

## Caracterização dos estádios fenológicos da cúrcuma, em função da época e densidade de plantio.

Arthur Bernardes Cecilio Filho<sup>1</sup>; Rovilson José de Souza<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>UNESP – FCAV, Depto. Horticultura, Rod. Carlos Tonanni Km 5, 14.870-000 Jaboticabal – SP; <sup>2</sup>UFLA – Depto. de Agricultura, C. Postal 37, 37.200-000 Lavras - MG.

### RESUMO

A cúrcuma é uma espécie, originária da Índia, com grande potencial de utilização nos mercados de corantes, medicinal e alimentício. Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a resposta da planta aos fatores época e densidade de plantio, por meio da caracterização dos estádios fenológicos. Verificou-se que o período de crescimento vegetativo caracterizou-se pelas etapas de pré-perfilhamento e perfilhamento. A primeira etapa, de crescimento lento, mostrou-se influenciada significativamente pela época de plantio, havendo maior precocidade no aparecimento de perfilhos com atraso no plantio. A etapa seguinte, de perfilhamento, mostrou acentuado acúmulo de fitomassa, sendo grande a contribuição dos perfilhos. O período de crescimento dos rizomas teve seu início influenciado significativamente pelo fator época de plantio, sendo tanto mais precoce quanto mais tardio foi o plantio. A extensão do período de crescimento foi de 147, 124, 102 e 79 dias para os plantios efetuados em 20 de outubro, 20 de novembro, 20 de dezembro e 20 de janeiro, correspondente a ciclo cultural, respectivamente, de 270, 240, 210 e 180 dias. Somente foi observado efeito significativo do fator densidade de plantio sobre o período de crescimento vegetativo, sendo o comprimento deste inversamente proporcional à densidade utilizada.

**Palavras-chave:** *Curcuma longa*, genótipo x ambiente, fenologia, corante natural.

### ABSTRACT

**Characterization of phenological stages of the turmeric, as a function of time and planting density.**

Turmeric is a species originated from India with a great potential in dye, medicine and food markets. This experiment was carried out at the Universidade Federal de Lavras, Brazil, with the objective of evaluating the response of the plant to factors such as time and planting densities, by means of characterizing the phenological stages. The period of vegetative growth was determined at the pre-tillering and tillering stages. The slow growth of the aerial part, in the first stage, was influenced significantly by the time of planting, independently of the treatment used. The tillering stage showed increased biomass accumulation, due to the contribution of the tillers. The period of growth of the rhizomes was greatly influenced by the time of planting. Shorter periods of growth were associated with late plantings. The extension of the growth period were 147, 124, 102 and 79 days for the plantings done in every 20<sup>th</sup> day of October, November, December and January, corresponded to a total plant cycle of 270, 240, 210 and 180 days, respectively. A significant effect of the factor density of planting was only observed during the period of vegetative growth, being short vegetative growth associated to higher plant densities.

**Keywords:** *Curcuma longa*, genotype x ambient, phenology, natural dye.

(Aceito para publicação em 13 de setembro de 1999)

A cúrcuma (*Curcuma longa* L.), pertencente à família Zingiberaceae, produtora de rizomas tradicionalmente conhecidos no mercado internacional como "turmeric", é considerada uma preciosa especiaria, por compor famosos temperos, entre eles o "curry" (Duarte *et al.*, 1989).

Com a proibição do uso de pigmentos sintéticos nos principais países da América do Norte e Europa (Maia, 1991; Rusig & Martins, 1992), recentemente tem sido vislumbrada a possibilidade de participação da espécie num atraente e crescente mercado de aditivos naturais de alimentos.

Além da curcumina, sua substância corante, a cúrcuma contém óleo essencial de excelentes qualidades técnica e organoléptica (Duarte *et al.*, 1989), que juntos possibilitam estender sua utilização aos mercados de perfumaria, medicinal, alimentício, condimentar, têxtil e outros.

Inúmeros trabalhos na literatura mencionam a importância da adequada época de plantio no desempenho agrônomo de várias espécies vegetais. A definição da melhor época de plantio é função da localidade, da cultura a ser implantada e de fatores climáticos, especialmente fotoperíodo e temperatura. Estes fatores afetam a composição química de diversos órgãos da planta como por exemplo teor de óleo, carboidratos e compostos nitrogenados. Os mesmos são fundamentais ao metabolismo vegetal (Alvarenga, 1987), síntese e atividade de enzimas (Salisbury e Ross, 1992), divisão e expansão celular e emissão de folhas (Mengel e Kirkby, 1987), que juntos definirão o potencial vegetativo e produtivo da planta.

