

Acúmulo de matéria seca e absorção de nitrogênio, fósforo e potássio por azevém

(Lolium multiflorum Lam.) cultivar BARjumbo

Dry matter accumulation and uptake of nitrogen, phosphorus and potassium by

ryegrass (Lolium multiflorum Lam.) cultivar BARjumbo

Acumulación de materia seca y absorción de nitrógeno, fósforo y potasio en raigrás

(Lolium multiflorum Lam.) cultivar BARjumbo

Recebido: 07/10/2020 | Revisado: 15/10/2020 | Aceito: 18/10/2020 | Publicado: 20/10/2020

Celina de Fátima Tullio Dominico

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0719-1922>

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil

E-mail: celinatulio@yahoo.com.br

Sebastião Brasil Campos Lustosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6899-190X>

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil

E-mail: sebastiao_lustosa@yahoo.com.br

Fabricio William de Ávila

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0301-2720>

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil

E-mail: fwavila@unicentro.br

Resumo

O azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) é uma das espécies anuais de inverno mais utilizada para a produção animal no Sul do Brasil. Objetivou-se avaliar o acúmulo de matéria seca (MS) e a absorção dos nutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) pelo azevém cultivar BARjumbo. O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições, sendo os tratamentos constituídos de 15 decêndios de avaliação (entre 10 a 150 dias após emergência - DAE). A altura das plantas aumentou linearmente ao longo do período de avaliação, enquanto que para o número de perfilhos, o maior valor obtido foi aos 110 DAE. O IAF foi fortemente incrementado entre 30 e 100 DAE. A produção de MS foi incrementada durante todos os decêndios avaliados (entre 10 e 150 DAE). As maiores taxas de incremento de MS ocorreram

entre 50 e 60 DAE. Os teores de N e P na MS de parte aérea diminuíram conforme a idade da planta. Para o teor de K, os valores começaram a diminuir apenas a partir de 100 DAE. Houve aumentos em acúmulos de N, P e K na parte aérea até aos 120 DAE. A partir desta data, os valores diminuíram até o final das avaliações (150 DAE). A ordem decrescente de acúmulo de nutrientes na parte aérea foi $K > N > P$, enquanto que na raiz a ordem de acúmulo foi $N > K > P$.

Palavras-chave: *Lolium multiflorum*; Nutriente; Nutrição de planta; Marcha de absorção; Pastagem.

Abstract

Ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) is one of the most used annual winter species for animal feed in southern Brazil. The objective of this study was to evaluate dry matter (DM) accumulation and uptake of nitrogen, phosphorus and potassium by ryegrass cultivar BARjumbo. The experiment was conducted under greenhouse conditions from the autumn until the spring of 2018. A completely randomized design with five replicates was used, with treatments consisting of 15 different evaluation periods (from 10 to 150 days after emergency - DAE). The plant height increased linearly, while for the tiller number, the highest value was 110 DAE. IAF was strongly increased between 30 and 100 DAE. DM yield was increased during all evaluation periods (between 10 and 150 DAE). The highest rates of DM yield increase occurred between 50 and 60 DAE. The N and P contents in shoot DM decreased according to plant age. For the K content, the values began to decrease only from 100 DAE. There were increases in N, P and K accumulations in shoot up to 120 DAE. From this date, the values decreased up to 150 DAE. The decreasing order of nutrient accumulation in the shoot was $K > N > P$, whereas in the root the order of accumulation was $N > K > P$.

Keywords: *Lolium multiflorum*; Nutrient; Plant nutrition; Absorption rate; Pasture.

Resumen

El raigrás (*Lolium multiflorum* Lam.) es una de las especies invernales anuales más utilizadas para la producción animal en el sur de Brasil. El objetivo del trabajo fue evaluar la producción de materia seca (MS) y la absorción de nutrientes nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) por el raigrás 'BARjumbo'. Se utilizó un diseño completamente al azar con cinco repeticiones, siendo los tratamientos compuestos por 15 períodos de evaluación (entre 10 a 150 días después de la emergencia - DDE). La altura de las plantas aumentó linealmente durante el período de evaluación, mientras que para el número de macollos, el valor más alto se obtuvo a

los 110 DDE. El IAF se incrementó fuertemente entre 30 y 100 DDE La producción de DM se incrementó durante los diez años evaluados (entre 10 y 150 DDE). Las mayores tasas de aumento de DM se produjeron entre los 50 y 60 DDE. Los niveles de N y P en la parte aérea DM disminuyeron según la edad de la planta. Para el contenido de K, los valores comenzaron a disminuir solo después de 100 DDE. Hubo incrementos en las acumulaciones de N, P y K en la parte aérea hasta 120 DDE. A partir de esta fecha, los valores disminuyeron hasta el final de las evaluaciones (150 DDE). El orden decreciente de acumulación de nutrientes en la parte aérea fue $K > N > P$, mientras que en la raíz el orden de acumulación fue $N > K > P$.

Palabras clave: *Lolium multiflorum*; Nutrientes; Nutrición vegetal; Tasa de absorción; Pasto.

1. Introdução

O azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) é uma das espécies anuais de inverno mais utilizada para a produção animal no Sul do Brasil. Caracteriza-se por ser uma espécie forrageira rústica, vigorosa, com alto potencial de produção de matéria seca (MS) e por proporcionar maior número de cortes, dessa forma, aumentando o período de utilização da pastagem (Fontaneli, Fontaneli, & dos Santos, 2012; Ferrazza *et al.*, 2013).

A produção de forragem ocorre entre o outono, inverno, e alguns genótipos conservam-se em estágio vegetativo até final da primavera, o que proporciona uma forragem de maior qualidade (Mittelmann *et al.*, 2010).

A qualidade nutricional de uma Poácea para nutrição animal é um fator importante dentro da escolha de espécie a ser implantada, seja destinada ao pastejo, ensilagem ou duplo propósito. Neste sentido, o azevém anual apresenta bons teores de nutrientes e de proteína, com boa qualidade e excelente digestibilidade (Fontaneli *et al.*, 2012).

Diversas cultivares de azevém são lançadas anualmente no mercado brasileiro, aumentando as possibilidades de escolha de genótipo para cada ambiente e sistema de produção (Oliveira, Ferreira, Coelho, Farias, & Silveira, 2014). Nesse contexto, o azevém cultivar BARjumbo tem sido usado como uma alternativa, pois apresenta valor nutricional da pastagem superiores ao do azevém comum e com maior produção de matéria seca. Entretanto, pouco se sabe da exigência nutricional dessa cultivar para maior acúmulo de matéria seca (Marchesan *et al.*, 2015; Ramos, 2017).

Para a nutrição adequada das plantas, além da quantidade e da relação entre os nutrientes, é preciso conhecer a dinâmica de acúmulo de nutrientes na matéria seca ao longo do tempo de cultivo, pois os desbalanços nutricionais podem acarretar prejuízos à cultura,

alterando sua morfologia. Neste sentido, fica evidente a necessidade de se conhecer o balanço de nutrientes de cada cultura para manejar a adubação, escolher culturas para rotação e otimizar a utilização de fertilizantes.

Segundo Marschner (2012) a marcha de absorção pode ser definida como o estudo da curva de absorção de nutrientes em função da idade da planta; dessa forma, permitindo identificar o período de maior exigência nutricional bem como a quantidade necessária para a produção. Além disso, indica em qual órgão acumula mais nutrientes, o quanto é exportado pelo grão e/ou forragem retirada da área e quanto será necessário repor no solo para manter a fertilidade. Logo, a marcha de absorção das culturas é uma ferramenta de suma importância para auxiliar os programas de adubação e o manejo de fertilizantes das lavouras (Echer, Dominato, & Creste, 2009).

