



O raigrás italiano é a gramínea pratense con maior presenza nas explotacións leiteiras do norte de España

Avaliación da resposta na produción de biomasa do raigrás italiano á fertilización fosfórica

Neste artigo presentamos os resultados do noso estudo, cuxo obxectivo foi a avaliación da resposta da produción de biomasa á fertilización fosfórica e, coa información obtida, contribuír á creación dun submodelo P para o compoñente vexetal no CROPGRO-PFM dentro do DSSAT.

J.A. Oliveira¹, M.J. Rozados², E. Afif³, P. Palencia¹

¹Área de Producción Vexetal, Departamento de Bioloxía de Organismos e Sistemas, Universidade de Oviedo (Asturias)

²Centro de Investigación Forestal de Lourizán, Agacal (Xunta de Galicia)

³Área de Enxeñaría Agroforestal, Departamento de Bioloxía de Organismos e Sistemas, Universidade de Oviedo (Asturias)

INTRODUCCIÓN

A produción de forraxe e as características da vexetación son moi sensibles ás condicións ambientais como a choiva, a temperatura do aire e a radiación solar incidente (Taiz e Zeiger, 2002). Os aspectos da xestión dos pastos, como a cantidade de fertilizante aplicada (Woodard e Sollenberger, 2011), e o manexo da recolección

coa frecuencia e intensidade da defoliación (Pedreira *et al.*, 1999) xogan un papel importante na morfoloxía, composición química e produción de forraxe.

O raigrás italiano é a gramínea pratense con maior presenza nas explotacións leiteiras do norte de España, tanto en monocultivo como en mesturas con outras especies. Flores-Calvete *et al.* (2017) indican que a porcentaxe

de explotacións leiteiras que cultivan raigrás italiano e inglés ascende, respectivamente, ao 54,4 % e o 48 % para o conxunto da zona norte, mentres que esta proporción en Galicia se incrementa ata o 62,1 % e o 55,7 % respectivamente.

Os modelos de simulación de cultivos poden axudar a decidir o mellor manexo agronómico para un determinado xenotipo nun determinado ambiente.



► A CANTIDADE ÓPTIMA DE P APLICADO PARA A FERTILIZACIÓN DO RAIGRÁS ITALIANO, TENDO EN CONTA A PRODUCCIÓN DE BIOMASA SECA TOTAL SERÍA DE 40 KG P HA⁻¹ (=92 KG P₂O₅ HA⁻¹)

O modelo CROPGRO-Perennial Forage (CROPGRO-PFM) é unha versión modificada do modelo CROPGRO (Boote *et al.*, 1998), incluído no paquete informático do Sistema de Apoio ás Decisións para a Transferencia de Agrotecnoloxía (DSSAT) [Hooenboom *et al.*, 2019].

A pesar da importancia dos raigrases para a alimentación do gando en todo o mundo, non se inclúe no DSSAT un modelo de simulación de crecemento e desenvolvemento destes, polo que Oliveira *et al.* (2020) realizaron unha primeira versión de traballo do devandito modelo co fin de simular o crecemento e desenvolvemento destas especies en Galicia.

O fósforo (P) está considerado o nutriente do solo máis importante despois do nitróxeno (N) para o crecemento e desenvolvemento das plantas, xa que xoga un papel relevante na súa estrutura e na transformación da enerxía. Tamén foi recoñecido como un contaminante potencial das augas (Anderson, 1980).

Aínda que o raigrás italiano responde ao fertilizante nitróxeno segundo Piñeiro e Pérez (1978), esta resposta pode estar limitada polo P, como se demostrou noutros pastos (Malhi *et al.*, 2004; Schils e Snijders, 2004). Isto é particularmente certo nos solos con baixo contido de P, como os que se dan en gran parte do norte de España (Tóth *et al.*, 2013). O CROPGRO-PFM non inclúe un submodelo do P para o compoñente vexetal e, por tanto, o efecto deste nutriente non se considera nas simulacións (suponse que o P non é limitante). Debido a que as follas constitúen a parte máis nutritiva e dixestible das plantas (Díaz Barcos e Callejo Ramos, 2004) débense considerar as concentracións de P nas follas e nos talos de maneira independente na configuración do submodelo do P.