Segundo Lucchesi *et al.* (1976) e Larcher (1986), a densidade de plantio pode influir na qualidade e produtividade da cultura. As pressões exercidas

pela população de plantas afetam de modo marcante o seu próprio desenvolvimento. Quando o número de indivíduos aumenta por unidade de área, atinge-se o chamado ponto de competição, no qual cada planta começa a competir por alguns fatores essenciais ao crescimento, tais como nutrientes, água e luz (Arismendi, 1975; Mendoza, 1982; Choairy & Fernandes, 1983), alterando a arquitetura e outras características das plantas, com reflexos na produtividade (Mondin, 1988; Squire, 1990).

De acordo com Marschner (1990), diferentes curvas de respostas de rendimento são resultantes do incremento na densidade de plantas e na fotossíntese líquida por unidade de área foliar (efeito fonte) e do incremento no órgão de reserva (efeito dreno).

Nas espécies exóticas ou de pequena exploração comercial que repentina-

mente experimentam maior interesse comercial de cultivo como é o caso da cúrcuma, observa-se reduzido número de informações técnicas na literatura nacional. O objetivo deste trabalho foi caracterizar as etapas fenológicas da cúrcuma, em função de diferentes épocas e densidades de plantio, gerando informações sobre a interação desta espécie com o ambiente.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de outubro de 1994 a julho de 1995, na área experimental do Setor de Olericultura, do Departamento de Agricultura, da Universidade Federal de Lavras (UFLA) a 21°14' S, 45°00' W e altitude média de 910 m (Castro Neto, Sedyama & Vilela, 1980). Com base na classificação de Köppen, apresenta clima de transição entre Cwa e Cwb, com médias anuais de temperatura e precipitação, respectivamente, de 19,4°C e 1.529,7 mm (Brasil, 1992).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, em esquema de parcelas sub-divididas, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por quatro épocas de plantio (20 de outubro, 20 de novembro, 20 de dezembro e 20 de janeiro) e três espaçamentos entre plantas na linha de plantio (20, 35 e 50 cm), perfazendo o total de 12 tratamentos. A unidade experimental (sub-parcela) constituiu-se dos espaçamentos em avaliação, enquanto a parcela correspondeu ao fator época de plantio. A área total do experimento foi de 1007,20 m<sup>2</sup>. Adotou-se espaçamento de 80 centímetros entre linhas de plantio.

Em cada uma das coletas mensais, para avaliação do acúmulo de matéria seca pela planta, foram retiradas seis plantas competitivas de cada sub-parcela. A bordadura foi constituída por uma linha de plantio externa de cada sub-parcela, bem como das plantas imediatamente antecessoras à cada amostra de seis plantas coletadas mensalmente.

Em solo de média acidez (5,5), altos teores de fósforo, potássio, magnésio e matéria orgânica, médio teor de cálcio (valores segundo Comissão..., 1989) e 66% de saturação da CTC do solo por bases, foi realizada adubação de plantio com 10,5 g/planta do adubo formulado N-P-K-Ca-S com as respectivas concen-

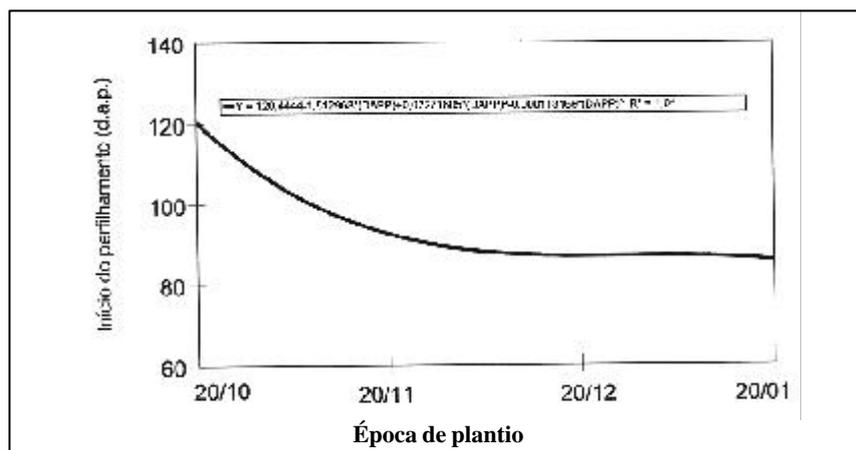


Figura 1. Efeito da época de plantio, 20/10, 20/11, 20/12 e 20/01, correspondentes à DAPP de 0, 30, 60 e 90 dias, respectivamente, sobre o início do perfilhamento. Lavras, UFLA, 1996.

trações dos nutrientes: 4-14-8-10-9. A adubação de cobertura foi realizada com 0,84 g de N/planta, aos 60 dias após emergência das plantas, na forma de sulfato de amônio. O plantio foi realizado com um rizoma-semente por cova, do tipo rizoma primário, de peso médio de 5 g de matéria fresca ou 1,1 g seco, colocado a quatro centímetros de profundidade, em leiras de aproximadamente 40 cm de altura, espaçadas de centro a centro em 80 cm.