A falta de informações em relação às necessidades nutricionais do azevém cv. BARjumbo justifica a realização de estudos que contemplem suas necessidades nutricionais, uma vez, que na literatura existe poucos trabalhos conduzidos sobre o assunto e, na maioria das vezes, os trabalhos publicados foram realizados há vários anos e para cultivares diferentes.

Deste modo, estudar a absorção de nutriente e a produção de matéria seca em função de diferentes períodos ao longo do ciclo da cultura do azevém é de grande importância para se conhecer as necessidades de macronutrientes em cada época estudada, contribuindo para o aumento da eficiência no manejo da cultura, proporcionando ganhos em produtividade, redução de custos, utilização racional dos adubos e do solo. Diante do exposto, a hipótese do trabalho é que as plantas de azevém absorvem e acumulam diferentes quantidades de nutrientes ao longo dos decênios.

O objetivo do trabalho foi avaliar a absorção de nutrientes e produção de matéria seca pela cultura de azevém cultivar BARjumbo, desde o estágio inicial de desenvolvimento até aos 150 dias após a emergência.

2. Material e Métodos

2.1. Caracterização da Área de Estudo

Esse estudo trata-se de uma pesquisa experimental qualitativa e quantitativa (Pereira, Shitsuka, Parreira, & Shitsuka, 2018). O experimento foi conduzido entre o outono até a primavera do ano de 2018, em casa de vegetação, no Departamento de Agronomia da

Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), campus CEDETEG. A área está localizada no município de Guarapuava – Paraná. O clima, de acordo com o sistema Köppen-Geiger, é do tipo Cfb, com verões amenos, sem estação seca definida e com geadas severas.

2.2. Implantação e Condução do Experimento

O experimento foi implantado em abril de 2018. Para tanto selecionou-se o material genético azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) cv. BARjumbo. O solo usado como substrato foi coletado no *Campus* CEDETEG, classificado como Latossolo Bruno Distroférico, com textura argilosa (EMBRAPA, 2006). No intuito de evitar uma possível germinação de sementes dormentes, optou-se por coletar o solo apenas do horizonte B.

O solo, para a composição do substrato de crescimento, foi seco ao ar durante 10 dias, destorroado e passado em peneira com malha de 8,0 mm, distribuídos aleatoriamente. Posteriormente, foram feitas amostragem do solo para caracterização química conforme metodologia oficial adotada no Estado do Paraná (EMBRAPA, 2009), com objetivo de conhecer e corrigir a fertilidade do solo antes do início do experimento (Tabela 1). As proporções médias de areia, silte e argila do solo foram de 430, 290 e 280 g kg⁻¹, respectivamente.

Tabela 1. Resultado da análise química do solo previamente ao início do experimento. Guarapuava-PR, 2018.

pH	H+Al	M.O.	Al ³⁺	P-Mehlich	S	
---CaCl ₂ ---	--cmol _c dm ⁻³ --	---g dm ⁻³ ---	-cmol dm ⁻³ -	--mg dm ⁻³ --	--mg dm ⁻³ --	
4,72	4,44	39,71	0,3	2,58	21,81	
K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe	Cu	Mn	Zn
-----cmol _c dm ⁻³ -----			-----mg dm ⁻³ -----			
0,08	1,65	0,63	98,54	2,25	63,90	2,80

Fonte: Autores (Guarapuava-PR, 2018).

As plantas de azevém foram semeadas em vasos de polietileno, os quais foram revestidos com sacos plásticos para evitar a percolação de nutrientes. Os vasos usados apresentaram capacidade de 11 L e área de 572 cm², com furos nas laterais, e receberam 10 kg de solo.

Baseado nos resultados da análise química do solo, a correção do solo e as adubações foram realizadas visando a obtenção de alta produtividade de biomassa de azevém (maior que 10 t ha⁻¹), seguindo as recomendações técnicas presentes no Manual de Adubações e Calagem

para o Estado do Paraná (NEPAR-SBCS, 2017). Antes de acomodar o solo nos vasos, foi feita a calagem visando elevar a saturação de bases para 60% e a relação Ca:Mg para 4:1, usando o carbonato de cálcio e o carbonato de magnésio p.a. Em seguida, o solo contido em cada vaso foi mantido em incubação sob umidade adequada por 30 dias para reatividade dos corretivos (Figura 1).

Previamente a semeadura nos vasos, foi realizada a adubação de semeadura com macro e micronutrientes. Aos 30, 60, 90 dias após a semeadura, foram realizadas as adubações de cobertura com N e K. Os nutrientes foram fornecidos aos vasos na forma de soluções nutritiva, usando reagentes p.a. para o preparo das soluções (nitrato de potássio, sulfato de potássio, fosfato de potássio, fosfato de amônio, sulfato de magnésio, cloreto de manganês, sulfato de cobre, sulfato de zinco, ácido bórico e molibdato de amônio). Em relação à adubação NPK, foram fornecidos 350 kg ha⁻¹ de N (50 e 300 kg ha⁻¹ na adubação de semeadura e cobertura, respectivamente), 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (toda dose fornecida na adubação de semeadura), e 350 kg ha⁻¹ de K₂O (50 e 300 kg ha⁻¹ na adubação de semeadura e cobertura, respectivamente). Por se tratar de um experimento em vasos em casa de vegetação, a adubação de cobertura foi parcelada em três aplicações, aplicando os nutrientes de 30 em 30 dias (30, 60 e 90 após a semeadura).

Figura 1. Incubação do solo para reação dos corretivos (Figura 1A) e aspecto visual das plantas de azevém cv. BARjumbo com 70 DAE (Figura 1B).

(A)



(B)



Fonte: Autores (Guarapuava-PR, 2018).

Previamente a semeadura nos vasos, foi realizada a adubação de semeadura com macro e micronutrientes. Aos 30, 60, 90 dias após a semeadura, foram realizadas as

adubações de cobertura com N e K. Os nutrientes foram fornecidos aos vasos na forma de soluções nutritiva, usando reagentes p.a. para o preparo das soluções (nitrato de potássio, sulfato de potássio, fosfato de potássio, fosfato de amônio, sulfato de magnésio, cloreto de manganês, sulfato de cobre, sulfato de zinco, ácido bórico e molibdato de amônio). Em relação à adubação NPK, foram fornecidos 350 kg ha⁻¹ de N (50 e 300 kg ha⁻¹ na adubação de semeadura e cobertura, respectivamente), 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (toda dose fornecida na adubação de semeadura), e 350 kg ha⁻¹ de K₂O (50 e 300 kg ha⁻¹ na adubação de semeadura e cobertura, respectivamente). Por se tratar de um experimento em vasos em casa de vegetação, a adubação de cobertura foi parcelada em três aplicações, aplicando os nutrientes de 30 em 30 dias (30, 60 e 90 após a semeadura).

A semeadura foi realizada manualmente, considerando a densidade de 40 kg ha⁻¹ de sementes, sendo semeados 46 sementes em cada vaso. Após 30 dias houve desbaste, sendo retirado 16 plantas por vaso.

Sabendo que seriam necessários 10 g de material para realização das análises e devido às plântulas dos dois primeiros decêndios serem muito leves e não terem matéria seca suficiente para compor as amostras, neste caso realizou-se semeaduras paralelas para obter matéria seca o suficiente para realização do experimento. Para repor a evapotranspiração diária da cultura, foi utilizado o sistema de irrigação manual. O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente. Já o controle de pragas e doenças não foi necessário.

2.3. Delineamento Experimental e Variáveis Avaliadas

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. Os tratamentos foram compostos de 15 diferentes períodos (decêndios) de avaliação, sendo 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140 e 150 DAE. Cada parcela experimental foi composta de um vaso contendo 10 kg de solo. O experimento teve um total de 75 parcelas experimentais (75 vasos).

