

Parcelamento da adubação nitrogenada na cultura do milho e utilização do N residual pela sucessão aveia preta-milho

Efficiency of the nitrogen fertilization splitting in maize and residual N utilization for the-black oats-maize succession

Flávia Carvalho Silva Fernandes^{1*} Paulo Leonel Libardi¹ Paulo César Ocheuze Trivelin^{II}

- NOTA -

RESUMO

Com o objetivo de avaliar a eficiência de utilização do N pela cultura de milho (*Zea mays L.*), usando-se fertilizante marcado com ¹⁵N, aplicado parceladamente (duas formas), e o efeito residual deste fertilizante nas duas culturas subsequentes em sucessão (aveia preta e milho), sob implantação do sistema plantio direto, foi conduzido um experimento, no sudeste do Brasil, nos anos agrícolas 2003/2004 e 2004/2005, sob um solo de textura areno-argilosa (Hapludox). Os tratamentos consistiram da dose de 120kg ha⁻¹ de N, na forma de sulfato de amônio marcado (¹⁵N) e dois parcelamentos de N 30-90 e 60-60kg ha⁻¹. Nas plantas de milho e aveia preta, avaliaram-se o N total acumulado, o N proveniente do fertilizante e a recuperação de N-fertilizante. O incremento da dose de fertilizante nitrogenado aplicado na semeadura (60kg ha⁻¹ de N), no ano agrícola 2003/2004, proporcionou aumento no aproveitamento de N pela planta (65%) em relação ao tratamento que recebeu 30kg ha⁻¹ de N na semeadura (45%).

Palavras-chave: eficiência de utilização, efeito residual, sistema plantio direto.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate: a) the N use efficiency by a maize (*Zea mays L.*) crop, using ¹⁵N labeled fertilizer applied in two splittings, and b) the residual effect of this fertilizer in two subsequent crops in succession (black oats and maize), under the introduction of the no tillage system. The experiment was carried out in Southeast Brazil, in the cropping seasons 2003/2004 and 2004/2005, under a sandy-clayey loam soil (Hapludox) The first maize crop was in 2003/2004, the second one in 2004/2005 and the black oats crop in between. Treatments consisted of two ways of application of two N splittings (30-90 and 60-60kg ha⁻¹) as ¹⁵N labeled ammonium sulphate fertilizer. In the maize and black oat plants, the following were evaluated: accumulated total N, nitrogen in

plant derived from fertilizer and N fertilizer recovery. The treatment with 60kg ha⁻¹ of N applied at sowing, in the 2003/2004 crop, increased the plant N use (65%) in relation to the treatment that received 30kg ha⁻¹ of N at sowing (45%).

Key words: nitrogen use efficiency, residual effect, no tillage system.

O milho é uma das culturas mais exigentes em fertilizantes, especialmente os nitrogenados, por isso o suprimento inadequado de nitrogênio (N) é considerado um dos principais fatores limitantes ao seu rendimento de grãos. Segundo HOEFT (2003), a dose, a época e o método e aplicação de fertilizantes nitrogenados têm efeito marcante tanto na produtividade de culturas como no potencial de contaminação dos mananciais de água. As perdas de N podem ser controladas por meio da aplicação parcelada dos adubos nitrogenados, principalmente nos períodos de precipitação elevada (FERNANDES et al., 2006), resultando em uma maior EUN pelas culturas. Além disso, a manutenção do solo com cobertura vegetal é importante porque as plantas constituem o único meio seguro de reciclagem do nitrato. Isso também contribui para que o plantio direto seja uma importante alternativa tecnológica e prática de manejo. Porém, no sistema plantio direto, o conceito de EUN é mais abrangente que no sistema convencional, uma vez que as doses de N são definidas de acordo com o sistema e culturas. Este trabalho teve

¹Departamento de Ciências Exatas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), CP 09, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil. E-mail: flasilva@esalq.usp.br. *Autor para correspondência.