O material genético utilizado foi proveniente de produtores rurais de Paracatu (MG) e multiplicado na área experimental do Setor de Olericultura da UFLA, não havendo denominação específica para o germoplasma.

A colheita final foi realizada quando as plantas apresentavam a parte aérea completamente seca, o que ocorreu no dia 17 de julho de 1995, independente da época de plantio.

A caracterização dos estádios fenológicos da cúrcuma consistiu na avaliação do período de crescimento vegetativo (PCV) e do período de crescimento dos rizomas (PCRi). O PVC englobou o período compreendido pelo plantio dos rizomas-semente até a época de máxima de matéria seca da parte aérea (MSPA), conforme também adotado por Goto (1993). O PCRi, correspondeu ao intervalo compreendido pelo momento em que a matéria seca dos rizomas (MSRi) superou a matéria seca do rizoma-semente plantado (1,1 g) até a colheita. MSPe corresponde à matéria seca da parte aérea dos perfilhos, sendo portanto, parte integrante da MSPA. As datas referentes aos pontos de máxima MSPA e início do

PCRi, foram determinadas pelo uso de equações não lineares, conforme proposta de Draper & Smith (1981), Guimarães & Castro (1986). Também fez-se a determinação do parâmetro graus-dia, a fim de retratar o calor efetivo disponível à planta nos períodos subsequentes de seu desenvolvimento, em função das épocas de plantio estudadas. Para tanto, adotou-se o modelo de Holmes & Robertson (1959), sendo o valor, resultado da diferença entre a temperatura média do ar e a temperatura base da planta, considerada 10°C (Goto, 1993).

O ciclo cultural e o período de desenvolvimento pós-emergência (PDPE), corresponderam ao período compreendido entre o plantio dos rizomas e a emergência das plantas, respectivamente, até a colheita.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento vegetativo da cúrcuma caracterizou-se nas etapas do pré-perfilhamento e do perfilhamento. A etapa do pré-perfilhamento, limitada até o aparecimento do primeiro perfilho, foi significativamente influenciada pelo fator época de plantio. Não houve efeito do fator densidade de plantio. Neste trabalho foi constatado início do perfilhamento aos 120, 92, 87 e 85 dias do ciclo das plantas provenientes, respectivamente, dos plantios realizados em 20/10, 20/11, 20/12 e 20/01. Em outros trabalhos observou-se aparecimento de perfilhos apenas a partir dos 100 dias após o plantio (Goto, 1993). Portanto, o atraso no plantio promoveu o aparecimento mais precoce de perfilhos (Figura 1),

diminuindo a etapa de pré-perfilhamento e adiantando o início da fase de perfilhamento.

Verificou-se que independente do tratamento, o crescimento da parte aérea no estágio de pré-perfilhamento é muito lento, conforme também foi observado em trabalho conduzido por Goto (1993). Em geral, ao final deste período,

a produção de MSPA foi inferior a 15% do máximo obtido pela planta no decorrer do ciclo. Embora no estágio de pré-perfilhamento tenham sido verificados pequenos incrementos em valores absolutos no crescimento das plantas, estes corresponderam muitas vezes a altas taxas de crescimento relativo. Verifica-se portanto que são grandes os

investimentos da planta neste estágio, sendo importante realizar as práticas culturais corretas como controle de plantas daninhas, irrigação e adubação. Sem dúvida, o crescimento exponencial que ocorrerá no período subsequente está condicionado entre outros fatores, ao bom desenvolvimento da planta durante o pré-perfilhamento.

