



Semina: Ciências Agrárias

ISSN: 1676-546X

semina.agrarias@uel.br

Universidade Estadual de Londrina

Brasil

de Andrade Junior, Oscar; Ralisch, Ricardo; Reiners Carvalho, Patrícia; Calonego, Juliano Carlos

Crescimento e produtividade de milho em três sistemas de manejo de solo e dois espaçamentos entrelinhas

Semina: Ciências Agrárias, vol. 35, núm. 3, mayo-junio, 2014, pp. 1221-1229

Universidade Estadual de Londrina

Londrina, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744141042>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

Crescimento e produtividade de milho em três sistemas de manejo de solo e dois espaçamentos entrelinhas

Growth and productivity of corn in three tillage systems and two row spacing

Oscar de Andrade Junior^{1*}; Ricardo Ralisch²;
Patrícia Reiners Carvalho³; Juliano Carlos Calonego⁴

Resumo

Este estudo objetivou avaliar o crescimento e a produtividade de milho em função do espaçamento entre linhas e do sistema de preparo do solo. O experimento foi instalado em um Nitossolo Vermelho eutroférico típico A moderado, textura argilosa, no município de Iepê (SP) no mês de novembro de 2010. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados, com quatro repetições, em parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas por três sistemas de preparo do solo (sistema plantio direto, subsolagem e gradagem aradora) e as subparcelas compreenderam dois espaçamentos entre linhas de milho da cultivar CD 384 HX (0,40 m e 0,80 m). Avaliou-se o diâmetro do colmo, altura da planta, a massa de 100 grãos e a produtividade de milho. Os resultados obtidos foram submetidos à análise da variância (ANOVA) e os valores médios foram comparados através do teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade. A redução do espaçamento entrelinhas na cultura do milho de 0,80 m para 0,40 m, mantendo o espaçamento entre plantas na linha de semeadura, aumenta a produtividade de grãos em sistemas mais conservacionistas da estrutura do solo como plantio direto e preparo mínimo (subsolagem) e com consequente aumento da densidade de plantas por área, não altera o crescimento do milho em altura, mas reduz o diâmetro do colmo no sistema de preparo com gradagem aradora.

Palavras-chave: *Zea mays*, adensamento, arranjo espacial

Abstract

This study aimed to evaluate the growth and corn yield as a function of row spacing and tillage system. The experiment was performed in an Alfisol typical eutrophic, moderate, heavy clay, in the municipality of Iepê (SP) in November 2010. The experimental design was a randomized block with four replications in a split lot, with plots consisting of three tillage systems (tillage, subsoiling and disc harrow) and the subplots comprised two row spacing's (0.40 m and 0.80 m). The cultivar tested was the CD 384 HX. We evaluated the mass of 100 seeds, stem diameter, plant height and productivity of corn. The results were submitted to analysis of variance (ANOVA) and mean values were compared by Tukey test at 5% level of probability. The decreasing in row spacing from 0.80 m to 0.40 m, keeping the spacing between plants in the row, increased the grain yield in systems with more traditional soil structure, increasing the density of plants per area. On the other hand, plant height was maintained and stem diameter was reduced in preparation system with disk harrow.

Key words: *Zea mays*, plant density, spatial arrangement

¹ Engº Agrº, Discente do Curso de Doutorado em Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, UEL, Londrina, PR. E-mail: oscar@unoeste.br

² Engº Agrº, Prof. Dr. do Deptº de Agronomia, UEL, Londrina, PR. E-mail: ralisch@uel.br

³ Engº Agrº, M.e em Fisiologia Vegetal, Profº do Deptº de Agronomia, Universidade do Oeste Paulista de Presidente Prudente, UNOESTE, Presidente Prudente, SP. E-mail: patricia@unoeste.br

⁴ Engº Agrº, Prof. Dr. do Deptº de Agronomia, UNOESTE, Presidente Prudente, SP. E-mail: juliano@unoeste.br

