>
<b>Capítulo 1 - Produção de Framboesa .....</b>	<b>11</b>
<b>Experiência argentina .....</b>	<b>11</b>
<b>Experiência brasileira .....</b>	<b>24</b>
<b>Capítulo 2 - Produção de Mirtilo .....</b>	<b>35</b>
<b>Situação e manejo .....</b>	<b>35</b>
<b>Capítulo 3 - Cultivo de mirtilo (<i>Vaccinium</i> sp.) em solos ácidos .....</b>	<b>41</b>
<b>Origem da acidez do solo .....</b>	<b>42</b>
<b>Tipos de acidez do solo .....</b>	<b>43</b>
<b>A cultura do mirtilo e a acidez do solo .....</b>	<b>47</b>
<b>Compilação, contextualização e análise de dados obtidos em     condições edáficas sul-brasileiras .....</b>	<b>74</b>
<b>Referências .....</b>	<b>82</b>



## Introdução

A produção de pequenas frutas no Brasil tem aumentado na última década, especialmente a partir de produtores de base familiar. Espécies com alto valor agregado, a framboesa e mirtilo são frutas que estão ganhando a preferência dos agricultores e dos consumidores devido suas características nutracêuticas.

Para uma produção mais sustentável e economicamente viável os produtores cada vez mais precisam estar capacitados para utilização das mais modernas técnicas de manejo do pomar e conectados com o que acontece no mundo em termos de inovação na produção frutícola.

Este Livro reúne os textos apresentados nos Cursos sobre produção de mirtilo e framboesa, ministrados no VI Seminário Brasileiro sobre Pequenas Frutas, em Vacaria-RS. Os textos apresentam técnicas de manejo destas culturas nas condições de cultivo do Sul do Brasil e Argentina, além de informações sobre a situação da produção mundial e nacional.

O livro conta com contribuições dos ministrantes do curso, oriundos da pesquisa e extensão rural do Rio Grande do Sul e do técnico Argentino Anibal Caminiti, todos com larga experiência na produção de pequenas frutas.



# Capítulo 1 - Produção de Framboesa

Aníbal Caminiti  
Eduardo Pagot

## Experiência argentina

### Cenário mundial do cultivo

A framboesa vermelha (*Rubus idaeus* L.) é intensamente cultivada em países de Europa, Leste Europeu e América do Norte, e em menor grau na Austrália e Nova Zelândia. Na América do Sul, o Chile é o principal produtor, com uma destacada participação mundial, e o México outro importante produtor nos estados de México, Michoacán, Jalisco, Guanajuato, Puebla e Tlaxcala, destinando framboesa fresca para o mercado norte-americano.

O México é um exemplo interessante de produção de framboesas em climas temperados e subtropicais, com excelente resposta de algumas variedades refflorescentes, em diferentes regiões, permitindo a obtenção de colheitas escalonadas, impedindo os indesejados picos de produção em uma temporada só e possibilitando a oferta da fruta os 12 meses do ano e com uma rápida entrada em produção (4-6 meses), o que estimula os produtores a gerar emprego permanentemente, entre outras vantagens.

A produção mundial do ano 2010 foi de 371 mil toneladas, sendo os principais países produtores os Estados Unidos, Sérvia, Polônia e Chile, que concentram 72% da produção mundial e operam mais de 80% do mercado internacional, localizando-se esta demanda quase exclusivamente no Hemisfério Norte (Tabela 1). Outros países com tradição produtora e hábito de consumo são Reino Unido, França, Alemanha, Canadá, Itália e os países do Leste Europeu. Espanha e México são grandes produtores, principalmente de fruta fresca, para abastecer o mercado europeu e norte-americano, respectivamente. O principal negócio internacional das framboesas é o da fruta congelada, que mobiliza mais de 85% do volume comercializado anualmente, considerada uma *commodity* de alto valor.

**Tabela 1.** Preço internacional das framboesas congeladas na fábrica, para o período novembro 2010, março 2011, de acordo com os diferentes países produtores (em dólares).

País	Congelamento individual rápido (IQF)
EUA	3.900 – 3.700
Sérvia	3.550 – 3.500
Polônia	3.400 – 2.940
Chile	3.100 – 2.800

O preço máximo pela framboesa congelada IQF na Europa foi operado pela Sérvia, a 2,5 €/kg colocado na fábrica (ao produtor). Com a entrada da fruta chilena da temporada nestes mercados, os preços sofreram uma depressão ante uma oferta mais econômica, consequência das necessidades financeiras das empresas chilenas. A tendência atual é estável para o mercado dos congelados, que vem se incrementando ano após ano a razão de 5% a 10%.

A framboesa fresca proveniente da América do Sul é comercializada na contraestação, durante o outono-inverno norte-americano, registrando valores que oscilaram entre 19 e 34 US\$/caixa de 12 cumbucas x 6 oz (170 g). Em termos gerais, os preços deste fruto fresco em seus mercados tradicionais se mantêm em níveis muito bons, superando em média os do mirtilo, registrados nos mesmos terminais comerciais, preços que oscilaram entre 15 e 25 US\$/caixa de 12 cumbucas x 6 oz (170 g), para o mesmo período.

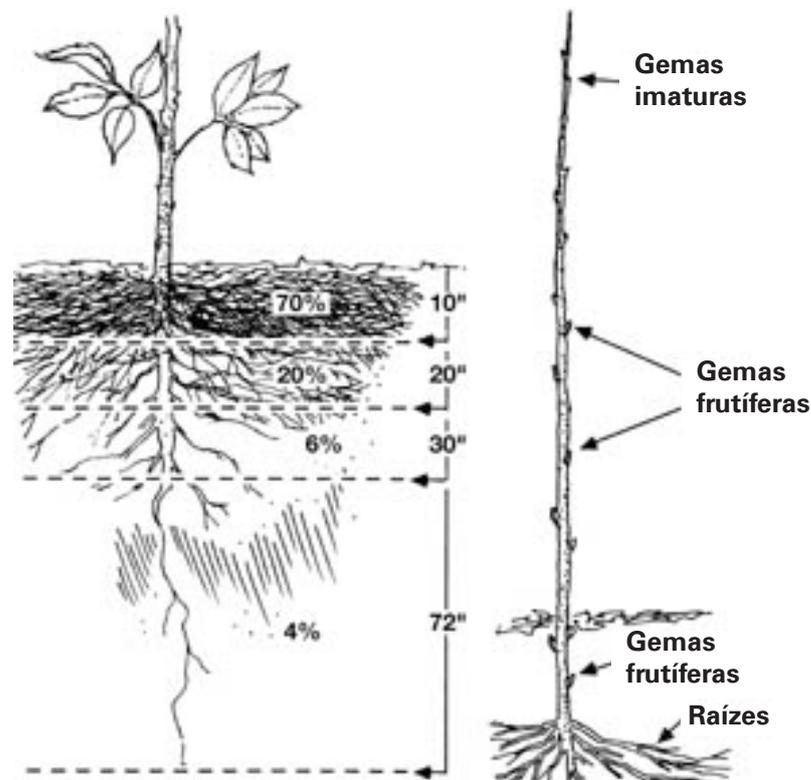
### Descrição da espécie – exigências

Considera-se dois centros de origem da framboeseira. Um deles é o leste da Ásia, de onde vem o subgênero *Idaeobatis*, com 195 espécies, dentre as quais estão as mais conhecidas pelos seus frutos comestíveis: framboesas europeias (*R. idaeus* L.) var. *vulgatus*, as framboesas americanas (*R. occidentalis* L.) e framboesa vermelha americana (*R. idaeus* L. var. *strigosus*), entre outras. O segundo centro considerado é a América do Norte, do qual é originária a framboesa vermelha (*R. idaeus* L.) var. *strigosus*, que não tem subespécies identificadas, devido a sua alta variabilidade.

A espécie *R. idaeus* é denominada framboesa europeia, de frutos geralmente vermelhos, mas que podem também ser claros ou amarelos. Esta espécie cresce espontaneamente no velho continente, e a lenda diz que é originária do monte Ida (Ilha de Creta), do qual Lineu adotou seu nome específico (*idaeus*), encontrando-se também em estado natural na Ásia menor (PAGLIETTA, 1984).

A framboeseira é um arbusto da grande família das rosáceas e pertence ao gênero *Rubus*. As espécies mais conhecidas deste gênero são: *Rubus idaeus* (framboesa vermelha), *R. neglactus* (framboesa púrpura) e *R. occidentalis* (framboesa preta ou “black cap”), sendo que as duas últimas só possuem um certo valor econômico no mercado norte-americano.

A espécie *Rubus idaeus* é a de maior valor comercial. É um arbusto em forma de moita, com ramos e hastes eretos no primeiro período vegetativo e curvados depois, devido ao peso da vegetação. Os ramos ou hastes da framboeseira são bianuais. Ao contrário da parte aérea, as raízes são perenes, dotadas de uma densa cabeleira radicular que se localiza preferentemente na parte mais superficial. Assim, aproximadamente entre 70% e 90% destas raízes se desenvolvem em forma horizontal, nos primeiros 25 cm a 50 cm, e somente 10% podem se aprofundar, se encontrarem um substrato suficientemente solto, entre 75 cm e 180 cm (Figura 1).



**Figura 1.** Distribuição das raízes e brotos da framboesa vermelha (GAO, 1999).

A cada ano e a partir das raízes, emerge um número variável de vigorosas hastes que, junto aos ramos nascidos da coroa produzirão os frutos na seguinte estação vegetativa (variedades uníferas ou não reflorescentes) ou no mesmo ano da sua formação, como também no seguinte (variedades bíferas ou reflorescentes). As hastes podem alcançar uma altura máxima de 2-3 m e até 4 m, porém em muitas variedades esta altura é menor, dependendo também do vigor, e de que as condições ambientais e nutricionais de desenvolvimento sejam mais ou menos favoráveis. Ao finalizar o segundo período vegetativo, após a frutificação, os ramos secam. Na maior parte dos casos, o córtex das hastes é provido de numerosos e pequenos espinhos que apresentam diferente rigidez segundo a variedade. Os espinhos da framboeseira não chegam a limitar o manejo do cultivo, ocasionando apenas alguns arranhões. Por outro lado, existem variedades glabras que são preferidas nas pequenas propriedades de caráter familiar.

A cor, a forma, o comprimento dos espinhos e a sua densidade podem constituir elementos úteis para a identificação das variedades, juntamente com a cor do córtex e a presença de purina.

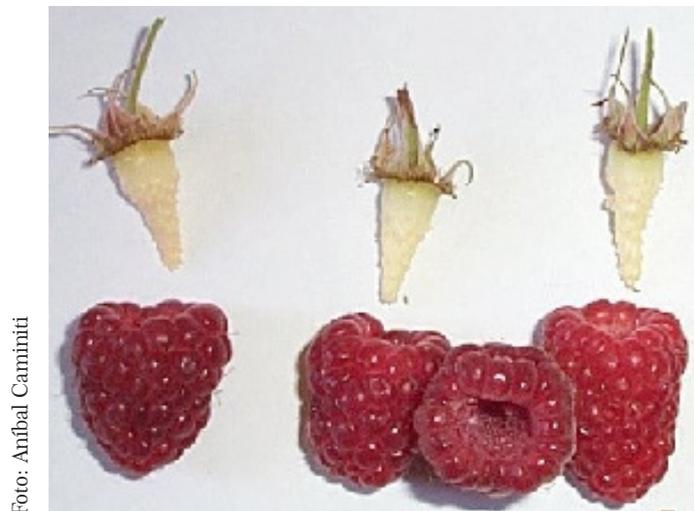
As folhas são compostas, com as bordas serradas e um longo pedúnculo, podendo apresentar de três a cinco folíolos (geralmente cinco). A cor das folhas é verde intenso na face adaxial e verde-acinzentado na abaxial; o limbo apresenta nervuras muito conspícuas, que tornam a sua superfície mais ou menos enrugada, sendo este outro caráter varietal distintivo.

Sobre os brotos frutíferos, contam-se 4-5 folhas, sendo as maiores basais: na sua axila se desenvolvem os racimos florais, porém só os do ápice do broto estão suficientemente desenvolvidos e produzem os melhores frutos.

As flores são brancas, com a corola formada por cinco pequenas pétalas caducas, providas de um grosso cálice com forma de estrela que permanece soldado ao receptáculo floral. O androceu é composto por cerca de 50 estames e o gineceu por 50 a 100 pistilos. A partir do ovário de cada pistilo fecundado se originará uma pequena drupa e todos estes drupéolos, reunidos no receptáculo e agregados entre si, darão uma polidrupa ou mora (fruto agregado), chamado comumente de framboesa (Figura 2).

A floração é escalonada, sua duração é de aproximadamente 4 semanas e varia dependendo das cultivares.

A maturação dos frutos, da mesma forma que a floração, ocorre de forma escalonada e tem uma duração de aproximadamente um mês. Uma vez que a fruta amadurece, desprende-se facilmente do receptáculo por meio de uma ligeira tração.



**Figura 2.** Fruto agregado e receptáculo de framboesa.

## Exigências

### Clima

A framboeseira é bastante resistente às baixas temperaturas invernais e também pode suportar fortes calores estivais. As condições favoráveis para esta planta são os invernos com baixas temperaturas constantes, porém não excessivas, e verão relativamente fresco, caracterizado por uma oscilação térmica entre o dia e a noite.

Necessita pelo menos de 700 mm a 900 mm anuais de chuva. As precipitações abundantes durante o inverno não prejudicarão a framboeseira, desde que não ocorram encharcamentos na superfície. Por outra parte, com chuvas próximas à época de maturação dos frutos, estes ficam demasiado frágeis e se deterioram rapidamente após colhidos e podem apodrecer (mofar).

A framboesa vermelha é uma espécie de clima temperado, que, em geral, precisa de 700 a 1.700 horas abaixo de 7 °C. No entanto, algumas variedades se desenvolvem sob condições de invernos favoráveis. Quedas bruscas de temperatura no começo do outono podem danificar as partes apicais dos rebrotos mais vigorosos, ainda não lignificados, embora os danos dos brotos possam ser eliminados na poda de inverno.

As geadas que acontecem durante o repouso da planta são as mais prejudiciais, as gemas são muito sensíveis ao frio e uma queda brusca da temperatura pode necrosá-las. As geadas da primavera podem danificar os brotos tenros.

Em locais com invernos mais frios, a planta pode se desenvolver melhor e sem riscos de grandes danos por geadas, já que brota tarde e as flores aparecem depois do alongamento lateral, o qual suporta baixas temperaturas.

Existe um limite de altitude de 1.000 m a 1.200 m, devido tanto ao excessivo frio invernal como à insuficiente quantidade de calor no verão. No entanto, não existe limite no sentido inverso e podem ser encontrados cultivos de framboeseira próximos do mar, em zonas protegidas de ventos salinos.

Em relação ao vento, é conveniente advertir que tanto as hastes como os ramos frutíferos podem ser danificados. Quando o vento é constante, pode provocar uma excessiva desidratação dos tecidos herbáceos, com a consequente murcha. Com ventos fortes, pode ocorrer a queda de frutos maduros ou a ruptura dos brotos frutíferos no ponto de inserção sobre o ramo.

A proteção contra o vento é um fator muito importante, pois, se a plantação não possui espaldeiras para manter as hastes firmes, pode haver ruptura de laterais e de plantas no nível de colo. O uso de espaldeiras é imprescindível para segurar as plantas, se utilizadas cultivares de hastes pouco eretas (semieretas).

### **Solo**

O fator solo representa um papel muito importante no cultivo da framboeseira. Em primeiro lugar, é necessário que não seja compacto, já que o sistema radicular da planta não tolera os estancamentos de água. O tipo de solo ideal deve ser rico em matéria orgânica, com elevada capacidade de retenção de umidade, profundo e solto. As raízes da framboeseira não exigem solo profundo, já que são preferentemente superficiais e ocupam uma camada de solo de 25 cm de espessura. No entanto, podem aparecer raízes de grande geotropismo positivo que chegam a 1,8 m de profundidade e são as que servem para a manutenção da planta em períodos críticos de seca.

Existem cultivares que podem se adaptar a terrenos argilosos, porém esse terreno deve ser evitado, porque ao longo dos anos pode ocorrer morte da planta por asfixia radicular, devido à compactação do solo produzida pelo trânsito de máquinas.

Os solos muito soltos também não são recomendados, pois elevadas porcentagens de areia requerem irrigação muito frequente.

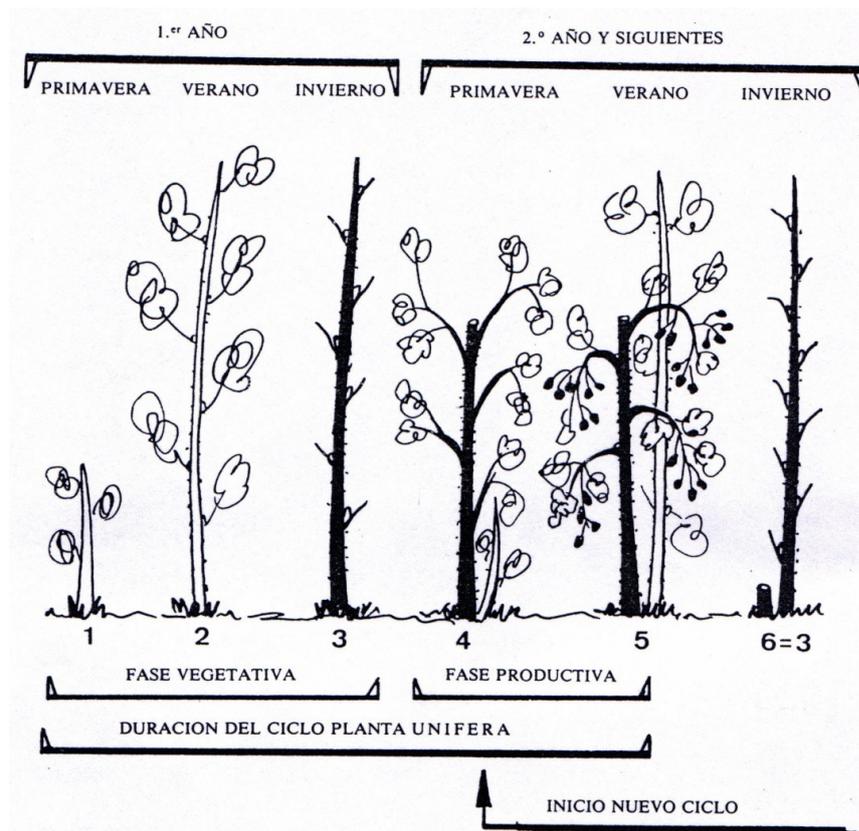
A framboesa requer solos profundos (0,60 m a 1,20 m), de textura franca ou franco-argilosa, porém é fundamental uma boa drenagem, para que a plantação possa permanecer produtiva por um período de 10 anos ou mais. O pH adequado varia de 5,5 a 7,0 e não tolera excessos de cloro ou sódio.

Os solos ricos em cálcio também são limitantes, pois podem apresentar deficiências de ferro, manganês ou de ambos e, conseqüentemente, os rendimentos diminuem consideravelmente.

### Tipos de framboesa: refflorescentes e não refflorescentes

Existem variedades com hábito de crescimento rasteiro, semiereto e ereto, sendo as variedades comerciais eretas e semieretas. A planta de framboesa não refflorescente, também denominada “produtora de verão” apresenta hábito bianual, cresce durante um ano e frutifica no seguinte. A cana frutífera morre depois de terminar sua produção e nesse momento a cana vegetativa já cresceu, para ter condições de produzir no próximo ano. Os frutos são produzidos em inflorescências, que quando apresentam alongamento e folhas são denominadas laterais; as flores são perfeitas (hermafroditas) e dependem da polinização por abelhas, para produzir frutos bem formados e de valor comercial. As inflorescências brotam de gemas axilares (Figura 3).

As framboesas refflorescentes, denominadas “produtoras de outono”, apresentam um comportamento diferente. No primeiro ano, os brotos vegetativos dão a primeira colheita na parte terminal da cana, desde o verão ao outono; por outro lado, as gemas axilares subapicais produzem uma segunda colheita na primavera do ano seguinte (Figura 4).



**Figura 3.** Ciclo vegetativo de planta não refflorescente (PAGLIETA, 1984).

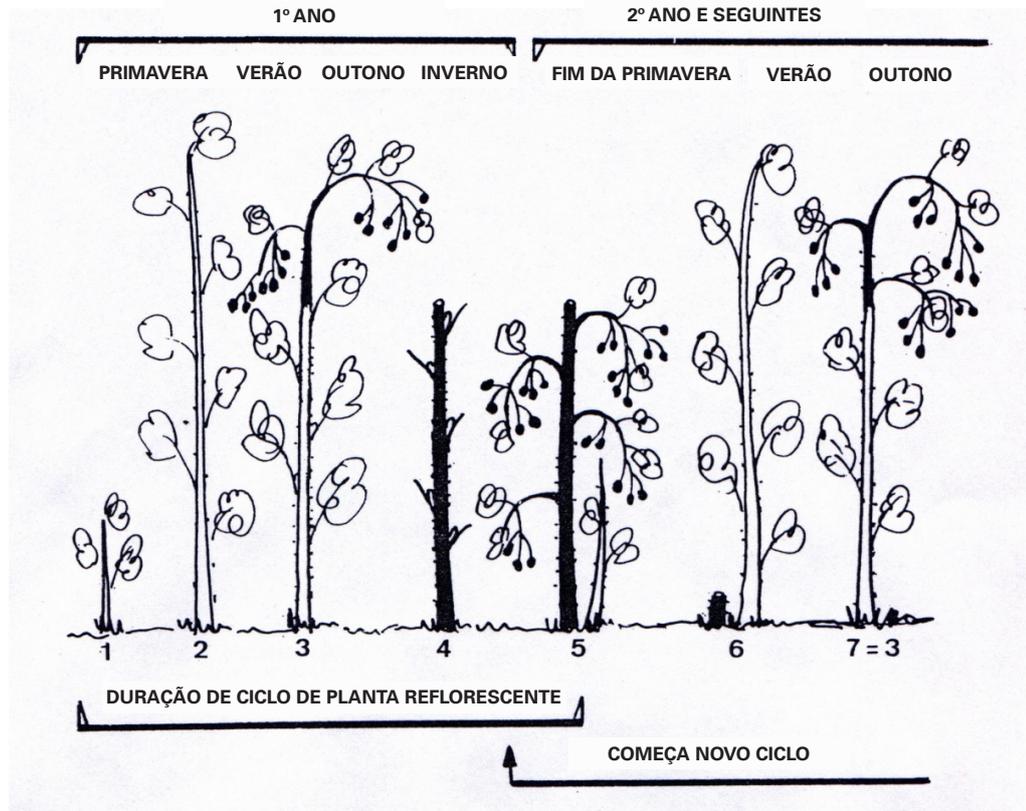


Figura 4. Ciclo vegetativo de planta reflorescente (PAGLIETA, 1984).

### Principais cultivares e suas características

**‘Heritage’:** Planta reflorescente, muito vigorosa, com espinhos e de porte ereto. Frutos de tamanho pequeno a médio, redondos, de excelente consistência, boa cor e doçura, porém pouco aromáticos. Com boa qualidade e conservação.

**‘Autumn Bliss’:** Planta reflorescente, muito vigorosa, menos espinhos que a Heritage, de porte semiereto. Frutos de tamanho médio a grande, cônicos acortados, de consistência regular, doces e um tanto aromáticos. Com boa qualidade e conservação.

**‘Himbo Top’:** Planta reflorescente, muito vigorosa, com alguns espinhos e de porte ereto. Frutos de tamanho grande, cônicos arredondados, de muito boa consistência, cor, doçura e aromáticos. Com boa qualidade e conservação.

**‘Polka’:** Planta reflorescente, vigorosa, com alguns espinhos e de porte semiereto. Frutos de tamanho grande, cônicos arredondados, de boa consistência, cor, doçura e aroma. Com boa qualidade e conservação.

**‘Tulameen’:** Planta não reflorescente, medianamente vigorosa, com poucos espinhos e de porte ereto. Frutos de tamanho grande, cônicos alongados, de excelente consistência, cor, doçura e aroma. Com boa qualidade e conservação.

**‘Glen Ample’:** Planta não reflorescente, vigorosa, com espinhos e de porte ereto. Frutos de tamanho grande, redondos, de excelente consistência, cor, doçura e aroma. Com boa qualidade e conservação.

**‘Himbo Queen’:** Planta não reflorescente, muito vigorosa, com alguns espinhos e de porte ereto. Frutos de tamanho médio a grande, redondos, de regular consistência, cor opaca (não brilhosa), boa doçura e pouco aromáticos. Com boa qualidade e conservação. Elevados rendimentos produtivos.

**‘Meeker’:** Planta não reflorescente, vigorosa, com espinhos e de porte ereto. Frutos de tamanho médio, muito homogêneos, redondos, de excelente consistência, doçura e aroma. Com boa qualidade e conservação.

**‘Willamette’:** Planta não reflorescente, vigorosa, com espinhos e de porte ereto. Frutos de tamanho médio a grande, cônicos arredondados, de excelente consistência, doçura e aroma. Com boa qualidade e conservação.

As cultivares mais difundidas no mundo são escolhidas pelas suas qualidades, tais como:

- **Aptidão frente ao ambiente:** requerimento de horas de frio, geadas, ventos, insolação, etc.
- **Produtividade:** quantidade e época de colheita.
- **Qualidade do fruto:** cor, brilho, sabor, nível de sólidos solúveis, acidez, etc.
- **Aptidão do fruto:** firmeza como fruta fresca (vida pós-colheita), firmeza para processado (congelado IQF), colheita mecanizada, etc.
- **Sanidade e resistência a doenças**

As cultivares mais implantadas no mundo são:

- ‘Willamette’: principal cultivar na Polônia e Sérvia, representando 95% dos seus cultivos. É uma variedade desenvolvida em 1940 nos EUA, cujo destino mais importante é o processamento.

- ‘Meeker’: principal cultivar implantada nos estados de Oregon e Washington, nos EUA, representando 80%. É de origem americana, desenvolvida em 1967, com excelentes qualidades para a colheita mecanizada e congelado IQF.

- ‘Tulameen’: muito difundida na França, Itália e no Reino Unido, onde é valorizada pela sua fruta de excelente qualidade para o mercado fresco. É uma cultivar de origem canadense “referência” para a avaliação de novas cultivares.
- ‘Glen Lyon’: é uma variedade de origem escocês, amplamente difundida na Espanha (90% dos seus cultivos), país especializado na produção protegida.
- ‘Polka’: variedade de origem polonesa, muito difundida na produção de países europeus como cultivar refluorescente.
- ‘Heritage’: é uma antiga variedade americana, a mais implantada no Chile, com 84% da superfície plantada, enquanto no México predominam as variedades modernas com licença controlada, como ‘Maravilla’ e ‘Marcela’.
- ‘Maravilla’ e ‘Marcela’: variedades modernas, atualmente muito cultivadas no México.

### **Sistemas de produção**

O sistema de plantio e condução é um aspecto importante que deve ser considerado. Recomenda-se o sistema em fileiras. Se o produtor utilizar máquinas, deixam-se espaçamentos adequados entre as fileiras de plantas, para garantir o trânsito destas.

Caso se pretenda fazer uso intensivo do terreno, recomenda-se o emprego de tratores pequenos ou máquinas manuais, para aumentar a quantidade de hastes ha<sup>-1</sup>. Neste sistema, a separação entre linhas pode ser de 1,5 m. Quando utilizada maquinaria de porte maior (tratores), a distância varia de 2,6 m a 3,0 m entre linhas.

