



## NUTRIÇÃO MINERAL, CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FIBRA DO ALGODOEIRO EM RESPOSTA A ADUBAÇÃO FOSFATADA NO CERRADO DE RORAIMA<sup>1</sup>

Gilvan Barbosa Ferreira<sup>1</sup>; Oscar José Smiderle<sup>2</sup>; Moisés Mourão Junior<sup>3</sup>; Julio Cesar Bogiani<sup>1</sup>; Ana Luiza Dias Borin<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Embrapa Algodão, gilvan.ferreira@cpna.embrapa.br; <sup>2</sup> Embrapa Roraima, ojsmider@cpafr.embrapa.br; <sup>3</sup> Embrapa Amazônia Oriental.

**RESUMO** – O fósforo favorece o crescimento e a produção do algodoeiro. Os solos de cerrado são pobres em P disponível e não há informações suficientes para seu manejo em Roraima. Com o objetivo de caracterizar a resposta em crescimento, produção e qualidade de fibra em resposta ao fósforo foi realizada esta pesquisa. Implantou-se os ensaios no Campo Experimental Água Boa, em Latossolo Amarelo, textura franco-areno-argilosa, e no Campo Experimental Monte Cristo, em Latossolo Vermelho, textura franco-argilo-arenoso, ambos da Embrapa Roraima e situados no cerrado de Boa Vista-RR, em 2007 e 2008. Os tratamentos foram arranjados no fatorial 5<sup>2</sup>, estudando cinco doses corretivas (0, 50, 100, 200 e 400 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e cinco doses de manutenção (0, 60, 120, 180 e 240 kg/ha), montados no delineamento de blocos ao acaso, com três repetições. A dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> que otimiza a produtividade é diferente da que maximiza crescimento e componentes de produção; sem adubação corretiva, deve-se aplicar 165,5 kg/ha na linha de plantio. Porém, deve-se aplicar 60 kg/ha se for feita fosfatagem na área, em ambos os solos. A adubação com fósforo afeta todas as características de qualidade tecnológica da fibra, exceto o micronaire, sendo mais importante em solos de baixa fertilidade.

**Palavras-chave:** *Gossypium hirsutum*; Fósforo disponível; Teor foliar; recomendação de adubação.

### INTRODUÇÃO

O algodoeiro é uma planta exigente em solos corrigidos em fósforo para se desenvolver e produzir adequadamente. A cultura exige cerca de 25,6 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para cada tonelada de algodão em caroço produzida, apesar de somente exportar 12,3 kg/ha/t algodão em caroço (CARVALHO; FERREIRA; STAUT, 2007).

A absorção de fósforo ocorre de forma ativa nas células da epiderme das raízes nas pontas das células novas cuja intensidade de absorção provoca redução dos teores do nutriente nas proximidades da membrana e cria um gradiente de concentração entre o fósforo presente na rizosfera e aquele mais além (MARSCHNER, 1995). Esse gradiente, permite que o fósforo se movimente no solo

<sup>1</sup> Macroprograma 3/Embrapa.

por difusão. Segundo Novais e Smyth (1999), a dependência do processo de difusão e as características do elemento de se adsorver facilmente nas argilas do solo torna os teores disponíveis para a planta muito dependente da quantidade de argila presente e do teor de umidade. Tanto o aumento do teor de argila, quanto a redução do teor de água, torna crítica a movimentação do elemento no solo. Dada a baixa eficiência do processo de deslocamento por difusão, somente o volume de solo nas proximidades de 1 mm das raízes contribuem com fósforo para nutrir a planta (BARBER, 1995). Assim, é necessário que o solo seja enriquecido em sua totalidade na camada arável para permitir crescimento radicular abundante e plena capacidade produtiva na planta.