* Autor para correspondência

A cultura do milho tem um alto potencial produtivo, com o incremento nos programas de melhoramento genético do milho, a cada ano que passa, pesquisadores vem buscando genótipos cujas altas produtividades são estabelecidas em densidades populacionais de 70.000 até 100.000 plantas ha^{-1} , e sob espaçamentos reduzidos, entre 45 a 60 cm (FORNASIERI FILHO, 2007). Por suas características fisiológicas, a cultura do milho tem alto potencial produtivo, já tendo sido obtida no Brasil produtividade superior a 16 $t.ha^{-1}$, em concursos de produtividade de milho conduzidos por órgãos de assistência técnica e extensão rural e por empresas produtoras de semente (EMBRAPA, 2010). Todavia, o que se observa na prática são produtividades médias muito baixas e irregulares, cerca de 4,3 $t ha^{-1}$ de grãos (CONAB, 2011), sendo a fertilidade do solo um dos principais fatores responsáveis por essa baixa produtividade (COELHO; FRANÇA, 1995).

Fancelli e Dourado Neto (2004), relatam que tradicionalmente, o espaçamento utilizado pela maioria dos produtores agrícolas brasileiros concentra-se entre 80 e 90 cm, devido principalmente, à inadequação das colhedoras em sistemas que adotam espaçamentos inferiores a 80 cm. Essa distância entre espaçamento facilita o adequado funcionamento dos equipamentos necessários à semeadura, tratos culturais e colheita (SANGOI; SILVA; ARGENTA, 2004).

A redução na distância entre os sulcos de semeadura é uma forma de modificar o arranjo de plantas e interferir na eficácia de utilização dos recursos do meio. O interesse em cultivar o milho utilizando espaçamentos entre linhas reduzidos, de 0,45 a 0,60 m, tem crescido nos últimos dez anos nas diferentes regiões produtoras do Brasil, principalmente pelos agricultores que utilizam populações superiores a 50.000 plantas ha^{-1} e alcançaram rendimentos de grãos superiores a 7.000 $kg ha^{-1}$ (PEREIRA, 2006). A densidade de semeadura exige cuidadoso estudo, devido às diversas interações que ocorrem entre as plantas

de milho e o ambiente, afetando a arquitetura da planta, alterando padrão de crescimento e desenvolvimento e influenciando na produção de carboidratos (SANGOI, 2000). Também, o número de plantas por unidade de área tem papel importante no rendimento de uma lavoura de milho, uma vez que pequenas variações na densidade têm grande influência no rendimento final da lavoura (PEREIRA FILHO, 2003).

De acordo com as operações mecanizadas usadas na atividade rural, a subsolagem é que mais demanda energia, conforme constatou (LANÇAS, 1988). Com a subsolagem, as raízes exploraram maior volume de solo no perfil, com maior densidade e melhor distribuição das raízes, indicando um ambiente mais favorável ao crescimento radicular, embora não tenha afetado a produtividade, conforme conclusão de (SEIXAS; ROLOFF; RALISCH, 2005). Outra consideração a respeito da subsolagem, os efeitos benéficos são geralmente temporários e a resistência à penetração retorna a seus valores originais em cerca de 2 a 4 anos, de acordo com o tipo de solo e das práticas culturais predominantes (GAMERO, 2008). Também a respeito da subsolagem, e que não tem sido estudado extensivamente, está relacionada ao máximo rompimento do solo, aumentando, desse modo, os benefícios da subsolagem ao longo do tempo (RAPER; SHARMA, 2004).

Com relação à gradagem aradora com a finalidade de revolver o solo e o uso constante desse sistema foi constatado a sua susceptibilidade à compactação, e conjuntamente a chuvas intensas, alta erosividade, e a temperaturas elevadas, degrada rapidamente, comprometendo a atividade agrícola (SILVEIRA; STONE, 2003).