Assim, a colheita do material vegetal para as avaliações foi realizada a cada 10 dias, do 10° ao 150° DAE. Em cada decêndio foram coletadas 10 plantas de cada vaso, para realização das análises. Durante a coleta, as plantas foram separadas em parte aérea e raízes. Posteriormente, cada parte do material vegetal foi lavada em água e postas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 55° C, até atingir peso constante. Em seguida, foi determinada o peso de matéria seca e o material vegetal foi moído em moinho tipo willey e peneirados em malha 0,75 mm. Posteriormente foram determinados os teores de N, P e K no

material vegetal. O N foi extraído por digestão sulfúrica em bloco digestor, enquanto P e K foram extraídos por digestão nítrica-perclórica em bloco digestor. As determinações foram realizadas de acordo com a metodologia descrita pela EMBRAPA (2009).

O número total de perfilhos e a altura de parte aérea das plantas foram aferidas do topo para a base com auxílio de uma fita métrica por ocasião dos decêndios.

Para a determinação do índice de área foliar (IAF) foi realizado a análise destrutiva. As plantas foram cortadas rente ao solo, levadas ao laboratório para serem lavadas, separadas em folha, colmo e material morto e então pesadas. Em cada época de avaliação foram coletadas cinco amostras para realizar a determinação do IAF. As lâminas verdes foram lidas em um aparelho integrador de área foliar (LI-COR- 3000, Nebraska, EUA). Todo o material processado foi colocado em estufa para secagem a 55° C por 72 horas. A área foliar total foi estimada a partir da área foliar específica da alíquota e do peso total de lâminas.

2.4. Análises Estatísticas

Para análise dos dados, primeiramente, realizou-se o teste de Bartlett para avaliar a homogeneidade das variâncias e distribuição normal pelo teste de Shapiro Wilk; posteriormente, os dados foram submetidos a análise de variância (ANAVA, $p \leq 0,05$), com uso do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011). Como se considerou as épocas, em intervalos de dias, para verificação dos efeitos dos tratamentos sobre as variáveis respostas testou-se modelos de regressão linear e quadrática. Quando não foi obtido equações de regressão adequadas, estimou-se o erro padrão da média ($n = 5$).

3. Resultados e Discussão

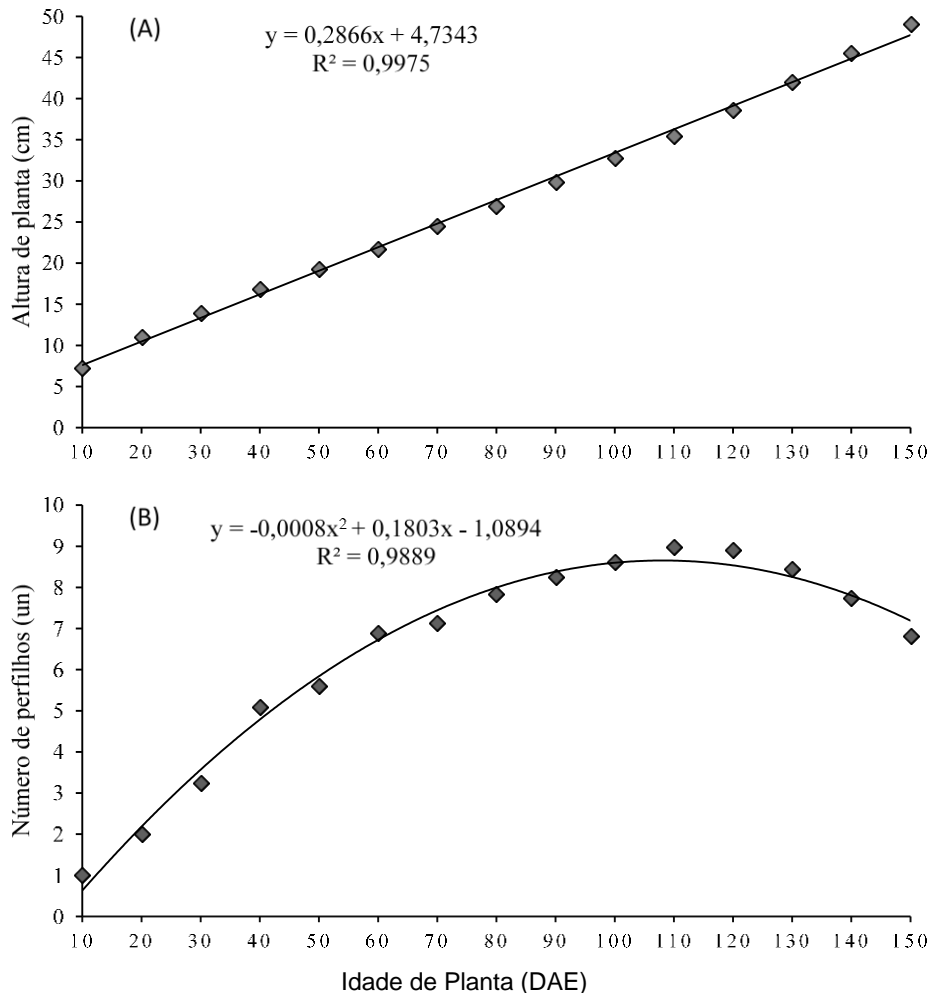
3.1. Altura, Perfilhamento, IAF e Matéria Seca

A Figura 2 apresenta os valores de altura e número de perfilhos das plantas de azevém em função da época de avaliação (entre 10 e 150 dias após emergência – DAE).

A altura das plantas aumentou linearmente de forma significativa ($p \leq 0,05$) ao longo do período de avaliação (Figura 2A). Aos 150 DAE a altura média das plantas foi de 51,06 cm. Por outro lado, o número de perfilhos se comportou de forma quadrática (Figura 2B). De acordo com a equação de regressão, o menor número de perfilhos estimado foi 0,63, obtido na

primeira avaliação (10 DAE), e o maior valor foi 9,07, obtido aos 113 DAE, reduzindo-se a partir desta data, apresentando valor de 7,96 aos 150 DAE.

Figura 2. Altura de planta (Figura 2A) e número de perfilhos (Figura 2B) em azevém cv. BARjumbo, em função da idade da planta.



Fonte: Autores (Guarapuava-PR, 2018).

Mittelmann *et al.* (2010), estudando a variabilidade de plantas de azevém, observaram que a altura média e o número de perfilhos aos 90 DAE foi 20,8 e 16,6 cm, respectivamente. Este resultado para altura média é inferior ao obtido neste trabalho, o qual constatou altura média de 28,96 cm. Contudo, o número de perfilhos foi superior na mesma idade.

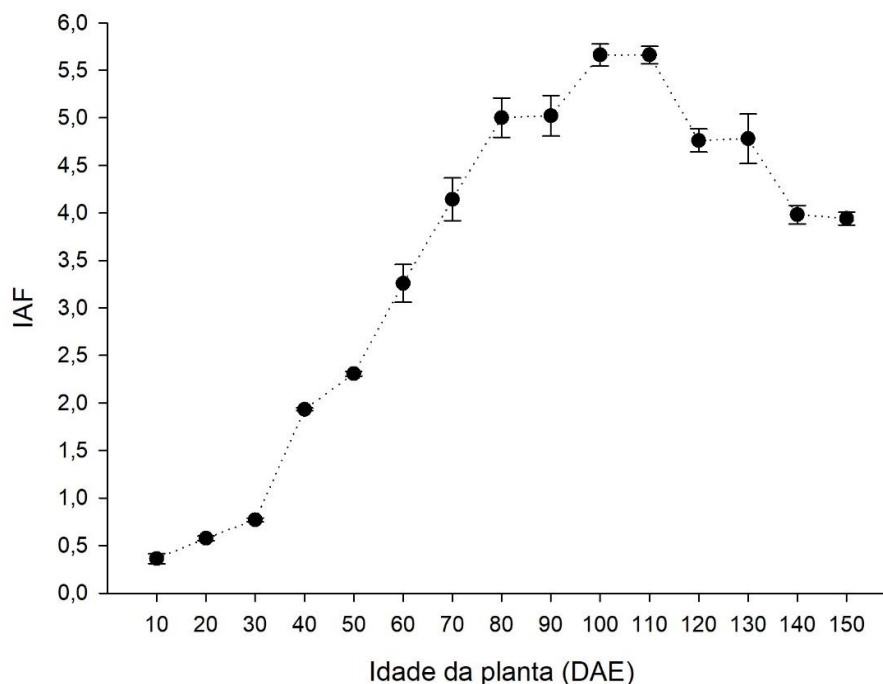
A redução no número de perfilho sem razão da maior altura da planta forrageira foi observado por Santos, Fonseca, Balbino, Monnerat e Silva (2009) e Santos *et al.* (2011) em trabalhos com braquiária. É provável que os perfilhos menores tenham sido sombreados pelos perfilhos de maior tamanho, ocasionando a morte dos primeiros sem função da competição