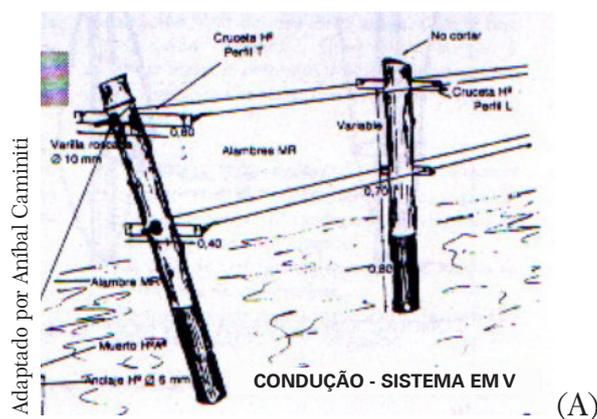
A distância comum entre plantas varia entre 40 cm e 50 cm, no entanto há plantações em alta densidade, com espaçamento de 12 cm a 15 cm entre plantas.

As linhas de framboesas devem prever algum sistema de tutoramento, que permita conduzir uma planta de maneira ereta, para segurar a carga de frutos em suas fracas hastes, que de outra maneira se arqueariam, dificultando o manejo.

Existem vários sistemas de tutoramento: “espaldeira simples”, “espaldeira em V” (ou cruz de Lorena invertida), “dupla corrida de arames”, “tutoramento com malhas”, entre outros. O sistema a ser escolhido deve ser o mais apropriado de acordo com o tipo de colheita (manual ou mecanizada), densidade de plantação e tamanho do local.

Em plantações com colheita manual e mecanizada, uma densidade comum é com linhas espaçadas 3 m. Nestes casos, o “sistema em V” ou o de “dupla linha de arames” são os mais difundidos, pois permitem o manejo de forma ordenada de uma maior densidade de plantas por metro linear de cultivo.

Nestas estruturas, os postes estão dispostos a cada 8 m a 10 m. As espaldeiras em V levam em cada um destes postes duas cruzetas de madeira ou ferro, a primeira inferior localizada a 50-70 cm do solo e de 40 cm de comprimento; e uma superior espaçada entre 1,60 m a 1,90 m do solo (dependendo do caráter varietal e vigor do cultivo) e uns 70-80 cm de comprimento. Pelas extremidades de cada cruzeta se estende um fio de arame, colocando as hastes no seu espaço inferior, e sendo amarradas nos arames superiores (Figura 5).



**Figura 5.** Sistema esquemático de espaldeira em V (A) e no campo (B); densidade de Hastes (C)

### Princípios da poda

Poda é toda eliminação de qualquer parte vegetativa da planta. Com ela procura-se equilibrar o vigor das plantas para se obter uma melhor resposta produtiva, facilitar a operação de colheita e arear e limpar material morto, doente ou danificado das plantas, para conseguir uma melhor sanidade do cultivo.

A poda tem por objetivo:

- Regular a densidade de hastes
- Promover o crescimento de laterais frutíferas
- Incrementar a produção por cana

- Manejar o calendário de colheita
- Obter melhor calibre e qualidade de fruta

### **Framboesas não reflorescentes**

Nestas são realizadas dois tipos básicos de poda: de raleio e de inverno. A de raleio se pratica em duas épocas diferentes. A primeira, durante o período de crescimento, tem por finalidade eliminar todas as hastes que crescem competindo por nutrientes com as hastes produtivas, visto que ocorre emissão contínua durante a primavera. Eliminam-se as que atingiram até 20 cm de altura, o que pode ser realizado mecanicamente ou com produtos químicos.

Quando se inicia a colheita das hastes produtivas, deixa-se crescer as novas hastes e só se elimina os excessos (ajustar o tempo de acordo com a região), recomendando-se deixar de 15 a 20 hastes por cada metro linear, para se ter uma adequada densidade de hastes produtivas por hectare para a próxima temporada.

Com esta densidade de hastes de bom vigor, podem ser obtidos altos rendimentos de fruto por unidade de superfície, visto que uma cana pode produzir de 200 g a 300 g em média.

A segunda poda de raleio é realizada imediatamente após finalizada a colheita, e consiste em cortar à altura do solo todas as hastes que frutificaram, para priorizar o crescimento de novas hastes e evitar problemas com pragas e doenças. (Figura 6).

A poda de inverno é uma poda de desponte que tem por finalidade promover a brotação mais uniforme das gemas laterais das hastes, evitando os efeitos da dominância apical, que faz com que as primeiras florações sejam produzidas nas gemas apicais, devido a um menor requerimento de frio para superar a dormência. Quando brotam unicamente as gemas terminais se reduz o rendimento dos frutos e o amadurecimento é mais cedo (Figura 7). Dependendo do vigor das hastes, recomenda-se podar deixando de 20 cm a 50 cm acima do último arame (quando se deixa as hastes mais compridas, realiza-se um arqueado na ponta das hastes sobre o mesmo arame). Se houve deficiências de frio, pode ser necessário realizar despontes mais importantes, sempre que estas hastes não sejam menores a 0,8 m-0,9 m, pois, nesse caso, o desponte poderá causar reduções significativas da produção.

Foto: Carlos Augusto Posser Silveira



**Figura 6.** Raleio de hastes, framboesa não reflorescente

Foto: Anfibal Carminiti



**Figura 7.** Desenvolvimento de laterais frutíferos.

### **Framboesas reflorescentes**

Nestas a poda difere um pouco. As hastes que aparecem desde o início do período de crescimento se deixam desenvolver, eliminando unicamente os excessos, pois se define que 17-20 hastes por metro linear é uma boa densidade para a produção de outono. No inverno, são despontadas as plantas que frutificaram durante o outono anterior, com o fim de se obter a colheita de primavera-verão, aproveitando desta maneira o potencial que apresentam estas variedades

(Figura 8). Em alguns países, estas framboesas são manejadas exclusivamente para produzir no outono, já que ao término da colheita se cortam as hastes ao nível do solo, o que representa certas vantagens para o manejo.



Foto: Anibal Caminiti

**Figura 8.** Cultivar reflorescente Himbo Top, poda alta de haste arqueada para produção de primavera.

### Produtividade

O componente do rendimento de uma framboeseira está determinado por:

- número de hastes distribuído por metro linear;
- densidade de implantação da parcela (distância entre fileiras e entre plantas);
- número de laterais frutíferas por haste (relacionado ao tamanho da haste, quantidade de gemas por haste e gemas brotadas, onde influi o acúmulo de horas de frio e uma somatória térmica adequada);
  - número de frutos por lateral frutífero (relacionado ao comprimento do lateral, indução e diferenciação floral e localização do lateral);
  - peso do fruto (relacionado com suas propriedades varietais, o vigor das plantas e o calibre das suas hastes, nutrição e irrigação).

### **Rendimento Potencial (kg ha<sup>-1</sup>) =**

$$\text{(hastes/m x laterais/canas x fruto/laterais x peso do fruto) x 3,3}$$

Nota: O fator 3,3 se considera quando a densidade de plantação dispõe fileiras distantes a cada 3 m (3.333 m de fileiras por hectare).

No caso de variedades refflorescentes, o rendimento total está determinado pela soma do rendimento potencial das hastes de primavera mais o rendimento potencial das hastes de outono.

As perdas de fruta real neste cultivo são consideráveis, ocasionadas por condições climáticas adversas como chuva, vento, altas temperaturas ou por problemas atribuíveis à colheita, pelo qual seu rendimento real está determinado em 60-70% do rendimento potencial estimado.

$$\text{Rendimento Real (kg/ha) = Rendimento total x 0,6}$$

### **Experiência brasileira**

A produção de framboesa no Brasil é muito incipiente. A região de Vacaria, RS, concentra a maior área de produção do Brasil, com cerca de 150 hectares. A cultura tem crescido em área de cultivo, devido ao alto valor agregado, e por apresentar-se com boa opção de renda para os pequenos produtores dos Campos de Cima da Serra (Figura 9).

A seguir são apresentadas experiências de cultivo desta rosácea nas condições de clima e solo de Vacaria, RS.

#### **Requerimento do cultivo no Brasil**

**Clima:** a framboesa pode ser cultivada em uma grande amplitude de climas, porém com comportamentos distintos. Devido a sua origem, a máxima produção é obtida em zonas temperadas, com verões não muito quentes e invernos frios extremos, entre 600 a 800 horas de frio abaixo de 7,2 °C, como também existem variedades cujos requerimentos podem ser maiores que 1.000 horas de frio.

**Solo:** a framboesa pode ser cultivada em quase todos os tipos de solo, com exceção dos solos pouco profundos, demasiadamente argilosos, fortemente calcários e excessivamente úmidos. O excesso de umidade no solo se manifesta pela morte das hastes frutíferas. Os solos mais apropriados são aqueles bem drenados, com boa capacidade de retenção de água e presença de matéria orgânica. Em geral os solos ligeiramente ácidos, com um pH em torno de 6, são os melhores para a framboesa.



**Figura 9.** Fruto agregado e planta de framboeseira em Vacaria, RS.

### **Cultivares adaptadas ao Brasil**

A escolha da variedade a plantar é de fundamental importância, pois é o fator que mais influencia sobre a qualidade e rendimento do pomar. Os principais fatores que devem ser considerados na escolha são: o destino da produção (mercado fresco ou congelado); época de maturação; facilidade de colheita e resistência a enfermidades. Nossa experiência na região de vacaria se limita às duas cultivares descritas abaixo:

**‘Heritage’:** cultivar de hábito refflorescente ou bífera, que produz após duas floradas distintas. Os frutos são de formato ligeiramente cônico, de tamanho médio a pequeno (2,5 g a 3,2 g), vermelhos brilhantes, atrativos, com polpa muito firme, de excelente qualidade e com facilidade de separação do receptáculo. É uma cultivar que pode ser considerada de dupla aptidão, ou seja, para o mercado in natura (fresca) ou para processamento industrial (congelada). As plantas são consideradas altas, entre 1,50 m e 2,10 m, são muito vigorosas, eretas e perfilham com facilidade. Entre as cultivares plantadas no Brasil, mostra-se como a mais exigente em frio, não indicada para regiões com menos de 600 horas frio hibernal. O período de maturação dos frutos na haste primária é relativamente tardio.

**‘Autumn Bliss’:** cultivar de hábito refflorescente ou bífera. Produz duas vezes por ano no mesmo ciclo, semelhante à ‘Heritage’. Os frutos são considerados grandes, de formato oval-cônico, tendem a vermelho-escuro, de sabor agradável e não acentuado. O período de maturação é um pouco mais precoce que o da ‘Heritage’.

**Espaçamento/densidade de plantio:** o espaçamento recomendado para a framboesa varia de 0,30 m a 0,70 m entre plantas e de 2 m a 3 m entre linhas de plantio. Em nossa experiência, em Vacaria, RS, com as cultivares Heritage e Autumn Blisss, temos utilizado espaçamento de 0,3 m a 0,5 m entre plantas e 2,5 m a 3 m entre linhas. Cultivos mais adensados, com 0,3 m entre plantas e 2,5 m entre linhas proporcionam emissão de um número maior de hastes por metro no primeiro ano, resultando em uma produção maior na primeira safra.

**Preparo do solo:** recomenda-se a subsolagem do solo, posteriormente o encanteiramento da linha de plantio com o uso de enxada rotativa (encanteiradeira) para proporcionar o destorroamento do solo, com incorporação dos fertilizantes orgânicos e/ ou minerais, dosados com base na interpretação da análise do solo.

**Plantio das mudas:** as mudas de torrão (em tubetes ou sacos plásticos) apresentam melhor índice de pagamento em condições adversas. O plantio deve ser executado de preferência após precipitações pluviométricas, em condições de solo com boa umidade. A época de plantio ideal é no final do inverno e início da primavera, podendo se estender até o início do verão, desde que irrigadas com frequência. As mudas de estacas enraizadas ou de brotações de raiz nua devem, preferencialmente, ser plantadas do outono até o mês de setembro. É fundamental a irrigação das mudas logo após o transplante no solo, pois elimina bolsas de ar que ficam ao redor das plantas e aumenta o contato das raízes com solo, reduzindo os riscos de desidratação.

**Sistema de irrigação:** o sistema de irrigação recomendado é por gotejamento, com distância de 33 cm a 50 cm entre os gotejadores. A frequência da irrigação vai depender da precipitação pluviométrica. O manejo da irrigação pode ser monitorado através da observação visual ou com o uso de equipamentos específicos.

**Fertilização:** a adubação de pré-plantio é efetuada de acordo com a interpretação da análise do solo, normalmente utilizando-se uma fonte mineral de fósforo e potássio com o objetivo de correção, bem como a utilização de esterco de aves ou bovinos. As adubações de manutenção são executadas no final do inverno/antes da brotação e no pós-colheita. Também são utilizadas adubações foliares, principalmente com o uso do fosfito de potássio (que aumenta a resistência das plantas a doenças) e cálcio e boro, que melhoram a qualidade e aumentam a consistência dos frutos.

**Condução das plantas/tutoramento:** são implantados palanques na linha de plantio a cada 8 metros de distância, que deverão ser enterrados em torno de 1 m. Para a cultivar Heritage, que pode atingir até 2 m de altura, as travessas para suportar os arames serão fixadas em três alturas, a primeira a 40 cm do solo (dois arames paralelos a 40 cm distantes um do outro), a segunda travessa a 1 m do solo (dois arames paralelos a 50 cm), e a terceira travessa a 1,60 m do solo (com arames paralelos a 60 cm). Alguns produtores utilizam somente duas travessas com arames duplos, na altura de 0,8 m e 1,60 m (Figura 10).



**Figura 10.** Sistema de condução em espaldeira e ‘Y’.

**Poda:** as hastes que brotam na linha de plantio devem ser raleadas, eliminando-se os excessos, deixando-se em torno de 12 a 15 hastes por metro linear, o que é considerada uma boa densidade para produção de outono.

No inverno se despontam as plantas que frutificaram durante o outono anterior e se selecionam as mais vigorosas para produção de primavera, deixando em torno de sete a dez hastes por metro linear, com a finalidade de obter a colheita de primavera/verão, aproveitando as potencialidades das variedades reflorescentes (Figura 11). Existe a possibilidade de se obter dessas variedades, somente produção de outono. Para tanto, na poda de inverno, em vez de despontar os ramos que produziram no outono, faz-se a poda total das plantas ao nível do solo, o que vai determinar que toda produção do ano seguinte seja nas hastes novas, que brotarão a partir da primavera e produzirão no outono. Existe ainda a poda de verão, que consiste na eliminação de todas as hastes de dois anos que produziram na primavera/verão, logo após a colheita, cortando-se ao nível do solo.

Todas essas práticas de seleção e poda de hastes exigem a utilização de muita mão de obra, que, sem dúvida, constitui o principal gasto no manejo do pomar de framboesa, juntamente com a colheita. Portanto, a opção do produtor por um ou outro manejo poderá ser determinada por condições de mercado e disponibilidade de mão de obra para o manejo da plantação.



**Figura 11.** Desponte de hastes na saída do inverno.

### Principais pragas e doenças

**Botrytis ou mofo cinzento – agente causal: *Botrytis cinerea***

#### Sintomas

Os sintomas surgem como requeima de brotos e manchas no fim do verão. Manchas cinzentas ocorrem nas folhas velhas, pecíolos e nós. Causa a morte de ramos. As manchas apresentam círculos concêntricos de cor bege a marrom e, as vezes, com presença de esclerócios pretos (Figura 12).



**Figura 12.** Sintoma de *Botrytis* ou mofo cinzento.

**Ferrugem – agente causal : *Pucciniastrum americanum***

É a doença de maior ocorrência no Brasil, é mais grave quando ocorre temperaturas entre 18 °C e 26 °C e alta umidade.

**Sintomas** no verão, desenvolvem-se nas folhas maduras, manchas pequenas amareladas a marrom. O patógeno infecta folhas, cálice, pecíolos e frutos, podendo apresentar sintomas em pós-colheita. A cultivar Heritage é muito suscetível e pode sofrer defoliação (Figura 13).



Foto: Eduardo Pagot

**Figura 13.** Sintomas de ferrugem em folhas e frutos.

**Controle:** usar cultivares resistentes e remover os ramos doentes.

### **Manejo e práticas indicadas para controle e redução das doenças**

Manejo adequado da planta e do solo visando evitar o desenvolvimento denso da parte aérea, condição que permite longa duração do molhamento da planta. Colheita frequente, evitando o amadurecimento excessivo e o rompimento de drupetes. Proteção das plantas da chuva – cultivo protegido reduz incidência da doença.

Não existem fungicidas registrados para a cultura da framboesa no Brasil. Alternativas utilizadas para conviver e manter as doenças em um nível de dano baixo tem sido a utilização de caldas e produtos permitidos na agricultura orgânica, como calda bordalesa, calda viçosa e alguns desinfetantes à base de cloro.

### Mosca-das-frutas – *Anastrepha fraterculus*

É a principal praga que ataca os frutos da framboeseira (Figura 14).



Foto: Eduardo Pagot

**Figura 14.** Ovoposição de mosca-das-frutas e desenvolvimento da larvas no interior da fruta.

### Manejo e práticas indicadas para controle e redução da praga

Instalação de armadilhas para captura e monitoramento da população de adultos do inseto (Figura 15).

Utilização de iscas tóxicas nas bordas do pomar assim que se detectar nas armadilhas a presença das moscas

Colheita diária e antecipada, evitando frutos muito maduros no pomar.

Não existem inseticidas registrados para a cultura da framboesa no Brasil. Utiliza-se inseticidas alternativos indicados para a agricultura orgânica, mas com eficiência baixa no controle.



Foto: Eduardo Pagot

**Figura 15.** Captura e monitoramento de moscas-das-frutas.

## **Colheita**

A colheita da fruta representa boa parte dos custos com mão de obra e deve ser muito bem planejada. O número de colhedores que se requer por hectare depende do vigor da planta e época de colheita. Em geral no início e no fim da colheita se utiliza em torno de 8 a 10 pessoas por hectare, chegando a dobrar essa necessidade em plena produção.

Calcula-se que uma pessoa pode colher de 25 kg a 30 kg de framboesa em 8 horas de trabalho por dia. De forma prática, a coloração é que determina o ponto de colheita. Deve-se evitar a colheita de frutas muito maduras, com vermelho muito intenso, pois já perderam a firmeza e podem estar deterioradas. Portanto, deve-se colher com frequência e de preferência somente nas horas mais frescas do dia e com tempo seco. A fruta selecionada para o mercado in natura deve ser colhida diretamente na embalagem definitiva, e a fruta para indústria a granel.

## **Pós-colheita**

A framboesa tem uma vida muito curta de armazenagem, devido a sua rápida deterioração, que se produz por desidratação, troca de calor, excesso de maturação, amolecimento, manipulação e podridões. Justamente por isso o mercado de frutas frescas ainda é pouco explorado. A redução da temperatura (resfriamento) o mais breve após a colheita é o fator mais importante na armazenagem, a fim de evitar trocas metabólicas e desenvolvimento de microrganismos causadores de podridões.

## **Comercialização**

É uma fruta muito procurada, apresentando baixa oferta no mercado nacional. O Brasil importa frutas congeladas do Chile, para suprir a demanda das agroindústrias que processam essa fruta em diversos produtos. Na região de Vacaria, RS, está acontecendo um aumento da área de cultivo, devido aos bons preços obtidos nas últimas safras.



## Capítulo 2 - Produção de Mirtilo

Luís Eduardo Corrêa Antunes

Eduardo Pagot

### Situação e manejo

A agricultura brasileira abriga vários segmentos que têm proporcionado negócios importantes para o Brasil, onde se destaca o segmento frutícola, responsável pela terceira posição entre os países maiores produtores mundiais.

A fruticultura brasileira direcionada para os mercados interno e externo tem proporcionado ao país negócios que envolvem alguns milhões de dólares, milhares de empregos, inclusão social de homens e mulheres ao longo da cadeia produtiva, aproveitando-se de cenário mercadológico altamente promissor.

A cultura do mirtilo no Brasil ainda encontra-se em fase de desenvolvimento, ocasião em que se busca um sistema de produção eficiente e competitivo, para inserir o País no rol dos grandes produtores mundiais.

Os primeiros experimentos para a implantação do mirtilo no País datam de 1983, realizados pela Embrapa Clima Temperado (Pelotas, RS), que introduziu uma coleção de cultivares oriundas da Universidade da Flórida (Estados Unidos), sendo que a prática comercial iniciou-se em 1990, na cidade de Vacaria (RS).

O mirtilo (*Vaccinium* spp.) é uma espécie frutífera originária de algumas regiões da Europa e América do Norte, onde é muito apreciada por seu sabor exótico, pelo valor econômico e por seus poderes medicinais, sendo considerada como “fonte de longevidade”, devendo-se especialmente ao alto conteúdo de antocianidinas contidas nos pigmentos de cor azul-púrpura. Esta substância favorece a visão, oferece enormes benefícios à pele, aos vasos sanguíneos, aos casos de varizes, hemorroidas, problemas circulatórios, transtornos cardíacos, feridas externas e internas, edema, artrites e artroses. Por suas propriedades nutracêuticas e, principalmente, pelas oportunidades de negócio que a fruta apresenta, tem despertado a atenção de técnicos e produtores de frutas do Brasil.

Esta frutífera apresenta excelentes oportunidades de negócio pelo valor alcançado na época de safras. Dados registrados pela Organização Mundial de Agricultura e Alimentação das Nações Unidas (FAO) indicam que nos últimos 40 anos a produção mundial de mirtilo aumentou 7 vezes e a área cultivada teve um acréscimo ao redor de 15 vezes. Nos últimos 11 anos, esses números praticamente duplicaram, passando de 105 mil toneladas em 1992 para 207 mil toneladas em 2002 (Tabela 1).

**Tabela 1.** Estimativa da produção mundial de mirtilos altos (tipo *highbush*), 2003.

Região de produção	Área plantada (ha)	Produção (t)		
		In natura	Processada	Total
América do Norte	27.105	61.135	42.360	103.495
Europa	3.490	10.370	950	11.320
América do Sul	3.825	10.320	400	10.720
Ásia <sup>1</sup>	550	415	600	1.015
África do Sul	350	200	100	300
Total	36.230	84.390	45.360	129.750

<sup>1</sup>Austrália e Nova Zelândia

Fonte: Strik (2005)

Os primeiros experimentos realizados pela Embrapa Clima Temperado deram-se mediante a introdução da coleção de cultivares de baixa exigência em frio, variedades do grupo *rabbiteye* (olho de coelho).

O quadro produtivo atual, no País está estimado em cerca de 300 toneladas, concentradas nas cidades de Vacaria, Pelotas, Erechim, Caxias do Sul (RS), Palmas (PR), Barbacena (MG) e Campos do Jordão (SP), totalizando uma área de aproximadamente 118 ha (Tabela 2). No Rio Grande do Sul, a região de Vacaria é a pioneira no cultivo de mirtilo e a grande referência na produção.

**Tabela 2.** Área de produção de mirtilo no Brasil (ha)

Estado	Mirtilo
Rio Grande do Sul	83
Minas Gerais	15
São Paulo	10
Paraná	-
Santa Catarina	10
Outros	-
Total	118

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Fruticultura (IBRAF, 2013), em 2002 o Brasil exportou cerca de 4 toneladas de mirtilo, o que representou uma receita de US\$ 24 mil aos produtores e divisas para o Brasil. Trata-se de um número pouco significativo, face ao potencial natural que o País oferece para a produção comercial.

Assim, o cultivo do mirtilo deve ser visto com uma visão mais estratégica, pois os produtores mais organizados já possuem e conhecem a logística de exportação e as oportunidades estão apresentadas.

Com referência à produção de mirtilos tipo alto (*highbush*) e baixo (*lowbush*), os Estados Unidos detêm 50% da produção mundial da fruta, seguidos pelo Canadá, com 33% e pelo continente europeu, com 16%, cabendo ao demais países apenas 1% de participação.

É também nos Estados Unidos onde se encontram os maiores índices de consumo. Os

norte-americanos importam 82% da produção mundial. Sendo o maior produtor da fruta, o país não é autossuficiente e, exceto nos meses de maio, junho e julho (período de safra), depende diretamente do abastecimento canadense, chileno, neozelandês e argentino.

O crescente interesse dos consumidores norte-americanos, europeus e asiáticos pela fruta tem pressionado os tradicionais produtores mundiais a aumentarem a oferta da fruta, somados a novos empreendedores, entre eles Chile, Argentina, Uruguai e mais recentemente o Brasil.

Quanto aos países da América do Sul, cabe destacar a participação do Chile (Tabela 3), que é o representante deste grupo que mais produz e mais exporta a fruta para o mercado norte-americano, concentrando seu abastecimento entre os meses de novembro e abril.

**Tabela 3.** Área plantada de mirtilo na América do Sul.

País	Área (ha)
Chile	10.500
Argentina	3.700
Uruguai	700
Brasil	118
Total	15.018

Outro país que merece destaque é a Argentina, que ingressou no mercado externo de mirtilo há pouco tempo, mas já apresenta números relevantes no abastecimento mundial da fruta. A primeira exportação da Argentina ocorreu em 1994, para o Reino Unido, mas somente em 1997 o país começou sua incursão pelo mercado norte-americano, sendo que 74% dessa produção é destinada ao abastecimento dos Estados Unidos, entre os meses de outubro e fevereiro. Pela produção precoce e tardia, a fruta argentina tem conseguido os melhores preços, cerca de US\$ 22,00/kg.

As variedades inicialmente introduzidas no Brasil foram do grupo *rabbiteye*, oriundas da Florida e Geórgia, como ‘Powderblue’, ‘Bluebelle’, ‘Bluegem’, ‘Delite’, ‘Clímax’ (Figura 1), ‘Alice Blue’, ‘Brite Blue’, ‘Florida’ e ‘Woodard’.

As principais variedades cultivadas pertencem ao grupo dos mirtilos altos (*southern high-bush*). Variedades como ‘Misty’, ‘Georgiagem’ (Figura 2), ‘O’Neil’, ‘Jewel’, ‘Santa Fé’, ‘Bluecrisp’, ‘Millenia’ e ‘Star’ (Figura 3) estão sendo plantadas devido às excelentes características de seus frutos e pela exigência do consumidor. Variedades que exigem de 150 a 400 horas de frio são perfeitamente adaptáveis às condições de clima presentes no Sul e em algumas áreas do Sudeste do Brasil. Com produções de 4 a 20 toneladas por hectare, variação esta que depende do nível tecnológico adotado, a fruta é uma das melhores oportunidades para nossos produtores.

Fotos: Luis Eduardo Corrêa Antunes



**Figura 1.** Cultivar Climax.



**Figura 2.** Cultivar Georgiagem.



**Figura 3.** Cultivar Star.

## Estabelecimento da plantação

Os sistemas de plantio do mirtilo dependem das condições de solo, clima e das cultivares utilizadas.

**Espaçamento/densidade de plantio:** o espaçamento da plantação depende do grupo e da variedade escolhida para o plantio. As variedades do grupo *rabbiteye*, por apresentarem maior vigor, são plantadas em espaçamentos mais distantes, em menor densidade. O espaçamento mais utilizado é de 1,5 metro entre plantas e 3 metros entre linhas, com uma densidade de 2.222 plantas por hectare.

As variedades do grupo *highbush* são plantadas a uma distância de 0,8 m a 1,20 m entre plantas e 3 metros entre linhas. No espaçamento de 1,20 m x 3,0 m, o pomar atinge uma densidade de 2.777 plantas por hectare.