Normalmente, a grade aradora trabalha o solo a pouca profundidade e apresenta alto rendimento de campo, porém o uso contínuo desse implemento pode levar à formação de camadas compactadas, chamadas “pé-de-grade” (SILVA, 1992). Por outro lado, Ehlers (2000), Cury (2000) e Cruz et al. (2007) relatam inúmeras vantagens para o agricultor e o

solos através da adoção do sistema plantio direto, dentre elas: maior economia de combustível em relação ao preparo convencional (grade aradora), maior produtividade em anos com estiagem; aumento da vida útil das máquinas, em função da menor utilização e de trabalhos mais leves; reduz em até 80% as perdas do solo e água em relação a grade aradora; aumento da atividade microbiológica do solo, em função do aumento na matéria orgânica; maior eficiência no controle da erosão, redução a médio e longo prazo dos custos de produção, proporcionado à redução no uso de fertilizantes, agrotóxicos e uso da mão-de-obra; semeadura em época adequada.

No SPD a exploração agropecuária envolve a diversificação de espécies via rotação de culturas, o solo é mobilizado apenas na linha da semeadura e há manutenção dos resíduos vegetais das culturas anteriores em sua superfície (DENARDIN, 1990). Nesse sistema as espécies vegetais denominadas como adubos verdes assumem a denominação de plantas de cobertura, e têm inúmeras funções além das conhecidas propriedades como adubos verdes. Os adubos verdes semeados, no início do período chuvoso, acumulam maior quantidade de nutrientes e fitomassa, levando à disponibilidade de maior quantidade de nutrientes na cultura posterior,

reduzindo ou eliminando o uso de fertilizantes químicos (SOUZA; LOBATO, 2004). Os atuais híbridos de milho, cada vez mais produtivos, demandam por práticas de manejo mais adequadas para maximizar o seu potencial produtivo. A cultura do milho está entre as que apresentaram maiores incrementos no rendimento de grãos nas últimas décadas, em consequência do melhoramento genético e da adoção de práticas agronômicas mais adequadas (SANGOI, 2000).

Neste contexto, objetivou-se avaliar o crescimento e a produtividade de milho em função do espaçamento entre linhas e do sistema de preparo do solo.

Esse trabalho foi conduzido no Sítio das Torres, no município de Iepê – SP, no mês de novembro do ano agrícola 2010/2011, com altitude de 400 m, 22° 39' 38" S e longitude 51° 04' 34" W. A área experimental encontra-se há três anos sob SPD e, ultimamente explorada com a cultura da soja e recentemente em pousio. A área implantada apresenta solo do tipo Nitossolo Vermelho Distroférrico típico, A moderado, textura argilosa – NVef1 EMBRAPA (2006), cujo resultados da análise química para fins de caracterização da área estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da análise química do solo para caracterização da área.

pH (CaCl ₂)	M.O (g dm ⁻³)	P ----(mg dm ⁻³)---	S -----	Al ⁺³	H + Al	Ca ⁺² ----- (mmol _c dm ⁻³)-----	Mg ⁺²	K ⁺	SB	CTC	V (%)
4,8	8,3	30	5,6	0	17,2	8	2,1	0,5	10,2	30,5	34,4

Fonte: Elaboração dos autores.

A característica climática de Iepê-SP, conforme Köppen é de faixas de clima tropical, com verão quente, não apresentando estação seca de inverno, do tipo Cfa, (CAMARGO; ROLIM; SANTOS, 2007), com temperatura média anual 22°C e regime pluviométrico de 1300 mm anuais.