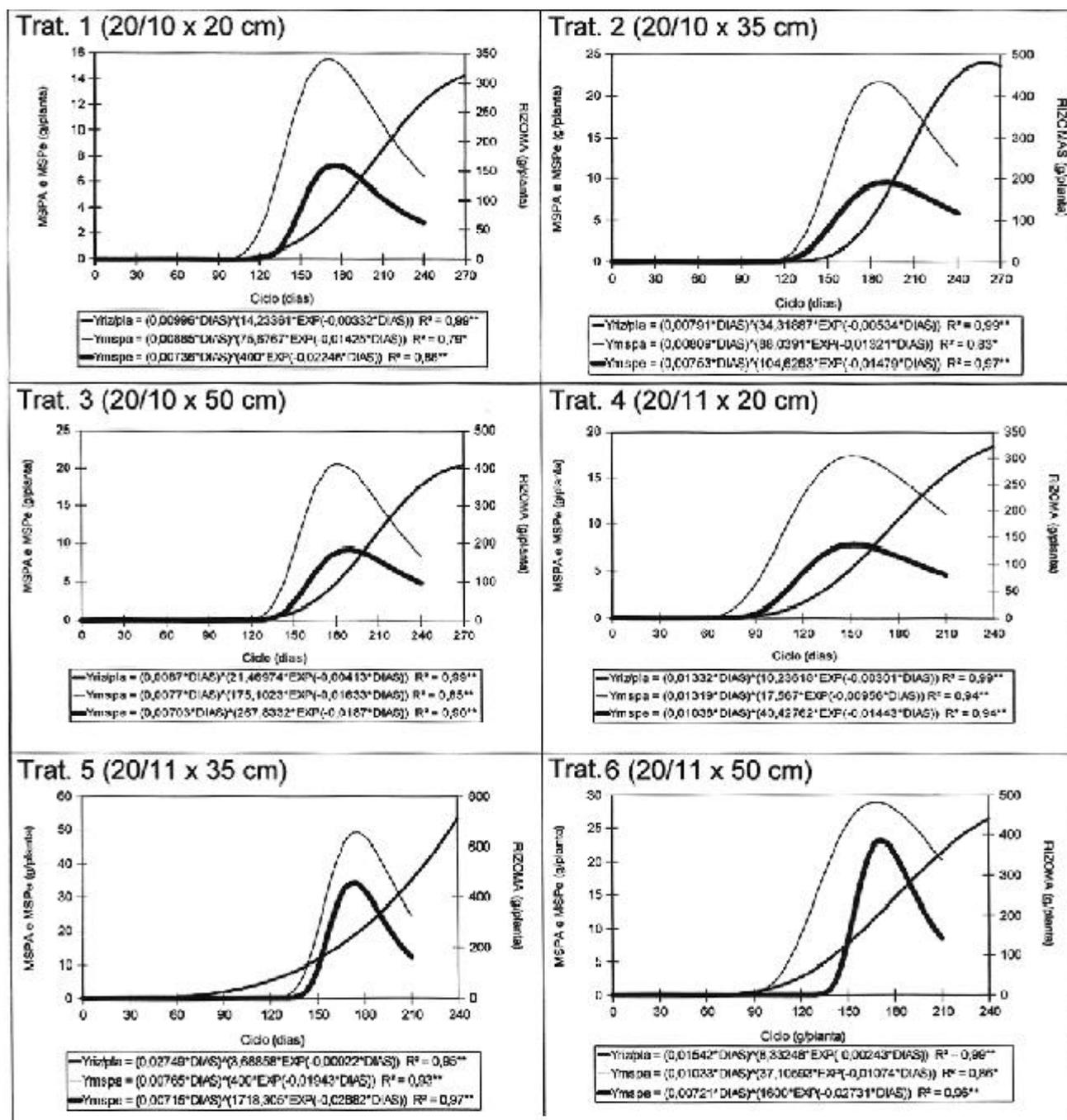


Figura 2. Acúmulo de matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca de perfílos (MSPe) e produção de rizomas por planta (RIZ/PLA), durante seu ciclo (dias após o plantio - d.a.p), em função da época e densidade de plantio. LAVRAS, UFLA, 1996.

O estágio de perfilhamento, limitado entre o aparecimento do primeiro perfilho e o ponto de máxima MSPA acumulada pela planta, caracteriza-se pelo acentuado aumento na MSPA. Conforme pode ser visto na Figura 2, o acúmulo de MSPA durante o período de pré-perfilhamento foi bastante pequeno.