As variedades do grupo *southern highbush* são plantadas entre 0,75 m a 1,20 m entre plantas e 3,0 m a 3,5 m entre linhas. Um espaçamento muito utilizado é de 1,0 m x 3,0m, com uma densidade 3.333 plantas por hectare. Esses espaçamentos podem ser ajustados de acordo com a variedade escolhida.

**Preparo do solo:** a tecnologia de implantação deve proporcionar condições ideais para o desenvolvimento inicial das raízes das plantas, o que é muito importante para um bom estabelecimento do pomar. As raízes do mirtilo são muito sensíveis à compactação e a deficiência de drenagem. Por isso recomenda-se a construção de camalhões, agregando matéria orgânica, com a incorporação de casca de pínus ou serragem, de preferência em estado avançado de decomposição.

Esse procedimento representa o fator mais importante do manejo de implantação, pois aumenta a porosidade do solo, além do aumento da matéria orgânica. Essa mescla de solo com serragem ou casca de pínus ao longo da linha de plantio, na quantia 200 a 400 m<sup>3</sup>/ha, deve ser trabalhada em forma de camalhão a uma largura de 1metro. Pode-se agregar nesse preparo esterco de galinha ou de bovinos bem decomposto. Recomenda-se o plantio de quebra-ventos para evitar danos nas plantas e reduzir as perdas de água.

### Como preparar o camalhão (Figuras 4 e 5):

1ª operação: com subsolador a uma profundidade de  $\pm$  40cm, dar duas passadas sobre as linhas demarcadas/estaqueadas (na largura do subsolador  $\pm$  1,5 m).

2ª operação: abrir um sulco no centro dessa área com sulcador, arado ou dois ferros de subsolador unidos.

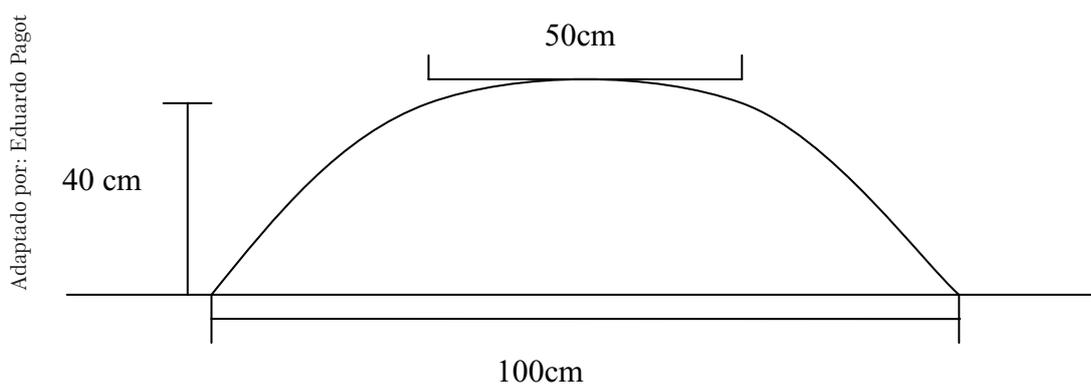
3ª operação: preencher o sulco com casca de pínus e ou serragem.

4ª operação: passar por duas vezes a enxada rotativa encanteiradeira, misturando a casca de pínus com a terra.

5ª operação: colocar novamente sobre o canteiro formando uma camada homogênea de serragem e/ou de casca de pínus.

6ª operação: passar quantas vezes necessárias um arado terraceador erguendo um camalhão que deve atingir, no mínimo, 40 cm de altura no centro da linha, procurando manter o alinhamento entre as linhas.

7ª operação: colocar mais uma camada de casca de pínus e/ou serragem em cobertura sobre o camalhão. Após essa operação o preparo do solo está concluído e o camalhão pronto para o plantio.



Camalhão pronto para o plantio de mirtilo

**Figura 4.** Desenho esquemático de preparo de camalhão de plantio para mirtilo.



**Figura 5.** Preparo de camalhões e plantio de mudas de mirtilo em Vacaria, RS.

Outra técnica que pode ser utilizada é o uso de *mulch* plástico, que deve ser colocado em cima dos camalhões, antes do plantio, com o objetivo de reduzir a competição com ervas invasoras nos dois primeiros anos. No terceiro ano deve ser retirado (Figura 6).



Foto: Eduardo Pagot

**Figura 6.** Área recém-implantada de mirtilo em Vacaria, RS.



# Capítulo 3 - Cultivo de Mirtilo (*Vaccinium* sp.) em solos ácido<sup>1</sup>

Carlos Augusto Posser Silveira

Luis Eduardo Corrêa Antunes

Mariana da Luz Potes

Devido a natureza acidofílica das diferentes espécies de mirtilo, é assumido que plantas dessas espécies toleram relativamente bem níveis elevados de Al e Mn. No entanto, a maioria dos solos de locais de ocorrência natural do mirtilo são solos jovens, com menor proporção de minerais secundários, isto é, óxidos e, principalmente, argilominerais. Assim, os teores de Al são naturalmente baixos nesses solos. No entanto, a partir da expansão do cultivo para áreas de solos argilosos e com altos teores de Al, Fe e Mn, caso de grande parte dos solos da região Sul do Brasil, é necessário identificar a magnitude da interferência desses fatores sobre o crescimento das diferentes espécies e cultivares de mirtilo nessas condições. Aliado a isso, produtores de mirtilo têm relatado problemas de crescimento e morte de plantas, principalmente da espécie highbush (*Vaccinium corymbosum*), de cultivo recente no País.

Este trabalho teve como objetivo investigar, através de revisão de literatura e de análise de dados gerados em condições brasileiras, alguns parâmetros relacionados à acidez do solo que podem estar interferindo na adaptação e desempenho de diferentes espécies de mirtilo nas condições edáficas do Sul do Brasil. O trabalho foi dividido em três partes, sendo que a primeira aborda, sucintamente, a origem da acidez do solo em suas diferentes nuances; a segunda parte resgata através de revisão de literatura, informações sobre a cultura, com ênfase no desempenho frente a condições edáficas em sua região de origem e, a terceira, compila, contextualiza e analisa dados obtidos em condições brasileiras.

Os dados apresentados nesta revisão indicam que não é possível generalizar as recomendações de manejo do solo para a cultura do mirtilo já que existem grandes diferenças entre espécies e cultivares, principalmente em relação a aspectos de textura, teor de matéria orgânica e pH do solo, tipo de argilomineral presente e tolerância a teores elevados de Al, Mn e Ca. Além disso, conforme observou Korcak (1989) talvez seja necessário modificar desde algumas até todas as características do solo para adaptar a cultura do mirtilo em áreas que diferem de seu habitat natural.

## INTRODUÇÃO

A acidez do solo é considerada um dos maiores problemas para a produção de alimentos. Segundo Brondani e Paiva (1996) de 30 a 40% dos solos agrícolas do mundo apresentam pH inferior a 5,5. No Brasil estes solos compõem em torno de 60% do território nacional. Já no estado do Rio Grande do Sul, Rheinheimer et al. (2000), sistematizando os resultados de 168.200 amostras de solos analisadas pelos laboratórios da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos – RO-

<sup>1</sup> Curso sobre produção de mirtilo, apresentado no VI Seminário Brasileiro sobre Pequenas Frutas, realizado de 12 a 15 de julho de 2011, em Vacaria-RS;

LAS, concluíram que até o ano 2000, em torno de 44,6% das amostras de solo apresentavam valores de pH inferiores a 5,5, ou seja, com possibilidade de ocorrência de toxidez por alumínio (Al) e/ou manganês (Mn) para a maioria das culturas.

Regiões com ocorrência de elevada pluviosidade, combinada aos materiais de origem, propiciam a formação de solos evoluídos, nos quais o Al pode predominar no complexo de troca.

As espécies de mirtilo (*Vaccinium* spp), em sua área de ocorrência natural, de um modo geral, desenvolvem-se adequadamente em solos classificados como ácidos, de textura franco-arenosa com boa aeração e umidade adequada, de baixa fertilidade natural e com alto teor de matéria orgânica (MO) (KORCAK, 1986a, 1986b). De tal forma que tais exigências têm limitado a expansão das áreas de produção dessa espécie. Ainda segundo Korcak (1986a; 1986b), quando isso ocorre, e as condições de solo forem distintas daquelas citadas acima, há a necessidade de manejo do solo através da incorporação de materiais de origem orgânica, os quais, muitas vezes, não estão disponíveis em quantidades suficientes ou são muito caros para esse tipo de produção.

No que diz respeito a acidez do solo, especificamente à tolerância do mirtilo a teores elevados de Al e de Mn, vários autores têm relatado diferenças entre as espécies e mesmo entre cultivares da mesma espécie.

Por outro lado, os diversos programas de melhoramento de mirtilo têm buscado desenvolver cultivares adaptadas a condições de elevada fertilidade, a solos argilosos e de pH elevado, características da maior parte das áreas de agricultura contemporânea.

Assim, este trabalho teve como objetivo investigar, através de revisão de literatura e de análise de dados gerados em condições brasileiras, alguns parâmetros relacionados à acidez do solo que podem estar interferindo na adaptação e desempenho de diferentes espécies de mirtilo nas condições edáficas do Sul do Brasil.

O trabalho está dividido em três partes, sendo que a primeira aborda, sucintamente, a origem da acidez do solo em suas diferentes nuances; a segunda parte resgata através de revisão de literatura, informações sobre a cultura, com ênfase no desempenho frente às condições edáficas em sua região de origem e, a terceira, compila, contextualiza e analisa dados obtidos em condições brasileiras.

## ORIGEM DA ACIDEZ DO SOLO

Os diferentes materiais de origem (rochas formadoras dos solos) tem reação básica, porém os solos formados apresentam reação ácida. Isso deve-se, inicialmente, ao processo de solubilização da rocha, o qual é constituído pelos agentes de intemperismo (tempo, temperatura, água, vento, gás carbônico, ácidos orgânicos, microrganismos, etc.), os quais solubilizam os minerais presentes na rocha, dando início a formação dos solos.

Durante o processo de formação do solo, tanto os minerais originados, quanto as substâncias orgânicas, desenvolvem a capacidade de atrair e/ou repelir determinados íons, o que varia

de acordo com as suas valências. Assim, íons trivalentes como o  $\text{Al}^{3+}$ , têm maior afinidade pelas partículas com carga negativa do solo, em detrimento de íons bi e monovalentes ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{1+}$  e  $\text{Na}^{1+}$ ), o que faz com que ocorra a retenção preferencial nos sítios de troca das argilas e da MO.

Ao mesmo tempo, em condições aeróbicas, de boa oxigenação, o ferro (Fe) forma compostos de baixa solubilidade e, juntamente com o Al e o Mn, concentra-se no perfil do solo, sendo que tal acúmulo confere aos dois últimos elementos, papel determinante na acidez potencial dos solos e na toxidez para as plantas

Além do processo de acidificação natural do solo (reações de hidrólise e decomposição de resíduos orgânicos por microrganismos), a ação antrópica também pode interferir, diminuindo ou acelerando este processo.

Quando as práticas agrícolas interferem negativamente na dinâmica da MO, parte do Al complexado torna-se biodisponível o que, aliado à diminuição das cargas negativas no solo, promovem a liberação de Al dos minerais, aumentando sua saturação no complexo de troca e, conseqüentemente, seu efeito tóxico para a maioria das plantas.

Da mesma forma, práticas agrícolas as quais visam aumentar o teor de MO no solo (por exemplo, plantio direto), alteram a velocidade de reacidificação do solo, interferindo na dinâmica do Al (RHEINHEIMER et al., 2000). No caso do plantio direto, o acúmulo de MO na camada superficial do solo passa, temporariamente, de fonte à dreno de Al da solução do solo. Na medida em que ocorre o aumento dos teores de MO, aumenta a quantidade de Al armazenado com maior estabilidade e menor labilidade devido ao processo de complexação (RHEINHEIMER et al., 2000).

Outro exemplo de prática antrópica que altera o processo natural de acidez do solo é a aplicação excessiva de adubos nitrogenados os quais promovem a produção natural de prótons  $\text{H}^+$  pela nitrificação a partir do nitrogênio amoniacal. Da mesma forma, a exportação de nutrientes pelas culturas promove a redução de cátions básicos no perfil do solo (Ca, Mg, K), aumentando a atividade do Al na solução do solo.

Assim, diante do exposto, é importante diferenciar os tipos de acidez do solo, gerados tanto naturalmente quanto por práticas antrópicas.

## TIPOS DE ACIDEZ DO SOLO

### Acidez ativa (Fase líquida do solo)

Está relacionada diretamente com a concentração de íons  $\text{H}^+$  dissolvidos na solução do solo. Quanto maior o teor deste íon em solução, menor é o pH. No entanto, o pH não fornece indicação da quantidade de compostos que são fontes de acidez para o solo. De tal forma que solos com pH semelhantes podem apresentar quantidades diferentes dos fatores de acidificação, tais como  $\text{Al}^{3+}$ , MO e tipo de argila. Assim, pode ocorrer de a acidez ativa (pH) apresentar valores elevados sem que ocorram efeitos prejudiciais às plantas, indicando que o pH do solo, isoladamente, pode não ser o melhor indicador para a tomada de decisão quanto a calagem.

### Acidez potencial (Fase sólida do solo)

Este tipo de acidez está relacionada com as substâncias ou compostos que liberam  $H^+$  para a solução do solo, responsáveis pela acidificação e representa a resistência de um solo ácido em modificar seu pH quando da adição de compostos de reação básica, de tal modo que a modificação do pH ocorre somente quando o composto responsável pela acidez potencial não consegue liberar íons  $H^+$  para a solução na mesma proporção em que os mesmos são neutralizados.

Este tipo de acidez deve-se principalmente ao  $Al^{3+}$  e a MO, e está diretamente relacionada com a quantidade de calcário a aplicar.

Um dos componentes da acidez potencial é o íon  $H^+$ , o qual é oriundo de radicais orgânicos não dissociados da MO, sendo mais importante em solos ácidos com elevados teores de MO. O outro componente da acidez potencial é o  $Al^{3+}$ , principalmente em solos ácidos intemperizados. Este cátion permanece retido nas cargas negativas das argilas e em equilíbrio com a solução do solo. Porém, a ação ácida do  $Al^{3+}$  ocorre quando a sua quantidade aumenta na solução do solo.

O efeito acidificante do  $Al^{3+}$  ocorre em pH entre 5,5-5,7, acima desta faixa, o Al encontra-se em forma pouco solúvel (precipitado), não sendo tóxico para a maioria das plantas (BISSANI et al., 2008).

Ainda em relação a este tipo de acidez, Bissani et al. (2006) discriminam três formas distintas: a) **acidez trocável**: representa a quantidade de  $Al^{3+}$  e de  $H^+$  trocáveis, ou seja, que é deslocada para a solução; b) **acidez não trocável**: representa a quantidade de  $Al^{3+}$  e de  $H^+$  que não é deslocada para a solução, e está associada aos ácidos fracos da MO, ao Al complexado pela MO e ao Al fortemente retido na superfície dos minerais, e c) **acidez titulável**: representa a quantidade de  $Al^{3+}$  e de  $H^+$  que é necessário neutralizar para elevar o pH até determinado valor; constituída da acidez trocável e parte da não-trocável.

Em síntese, a acidez potencial é obtida pela soma dos teores de  $H^+$ +Al, fornecidos nos laudos de análise de solo.

Na Tabela 4 está apresentado um exemplo da influência dos fatores de acidez do solo, MO,  $Al^{3+}$ ,  $H^+$  e teor de argila, em relação a necessidade de calagem de diferentes tipos de solo com mesmo valor de pH, onde constata-se que, de fato, solos com mesmo valor de pH podem necessitar de quantidades muito diferentes de calcário para atingir o pH desejado quando são consideradas as fontes de acidez potencial.

Assim, os solos identificados como Latossolo 2 e Cambissolo demandam as maiores quantidades de calcário para atingir pH 6,0 e isso ocorre devido a maior contribuição das principais fontes potenciais de acidez, a MO e o  $Al^{3+}$ .

**Tabela 4.** Fatores da acidez do solo e quantidade de calcário necessária para elevar o pH a 6,0 em amostras de solo do Rio Grande do Sul.

Tipo de solo	pH(em água)	Atributos químicos do solo(camada arável)				Necessidade de calcário para atingir pH=6,0 kg ha' =kg ha <sup>-1</sup>
		M0	A* =Al <sup>3+</sup>	H* =H <sup>+</sup>	Teor de argila	
		%	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		g kg' =g kg <sup>-1</sup>	
Latossolo 1	4,2	4,7	2,3	5,4	650,0	8.100
Latossolo 2	4,2	5,6	3,8	6,8	520,0	11.700
Argissolo vermelho	4,2	2,9	0,6	3,7	250,0	4.100
Cambissolo	4,2	7,6	5,5	11,0	670,0	16.300

Fonte: adaptado de Bissani et al.(2006)

### VALORES ORIENTADORES PARA pH, TEOR E SATURAÇÃO DE ALUMÍNIO NO SOLO

Para avaliar a fertilidade potencial de um solo considera-se o total de cargas negativas que ele apresenta. Este parâmetro é conhecido por capacidade de troca de cátions (CTC). Existem dois tipos de CTC (BISSANI et al., 2008): a)  $CTC_{pH7,0}$ : representada pela soma dos cátions trocáveis de reação básica (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>) com os cátions de reação ácida (Al<sup>3+</sup> e H<sup>+</sup>) e b)  $CTC_{efetiva}$ : representada pela soma dos cátions trocáveis de reação básica (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>) e o Al<sup>3+</sup>, no pH em que o solo se encontra. A partir desses parâmetros são realizados os cálculos da saturação por Al e por bases na  $CTC_{efetiva}$  e na  $CTC_{pH7,0}$ , respectivamente. Nos laudos de análise de solo a saturação por Al é expressa pela letra *m* (em %) e a saturação por bases pela letra *V* (em %).

Em relação ao Al, a saturação da  $CTC_{efetiva}$  indica o grau potencial de toxidez deste elemento às plantas com maior fidelidade do que o teor total de Al presente no solo.

Na Tabela 5, estão apresentadas as faixas com as respectivas interpretações para estes indicadores de fertilidade do solo, segundo o Manual... (2004).

**Tabela 5.** Faixas e interpretação para os valores *m* e *V* (%), segundo o Manual (2004).

Interpretação	Saturação por Al ( $CTC_{efetiva}$ )- <i>m</i> (%)	Saturação por bases ( $CTC_{pH 7,0}$ ) - <i>V</i> (%)
Muito baixo	<1,0	<45
Baixo	1,1-10,0	45-64
Médio	10,1-20,0	65-80
Alto	>20,0	>80

Fonte: Manual (2004)

De acordo com a CQFS (2004), geralmente *m* deve ser mantido em valores menores do que 10% para a maioria das culturas, com o objetivo de evitar problemas de toxidez por Al. Já segundo Meurer e Anghinoni (2006), quando se considera o pH do solo, o mesmo deve ser  $\geq 5,7$ , já que até este valor o Al encontra-se em sua forma tóxica para as plantas (Alumínio trivalente,  $Al^{3+}$ ) enquanto que em valores maiores, o Al está precipitado na forma de hidróxido  $[Al(OH)_3]^0$ , não tóxico às plantas.

Nas Tabelas 3 e 4 estão apresentadas as faixas para os valores de pH encontrados em solos, assim como as suas interpretações.

De acordo com as faixas de pH sugeridas por Bissani et al. (2006), a interpretação das mesmas indica que valores até 6,0 ainda são considerados ácidos (Tabela 6). Da mesma forma, segundo Santos et al. (2006), valores de pH de 5,4 até 6,5 estão classificados como moderadamente ácidos (Tabela 7). Porém, a neutralização do Al trocável ocorre em pH 5,7 Santos et al. (2006). Portanto, a correção do pH do solo até este valor faz com que o pH ainda permaneça classificado como ácido, porém, sem os efeitos tóxicos do Al e do Mn.

**Tabela 6.** Faixas e interpretação para o pH do solo (camada 0-20 cm), segundo Bissani et al. (2006).

<b>Classes de pH (em água)</b>	<b>Interpretação das Classes</b>
<5,0	Extremamente ácido
5,0-5,5	Muito ácido
5,6-6,0	Ácido
6,1-6,5	Pouco ácido
6,6-7,0	Aproximadamente neutro
7,1-7,5	Pouco alcalino
7,6-8,0	Alcalino
>8,0	Muito alcalino

Fonte: adaptado de BISSANI et al. (2006)

**Tabela 7.** Faixas e interpretação para o pH do solo (camada 0-20cm), segundo Embrapa (2006).

Classes de pH (em água)	Interpretação das Classes
<4,3	Extremamente ácido
4,4-5,3	Fortemente ácido
5,4-6,5	Moderadamente ácido
6,6-7,3	Praticamente neutro
7,4-8,3	Moderadamente alcalino
>8,3	Fortemente alcalino

Fonte: Santos et al. (2006)

## O ALUMÍNIO NA ACIDEZ DO SOLO E SEUS EFEITOS SOBRE AS PLANTAS

Em solos evoluídos, o Al pode predominar no complexo de troca, livre (hidratado) ou em formas complexadas com a MO. De acordo com Mendonça e Rowell (1994), teores de Al em formas complexadas superam em muitas vezes aqueles extraídos pelo cloreto de potássio, podendo ser maiores do que  $170 \text{ mmol dm}^{-3}$ .

Nessa mesma linha, Meurer e Anghinoni (2006) destacam que é necessário realizar a especificação, isto é, discriminar as formas em que o Al está presente na solução do solo. Esses autores analisando um Latossolo Vermelho distrófico típico observaram que do total de Al presente neste solo, em torno de 72% encontrava-se complexado por compostos orgânicos do solo, sem efeito tóxico para as plantas, enquanto que apenas 4,8% encontrava-se na forma de  $\text{Al}^{3+}$ , forma tóxica para as plantas. Ainda segundo os autores, este seria o motivo para que em solos ácidos sob plantio direto não ocorra toxidez de Al para as plantas.

Vários mecanismos de tolerância ao Al em plantas vêm sendo postulados, os quais se baseiam em sua exclusão com imobilização e/ou neutralização em ambiente externo à célula (apoplásticos), e mecanismos decorrentes da imobilização ou neutralização do Al no interior da célula (simplicísticos) inativado por algumas enzimas ou isolado no interior do vacúolo (Jo et al., 1997).

O aumento do pH na região da rizosfera caracteriza uma forma de exclusão do Al, proporcionando a precipitação deste elemento e impossibilitando sua absorção (CANÇADO et al., 2001, 2002).

Estudos sugerem a existência nas células de polipeptídeos que atuariam no citosol como moléculas quelantes, complexando o Al. Além disso, é aventada a possibilidade da existência de enzimas que não teriam sua atividade prejudicada na presença de Al, bem como na eliminação deste elemento do ambiente celular por compartimentalização no vacúolo ou em outra estrutura (TAYLOR, 1995).

A baixa capacidade de troca catiônica (CTC) da parede celular das raízes tem sido considerada um mecanismo externo de tolerância ao Al, sugerindo que plantas com menor CTC apresentariam menor capacidade de absorver este íon tóxico para o interior da célula (RENGEL, 1996). Da mesma maneira, a membrana plasmática pode atuar como uma barreira à absorção do Al, uma vez que alterações na composição de fosfolípidos podem promover a modificação de suas propriedades elétricas, dificultando a interação do Al com a membrana plasmática (YERMIYAHU et al., 1997), assim como a menor produção de proteínas genótipo-específicas de transporte do Al através da membrana, decorrente da supressão da expressão de genes que as codificam, resultando no menor fluxo de Al para o interior da célula em genótipos tolerantes (ZHANG et al., 1995).

Qualquer que seja o mecanismo ou mecanismos atuantes, as plantas que apresentam algum tipo de tolerância ao Al em níveis tóxicos conseguem manter a divisão e alongação celular sob tais condições de estresse, protegendo áreas meristemáticas para a formação de novos tecidos (FLEMING; FOY, 1968).

Alumínio em teores tóxicos pode ser encontrado em todo o perfil do solo e sua neutralização é temporariamente obtida com a prática da calagem, a qual geralmente é realizada apenas na camada arável, devido ao elevado custo da correção em profundidades maiores. Além disso, a maioria dos corretivos de acidez do solo apresenta baixa mobilidade no perfil do solo, assim como solubilidade. Desta forma, a ineficiência da calagem em reduzir a acidez do subsolo limita o desenvolvimento das raízes em profundidade, elevando a sensibilidade a deficiências hídricas ocasionais e, conseqüentemente, reduzindo a eficiência na absorção de nutrientes nas camadas mais profundas (CANÇADO et al., 2001; CRESTANI et al., 2009; FOY et al., 1978).

Em relação a nutrição, geralmente plantas afetadas pelo Al apresentam sintomas de deficiência de outros nutrientes, tais com fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e molibdênio (Mo), devido à interferência do Al nos processos de absorção, transporte e uso destes nutrientes (BASSO et al., 2003; FREITAS et al., 2006; FURTINI NETO et al., 1999).

## **A CULTURA DO MIRTILO E A ACIDEZ DO SOLO**

De um modo geral, a maior parte da literatura especializada afirma que as espécies de mirtilo (*Vaccinium* spp) desenvolvem-se bem em solos classificados como ácidos, de textura franco-arenosa, de baixa fertilidade natural, com alto teor de MO e com umidade adequada. Por outro lado, alguns trabalhos têm contestado tal afirmação sugerindo a existência de grande variabilidade entre espécies e cultivares para estas características.

A maior parte da bibliografia americana sobre a cultura do mirtilo e sua afinidade a solos ácidos foi publicada até meados da década de 1990, sendo os trabalhos desenvolvidos em instituições de ensino e pesquisa dos Estados Unidos da América.

Hancock e Draper (1989) apresentam um resumo das instituições de pesquisa e pesquisadores que trabalham com mirtilo nos Estados Unidos. Além disso, apresentam informações sobre

as áreas de cultivo, tipos de mirtilos cultivados em cada região e os principais problemas enfrentados na produção desta cultura.

Desde então, poucos trabalhos têm sido realizados com esse enfoque, com exceção de alguns desenvolvidos por instituições de ensino e pesquisa do Chile (REYS-DÍAZ et al., 2009; 2010).

Com o crescente interesse mundial em frutas e outros alimentos com características nutracêuticas, como é o caso do mirtilo, problemas fitotécnicos e/ou de manejo do solo até então não resolvidos, adquiriram grande importância na atualidade, principalmente em países nos quais essa espécie não é nativa.

No caso do Brasil, desde a introdução desta cultura, no ano de 1983 (RASEIRA; ANTUNES, 2004), até os dias atuais, a área de plantio aumentou consideravelmente, assim como o interesse por parte dos consumidores. No entanto, a maioria dos estudos realizados no país tem abordado a produção de mudas e a adaptação das diferentes cultivares de mirtilo do tipo rabbiteye (*Vaccinium ashei*), considerada dentre as espécies uma das mais vigorosas e adaptadas as mais variadas condições edafoclimáticas.

Com a recente introdução de cultivares do tipo highbush (*Vaccinium corymbosum*), inúmeros problemas têm sido relatados por produtores, com destaque para o crescimento lento e morte de plantas nas condições do Sul do Brasil.

Assim, diante deste cenário, esta parte do trabalho irá abordar informações sobre a cultura, com ênfase no desempenho das diferentes espécies frente a condições edáficas em uma das regiões de origem desta cultura.