O delineamento experimental foi em blocos completos ao acaso, com quatro repetições, em parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas por três sistemas de manejo do solo e as subparcelas compreenderam dois espaçamentos entre linhas do milho híbrido CD 384 HX, mantendo o espaçamento entre plantas na linha de semeadura. Os manejos de

solo foram: I- Palhada de soja sob SPD de milho; II- preparo do solo por meio de subsolagem (S) a uma profundidade de 20 cm, seguida de uma gradagem niveladora; III- gradagem aradora (GA) seguido de preparo secundário com uma grade niveladora. Os espaçamentos entre linhas testados foram de 0,40 m e 0,80 m, atualmente com a redução no espaçamento e o aumento da densidade de plantas sendo uma realidade na cultura do milho no Brasil, hoje em dia encontrando-se no mercado plataformas adaptáveis às colhedoras, que realizam a colheita em espaçamentos de até 45 cm entre as linhas (CRUZ et al., 2007), obtendo em média de três plantas por metro linear, com densidades de 75000 plantas ha^{-1} e 37500 plantas ha^{-1} , respectivamente.

Antes da semeadura, no mês de outubro de 2011, foi realizada a aplicação de herbicida cujo ingrediente ativo é glifosato, na concentração de 647,8 gramas L^{-1} , na dosagem de três litros do produto comercial por hectare, na dessecção das ervas daninhas. Para a subsolagem utilizou-se o subsolador de sete hastes e para a gradagem pesada utilizou-se uma grade aradora de 16 discos de 30 polegadas, a subsolagem e gradagem pesada foram submetidas ao preparo secundário do solo por meio de grade niveladora de 30 discos de 20 polegadas.

A adubação de plantio Raij, Cantarella e Quaggio (1996), de acordo com a análise foi de 207 $Kg\ ha^{-1}$ da formulação 10-15-15 e aos 25 dias após a emergência das plântulas foi realizada uma adubação de cobertura após chuva, aplicando o fertilizante ureia, na dosagem de 145 $Kg\ ha^{-1}$. A operação de semeadura foi realizada com semeadora PST2 da marca Super Tatu de 8 linhas. A semente de milho utilizada foi o híbrido CD 384 HX, tem alta produtividade, precoce, folhas eretas, sanidade foliar e estabilidade de produção e proteção contra a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e semeadas no espaçamento de 0,40 m e 0,80 m, com porcentagem de germinação de 94 por cento.

Aos 20 dias após a emergência das plântulas aplicou-se o herbicida atrazina na dosagem de 2 $L\ ha^{-1}$ para no controle das gramíneas e o herbicida nicosulfuron (40 $g\ L^{-1}$) na dosagem de 1,50 $L\ ha^{-1}$ no controle de gramíneas e dicotiledôneas, como: capim marmelada (*Brachiaria plantaginea*), corda de viola (*Ipomoea nil* (L) Roth), capim colchão (*Digitaria horizontalis*), guanxuma (*Sida spinosa*), trapoeraba (*Commelina benghalensis* L) e outras.

Para a avaliação dos tratamentos considerou-se para amostragem a área útil de 2,4 m^2 e 4,8 m^2 de cada subparcela nos espaçamentos de 0,40 m e 0,80 m, respectivamente, ou seja, as duas linhas centrais descartando-se dois metros de cada extremidade. Por ocasião da colheita (março de 2011), realizaram-se medições de altura e diâmetro do colmo de 10 plantas da área útil de cada parcela. Para padronização das medições, a altura das plantas foi determinada a partir do solo até a inserção da última folha e o diâmetro do colmo foi medido a cinco centímetros do solo.

A colheita foi realizada manualmente, a massa de 100 grãos foi retirando-se amostras dos grãos trilhados mecanicamente de cada subparcela e foram contados e pesados cem grãos e a produtividade de cada parcela foi convertida para $t\ ha^{-1}$, com umidade corrigida a 13%.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) utilizando o programa computacional SISVAR, e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com os resultados obtidos pela análise de variância (Tabela 2) verificou-se interação significativa entre o manejo do solo adotado e o espaçamento entre linhas da cultura do milho para os parâmetros diâmetro de colmo, massa de 100 grãos e produtividade de grãos. Para os resultados de altura de plantas constatou-se efeito apenas do manejo do solo adotado.