A resposta a adubação com fósforo também depende da dose aplicada, da área de contato adubo usado/solo e do teor de P disponível na área. Segundo Silva (1999), a adubação na linha de plantio com fósforo é a forma de aplicação mais efetiva, pois permite que a cultura aproveite o máximo do nutriente aplicado, que pode alcançar de 5 a 15% (CARVALHO et al., 2007). Apenas em condições de alto teor de P disponível, a aplicação de P a lanço ou na linha de plantio tem efeito equivalente (SILVA, 1999). Mesmo assim, Carvalho et al. (2007) mostram que solos deficientes em P respondem mais a dose aplicada do que a localização do adubo.

No algodoeiro o fósforo favorece primariamente a produção de massa seca, seja de partes vegetativas seja de componentes da produção. Segundo Silva (1999), o elemento tem pouca ação sobre a qualidade da fibra, podendo favorecer o comprimento e a resistência da fibra.

Este trabalho tem por objetivo caracterizar a resposta do algodoeiro em estado nutricional, crescimento e produção à aplicação de doses de fósforo na linha de plantio. Também se estuda o impacto da adubação fosfatada corretiva e de manutenção sobre a qualidade tecnológica da fibra.

## METODOLOGIA

Os ensaios foram realizados no Campo Experimental Água Boa (CEAB), em Latossolo Amarelo, textura franco areno-argilosa, no Campo Experimental Monte Cristo (CEMC) em Latossolo Vermelho distrófico, textura franco argilo-arenosa, os quais são de baixa fertilidade natural (Tabela 1).

Os ensaios foram montados em arranjo fatorial 5<sup>2</sup>, em delineamento em blocos ao acaso, com três repetições. Foram estudadas cinco doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas a lanço e incorporadas (0, 50, 100, 200 e 400 kg/ha), combinadas com cinco doses na linha de plantio (0, 60, 120, 180 e 240 kg/ha).

A área usada foi previamente corrigida com 100 kg/ha de K<sub>2</sub>O, 50 kg/ha de FTE BR 12, 2,5 t/ha de calcário e 1,2 t/ha de gesso, no CEAB, e 150, 50 kg/ha e 2,8 e 2,5 t/ha no CEMC, respectivamente,

um mês antes do plantio, logo após a aplicação dos tratamentos, conforme recomendado por Sousa e Lobato (2004) para garantir inexistência de fatores limitantes além das doses de P estudadas. A área foi arada e gradeada para incorporação dos corretivos e adubos.

Foram utilizados sementes da BRS Cedro semeadas entre 25/maio a 15/junho na densidade de 9 a 12 sementes/m, em parcelas com seis linhas de 5 m de comprimento espaçadas entre si em 0,90 m. As duas linhas centrais, sem os 0,5m de cada extremidade, foram colhidas como parcela útil.

Foram aplicados no plantio 20 kg/ha de N (usando uréia), 30 kg de K<sub>2</sub>O (usando cloreto de potássio) e 1 kg/ha de boro (usando ácido bórico). Aos 20 e 45 dias após a emergência (DAE) foram feitas duas aplicações iguais com 75 kg/ha de N, 60 kg/ha de K<sub>2</sub>O e 1 kg/ha de boro. Também foram aplicados 300, 200, 300, 50, 200 g/ha de B, Cu, Mn, Mo e Zn em duas pulverizações, aos 30 e 50 dae. Os controles de pragas (insetos, doenças e ervas-daninhas) seguiram as práticas e produtos recomendados no manejo integrado de pragas (FREIRE, 2007).

Foram coletadas folhas para análise aos 80 dae e os dados de altura de planta, número de capulhos por planta, peso médio de capulho, stand final e produtividade no final do ciclo da cultura, aos 160 dae. Adicionalmente, em 2007, fez-se análise da qualidade da fibra em ambos os campos experimentais. Após a colheita, os solos foram amostrados em cada parcela na camada de 0-20 cm para análise de P disponível, extraído por Mehlich-1 (EMBRAPA, 1997).