por luz. Ainda, neste caso, maior quantidade de assimilados é direcionada para o crescimento dos perfilhos já existentes, restringindo o desenvolvimento de novos perfilhos (Santos, Fonseca, Gomes, Balbino, & Magalhães, 2010).

Pellegrini *et al.* (2010) verificaram que, tanto na primeira quanto na segunda avaliação, o número de perfilhos foi maior em função da formação do aparato foliar, sendo que a produção de matéria seca de forragem não limitou a entrada de luz na base do dossel vegetativo nesses períodos. Constataram, ainda, que houve aumento no número de perfilhos coma adubação nitrogenada, de modo que, para cada 1 kg ha⁻¹ de N aplicado, 2,5 novos perfilhos foram observados na estrutura da forrageira.

A densidade populacional de perfilhos e o índice da área foliar (IAF) são características de suma importância, pois interferem na produção de forragem. O IAF foi afetado significativamente ao longo do período de avaliação, entre 10 e 150 DAE (Figura 3).

Figura 3. Índice de área foliar (IAF) em azevém cv. BARjumbo, em função da idade da planta, Guarapuava-PR, 2018. Barras representam o erro-padrão da média ($n = 5$).



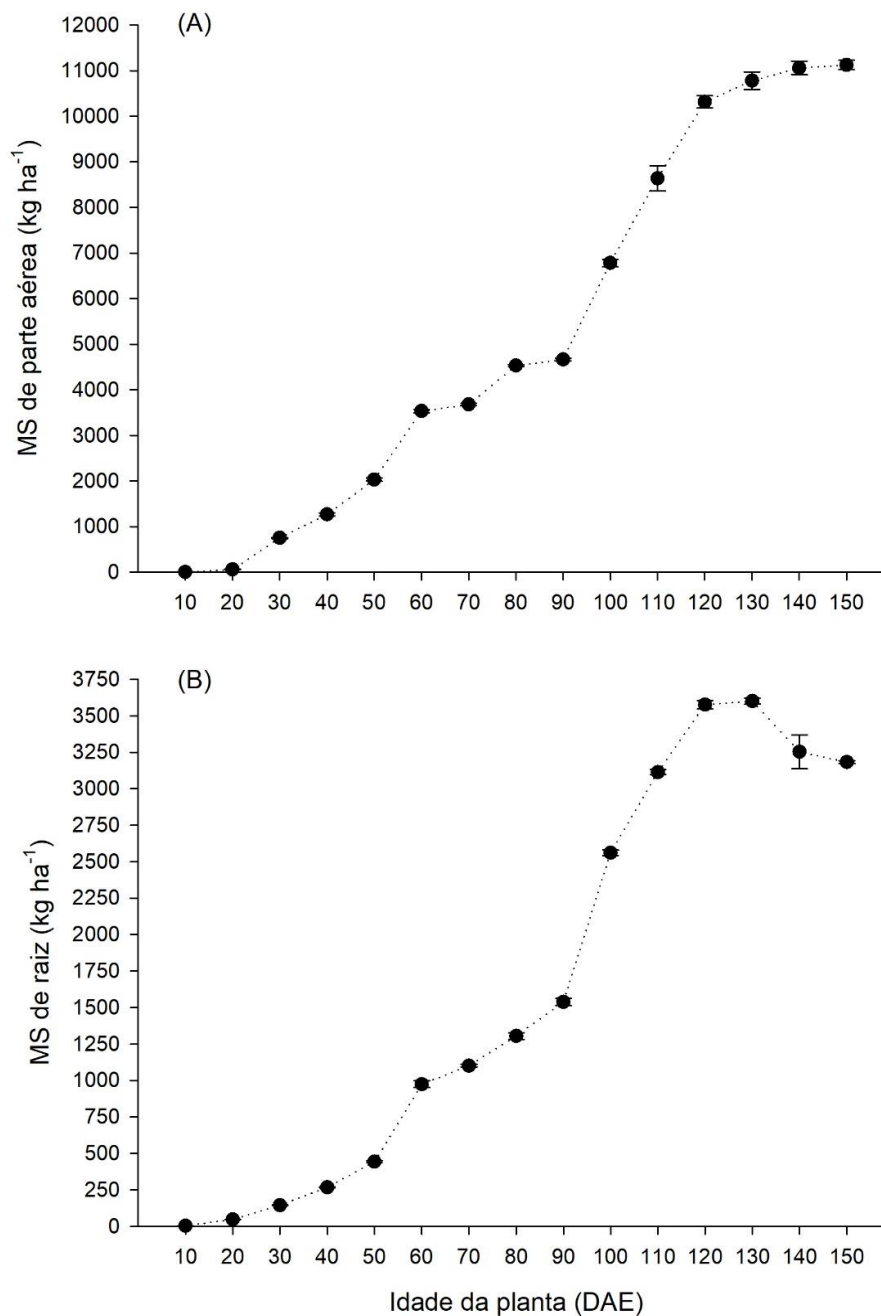
Fonte: Autores (Guarapuava-PR, 2018).

Houve incremento de forma leve nos estádios iniciais de desenvolvimento da planta até aos 30 DAE e, a partir desta idade, o IAF foi fortemente incrementado até aos 100 DAE. Entre 100 e 110 DAE o IAF foi estabilizado e, a partir desta idade, começou a diminuir até o período final de avaliação (150 DAE). Marchesan *et al.* (2016), estudando a produção de cultivares de azevém consorciada ou não com aveia, observaram IAF de 4,53 e 4,75

respectivamente para o azevém cv. BARjumbo cultivado sozinho e em consórcio e de 4,68 e 4,97 para o azevém comum em cultivo sozinho e consorciado, respectivamente, para obtenção de interceptação luminosa.

Houve efeito significativo das épocas de avaliação sobre a produção de matéria seca (MS) de parte aérea e de raiz (Figura 4).

Figura 4. Matéria seca (MS) de parte aérea (Figura 4A) e de raízes (Figura 4B) de azevém cv. BARjumbo em diferentes épocas. Barras representam o erro-padrão da média ($n = 5$).



Fonte: Autores (Guarapuava-PR, 2018).

Em geral a MS de parte aérea aumentou desde a data inicial até a data final de avaliação. As maiores taxas de incremento de MS de parte aérea foram verificadas entre 50 e 60 DAE e, especialmente, entre 90 e 120 DAE, e a partir desta época as taxas de incremento diminuíram consideravelmente (Figura 4A).