## Espécies de mirtilo cultivadas em condições de acidez do solo nos Estados Unidos da América

### Acidez do solo e espécies de mirtilo (*Vaccinium* spp)

As plantas denominadas calcífugas da família Ericaceae são representadas pelos gêneros *Vaccinium* spp (mirtilos e Cranberry) e *Rhododendron* spp (Rododendron e azaléias), os quais representam segmentos economicamente importantes (KORCAK, 1989).

Em comum entre os gêneros, Korcak (1989) destaca a adaptação a solos ácidos, com pH abaixo ou acima de 5,5, e de fertilidade baixa. De fato, o uso de fertilizantes, principalmente quando as plantas são jovens pode causar injúrias em suas folhas (KORCAK, 1989).

Os estudos dos efeitos do pH sobre a nutrição de mirtilo iniciaram com o elemento cálcio (Ca), uma vez que o mesmo está associado às mudanças de pH do solo. Posteriormente, o foco passou para os micronutrientes, especificamente Fe, devido a deficiência deste elemento em mirtilos cultivados em solos com pH elevado (FINN et al., 1991).

Durante muito tempo, pesquisadores defenderam a teoria de que as espécies de mirtilo são intolerantes a solos com pH elevado (KORCAK, 1989). Embora tais pesquisas tenham proporcionado o desenvolvimento de sistemas de manejo que adaptasse o solo à cultura, não lograram desenvolver cultivares adaptadas a diferentes tipos de solos (FINN et al., 1991). Nesse sentido Brown e Draper (1980) sugeriram que os programas de melhoramento concebidos para melhorar a eficiência ao Fe, desenvolvessem, ao mesmo tempo, plantas produtivas adaptadas a faixa de pH mais ampla.

Nessa mesma linha, Chandler et al. (1985) destacam que cultivares adaptadas a solos minerais argilosos, seriam tolerantes a baixos teores de matéria orgânica, pH elevados e maior teor de umidade do solo do que aqueles típicos das áreas de ocorrência natural do mirtilo. No entanto, pouco se avançou nesses aspectos.

Hancock e Draper (1989) observaram que a maioria das espécies de mirtilo se desenvolve em solos ácidos (pH 3,5 a 5,5), areno-argilosos, com altos teores de MO, exceto no estado de Arkansas, onde se desenvolvem em solos de pH elevado, de baixa MO e alto teor de argila. Nessa situação são utilizadas fontes de enofre para baixar o pH e elevadas quantidades de materiais de origem orgânica, na forma de mulch, para elevar os teores de MO.

Especificamente para mirtilos do tipo highbush (*V. corymbosum*) as condições ideais de cultivo caracterizam-se por solos arenosos ou de textura média, de pH ácido (em torno de 5,5), com alto teor de MO (>4,0%), relativamente baixa fertilidade natural e com o lençol freático suficientemente superficial para fornecer umidade adequada ao crescimento das plantas. Tais condições se aplicam apenas a áreas limitadas. De tal forma que áreas consideradas não adequadas incluiriam solos com baixa MO, excessivamente arenosos, com pH >5,5, de fertilidade relativamente elevada e de pouca umidade (KORCAK, 1989).

Portanto, para adaptar a cultura do mirtilo em áreas que diferem de seu habitat natural, visando cultivos comerciais, poderá haver a necessidade de modificações no manejo e envolver desde algumas até todas as características do solo, o que irá, direta ou indiretamente afetar o estado nutricional das plantas (KORCAK, 1989).

Já mirtilos do tipo rabbiteye (*V. ashei*) desenvolvem-se muito bem em solos com maiores teores de argila, desde que com adição de MO e irrigação (CUMMINGS et al., 1981). E finalmente, mirtilos do tipo lowbush (*V. angustifolium*), os quais crescem bem em solos argilosos, com baixa MO, têm recebido pouca atenção da pesquisa no que diz respeito a adaptação a diferentes condições de solo. Essa espécie apresenta grande capacidade de acumular Mn (KORCAK, 1989; KORCAK et al., 1982).

Em relação a adaptação a solos mais argilosos, Galletta (1975) recomenda as espécies *Vaccinium ashei*, *V. atrococcum*, *V. angustifolium*, *V. ellioti*, *V. myrtilloides*, entre outros. Para Korcak et al. (1982) a espécie *Vaccinium angustifolium* é a melhor fonte de germoplasma para a adaptação a solos minerais e de pH alto a partir de cruzamentos interespecíficos. Já Finn et al. (1991) concluem que plantas que têm como progenitores a espécie *Vaccinium angustifolium* diferem na medida em que a tolerância a pH elevado foi transmitida a seus descendentes.

Korcak (1989), em um trabalho comparando solo argiloso com solo de uma área comercial de cultivo de mirtilo, observou que a produtividade de todos os genótipos foi menor naquele solo. Diante disso, Erb (1987) propôs o desenvolvimento de procedimentos específicos para a pesquisa da adaptação de mirtilos a solos argilosos.

Neste mesmo trabalho, Korcak (1989) observou que as cultivares Delite e Tifblue apresentaram respostas diferentes ao pH do solo e ao teor foliar de Mn. Delite absorveu 1.175 mg kg<sup>-1</sup> de Mn quando em pH 5,1 e 994 mg kg<sup>-1</sup> em pH 6,9; nessa mesma faixa de pH, Tifblue apresentou teor de Mn de 531 e 343, respectivamente. Já o teor foliar de Fe para qualquer das duas cultivares foi pouco afetado pelo pH.

Experimentos realizados no leste do estado do Texas, com oito cultivares de mirtilo do tipo rabbiteye, indicaram que todas, com exceção da cv. Bluegem, foram produtivas (LIPE, 1979). A menor produtividade de Bluegem foi atribuída ao desenvolvimento limitado de seu sistema radicular, devido a alta densidade do solo, isto é, a sua textura argilosa.

Gabelman et al. (1986) observaram que a variabilidade para a absorção e uso de nutrientes deve-se a diferenças na morfologia do sistema radicular ou em mecanismos que auxiliam ou impedem o movimento dos íons nas raízes. Segundo Leiser (1959), a característica mais marcante do sistema radicular de plantas da família Ericaceae é ausência de pêlos radiculares e a estrutura fina de suas raízes. Assim, há a necessidade de monitorar plantas que apresentam esse tipo de sistema radicular nas condições de solo de seu habitat natural (KORCAK, 1989).

A seguir será apresentado um resumo dos principais aspectos relacionados aos elementos que influenciam a acidez do solo e/ou que são afetados por ela, e que ao mesmo tempo podem causar toxidez para as diferentes espécies e cultivares de mirtilo. Grande parte das informações foram baseadas em revisão de Korcak (1989).

## Alumínio (Al)

Como já referido anteriormente, o Al geralmente é considerado o fator mais limitante ao crescimento das plantas em solos com pH baixos. No entanto, as plantas calcíugas desenvolvem-se em níveis de pH os quais geralmente ocorrem danos às raízes de outras plantas (FOY et al., 1978). Assim, as plantas calcíugas seriam boas candidatas para estudos de estresse fisiológico em raízes causado por Al. Partindo dessa premissa, seria assumido de fato que o mirtilo, enquanto espécie, é tolerante ao Al (KORCAK, 1989).

Poucos trabalhos com mirtilo trazem informações sobre os níveis de Al em tecido e no solo em condições normais de cultivo. Geralmente os níveis de Al no tecido variam de 100 a 2.000 mg kg<sup>-1</sup>, com maiores concentrações nas brotações (folhas) do que nas raízes (KORCAK, 1987; REICH et al., 1982). Esses valores devem ser usados com restrições como padrão de comparação para outros estudos, devido a grande variação de Al no solo, em função do material de origem, pH, conteúdo e tipo de MO do solo e/ou das espécies de plantas que se desenvolvem nessas condições.

Segundo e Korcak (1988) e Spiers (1984), a espécie de mirtilo do tipo rabbiteye caracteriza-se por plantas que têm afinidade por ambientes ácidos e acumulam altos níveis de manganês e de alumínio.

Em condições de campo, Trevett et al. (1968) relatam níveis foliares de 110 mg Al kg<sup>-1</sup> para *Vaccinium angustifolium* e de 1.500 mg kg<sup>-1</sup> de Mn para *Vaccinium myrtilloides*. Já segundo Ballinger e Goldston (1967), para *Vaccinium corymbosum* (Highbush), os níveis foliares de Al e de Mn, em pomares comerciais, foram de 445 e 183 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Tais níveis não afetaram o desenvolvimento das plantas.

Para Pratt (1973) o provável efeito estimulante do Al no desenvolvimento de espécies calcíugas, como o mirtilo, está relacionado a efeitos indiretos associados à redução do pH. Nessa mesma linha, Peterson et al. (1987) constataram que altos níveis de Al nas folhas (até 317 mg kg<sup>-1</sup>), obtidos a partir de fertilização com sulfato de alumínio, apresentaram correlação negativa com o desenvolvimento de plantas de mirtilo do tipo rabbiteye.

Spiers (1990) observou que plantas de mirtilo da cv. Tifblue (tipo rabbiteye) submetidas a níveis elevados de Al e Mn apresentaram acúmulo de 2.448 mg Mn kg<sup>-1</sup> em suas folhas. No entanto, apenas no nível maior de Mn (18,0 mM), sem a presença de Al, o vigor das plantas foi afetado. Foram constatados efeitos negativos sobre todas as variáveis de desenvolvimento das plantas, menor vigor, folhas com sintomas de clorose e brotações menores. Tais efeitos podem estar relacionados com a combinação do anion Cl<sup>-</sup> com a fertilização a base de Mn, já que a combinação de Al-Cl<sup>-</sup> geralmente é mais tóxica do que Al-SO<sub>4</sub>. Porém o uso de sulfato de amônio, como fonte de nitrogênio, tende a reduzir esses efeitos.

De acordo com Korcak et al. (1982), o Al é transportado aos pontos de crescimento da parte aérea das plantas, ao contrário do Mn, que é distribuído igualmente entre as raízes e a parte aérea.

Assim, seria óbvio assumir que o mirtilo é tolerante ao Al, já que requerem pH baixo para o seu ótimo desenvolvimento. Entretanto, mirtilos do tipo highbush, por exemplo, crescem bem em solos arenosos, de pH baixo e de alto teor de MO, ou seja, em condições, as quais, naturalmente, os teores de Al são muito baixos, apesar de o pH também ser baixo. Isso tem sido demonstrado com cevada, alfafa e trevo, sob condições de adição de turfa ou ácidos fúlvicos quelantes, os quais diminuíram os sintomas de toxidez por Al em relação ao tratamento controle (sem a aplicação de turfa) (HARGROVE; THOMAS, 1981; TOTTEV, 1979).

Comumente observa-se que as raízes de mirtilo concentram-se no horizonte orgânico do solo ou na superfície onde foram aplicados diferentes materiais de origem orgânica (GOUGH, 1980). Embora Coville (1927) tenha recomendado o uso de sulfato de alumínio para a acidificação do solo para o crescimento vigoroso de plantas de mirtilo, trabalhos mais recentes têm indicado alguns problemas com essa fonte de acidificação. Peterson et al. (1987) usou enxofre elementar e sulfato de alumínio em um solo areno-argiloso, com e sem a incorporação de serragem, tendo observado que as plantas se desenvolveram melhor no tratamento com enxofre elementar. Entretanto, os dados de Al no tecido não foram apresentados. De tal modo que há a necessidade de investigar a existência ou não de tolerância das espécies de mirtilo aos diferentes níveis de Al presentes no solo.

Essa informação seria extremamente importante, principalmente quando se deseja introduzir a espécie em áreas de solos argilosos, onde os teores de Al são geralmente maiores do que os solos arenosos, ainda que estes também possam ser ácidos (KORCAK, 1989).

O cultivo de mirtilo em solos ácidos levanta a questão se a presença de Al no solo é ou não prejudicial ao crescimento das plantas (KORCAK, 1988). Ao que tudo indica, o papel da membrana plasmática na tolerância ao Al tem sido o mecanismo mais aceito e estudos com esse objetivo, poderiam prover as informações necessárias para confirmar a tolerância das plantas de mirtilo ao Al (KORCAK, 1989).

De acordo com Borie e Rubio (2003) e Mora et al. (2004), atualmente, uma das principais espécies de importância agrônômica do Sul do Chile é o mirtilo do tipo highbush (*Vaccinium corymbosum*), o qual é cultivado em solos ácidos (Andisols) de origem vulcânica, caracterizados pela presença de altas concentrações de alumínio ( $Al^{3+}$ ). Considerando que a maioria dos estudos sobre o papel do estresse por Al foram realizados em fenômenos que ocorrem nas raízes e pouco se sabe sobre os efeitos do estresse sobre a funcionalidade do aparato fotossintético, Reyes-Díaz et al. (2009, 2010), realizaram trabalhos visando relacionar o efeito do Al sobre a fotossíntese em mirtilo do tipo highbush.

No primeiro trabalho, Reyes-Díaz et al. (2009) avaliaram três cultivares de mirtilo do tipo highbush de acordo com sua tolerância ao Al. Níveis de toxicidade ao Al foram estabelecidas para as cultivares Brigitta, Legacy e Bluegold, as quais foram cultivadas em estufa hidropônica em soluções contendo diferentes concentrações de Al (0, 25, 50, 75 e 100 mM) por períodos de 0 até 48 horas e após permaneceram durante 24 horas em ambiente sem Al. Para as três cultivares testadas os autores observaram inibição do crescimento das raízes na dose mais alta de Al. No

entanto, a cv. Brigitta apresentou crescimento de raiz até a dose de 75 mM de Al. Os parâmetros fotoquímicos diminuíram substancialmente devido aos tratamentos com Al para as cvs. Bluegold (até 98% de inibição) e Legacy (até 80% de inibição), sem recuperação das plantas após o período de 24 horas. Em contraste, a cv. Brigitta demonstrou melhor desempenho do fotossistema II e crescimento de raízes do que as outras cultivares. Estes resultados sugerem que a cv. Brigitta é melhor para cultivo em solos ácidos com toxicidade por Al, seguido da cv. Legacy. Já, Bluegold foi altamente sensível ao estresse por Al.

Já no segundo trabalho, Reyes-Díaz et al. (2010) compararam a tolerância ao alumínio de duas cultivares de mirtilo do tipo highbush, Legacy e Bluegold, cultivadas em solução de Hoagland com concentrações crescentes de Al (0, 25, 50, 100 e 200 mM) por período de 7 a 20 dias (efeito de longo prazo). Os resultados indicaram que Bluegold apresentou a maior absorção de Al e de peroxidação lipídica nas raízes e menor taxa de crescimento relativo, em contraste com a cv. Legacy. Ambas as cultivares apresentaram padrões similares de acúmulo de Al nas folhas até a dose de 50 mM. No entanto, o maior acúmulo de Al nas folhas em relação ao tratamento testemunha foi observado para a cultivar Bluegold (sensível ao Al) em média 83%, contra 42% para a cultivar Legacy (tolerante ao Al).

Os parâmetros fotoquímicos foram mais afetados em Bluegold do que em Legacy. De acordo com esses parâmetros, Legacy foi mais tolerante ao Al do que Bluegold. A análise de componentes principais revelou que entre os processos subjacentes afetados pela toxicidade ao Al, a eficiência fotoquímica do fotossistema II, seguido por modificações do conteúdo de pigmentos fotossintéticos (clorofila e carotenóides totais) apresentam maior significância para plantas submetidas a estresse por Al, em longo prazo. Além disso, a atividade antioxidante nas folhas desempenha papel importante nos mecanismos de aclimação de mirtilo do tipo highbush a condições de estresse por Al.

### **Manganês (Mn)**

A despeito de seu sistema radicular frágil, plantas da família Ericaceae são reconhecidas como acumuladoras de Mn. Inúmeros trabalhos citam teores foliares de 2.000 a 4.000 mg kg<sup>-1</sup>, especialmente para *V. angustifolium* e para *V. vitis-idaea*. Tais teores não estão associados a nenhum tipo de sintoma visual e/ou crescimento anormal das plantas (KORCAK et al., 1982). No entanto, alguns pesquisadores têm levantado a hipótese de ocorrência de toxicidade (HAYNES; SWIFT, 1983).

A absorção de Mn geralmente aumenta em condições de pH baixo (AUSTIN et al., 1986). No entanto, outros fatores podem afetar o nível de Mn nas folhas, tanto quanto aqueles relacionados ao pH. Dentre os quais, a umidade do solo exerce grande influência na absorção de Mn, sendo que em condições de alagamento a absorção é aumentada devido a predominância de formas oxidadas deste elemento; outro fator é que o nível de Ca no solo independe do pH e em solos com baixos teores de Ca a absorção de Mn é maior; as fontes nitrogenadas também influenciam a

absorção de Mn, sendo que as amoniacais induzem a menor absorção em relação às nítricas; altos teores de Al também induzem ao aumento da concentração de Mn nas raízes (KORCAK, 1989) e finalmente, a absorção de silício (Si) promove a diminuição dos teores de Mn (MILLER, 1987).

O fato de o excesso de Mn afetar mais severamente as brotações do que as raízes, pode indicar a presença de um mecanismo que reduz a translocação de Mn para a parte aérea conferindo às plantas certa tolerância (MCGRAFT; RORISON, 1982). Entretanto, os teores de Mn nas raízes de várias progênies de mirtilo do tipo rabbiteye, cultivadas em vários tipos de solos, tenderam a ser maiores ou iguais aos teores nas brotações (KORCAK et al., 1982). Esta diferença pode implicar na existência de um mecanismo de desintoxicação o qual divide o excesso de Mn para ambas as partes das plantas.

Korcak (1989) sugere que tal mecanismo pode ser de três tipos: a) formação de um complexo e quelatização com vários compostos orgânicos (ácidos oxálico, malato e citrato); b) acúmulo no vacúolo e c) retenção na parede celular (POPE, 1983). No entanto, o mecanismo exato da tolerância de plantas da família Ericaceae a Mn permanece desconhecido.

Dentre as espécies de mirtilo, os do tipo highbush (*V. corymbosum*) apresentam baixos teores de Mn (KORCAK et al., 1982) enquanto que os do tipo lowbush (*V. angustifolium*) acumulam teores muito altos (TOWNSEND, 1969). No entanto, segundo Korcak (1989), é necessário avaliar além dos teores de Mn nas folhas, o acúmulo na matéria seca da parte aérea para identificar de fato as diferenças entre as espécies.

Nesse sentido, duas seleções de lowbush, MN84 e MN61, apresentaram teores baixos e muito baixos de Mn, respectivamente. A MN84 é uma seleção selvagem do tipo lowbush enquanto que a MN61 tem em sua genealogia apenas um dos pais do tipo lowbush. No entanto, a MN84 apresenta porte mais ereto do que o normal para esse tipo de mirtilo, sugerindo que pode ter havido cruzamentos naturais com mirtilo do tipo highbush.

Os altos teores de Mn relacionados com a baixa estatura das plantas do tipo lowbush podem ser devido a um efeito de diluição em virtude da pequena quantidade de acúmulo de matéria seca. No entanto, para Ernst (1976), as menores taxas de crescimento e produção de biomassa da maioria das plantas tolerantes a metais é resultado de gasto de energia pelo mecanismo de tolerância.

De acordo com Korcak (1989) a característica de acumular Mn pode ser benéfica em condições de baixo ou alto pH do solo. Sob condições de pH adequado para o desenvolvimento de mirtilo, aquelas espécies que têm como característica acumular Mn podem apresentar maior sobrevivência em solos com baixa MO e/ou com textura areno-argilosa ou argilosa. Os dois tipos de solos, geralmente, estão associados a alto suprimento de Mn. Assim, as plantas acumuladoras de Mn podem apresentar vantagem em relação às não acumuladoras. Já em solos com pH alto, as espécies acumuladoras de Mn poderiam ser mais capazes de garantir as suas necessidades nutricionais sob essas condições em que o Mn é normalmente menos disponível.

## Ferro (Fe)

A clorose foliar é a primeira indicação de problemas nutricionais com o crescimento de espécies de mirtilo em solos minerais argilosos (ARNOLD et al., 1982a, 1982b). As plantas calcífugas desenvolvem clorose quando da adição de nitrogênio na forma de nitrato devido a alcalinização da rizosfera ou aumento do pH dos tecidos (COLGROVE; ROBERTS, 1956). Esses efeitos foram prevenidos em azaléias que receberam a aplicação de nitrogênio na forma de nitrato, porém, o pH e as bases trocáveis foram mantidos em níveis baixos.

Plantas de mirtilo eficientes no uso de Fe são capazes de reduzir o pH da solução pela liberação de prótons pelas raízes, mas plantas ineficientes não modificaram o pH da solução (BROWN; DRAPER, 1980). Nenhum dos tipos de mirtilo testados liberou espécies redutoras de Fe e os mirtilos eficientes no uso de Fe, obtidos por cruzamento, apresentavam menos Ca do que as espécies ineficientes em Fe.

A capacidade das raízes de reduzir o pH da rizosfera e/ou liberar agentes redutores são mecanismos conhecidos usados pelas plantas para aumentar a absorção de Fe. Assim, em espécies híbridas, ocorre considerável variação na capacidade de aumentar a absorção de Fe via modificação do pH da rizosfera. As raízes das plantas geralmente apresentam de 5 a 20 vezes mais Fe do que nas folhas, em peso seco (CLARK, 1983).

A adição de Fe e sua absorção, em solos com pH elevados pela aplicação de carbonatos, foi estudada por Rutland (1971) com azaléias cultivadas na presença de bicarbonato de Ca. Nessa condição as folhas apresentaram clorose internerval e a distribuição dos teores de Fe nas folhas foi afetada. A distribuição do Fe ocorreu apenas ao longo das nervuras no tratamento contendo Ca. No tratamento controle, sem a adição de Ca, ocorreu a distribuição de Fe uniformemente em toda a folha (RUTLAND, 1971).

Este trabalho exemplifica o problema da correlação do nível do Fe nas folhas com os sintomas de deficiência, já que o teor total de Fe nas folhas com clorose e sem clorose pode ser o mesmo. Assim, a interferência do bicarbonato ocorre sobre a distribuição e no uso de Fe nas folhas, mas não necessariamente em sua absorção (KORCAK, 1987).

Existem poucas informações sobre os mecanismos de resposta a estresse por Fe em plantas calcífugas. Em plantas dicotiledôneas são observadas mudanças morfológicas nas raízes devido a deficiência de Fe e tais mudanças incluem encurtamento de raízes, raízes finas e formação de raízes secundárias (KRAMER, 1983).

Geralmente, o uso de Fe quelatizado para amenizar os sintomas da clorose férrica resultam em efeitos de curto prazo (CLARK et al., 1987), enquanto que o uso de materiais de origem orgânica pode produzir efeitos de longo prazo (SPIERS, 1978).

## Cálcio (Ca)

As plantas da família Ericaceae desenvolvem-se em ambientes ácidos e de baixo teor de Ca. Segundo Twigg e Link (1951) plantas dessa família são eficientes na absorção desse elemento.

Estudos com plantas calcífugas e calcícolas indicam que as calcífugas possuem sistema de absorção de Ca mais eficiente, devido a menor capacidade de transportar o Ca ou menor capacidade para limitar a entrada desse elemento via fosfolipídeos da membrana celular das raízes (LAMANT; MONESTIEZ, 1984).

Os teores foliares de Ca não são afetados em faixa de pH variando de 4,1 a 6,8 para mirtilos do tipo lowbush (HALL et al., 1964), de 3,5 a 7,5 para os do tipo rabbiteye (SPIERS, 1978) e 3,4 a 6,0 para os do tipo highbush (HERATH; EATON, 1968).

Os efeitos com a calagem com carbonato de Ca e/ou Mg não podem ser generalizados devido as grandes diferenças entre condições experimentais, assim como a dificuldade de separação entre pH e teor de Ca no solo.

De acordo com Korcak (1989) são necessárias pesquisas sobre o uso de gesso para aumentar os teores de Ca em solos argilosos para obtenção de condições favoráveis às raízes de plantas da família Ericaceae. Um dos benefícios potenciais do uso de gesso é que o nível de Ca é alterado com mínimo de efeito sobre o pH do solo.

Variações nos acúmulos de Ca foram observadas por Ingestad (1973) entre plantas de *V. myrtillus* e *V. vitis-idaea* com o último exibindo acúmulo um pouco maior. Geralmente, plantas de mirtilo do tipo rabbiteye contêm menor teor de Ca do que outras espécies de mirtilo (KORCAK et al., 1982) embora Spiers (1978) tenha relatado a ocorrência de maiores teores de Ca foliar nessa espécie, a partir de fertilização com nitrato de cálcio.

Entretanto, em condições de baixos teores de Ca em solução, os mirtilos absorvem quantidades menores de Ca, enquanto que em soluções mais concentradas em Ca, ocorre aumento na absorção, confirmando a hipótese de Lamont e Monestiez (1984) de que os mirtilos apresentam menor capacidade para limitar a entrada de Ca via fosfolipídeos da membrana celular das raízes

O desenvolvimento de mirtilo em solos de pH elevado, o que geralmente está relacionado com maiores teores de Ca em solução, pode ser prejudicado pela absorção excessiva de Ca. Segundo Korcak (1989) seria interessante usar mirtilos do tipo rabbiteye em condições de pH elevado já que essa espécie apresenta menores teores de Ca do que as outras espécies de mirtilo.

## Nitrogênio (N)

Embora o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), isoladamente ou em combinação com o amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) seja mais eficiente do que o amônio isolado para a maioria das culturas, as plantas da família Ericaceae, utilizam prontamente o amônio, forma inorgânica predominante na qual o N encontra-se nas áreas de ocorrência natural das espécies de mirtilo, isto é, ambientes ácidos (INGESTAD, 1973; TOWNSEND, 1969). Tal fato levou muitos pesquisadores a sugerir que o desenvolvimento limita-

do das plantas de mirtilo em solos com pH elevado deve-se à ineficiência no uso do nitrato, forma predominante do N em condições como essa (RORISON, 1986).

Segundo Korcak (1989), sob condições atípicas de solo, isto é, de solos exógenos àqueles das áreas de ocorrência natural dos mirtilos e de pH mais elevado, é necessário identificar cultivares que tenham alta atividade da enzima nitrato redutase, especialmente nas raízes. Esta enzima é responsável pela redução do nitrato para a absorção do N.

Uma grande quantidade de fatores interfere na forma a qual o N está presente nas diferentes condições de solo, incluindo pH, temperatura, fonte de N, MO, população microbiana, fixação biológica, umidade e genótipo.

Em solos ácidos, a nitrificação (conversão de N na forma amoniacal para nitrato) é limitada e, conseqüentemente, o N encontra-se na forma amoniacal. Já nas condições naturais de florestas, as ectomicorrizas preferem fontes de nitrogênio amoniacal (ALEXANDER, 1983) e o nitrato pode inibir o processo de micorrização. Assim, as menores taxas de nitrificação ocorrem em solos ácidos (LEE; STEWART, 1978).

As raízes de mirtilo estão concentradas em horizontes do solo com presença de matéria orgânica mais decomposta e desenvolvem associação endomicorrízica do tipo ericóide (KORCAK, 1989), isto é, onde as hifas do fungo formam uma rede extensa, frouxamente organizada sobre a superfície da raiz. No entanto, de acordo com Amorim et al. (2004) para que este tipo de associação ocorra, há a necessidade de condições adequadas de umidade.

O processo de nitrificação também é afetado pela presença de compostos fenólicos, onde na presença destes ocorre a inibição da nitrificação (RICE; PANCHOLY, 1974). As plantas ericáceas apresentam altos teores de compostos fenólicos em valores de 6 a 8 vezes maiores do que no milho (DIRR et al., 1972).