Tabela 2. Resumo da soma dos quadrados para os resultados de altura de plantas (Altura), diâmetro de colmo (Diâmetro), massa de 100 grãos (massa 100gr) e produtividade de grãos, em função do manejo do solo e do espaçamento entrelinhas do milho.

Fontes de Variação	Altura	Diâmetro	Massa 100 gr	Produtividade
Manejo do solo (M)	6,440*	44,403ns	2,190ns	2,82ns
Espaçamento (E)	3,017ns	9,294ns	24,436ns	15,05ns
MxE	0,557ns	4,641*	4,399*	2,102*
CV (%)				
Manejo do solo (M)	9,53	8,00	4,74	6,71
Espaçamento (E)	8,98	17,66	3,16	3,80

ns: não significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F. * significativo à nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Fonte: Elaboração dos autores.

No espaçamento de 0,40 m, não ocorreu significância no preparo reduzido comparado ao SPD e gradagem aradora, mas o SPD foi superior ao preparo convencional em relação à massa de 100 grãos. (Tabela 3). Já no espaçamento de 0,80 m não houve diferença estatística entre os três sistemas, diferentemente de Carvalho et al. (2004) que demonstraram que a massa de 100 grãos foi superior

quando utilizado preparo do solo com arado de disco em relação ao SPD, em condições de maiores espaçamentos entre linhas (0,90 m). Na comparação dos espaçamentos entre linhas verificou-se diferença apenas para o sistema de preparo com gradagem aradora, sendo que no espaçamento de 0,80 m a massa de 100 grãos foi 9,0% maior em relação ao espaçamento de 0,40 m.

Tabela 3. Resultados da massa de 100 grãos (gramas) em função de dois espaçamentos entre linhas e três sistemas de preparo de solo.

Espaçamento	PREPARO		
	SPD	Subsolagem	Gradagem Aradora
0,40 m	36,00Aa	33,63Aab	33,00Bb
0,80 m	36,38Aa	37,13Aa	35,88Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ($P \leq 0,05$).**Fonte:** Elaboração dos autores.

A altura das plantas (Tabela 4) não foi afetada pelo espaçamento entre linhas e consequentemente pelas diferentes densidades de plantas, contrastando com os resultados obtidos Barbieri et al. (2005) e Alvarez, Pinho e Borges (2006), que relataram aumento da altura de planta de milho com o aumento da população. Calonego et al. (2011), também não observaram diferenças na estatura de plantas de milho em função dos espaçamentos de

0,45 m e 0,90 m, porém constataram que o aumento da densidade de plantas proporciona aumento no crescimento das mesmas em altura. Quanto aos sistemas de preparo, a subsolagem promoveu maior crescimento do milho em altura em relação ao SPD, com plantas 18% maiores, porém não houve diferença significativa entre SPD e preparo do solo com gradagem aradora.

Tabela 4. Resultados da altura da planta (m) em função de dois espaçamentos em três sistemas de pregaro de solo.

Espaçamento	PREPARO			Média
	SPD	Subsolagem	Gradagem Aradora	
0,40 m	1,60bA	2,00aA	1,80abA	1,80A
0,80 m	1,80bA	2,03aA	1,93abA	1,92A
Média	1,70b	2,01a	1,87ab	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ($P \leq 0,05$).

Fonte: Elaboração dos autores.

Esperava-se que no espaçamento reduzido, com maior densidade de plantio, ocorresse o estiolamento das plantas, aumentando o crescimento em altura e reduzindo o diâmetro de colmo. Segundo Fomasieri Filho (2007), a alteração morfológica no milho varia em função da cultivar, e que é responsáveis pelo aumento de plantas acamadas e quebradas, o que pode reduzir o rendimento de grãos. No entanto, esse comportamento não foi observado,

havendo redução no diâmetro de colmo somente no espaçamento de 0,40 m no manejo envolvendo gradagem pesada (Tabela 5). Já Palhares (2003) observou que ocorreu maior diâmetro de colmo no menor espaçamento entrelinhas. Silva (2000) e Leite (2002) não encontraram diferenças estatísticas no diâmetro de colmo utilizando os sistemas de pregaro de solo com grade pesada, escarificador e SPD.