A máxima produção de MS de parte aérea foi de 11125,6 kg ha⁻¹ aos 150 DAE. Esse resultado é um pouco menor que aqueles obtidos por Matos, Pinto, Pereira e Barros (2005), os quais observaram uma produção média de MS de azevém comum de 12350 kg ha⁻¹. Porém, os resultados obtidos de MS de parte aérea neste trabalho são superiores aos apresentados por Farinatti *et al.* (2006) e Marchesan *et al.* (2016) que verificaram produção média de 7444 e 4491 kg ha⁻¹ para a mesma cultura, respectivamente.

A elevada produção de MS de parte aérea de azevém neste trabalho pode estar relacionada ao fato de o experimento ter sido conduzido em condições de casa de vegetação (sendo que foi feita a estimativa dos valores obtidos para kg ha⁻¹), reduzindo a possibilidade de perda de produção devido à fatores bióticos e abióticos, especialmente condições climáticas, e de ter sido realizada a adubação inicial com macro e micronutrientes e posteriormente as adubações de cobertura com N e K, proporcionando maior rendimento de MS.

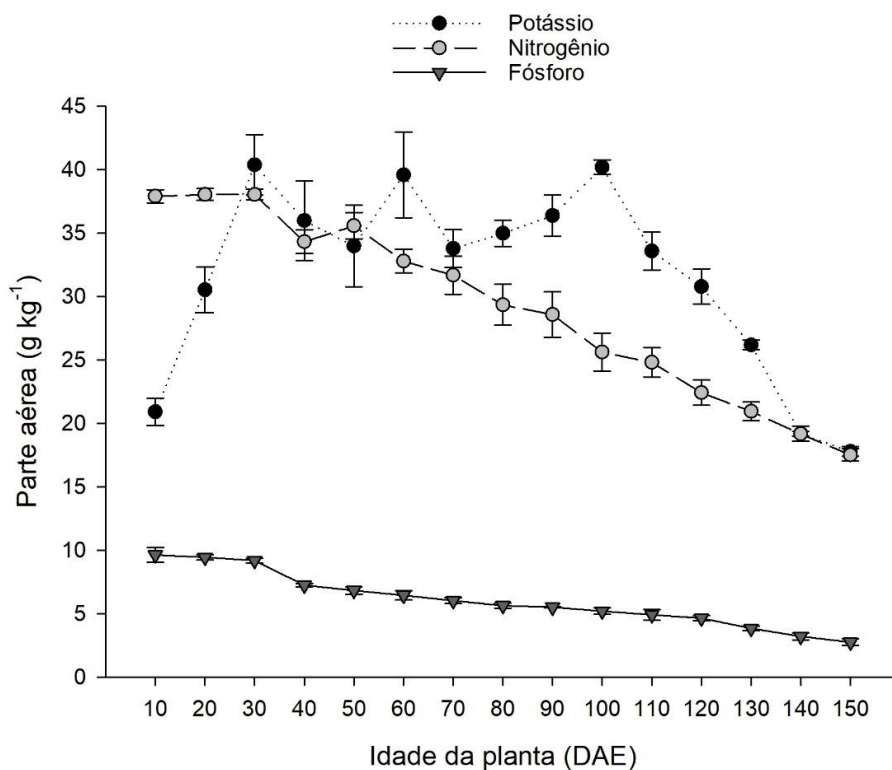
A produção de MS de raiz das plantas de azevém teve comportamento parecido com aquela observada para a MS de parte aérea, porém, para a MS de raiz, o máximo valor (3600,7 kg ha⁻¹) foi obtido aos 130 DAE, estabilizando-se a partir desta época (Figura 4B). Ressalta-se que neste trabalho as plantas foram cultivadas em vasos com 10 kg de solo, e o comportamento da produção de raízes em condições de campo pode ser diferente devido às modificações das condições edáficas.

A produção total de MS é resultado do somatório da produção inicial e dos acúmulos diários durante todo o período experimental. De modo geral, o crescimento das plantas forrageiras é influenciado pela parte aérea e pelo seu desenvolvimento radicular, pois estes processos interagem de forma que a assimilação de carbono na parte aérea é necessária para o crescimento do sistema radicular e a absorção radicular é imprescindível para o desenvolvimento da parte aérea. No início do ciclo do vegetal, o estabelecimento do sistema radicular bem desenvolvido é primordial para um bom aparato foliar, porém, com o passar do tempo as raízes entram em senescência e o acúmulo de MS tendem a diminuir, sendo que os nutrientes ficam mais concentrados na parte aérea da planta (Giacomini *et al.*, 2005). Dessa forma, a queda de produção de MS de raiz antes da MS de parte aérea foi esperada.

3.2. Teores de Nitrogênio, Fósforo e Potássio

O estado nutricional das plantas de azevém, avaliado por meio dos teores dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na MS de parte aérea, estão apresentados na Figura 5. Houve efeito significativo dos tratamentos (diferentes épocas de avaliação) sobre os teores de N, P e K na MS de parte área.

Figura 5. Teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na matéria seca (MS) de parte aérea em azevém cv. BARjumbo, em função da época da coleta. Barras representam o erro-padrão da média ($n = 5$).



Fonte: Autores (Guarapuava-PR, 2018).

Os teores de N e P na MS de parte aérea do azevém diminuíram conforme foi aumentando a idade da planta. Em 10 DAE, os teores de N e P foram 37,9 e 9,6 g kg⁻¹ respectivamente, e aos 150 DAE foram 17,5 e 2,8 g kg⁻¹ respectivamente. Os valores de teores de N até aos 100 DAE e de P até aos 130 DAE estiveram bem acima dos teores tidos como adequado (23,0 e 2,9 g kg⁻¹ de N e P, respectivamente) para uma produção média de 10 t ha⁻¹ de MS de azevém, segundo o NEPAR-SBCS (2019).

Esse decréscimo em teores de N e P conforme aumenta a idade da planta está relacionado ao aumento da MS produzida em relação à absorção desses nutrientes, dessa forma promovendo o “efeito de diluição”, ou seja, com o aumento da produção de biomassa o N e o P se redistribuem por toda a planta (Malavolta, Vitti, & Oliveira, 1997). Outro efeito que pode ter ocorrido para a diminuição dos níveis destes nutrientes na planta conforme aumenta a idade é a redistribuição dos mesmos de uma estrutura para outra, que passa a se comportar como dreno, fato que é observado para elementos móveis na planta, como o N e P.

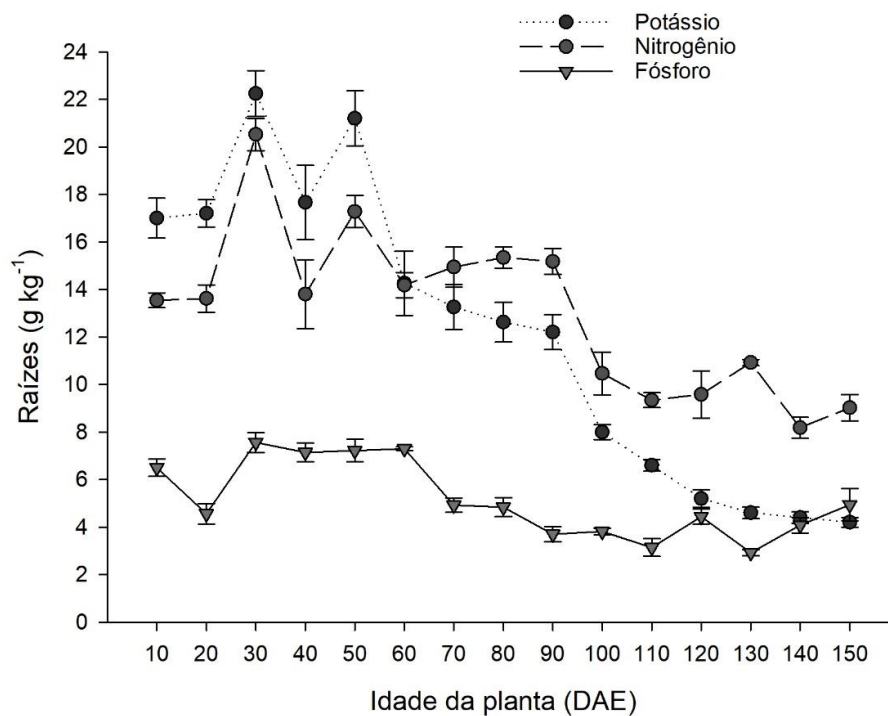
Quanto aos teores de K, o comportamento foi diferente em relação aos teores de N e P. Houve acréscimo em teor de K entre 10 até 30 DAE (com valores variando entre 20,9 até 40,4 g kg⁻¹), em sequência, houve estabilização dos valores até 100 DAE e, posteriormente, houve decréscimo dos valores até a data final de avaliação (150 DAE, apresentando valor de 17,8 g kg⁻¹).