A área foliar é un bo indicador da capacidade dun cultivo para interceptar a radiación fotosinteticamente activa (Villalobos *et al.*, 2017). Cando non hai limitacións de fertilidade e auga no solo para o crecemento dun cultivo, a súa produción correlaciónase positivamente coa radiación fotosintética absorbida por este (Russell *et al.*, 1989). ►►

¡Abre bien los ojos!



No todos los fertilizantes nitrogenados son iguales.

Numerosos estudios de I+D han demostrado que la menor pérdida de nitrógeno se consigue con la aportación de un **equilibrio perfecto** en **nitrógeno** y **magnesio** lo que se traduce en mayor proteína y cantidad de forraje.

Fertimón ha conseguido con **NITROFERTIMÓN**, ese equilibrio a un nivel que no aporta ningún otro fertilizante.



Parque Empresarial Vilanova I
36614 Baion - Vilanova de Arousa (Pontevedra)
Tf. 986 51 60 30 - soaga@soaga.com
www.soaga.com

Como é custoso aplicar fertilizantes inorgánicos de P, é importante que se comprendan os factores que afectan á dispoñibilidade de P de fontes inorgánicas e orgánicas en diversos sistemas de cultivo e condicións climáticas, de modo que os resultados poidan extrapolarse dunha rexión a outra. O contido total de P do solo (formas inorgánicas e orgánicas) adoita dividirse en diferentes grupos (soluble, lábil ou intercambiable, non lábil ou insoluble) para facilitar a modelización do equilibrio do fósforo do solo (Heng, 2000).

O P dispoñible é a cantidade de P nos solos que se pode absorber polas raíces das plantas. É un parámetro cuantitativo e está influenciado polas condicións existentes nun momento particular e pola capacidade da planta para absorber P da solución do chan (Raven e Hossner, 1993; Holford, 1997).

As análises de P no solo máis usados son extraccións químicas que utilizan reactivos para extraer o P do solo, pero non representan todo o fósforo dispoñible para as plantas (Recena *et al.*, 2015).

MATERIAIS E MÉTODOS

O ensaio realizouse na finca Casero en Candás (43° 35' 03,95" N, 5° 46' 56,32" O, altitude 80 m, Asturias, España) nun clima temperado marítimo. A área do estudo inclúese na ecorrexión eurosiberiana, provincia atlántica europea do norte de España, subprovincia fitoxeográfica cántabro-atlántica. Bioclimaticamente presenta un termotipo (temperaturas) termocolino (zona litoral) e un ombrotipo (precipitacións) de tipo húmido inferior (900⁻¹150 l m⁻²) [Díaz González e Fernández Prieto, 1994].

A parcela onde se implantou o ensaio estivo destinada os últimos anos a prado para a produción de forraxe.

Realizouse un estudo do perfil do solo antes da sementeira, determinando que o solo pertence á orde Inceptisol (solo pardo ácido Cambisol dístrico), suborde Udepts, grupo: Typic Dystrudepts (USDA-Soil Taxonomy, 1999).

As análises de solo realizáronse no Laboratorio de Análise Agroalimentaria do Instituto Nevaros de Empresarios Agrarios (INEA, Valladolid) segundo métodos oficiais de análises (MAPA, 1994).

Os labores que se deron antes da sementeira dos ensaios en 2019 e 2020 foron os seguintes: aplicación de her-

bicida total Roundup ultra plus (36 % glifosato, sal potásico P/V, dose 2 l ha⁻¹ de produto comercial). Unha vez morta a vexetación do prado, deuse un pase de rotovator. Aplicación de 2.500 kg ha⁻¹ de calcaria (Agrocarb 100 de Asturiana de Calcitas co 57 % CAO) e de 200 kg de K₂O ha⁻¹ en forma de sulfato potásico (52 % K₂O). Pase de rotovator. Aplicación de superfosfato de cal (18 % P₂O₅ e 25 % CAO) ás cinco doses do ensaio e posterior pase de rotovator para enterrar o fertilizante fosfórico.