Tabela 5. Resultados do diâmetro do colmo (cm) em função de dois espaçamentos em três sistemas de pregaro de solo.

Espaçamento	PREPARO		
	SPD	Subsolagem	Gradagem Aradora
0,40 m	4,75Aa	5,13Aa	2,40Bb
0,80 m	5,43Aa	5,08Aa	4,00Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ($P \leq 0,05$).

Fonte: Elaboração dos autores.

A produtividade de grãos no espaçamento de 0,40 m foi superior à obtida com 0,80 m para o SPD e subsolagem, não diferindo quando utilizado o pregaro do solo com gradagem aradora (Tabela 6). Assim, os sistemas mais conservacionistas do solo, ou seja, no SPD e com pregaro reduzido (Subsolagem) proporcionaram maior produtividade de grãos que no sistema com revolvimento intenso (gradagem aradora) apenas com redução de espaçamento e, consequentemente, aumento de população de plantas. Por outro lado, Leite (2002), Silva, Argenta e Sangoi (2003) não obtiveram diferenças estatísticas significativas na produtividade do milho em função dos espaçamentos entre linhas, contrariando Dourado Neto et al. (2003), que afirma haver maior ganho na produtividade de grãos com o aumento da

densidade de plantas em espaçamentos reduzidos. Calonego et al. (2011) verificaram que o milho híbrido AG 1051 aumentou a produtividade de grãos com o aumento da população de plantas de 45 mil para 75 mil plantas ha^{-1} , mesmo havendo sintomas de competição intraespecífica apontados pelo maior crescimento das plantas em altura e pelo menor diâmetro de colmo. Porém, os autores relatam que esse ganho na produtividade só foi possível quando o aumento da população de plantas foi implantado em espaçamento de 0,90 m entrelinhas, influenciado pela maior produção de grãos por espiga. Tollenaar e Aguilera (1992) relatam que os híbridos modernos necessitam maiores populações para maximizar a produtividade, pois apresentam ciclo mais curto, porte mais baixo e melhor arquitetura foliar. A

mudança da arquitetura foliar na cultura do milho permitiu aos híbridos modernos manter maiores taxas fotossintéticas de folhas, em alta densidade, em relação aos híbridos clássicos. Além disso,

promove um aumento no uso eficiente da radiação solar durante o período de enchimento de grãos, que futuramente contribuirá para a produção de mais grãos por planta e maiores rendimentos de grãos por área (TOLLENAAR, 1992).

Tabela 6. Resultados da produtividade ($t\ ha^{-1}$) em função de dois espaçamentos em três sistemas de preparo de solo.

PREPARO			
Espaçamento	SPD	Subsolagem	Gradagem Aradora
0,40 m	6,06Aa	5,91Aa	3,31Ab
0,80 m	4,02Ba	3,62Ba	2,91Ab

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Fonte: Elaboração dos autores.

Para Fornasieri Filho (2007), espaçamentos mais reduzidos, permitem na maioria dos casos um aumento da densidade de plantas, rápido fechamento da entre linha e controle cultural de plantas daninhas, além de utilizar os mesmos espaçamentos praticadas na cultura da soja (0,45 a 0,50 m), maximizando a utilização da semeadura, permitindo maior praticidade e ganho de tempo.