Os dados foram analisados estatisticamente em conjunto, usando análise de variância e de regressão para discriminações dos efeitos dos fatores em estudo, usando o nível de 5% de probabilidade. Onde relevante, efetuou-se o ajuste das curvas de regressão até 10% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de P disponível (Mehlich-1) no solo aumentou linearmente em resposta a aplicação do nutriente, sendo muito mais alto quando a adubação corretiva estava presente (Figura 1). Desta, forma a planta do algodoeiro pode absorver e acumular nas folhas quantidades crescentes de P até a maior dose aplicada, 240 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Tabela 1).

Em consequência, a planta cresceu de modo quadrático em resposta às doses de P, alcançando a altura máxima de 114,1 cm (na média dos campos estudados) com aplicação de 161,8 kg/ha do nutriente (Tabela 2). Assim, a partir desse ponto (2,9 g/kg de P na folha), apesar da cultura continuar a absorver e concentrar nutriente em seus tecidos, não houve ganhos adicionais de massa vegetativa. Valores de 2,5 a 4,0 g/kg de P são considerados normais na planta (SILVA; RAIJ, 1996), porém Yamada et al. (1999)

(citados por CARVALHO; FERREIRA; STAUT, 2007) encontraram teores de 3 a 4 g/kg nas lavouras de algodão mais produtivas do cerrado.

Houve uma ligeira perda de estande com o aumento das doses de  $P_2O_5$  (Tabela 2), provavelmente por aumento da competição intraespecífica, à medida que aumentava o crescimento das plantas. Essa redução de estande não é preocupante, pois a cultura tem capacidade de ajuste.

No geral, os componentes de produção e a produtividade de pluma tiveram resposta quadrática (Tabela 2). O número de capulho por planta variou de 5,4 a 7,6, sendo a resposta média derivada mais do comportamento produtivo do algodoeiro no CEAB em 2008. No CEMC, não houve ajuste significativo. Em geral, o número de capulho aumentou até 7,7 com o uso de 197 kg/ha de  $P_2O_5$ .

A massa média de capulho teve crescimento linear no CEMC e quadrático, no CEAB (Tabela 2). Na média, a massa média de capulho tende a aumentar rapidamente até a dose de 60 kg/ha de  $P_2O_5$ , então crescente linearmente até a maior dose testada. O modelo quadrático estima um máximo de 5,6 g/capulho na dose de 205 kg/ha de  $P_2O_5$ .

O algodoeiro respondeu de modo quadrático em produtividade de pluma (Tabela 2), alcançando 1.233,5 kg/ha de fibra com o uso de 165,5 kg/ha de  $P_2O_5$ . Porém, aos preços vigentes em dez/2009, a dose econômica estivada era de 103,9 kg/ha. Assim, apesar da dose para crescimento máximo ser próxima da obtida para produtividade, a dose econômica de fósforo é bem menor do que a necessária para maximizar seu teor foliar de P, o crescimento e os componentes de produção.

Segundo Ferreira et al. (2011), o limite de resposta a fósforo no CEAB é de 18 mg/dm de P disponível (Mehlich-1) e no CEMC, de 8,0 mg/dm<sup>3</sup>. Assim, aplicando-se as doses de 60, 103,5 e 165,5 kg/ha de  $P_2O_5$  nas equações da Figura 1, pode-se verificar que, no CEAB e na ausência de adubação corretiva, alcança-se os teores de P disponível no solo de, respectivamente, 8,1, 13,3 e 19,7 mg/dm<sup>3</sup>; neste caso, seria necessário aplicar os 165,5 kg/ha de  $P_2O_5$  para garantir a produtividade. No CEAB e presença de adubação corretiva, os teores alcançados seriam de 18,3, 24,5 e 33,2 mg/dm<sup>3</sup> de P, respectivamente, assim 60 kg/ha de  $P_2O_5$  seriam suficientes para obter a produtividade alcançada. No CEMC e ausência de adubação corretiva, os teores seriam, respectivamente, 3,7, 7,12 e 12,0 mg/dm<sup>3</sup>, o que tornaria necessário o uso de 165,5 kg/ha de  $P_2O_5$ . Por outro lado, no CEMC e presença da adubação corretiva, se obteriam os teores de, respectivamente, 9,6, 15,2, e 23,0 mg/dm<sup>3</sup>, o que levaria ao uso de apenas 60 kg/ha de  $P_2O_5$ . Assim, o uso da fosfatagem permite forte redução no uso de adubo fosfatado na linha de plantio, em ambos os solos estudados.