O deseño experimental foi o de bloques completos ao azar con catro repeticións e cinco niveis de P (0, 20, 40, 60 e 80 kg P ha⁻¹). O *Lolium multiflorum* bianual 4x Barmultra II (Semillas Clemente) sementouse a unha dose de 40 kg semente ha⁻¹, en parcelas de 5 m x 2 m (10 m²). A parcela sementada en 2019 foi diferente da parcela sementada en 2020. Tras a sementeira deuse un pase manual de anciño para tapar a semente. Aplicáronse 140 kg N ha⁻¹ano⁻¹, 70 kg N ha⁻¹ un mes antes do primeiro corte, 70 kg N ha⁻¹ despois do primeiro corte.

Determinacións

Durante o ensaio (outubro-abril) realizáronse dous cortes de biomasa nas seguintes datas:

Corte 1: 20/2/2020 e 6/3/2021 en estado vexetativo e corte 2: 23/4/2020 e 18/4/2021 en estado inicio de espigado.

Só se deron dous cortes cada ano en cada parcela, pois despois do cultivo do raigrás italiano, na parcela sementouse millo forraxeiro no mes de maio.

Antes de cada corte determinouse o índice de área foliar (IAF=LAI, m² m⁻²) utilizando un analizador da cuberta vexetal LI-COR® LAI 2000. Cada medición obtívose realizando unha secuencia de dúas lecturas por encima e catro por baixo (unha en cada esquina da parcela, é dicir, en 4 puntos da parcela) nun día anubrado. Utilizouse unha máscara opaca cunha abertura de 45-90° axustada á lente do ollo de peixe para reducir a influencia do operador e das parcelas adxacentes.

Tamén antes de cada corte determinouse a radiación fotosinteticamente activa (PAR) interceptada mediante un sensor cuántico de Liña Li⁻¹91SA de 1 m de lonxitude. Unha

▶ Á DOSE DE 40 KG P HA⁻¹ APLICADO, A EFICIENCIA DA RECUPERACIÓN DO P (%) FOI DO 11%, O QUE POSIBLEMENTE INCREMENTARÁ O NIVEL DE P NO SOLO CO TEMPO

medida por parcela en diagonal por encima e outra por baixo da cuberta vexetal (micromol m⁻² s⁻¹) ás 12:00 h (hora solar) en fronte do sol.

Cos valores das medidas PAR encima e debaixo da cuberta vexetal determinouse a fracción de radiación fotosinteticamente activa interceptada (FIPAR) coa fórmula seguinte: FIPAR = (PAR encima-PAR debaixo)/PAR encima.

Despois do primeiro corte (catro días despois do corte) determinouse tamén o IAF e o PAR nas parcelas enriba da cuberta vexetal e a rentes do solo, co fin de ver a influencia do restrolo que quedou tras o primeiro corte no posterior rebrote.

Antes do corte da biomasa nas parcelas mediuse a altura en catro puntos da parcela cun metro de carpinteiro. A altura en cada un dos puntos foi a altura máxima ▶▶

LOS PRODUCTOS GALICAL FAVORECEN EL RENDIMIENTO DE LA PRADERA

La acidez de los suelos gallegos es una de las limitaciones para el crecimiento de nuestros cultivos (maíz, hierba, etc.). Para reducir el efecto limitante del pH y controlar el aluminio hay que aplicar enmiendas calizas o magnésicas en las tierras de cultivo.

TIPOS DE ENMIENDA

Cal viva (90 % CaO)

Cal viva dolomítica (60 % CaO + 35 % MgO)

La cal viva es el producto resultante de calcinar en un horno caliza o caliza dolomítica. Se caracteriza por su alto contenido en calcio y magnesio, ya que más del 90 % está en forma de óxido. Ambos son materiales muy solubles, por eso se pueden aplicar en granulometrías carentes de polvo. Alto índice de neutralización entre 90 y 100 %. La acción sobre el terreno es inmediata.

Cal apagada (65 % CaO)

Cal apagada + dolomía (53 % CaO / 23 % MgO)

La cal apagada es el resultado de mezclar cal viva con agua. Conserva todas las propiedades de las calizas vivas y actúa también rápidamente sobre el terreno. Su valor de neutralización es alto (80 %). Tanto la cal viva como la cal apagada son fundamentales para un encalado de corrección.

Calizas

Calizas dolomíticas

Son materiales que resultan de moler finamente las calizas. Contienen bajos porcentajes de calcio y de magnesio.



Caliza (entre 50 y 56 % CaO)

Caliza dolomítica (30-40 % CaO y 17-20 % MgO)

Se caracterizan por ser materiales poco solubles. Si la molienda que reciben no está por debajo de 0,125 mm son productos de actuación lenta y corren el riesgo de que la lluvia provoque pérdidas de la enmienda. Tienen un valor neutralizante medio de entre el 50 y el 60 %. Se utilizan más bien para encalados de mantenimiento una vez que el pH ya se aproxima a niveles óptimos.

**EXTENDIDO
REGULADO
POR GPS**



La aplicación sobre el terreno controlada por GPS nos permite el ahorro de los productos y la optimización de los costes. Con esta nueva herramienta podremos calcular de forma precisa la cantidad que vamos a aplicar en nuestra finca y con su regulación podremos asegurar que echamos exactamente el producto deseado.

GALICAL SL
CALES Y DOLOMIAS AGRÍCOLAS



R/ Gallastegui Unamuno.
Vial G - N.º 7
Polígono Industrial As Gándaras
27003 Lugo

Fax 982 22.14.08
E-mail: info@galical.es
Web: www.galical.es

da follaxe no punto de contacto co metro de carpinteiro. As parcelas cultiváronse cortando cunha moto-segadora cun peite de 1 m de ancho. A produción determinouse sobre unha superficie de 4 m x 1 m (4 m²), centrada nos eixes de cada parcela, co fin de evitar os efectos de bordo que puidesen afectar á produción. As producións de forraxe cortáronse a unha altura aproximada de 5 cm do solo.

A produción de biomasa en cada parcela pesouse no campo e unha submostra de 200 gramos en cada repetición e tratamento levou ao Laboratorio de Produción Vexetal da Universidade de Oviedo. No laboratorio realizouse a separación da mostra en folla viva, talo vivo (vaña + talo) e material morto.

O peso seco total das diferentes fraccións determinouse despois de secalas nunha estufa de circulación de aire forzado a 70 °C durante 48 horas.

A produción de materia seca nos diferentes compoñentes de cada mostra calculouse a partir dos pesos secos das submostras e posteriormente estimouse a produción de materia seca do total da mostra. As mostras secas de follas e talos móronse e fixéronse pasar por un baruto de 1 mm.

A concentración de P (g kg⁻¹) realizouse nas mostras de follas e talos (80 mostras obtidas en 2 cortes por ano) de maneira independente mediante colorimetría (PerkinElmer® LambdaTM 35 UV/VIS Espectrofotómetro, Shelton, CT, EE. UU.) tras combustión nunha mufla a 450 °C durante 4 horas, e disolución das cinzas con 6 N HCl no Laboratorio de Enxeñería Agroforestal da Universidade de Oviedo.

O P extraído na forraxe (kg P ha⁻¹) calculouse mediante o produto do kg MS ha⁻¹ e a concentración de P en g kg⁻¹ (sobre materia seca = sms).

Estimouse a eficiencia na recuperación do fósforo (%) (eficiencia de absorción do P pola planta) mediante a seguinte ecuación: % eficiencia recuperación P = (P extraído en plantas fertilizadas - P extraído en plantas sen fertilización/P aplicado) x 100.

Realizouse unha análise de varianza para comparar o efecto das diferentes doses de fósforo na produción de materia seca da forraxe,

altura das plantas no momento do corte, FIPAR, IAF, concentración de P en follas e talos e cantidade de fósforo extraído na materia seca cultivada da variedade de raigrás italiano Barmultra II mediante un deseño en bloques completos ao azar (4 repeticións) co factor dose de fertilizado fosfórico (5 niveis) e ano de sementeira (2019 e 2020). As medias comparáronse mediante a proba Tukey de comparación de medias (P<0,05). O tratamento estatístico dos datos realizouse mediante o programa IBM SPSS Statistics v.27.

RESULTADOS E DISCUSIÓN

Análise edafolóxica

Os valores de pH foron algo ácidos, polo que se estimou conveniente aplicar unha emenda calcárica (táboa 1). Os valores de carbono orgánico foron altos, porque nos prados o ritmo de descomposición da materia orgánica é baixo debido a que non se realizan labores no solo. Os niveis de P e K foron baixos nos tres horizontes do solo segundo MARM (2011). Os dous horizontes superiores son franco-areentos ou franco-arxilo-areentos, o que inflúe en que a intensidade de infiltración da auga sexa alta. En cambio, o horizonte C, ao ser arxiloso, presenta unha menor infiltración da auga. ▶▶

▶ A MAIOR EFICIENCIA NA RECUPERACIÓN DO P (13 %) LOGRARIÁSE CUNHA DOSE DE 20 KG P HA⁻¹, PERO DESDE O PUNTO DE VISTA AGRONÓMICO A PRODUCCIÓN DE BIOMASA SECA SERÍA MENOR QUE CUNHA DOSE DE FERTILIZADO DE 40 KG P HA⁻¹

Táboa 1. Características fisicoquímicas do perfil do solo na finca Caseiro (Candás) antes da sementeira do ensaio. Os valores das propiedades hídras do solo determináronse a partir dos datos da textura dos diferentes horizontes segundo Saxton *et al.* (1986)

Variables	A (25 cm) Ócrico	Bw (25-40 cm) Cámbico	C (40-60 cm) Arxílico
pH (1:2,5)	5,3	5,4	5,4
Carbono orgánico (%)	3,71	1,80	1,39
Nitróxeno total (%)	0,32	0,15	0,12
Fósforo Olsen (ppm)	10	5	4
Potasio extraíble (ppm)	151	114	100
Limo (%)	29	24	18
Area (%)	61	47	39
Arxila (%)	10	29	43
Textura	Franco-areenta	Franco-arxilo-areenta	Arxilosa
Densidade aparente (g cm ⁻³)	1,549	1,366	1,293
Punto de murchado permanente (v/v)	0,090	0,166	0,237
Auga capacidade de campo (v/v)	0,203	0,281	0,353
Auga dispoñible para o crecemento das plantas (v/v)	0,113	0,115	0,116
Punto de saturación (v/v)	0,415	0,485	0,512
Intensidade de infiltración (mm h ⁻¹)	26,53	3,34	1,58

EL ABONADO RENTABLE Y EFICAZ DE CULTIVOS FORRAJEROS

ENTE[®]C

MAYOR EFICIENCIA EN EL USO DEL NITRÓGENO

Fertilizantes estabilizados que reducen la nitrificación y aseguran el suministro de N

AHORRO OPERACIONAL Y APLICACIONES FLEXIBLES

Menor número de aplicaciones y menor dependencia del clima

COMPATIBLE CON LA PROTECCIÓN DEL CLIMA Y DEL MEDIO AMBIENTE

Reducción de las pérdidas de nitratos por lavado y de las emisiones de gases de efecto invernadero

EXCELENTE ALMACENAMIENTO Y APLICACIÓN PRECISA

Granulometría homogénea y con ausencia de polvo para garantizar una distribución uniforme de los nutrientes



EuroChem Agro Iberia, S.L.
www.eurochemiberia.com

 EUROCHEM

Táboa 2. Medias mensuais da temperatura máxima (Tmax) e mínima diaria (Tmin), medias mensuais da radiación solar global incidente diaria (RG) e precipitación mensual acumulada (P), rexistradas na finca Caseiro (Candás) durante o período experimental

	Tmax. (°C)	Tmin. (°C)	RG (MJ m ² d ⁻¹)	P mm
Out. 2019	20,4	14,1	8,6	190,4
Nov. 2019	16,2	10,2	4,3	348,6
Dec. 2019	15,6	8,4	4,1	153,4
Xan. 2020	14,9	8,1	4,9	80,2
Feb. 2020	16,3	9,5	7,9	26,6
Mar. 2020	15,4	9,2	10,9	101,8
Abr. 2020	17,2	12,2	11,3	53,4
Out. 2020	23,0	9,2	8,6	126
Nov. 2020	24,2	6,6	5,9	386
Dec. 2020	20,1	5,5	3,7	182
Xan. 2021	13,0	5,0	5,2	166
Feb. 2021	16,1	7,6	7,2	105
Mar. 2021	15,2	6,7	11,4	24
Abr. 2021	16,0	8,2	15,6	32

Na táboa 2 resúmense os datos meteorolóxicos obtidos na estación meteorolóxica da leira experimental durante os dous anos de ensaio.

O coñecemento das temperaturas cardinais (temperatura base ou mínima, temperaturas óptimas mínimas e máximas e temperatura máxima) é fundamental para axustar o momento da sementeira, xerminación e emerxencia con condicións ambientais favorables para o crecemento das plantas e o seu desenvolvemento (Monks *et al.*, 2009). A media mensual máis alta das temperaturas máximas diarias produciuse no mes de novembro de 2020 e foi menor de 30 °C, temperatura óptima máxima, a partir da cal diminúe o ritmo de desenvolvemento no raigrás italiano. A media mensual das temperaturas mínimas diaria, máis baixa (5 °C) obtívose no mes de xaneiro de 2021 e foi superior a 2 °C, temperatura base ou mínima por baixo da cal cesa o desenvolvemento no raigrás italiano, segundo Kim *et al.* (2018). A media mensual máis baixa de radiación solar diaria produciuse no mes de decembro, sendo valores de radiación similares a zonas costeiras de Galicia como Mabegondo na Coruña (Oliveira *et al.*, 2020). Os valores de precipitación mensual acumulada máis altos producíronse no mes de novembro de 2020 e os máis baixos no mes de marzo de 2021. A canti-

dade de choiva durante o período de crecemento do raigrás italiano en 2019-2020 (954 mm) e en 2020-2021 (1021 mm) foi óptima para o seu desenvolvemento e crecemento (Kim *et al.*, 2018).

Produción de biomasa do raigrás italiano

Tanto a altura coma a produción de biomasa en cada un dos dous cortes como na suma dos dous cortes resultaron significativamente diferentes (tratamento dose de fósforo P<0,001), aumentando os valores de acordo co aumento da dose de fertilizado fosfórico (táboa 3).

▶ A FIPAR FOI ATA UN 14 % MAIOR ANTES DO SEGUNDO CORTE QUE ANTES DO PRIMEIRO

No primeiro corte, a produción de biomasa seca aérea do raigrás italiano incrementouse un 39 % desde o control de P aplicado (0 kg P) ao pico de resposta a 40 kg P. A produción de biomasa con 40 kg P no primeiro corte non se desviou significativamente respecto da obtida cos niveis de 60 e 80 kg P aplicado.

No segundo corte, a produción de biomasa seca aérea do raigrás italiano incrementouse un 15 % desde o control de P aplicado ao pico de resposta a 40 kg P. A produción de biomasa con 40 kg P non se desviou significativamente respecto da obtida cos niveis de 60 e 80 kg P aplicado. ▶▶

Táboa 3. Resposta en kg MS ha⁻¹ ano⁻¹ e altura do cultivar no momento do corte de raigrás italiano Barmultra II a varias doses de fertilización fosfórica en Candás, Asturias (valores medios dos dous anos de ensaio, desviación estándar entre paréntese). Significación do efecto dose de fósforo: *P<0,001. Diferenzas significativas segundo a proba de Tukey (P<0,05), a >b>c>d**

Fósforo (kg P ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Altura (cm)		kg MS ha ⁻¹		
	Corte 1	Corte 2	Corte 1	Corte 2	Corte1+Corte2
0	25(5)c	54(16)d	1284(592)c	4082(1034)c	5366(1619)c
20	30(5)b	58(19)c	1576(630)b	4467(988)bc	6043(1603)b
40	32(6)ab	60(20)c	1790(670)ab	4710(1006)ab	6501(1649)ab
60	33(7)a	63(19)b	1814(967)ab	4789(1015)ab	6704(1648)a
80	34(8)a	66(19)a	1915(665)a	5119(1224)a	6933(2177)a
Significación	***	***	***	***	***

ARVUM

FERTILIZANTES



SOLUCIONES SEGÚN SUELOS Y CULTIVOS

SEGUIMOS AMPLIANDO NUESTRA RED
DE DISTRIBUCIÓN **¡SÚMATE!**



CONTACTO
info@arvum.org
www.arvum.org

Táboa 5. Valores medios (dous anos de ensaio) de FIPAR (desviación estándar entre paréntese) antes do primeiro corte FIPAR_pre1, despois do primeiro corte FIPAR_post1 e antes do segundo corte FIPAR_pre2 do raigrás italiano Barmultra II a varias doses de fertilización fosfórica en Candás, Asturias. Significación do efecto dose de fósforo: ** P<0,01, * P<0,001. Diferenzas significativas segundo a proba de Tukey (P<0,05), a >b c>d>e**

Fósforo (kg P ha ⁻¹ ano ⁻¹)	FIPAR_pre1	FIPAR_post1	FIPAR_pre2
0	0,81(0,04)b	0,13(0,01)e	0,92(0,06)b
20	0,83(0,04)b	0,16(0,01)d	0,92(0,05)b
40	0,84(0,03)a	0,18(0,02)c	0,93(0,05)ab
60	0,85(0,02)a	0,21(0,01)b	0,93(0,05)ab
80	0,86(0,05)a	0,23(0,02)a	0,94(0,05)a
Significación	***	***	**

Táboa 6. Valores medios (dous anos de ensaio) de IAF (desviación estándar entre paréntese) antes do primeiro corte IAF_pre1, despois do primeiro corte IAF_post1 e antes do segundo corte IAF_pre2 do raigrás italiano Barmultra II a varias doses de fertilización fosfórica en Candás, Asturias. Significación do efecto dose de fósforo: * P<0,001. Diferenzas significativas segundo a proba de Tukey (P<0,05), a >b c>d**

Fósforo (kg P ha ⁻¹ ano ⁻¹)	IAF_pre1	IAF_post1	IAF_pre2
0	3,6(0,6)c	0,2(0,03)d	6,3(1,1)c
20	4,3(0,9)b	0,3(0,03)c	7,1(0,9)bc
40	4,7(0,9)ab	0,3(0,04)c	7,6(1,0)ab
60	4,8(1,6)ab	0,4(0,02)b	7,7(0,9)ab
80	5,0(1,0)a	0,5(0,04)a	8,3(1,2)a
Significación	***	***	***

Na produción total dos dous cortes, a produción de biomasa seca aérea do raigrás italiano incrementouse un 20 % desde o control de P aplicado ao pico de resposta a 40 kg P. A produción de biomasa con 40 kg P non se desviou significativamente respecto da obtida cos niveis de 60 e 80 kg P aplicado. Este valor de 40 kg P ha⁻¹ (92 kg P₂O₅ ha⁻¹) é algo máis baixo ao indicado (110 kg P₂O₅ ha⁻¹) por Piñeiro *et al.* (2011) para cultivos forraxeiros de inverno anuais en solo con niveis baixos de P.