^{II}Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Piracicaba, SP, Brasil.

como objetivo estudar a eficiência de utilização do N pela cultura de milho (*Zea mays L.*) e o efeito residual deste nutriente nas duas culturas subseqüentes em sucessão (aveia preta e milho), na implantação do sistema plantio direto.

O experimento foi desenvolvido em campo, em área experimental da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo. O solo é um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (EMBRAPA, 1999) - Typic Hapludox. O trabalho envolveu dois cultivos de milho, desenvolvidos, o primeiro, na safra 2003/04, e o segundo, na safra 2004/05, e um cultivo de aveia preta cultivado na entressafra. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos constaram de uma dose de 120kg ha⁻¹ de N, na forma de sulfato de amônio (SA), em 2 parcelamentos: 30kg ha⁻¹ de N na semeadura e o restante (90kg ha⁻¹ de N) em cobertura, no estádio de 6 a 8 folhas, e 60kg ha⁻¹ de N na semeadura e o restante (60kg ha⁻¹ de N) em cobertura, no estádio de 6 a 8 folhas. A aplicação do SA, enriquecido com ¹⁵N, na dose de 120kg ha⁻¹ de N, foi realizada apenas no primeiro cultivo do milho nas linhas de plantio das subparcelas (adubação de plantio) e quando da adubação de cobertura.

As semeaduras dos híbridos de milho foram realizadas, manualmente, em 11/12/2003 e 01/12/2004 no primeiro e segundo cultivos, respectivamente, e, em 14/04/2004 e 07/04/2005, foi realizada a colheita de grãos. A aveia preta foi semeada em linha, manualmente, após a colheita do primeiro cultivo de milho, empregando-se uma densidade de sementes de 60kg ha⁻¹. No florescimento pleno, foi realizado o manejo mecânico com uma roçadeira lateral. Foram determinados: a massa da matéria seca das plantas de milho e aveia preta, no final dos ciclos das culturas; os teores de ¹⁵N na parte aérea das plantas de milho (separada em folhas+colmo, sabugo+palha e grãos das plantas de milho) e aveia preta (BARRIE & PROSSER, 1996); N total acumulado (N_a); N nas plantas de milho e aveia preta proveniente do fertilizante (NPPF); N na planta proveniente do solo (NPPS) e recuperação de N-fertilizante (R%) pelas plantas após o primeiro e segundo ciclos do milho e após a cultura de aveia preta (TRIVELIN, 2005). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey (P=0,05).

O N acumulado nas partes de planta do cultivo de milho da safra 2003/2004 (1º cultivo) diferiram significativamente entre os tratamentos no colmo + folhas + pendão e parte aérea e, para o segundo cultivo de milho, este resultado foi diferente somente para grãos (Tabela 1). Para os dois cultivos de milho, o maior

acúmulo de N foi no tratamento em que foram aplicados 60kg ha⁻¹ de N na semeadura e 60kg ha⁻¹ em cobertura, ou seja, quando se aumenta a dose de N na semeadura, aumenta-se o N acumulado na parte aérea, principalmente nos grãos de milho. As massas de matéria seca das plantas (16,7Mg ha⁻¹) e dos grãos (8.204kg ha⁻¹) obtidas no tratamento 60-60 foram as responsáveis pela maior concentração de N na parte aérea (safra 2003/2004) e nos grãos (safra 2004/2005) de milho. Entretanto, na safra 2003/2004, a distribuição de N nas diferentes partes da planta foi semelhante nos dois tratamentos. Em média, 16 e 20% do N acumulado alocaram-se no colmo + folhas + pendão, 7 e 7% na palha + sabugo e 77 e 73%, nos grãos, respectivamente, para os tratamentos 30-90 e 60-60kg ha⁻¹ de N, evidenciando que a maior quantidade de N na planta localiza-se nos grãos, e que grande quantidade de N das partes vegetativas foi para eles translocado, passando a fazer parte de aminoácidos e proteínas (TA & WEILAND, 1992). Esses dados também demonstram que grande parte do N fertilizante (24%) absorvido pela planta retorna ao solo como resíduos culturais, parte dele podendo remineralizar e o restante podendo fazer parte da matéria orgânica do solo.