As fibras produzidas no campo experimental Monte Cristo foram melhores do as produzidas no campo experimental Água Boa. A diferença mais distinta entre as duas localidades é o tipo de solo e sua fertilidade. De fato, o CEMC tem melhores índices de fertilidade do que o CEAB (Tabela 3).

Ao contrário do que mostra a literatura, o fósforo modifica todos os itens da análise de qualidade de fibra, exceto o micronaire (Tabela 3). A adubação corretiva aumentou de forma linear a % fibra, a uniformidade e a maturidade, porém diminuiu linearmente o alongamento à ruptura e o índice de amarelecimento. Também aumentou de forma quadrática, o comprimento da fibra até 285 kg/ha (30,1 mm) e a resistência até 222 kg/ha (34,5 ug/tex). Em consequência, o índice de consistência de fiação cresceu de forma quadrática até a dose de 205 kg/ha, chegando a 154,9.

Do mesmo modo, a adubação de manutenção também alterou fortemente os valores das características de qualidade da fibra. Houve aumento quadrático na % fibra até a dose de 181,7 kg/ha (45% de fibra) e no comprimento até 182,5 kg/ha (29,9 mm), aumentos lineares na uniformidade, na resistência e no índice de reflectância; e redução linear no índice de fibras curtas. Assim, o índice de consistência aumentou linearmente até o valor de 155,9.

A maior parte dos efeitos medidos foram observados no CEAB, onde as condições gerais de solo era de menor fertilidade global (Tabelas 3 e 1). O que mostra que quanto pior é a condição local de formar fibras de qualidade, mais importante é o papel do fósforo na melhoria de sua qualidade.

### CONCLUSÃO

A dose de fósforo que otimiza a produtividade nem sempre coincide com aquela que maximiza o crescimento e desenvolvimento dos componentes de produção do algodoeiro;

Na ausência de adubação fosfatada corretiva nos solos estudados, deve ser aplicado 165,5 kg/ha  $P_2O_5$  na linha de plantio. Porém, deve-se aplicar somente 60 kg/ha se for feita fosfatagem na área, em ambos os solos;

A adubação com fósforo afeta todos as características de qualidade tecnológica da fibra, exceto o micronaire, sendo mais importante em solos de baixa fertilidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBER, S.A. **Soil nutrient bioavailability**. New York: John Wiley, 1995. 414p.

CARVALHO, M. da C. S.; FERREIRA, G. B.; STAUT, L. A. Nutrição, calagem e adubação do algodoeiro. In: FREIRE, E.C. (Ed.). **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília, DF: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, 2007. p. 581- 647.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (Embrapa-CNPQ. Documentos, 1).

FERREIRA, G. B.; SMIDERLE, O. J.; OLIVEIRA JUNIOR., M. C. M.; BORIN, A. L. D. C.; BOGIANI, J. C. Calibração da adubação fosfatada de manutenção no algodoeiro em solos do cerrado de Roraima. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 8., São Paulo, 2011. **Anais...**São Paulo: Embrapa Algodão/Abapa, 2011. 8 p. No prelo.

FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília, DF: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, 2007. p. 581- 647.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London, Academic Press, 1995. 889 p.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa, Ed. UFV, 1999. 399 p.

SILVA, N. C.; RAIJ, B. van. Algodão. In: RAIJ, B. van, CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A. et al. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas, IAC, 1996. 285 p.