O efeito prejudicial observado pelo preparo do solo com gradagem aradora pode ser explicado em função de relatos da literatura que apontam para maiores prejuízos à estrutura do solo em condições de maior revolvimento (ROTH et al., 1988; SILVA, 1992; DERPSCH; SIDIRAS; ROTH, 1986; DENARDIN, 1990; CASTRO, 1995; CASTRO; VIEIRA; MARIA, 1987). No entanto, na literatura encontra-se grande divergência de resultados quanto à produtividade de grãos em função do sistema de preparo do solo, pois esses resultados são fortemente influenciados, entre outros fatores, pelo tempo de adoção dos sistemas, pelo clima, pelas rotações de culturas e fertilidade química, física e biológica do solo (SILVEIRA; STONE, 2003; KLUTHCOUSKI et al., 2000).

A redução do espaçamento entrelinhas na cultura do milho de 0,80 m para 0,40 m, mantendo o espaçamento entre plantas na linha de semeadura,

aumenta a produtividade de grãos em sistemas mais conservacionistas da estrutura do solo para o híbrido CD 384 HX na região de Iepê – SP.

A redução do espaçamento entrelinhas, com consequente aumento da densidade de plantas por área, não altera o crescimento do milho em altura, mas reduz o diâmetro do caule no sistema de preparo com gradagem pesada, mesmo não ocorrendo veranico.

Referências

ALVAREZ, C. G. D.; PINHO, R. G. VON; BORGES, I. D. Avaliação de características agronômicas e de produção de forragem e de grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamento entre linhas. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 30, n. 3, p. 402-408, maio/jun. 2006.

BARBIERI, V. H. B.; LUZ, J. M. Q.; BRITO, C. H.; DUARTE, J. M.; GOMES, L. S.; SANTANA, D. G. Produtividade e rendimento industrial de híbridos de milho doce em função de espaçamentos e populações de plantas. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 23, n. 3, p. 826-830, jul./set. 2005.

CALONEGO, J. C.; POLETO, L. C.; DOMINGUES, F. N.; TIRITAN, C. S. Produtividade e crescimento de milho em diferentes arranjos de plantas. *Revista Agrarian*, Dourados, v. 4, n. 12, p. 84-90, 2011.

CAMARGO, M. B. P.; ROLIM, G. S.; SANTOS, M. A. Modelagem agroclimatológica do café: estimativa e

mapeamento das produtividades. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 28, n. 241, p. 58-65, 2007.

CARVALHO, M. A. C.; SORATTO, R. P.; ATHAYDE, M. L. F.; ARF, O.; SÁ, M. E. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 39, n. 1, p. 47-53, 2004.

CASTRO, O. M.; VIEIRA, S. R.; MARIA, I. C. Sistema de preparo do solo e disponibilidade de água. In: VIÉGAS, G. P. (Ed.). *Simpósio sobre o manejo de água na agricultura*. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 27-51.

CASTRO, O. M. *Comportamento físico e químico de um latossolo Roxo em função do seu preparo na cultura do milho (Zea mays L.)*. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. *Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação*. São Paulo: Encarte; Piracicaba: Potafós, 1995. p. 1-9.

CONSELHO NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento de safra brasileira: grãos. Quinto levantamento, fevereiro 2011. Brasília: Conab, 2011: safras 2010/2011. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 06 maio 2011.

CRUZ, J. C.; PEREIRA, F. T. F.; PEREIRA FILHO, I. A.; OLIVEIRA, A. C.; MAGALHÃES, P. C. Resposta de cultivares de milho à variação em espaçamento e densidade. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 6, n. 1, p. 60-73, 2007.

CURY, B. Porque fazer plantio direto. In: Grupo Plantio Direto. *Guia para plantio direto*, 2000. Ponta Grossa: Federação de Plantio Direto na Palha. 2000. p. 9-15.

DENARDIN, J. E. *Erodibilidade de solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos*. 1990. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; ROTH, C. H. Results of studies made from 1977 to 1984 to control erosion by cover crops and tillage techniques in Paraná, Brazil. *Soil & Tillage Research*, Netherlands, v. 8, n. 1, p. 253-263, 1986.

DOURADO NETO, D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P. A.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; ROMANO, M. R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p. 63-77, 2003.

EHLERS, E. Plantio direto e sustentabilidade no meio rural. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 7., 2000, Foz do Iguaçu. *Resumos...* Foz do Iguaçu: Federação Brasileira de Plantio direto na palha, 2000. p. 69-76.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

_____. Cultivo do milho. Versão Eletrônica. 6. ed. [S. l.]: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. Disponível em: <<http://www.cnpmr.embrapa.br/>>. Acesso em: 03 dez. 2013.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. *Produção de milho*. 2. ed. Guáiba: Agropecuária, 2004. 360 p.

FORNASIERI FILHO, D. *Manual da cultura do milho*. Jaboticabal: Funep, 2007. 273 p.

GAMERO, A. C. *Desempenho operacional de um subsolador de hastes com curvatura lateral ("paraplow"), em função de diferentes velocidades de deslocamento e profundidades de trabalho*. 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciência Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

KLUTHCOUSKI, J.; FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D.; RIBEIRO, C. M.; FERRARO, L. A. Manejo do solo e o rendimento da soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 97-104, jan./mar. 2000.

LANÇAS, K. P. *Subsolador: desempenho em função de formas geométricas de hastes, tipos de ponteiras e número de hastes*. 1988. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu.

LEITE, M. A. S. *Efeito de três sistemas de preparo do solo e dois espaçamentos entre fileiras sobre a cultурado milho (Zea mays L.)*. 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Área de Concentração Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Botucatu.

PALHARES, M. *Distribuição e população de plantas e produtividade de grãos de milho*. 2003. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, ESALQ, 2003.

PEREIRA FILHO, I. A. *O cultivo do milho-verde*. Brasília: Embrapa, 2003.

PEREIRA, R. C. *Relação entre características estruturais e bioquímicas e a textura do grão de milho*. 2006. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. *Boletim 100: recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico IAC, 1996. 285 p.

RAPER, H.; SHARMA, A. K. Soil moisture effects on energy requirements and soil disruption of subsoiling a coastal plain soil. *Transaction of the ASAE*, v. 47, n. 6, p. 1899-1905, 2004.

ROTH, C. H.; MEYER, B.; FRED, M. G.; DERPSCH, R. Effect of mulch rates and tillage systems on infiltrability and other soil physical properties of an Oxisol in Paraná, Brazil. *Soil Tillage Research*, Amsterdam, v. 11, n. 1, p. 81-91, 1988.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 159-168, jan./fev. 2000.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Arranjo espacial de plantas de milho: como otimizá-lo para maximizar o rendimento de grãos. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá. *Anais...* Cuiabá: EMBRAPA-CNPMS, 2004. CD-ROM.

SEIXAS, J.; ROLOFF, G.; RALISCH, R. Tráfego de máquinas e enraizamento do milho em plantio direto. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 35, n. 4, p. 794-798, jul./ago. 2005.

SILVA, A. R. B. *Comportamento de variedades/híbridos de milho (Zea mays L.) em diferentes tipos de preparo de solo*. 2000. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Área de Concentração Energia na Agricultura) – Faculdade de Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SILVA, J. G. *Ordens de gradagem e sistemas de aração do solo: desempenho operacional, alterações na camada mobilizada e respostas do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.)*. 1992. Tese (Doutorado em Agronomia/Ciências) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; SANGOI, L. Fatores determinantes da escolha da densidade de plantas em milho. In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO, 4., 2003, Lages. *Anais...* Lages: UFSC, 2003. p. 25-29.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Sistemas de preparo do solo e rotação de culturas na produtividade de milho, soja e trigo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 240-244, dez. 2003.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2. ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p. 129-144.

TOLLENAAR, M. Is low plant density a stress in maize? *Maydica*, Bergamo, v. 37, n. 2, p. 305-311, 1992.

TOLLENAAR, M.; AGUILERA, A. Radiation use efficiency of an old and new maize hybrid. *Agronomy Journal*, Madison, v. 84, n. 3, p. 536-541, 1992.