No estágio posterior, ou seja após o pré-perfilhamento, é grande a contribui-

ção do acúmulo de MSPe na produção de MSPA. Portanto, este estágio foi denominado de período de perfilhamento. Conforme pode ser visto na Figura 2, as curvas de produção de MSPA e de matéria seca de perfilhos (MSPe) apresentam a mesma tendência uma vez que a participação da MSPe na MSPA no decorrer do ciclo da cúrcuma, foi em média de 49,5%, no momento de máxima

produção de MSPA pela planta. Para o tratamento onde o plantio foi feito em 20/11 no espaçamento de 35 cm entre plantas, a produção de MSPA foi significativamente superior aos demais e a MSPe representou cerca de 65% do total da MSPA acumulada.

O estágio do perfilhamento complementa o período de crescimento vegetativo, o qual é finalizado quando

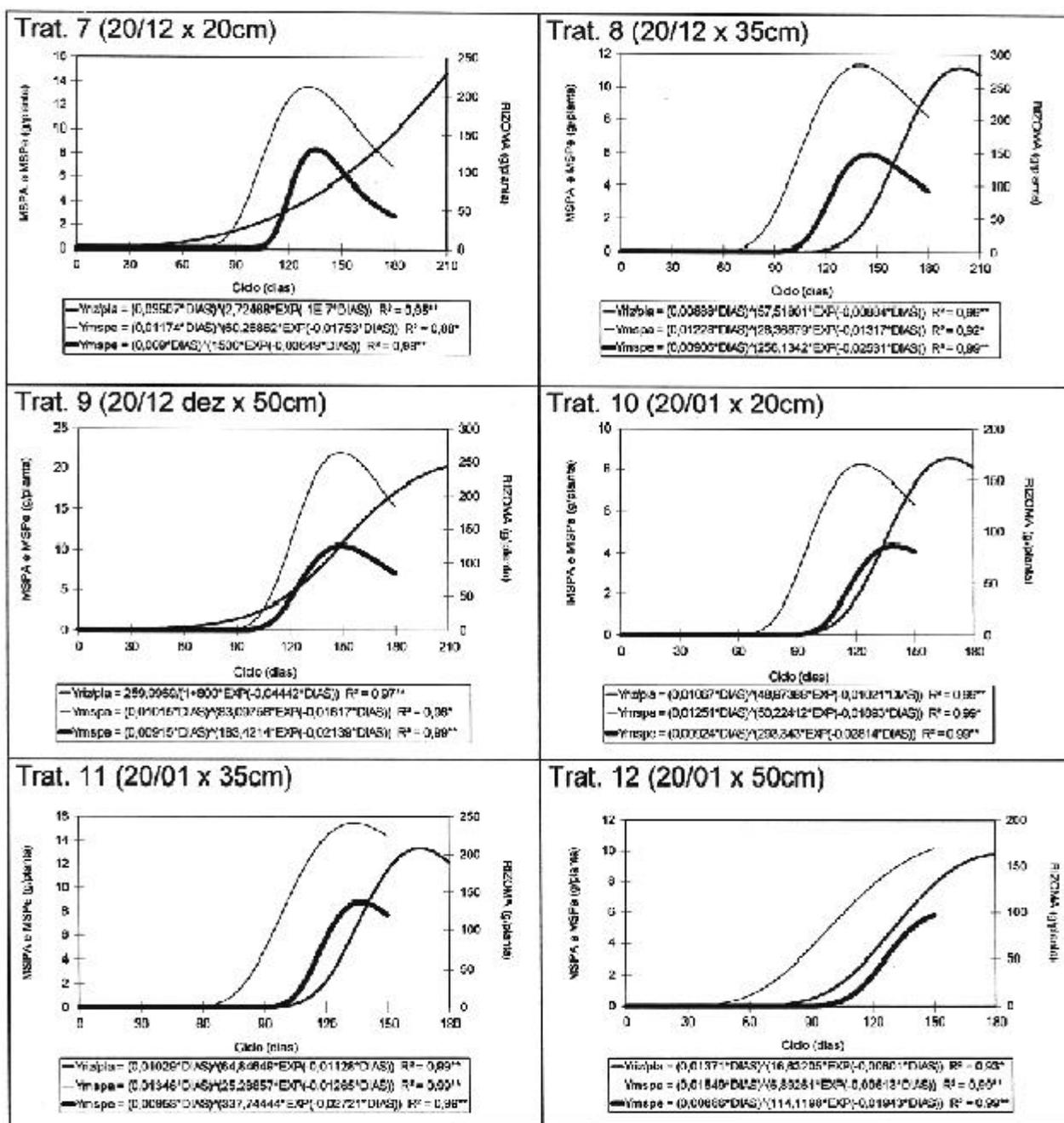
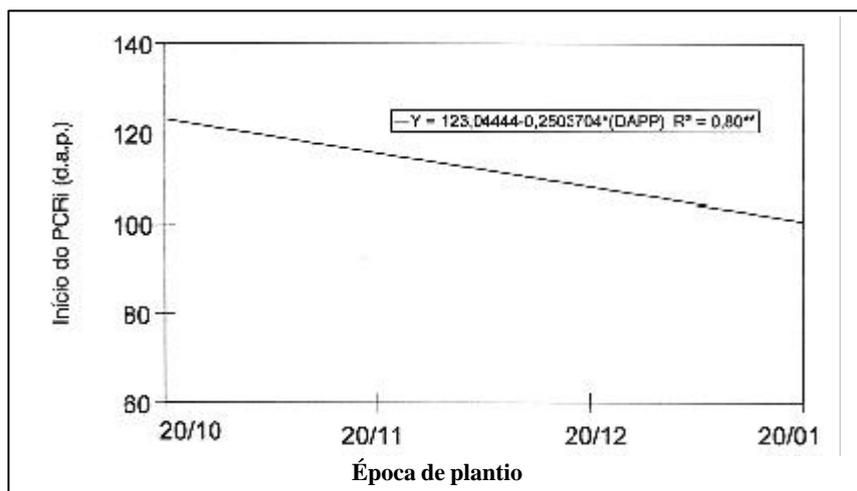