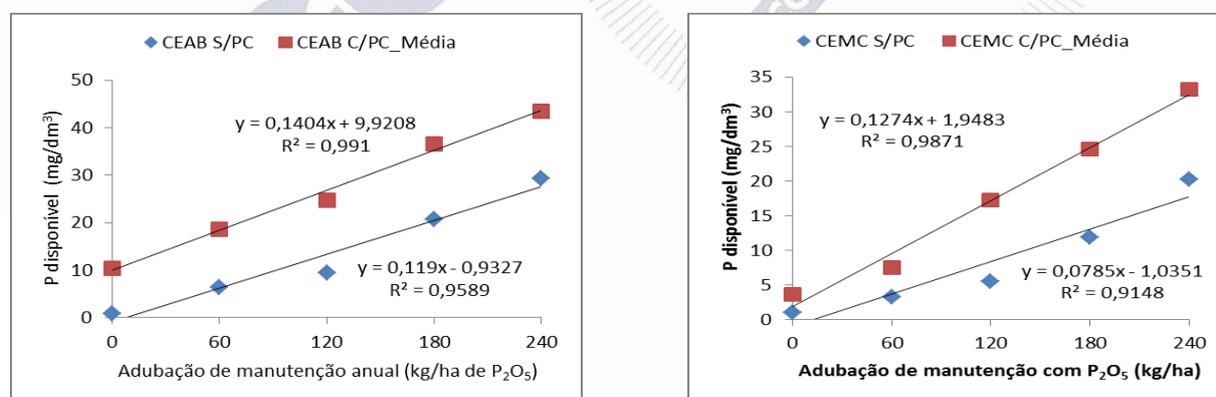
SILVA, N. M. Nutrição Mineral e Adubação do Algodoeiro no Brasil. In: CIA, E., FREIRE, E. C. e SANTOS, W. J. dos. **Cultura do Algodoeiro**.Piracicaba: Potafos, 1999.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416p.

**Tabela 1.** Valores dos atributos de fertilidade dos solos nos Campos Experimentais Água Boa e Monte Cristo, pertencentes à Embrapa Roraima. Boa Vista, RR, safra 2007.

Cam.	pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	P	M.O.	V	M	Argila
cm	água	----- cmolo/dm <sup>3</sup> -----				mg/dm <sup>3</sup>	----- % -----			
Campo Experimental Água Boa										
0-20	4,8	0,70	0,15	0,02	0,52	0,41	1,4	26	37	20
Campo Experimental Monte Cristo										
0-20	5,3	1,20	0,23	0,01	0,27	0,00	1,3	32	16	34

Obs.: pH, em água na relação solo:água 1:2,5; Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup>, cálcio, magnésio, potássio e alumínio trocáveis, respectivamente; P, fósforo disponível (Mehlich-1); M.O., matéria orgânica; V, volume de saturação por bases trocáveis; e m, saturação por Al<sup>3+</sup>.

**Figura 1** – Variação dos teores de P disponível no solo em função de doses de fósforo aplicadas na linha de plantio, com e sem adubação corretiva (PC), nos Campos Experimentais Água Boa (A) e Monte Cristo (B)

**Tabela 2** – Teor de fósforo foliar (PF), altura (ALT), estande final (STD), Número de capulho/planta (NCP), massa média de capulho (MC) e produtividade de pluma (PROD) em função doses de fósforo aplicada na linha de plantio

3	PF	ALT	STD	NCP	MC	PROD
	g/kg	cm	pl./m	cap./pl	g/cap.	kg/ha
Efeito geral da adubação fosfatada de manutenção (kg/ha de P2O5)						
0	2,6	91,2	10,1	5,7	4,7	833,1
60	2,7	110,5	10,1	7,0	5,3	1170,5
120	3,0	111,9	10,0	7,1	5,3	1188,6
180	2,9	112,3	9,8	7,6	5,3	1171,6
240	3,0	112,8	9,8	7,4	5,3	1194,6
Ajuste/Sig.	Ei***	Eq***	Ei*	Eq**	Eq***	Eq***
Desdobramentos						
PM d/CEAB	Ei*	Eq***	Ns	Eq*	Eq***	Eq***
PM d/CEMC	Ei***	Eq***	Elo	Eqo	Ei***	Eq***
PM/2007	Ei***	Eq***	Ei*	Ei*	Eq***	Eq***
PM/2008	Eqo	Eq***	Ns	Eq**	Eq**	Eq***
PM/CEAB/2007	Ei***	Ei*	Ei*	Elo	Eq***	Eq***
PM/CEAB/2008	ns	Eq***	Ns	Eq**	Eq**	Eq***
PM/CEMC/2007	Ei**	Eq***	nao	ns	Ei**	Eq***
PM/CEMC/2008	Ei***	Eq***	Ns	ns	Ei*	Eq***
Média	2,8	107,7	9,9	7,0	5,2	1110,7
CV (%)	21,0	11,5	9,7	29,9	10,1	15,0