Em ambiente livre de nitrato, o gasto energético da planta pode ser reduzido, uma vez que a combinação de N na forma amoniacal e altos teores de Al (em solos ácidos) é potencialmente menos tóxicos para as plantas ericáceas do que a combinação de altos teores de nitrato e de Al (RORISON, 1980).

Geralmente, para mirtilos dos tipos highbush, lowbush e rabbiteye, as melhores respostas foram obtidas com fontes de N na forma amoniacal (EHANDLER et al., 1985). No entanto, Smagula e Hepler (1978) obtiveram bons resultados com a aplicação de uréia ou uréia revestida com enxofre, em mirtilos do tipo lowbush.

Vários estudos têm dedicado atenção aos efeitos do N amoniacal e ao Al em solos ácidos, cujos efeitos prejudiciais geralmente são atribuídos ao Al. No entanto, Rorison e Spencer (1983) sugerem que nessas condições o N amoniacal é mais prejudicial do que o Al e concluíram que: a) o N amoniacal e o Al inibem o crescimento das plantas; b) o Al é mais tóxico na presença de nitrato; c) quando o N amoniacal é a forma predominante há uma aparente redução na atividade do Al e d) em solos ácidos o N amoniacal não é a única forma de N predominante, mas há um pouco nitrato presente para fornecer N e/ou para aumentar a toxidez por Al.

O mecanismo envolvido no aumento da atividade do Al, quando da aplicação de fontes ní-

tricas, ainda não é conhecido, porém, é comum ocorrer elevação dos teores de Al e de P nas raízes (RORISON, 1980). Por outro lado, as fontes amoniacais tendem a acumular baixos níveis de Al nas raízes e aumentar a translocação de P (KORCAK, 1989). Ainda segundo este autor, a melhor fonte de N, para condições de solos ácidos e argilosos, seria a combinação de formas nítricas e amoniacais, permanecendo por saber qual a melhor proporção entre as duas.

### **Casos específicos envolvendo características de solo (pH e teores de Al e Mn), manejo do solo e adaptação de diferentes espécies de mirtilo**

Segundo Spiers et al. (1978) cultivares de mirtilo da espécie rabbiteye (*Vaccinium ashei*) requerem solos ácidos para melhor desenvolvimento das plantas. Nessa mesma linha, Harmer (1944) afirma que plantas de mirtilo do tipo highbush (*Vaccinium corymbosum*) desenvolvem-se bem em solos com pH entre 4,0 e 5,2, mesma faixa citada por Brightwell e Austin (1980) para as espécies do tipo lowbush (*Vaccinium angustifolium*) e rabbiteye (*Vaccinium ashei*).

Para Chandler et al. (1985) a produção comercial de mirtilo do tipo highbush (*Vaccinium corymbosum*) é limitada a áreas de solos com pH naturalmente baixo e/ou que tenham sido tratadas com produtos para acidificação do solo. Já mirtilos do tipo rabbiteye apresentam plantas geralmente muito vigorosas e adaptadas às diversas condições de cultivo (DAROW et al., 1944), desenvolvendo-se bem tanto em solos úmidos quanto bem drenados de textura arenosa e/ou argilosa (BRIGHTWELL; AUSTIN, 1980). Além disso, resistem a temperaturas elevadas e são tolerantes a seca (TERAMURA et al., 1979)

Em um estudo de três anos, Cummings et al. (1981) observaram que a sobrevivência, o desenvolvimento e a produtividade de plantas da cultivar Tifblue (*V. ashei*) decresceram com a elevação do pH de 4,5 para 7,0. A sobrevivência de plantas diminuiu até a faixa de pH de 6,0 a 6,5, enquanto que em pH 7,0 todas as plantas morreram. Por outro lado, Spiers (1984), relata que plantas das cultivares Tifblue, Delite e Woodard apresentaram crescimento e produtividade muito baixos quando cultivados em solos arenosos e com pH menor do que 3,5.

O trabalho de Austin et al. (1986) foi realizado em solo classificado como Latossolo Vermelho (localmente denominado Greenville ou Rhodic Paleuduit), de textura média. Quando da implantação do experimento, em 1976, o pH inicial do solo variava de 4,6 a 5,8.

Visando adequar o pH das parcelas experimentais foram usados calcário dolomítico, sulfato de manganês (para fornecer 13 kg ha<sup>-1</sup> de Mn) e sulfato de amônio (para fornecer 34,13 kg ha<sup>-1</sup> de N).

O resultado das análises de solo nos dois anos de duração do experimento está apresentado na Tabela 8, onde se constata que ocorreu aumento dos teores de Ca e de Mg no solo em função do aumento do pH; enquanto que os de Fe diminuíram e os de Mn não foram alterados. Tais resultados estão de acordo com o manejo adotado.

Na Tabela 9 está apresentado o efeito do pH do solo sobre a constituição mineral do tecido foliar das cultivares Delite e Tifblue em dois anos de avaliação. De um modo geral, o efeito do pH

na absorção foliar de nutrientes não refletiu a magnitude do efeito verificado no solo. Apenas os teores foliares de Ca e Mg foram influenciados pelo pH do solo, sendo significativos apenas para a cv. Delite em pH maior do que 5,8 até 6,4, no primeiro ano. Já a cv. Tifblue foi ainda menos influenciada pelo pH do solo, sendo que apenas ocorreu diminuição nos teores foliares de Mn com o aumento do pH.

Os autores constataram ainda que o teor foliar de Mn se correlacionou negativamente com o pH do solo e com os teores de K, Mg e Ca, e positivamente com os teores de Fe.

**Tabela 8.** Efeito do pH do solo nos teores dos nutrientes, em dois anos de avaliação. Dados extraídos do trabalho realizado na Southwest Georgia Experiment Station, Plains, Tifton, Georgia (EUA).

pH do solo (em água) <sup>1</sup>	Interpretação das faixas de comparação do pH do solo <sup>1</sup>	Teores de nutrientes no solo						
		P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
Ano 1982								
5,1	Fortemente ácido(4,4-5,3)	14,0	165,0 b	247,0 d	69,0 d	20,0 a	88,0	3,0
5,8	Moderadamente ácido(5,4-6,5)	12,0	200,0 a	551,0 c	144,0 c	16,0 b	78,0	3,0
6,4	Moderadamente ácido (5,4-6,5)	14,0	206,0 a	917,0 b	208,0 b	14,0 c	86,0	2,0
6,9	Parcialmente neutro	14,0	215,0 a	1.205,0 a	272,0 a	13,0 c	92,0	2,0
Ano 1983								
5,1	Fortemente ácido (4,4-5,3)	17,0 b	197,0	283,0 d	95,0 d	19,0 a	93,0	2,0
5,8	Moderadamente ácido (5,4-6,5)	14,0 b	222,0	493,0 c	152,0 c	16,0 b	85,0	2,0
6,4	Moderadamente ácido (5,4-6,5)	14,0 b	232,0	686,0 b	189,0 b	15,0 b	90,0	2,0
6,9	Praticamente neutro (6,6-7,3)	14,0 a	383,0	1.048,0 a	253,0 a	13,0 c	91,0	2,0
Média		15,3	227,5	678,8	172,8	15,8	87,9	2,3

Fonte: adaptado de Austin et al. (1986);<sup>1</sup> Faixa de comparação de pH no solo, segundo Santos et al. (2006);<sup>2</sup> Letras distintas diferem entre si no nível de 5% de probabilidade

**Tabela 9.** Efeito do pH do solo na composição mineral de tecido foliar de duas cultivares de mirtilo (*V. ashei*) em dois anos de avaliação. Dados extraídos do trabalho de Austin et al. (1986) realizado na Southwest Georgia Experiment Station, Plains, Tifton, Georgia (EUA).

pH do solo(em água) <sup>1</sup>	Faixas de comparação dos nutrientes em tecido foliar (CQFS, 2004) <sup>2</sup>	Teor de nutrientes nas folhas <sup>2,3</sup>								
		N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
		g kg <sup>-1</sup>			mg kg <sup>-1</sup>					
	Faixa abaixo do normal a insuficiente	17,9 a <15,0	1,1 a <0,80	3,4 a <3,1	3,9 a 3,1	1,1 a <0,8	10,0 a <5,0	80,0 a <60,0	50,0 a <23,0	14,0 a <8,0
	Faixa normal	18,0-21,0	1,2 - 4,0	4,0 - 8,0	4,0 - 8,0	1,2 - 2,5	11,0 - 20,0	81,0-199,0	51,0-349,0	15,0-30,0
	Faixa acima do normal a excessivo	21,1 a >25,0	4,1 a > 8,0	6,6 a > 9,5	8,1 a > 10,0	2,6 a > 4,5	21,0 a > 100,0	21,0 a > 100,0	350,0 a > 450,0	31,0 a >80,0
<b>Cultivar Delite - Ano 1982</b>										
5,1	Fortemente ácido (4,4-5,3)	13,2	1,20	6,10	7,20 b	2,30 b	4,0	156,0	1.175,0	12,0
5,8	Moderadamente ácido (5,4-6,5)	13,5	1,40	5,80	7,20 b	2,30 b	4,0	169,0	1.094,0	12,0
6,4	Moderadamente ácido (5,4-6,5)	13,5	1,20	5,60	8,50 a	3,70 a	4,0	156,0	1.079,0	11,0
6,9	Praticamente neutro (6,6-7,3)	13,2	1,30	5,70	7,50 ab	2,40 b	5,0	204,0	994,0	12,0
<b>Cultivar Tifblue - Ano 1982</b>										
5,1	Fortemente ácido (4,4-5,3)	12,5	1,30	3,60	4,70	2,60	4,0	146,0	531,0 a	16,0
5,8	Moderadamente ácido (5,4-6,5)	12,6	1,30	4,20	4,70	2,50	4,0	163,0	417,0 b	15,0
6,4	Moderadamente ácido (5,4-6,5)	12,5	1,30	3,70	4,90	2,40	4,0	160,0	380,0 b	17,0
6,9	Praticamente neutro (6,6-7,3)	12,4	1,20	4,10	4,70	2,60	4,0	129,0	343,0 b	13,0
<b>Cultivar Delite - Ano 1983</b>										
5,1	Fortemente ácido (4,4-5,3)	13,5	1,70	6,40	4,40	1,70 ab	6,0	107,0	449,0 a	7,0
5,8	Moderadamente ácido (5,4-6,5)	13,4	1,70	6,30	4,40	1,70 ab	5,0	110,0	365,0 b	7,0
6,4	Moderadamente ácido (5,4-6,5)	13,6	1,50	6,60	4,60	1,80 a	5,0	106,0	368,0 b	7,0
6,9	Praticamente neutro (6,6-7,3)	13,7	1,50	6,20	4,30	1,60 b	6,0	118,0	258,0 c	7,0
<b>Cultivar Tifblue - Ano 1982</b>										
5,1	Fortemente ácido (4,4-5,3)	13,6	0,90	4,70	2,90	2,90	1,80 a	105,0	246,0 a	9,0 a
5,8	Moderadamente ácido (5,4-6,5)	13,5	0,80	4,70	2,70	2,70	1,60 ab	111,0	175,0 b	8,0 ab
6,4	Moderadamente ácido (5,4-6,5)	13,1	0,80	4,70	2,70	2,70	1,60 ab	106,0	144,0 bc	8,0 ab
6,9	Praticamente neutro (6,6-7,3)	13,3	0,70	4,80	2,70	2,70	1,50 b	115,0	131,0 c	8,0 b
Média		13,2	1,24	5,20	4,88	2,13	4,6	135,1	510,6	10,6

<sup>1</sup> Faixa de comparação de pH no solo segundo Santos et al. (2006);<sup>2</sup> Faixas de comparação de teores de nutrientes em tecido foliar, segundo Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004);<sup>3</sup> Letras distintas diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: adaptado de Austin et al. (1986);

As duas cultivares apresentaram produtividades semelhantes no solo estudado (Latosolo Vermelho), porém, para ambas, as produtividades diminuíram com o aumento do pH (Tabela 6). Segundo Austin et al. (1986), a produtividade correlacionou-se negativamente com o pH do solo. No entanto, é importante observar que o menor valor de pH do solo era 5,1.

Através de análise de regressão múltipla, o teor foliar de Ca, para a cv. Delite contribuiu com 69% da variação da variável produtividade. Nenhuma outra variável influenciou com tamanha magnitude a produtividade, nem mesmo o pH do solo. Já para a cv. Tifblue, o mesmo tipo de análise indicou que 72% da produtividade deveu-se a influência do teor foliar de Ca. Segundo Austin et al. (1986) estes dados indicam que é necessário estudar o efeito de níveis de Ca no solo sobre o crescimento e a produtividade de cultivares de mirtilo do tipo rabbiteye. Austin et al. (1986) concluem que plantas da cultivar Delite apresentaram bom desenvolvimento em pH entre 5,0 e 5,5, com clorose férrica leve nas folhas em função do aumento do pH. Já em solos com pH acima de 5,5 o desenvolvimento das plantas diminuiu e os sintomas de clorose foliar aumentaram em pH acima de 6,5. Já para a cultivar Tifblue os autores relatam que em solos arenosos o pH não deve ser maior do que 5,1, devido ao aparecimento de clorose férrica severa nas folhas.

Em trabalho realizado por Finn et al. (1993), com o objetivo de avaliar a sobrevivência e o crescimento de diversos genótipos e espécies de mirtilo em diferentes níveis de pH, os autores observaram que o pH do solo na profundidade de 0-15 cm foi de 5,0 ± 0,2 para o tratamento de pH

baixo,  $5,5 \pm 0,1$  para o solo nativo, e  $6,5 \pm 0,3$  para o tratamento de pH alto. Já na profundidade de 15-30 cm, o pH foi de  $5,4 \pm 0,2$  para todos os tratamentos.

Diferenças visuais no crescimento das plantas indicaram claramente que os níveis de pH afetaram o crescimento das plantas. Em particular, a adição de Fe fornecido via sulfato de ferro, para obter o nível de pH baixo (5,0), não transformou-se em benefício para uma espécie calcífuga como o mirtilo. Provavelmente devido ao fato de o Fe ser mais disponível em condições de pH baixos (TISDALE et al., 1985).

As plantas apresentaram crescimento muito bom em pH baixo (5,0), ruim no regime de pH alto (6,5), e intermediárias no regime de pH do solo nativo (5,5), como indicado pela variável vigor de planta. Os valores médios para o vigor de plantas foi de 7,2, 5,5 e 3,8, para pH 5,0, 5,5 e 6,5, respectivamente (Tabela 10).

**Tabela 10.** Efeito do pH do solo em diferentes populações de mirtilo. Dados extraídos do trabalho de Finn et al. (1993) realizado no Department of Horticultural Science, University of Minnesota, St. Paul, Minnesota (EUA).

População	Profundidade (cm)	Vigor de plantas <sup>1</sup>		
		pH baixo	pH nativo	pH alto
	0-15	5,0	5,5	6,5
	15-30	5,4	5,4	5,4
Cultivares				
Northsky		6,6	6,0	3,8
Northcountry		6,6	5,7	4,2
Northblue		6,8	5,6	5,2
Cruzamentos interespecíficos				
8641 (GR - 1 x Spartan)		5,9	5,6	4,9
8645 (Northblue x GR-1)		8,1	6,2	4,1
8634 (MN-61 x Spartan)		7,5	5,1	3,1
8602 (MN-61 x GRVa)		6,4	4,8	4,6
Cruzamentos entre <i>V. angustifolium</i>				
86207 (N7068 x N7094)		8,3	5,3	3,5
86283 (N70153 x N7098)		8,1	5,7	1,4
86287 (MN-61 x N70146)		7,4	4,8	3,1
Média		7,2	5,5	3,8

<sup>(1)</sup> Escala de vigor (1 a 9): 1 = planta fraca ou com clorose; 9 = planta verde, saudável e vigorosa

Fonte: adaptado de Austin et al. (1993);

Em geral, as plantas apresentavam raízes mais finas no tratamento com pH baixo e raízes mais grossas no tratamento com pH elevado. Em contraste, Townsend (1971) relatou que raízes da cv. Blueray, em solução de pH 3,0, foram mais grossas enquanto que em níveis mais elevados de pH (até 6,0), as raízes tornaram-se sensivelmente mais finas.

O sistema radicular foi mais comprido nas condições de pH baixo, penetrando até 30 cm

no solo, enquanto que no regime de pH elevado o comprimento foi menor, sendo que as raízes ultrapassaram poucos milímetros além do recipiente com substrato a base de turfa.

Apesar disso, foram selecionadas plantas nessa situação de pH elevado para uso em programa de melhoramento no estado de Minnesota. Tais plantas eram vigorosas e/ou menos cloróticas do que outras, embora não tão vigorosas quanto aquelas que se desenvolveram em pH baixo (solo de áreas nativas do mirtilo).

Amostras de solo também foram coletadas em torno das plantas selecionadas para determinar se o pH em torno das raízes dessas plantas era diferente do pH geral do bloco. A correlação entre tais pH's foi positiva e elevada ( $r=0,88$ ,  $P\leq 0,01$ ). Essa correlação sugere que as plantas selecionadas no tratamento de pH alto foram, de fato, expostas ao nível mais elevado de pH no solo e poderiam ser submetidas a testes de tolerância a pH mais elevados. Além disso, variação significativa, devido aos níveis de pH, foi observada para vigor do sistema radicular e ramificação das raízes ( $P\leq 0,05$ ), mas não para a sobrevivência de plantas. Ainda que não tenha ocorrido efeito significativo da interação entre níveis de pH e genótipos, três populações apresentaram peso seco de planta maior do que as demais, sendo que em sua genealogia, todas eram híbridos interespecíficos de *Vaccinium corymbosum* e *Vaccinium angustifolium* (dados não apresentados). Duas das três populações foram obtidas a partir de cruzamentos com o genótipo GR-1 (híbrido entre *Vaccinium corymbosum* e *Vaccinium angustifolium*): população 8641: GR-1 x Spartan; população 8645: GR-1 x Northblue. O híbrido GR-1 já havia sido identificado por Finn et al. (1991) como tolerante a pH elevado em testes in vitro.

Sob as condições dos diferentes níveis de pH, constatou-se diferenças entre as três cultivares oriundas do estado de Minnesota. O vigor relativo dessas cultivares, Northblue>Northcountry>Northsky, independentemente do nível de pH, reflete o desempenho amplo e superior observado na maioria dos outros estudos realizados em cultivos comerciais (LUBY et al., 1986).

De acordo com Finn et al. (1993), o maior peso seco da parte aérea e maior vigor da cv. Northblue, em pH elevado, reflete o seu maior vigor em geral. Além disso, destacam que a alta correlação entre o peso seco da parte aérea e o peso seco da planta inteira indica que a parte aérea da planta pode ser usada como uma estimativa precisa de plantas adaptadas a condições específicas, sem a necessidade de destruir a planta.

Korcak (1986b), por sua vez, testando a adaptação de diferentes genótipos de mirtilo em vários tipos de solos, observou que em solo arenoso (Berryland, 96% de areia, 3% de argila), com pH 3,9, com elevada CTC ( $21,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e baixo teor de MO (1,8%), as plantas apresentaram crescimento vigoroso. Já em outro tipo de solo de textura franco-arenosa (Pope, 59% de areia, 24% de argila) o desenvolvimento das plantas foi menor, ainda que o valor da CTC fosse um pouco menor ( $14,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e o teor de MO (3,7%) fosse o dobro daquele do solo arenoso (Tabela 8).

Além disso, o autor observou grandes diferenças no crescimento dos genótipos de mirtilo em solos aparentemente semelhantes entre si quanto a pH e teor de argila (Pope: pH 5,2 e 24% de argila; Manor, pH 5,4 e 30% de argila). Para explicar esses resultados o autor sugere a existência

de fração altamente reativa na MO do solo arenoso, expressa através do elevado valor da CTC deste solo ( $21,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ). Porém, não considera a possibilidade de presença de endomicorrizas do tipo ericóide na MO, já que dentre os solos testados, Berryland, juntamente com solo Galestown, foi usado como solo padrão de áreas de ocorrência natural de mirtilo.

Nesse sentido, Yang e Goulart (1997) testaram doses de Al e P em plantas da cv. Elliot (*V. corymbosum*) com e sem inoculação de fungos endomicorrízicos ericóides (gêneros *Hymenoscyphus*, *Oidiodendron* e *Scytalidium*), e observaram efeitos tóxicos da presença de Al com as conseqüentes diminuições do tamanho de raízes, de brotações e do peso seco de planta; observaram ainda que muitos desses efeitos negativos foram revertidos com a aplicação foliar de P e N, indicando que a absorção destes nutrientes foi limitada pela dose elevada de Al; e finalmente, os autores observaram correlação negativa entre os teores de Al e P nas raízes das plantas não micorrizadas, mas não naquelas que foram inoculadas, o que lhes permitiu concluir que o processo de micorrização pode interferir na absorção de P, ainda que os teores de Al também tenham sido maiores no tecido foliar. Importante destacar que os autores coletaram solo (do tipo Espodossolo) de área de ocorrência natural de mirtilo do tipo highbush para realizar a inoculação dos fungos micorrízicos nas plantas da cv. Elliot.

No experimento de Korcak (1986a) o autor não informa os teores de Al presentes nos solos, porém, a partir do  $H+Al$  calculado e dos valores de pH, presume-se que a contribuição deste elemento na  $CTC_{\text{efetiva}}$  (m%), seja elevada, já que os teores de MO são relativamente baixos, com exceção do solo Pope (3,7% de MO). Ou seja, a acidez potencial deve-se basicamente ao Al em comparação aos prótons  $H^+$  oriundos da MO (Tabela 8), o que de certa forma, minimiza o papel atribuído a fração altamente reativa da MO. Porém, realmente em solos arenosos, a CTC é mais dependente da MO já que a presença de minerais da fração argila é muito pequena (STRECK et al., 2008). Além disso, de acordo com Martins et al. (2004), geralmente, a fração areia, na maioria dos solos, é constituída de quartzo, hematita, goethita, caulinita, podendo conter feldspato potássico e mica, ou seja, a maioria desses minerais apresenta CTC muito baixa.

Os demais solos testados no experimento de Korcak (1986a) foram coletados em áreas de não ocorrência natural de mirtilo, portanto, com menores possibilidades de conter em sua fração orgânica a presença dos fungos micorrízicos específicos. Além disso, apesar da adição de turfa aos solos, o crescimento do sistema radicular dos genótipos não foi influenciado. Tais fatores podem auxiliar no entendimento dos resultados obtidos por Korcak (1986a).

No entanto, em avaliação realizada dois anos após o início do experimento, a adição de turfa (4,4 kg misturados até 8-10cm superficiais de cada vaso) promoveu o aumento da CTC de todos os solos (Tabela 11).

Segundo Korcak (1986b) a combinação de baixo nível de nutrientes e elevado teor de areia conferem baixos níveis de cátions em tecidos foliares de mirtilo e podem favorecer o desenvolvimento das plantas. Já em solos mais férteis este específico balanço entre nutrientes é afetado, contribuindo para o inadequado desenvolvimento das plantas.

Em trabalho realizado por Cummings et al. (1981), o crescimento de mirtilo do tipo rabbi-

teye foi afetado negativamente com a aplicação de calcário para elevar o pH acima de 4,5, sendo que em pH 7,0 as plantas morreram. Este mesmo autor relata que a aplicação de enxofre foi menos eficaz do que a serragem na superação dos efeitos nocivos do pH elevado.

**Tabela 11.** Propriedades químicas e físicas de diferentes tipos de solo cultivados com diferentes genótipos de mirtilo, analisados em duas épocas. Dados extraídos do trabalho de Korcak (1986a), realizado no Agricultural Research Center, USDA, Beltsville, Maryland (EUA).

Tipo de solo e época de análise em relação a implementação do experimento	Textura do solo (%)			CTC <sub>pH7,0</sub>		K	Ca	Mg	MO	pH em água <sup>2</sup>	Interpretação pH <sup>1</sup>	H+Al		Contribuição das bases trocáveis na CTC <sub>pH7,0</sub> (%) e interpretação de valores <sup>5</sup>				
	Areia	Silte	Argila	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>							Interpret. H+Al	Interpret. K(%)	Interpret. Mg (%)	Interpret. K(%)	Interpret. Mg (%)		
Berryland <sup>1</sup>	96,0	1,0	3,0	21,4	15,6	70,4	1,7	0,40	n.i	4,2	Muito baixo(<5,0)	Alto(>6,0)	18,7	11,3	1,3	MB	0,13	MB
Berryland	n.i	n.i	n.i	17,2	70,4	70,4	1,7	0,40	n.i	4,2	Muito baixo(<5,0)	Alto(>6,0)	14,9	10,4	2,8	MB	1,00	B
Galestown <sup>2</sup>	59,0	17,0	24,0	16,4	62,6	62,6	2,3	0,17	1,3	4,3	Muito baixo(<5,0)	Alto(>6,0)	13,8	14,2	1,3	MB	0,37	MB
Galestown	n.i	n.i	n.i	13,3	62,6	62,6	1,2	0,32	n.i	4,5	Muito baixo(<5,0)	Alto(>6,0)	11,6	9,5	2,7	MB	1,20	M
Galestown+Turfa	n.i	n.i	n.i	17,9	58,7	58,7	2,1	0,38	n.i	4,3	Muito baixo(<5,0)	Alto(>6,0)	15,3	11,9	2,5	MB	0,80	B
Manor <sup>3</sup>	44,0	26,0	30,0	13,4	70,4	70,4	4,0	0,60	1,3	5,2	Baixo(5,1-5,4)	Alto(>6,0)	8,6	29,7	5,1	B	1,30	M
Manor	n.i	n.i	n.i	8,3	97,8	97,8	2,2	0,48	n.i	4,9	Muito baixo(<5,0)	Mé-dio(4,1-6,0)	5,4	27,2	6,8	B	3,00	A
Manor+Turfa	n.i	n.i	n.i	12,8	93,8	93,8	3,0	0,60	n.i	4,9	Muito baixo(<5,0)	Alto(>6,0)	9,0	23,6	5,0	B	1,80	M
Pope <sup>4</sup>	59,0	17,0	24,0	14,4	66,5	66,5	6,5	0,80	3,7	5,4	Baixo(5,1-5,4)	Alto(>6,0)	7,0	44,8	5,8	M	1,20	M
Pope	n.i	n.i	n.i	14,8	101,7	101,7	4,2	0,70	n.i	5,2	Baixo(5,1-5,4)	Alto(>6,0)	9,6	28,7	5,0	B	1,80	M
Pope+Turfa	n.i	n.i	n.i	17,3	101,7	101,7	5,1	0,82	n.i	5,4	Baixo(5,1-5,4)	Alto(>6,0)	11,1	32,0	5,3	B	1,60	M
Média	64,5	15,3	20,3	15,2	72,9	72,9	3,1	0,50	4,7	4,7			11,4	22,1	4,0		1,3	

<sup>1</sup>Berryland: solo arenoso e <sup>2</sup>Galestown: solo de textura média, ambos solos típicos das áreas de ocorrência natural de mirtilo highbush na costa leste dos Estados Unidos da América;<sup>3</sup>Manor: solo de textura média da região de Piedmont, Virginia-EUA(Fonte: SPIERS,1984);<sup>4</sup>Pope: solo de textura média da região de terras altas dos Apalaches, Pennsylvania-EUA(SPIERS, 1984);<sup>5</sup>Segundo Santos et al. (2006);<sup>6</sup>Segundo Bissant et al. (2008):Ca-MB: Muito baixa: <20,0%; B: Baixa: 21,0-40,0%; M: Média: 41,0-60,0; Mg-MB: Muito Baixa: <5,0%; B: Baixa: 5,1-10,0%; K-MB: Muito Baixa: <0,5%; B: Baixa: 0,6-1,0%; M: Média: 1,1-2,0; A: Alta: >2,0%

Já Spiers (1984) testou a combinação de calcário e fonte de enxofre sobre a modificação do pH do solo e os conseqüentes efeitos sobre o crescimento, produtividade e teor foliar de nutrientes em mirtilo do tipo rabbiteye. O solo foi classificado regionalmente como do tipo Ruston (Argissolo típico, de textura franco-arenosa). A CTC era de 6,1 meq 100 g.