Os resultados de distribuição de N acumulado observado nas diferentes partes da planta de milho da safra 2004/2005 (segundo cultivo) diferiram dos resultados obtidos na safra anterior. Em média, 37% do N acumulado alocaram-se no colmo + folhas + pendão, 14% na palha + sabugo e 49% nos grãos, o que implica a baixa translocação do N das partes vegetativas para os grãos. Por outro lado, a porção de N acumulado alocado na parte aérea (exceto grãos) pelas plantas foi bem maior (51%) e provavelmente retornou ao solo pelos resíduos culturais, o que poderá ser aproveitado pelas culturas subseqüentes, mesmo que sua mineralização seja lenta (WISNIEWSKI & HOLTZ, 1997), devido à alta relação C/N dos resíduos culturais do milho. A baixa translocação de N das partes vegetativas para as partes reprodutivas pode ter ocorrido devido à falta de chuva (57 a 75 DAE) entre o estádio R₁ (florescimento) e R₂ (grãos leitosos), pois de acordo com RITCHIE et al. (2003), nessa fase, o N e o P totais da planta estão se acumulando rapidamente e a realocação desses nutrientes das partes vegetativas para suas partes reprodutivas já começaram a acontecer. Assim, o amido começa a se acumular no endosperma aquoso e os grãos começam um período de rápido e constante acúmulo de matéria seca ou de enchimento de grãos. Desse modo, o requerimento de suprimento hídrico satisfatório, aliado a temperaturas adequadas, tornam esse período extremamente crítico

Tabela 1- Nitrogênio acumulado, nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (NPPF), nitrogênio na planta proveniente do solo (NPPS) e eficiência de utilização do fertilizante (R) pela planta no final dos cultivos de milho, safras 2003/2004 e 2004/2005, e aveia preta, safra 2004.

-----Milho – safra 2003/2004-----					
Tratamentos (kg ha ⁻¹ N)	Partes da planta	N acumulado (kg ha ⁻¹) e (%)	NPPF	NPPS	R (%)
30 90	⁽¹⁾ C+F+P	24,06 b ⁽²⁾ (16)	8,66 b (16)	15,40 a (16)	7,22 b
	P+S	10,39 a (7)	4,01 b (8)	6,38 a (7)	3,34 b
	G	112,58 a (77)	41,11 b (76)	71,49 a (77)	34,26 b
	PA	147,02 b (100)	53,78 b (100)	93,24 a (100)	44,82 b
60 60	C+F+P	38,06 a (20)	16,33 a (21)	21,73 a (19)	13,61 a
	P+S	12,82 a (7)	5,41 a (7)	7,41 a (6)	4,50 a
	G	140,52 a (73)	56,02 a (72)	84,50 a (75)	46,68 a
	PA	191,39 a (100)	77,76 a (100)	111,76 a (100)	64,79 a
-----Aveia preta – safra 2004-----					
Tratamentos (kg ha ⁻¹ N)	Partes da planta	N acumulado (kg ha ⁻¹) e (%)	NPPF	NPPS+N-fertilizante	R (%)
30 90	PA	70,54 a (100)	2,36 b (100)	68,18 a (100)	1,97 b
60 60		70,63 a (100)	4,46 a (100)	66,18 a (100)	3,72 a
-----Milho – safra 2004/2005-----					
Tratamentos (kg ha ⁻¹ N)	Partes da planta	N acumulado (kg ha ⁻¹) e (%)	NPPF	NPPS+N-fertilizante	R (%)
30 90	C+F+P	66,37 a (41)	0,94 a (38)	65,43 a (41)	0,79 a
	P+S	25,89 a (16)	0,41 a (17)	25,48 a (16)	0,34 a
	G	70,60 b (43)	1,12 a (45)	69,48 b (43)	0,93 a
	PA	162,86 a (100)	2,47 a (100)	160,39 a (100)	2,06 a
60 60	C+F+P	58,21 a (33)	1,20 a (35)	57,01 a (33)	1,00 a
	P+S	22,91 a (13)	0,42 a (12)	22,49 a (13)	0,35 a
	G	96,81 a (54)	1,78 a (53)	95,03 a (54)	1,49 a
	PA	177,93 a (100)	3,40 a (100)	174,53 a (100)	2,84 a