**Tabela 3** – Percentagem de fibra (PFIB), comprimento (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI), resistência (STR), alongamento à ruptura (ELG), micronaire (MIC), maturidade (MAT), índice de reflectância (Rd), índice de amarelecimento (+b) e índice de consistência de fiação (SCI) em função de local de cultivo (Campo Experimental Água Boa – CEAB e Monte Cristo – CEMC), ano e doses de fósforo aplicada na linha de plantio (adubação fosfatada d manutenção – PM) e fósforo aplicado a lanço incorporado (adubação fosfatada corretiva – PC)

Efeito	PFIB %	UHM mm	UNF %	SFI	STR gf/tex	ELG %	MIC µg/in	MAT	Rd %	mb	SCI
<b>Efeito de Local de Cultivo</b>											
CEAB	44,9	29,0	84,5	6,4	33,3	6,9	4,7	88,3	74,5	8,5	146,6
CEMC	42,3	30,3	85,8	5,2	34,6	6,5	5,0	89,4	75,2	8,8	156,9
Sig.	***	***	***	***	***	**	***	***	ns	*	***
<b>Adubação corretiva com P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg/ha)</b>											
0	43,0	29,1	84,5	6,2	32,8	6,9	4,8	88,5	74,5	8,9	144,3
50	43,7	29,7	85,4	5,6	33,6	6,8	4,9	88,9	73,8	8,8	150,7
100	43,5	29,9	85,4	5,6	35,0	6,7	4,7	88,6	76,4	8,7	158,0
200	43,9	29,8	85,1	6,2	34,0	6,7	4,8	88,8	75,2	8,5	152,3
400	43,9	29,9	85,5	5,6	34,3	6,5	4,9	89,2	74,4	8,5	153,5
Ajuste/Sig.	EI**	Eq**	EI*	ns	Eq*	EI**	ns	EI*	ns	Elo	Eq**
<b>Adubação de manutenção com P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg/ha)</b>											
0	43,0	29,2	84,9	6,4	32,8	6,7	4,7	88,5	74,4	9,0	146,4
60	43,6	29,7	84,9	5,9	33,2	6,7	4,9	88,9	73,7	8,6	147,0
120	43,9	29,9	85,4	5,7	34,1	6,9	4,9	88,7	74,6	8,5	153,0
180	43,7	29,7	85,5	5,5	34,9	6,5	4,8	89,0	75,4	8,6	156,6
240	43,8	29,9	85,2	5,7	34,8	6,7	4,9	88,9	76,2	8,6	155,9
Ajuste/Sig.	Eq*	Eq*	EI*	EI*	EI***	na*	ns	ns	EI*	ns	EI***
<b>Desdobramentos</b>											
PC d/CEAB	Eq**	Eq**	EI**	ns	Eq*	ns	EI*	EI*	Eq*	ns	Eq**
PC d/CEMC	ns	EI*	ns	ns	ns	EI**	ns	ns	ns	**	ns
PM d/CEAB	Eq*	EI***	EI**	EI*	EI***	na**	ns	ns	ns	Eqo	EI***
PM d/CEMC	ns	Elo	ns	ns	EI*	ns	ns	ns	Elo	ns	Elo
<b>Média</b>	43,6	29,7	85,2	5,8	33,9	6,7	4,8	88,8	74,9	8,7	151,8
<b>CV (%)</b>	2,4	2,3	1,4	25,9	5,9	8,4	6,6	1,2	5,1	10,0	6,5