O delineamento experimental constou do fator doses de calcário e da fonte de enxofre locado na parcela e a presença e/ou ausência de turfa, na subparcela. Além disso, na subparcela, foram incluídas as cultivares Tifblue, Delite e Woodard, sendo dois blocos (repetições) para cada uma.

As doses testadas de calcário (95% de  $\text{CaCO}_3$  e 0,7% de  $\text{MgO}_3$ ) e da fonte de enxofre foram as mesmas. Além desses tratamentos, foram incluídos três tratamentos adicionais combinando doses de calcário e enxofre: 1.120 + 1.120, 2.240 + 2.240, 4.480 + 4.480  $\text{kg ha}^{-1}$  (Tabela 12).

**Tabela 12.** Efeito de doses de calcário, de fonte de enxofre e da combinação entre ambas, sobre o pH do solo em diferentes anos de avaliação. Dados extraídos do trabalho de Spiers (1984) realizado no Small Fruit Research Station, USDA, Poplarville, Mississippi (EUA).

Tratamento	Dose( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Valores de pH do solo e anos de avaliação				Média
		1979	1980	1981	1982	
Calcário	0	5,0	4,8	4,9	4,9	4,9
	1.120	5,4	5,2	5,3	5,2	5,3
	2.240	5,6	5,6	5,5	5,5	5,6
	4.480	6,0	6,1	6,2	6,0	6,1
	8.960	6,3	7,0	6,5	6,5	6,6
Fonte de enxofre	0	5,0	4,8	4,9	4,9	4,9
	1.120	4,4	3,9	4,1	4,2	4,2
	2.240	4,1	3,5	4,0	4,0	3,9
	4.480	3,7	3,3	3,8	3,8	3,7
	8.960	3,4	3,1	3,6	3,7	3,5
Calcário + Fonte de enxofre	1.120+1.120	4,7	3,8	4,1	4,2	4,2
	2.240+2.240	4,6	3,6	3,9	4,1	4,1
	4.480+4.480	4,3	3,4	3,7	4,0	3,9

Fonte: adaptado de Spiers (1984).

A aplicação dos tratamentos foi realizada em outubro de 1978, sendo que o pH inicial era 4,9. Em fevereiro de 1979, cinco meses após, o pH variou de 6,9 (no tratamento com 8.960  $\text{kg ha}^{-1}$  de calcário) a 3,7 (no tratamento com 8.960  $\text{kg ha}^{-1}$  da fonte de enxofre). A maior amplitude de pH ocorreu no final do verão de 1979 (ou seja, 10 meses após a aplicação dos tratamentos), variando de 7,3 no tratamento 8.960  $\text{kg ha}^{-1}$  de calcário a 2,8 no tratamento com 8.960  $\text{kg ha}^{-1}$  da fonte de enxofre. Os valores de pH permaneceram constantes, de acordo com os tratamentos, até o verão de 1980, quando passaram a apresentarem pequena variação (Tabela 12).

Em geral, não houve diferença significativa para as variáveis altura e vigor de planta e produtividade entre plantas desenvolvidas em pH variando de 3,9 a 6,1. No entanto, plantas que se desenvolveram em solo com pH 6,6 apresentaram menor altura e vigor do que aquelas desenvolvidas em solo com pH variando de 4,2 a 6,1, porém, estas foram maiores do que aquelas desenvolvidas em solo com pH 3,9.

Além disso, os autores constataram morte de plantas nas doses de 4.480 e 8.960 kg ha<sup>-1</sup> da fonte de enxofre, porém, a mortalidade foi menor na dose de 4.480 kg ha<sup>-1</sup>. As plantas que sobreviveram a dose de 8.960 kg ha<sup>-1</sup> apresentaram menor crescimento.

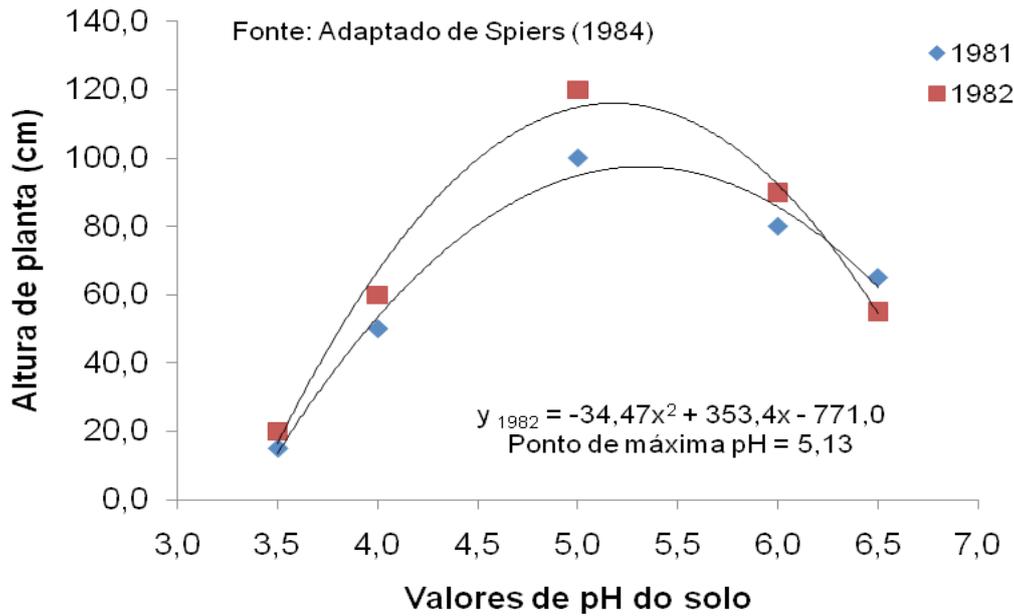
Quando quantidades iguais de calcário e da fonte de enxofre foram adicionadas, a reposta das plantas teve correlação positiva com os valores de pH do solo, sendo que este foi influenciado mais pela fonte de S do que pelo calcário.

De acordo com Bissani et al. (2008), a recomendação de enxofre (na forma de gesso) é adequada quando os teores de Ca trocável forem <0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e os de Al trocável forem interpretados como baixos (no máximo até 0,75 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, o que corresponde ao valor máximo de 10% da saturação por Al da CTC<sub>efetiva</sub>).

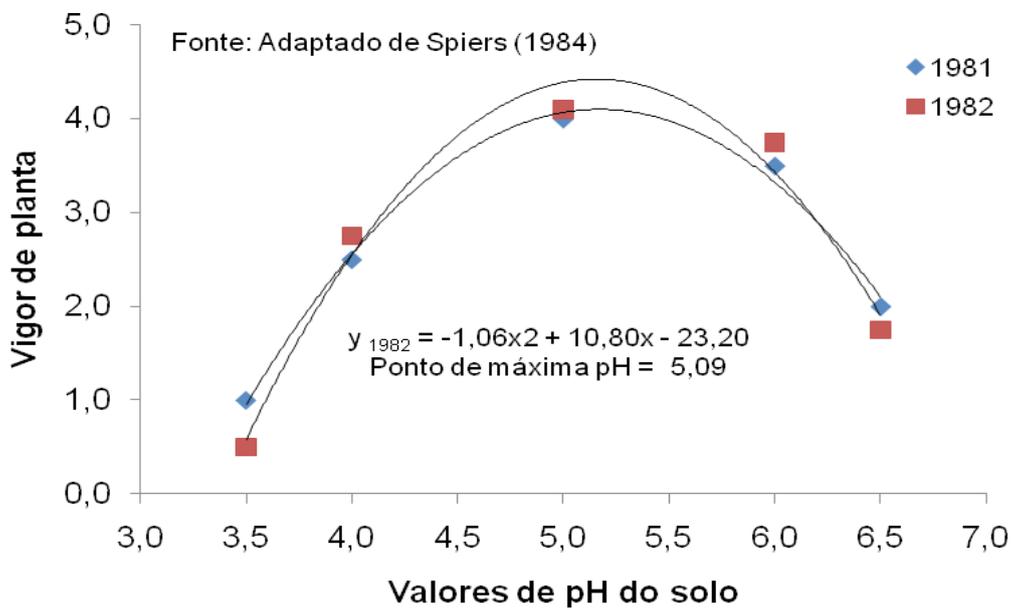
A altura de planta foi menor em pH 3,4, aumentando rapidamente até pH 4,5, permanecendo constante entre pH 4,5 e 6,1, e decaindo em pH maior do que 6,1 (Figura 7). Já aquelas plantas desenvolvidas em solo com pH extremamente baixo apresentaram problemas de vigor durante o primeiro e o segundo ano após a aplicação dos tratamentos (Figura 8). Conforme o pH foi gradualmente aumentando (de 3,4 passou para 3,7, em 1982), as plantas sobreviventes não apresentaram redução do vigor como ocorreu com plantas que se desenvolveram em pH 6,6, ou seja, as plantas cultivadas em solo com pH alto não conseguiram se recuperar dessa situação de estresse tanto quanto aquelas que se desenvolveram em pH baixo, apesar de também apresentarem problemas de desenvolvimento.

A produtividade foi significativamente menor em solos com pH de 3,4 e 3,6, do que naquelas que apresentavam pH 3,9 e 4,2.

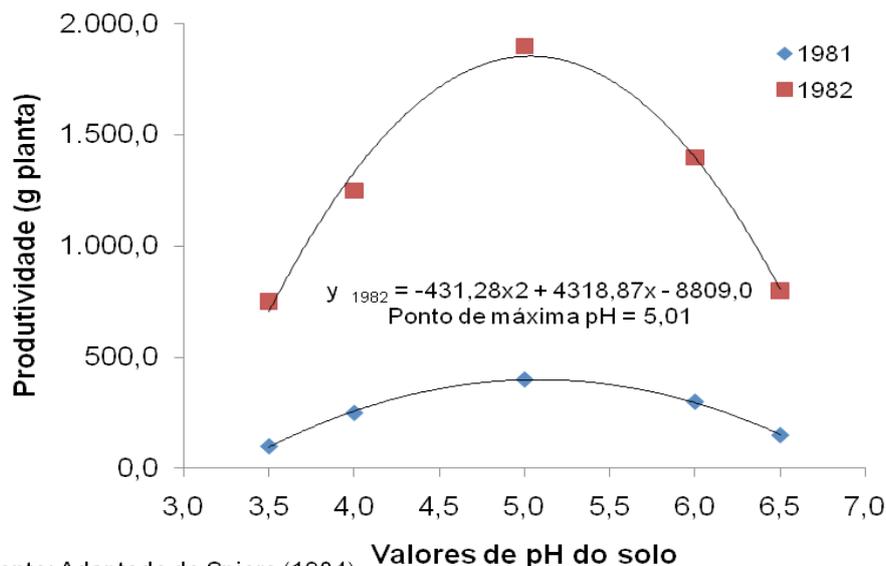
Assim, os valores ótimos de pH para cada uma das variáveis analisadas foram os seguintes: 5,13 para altura de planta (Figura 7), 5,09 para vigor de planta (Figura 8) e 5,01 para produtividade (Figura 9).



**Figura 7.** Efeito do pH sobre a altura de planta de três cultivares de mirtilo rabbiteye (Delite, Tifblue e Woodard) em dois anos de avaliação. Dados extraídos do trabalho de Spiers (1984) realizado no Small Fruit Research Station, USDA, Poplarville, Mississippi (EUA).



**Figura 8.** Efeito do pH sobre o vigor de planta de três cultivares de mirtilo rabbiteye (Delite, Tifblue e Woodard) em dois anos de avaliação. Dados extraídos do trabalho de Spiers (1984) realizado no Small Fruit Research Station, USDA, Poplarville, Mississippi (EUA).



**Figura 9.** Efeito do pH sobre a produtividade de três cultivares de mirtilo rabbiteye (Delite, Tifblue e Woodard) em dois anos de avaliação. Dados extraídos do trabalho de Spiers (1984) realizado no Small Fruit Research Station, USDA, Poplarville, Mississippi (EUA).

Não houve interação entre os fatores doses de calcário/enxofre x com/sem turfa para as variáveis vigor, altura de planta e produtividade. No entanto, isoladamente, a incorporação de turfa promoveu aumento nessas variáveis (Tabela 13). Porém, o autor não informou a dose de turfa usada no experimento.

**Tabela 13.** Efeito da turfa sobre parâmetros vegetativos e reprodutivos de três cultivares de mirtilo rabbiteye (Delite, Tifblue e Woodard). Dados extraídos do trabalho de Spiers (1984) realizado no Small Fruit Research Station, USDA, Poplarville, Mississippi (EUA).

Tratamento	Vigor de planta <sup>(1)</sup>			Altura de planta (cm)		Produtividade (g planta)	
	1980	1981	1982	1981	1982	1981	1982
Com turfa	4,0	3,3	3,4	87,0	102,0	404,0	1.740,0
Sem turfa	3,2	2,8	2,7	70,0	82,0	269,0	1.310,0

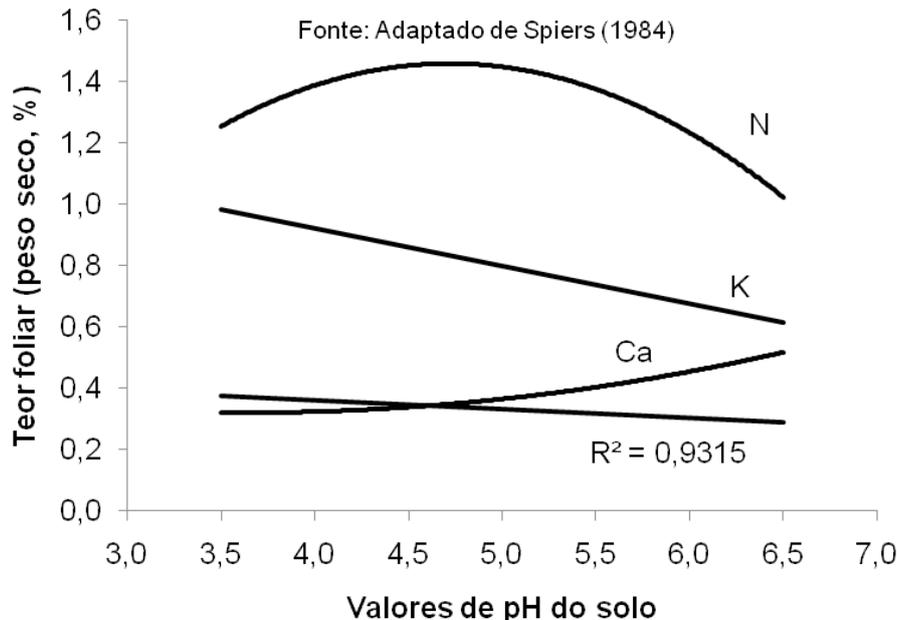
<sup>(1)</sup> Avaliação visual: 0=planta morta; 1=menor vigor; 5=maior vigor

Fonte: adaptado de Spiers (1984)

Em relação a absorção de nutrientes, o teor foliar de Ca não foi influenciado pelas doses de calcário, indicando que mirtilos da espécie rabbiteye não são plantas acumuladoras deste nutriente (Figura 10). Porém, outros trabalhos afirmam que as espécies de mirtilo são consideradas calcífugas, isto é, plantas que apresentam vigor limitado quando em condições de teores elevados de Ca no solo. No entanto, em condições de acidez do solo intermediárias (pH entre 4,5 e 5,5) o seu desenvolvimento é adequado. Isso sugere que seria mais pertinente referir-se ao mirtilo do

tipo rabbiteye como espécie não acumuladora de Ca ou eficiente no uso deste nutriente, como proposto por Finn et al. (1991, 1993).

Para os macronutrientes K e Mg, os teores foliares diminuíram em função do aumento do pH, enquanto que para o N houve aumento até pH 4,5, diminuindo em valores de pH mais elevados (Figura 10).



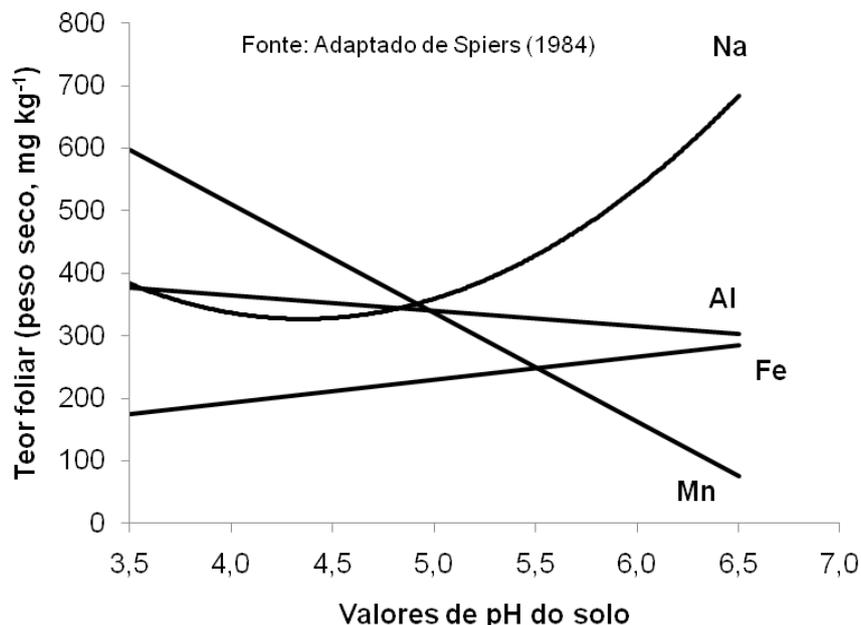
**Figura 10.** Efeito do pH sobre o teor foliar de macronutrientes em três cultivares de mirtilo rabbiteye (Delite, Tifblue e Woodard). Dados extraídos do trabalho de Spiers (1984) realizado no Small Fruit Research Station, USDA, Poplarville, Mississippi (EUA).

Já em relação aos micronutrientes, para o Mn os teores decresceram linearmente com o aumento pH do solo, sendo que em pH 3,5 o teor foi aproximadamente 20 vezes maior do que em pH 6,5 ( $600 \text{ mg kg}^{-1}$  contra  $32 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (Figura 11).

O teor de Mn no solo, antes da aplicação dos tratamentos era de  $32 \text{ mg kg}^{-1}$ , considerado médio para o tipo de solo do experimento (Argissolo típico). Já os teores foliares deste nutriente em plantas desenvolvidas em solos de pH baixo foram maiores do que aqueles referidos por Spiers (1982, 1983) em plantas adultas de mirtilos das espécies highbush e rabbiteye, mas semelhantes aos teores encontrados em plantas novas (KORCAK et al., 1982).

Segundo Spiers (1984) a toxidez por Mn pode ser uma possível explicação para a mortalidade de plantas de mirtilo rabbiteye cultivados em solos com pH extremamente baixos. Por outro lado, em solos com pH alto, o elemento sódio (Na) pode ser prejudicial ao desenvolvimento de plantas dessa espécie (Figura 11). O autor destaca que as cultivares de mirtilo rabbiteye Tifblue, Delite e Woodard desenvolveram-se satisfatoriamente em faixa de pH de 3,9 a 6,1 em Argissolo típico da região Sul do estado de Mississippi (EUA), faixa esta mais ampla do que a referida em outros trabalhos. Além disso, valores de pH classificados como extremamente baixos (pH 3,5)

foram mais prejudiciais ao desenvolvimento das plantas do que valores mais altos (pH 6,1).



**Figura 11.** Efeito do pH sobre o teor foliar de Al, Fe, Mn e Na em três cultivares de mirtilo rabbiteye (Delite, Tifblue e Woodard). Dados extraídos do trabalho de Spiers (1984) realizado no Small Fruit Research Station, USDA, Poplarville, Mississippi (EUA).

Recentemente, dois trabalhos realizados nos Estados Unidos abordaram a calagem e/ou o pH em mirtilo (HECKMAN et al., 2002; CLARK et al., 1994). Segundo Heckman et al. (2002), os diversos tipos de solos das áreas de produção de mirtilo no Estado de New Jersey (EUA), frequentemente apresentam pH muito mais baixo do que a faixa considerada adequada para a espécie (de 4,0 a 5,2) (AUSTIN et al., 1986), como consequência das diversas práticas de manejo, principalmente da aplicação de fertilizantes nitrogenados.

Considerando o pH de 4,8 como ótimo para a cultura (valor sugerido por Gough, 1996), os autores observaram que as quantidades de calcário necessária para atingir esse valor não estavam devidamente estabelecidas. Assim, foram realizadas amostragens de solo de oito locais de produção de mirtilo com pH entre 3,3 e 3,9. Os oito solos foram incubados com doses diferentes de carbonato de cálcio (com dose máxima de 3.360 kg ha<sup>-1</sup>) para estabelecer o valor ideal de corretivo para cada um. Após 70 dias de incubação, os autores concluíram que a necessidade de calcário variou com o tipo de solo (Tabela 14).

A partir de correlação entre o pH e a quantidade de calcário aplicada, os autores concluíram que, em geral, são necessários 112 kg ha<sup>-1</sup> de calcário com PRNT 100% para elevar em um décimo o pH do solo.

Considerando o teor de MO do solo e o pH, o solo do tipo Downer amostra 8, apresentou a menor necessidade de calcário (1.119 kg ha<sup>-1</sup>), enquanto que o solo Berryland amostra 4, apresentou a maior necessidade (2.619 kg ha<sup>-1</sup>) (Tabela 14).

Apesar de os autores também não informarem os teores de Al no solo, analisando os dados

deste experimento em relação àqueles do trabalho de Korcak (1986a), confirma-se, de fato, que solos do tipo Berryland são muito ácidos, com grande participação do Al na geração da acidez potencial desse tipo de solo.

**Tabela 14.** Tipo e características de solo, pH, teor de MO e necessidade de calcário para elevar o pH a 4,8 em amostras de solo com pH <4,0. Dados extraídos do trabalho de Heckman et al. (2002) realizado no Plant Science Dept, Rutgers University, New Jersey (EUA).

Local	Tipo de solo e características <sup>1</sup>	Textura do solo <sup>2</sup>	pH	MO(%)	NC(kg ha <sup>-1</sup> ) para elevar o pH em 0,1 unidade <sup>2</sup>	NC(kg ha <sup>-1</sup> ) para elevar o pH a 4,8	
1	Sassafras	Argissolos que possuem o regime hídrico úmido com chuvas bem destruídas ao longo do ano e o solo não sofre com períodos de estiagem	Presença de fração argila com granulometria muito fina	3,6	1,0	160,2	1.922
2	Pokomoke	Argissolos que apresentam drenagem limitada	Presença de fração argila com granulometria mais grossa	3,9	3,7	160,2	1.441
3	Berryland	Espodosolos: solos que apresentam horizonte B espódico à iluvial de MO acompanhado por compostos amorfos de Al e/ou Fe	Textura arenosa	3,9	3,6	280,0	2.520
4	Berryland			3,4	3,9	187,0	2.619
5	Atsion	Argissolos que possuem regime hídrico úmido com chuvas bem distribuídas ao longo do ano e o solo não sofre com períodos de estiagem	Textura arenosa	3,3	4,5	160,2	2.402
6	Atsion			3,5	4,5	160,2	2.082
7	Downer	Agrisolos que possuem regime hídrico com chuvas bem distribuídas ao longo do ano e o solo não sofre com níveis de estiagem	Presença de fração argila com granulometria mais grossa	3,8	2,0	140,0	1.400
8	Downer			3,9	0,5	124,3	1.119
Média						171,5	1.938

<sup>(1)</sup> Segundo Keys to Soil Taxonomy (USDA, 2003); <sup>(2)</sup> NC=Necessidade de calcário (em kg ha<sup>-1</sup>) com PRINT 100%  
Fonte: Dados extraídos e adaptados de Heckman et al. (2002);

Por outro lado, Clark et al. (1994), em trabalho com diferentes tipos de mirtilo cultivados em sete locais dos EUA, sob diferentes condições de solo e de manejo, informaram os teores de Al presentes no solo. Dentre os locais, os teores de Al no solo foram maiores em North Carolina e Florida enquanto que os menores valores foram observados nos locais Texas e Arkansas 1 (Tabela 15). A partir desses dados realizou-se o cálculo da saturação por Al na CTC<sub>pH7,0</sub> (m%) para as amostras. Assim, observa-se que os maiores valores de *m* foram observados nos locais Florida e North Carolina e o menores nos locais Arkansas 1 e 2. Com exceção do local Arkansas 1, todos os demais apresentaram valores de *m* considerados elevados, segundo o Manual... (2004) (Tabela 15). Além disso, foram observadas grandes variações no pH do solo, o qual variou de 3,8 (Local North Carolina) a 5,9 (Local Arkansas 2) (Tabela 15). Em geral, os valores de pH ficaram fora da faixa considerada ideal para a espécie (de 4,0 a 5,2, Austin et al., 1982), porém, com exceção do local North Carolina, o qual apresentou valor abaixo da faixa, os demais apresentaram valores acima da faixa (locais Georgia, Texas, Arkansas 1 e Arkansas 2). Já os locais Mississippi e Florida apresentaram valores dentro da faixa considerada adequada para a espécie. Adicionalmente, a MO apresentou grande variação

entre locais, desde 0,7% (Local Texas) até 24,7% (Local North Carolina). Neste último local, ao que tudo indica, o solo é um organossolo típico, caracterizado pelo elevado teor de MO, baixo teor de Mn, com grande potencial de gerar acidez e ao mesmo tempo de complexar tanto o Al quanto o Mn tóxicos. A partir desses resultados, verifica-se que há grandes variações nas características de solo mesmo naqueles ambientes de ocorrência natural do mirtilo e que tais variações podem ter contribuído para a adaptação dessa espécie às diversas condições de solo.

**Tabela 15.** Análise de solo de sete locais de produção de mirtilo nos Estados Unidos da América. Profundidade de amostragem: 0 a 15 cm. Dados extraídos do trabalho de Clark et al. (1994) realizado no Department of Horticulture and Forestry, University of Arkansas, Fayetteville, Arkansas (EUA).

Local	pH	MO	Mn	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC <sub>efetiva</sub>	CTC <sub>pH7,0</sub>	V	m	Contribuição de bases trocáveis e do H+Al na CTC <sub>pH7,0</sub> (%)			
		%	mg dm <sup>3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup>				cmol <sub>c</sub> dm <sup>3</sup>	%	%	Ca	Mg	K	H+Al				
Arkansas 1	5,7	3,8	88	11	0,21	7,98	0,74	1,25	9,0	8,9	10,2	17,9	49,9	12,2	44,6	4,1	1,2	50,1
Arkansas 2	5,9	3,2	35	10	0,27	6,01	0,69	1,77	12,7	7,0	8,7	19,7	35,4	20,2	30,5	3,5	1,4	64,6
Texas	5,6	0,7	7	40	0,17	1,49	0,52	0,69	5,1	2,2	2,9	7,3	29,9	24,1	20,4	7,1	2,3	70,1
Florida	5,1	2,5	16	159	0,13	2,23	0,63	5,75	40,8	3,0	8,7	43,8	6,8	65,8	5,1	1,4	0,3	93,2
Georgia	5,4	1,9	5	37	0,18	2,48	0,58	1,89	13,4	3,2	5,1	16,7	19,4	36,9	14,9	3,5	1,1	80,6
Mississippi	4,8	2,3	248	69	0,54	2,15	0,58	2,50	14,5	3,3	5,8	17,8	18,4	43,3	12,1	3,3	3,0	81,6
North Carolina	3,8	24,7	3	86	0,33	4,84	0,95	10,95	54,8	6,1	17,1	60,9	10,0	64,2	8,0	1,6	0,5	90,0

Fonte: Dados extraídos e adaptados de Clark et al. (1994).