Figura 2. Continuação



**Figura 3.** Efeito da época de plantio, 20/10, 20/11, 20/12 e 20/01, correspondentes à DAPP de 0, 30, 60 e 90 dias, respectivamente, sobre o início do período de crescimento do rizoma (PCRI). Lavras, UFLA, 1996.

o máximo de MSPA é atingido. Segue-se, então, um declínio na quantidade de MSPA da planta, que é proporcionalmente mais intenso à medida em que aproxima-se do final do ciclo, motivado pela diminuição da temperatura ambiente. Tal situação promoveu acentuada redistribuição de metabólitos e nutrientes da parte aérea para os rizomas. A MSPA, por ocasião da colheita, representou menos de 3% da matéria seca total da planta.

Portanto, a época de plantio limita a extensão do período de crescimento vegetativo, principalmente em virtude das temperaturas existentes em cada época. De acordo com Squire (1990), o desenvolvimento da parte aérea da planta é grandemente influenciado pelos fatores que controlam este desenvolvimento, principalmente nos períodos onde ocorre incremento líquido da parte aérea. No presente estudo, foram observados períodos de crescimento vegetativo (PCV) da cúrcuma de 197, 166, 154 e 132 dias, respectivamente, para os plantios efetuados em 20/10, 20/11, 20/12 e 20/01. No entanto, também o fator espaçamento afetou significativamente o PCV, observando-se incremento linear no período de crescimento à medida em que foram usados maiores espaçamentos entre plantas.

O início do período de crescimento de rizomas (PCRI), foi significativamente influenciado pelo fator época de plantio, não tendo sido constatado efei-

to significativo do fator espaçamento. Na figura 3 verifica-se que a planta respondeu linearmente às épocas avaliadas, tendo sido iniciado o PCRI aos 123, 115, 108 e 100 dias após o plantio, respectivamente, para os plantios em 20/10, 20/11, 20/12 e 20/01. Observou-se, portanto, maior precocidade para o início da formação de rizomas, em plantios mais tardios. Entretanto, em relação ao comprimento do ciclo apresentado pelas épocas de plantio estudadas, o início do PCRI equivalerá a 45,5%, 48%, 51,4% e 55%, respectivamente. Com base nestes resultados, a extensão do PCRI foi de 147, 124, 102 e 79 dias para os plantios de 20/10, 20/11, 20/12 e 20/01, respectivamente.

As condições climáticas nestes períodos, especialmente de temperatura, foram possivelmente os principais responsáveis pela resposta diferenciada das plantas quanto à produção de rizomas. O efeito da temperatura na formação dos rizomas ficou evidente. Para o plantio de 20/11, época de maior produção, obteve-se 1.059 graus-dias para o PCRI enquanto que para o plantio de 20/01, época menos favorável à produção de rizomas, obteve-se apenas 553 graus-dias durante o PCRI.

Pode-se verificar na figura 2 que nos PCRI, os maiores incrementos, em valores absolutos, na produção de rizomas ocorreram em sua grande maioria, a partir do período em que a planta atingiu o máximo de MSPA, conforme também

observado por Goto (1993). Entretanto, observou-se que mesmo com a evolução da senescência da parte aérea e conseqüentemente, redução da área foliar, houve considerável incremento da produção de rizomas por planta, nos últimos 30 dias do PCRI, tendo sido observados incrementos de até 23%, sendo de 8,7% a média dos tratamentos avaliados.