Os teores de K encontrados na MS de parte aérea das plantas de azevém de 30 até 110 DAE podem ser considerados elevados, uma vez que os teores ótimos variam entre 28,1 a 27,4 g kg⁻¹, para uma produtividade de 10 a 12 t ha⁻¹ de MS, respectivamente (NEPAR-SBCS, 2019), ocorrendo assim, o consumo de luxo, o qual consiste no acúmulo do nutriente na biomassa, sem o correspondente aumento na produção de forragem. Matos *et al.* (2005), também, observaram consumo de luxo nas plantas de azevém e aveia, pois os valores médios de K na parte aérea foram de 44,1 e 40,1 g kg⁻¹, respectivamente. Isso ocorre porque as plantas, em geral, possuem mais de um mecanismo de absorção de K, inclusive para teores mais altos no solo; dessa forma, elas absorvem quantidade acima de sua necessidade metabólica, que é acumulada em organelas da célula vegetal, caracterizando o consumo de luxo (Gommers, Thiry, & Delvaux, 2005; Marschner, 2012).

Tomando-se como base os teores dos macronutrientes avaliados na MS de parte aérea, aos 10 e 20 DAE a ordem de teores foram N > K > P. A partir de 20 até 130 DAE, a ordem de teores foram K > N > P. Resultados com comportamento parecidos foram obtidos por Matos *et al.* (2005) para o azevém anual. Para o NEPAR-SBCS (2019), a ordem de teores de nutrientes considerados adequados na MS de parte aérea de azevém para uma produtividade média de 10 t ha⁻¹ é: K (28,1 g kg⁻¹) > N (23,0 g kg⁻¹) > P (2,9 g kg⁻¹). No período final das avaliações, a partir do 140º DAE, os teores de N e K na MS de parte aérea foram parecidos, com a seguinte ordem: K = N > P.

Houve efeito significativo dos tratamentos sobre os teores de N, P e K na MS de raiz (Figura 6).

Figura 6. Teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na matéria seca (MS) de raiz em azevém cv. BARjumbo, em função da época da coleta. Barras representam o erro-padrão da média ($n = 5$).



Fonte: Autores (Guarapuava-PR, 2018).

Os maiores teores de N e K na MS de raiz foram obtidos até aos 90 DAE, com forte decréscimo de valores a partir desta época até 120 DAE, que coincide com a maior taxa de acréscimo de MS de raiz (Figura 4B). Além disso, tal fato pode ser explicado em função da adubação de cobertura com N e K que foram realizadas nos períodos de 30, 60 e 90 DAE, resultando em maiores teores de N e K na MS de raiz até este período de avaliação. Em relação ao P, a variação de teores na MS de raiz foi pequena, sendo que os maiores valores foram observados nos estádios iniciais de desenvolvimento (entre 30 e 60 DAE) e os menores valores entre 70 a 130 DAE.

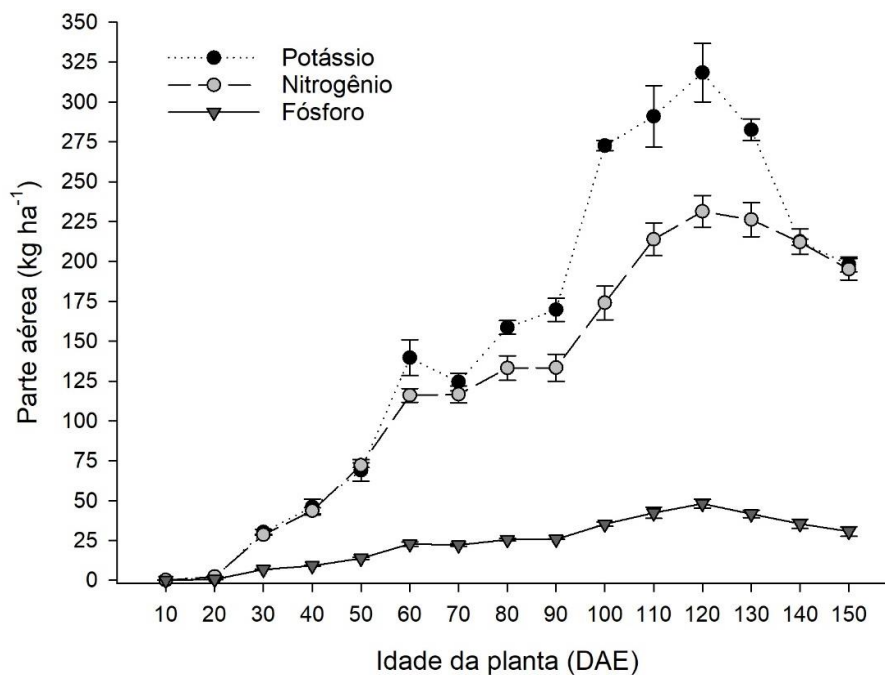
Dentre os três macronutrientes estudados, tanto na parte aérea quanto na raiz, o P foi o nutriente menos exigido pelas plantas de azevém cv. BARjumbo. Observa-se que os teores de P foram em média três vezes menores quando comparados com os teores obtidos para o N e K. Além disso, houve diminuição nos teores de P tanto na MS de parte aérea quanto na MS de raiz com a idade da planta. De acordo com Santos, Fonseca, Cantarutti, Alvarez, & Júnior (2002) o P desempenha função importante no crescimento do sistema radicular e no

perfilhamento das poáceas, que são fundamentais à maior produtividade das forrageiras, sendo exigido em maiores quantidades no início do desenvolvimento da planta.

3.3. Acúmulos de Nitrogênio, Fósforo e Potássio

A dinâmica do acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas de azevém, verificada pelo produto entre os teores e o rendimento de MS de parte aérea, está apresentada na Figura 7.

Figura 7. Acúmulos de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na matéria seca (MS) de parte aérea em azevém cv. BARjumbo, em função da idade da planta. Barras representam o erro-padrão da média ($n = 5$).



Fonte: Autores (Guarapuava-PR, 2018).

Em geral houve acréscimos de acúmulo de N, P e K na parte aérea das plantas de azevém desde a primeira data de avaliação (10 DAE) até aos 120 DAE, reduzindo os valores a partir desta data até a última data de avaliação (150 DAE). Os acúmulos foram menores aos 10 DAE (0,25, 0,07 e 0,14 kg ha⁻¹ para N, P e K, respectivamente) e atingiram o máximo valor aos 120 DAE (221,35, 43,99 e 300,32 kg ha⁻¹ para N, P e K, respectivamente).