⁽¹⁾C+F+P: significa colmo+folha+pendão; P+S: palha+sabugo; G:grãos; PA: parte aérea da planta de milho. ⁽²⁾Médias entre tratamentos de uma mesma parte da planta seguidas de letras comuns, na coluna, não diferem entre si em nível de significância de 5% pelo teste de Tukey. Tratamentos 30-90 e/ou 60-60 referem-se à aplicação de N na semeadura e em cobertura (6-8 folhas).

(FANCELLI & DOURADO NETO, 2005). Entretanto, as altas quantidades de matéria seca (15,0 e 16,6Mg ha⁻¹) e N acumulado (aproximadamente 163 e 178kg ha⁻¹) encontrado na parte aérea da planta de milho da safra 2004/2005 podem ter evidenciado a não-imobilização microbiana do N no solo. Um dos motivos pode ser porque a dose de 120kg ha⁻¹ de N aplicada satisfaz as necessidades de N no sistema solo-planta.

O N na parte aérea proveniente do solo e do adubo não-marcado representa cerca de 98,5% para o tratamento 30-90 e 98% para o 60-60 do N total acumulado na parte aérea, não indicando diferenças significativas entre esses tratamentos. Entretanto, foi verificada diferença entre os tratamentos, quando se avaliou N nos grãos provenientes do solo. O maior valor (95,03kg ha⁻¹) foi obtido no tratamento que recebeu 60kg ha⁻¹ de N na semeadura, o que pode implicar que, nesse tratamento, as plantas absorveram mais N do

fertilizante aplicado no segundo cultivo, o qual foi translocado para os grãos. Nesse sentido, é importante lembrar que, para o primeiro cultivo, no N proveniente do solo estão incluídas outras fontes, como resíduos de culturas anteriores, plantas daninhas, fixação biológica do N, precipitação pluviométrica, etc., enquanto que, para o segundo cultivo, além desses fatores, inclui-se também o fertilizante não-marcado aplicado na semeadura e cobertura do milho.

A recuperação do fertilizante nitrogenado para o primeiro cultivo de milho (Tabela 1) para as diferentes partes da planta foi de 34 e 47% para grãos, 7 e 14% para colmo + folhas + pendão e de 3 e 5% para palha + sabugo, respectivamente, para os tratamentos 30-90 e 60-60. Os resultados médios obtidos de eficiência de utilização pela parte aérea das plantas de milho foram de 45 e 65%, quando se aplicou, respectivamente, 30 e 60kg ha⁻¹ de N na semeadura.