Em relação ao ciclo vegetativo e período de desenvolvimento pós-emergência (PDPE), foi observado somente efeito significativo do fator época de plantio para as duas características. O ciclo de cultivo foi tanto maior quanto mais cedo realizou-se o plantio. Para os plantios realizados em 20/10, 20/11, 20/12 e 20/01, os ciclos foram de 270, 240, 210 e 180 dias, respectivamente. Embora Purselglove (1972) e Hertwig (1986) citam a cúrcuma como espécie perene, as condições climáticas do município de Lavras a torna metabolicamente anual, sendo colhida sempre no mês de julho, quando sua parte aérea senesce em decorrência das baixas temperaturas e conseqüentemente, determinando o comprimento do ciclo em função da época de plantio.

A partir da segunda quinzena do mês de maio, a temperatura no município de Lavras normalmente decresce, ocorrendo no mês de junho temperaturas médias menores e/ou muito próximas à temperatura base da cúrcuma. Este estresse térmico induziu a planta de cúrcuma à senescência, tendo-se presenciado para o período em questão um amarelecimento progressivo da parte aérea, culminando com a completa morte dos tecidos.

Quanto ao período de desenvolvimento pós-emergência, a linearidade da resposta constatada para extensão do ciclo de cultivo, neste caso, não foi verificada, uma vez que houve diferença no comprimento do período de emergência das plântulas de cúrcuma entre as épocas de plantio. Observou-se períodos de emergência de 40 e 15 dias, respectivamente, para os plantios realizados em 20/10 e 20/11, e de 12 dias para os plantios nas demais épocas avaliadas. Esta observação é muito importante, principalmente, avaliando-se a situação da primeira época de plantio (20/10), em que foram necessários 40 dias para

emergência das plântulas. Este período foi extremamente longo, tanto que superou a diferença de 30 dias entre a primeira e segunda época de plantio e quase o período de emergência da segunda época, o que acarretou reflexos negativos para as plantas no decorrer de seu desenvolvimento; reflexos estes expressos no acúmulo de MSPA e MSRI, presentes na figura 2.

Fazendo-se uma analogia entre a germinação de sementes de outras espécies e a brotação dos rizomas de cúrcuma, esta observação concorda com trabalhos descritos por Squire (1990), os quais relatam existir correlação positiva entre velocidade de germinação e emergência, iniciação foliar e atributos de expansão e produção de matéria seca da planta.

Provavelmente, este longo período de emergência após o plantio de 20/10 foi devido a dois fatores. O primeiro deve-se possivelmente às condições intrínsecas do rizoma-semente, tais como balanço hormonal, favorecendo a dormência. Esta, embora não avaliada neste experimento, pôde ser caracterizada externamente ao rizoma, pela ausência de sinais de brotação; sinais estes, verificados a partir da segunda época de plantio pelo desenvolvimento de uma das gemas do rizoma-semente e entumescimento de outras. Esse broto apresentou-se visualmente maior nas épocas de plantio subsequentes.

Como segundo fator, têm-se as condições do ambiente de cultivo, especialmente do solo. No período após o plantio em 20/10, foram constatadas temperaturas do solo muito elevadas (44°C, a 4 cm de profundidade, às 14:30 horas), podendo atuarem como agente quiescente, pois conforme reporta Mota (1983), afetam significativamente as atividades fisiológicas de germinação ou brotação. Embora trabalhando com outra cultura, Nova & Santos (s.d.) constataram que temperaturas do solo superiores a 29°C paralisaram o processo de brotação dos tubérculos de batata.

Provavelmente, estes foram os fatores responsáveis por propiciarem períodos de emergência muito semelhantes (15 a 12 dias) para os plantios de 20/10, 20/11, 20/12 e 20/01, e bem mais curto do que o verificado para o plantio de 20/10.

O maior ciclo decorrente do plantio mais cedo do período avaliado (20/10), não trouxe benefícios, principalmente devido ao longo período de emergência, não permitindo às plantas um crescimento tão vigoroso quanto o observado para o plantio em 20/11.