Observa-se forte taxa de incrementos desses três macronutrientes na parte aérea do azevém em dois períodos distintos: entre 20 a 60 DAE e entre 90 a 120 DAE, sendo que estes

períodos coincidem com as épocas de maior taxa de incremento de MS de parte área (Figura 4A). A partir de 120 DAE, observou-se que a produção de MS de parte aérea ainda continuou aumentando (embora com menores taxas de incremento, Figura 4A), porém, os acúmulos de N, P e K começaram a declinar, concluindo que esta diminuição em acúmulos de nutrientes foi resultado do forte decréscimo de absorção pelas raízes das plantas a partir de 120 DAE.

Aos 150 DAE (última data de avaliação), o acúmulo de K foi de 212,03 kg ha⁻¹. Matos *et al.* (2005), estudando o acúmulo de NPK na MS de plantas forrageiras verificaram que o acúmulo de K foi de 421,67, 282,07 e 227,34 kg ha⁻¹, respectivamente para as culturas do azevém, milho e aveia. Cavalcante, Castoldi, Rodrigues, Nogueira, & Albert (2018) observaram que o K acumulado na biomassa de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) foi de 447 kg ha⁻¹. Estes resultados são superiores aos encontrados neste experimento.

Para o N, o azevém acumulou no total 200,04 kg ha⁻¹, aos 150 DAE. Silva *et al.* (2015), ao avaliar o acúmulo de nutrientes e a produção de biomassa de aveia + azevém em função da aplicação de calcário e gesso, constataram acúmulo de 140 kg ha⁻¹ de N na massa da forragem, este menor valor, comparado aos resultados deste estudo, ocorreu devido à aveia acumular menor quantidade de N que o azevém (Matos *et al.*, 2005) e pela menor produtividade das forrageiras.

O acúmulo de P aos 150 DAE foi 38,7 kg ha⁻¹, bem menor que os valores de acúmulo observados para o N e K. Matos *et al.* (2005) observaram comportamento semelhante para as culturas do azevém, milho e aveia. O início do ciclo das espécies forrageira os teores de P são maiores, contudo, na senescência das folhas mais velhas, os teores de P diminuí, influenciando na distribuição do P das folhas mais velhas para outros órgãos da planta. Shan, Song, Zhang e Ren (2018) ressaltam que menor acúmulo de P proporciona menores concentrações de lignina na parede celular das poáceas, característica favorável para o aumento da produção de biomassas das forrageiras de melhor qualidade nutricional.

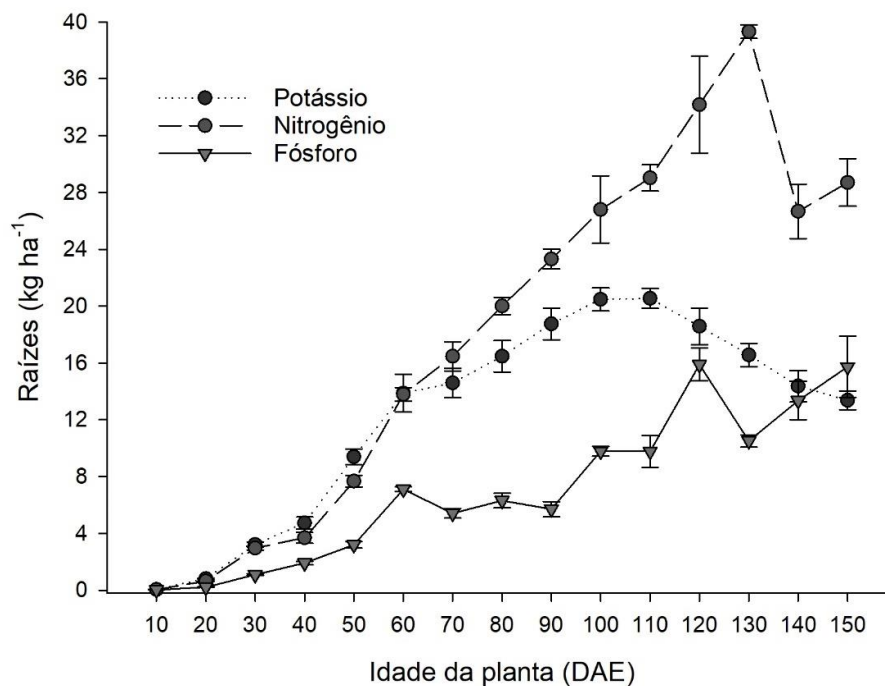
Em geral, os resultados de acúmulos de N, P e K deste trabalho são inferiores aos observados por Matos *et al.* (2005) para o azevém anual, todavia são superiores aos de Assmann *et al.* (2009), no mesmo período de avaliação para as doses de 20 e 40 kg ha⁻¹ de esterco líquido de suínos, e por Silva *et al.* (2015) para o azevém + aveia para todas as doses de gesso agrícola e calcário avaliadas pelos autores.

Entre 20 e 50 DAE, a ordem de acúmulo de nutrientes na parte aérea foi $K \approx N > P$. A partir de 50 até 130 DAE o acúmulo de K passou a ser maior que o de N, alterando a ordem para $K > N > P$. Nos últimos decêndios (140 e 150 DAE) o acúmulo de K e N passaram a ser próximos novamente. Na literatura tem se verificado, de modo geral, que o azevém anual

tende a acumular maiores quantidades de N (Matos *et al.*, 2005; Assmann *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2015), seguidos do K e P (Matos *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2015) ou P e K (Assmann *et al.*, 2009). Contudo, Boer *et al.* (2007), estudando a marcha de absorção de nutrientes em milho (*Pennisetum americanum*), e Borin, Lana e Pereira (2010) em estudos de marcha de absorção de nutrientes em milho doce (*Zea mays* L. grupo saccharata), observaram que a ordem de acúmulo nessas culturas foi de $K > N > P$, corroborando com os resultados do presente estudo.

Os acúmulos dos macronutrientes na raiz aumentaram com a idade da planta até atingir o máximo valor aos 110 DAE para o K (20,54 kg ha⁻¹), 140 DAE para o P (15,72 kg ha⁻¹) e 130 DAE para o N (34,31 kg ha⁻¹) (Figura 8), estando essas épocas próximas da época observada para a maior produção de MS de raiz (120 DAE, Figura 4B).

Figura 8. Acúmulos de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na matéria seca (MS) de raízes em azevém cv. BARjumbo, em função da idade da planta. Barras representam o erro-padrão da média ($n = 5$).



Fonte: Autores (Guarapuava-PR, 2018).

Os valores de acúmulos de N, P e K na decêndios raiz são menores quando comparados aos valores de acúmulos da parte aérea. Em linhas gerais, a parte aérea acumula maior quantidade de nutrientes do que a raiz. Entretanto, na raiz existe menor diferença de valores entre os acúmulos de P e K, sendo que os valores são próximos a partir de 120 DAE.

Para a MS de raiz, a ordem de acúmulo foi $N > K > P$, diferenciando da MS de parte aérea que teve maior acúmulo de K em relação ao N.

Observa-se neste trabalho que há forte relação entre o período de maior taxa de incremento de MS e acúmulo de N, P e K na biomassa de plantas de azevém cv. BARjumbo, mostrando que nos estádios de maior taxa de produção de biomassa coincide com a maior demanda de nutrientes do solo pela cultura, sendo que este fato deve ser considerado durante o manejo da cultura no campo para obtenção de maior eficiência das adubações.

4. Considerações Finais

A altura das plantas aumentou linearmente ao longo do período de avaliação, enquanto que para o número de perfilhos, o maior valor obtido foi aos 110 DAE.

O índice de área foliar (IAF) foi fortemente incrementado entre 30 e 100 DAE.

A produção de matéria seca (MS) de parte aérea foi incrementada durante todos os decêndios avaliados (entre 10 e 150 DAE). As maiores taxas de incremento em MS ocorreram entre 50 e 60 DAE.

Os teores de N e P na MS de parte aérea diminuíram conforme a idade da planta. Para o teor de K, os valores começaram a diminuir apenas a partir de 100 DAE.