## COMPILAÇÃO, CONTEXTUALIZAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS OBTIDOS EM CONDIÇÕES EDÁFICAS SUL-BRASILEIRAS

Os dados apresentados a seguir foram obtidos a partir de experimentos realizados pela Embrapa Clima Temperado (Pelotas-RS), de dados de produtores de mirtilo da região de Pelotas-RS e a partir de informações repassadas por técnicos da Emater – Região de Vacaria-RS.

Inicialmente será feita uma breve abordagem a respeito dos tipos de materiais de origem identificados nas regiões produtoras de mirtilo do Rio Grande do Sul, assim como o processo de formação dos solos e sua mineralogia. Posteriormente, serão analisados os dados das amostras de solo e de tecido vegetal, tanto de experimentos quanto de áreas de produtores e, finalmente, serão discutidos alguns trabalhos em andamento os quais visam avaliar a influência de práticas relacionadas a acidez do solo, relacionando tipos de solo, nutrição de plantas e a recomendação de calagem para a cultura do mirtilo.

### Tipos de solos de regiões produtoras de mirtilo do Sul do Brasil e a sua mineralogia

Os minerais primários mais estáveis estão concentrados nas frações areia e silte, enquanto que a fração argila é constituída por novos minerais, óxidos e argilominerais, ou minerais secundários, os quais são formados por lâminas tetraedrais de Si e/ou Al, unidas a lâminas octaedrais

(INDA et al., 2006). Portanto, solos com elevados teores destes tipos de minerais podem ser fontes de Al para a solução do solo.

Conforme dados da bibliografia citada, devido a natureza acidofílica das espécies de mirtilo, é assumido que plantas dessas espécies toleram relativamente bem níveis elevados de Al e Mn. No entanto, a maioria dos solos de locais de ocorrência natural das espécies de mirtilo são predominantemente arenosos e com pouco mineral secundário, isto é, óxidos (de Al, Fe, Mn) e, principalmente, argilominerais. Assim, os teores de Al e/ou a saturação de Al no complexo de troca do solo, tendem a ser naturalmente baixos nesses solos, ainda que essa informação não tenha sido fornecida na maioria dos trabalhos citados. Apenas no trabalho de Clark et al. (1994) foi possível obter tais dados, sendo que os mesmos foram classificados como muito altos para a maioria dos locais, de acordo com parâmetros estabelecidos em manuais de recomendação de adubação e calagem do Brasil (MANUAL..., 2004; RAIJ et al., 1997).

No entanto, a partir da expansão do cultivo para áreas de solos argilosos e, conseqüentemente com altos teores de Al, Fe e Mn, caso de grande parte dos solos da região Sul do Brasil, é necessário identificar a magnitude da interferência desses fatores sobre o crescimento das diferentes espécies e cultivares de mirtilo nessas condições. Aliado a isso, produtores de mirtilo dessa região têm relatado problemas de crescimento e morte de plantas, principalmente da espécie highbush (*V. corymbosum*).

Em solos formados a partir de rochas ácidas (rochas que apresentam teores de  $\text{SiO}_2 > 66,0\%$ ) (SGARBI, 2007), tais como riolitos e dacitos, as quais são predominantes em altitudes superiores a 850 m, na região dos Campos de Cima da Serra, no Rio Grande do Sul (STRECK et al., 2008), o processo de intemperismo dos minerais primários conduz a formação de minerais secundários, argilominerais (caulinita, esmectita) e óxidos de Fe e Mn.

Assim, os Argissolos, por exemplo, se caracterizam por apresentarem o horizonte A com textura arenosa a argilosa e horizonte Bt de média a muito argilosa, sendo as argilas de baixa atividade (geralmente caulinita). Esses solos variam de forte a moderadamente ácidos (caráter alítico –  $m > 50\%$  e atividade de argila  $\leq 20 \text{ cmol}_c \text{ kg}$ ). Para a implantação de pomares nesse tipo de solo é recomendada a correção da acidez em área total até a profundidade de 30-40 cm e não apenas na cova (STRECK et al., 2008).

Já os Latossolos, são solos em estágio de evolução muito avançado com intemperização intensa dos minerais primários, e mesmo secundários menos resistentes, e concentração relativa de argilominerais resistentes e/ou óxidos de ferro e alumínio; baixa CTC da fração argila, sendo predominantemente caulíníticos até oxídicos, fortemente ácidos, com baixa V% (SANTOS ET AL., 2006).

Desta forma, constata-se que o tipo de argila predominante no solo é fator muito importante para a capacidade de troca de cátions (CTC) que este solo irá desenvolver.

Na Tabela 16 estão apresentados valores da área superficial específica (ASE) e da CTC de alguns componentes do solo. A partir dos dados da Tabela 16, conclui-se que solos que apresentem elevados teores de MO e argilas de alta CTC (vermiculita e montmorilonita, caso dos Vertissolos) irão apresentar CTC maior do que solos de mesmo teor de MO constituídos de caulinita e óxidos

(caso dos solos altamente intemperizados, Latossolos). Ao mesmo tempo, a MO, isoladamente, apresenta elevado valor de CTC (Tabela 16), o que torna extremamente importantes as práticas de manejo que visem a sua manutenção e/ou elevação no solo.

Porém, a mineralização da MO pelos microorganismos gera prótons de  $H^+$  os quais atuam sobre os minerais primários promovendo a liberação de  $Al^{3+}$  que ficam retidos nas cargas negativas dos argilominerais. Deste modo, há geração de acidez continuamente. Ainda que a MO complexe parte do  $Al^{3+}$  liberado dos minerais primários, a quantidade de Al restante é suficiente para ocupar grande parte da CTC efetiva do solo em níveis que podem prejudicar o desenvolvimento da maioria das plantas, sendo necessário interferir com corretivos de acidez do solo.

**Tabela 16.** Área superficial específica (ASE) e CTC de alguns componentes do solo.

Tipo de componente do solo	ASE ( $m^2g^{-1}$ )	CTC ( $cmol_c kg^{-1}$ )
Caulinita	7-30	0-1
Óxidos		2-4
Micas	40-150	10-40
Vermiculita	500-800	100-150
Montmorilonita	600-800	80-150
Matéria orgânica	800-900	200-300

Fonte: Adaptado de McBride(1994), Meurer et al. (2006) e Sparks (1995).

Nesse sentido, Kaminski (1974) observou que os solos da região dos Campos de Cima da Serra, no Rio Grande do Sul, devido às suas características, tais como elevados teores de argila, de MO e de Al trocável, demandam grandes quantidades de calcário para serem viabilizados economicamente.

Já as rochas graníticas, assim como o riolito e o dacito, também são rochas ácidas e o intemperismo dos minerais primários félsicos irá gerar minerais secundários com conseqüente liberação de  $Al^{3+}$  para a solução do solo. No entanto, como este tipo de rocha tem ocorrência em altitudes menores (no máximo até 500 m, na região da Serra do Sudeste, no Rio Grande do Sul), o teor de MO também é menor (Tabela 17). Assim, a complexação do Al pode não ocorrer adequadamente e teores tóxicos de  $Al^{3+}$  também são observados em solos formados nessas condições (Tabela 17).

Em relação ao pH, a maioria das amostras de solo ficou classificado como muito baixo a baixo, segundo o Manual... (2004) ou fortemente ácido, segundo Santos et al. (2006). Exceções foram duas amostras da região de Vacaria-RS, as quais apresentaram pH classificado como alto ( $>6,0$ ) (Tabela 14). De acordo com a recomendação de cultivar mirtilo em solos ácidos, ambos os solos não seriam aptos ao cultivo desta espécie.

Já quando se considera o teor de MO do solo, a quase totalidade dos solos apresenta teores considerados de médios a altos (MANUAL... , 2004), com uma única exceção a amostra do talhão L10 do local Jaguarão-RS, que apresentou teor de MO baixo ( $<25 g kg^{-1}$ ) (Tabela 14).

Em relação ao teor de argila, todas as amostras de solo do local São Mateus do Sul-PR

apresentaram teores muito altos, o que conferiu a essas amostras a classificação de textura muito argilosa. O mesmo ocorrendo para as amostras 1, 3 e 4 do local Vacaria-RS. Já os demais solos, independentemente do local, foram classificados como de textura média com teores de argila variando de 19 a 36% (Tabela 17). De acordo com os dados de solos das áreas de ocorrência natural das espécies de mirtilos, estes solos seriam os mais indicados para o cultivo desta cultura em detrimento daqueles solos de textura mais argilosa.

Já para a saturação de Al (m%), todas as amostras do local Pelotas-RS apresentaram valores considerados altos, >20,0%, segundo MANUAL... (2004), o mesmo ocorrendo com as amostras L10 e L5OM, do local Jaguarão-RS. Por outro lado, a maioria das amostras do local São Mateus do Sul-PR, apresentou  $m < 10\%$ , classificado como baixo. Para o local Vacaria-RS, duas amostras apresentaram valor zero ( $m < 1,0$ ) (Tabela 17).

Considerando o pH do solo, o teor de argila e a saturação por Al, as amostras de solo dos locais São Mateus do Sul-PR e Vacaria-RS, indicam que essas áreas seriam inadequadas ao cultivo de mirtilo; já as amostras dos locais Pelotas-RS e Jaguarão-RS, indicam que essas áreas seriam adequadas ao cultivo desta cultura, a partir dos mesmos parâmetros. No entanto, produtores têm relatado problemas no desenvolvimento das plantas nesses dois locais, inclusive com morte de plantas, mesmo após replantios.

O crescente interesse no consumo de mirtilo como alimento funcional, aliado a necessidade de importação da fruta e aos custos elevados, tem suscitado a atenção das instituições de pesquisa em trabalhos que enfoquem a produção de mudas nas condições brasileiras. Nesse sentido, Ristow et al. (2010) constataram que a cv. Georgiagem (*V. corymbosum*) apresentou maior peso seco da parte aérea e de raízes em substrato contendo a mistura de Argissolo Vermelho com acícula de pínus (proporção 2:1), sendo que ambas as variáveis apresentaram valores significativamente superiores àqueles do substrato padrão. Após o término do experimento, os autores analisaram os substratos e constataram teores de Al significativamente maiores naquele substrato ( $m = 7,4\%$ ) em relação aos demais. A partir deste trabalho constata-se a necessidade de desenvolvimento de novas pesquisas visando tanto a produção de mudas quanto a seleção de cultivares com tolerância ao Al (REYES-DÍAZ et al., 2009, 2010).

**Tabela 17.** Parâmetros químicos e físicos de solos de amostras de diferentes locais de cultivo de espécies de mirtilo na região Sul do Brasil.

Identificação do talhão	Local	Cultivar	Espécie	Tipo de solo <sup>1</sup>	Teor de argila(%) classe textural e limites das faixas (%) <sup>2</sup>		CTC <sub>0,01-0,25</sub>	CTC <sub>0,01-0,25</sub>	P <sup>2</sup>	K <sup>2</sup>	Ca <sup>2</sup>	Mg <sup>2</sup>	MOP	pH em água <sup>3</sup>	AF <sup>4</sup>	H+Al <sup>2</sup>	Saturação da CTC <sub>0,01-0,25</sub> por Al <sup>3+</sup> + (m%)		Saturação por base da CTC <sub>pH 7,0</sub> (V%)		Contribuição das bases trocáveis na CTC <sub>pH 7,0</sub> (%) e interpretação dos valores <sup>5</sup>						
					Teor	Classe											FAIXA(%)	Interpret.	emol. dm <sup>-3</sup>	mg. dm <sup>-3</sup>	emol. dm <sup>-3</sup>	emol. dm <sup>-3</sup>	Valor	FAIXA(%)	Valor	FAIXA(%)	CA(%)
T10	Pelotas-RS	O'Neal	V. corymbosum	PVAd	24,0	3	21,0-40,0	Pext. média	5,6	16,3	27,5	215,0	2,3	0,7	49,0	4,0	2,1	12,8	37,2	>20,0	21,7	<45,0	14,1	MB	4,3	3,4	A
T20	Pelotas-RS	O'Neal	V. corymbosum	PVAd	25,0	3	21,0-40,0	Pext. média	4,0	13,2	7,7	114,0	1,1	0,4	36,0	4,2	2,2	11,4	55,1	>20,0	13,6	<45,0	8,3	MB	3,0	2,2	A
T30	Pelotas-RS	O'Neal	V. corymbosum	PVAd	27,0	3	21,0-40,0	Pext. média	3,4	11,7	14,1	123,0	1,1	0,4	22,0	4,1	1,6	9,9	46,9	>20,0	15,5	<45,0	9,4	MB	3,4	2,7	A
T1 M	Pelotas-RS	Misty	V. corymbosum	PVAd	20,0	4	s 20,0	Pext. média	4,6	15,6	10,1	199,0	1,6	0,7	45,0	4,0	1,8	12,8	39,1	>20,0	18,0	<45,0	10,3	MB	4,5	3,3	A
L10	Jaguarão-RS	O'Neal	V. corymbosum	PVAd	20,0	4	s 20,0	Pext. média	3,5	6,2	42,2	101,0	1,9	0,5	15,0	4,8	0,8	3,5	23,1	>20,0	43,2	<45,0	30,9	B	8,1	4,2	A
L20	Jaguarão-RS	O'Neal	V. corymbosum	PVAd	20,0	4	s 20,0	Pext. média	3,5	6,8	35,0	80,0	2,1	0,6	21,0	5,1	0,6	3,9	17,1	>20,0	42,7	<45,0	30,9	B	8,8	3,0	A
L30	Jaguarão-RS	O'Neal	V. corymbosum	PVAd	19,0	4	s 20,0	Pext. média	5,3	9,1	50,5	48,0	3,8	0,8	25,0	5,1	0,6	4,4	11,3	>20,0	51,8	45,0-64,0	41,7	M	8,8	1,3	M
L4 M	Jaguarão-RS	Misty	V. corymbosum	PVAd	20,0	4	s 20,0	Pext. média	4,4	7,6	13,7	67,0	2,9	1,0	22,0	5,4	0,3	3,5	6,9	1,0-10,0	53,8	45,0-64,0	38,3	B	13,2	2,3	A
L5 OM	Jaguarão-RS	O'Neal e Misty	V. corymbosum	PVAd	20,0	4	s 20,0	Pext. média	3,4	7,1	47,5	72,0	2,1	0,4	25,0	4,6	0,7	4,4	20,7	>20,0	37,9	<45,0	29,6	B	5,6	2,6	A
Amostra 1	Vacaria-RS	n.i	n.i	n.i	58,0	2	41,0-60,0	Argilosa	6,4	12,4	4,0	135,0	3,4	2,5	38,0	5,4	0,2	6,2	3,1	1,0-10,0	50,2	45,0-64,0	27,3	B	20,1	2,8	A
Amostra 2	Vacaria-RS	n.i	n.i	n.i	36,0	3	21,0-40,0	Pext. média	13,2	15,7	2,4	96,0	6,5	6,5	49,0	6,3	0,0	2,5	0,0	<1,0	84,1	>80,0	41,3	M	41,3	1,6	M
Amostra 3	Vacaria-RS	n.i	n.i	n.i	53,0	2	41,0-60,0	Argilosa	13,9	16,0	2,4	101,0	7,4	6,2	35,0	6,6	0,0	2,1	0,0	<1,0	86,8	>80,0	46,4	M	38,9	1,6	M
Amostra 4	Vacaria-RS	n.i	n.i	n.i	53,0	2	41,0-60,0	Argilosa	11,1	20,2	5,0	34,0	7,7	1,5	32,0	5,2	1,8	10,9	16,2	10,1-20,0	46,0	45,0-64,0	38,1	B	7,4	0,4	MB
Área 2 T1	S.M.do Sul-PR	Pouderblae	V. ashei	LVw	70,0	1	>60,0	Muito argilosa	5,7	14,3	2,4	23,0	3,3	1,6	40,3	5,1	0,70	9,3	13,2	10,1-20,0	34,8	<45,0	22,9	B	11,5	11,5	MB
Área 2 T2	S.M.do Sul-PR	Pouderblae	V. ashei	LVw	70,0	1	>60,0	Muito argilosa	6,5	13,0	3,5	104,0	3,9	2,0	41,0	5,3	0,33	6,8	5,4	1,0-10,0	47,4	45,0-64,0	29,7	B	15,6	15,6	A
Área 2 T3	S.M.do Sul-PR	Pouderblae	V. ashei	LVw	70,0	1	>60,0	Muito argilosa	6,6	13,3	2,8	70,3	3,6	1,9	39,3	5,3	0,93	7,7	14,4	10,1-20,0	42,3	<45,0	27,0	B	14,0	14,0	M
Área 2 T4	S.M.do Sul-PR	Pouderblae	V. ashei	LVw	70,0	1	>60,0	Muito argilosa	8,3	13,5	2,0	71,0	4,8	2,5	40,7	5,4	0,90	6,1	11,2	10,1-20,0	55,1	45,0-64,0	35,3	B	18,5	18,5	M
Área 2 T5	S.M.do Sul-PR	Pouderblae	V. ashei	LVw	70,0	1	>60,0	Muito argilosa	7,7	12,8	2,6	73,0	4,6	2,6	41,3	5,5	0,27	5,4	3,6	1,0-10,0	57,9	45,0-64,0	36,1	B	20,4	20,4	M
Área 2 T6	S.M.do Sul-PR	Pouderblae	V. ashei	LVw	70,0	1	>60,0	Muito argilosa	7,9	13,3	2,6	70,7	4,8	2,7	40,3	5,5	0,27	5,7	3,4	1,0-10,0	57,0	45,0-64,0	35,7	B	20,0	20,0	M
Área 2 T7	S.M.do Sul-PR	Pouderblae	V. ashei	LVw	70,0	1	>60,0	Muito argilosa	7,7	13,8	2,6	75,0	4,8	2,3	42,0	5,5	0,37	6,5	4,8	1,0-10,0	53,0	45,0-64,0	34,6	B	17,0	17,0	M
Área 2 T1	S.M.do Sul-PR	Climax	V. ashei	LVw	70,0	1	>60,0	Muito argilosa	5,8	13,5	2,7	23,3	3,4	1,8	42,3	5,2	0,53	8,2	9,5	1,0-10,0	39,0	<45,0	25,0	B	13,6	13,6	MB
Área 2 T2	S.M.do Sul-PR	Climax	V. ashei	LVw	70,0	1	>60,0	Muito argilosa	7,2	12,5	2,3	78,7	4,0	1,8	42,0	5,2	1,20	6,5	15,1	10,1-20,0	48,0	45,0-64,0	32,0	B	14,4	14,4	M
Área 2 T3	S.M.do Sul-PR	Climax	V. ashei	LVw	70,0	1	>60,0	Muito argilosa	7,2	14,2	3,1	66,7	4,3	1,9	43,3	5,2	0,87	7,8	12,6	10,1-20,0	44,9	<45,0	30,0	B	13,6	13,6	M
Área 2 T4	S.M.do Sul-PR	Climax	V. ashei	LVw	70,0	1	>60,0	Muito argilosa	8,9	14,6	2,4	37,0	5,2	2,9	43,3	5,3	0,73	6,4	9,2	1,0-10,0	56,0	45,0-64,0	35,7	B	19,7	19,7	B
Área 2 T5	S.M.do Sul-PR	Climax	V. ashei	LVw	70,0	1	>60,0	Muito argilosa	8,8	14,4	2,1	73,3	5,1	2,7	41,0	5,5	0,77	6,4	8,3	1,0-10,0	55,4	45,0-64,0	35,1	B	19,0	19,0	M
Área 2 T6	S.M.do Sul-PR	Climax	V. ashei	LVw	70,0	1	>60,0	Muito argilosa	7,8	14,2	2,4	92,0	4,8	2,6	43,3	5,5	0,13	6,6	1,7	1,0-10,0	53,6	45,0-64,0	33,7	B	18,3	18,3	M
Área 2 T7	S.M.do Sul-PR	Climax	V. ashei	LVw	70,0	1	>60,0	Muito argilosa	6,1	14,5	2,3	73,3	3,8	1,8	48,0	5,1	0,33	8,7	6,7	1,0-10,0	39,7	<45,0	26,0	B	12,4	12,4	M
Média					47,0				8,1	13,0	11,0	85,8	3,8	1,8	34,8	5,1	0,8	6,9	14,7		46,3		29,8				14,6

1)PVAd- Argissolo Vermelho-amarelo distrófico típico: solos de baixa fertilidade natural, forte acidez, alta saturação por alumínio e saturação de bases baixa (geralmente <50,0%). Na implantação de pomares é recomendada a correção da acidez em área total até a profundidade de 30-40 cm e não apenas na cova (SANTOS et al., 2006; STRECK et al., 2008); LVw - Latossolo Vermelho árido: solos em estágio de evolução muito avançado com interemperização intensa dos minerais primários, e mesmo secundários menos resistentes e concentração relativa de argilominerais resistentes a/ou óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio; baixa CTC da fração argila, sendo predominantemente cauliniticos até óxídicos, fortemente ácidos com baixa Y%, sendo que a soma de bases (Ca, Mg, K, Na) mais o alumínio deve ser ≤ 1,5 cmol<sub>c</sub> kg de argila (SANTOS et al., 2006);<sup>2</sup> Dados analíticos de amostra de solo realizada na profundidade de 0-20 cm e interpretados segundo o Manual... (2004); n.i. não informado

## **Tipos de solo, nutrição de plantas e recomendação de calagem para a cultura do mirtilo**

Em relação a nutrição de plantas, com exceção do P, que apresentou teores abaixo da faixa considerada normal em todas as amostras de folhas de mirtilo dos locais Pelotas-RS e Jaguarão-RS, os demais macronutrientes foram enquadrados na faixa adequada (Tabela 18).

Em relação aos micronutrientes os teores de Cu e Zn foram classificados como insuficientes para a maioria das amostras, com exceção da amostra L3O (Local Jaguarão-RS), a qual apresentou teor de Cu normal; para o Fe todas as amostras realizadas no local Pelotas ficaram na categoria insuficiente ( $<60 \text{ mg kg}^{-1}$ ), enquanto que para as demais amostras os teores foram classificados na faixa normal; para o Mn, de um modo geral, os teores classificados como excessivos ( $>450 \text{ mg kg}^{-1}$ ) foram constatados na cv. O'Neal, independente do local, sendo que apenas uma amostra da cv. Misty apresentou teor nessa faixa (amostra L4M no local Jaguarão-RS).

Considerando que ambas as cultivares são do tipo highbush, as quais, dentre as espécies de mirtilo, são aquelas que apresentam os menores teores de Mn, é possível que os teores elevados possam estar contribuindo para o crescimento limitado observado em condições de campo. Além disso, os níveis muito baixos de pH do solo constatados nas análises (Tabela 17) contribuem para o aumento da disponibilidade de Mn, assim como para sua absorção pelas plantas. Nesse sentido, observou-se diferença na absorção de Mn entre as duas cultivares, onde no local Jaguarão-RS, para a mesma condição de pH baixo (pH 4,6, Talhão L5, Tabela 15) o teor de Mn para a cultivar O'Neal foi  $1.102,0 \text{ mg kg}^{-1}$ , enquanto que para Misty foi  $397,0 \text{ mg kg}^{-1}$  (Tabela 18).

Além disso, os baixos valores de pH do solo das amostras dos locais Pelotas-RS e Jaguarão-RS, com exceção do talhão L4M (pH 5,4), aliados aos altos teores de Al no solo, proporcionaram altas saturações por Al no complexo de troca ( $m > 20,0\%$ ) (Tabela 17), o que, combinadas aos teores foliares excessivos de Mn, podem estar limitando o crescimento das plantas.

**Tabela 18.** Teor de nutrientes em folhas de mirtilo do tipo highbush (*V. corymbosum*), cultivados em dois locais no Rio Grande do Sul.

Identif. do talhão	Local	Cultivar	Espécie	Teor de nutriente nas folhas <sup>1</sup>									
				N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
				g kg <sup>-1</sup>								mg kg <sup>-1</sup>	
			Faixa abaixo do normal a insuficiente	17,9 a <15,0	1,1 a <0,80	3,4 a <3,1	3,9 a <3,1	1,1 a <0,8	30,0 a <20,0	10,0 a <5,0	80,0 a <60,0	50 a <60,0	14,0 a <8,0
			Faixa normal	18,0-21,0	1,2-4,0	3,5-6,5	4,0-8,0	1,2-2,5	31,0-69,0	11,0-20,0	81,0-199,0	51,0-349,0	15,0-30,0
			Faixa acima do normal a excessivo	21,1 a >25,0	4,1 a >8,0	6,6 a >9,5	8,1 a >10,0	2,6 a >4,5	70,0 a >200,0	21,0 a >100,0	200,0 a >400,0	350,0 a >450,0	31,0 a >80,0
T1 O	Pelotas-RS	O'Neal	<i>V. corymbosum</i>	15,8	1,00	7,00	3,10	1,00	31,0	1,0	42,0	202,0	7,0
T2 O	Pelotas-RS	O'Neal	<i>V. corymbosum</i>	15,7	0,90	7,00	3,90	1,30	43,0	1,0	42,0	251,0	6,0
T3 O	Pelotas-RS	O'Neal	<i>V. corymbosum</i>	16,8	1,00	6,70	4,10	1,20	53,0	3,0	48,0	400,0	7,0
T1 M	Pelotas-RS	Misty	<i>V. corymbosum</i>	16,5	0,90	8,40	4,90	1,30	61,0	1,0	48,0	400,0	8,0
L1 O	Jaguarão-RS	O'Neal	<i>V. corymbosum</i>	20,6	1,00	6,40	5,58	1,62	n.a	3,1	155,0	724,0	14,0
L1 M	Jaguarão-RS	Misty	<i>V. corymbosum</i>	17,6	0,80	6,88	3,88	1,27	n.a	3,1	113,0	388,0	10,0
L2 O	Jaguarão-RS	O'Neal	<i>V. corymbosum</i>	18,4	0,87	6,63	3,52	1,54	n.a	4,6	127,0	843,0	9,0
L2 M	Jaguarão-RS	Misty	<i>V. corymbosum</i>	18,4	0,80	6,85	3,52	1,31	n.a	3,1	141,0	395,0	10,0
L2 M	Jaguarão-RS	Misty	<i>V. corymbosum</i>	21,0	0,86	7,00	4,48	1,32	n.a	3,1	155,0	464,0	9,0
L3 O	Jaguarão-RS	O'Neal	<i>V. corymbosum</i>	20,6	1,03	5,50	5,82	1,89	n.a	18,4	91,0	675,0	9,0
L3 O	Jaguarão-RS	O'Neal	<i>V. corymbosum</i>	21,6	10,6	5,36	7,76	2,21	n.a	4,6	113,0	751,0	7,0
L3 O	Jaguarão-RS	O'Neal	<i>V. corymbosum</i>	21,3	1,02	4,84	5,94	1,75	n.a	3,1	77,0	580,0	7,0
L4 M	Jaguarão-RS	Misty	<i>V. corymbosum</i>	19,5	0,90	6,79	3,27	1,18	n.a	4,6	35,0	104,0	4,0
L4 M	Jaguarão-RS	Misty	<i>V. corymbosum</i>	19,3	0,91	6,22	4,36	1,40	n.a	6,1	77,0	311,0	9,0
L4 M	Jaguarão-RS	Misty	<i>V. corymbosum</i>	18,6	0,86	5,72	3,64	1,16	n.a	9,2	120,0	217,0	11,0
L4 M	Jaguarão-RS	Misty	<i>V. corymbosum</i>	17,3	0,88	5,64	5,09	1,59	n.a	3,1	84,0	757,0	11,0
L5 O	Jaguarão-RS	O'Neal	<i>V. corymbosum</i>	20,1	1,05	6,19	7,15	2,13	n.a	3,1	169,0	1.102,0	10,0
L5 M	Jaguarão-RS	Misty	<i>V. corymbosum</i>	17,8	0,85	5,91	4,85	1,35	n.a	7,7	211,0	397,0	11,0
Média				18,7	0,93	6,40	4,71	1,47	47,0	4,6	102,7	497,3	8,8

<sup>1</sup> Faixa de comparação de teores de nutrientes em tecido foliar, segundo o Manual... (2004)

Destaca-se, no entanto, que em ambos os locais, a textura do solo foi classificada como média (teor de argila <40%, Tabela 14).