## LITERATURA CITADA

- ALVARENGA, A.A. de. *Estudo de alguns aspectos do desenvolvimento do feijão Jacatupé (Pachyrhizus tuberosus (Lam.) Spreng)*. Campinas: Unicamp, 1987. 174 p. (Tese doutorado).
- ARISMENDI, L.G. *Efeito de métodos de produção de mudas e população no rendimento de repolho (Brassica oleracea var., capitata)*. Viçosa: UFV, 1975. 50 p. (Dissertação mestrado).
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Meteorologia. *Normas Climatológicas - 1961 a 1990*. Brasília. 1992. 84 p.
- CASTRO NETO, P.; SEDIYAMA, G.C.; VILELA, E. de A. Probabilidade de ocorrência de períodos chuvosos em Lavras, Minas Gerais. *Ciência e Prática*, Lavras, v. 4, n. 1, p. 56-65, jan/jun 1980.
- CHOAIRY, S.A.; FERNANDES, P.D. Densidades de plantio na cultura do abacaxi. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 18, n. 9, p. 985-988, set 1983.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 4ª aproximação. Lavras, 1989. 159 p.
- DRAPER, N.R.; SMITH, H. *Applied regression analysis*. New York: John Wiley, 2. ed., 1981. 709 p.
- DUARTE, R.D.; BOVI, O.A.; MAIA, N.B. Corantes - Programa de pesquisa do Instituto Agrônomo de Campinas. In: SEMINÁRIO DE CORANTES NATURAIS PARA ALIMENTOS, 1. Campinas, 1989. Anais... Campinas: ITAL, 1989. p. 45-53.
- GOTO, R. *Épocas de plantio, adubação fosfatada e unidades térmicas em cultura de açafrão (Curcuma longa L.)*. Jaboticabal: UNESP, 1993. 93 p. (Tese doutorado).
- GUIMARÃES, D.P.; CASTRO, L.H.R. *Análise de funções de crescimento*. Planaltina: CPAC/EMBRAPA, 1986. 21 p. (Boletim de Pesquisa, 29).
- HERTWIG, I.F. Von. Curcuma. In: HERTWIG, I.F. *Plantas aromáticas e medicinais*. São Paulo: Icone, 1986. p. 254-265.
- HOLMES, R.M.; ROBERTSON, G.W. *Heat units and crop growth*. Ottawa: Canada Department of Agriculture. 1959. p. 35. (Publicação 1042).
- LARCHER, W. Utilização de carbono e produção de matéria seca. In: LARCHER, W. *Ecofisiologia Vegetal*, São Paulo: EPU, 1986. p. 74-160.
- LUCCHESI, A.A.; MINAMI, K.; KALIL FILHO, A.N.; KIRYU, J.N.; PERRI JUNIOR, J. Produtividade do rabanete (*Raphanus sativus L.*) relacionado com a densidade de população. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz*, Piracicaba, v. 33, p. 577-83. 1976.
- MAIA, N.B. A cúrcuma como corante. In: SEMINÁRIO DE CORANTES NATURAIS, 2. Campinas, ITAL, 1991. p. 65.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. London: Academic Press. 1990. 674 p.
- MENDONZA, J.F.B. Efeitos de poda e população de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*). In: MULLER, J.J.V. e CASALI, V.W.D. (ed). *Seminários de Olericultura*. Viçosa: UFV. 1982. v. 4, p. 122-40.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. *Principles of plant nutrition*. Bern: International Potash Institute, 1987. 687 p.
- MONDIN, M. *Influência de espaçamentos, métodos de plantio e de sementes nuas e peletizadas, na produção de duas cultivares de alface (Lactuca sativa L.)*. Lavras, ESAL, 1988. 59 p. (Dissertação mestrado).
- MOTA, F.S. da. *Meteorologia agrícola*. São Paulo: Nobel 1983. 376 p.
- NOVA, N.A.V.; SANTOS, J.M. dos. *Agrometeorologia*, Piracicaba: ESALQ, s.d. 109 p. (Apostila)
- PURSEGLOVE, J.W. Zingiberaceae. In: PURSEGLOVE, J. *Tropical crops - Monocotyledons*. London: William Clowes & Sons, v. 2, p. 519-544. 1972.
- RUSIG, O.; MARTINS, M.C. Efeito da temperatura, do pH e da luz sobre extratos de oleoresina de cúrcuma (*Curcuma longa L.*) e curcumina. *Revista Brasileira de Corantes Naturais*, Viçosa, v. 1, n. 1, p. 158-164. 1992.
- SALISBURY, F.B.; ROSS, C. *Plant Physiology*. Belmont: Wadsworth Publishing Company, 1992. p. 425-443.
- SQUIRE, G.R. *The physiology of tropical crop production*. Wallingford: CAB International, 1990. 236 p.