Houve acréscimos em acúmulos de N, P e K na parte aérea até aos 120 DAE. A partir desta data, os valores começaram a diminuir até o final das avaliações (150 DAE). As épocas de maiores taxas de incrementos de acúmulos de nutrientes na parte aérea coincidiram com as épocas de maior taxa de incremento de MS. A ordem decrescente de acúmulo de nutrientes na parte aérea foi $K > N > P$, enquanto que na raiz a ordem de acúmulo foi $N > K > P$.

As épocas que responderam melhor a adubação foram entre 50 e 60 dias após a semeadura.

Recomenda-se futuros estudos a nível de campo abordando a marcha de absorção com macronutrientes e micronutrientes em diversas cultivares de *Lolium multiflorum* Lam.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES – Código de Financiamento 001.

Referências

- Assmann, J. M., Braidá, J. A., Cassol, L. C., Magiero, E. C., Manteli, C., & Griz, E. (2009). Produção de matéria seca de forragem e acúmulo de nutrientes em pastagem anual de inverno tratada com esterco líquido de suínos. *Ciência Rural*, 39(8), 2408-2416.
- Boer, C. A., Assis, R. L. D., Silva, G. P., Braz, A. J. B. P., Barroso, A. L. D. L., Cargnelutti Filho, A., & Pires, F. R. (2007). Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42(9), 1269-1276.
- Borin, A. L. D. C., Lana, R. M. Q., & Pereira, H. S. (2010). Absorção, acúmulo e exportação de macronutrientes no milho doce cultivado em condições de campo. *Ciência e Agrotecnologia*, 34(SPE), 1591-1597.
- Cavalcante, T. J., Castoldi, G., Rodrigues, C. R., Nogueira, M. M., & Albert, A. M. (2018). Macro and micronutrients uptake in biomass sorghum. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 48(4), 364-373.
- Echer, F. R., Dominato, J. C., & Creste, J. E. (2009). Absorção de nutrientes e distribuição da massa fresca e seca entre órgãos de batata-doce. *Horticultura brasileira*, 27(2), 176-182.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2006). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. (2a ed.), Brasília: Embrapa Produção de Informação.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2009). *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Brasília: Embrapa informação tecnológica.
- Farinatti, L. H. E., Rocha, M. G. D., Poli, C. H. E. C., Pires, C. C., Potter, L., & Silva, J. H. S. D. (2006). Desempenho de ovinos recebendo suplementos ou mantidos exclusivamente em pastagem de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(2), 527-534.

Ferrazza, J. M., Soares, A. B., Martin, T. N., Assmann, A. L., Migliorini, F., & Nicola, V. (2013). Dinâmica de produção de forragem de gramíneas anuais de inverno em diferentes épocas de semeadura. *Ciência Rural*, 43(7), 1174-1181.

Ferreira, D. F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e agrotecnologia*, 35(6), 1039-1042.

Fontaneli, R. S., Fontaneli, R. S., & dos Santos, H. P. (2012). Gramíneas Forrageiras Perenes de Inverno. *Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na Região Sul-Brasileira*, 2, 219-227.

Giacomini, A. A., Mattos, W. T. D., Mattos, H. B. D., Werner, J. C., Cunha, E. A. D., & Carvalho, D. D. D. (2005). Crescimento de raízes dos capins Aruana e Tanzânia submetidos a duas doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(4), 1109-1120.

Gommers, A., Thiry, Y., & Delvaux, B. (2005). Rhizospheric mobilization and plant uptake of radiocesium from weathered micas: I. Influence of potassium depletion. *Journal of environmental quality*, 34(6), 2167-2173.

Malavolta, E., Vitti, G. C., & Oliveira, S. A. (1997). *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. (2a ed.), Piracicaba: Pofatos.

Marchesan, R., Paris, W., de Menezes, L. F. G., Tonion, R., Martinello, C., de Oliveira, O. N., & Hoppen, S. M. (2016). Italian ryegrass cultivars production associated or not with oat black under two post-grazing residues. *Semina: Ciências Agrárias*, 37(4Sup1), 2291-2300.

Marschner, H. (2012). *Mineral nutrition of higher plants*. (2a ed.) San Diego: Academic Press.

Matos, A. T., Pinto, A. B., Pereira, O. G., & Barros, F. M. (2005). Extração de nutrientes por forrageiras cultivadas com água residuária do beneficiamento de frutos do cafeeiro/nutrient uptake by forage species cropped in ramps for treatment of the wastewater from pulping of coffee fruits. *Ceres*, 52(303), 675-688.

Mittelman, A., Montardo, D. P., Castro, C. M., Nunes, C. D. M., Buchweitz, E. D., & Corrêa, B. O. (2010). Caracterização agrônômica de populações locais de azevém na Região Sul do Brasil. *Ciência Rural*, 40(12), 2527-2533.

NEPAR-SBCS - Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (2017). Manual de Adubação e Calagem Para o Estado do Paraná. Curitiba, Núcleo Estadual Paranaense da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

NEPAR-SBCS - Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (2019). Manual de Adubação e Calagem Para o Estado do Paraná. (2a ed.) Curitiba, Núcleo Estadual Paranaense da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

Oliveira, L. V., Ferreira, O. G. L., Coelho, R. A. T., Farias, P. P., & Silveira, R. F. (2014). Características produtivas e morfofisiológicas de cultivares de azevém. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 44(2), 191-197.

Pellegrini, L. G. D., Monteiro, A. L. G., Neumann, M., Moraes, A. D., Pellegrin, A. C. R. S. D., & Lustosa, S. B. C. (2010). Produção e qualidade de azevém-anual submetido a adubação nitrogenada sob pastejo por cordeiros. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(9), 1894-1904.

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. Santa Maria, RS: UFSM, NTE. Recuperado de <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/15824>

Ramos, A. R. (2017). Produção de matéria seca e qualidade bromatológica de genótipos de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) sob pastejo de bovinos de leite. 2017. 57 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Estadual de Santa Catarina, Chapecó.

Santos, H. Q., Fonseca, D. M., Cantarutti, R. B., Alvarez, V. H., & Júnior, D. N. (2002). Níveis críticos de fósforo no solo e na planta para gramíneas forrageiras tropicais, em diferentes idades. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26(1), 173-182.

Santos, M. E. R., Fonseca, D. M., Balbino, E. M., Monnerat, J. P. I. S., & Silva, S. P. (2009). Caracterização dos perfilhos em pastos de capim-braquiária diferidos e adubados com nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(4), 643-649.

Santos, M. E. R., Da Fonseca, D. M., Gomes, V. M., Balbino, E. M., & Magalhães, M. A. (2010). Estrutura do capim-braquiária durante o diferimento da pastagem. *Acta Scientiarum: Animal Sciences*, 32(2), 139-145.

Santos, M. E. R., Fonseca, D. M. D., Pimentel, R. M., Silva, G. P., Gomes, V. M., & Silva, S. P. D. (2011). Número e peso de perfilhos no pasto de capim-braquiária sob lotação contínua. *Acta Scientiarum: Animal Sciences*, 33(2), 131-136.

Shan, L., Song, C., Zhang, X., & Ren, J. (2018). Effects of long-term nitrogen and phosphorus addition on plant defence compounds in a freshwater wetland. *Ecological Indicators*, 94, 1-6.

Silva, M. R., Pelissari, A., Moraes, A. D., Sandini, I. E., Cassol, L. C., Assmann, T. S., & Oliveira, E. B. (2015). Acumulação de nutrientes e produção forrageira de aveia e azevém em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. *Revista de Ciências Agrárias*, 38(3), 346-356.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Celina de Fátima Tullio Dominico – 34%

Sebastião Brasil Campos Lustosa – 33%

Fabricio William de Ávila – 33%