Por outro lado, mirtilo da espécie rabbiteye cv. Powderblue cultivado em solos com altos teores de argila (>70%, como os do local São Mateus do Sul-PR) não tem apresentado problemas de crescimento. Tanto a cv. Clímax quanto a cv. Powderblue apresentaram nos primeiros três anos, brotações vigorosas e sem sintomas de toxidez. No entanto, a cv. Powderblue tem apresentado produtividades maiores do que a cv. Clímax (plantas com 6 anos de idade, com produtividade média dos últimos três anos de aproximadamente 1,5 kg por planta para Powderblue contra 0,5 kg para Clímax), o que está de acordo com os dados da literatura nacional (RASEIRA; ANTUNES, 2004).

No entanto, nas últimas safras (2009/2010 e 2010/2011) plantas de mirtilo da cv Clímax apresentaram problemas de crescimento severo, com ocorrência de morte de ramos e também da planta inteira. Já as plantas da cv. Powderblue não têm apresentado este tipo de sintoma (Figura 12).

A literatura afirma que mirtilos do tipo rabbiteye geralmente são mais vigorosos e adaptados a diferentes condições de solo, incluindo solos mais argilosos e de pH mais elevado. No entanto, mesmo dentro desta espécie, ocorrem cultivares que são mais sensíveis a solos argilosos e ou pH mais elevados, é o caso de cv. Clímax.

Em relação ao local São Mateus do Sul-PR algumas informações se fazem necessárias. Quando da implantação dos pomares (ano de 2005) foi realizada calagem corrigindo o pH para 6,0 devido aos altos teores iniciais de Al no solo ( $m > 25,0\%$ ; valores de  $m > 20\%$  são considerados altos, (MANUAL..., 2004). Além disso, para os talhões identificados por Área 2 T4 a T7 para as duas cultivares, foram adicionados outros tipos de corretivos de acidez do solo (doses de 0, 2.000 e 4.000 kg ha<sup>-1</sup>), de modo que os teores de Al e de  $m$  dessas amostras, após 6 anos da aplicação, tem-se mantidos em níveis adequados ( $m < 10\%$ ) e

inferiores àqueles da maioria das amostras identificadas por *Área 2 T1 a T3* (*m* entre 10 e 20%, Tabela 15), as quais não receberam doses de outros corretivos além da calagem inicial.



**Figura 12.** Aspecto visual de plantas de mirtilo rabbit eye cv. Clímax e Powderblue, com idade de 6 anos, submetidas a diferentes doses de corretivos de acidez do solo. Obs.: as parcelas foram constituídas de 6 plantas de cada cultivar. Idade de implantação: agosto de 2005. Data das fotografias: julho de 2011. T1 = calagem para pH 6,0; T5 = calagem para pH 6,0 + 2.000 kg ha<sup>-1</sup> de corretivo de acidez; T6 = calagem para pH 6,0 + 4.000 kg ha<sup>-1</sup> de corretivo de acidez.

Após a análise dos dados apresentados nas Tabelas 17 e 18, é possível interferir com práticas de manejo que visem diminuir os efeitos dos possíveis fatores responsáveis pelo crescimento limitado apresentado pelas plantas nas áreas de cultivo dos locais Pelotas, RS e Jaguarão, RS.

Assim, considerando os valores extremamente elevados da saturação da CTC<sub>efetiva</sub> por Al, uma possibilidade para neutralizar o Al tóxico é a partir da elevação da saturação de bases para V=40%, isto é, neutralizar parte do Al tóxico, sem, contudo, elevar em demasia o pH do solo.

Outra prática de manejo possível visando neutralizar o Al tóxico e ao mesmo tempo estimular o sistema radicular em subsuperfície é a aplicação conjunta de corretivos de acidez com fontes de enxofre (gesso agrícola) em diferentes proporções.

## CONSIDERAÇÕES

Os dados apresentados nesta revisão indicam que não é possível generalizar as recomendações de manejo do solo para a cultura do mirtilo já que existem grandes diferenças entre espécies e cultivares, principalmente em relação aos aspectos de textura, teor de matéria orgânica e pH do solo, tipo de argilomineral presente e à tolerância a teores elevados de Al, Mn e Ca. Além disso, conforme observou Korcak (1989), talvez seja necessário modificar desde algumas até todas as características do solo para adaptar a cultura do mirtilo em áreas consideradas inadequadas ao seu cultivo.

## REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, I. J. The significance of ecto-mycorrhizae in the nitrogen cycle. In: LEE, J. A.; MCNEIL, S.; RORISON, I. H. (Ed.). **Nitrogen as an ecological factor**. Boston: Blackwell, 1983. p. 69-93.
- AMORIM, S. M. C.; PAIM, A. C. B.; SILVA, M. G. Estudo ecofisiológico sobre endomicorizas. **Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, n. 33, p. 23-26, 2004.
- ARNOLD, J. T.; SCHALLER, C. C.; THOMPSON, L. F. Chlorosis in blueberries: A soil-plant investigation. **Journal of Plant Nutrition**, v. 5, p. 747-753, 1982a.
- ARNOLD, J. T.; SCHALLER, C. C.; THOMPSON, L. F. Chlorosis of blueberries in the Ozarks. **Arkansas Farm Research**, v. 31, p. 8, 1982b.
- AUSTIN, M. E.; GAINES, T. P.; MOSS, R. E. Influence of soil pH on soil nutrients, leaf elements, and yield of young rabbiteye blueberries. **HortScience**, v. 21, n. 3, p. 443-445, 1986.
- BALLINGER, W. E.; GOLDSTON, E. F. **Nutritional survey of ‘Wolcott’ and ‘Murphy’ blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) in eastern North Carolina**. Raleigh: North Carolina Agricultural Experiment Station, 1967. 28 p. (North Carolina Agricultural Experiment Station. Technical Bulletin, 178).
- BASSO, L. H. M.; GONÇALVES, A. N.; SILVEIRA, L. V. A.; LIMA, G. P. P. Efeito do alumínio no crescimento de brotações de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* cultivadas in vitro. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 63, p. 167-177, 2003.
- BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F. A. O.; TEDESCO, M. J. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2. ed. Porto Alegre: Gráfica Metrópole, 2008. 344 p.
- BISSANI, C. A.; MEURER, E. J.; BOHNEN, H. Solos ácidos e afetados por sais. In: MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. 3. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006. p. 181-205.
- BORIE, F.; RUBIO, R. Total and organic phosphorus in Chilean volcanic soils. **Gayana Botanica**, v. 60, n. 1, p. 69-78, 2003.
- BRIGHTWELL, W. T.; AUSTIN, M. E. **Rabbiteye blueberries**. Athens, GA: University of Georgia, College of Agriculture, Experiment Stations, 1980. (Research Bulletin, 259).
- BRONDANI, C.; PAIVA, E. Análise de “RFLP” da tolerância à toxidez do alumínio no cromossomo 2 do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 8, p. 575-579, 1996.

BROWN, J. C.; DRAPER, A. D. Differential response of blueberry (*Vaccinium*) progenies to pH and subsequent use of iron. **Journal of the American Society Horticultural Science**, v. 105, p. 20-24, 1980.

CANÇADO, G. M. A.; CARNEIRO, N. P.; CARNEIRO, A. A.; PURCINO, A. A. C.; GUIMARÃES, C. T.; ALVES, V. M. C.; PARENTONI, S. N.; SOUZA, I. R. P.; PAIVA, E. Novas perspectivas para a adaptação de culturas ao cerrado. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, Uberlândia, ano 4, n. 23, p. 56-61, nov./dez. 2001.

CANÇADO, G. M. A.; PARENTONI, S. N.; BORÉM, A.; LOPES, M. A. Avaliação de nove linhagens de milho em cruzamentos dialélicos quanto à tolerância ao Al. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 4, p. 471-478, 2002.

CHANDLER, C. K.; DRAPER, A. D.; GALLETTA, G. J.; BOUWKAMP, J. C. Combining ability of blueberry interespecific hybrids for growth on upland soil. **HortScience**, v. 20, p. 257-258, 1985.

CLARK, J. R.; CREECH, D.; AUSTIN, M. E.; FERREE, M. E. B.; LYRENE, P.; MAINLAND, M.; MAKUS, D.; NEUENDORFF, L.; PATTEN, K.; SPIERS, J. M. Foliar elemental analysis of southern highbush, rabbiteye and highbush blueberries in the Southern United States. **HortTechnology**, v. 4, n. 4, p. 351-355, 1994.

CLARK, J. R.; DOMBEK, D. G.; BUCKLEY, J. B. Effect of iron chelate on mineral content of highbush blueberry leaves. **Arkansas Farm Research**, v. 363, n. 2, p. 4, 1987.

CLARK, R. B. Plant genotype differences in the uptake, translocation, accumulation, and use of the mineral elements required for plant growth. p. 49-70. In: SARIC, M. R.; LOUGHMAN, B. C. (Ed.). **Genetic aspects of plant nutrition**. Boston: Martinus Nijhoff, 1983.

COLGROVE, M. S.; ROBERTS, A. N. Growth of azalea as influenced by ammonium and nitrate nitrogen. **Proceedings of the American Society of Horticultural Science**, v. 68, p. 512-536, 1956.

MANUAL de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10 ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul - Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004. 400 p.

COVILLE, F. V. The effect of aluminum sulphate or rhododendrons and others acid-soil plants. **Annual Report Smithsonian Institution**, 1926. p. 369-382.

CRESTANI, M.; BARBIERI, R. L.; SILVA, J. A. G.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C. **Toxidez por alumínio e a seleção de plantas tolerantes com base na expressão fenotípica**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 55 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 265).

CUMMINGS, G. A. MAINLAND, C. M. LILLY, J. P. Influence of soil pH sulfur and sawdust on rabbiteye blueberry survival growth and yield. **Journal of the American Society Horticultural Science**, v. 106, p. 783-785, 1981.

DAROW, G. M.; WOODARD; O.; MORROW, E. M. Improvement of the rabbiteye blueberry. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v. 45, p. 275, 1944.

DIRR, M. A.; BARKER, A. V.; MAYNARD, D. N. Nitrate reductase activity in the leaves of the highbush blueberry and the others plants. **Journal of the American Society Horticultural Science**, v. 97, p. 329-331, 1972.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

ERB, W. A. **Evaluation of Vaccinium interespecific hybrids in different water deficit environments and on an upland and organic soil**. 1987. [n. p.]. Dissertation (PhD) - University of Maryland, College Park.

ERNST, W. Physiological an biochemical aspects of metal tolerance. In: MANSFIELD, T. A. (Ed.). **Effects of air pollutants on plants**. Cambridge: Cambridge University Press, 1976. p. 115-133.

FINN, C. E.; LUBY, J. J.; ROSEN, C. J.; ASCHER, P. D. Blueberry germplasm screening at several soil pH regimes. I. plant survival and growth. **Journal of the American Society Horticultural Science**, v. 118, n. 3, p. 377-382, 1993.

FINN, C. E.; LUBY, J. J.; ROSEN, C. J.; ASCHER, P. D. Evaluation in vitro of blueberry germplasm for higher pH tolerance. **Journal of the American Society Horticultural Science**, v.116, n.2, p.312-316, 1991.

FLEMING, A. L.; FOY, C. D. Root structure reflects differential aluminum tolerance in wheat varieties. **Agronomy Journal**, v. 60, p. 172-176, 1968.

FOY, C. D.; CHANEY, R. L.; WHITE, M. C. The physiology of metal toxicity in plants. **Annual Review of Plant Biology**, v. 29, p. 511-566, 1978.

FREITAS, F. A.; KOPP, M. M.; SOUSA, R. O.; ZIMMER, P. D.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C. Absorção de P, Mg, Ca e K e tolerância de genótipos de arroz submetidos a estresse por alumínio em sistemas hidropônicos. **Ciência Rural**, v. 36, n. 1, p. 72-79, 2006.

FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; VALE, F. R.; FAQUIN, V.; FERNANDES, L. A. Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas, na fase de muda. **Cerne**, 5, n. 2, p. 01-12, 1999.

- GABELMAN, W. H.; GERLOFF, G. C.; SCHETTINI, T.; COLTMAN, R. Genetic variability in root systems associated with nutrient acquisition and use. **HortScience**, v. 21, p. 971-973, 1986.
- GALLETTA, G. J. Blueberries and cranberries. In: JANICK, J.; MOORE, J. N. **Advances in fruit breeding**. West Lafayette: Purdue University Press, 1975. p. 154-196.
- GAO, G. **Brambles**: production, management, and marketing. [Columbus]: Ohio State University Extension, 1999. 92 p. (Bulletin, 782).
- GOUGH, R. E. Root distribution of Coville and Lateblue highbush blueberry under sawdust mulch. **Journal of the American Society Horticultural Science**, v. 105, p. 576-578, 1980.
- GOUGH, R. E. Blueberries – North and South. **Journal of Small Fruit Viticulture**, v. 4, p. 71-106, 1996.
- HALL, I. V.; AALDERS, L. E.; BARKER, W. G. A preliminary investigation of factors limiting lowbush blueberry production on Cape Breton Island. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 44, p. 491-492, 1964.
- HANCOK, J. F.; DRAPER, A. D. Blueberry culture in North America. **HortScience**, v. 24, n. 4, p. 551-556, 1989.
- HARGROVE, W. L.; THOMAS, G. W. **Effect of organic matter on exchangeable aluminum on plant growth in acid soils**. Madison: Agronomy Society of American, 1981. (Special publication, 40).
- HARMER, P. The effect of varying the reaction of organic soil on the growth and production of the domesticated blueberry. **Soil Science Society Proceedings**, v. 9, p. 133-141, 1944.
- HAYNES, R. J.; SWIFT, R. S. Effects of soil acidification on the chemical extractability of Fe, Mn, Zn, and Cu and the growth and micronutrient uptake of highbush blueberry plants. **Plant & Soil**, v. 84, p. 201-212, 1983.
- HECKMAN, J. R.; PAVLIS, J. C.; ANASTASIA, W. L. Lime requirement for New Jersey blueberry-producing soils. **HortTechnology**, v. 12, n. 2, p. 220-222, 2002.
- HERATH, H. M. E.; EATON, G. W. Some effects of water table, pH, and nitrogen fertilization upon growth and nutrient element content of highbush blueberry plants. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v. 92, p. 274-283, 1968.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. Disponível em: <[www.ibraf.org.br](http://www.ibraf.org.br)>. Acesso em: 31 jan. 2013.

INDA, A. V.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C. Composição da fase sólida mineral do solo. In: MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. 3. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006. p. 31-62.

INGESTAD, T. Mineral nutrition requirements of *Vaccinium vitis-idaea* and *V. myrtillus*. **Physiologia Plantarum**, v. 29, p. 239-246, 1973.

JO, J.; JANG, Y.; KIM, K.; KIM, M.; KIM, K.; CHUNG, W. Isolation of *ALU1-P* gene encoding a protein with aluminum tolerance activity from arthrobacter viscosus. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 239, n. 3, p. 835-839, 1997.

KAMINSKI, J. **Fatores de acidez e necessidade de calcário dos solos do Rio Grande do Sul**. 1974. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

KORCAK, R. F. Adaptability of blueberry species to various soil types: I. Growth and initial fruiting. **Journal of the American Society Horticultural Science**, v. 111, p. 816-821, 1986a.

KORCAK, R. F. Adaptability of blueberry species to various soil types: II. leaf and soil analysis. **Journal of the American Society Horticultural Science**, v. 111, p. 822-828, 1986b.

KORCAK, R. F. Iron chlorosis. **Hort. Rev.** v. 9, p. 133-186, 1987.

KORCAK, R. F. Response of blueberry species to excessive manganese. **Journal of the American Society Horticultural Science**, v. 113, p. 189-193, 1988.

KORCAK, R. F. Variation in nutrient requirements of blueberry and other calcifuges manganese. **HortScience**, v. 24, n. 4, p. 573-577, 1989.

KORCAK, R. F.; GALLETTA, G. J.; DRAPER, A. Response of blueberry seedlings to a range of soils types. **Journal of the American Society Horticultural Science**, v. 107, p. 1153-1160, 1982.

KRAMER, D. Genetically determined adaptation in roots tonutritional stress: correlation to structure and function. p. 33-39. In: SARIC, M. R.; LOUGHMAN, B. C. (Ed.). **Genetic aspects of plant nutrition**. Boston: Martinus Nijhoff, 1983, p. 33-39.

LAMANT, A.; MONESTIEZ, M. Ca<sup>2+</sup> -membrane relationship in the adaptation of plant to excess calcium. **Annual Proceedings Phytochemical Society Europe**, v. 24, p. 199-212, 1984.

LEE, J. A.; STEWART, G. R. Ecological aspects of nitrogen assimilation. **Advances in Botanical Research**, v. 6, p. 43, 1978.

- LEISER, A. T. **Nutrition and root anatomy of azalea (*Rhododendron*)**. 1959. University of California, Los Angeles.
- LIPE, J. A. **Blueberry variety performance in East Texas**. Texas Agricultural Experimental Station. PR-3655. 1979.
- LUBY, J. J.; WILDUNG, D. K.; STUSHNOFF, C.; MUNSON, S. T.; READ, P. E.; HOOVER, E. E. 'Northblue', 'Northsky', and 'Northcountry' blueberries. **HortScience**, v. 21, p. 1240-1242, 1986.
- MARTINS, R.; MELO, V. F.; SERRAT, B. M. Reserva mineral de potássio em solos dos Campos Gerais, Estado do Paraná. **Revista Ceres**, v. 51, p. 521-533, 2004.
- MCBRIDE, M. B. **Environment chemistry of soils**. New York: Oxford University Press, 1994. 406 p.
- MCGRAFT, S. P.; RORISON, I. H. The influence of nitrogen source on the tolerance of *Holcus lanatus* L. and *Bromus erectus* Huds to manganese. **New Phytologist**, v. 91, p. 443-452, 1982.
- MENDONÇA, E. S.; ROWELL, D. L. Dinâmica do alumínio e de diferentes frações orgânicas de um latossolo argiloso sob cerrado e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, p. 259-303, 1994.
- MEURER, E. J.; ANGHINONI, I. A solução do solo. In: MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. 3. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006. p. 91-116.
- MEURER, E. J.; RHEINNHEIMER, R. D.; BISSANI, C. A. Fenômenos de sorção em solos. In: MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. 3. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006. p. 118-162.
- MILLER, P. M. Physiological responses of *Vaccinium vitis-idaea* to high tissue concentrations of manganese. **Canadian Journal of Botany**, v. 65, p. 1643-1646, 1987.
- MORA, M.; ALFARO, M.; WILLIAMS, P.H.; STEHR, W.; DEMANET, R. Effect of fertilizer input on soil acidification in relation to growth and chemical composition of a pasture and animal production. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Chile, v. 4, p. 29-40, 2004.
- PAGLIETTA, R. **Il Lampono**. Bologna, Italia: Edagricole, 1984. 131 p.
- PETERSON, D. V; MULLINS, C. A.; LIETZKE, D. A.; DEYTON, D. E. Effects of soil-applied elemental sulfur, aluminum sulfate, and sawdust on growth of rabbiteye blueberries. **Journal of the American Society Horticultural Science**, v. 112, p. 612-616, 1987.
- POPE, M. Genotypic differences in the mineral metabolism of plants adapted to extreme habits. **Plant & Soil**, v. 72, p. 261-273, 1983.

- PRATT, P. F. Aluminum. In: CHAPMAN, H. D. (Ed.). **Diagnostic criteria for plants and soils**. Abilene, Texas: Quality, 1973. p. 3-12.
- RASEIRA, M. C. B.; ANTUNES, L. E. C. **A cultura do mirtilo**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 69 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 121).
- REICH, L. A.; KORCAK, R. F.; THOMPSON, A. H. The effect of selected soil factors on growth and nutrient content of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). **Journal of the American Society Horticultural Science**, v. 107, p. 943-946, 1982.
- RENGEL, Z. Uptake of aluminium by plant cells. **New Phytologist**, v. 134, n. 3, p. 389-406, 1996.
- REYES-DÍAZ, M.; ALBERDI, M.; MORA, M. de la L. Short-term aluminum stress differentially affects the photochemical efficiency of photosystem II in highbush blueberry genotypes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 134 n. 1, p. 14-21, Jan. 2009.
- REYES-DÍAZ, M.; INOSTROZA-BLANCHETEAU, C.; MILLALEO, R.; CRUCES, E.; WULFF-ZOTTELE, C.; ALBERDI, M.; MORA, M. DE LA L. Long-term aluminum exposure effects on physiological and biochemical features of highbush blueberry cultivars. **Journal of the American Society Horticultural Science**, v. 135 n. 3, p. 212-222, May 2010.
- RHEINHEIMER, D. S.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; ROBAINA, A. D.; BRUNETTO, G.; SAGGIN, A. **Acidez do solo e consumo potencial de calcário no estado do Rio Grande do Sul**. Santa Maria: Departamento de Solos/UFSM, 2000. 32 p. (Boletim técnico, 1).
- RICE, E. L.; PANCHOLY, S. K. Inhibition of nitrification by climax ecosystems: III. inhibitors other than tannins. **American Journal of Botany**, v. 51, p. 1095-1103, 1974.
- RISTOW, N. C.; CARPENEDO, S.; ANTUNES, L. E. C. **Concentração foliar de nutrientes em mudas de mirtilo em função de diferentes substratos**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 8 p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado técnico, 246).
- RORISON, I. H. The effects of soil acidity on nutrient availability and plant response. p. 283-304. In: HUTCHENSON, T. C.; HAVAS, M. (Ed.). **Effects of acidy precipitation on terrestrial ecosystems**. New York: Plenum, 1980.
- RORISON, I. H. The response of plants to acid soils. **Experientia**, v. 42, p. 357-362, 1986.
- RORISON, I. H.; SPENCER, R. E. Especific tolerance of nitrogen source and aluminum. In: LEE, J. A.; MCNEIL, S.; RORISON, I. H. (Ed.). **Nitrogen as an ecological factor**. Boston: Blackwell, 1983. p. 438-439.

RUTLAND, R. B. Radioisotopic evidence of immobilization of iron in azalea by excess on the calcium bicarbonate. **Journal of the American Society Horticultural Science**, v. 96, p. 653-655, 1971.

SGARBI, J. N. C. **Petrografia macroscópica das rochas ígneas, sedimentares e metamórficas**. Ed. da Belo Horizonte: UFMG, 2007. 559 p.

SMAGULA, J. M.; HEPLER, P. R. Comparison of urea and sulfur coated urea as nitrogen source for lowbush blueberries growing on a cotton gravelly loamy sand. **Journal of the American Society Horticultural Science**, v. 103, p. 818-820, 1978.

SPARKS, D. L. **Environment soil chemistry**. California: Academic Press, 1995. 267 p.

SPIERS, J. M. Effects of pH level and nitrogen source on elemental leaf content of 'Tifblue' rabbiteye blueberry. **Journal of the American Society Horticultural Science**, v. 103, p. 705-708, 1978.

SPIERS, J. M. Influence of aluminum and manganese on rabbiteye blueberries. **HortScience**, v. 25, n. 5, p. 515-516, 1990.

SPIERS, J. M. Influence of lime and sulfur additions on growth, yield, and leaf nutrient content of rabbiteye blueberry. **Journal of the American Society Horticultural Science**, v. 109, p. 559-562, 1984.

SPIERS, J. M. Influence of N, K, and Na concentration on growth and leaf element content of Tifblue rabbiteye blueberry. **Hortscience**, 18, v. 2, p. 223-224, 1983.

SPIERS, J. M. Seasonal variation of leaf nutrient composition in Tifblue rabbiteye blueberry. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 107, n. 2, p. 255-257, 1982.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHENEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2008. 222 p.

STRIK, B. Blueberry: an expanding world berry crop. **Chronica Horticulturae**, v. 45, n. 1, p. 7-12, Mar. 2005.

TAYLOR, G. J. Overcoming barriers to understanding the cellular basis of aluminum resistance. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 171, p. 89-103, 1995.

TERAMURA, A. H.; DAVIES, F. S.; BUCHANAN, D. W. Comparative photosynthesis and transpiration in excised shoots of rabbiteye blueberries. **HortScience**, v. 14, p. 723-724, 1979.

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizers**. 4th ed. New York: MacMillan, 1985.

TOTEV, T. Toxicity of aluminum, manganese, and iron in light-gray forest (Pseudopodzolic) soil. **Agrokhimiya**, v. 1, p. 95-101, 1979.

TOWNSEND, L. R. Effects of acidity on growth and nutrient composition of highbush blueberry. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 51, p. 385-390, 1971.

TOWNSEND, L. R. Influence of form of N and pH on growth and nutrient levels in the leaves and roots of the lowbush blueberry. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 49, p. 333-338, 1969.

TREVETT, M. F.; CARPENTER, P.N.; DURGIN, R. E. **A discussion of the effects of mineral nutrient interactions of foliar diagnosis in lowbush blueberries**. Orono: Maine Agricultural Experiment Station, 1968. (Maine Agricultural Experiment Station. Bulletin, 665).

TWIGG, M. C.; LINK, C. B. Nutrient deficiency symptoms and leaf analysis of azaleas grown in sand culture. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v. 57, p. 369-375, 1951.

KEYS to soil taxonomy. 9. ed. Washington, D.C.: USDA, 2003. 332 p.

YANG, W. Q.; GOULART, B. L. Aluminum and phosphorus interactions in mycorrhizal and nonmycorrhizal highbush blueberry plantlets. **Journal of the American Society Horticultural Science**, v. 122, n. 1, p. 24-30, 1997.

YERMIYAHU, U.; BRAUER, D. K.; KINRAIDE, T. B. Oxidative damage to membranes by a combination of aluminum and iron in suspension-cultured tobacco cells. **Plant and Cell Physiology**, v. 38, n. 12, p. 1333-1339, 1997.

ZHANG, G.; ARCHAMBAULT, D. J.; SLASKI, J. J.; TAYLOR, G. J. Effects of protein synthesis inhibitors on uptake of aluminum in aluminum-resistant and aluminum-sensitive cultivars of wheat. **Journal of Plant Physiology**, v. 147, n. 3/4, p. 457-462, 1995.



PROMOÇÃO:



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO

