

Valores críticos de resistência à penetração em diferentes conteúdos de água do solo na sucessão soja/milho 2ª safra

CORDEIRO JUNIOR, R.¹; MORAES, M. T.²; FRANCHINI, J. C.³; BALBINOT, A. A.³; SANTOS, E.L.¹; BALICO, G. G.¹; PINHATA, A. A.¹; DEBIASI, H.³

¹Centro Universitário Filadélfia – Unifil, Campus Palhano, Londrina-PR, reinaldoagron@hotmail.com;

²Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS; ³Pesquisador, Embrapa Soja

Introdução

A sucessão soja/milho 2ª safra constitui-se em um dos principais sistemas de produção agrícola do Paraná. Considerando as regiões oeste, centro-oeste, noroeste e norte do Estado, 62% dos 3,3 milhões de ha cultivados com soja no verão são destinados ao milho no outono-inverno (DERAL, 2015). Entretanto, a baixa diversificação de culturas associada ao uso repetitivo da sucessão soja/milho 2º safra tem resultado, entre outros problemas, a formação de camadas compactadas de solo no sistema plantio direto (SPD), geralmente localizadas a 10-20 cm de profundidade (DEBIASI et al., 2010). As alterações nas propriedades e processos físicos ocasionados pela compactação excessiva do solo podem limitar a produtividade da soja e do milho 2ª safra, principalmente em anos secos (TORRES; SARAIVA, 1999).

A resistência mecânica à penetração (RP) é um dos indicadores do estado de compactação do solo mais utilizados em escala de campo, especialmente em virtude da rapidez e facilidade de execução. No entanto, o estabelecimento de valores críticos de RP, acima dos quais a produtividade das culturas é limitada, constitui-se em grande desafio. Os valores críticos de RP podem variar em função de diversos fatores, sendo o conteúdo de água do solo no momento da avaliação um dos mais importantes (MORAES et al, 2014). Neste sentido, existe pouca informação a respeito da variação dos valores críticos de RP em função do conteúdo de água do solo no momento da avaliação. Adicionalmente, o enfoque em nível de sistemas de produção exige que o estabelecimento de valores críticos de RP leve em consideração a resposta ao estado de compactação do solo no cultivo da soja e também no do milho 2ª safra.

Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar os valores críticos de RP de um Latossolo Vermelho distroférico em diferentes conteúdos de água do solo no momento da avaliação, considerando o desempenho produtivo da sucessão soja/milho 2ª safra.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado em um experimento que vem sendo conduzido desde fevereiro/2013 na Embrapa Soja, em Londrina/PR, sobre um Latossolo Vermelho distroférico (784 g kg⁻¹ de argila na camada de 0-30 cm). O delineamento experimental é de blocos ao acaso com 12 repetições (parcelas de 5 m x 15 m), sendo os tratamentos constituídos por quatro estados de compactação do solo: 1) sistema plantio direto (SPD) com mobilização de solo por meio de um escarificador (profundidade de trabalho de 25 cm); 2) SPD sem compactação adicional e sem escarificação; 3) SPD com compactação adicional por quatro 4 passadas de um trator com massa total de 7,2 Mg; e 4) SPD com compactação adicional por oito 8 passadas de uma colhedora com massa total de 9,5 Mg. No outono-inverno de 2013, toda a área foi cultivada com trigo.

A soja (BRS 359 RR) foi semeada em 10/10/2013, por meio de semeadora-adubadora tratorizada equipada com sulcador de adubo

do tipo facção guilhotina, com 45 cm de espaçamento entrelinhas e população de 300 mil plantas ha⁻¹. A adubação de base consistiu da aplicação de 270 kg ha⁻¹ de NPK 0-20-20 na linha de semeadura. Os tratos culturais foram realizados de acordo com as indicações técnicas para a soja na região. O milho 2ª safra (híbrido AG 9010) foi semeado em 27/02/2014 em três das 12 repetições, empregando-se a mesma semeadora-adubadora utilizada para a soja, com linhas espaçadas em 90 cm e regulada para a obtenção de uma densidade de 55 mil plantas ha⁻¹. A adubação de base envolveu a aplicação de 300 kg ha⁻¹ de formulado NPK 08-20-20 na linha de semeadura. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada no estádio V6, aplicando-se 80 kg ha⁻¹ de N a lanço em superfície, na forma de sulfato de amônio. Os demais tratos culturais foram realizados conforme indicações técnicas para a cultura na região.

Em outubro/2013, 192 amostras de solo com estrutura preservada foram coletadas em todos os tratamentos, em duas camadas (0-10 e 10-20 cm), com anéis de aço inox (5 cm de altura e 5 cm de diâmetro interno). Em laboratório, as amostras foram equilibradas nas tensões de 6, 10, 33, 100 e 500 kPa, em mesa de tensão e extratores de Richards. Após equilíbrio, as amostras foram utilizadas para determinação da RP, em penetrógrafo de bancada equipado com cone de 12,56 mm² de área da base e ângulo de 60°, a uma velocidade de inserção de 20 mm min⁻¹. Em seguida, as amostras foram secas em estufa a 105° C, possibilitando a determinação da densidade do solo (DS) e do conteúdo volumétrico de água do solo (θ). Os dados de RP foram relacionados à DS e ao θ por meio do modelo proposto por BUSSCHER et al. (1997). Com esse procedimento foi possível estimar a RP para diversos valores de θ .

$$RP = aDS^b \theta^c$$

Onde: RP = resistência do solo à penetração (MPa); Ds = densidade do solo (Mg m⁻³); *a*, *b* e *c* = parâmetros obtidos por meio do ajuste dos modelos.

A produtividade da soja foi determinada por meio da colheita mecânica de 12 m das seis linhas centrais da parcela, equivalendo a uma área útil de 32,4 m². No caso do milho 2^a safra, a produtividade foi avaliada pela colheita manual das espigas de 12 m das quatro linhas centrais da parcela, totalizando 43,2 m² de área útil.

O ajuste do modelo de BUSSCHER et al (1997) aos dados de RP, DS e θ foi realizado no programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 1999). Já a relação da produtividade da soja e do milho 2^a safra com a RP foi estimada por meio de análise de regressão, utilizando-se o programa Sigmaplot 9.0 (Systat software, Inc.). A partir das relações produtividade x RP sob diferentes θ , foram determinados os valores de RP críticos para a soja e para o milho 2^a safra, pelo procedimento de análise gráfica de CATE e NELSON (1965).

Resultados e Discussão

As melhores relações entre o estado de compactação do solo e a produtividade da soja e do milho 2^a safra foram observadas considerando a RP na camada de 10-20 cm. A produtividade da soja variou de forma quadrática com o aumento da RP na camada de 10-20 cm (Figuras 1a e 1b), concordando com BEUTLER et al. (2004). Valores muito baixos de RP, próximos a 0,5 MPa, resultaram em produtividades de soja cerca de 20% menores que a máxima obtida no experimento (aproximadamente 3,5 Mg ha⁻¹). Embora valores baixos de RP possam favorecer o crescimento radicular da soja (DEBIASI et al., 2015), um grau de compactação do solo excessivamente baixo provavelmente proporcionou menor retenção de água e condutividade hidráulica não saturada, reduzindo assim a produtividade da cultura (DEBIASI et al., 2010). Já em valores altos de RP, próximos a 4,0 e 6,5 MPa a 100% (Figura 1a) e 90% da CC (Figura 1b), respectivamente, reduziram a produtividade da soja em aproximadamente 43%, o que pode ser explicado pela diminuição da disponibilidade hídrica em função da menor infiltração de água e pela restrição ao desenvolvimento radicular.

De maneira similar ao observado para a soja, houve relação quadrática entre a produtividade de grãos do milho 2^a safra e a RP na camada de

10-20 cm (Figuras 1c e 1d). Em valores muito baixos de RP, houve redução de aproximadamente 30% na produtividade do milho. Novamente, o baixo estado de compactação do solo possivelmente diminuiu a disponibilidade hídrica pela menor retenção de água e condutividade hidráulica não saturada, o que superou possíveis efeitos benéficos da baixa RP no crescimento radicular do milho. Por outro lado, valores excessivamente altos de RP diminuíram a produtividade do milho 2ª safra em até 43%, o que também pode ser atribuído à baixa capacidade de infiltração de água do solo e à redução no crescimento radicular da cultura.

A escarificação tem sido apontada como uma das opções para o rompimento de camadas compactadas no SPD. Entretanto, os resultados obtidos neste trabalho indicam que a escarificação pode limitar o potencial produtivo na sucessão soja/milho 2ª safra. Neste contexto, a escarificação somente será economicamente viável se as perdas de produtividade de soja e milho em função da compactação excessiva do solo forem superiores à soma entre o custo da operação e as perdas potenciais de produtividade. Seguindo esse raciocínio, a escarificação passaria a ser economicamente viável quando a RP na camada de 10-20 cm superar os valores de 3,5 e 5,2 MPa considerando 100 e 90% da CC durante a avaliação da RP, respectivamente (Figura 1).

Os valores de RPC na camada de 10-20 cm, acima dos quais a produtividade da soja e do milho é limitada pelo grau de compactação do solo, foram dependentes do θ em que a RP foi determinada (Figura 2). No caso da soja, a RPC subiu de 2,8 MPa a 100% da CC (Figura 1a), para 4,6 MPa a 90% da CC (Figura 1b). Para o milho, os valores de RPC equivaleram a 2,6 e a 4,2 MPa a 100 e 90% da CC, respectivamente. Para ambas as culturas, a RPC aumentou de modo potencial com a redução do θ no momento da avaliação da RP, atingindo valores próximos a 10 MPa em θ inferiores a 80% da CC (Figura 2). Os valores de RPC em toda a faixa de θ avaliada foram levemente inferiores para o milho 2ª safra em comparação à soja. Assim, sob o ponto de vista de sistemas de produção, os valores de RPC na sucessão soja/milho 2ª sa-

fra devem ser os obtidos para o milho 2ª safra. Os resultados mostram ainda que a RPC na CC foi de 2,8 e 2,6 MPa para a soja e o milho 2ª safra, respectivamente. Portanto, esses valores são superiores ao limite crítico de 2 MPa, geralmente indicado pela bibliografia para esta faixa de θ (BEUTLER et al., 2014). Resultados similares foram obtidos por MORAES et al. (2014), em Latossolo Vermelho muito argiloso manejado em SPD há mais de 20 anos.

Conclusão

A produtividade da soja e do milho 2ª safra responde de maneira quadrática ao estado de compactação do solo, com perdas de produtividade em valores muito baixos ou altos de RP. A RP crítica à produtividade das culturas na sucessão soja/milho 2ª safra depende da θ em que foi determinada, sendo equivalente a 2,6 MPa na CC.

Referências

- BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; DA SILVA, A. P.; ROQUE, C. G.; FERRAZ, M. V. Compactação do solo e intervalo hídrico ótimo na produtividade de arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 575-580, 2004.
- BUSSCHER, W.J.; BAUER, P.J.; CAMP, C.R.; SOJKA, R.E. Correction of cone index for soil water content differences in a coastal plain soil. **Soil Tillage Research**, v. 43, p. 205-217, 1997.
- CATE, R. B.; NELSON, L. A. **A rapid method for correlation of soil test analyses with plant response data**. Raleigh: North Carolina State University, 1965. 66p. (International Soil Testing Series, Technical Bulletin, 1).
- DEBIASI, H.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; CONTE, O.; KAMIMURA, K. M. Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 603-612, 2010.

DEBIASI, H.; MORAES, M. T.; FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; TONON, B. C.; AGASSI, V. J. Desenvolvimento radicular e produtividade da soja em função do estado de compactação de um latossolo vermelho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 7.; MERCOSOJA, 2015, Florianópolis. **Tecnologia e mercado global: perspectivas para soja: anais**. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 3 p. 1 CD-ROM.

DERAL. **Estimativa de safra**. Disponível em <<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=137>>. Acesso em: 22 mai. 2016.

MORAES, M. T.; DEBIASI, H.; CARLESSO, R.; FRANCHINI, J. C.; SILVA, V. R. Critical limits of soil penetration resistance in a Rhodic Eutrudox. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 288-298, 2014.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT User´s Guide 8.0**. North Caroline, NC: SAS Institute Inc., 1999.

TORRES, E.; SARAIVA, O. F. **Camadas de impedimento mecânico do solo em sistemas agrícolas com a soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 58p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 23).

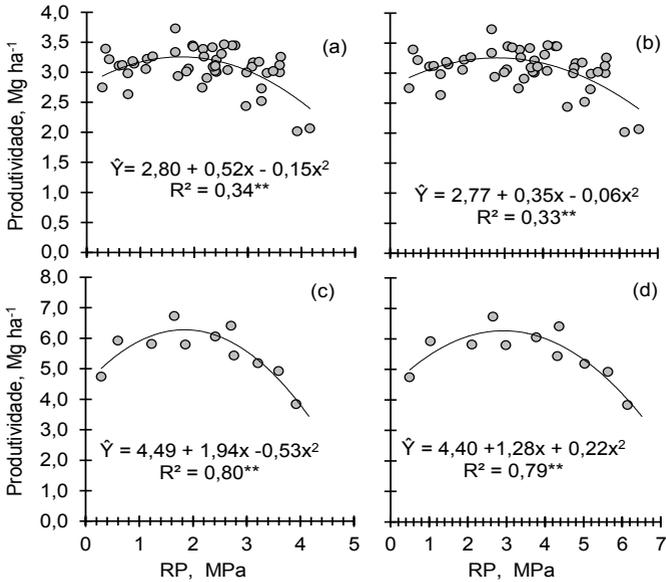


Figura 1. Produtividade da soja (BRS 359 RR) (a,b) e do milho 2ª safra (AG 9010) (c,d) em função da resistência mecânica do à penetração (RP) de um Latossolo Vermelho distroférico, estimada para um conteúdo volumétrico de água equivalente a 100 (a, c) e 90% (b, d) da capacidade de campo.

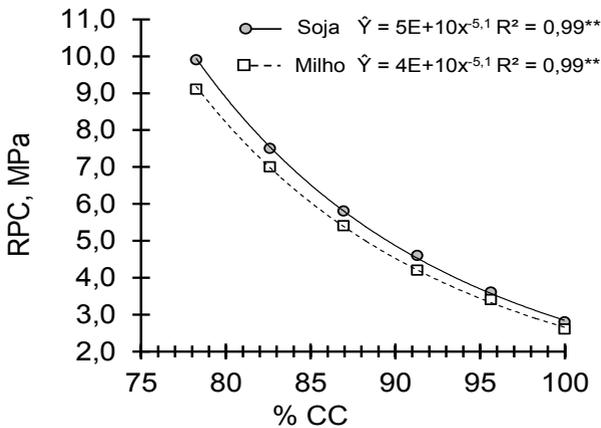


Figura 2. Variação da resistência mecânica à penetração crítica (RPC) de um Latossolo Vermelho distroférico para as culturas da soja (BRS 359RR) e do milho 2ª safra (AG 9010), em função o conteúdo volumétrico de água do solo durante a avaliação da RPC, expressos como porcentagem em relação à capacidade de campo (CC).