Para o tratamento que apresentou maior eficiência de utilização do N (60kg ha^{-1} de N na semeadura), também foi observado um maior rendimento de grãos (8.204kg ha^{-1}). Quando se estuda a eficiência do N para parcelamentos, os resultados também se demonstram variados. As diferenças são em virtude de diversos fatores, principalmente de condições edafoclimáticas, tipo de fertilizante e, principalmente, sistema de cultivo (LARA CABEZAS et al., 2000). Nesse sentido, a dose de N de 60kg ha^{-1} aplicada na semeadura proporcionou maior recuperação de N e, conseqüentemente maior rendimento de grãos, provavelmente, devido à não ocorrência de chuvas logo após a semeadura, o que pode ter proporcionado uma maior absorção inicial de N pelas plantas. No entanto, segundo WIETHÖLTER (2000), a possibilidade de aplicação antecipada do N no milho para a cultura antecessora depende essencialmente da ocorrência de chuvas na primavera. Se houver chuvas em excesso, poderá ocorrer lixiviação de N, promovendo deficiência de N. O aproveitamento do N do fertilizante (aplicado no segundo cultivo de milho) pelas diferentes partes de plantas do milho em sucessão a aveia preta foi inferior a 2 % (Tabela 1), para os dois tratamentos, não apresentando diferenças significativas entre esses. Apesar de não-significativo, o tratamento 60-60 apresentou maior recuperação (2,84%) do fertilizante residual, na parte aérea do milho, do que o tratamento 30-90 (2,06%), em virtude, provavelmente, da maior quantidade de N na planta proveniente do fertilizante, que era de $3,40\text{kg ha}^{-1}$ (Tabela 1). Geralmente o N remanescente dos adubos verdes e fertilizantes inorgânicos é encontrado, predominantemente, sob a forma de compostos orgânicos. Por essa razão, o aproveitamento por cultivos subseqüentes é, em geral, bastante pequeno, da ordem de 1 a 6% do montante aplicado (REKHI & BAJWA, 1993). Além disso, o milho cultivado no primeiro ano (safra 2003/2004) aproveitou 11 e 18% (parte aérea, exceto grãos) e 34 e 47% (grãos) do N aplicado para os tratamentos 30-90 e 60-60, respectivamente (Tabela 1), o que implica que grande parte do N foi exportado pelos grãos e o restante do aplicado ficou no solo ou foi perdido por lixiviação, volatilização, denitrificação ou erosão.

Pôde-se concluir, neste trabalho, que a aplicação de 60kg ha^{-1} de N na semeadura do milho proporcionou um maior aproveitamento do N do fertilizante (65%) em relação à aplicação de 30kg ha^{-1} de N (45%). Além disso, a baixa quantidade de N remanescente do SA (efeito residual), encontrado na aveia preta e no milho cultivado no ano subseqüente (2004/2005), pode implicar a perda do N por lixiviação ou então sua permanência no solo.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- BARRIE, A.; PROSSER, S.J. Automated analysis of light-element stable isotopes by isotope ratio spectrometry. In: BOUTTON, T.W.; YAMASAKI, S. (Ed.). **Mass spectrometry of soil**. New York: Marcel Dekker, 1996. 146p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412p.
- FANCELLI A.L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho em terras baixas. In: _____. **Milho: tecnologia e produção**. Piracicaba: ESALQ/USP/LVP, 2005. Cap.3, p.21-33.
- FERNANDES, F.C.S. et al. Internal drainage and nitrate leaching corn-black oat-corn succession with two split nitrogen applications. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.63, n.5, p.483-492, 2006.
- HOEFT, R.G. **Desafios para a obtenção de altas produtividades de milho e de soja nos EUA**. Piracicaba: Potafos, 2003. p.1-4. (Informações Agronômicas, 104).
- LARA CABEZAS; W.A.R. et al. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura do milho, em sistema plantio direto no triângulo mineiro (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.363-376, 2000.
- REKHI, R.S.; BAJWA, M.S. Effect of green manure on the yield, N uptake and floodwater properties of a flooded rice, wheat rotation receiving ^{15}N urea on a highly permeable soil. **Fertilizer Research**, The Hague, v.34, p.15-22, 1993.
- RITCHIE, S.W. et al. **Como a planta de milho se desenvolve**. Piracicaba: Potafos, 2003. p.1-20. (Informações Agronômicas, 103).
- TA, C.T.; WEILAND, R.T. Nitrogen partitioning in maize during ear development. **Crop Science**, Madison, v.32, p.443-451, 1992.
- TRIVELIN, P.C.O. **O método do traçador isotópico para nitrogênio**. Acesso em 16 mar. 2005. On line. Disponível em: <http://web.cena.usp.br/apostilas/Trivelin/CEN5747/Apostilas/06MetTra%20C3%A7adorN.doc>.
- WIETHÖLTER, S. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto: Experiência nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24., 2000, Santa Maria. **Fertibio 2000**: trabalhos... Santa Maria: SBCS, 2000. CD-ROM.
- WISNIEWSKI, C.; HOLTZ, G.P. Decomposição da palhada e liberação de nitrogênio e fósforo numa rotação aveia-soja sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, p.1191-1197, 1997.