Investigacións en solo con baixos niveis de P (Robinson e Ellers, 1996) como os deste traballo e con precipitacións altas e temperaturas suaves mostraron resultados similares, o que indica que as producións máis altas se alcanzaron con niveis de 40 kg P ha⁻¹.

Táboa 4. Produción de biomasa en follas e talos do raigrás italiano (valores medios dos dous anos de ensaio, desviación estándar entre paréntese). Significación do efecto dose de fósforo: * P<0,001**

	kg MS ha ⁻¹	
	Corte 1	Corte 2
Follas	1459 (250)	1758 (268)
Talos	216 (42)	2876 (349)
Significación	***	***

No corte 1 observouse unha maior produción de biomasa en forma de follas, por realizarse o corte nun estado vexetativo (táboa 4). En cambio, no segundo corte obtívose unha maior proporción de talos na biomasa, debido a realizarse o corte ao comezo do espigado.

Fración de radiación fotosintética interceptada (FIPAR) e índice de área foliar (IAF)

No primeiro corte, a FIPAR presenta un incremento dun 2 % pola adición de 20 kg P ha⁻¹ con respecto ás parcelas control sen fertilizar. Se se aumenta a dose de fertilizado fosfórico ao dobre, prodúcese un incremento do 4 % respecto ao control e, se se triplica a dose, a FIPAR aumenta un 5 % respecto das parcelas control. Se se segue aumentando a dose ata 80 kg P ha⁻¹, a FIPAR presenta un incremento do 6 %.

A altura das plantas no momento do corte e a biomasa tamén se viron incrementadas con respecto ao control coas distintas doses de fertilizado fosfórico.

Antes do segundo corte do raigrás italiano, tamén a FIPAR foi significativamente diferente segundo a dose de fertilizado fosfórico, alcanzando o pico

▶ OS VALORES MAIORES DO 90 % DE FIPAR NO SEGUNDO CORTE OBTIVÉRONSE CON VALORES DE IAF DE 6,3-8,3 E INCREMENTÁRONSE A MEDIDA QUE AUMENTABA A DOSE DE FERTILIZACIÓN FOSFÓRICA

máximo coa dose de 40 kg P ha⁻¹ e alcanzando o 93 % da radiación incidente cun IAF de 7,6. A FIPAR foi ata un 14 % maior antes do segundo corte que antes do primeiro corte nas parcelas control sen fertilizar.

A FIPAR, antes do primeiro corte, reflicte o efecto da fertilización con valores significativamente maiores que o control para todas as doses aplicadas. Este efecto mantense tras o primeiro corte nas medicións feitas no remanente da cuberta que queda tras o corte. Antes do segundo corte, a FIPAR foi significativamente distinta entre as distintas doses de fertilizado fosfórico.

Nun ensaio para determinar a eficiencia do uso da auga e a produtividade do raigrás inglés sometido a distintos niveis de auga e nitróxeno, Akmal e Janssens (2004) indicaron que a porcentaxe de radiación PAR interceptada aumenta bruscamente cando aumenta o IAF ata un valor crítico a partir do cal os incrementos do IAF non van aparellados cun aumento importante da FIPAR, ao longo do desenvolvemento do cultivo de raigrás.

O IAF tamén se viu influído polo efecto da fertilización fosfórica, que resultou moi significativa antes do primeiro e do segundo corte (táboa 6). ▶▶

¡NOVEDAD!



FERTIMÓN PRO



Con tecnología **SLOW**

Se estima que en la aplicación de un fertilizante nitrogenado se puede llegar a perder hasta un 50% del nitrógeno.

De ahí nace la necesidad de crear una tecnología que nos permita un **suministro racional del nitrógeno contenido en los fertilizantes**. Bienvenidos a la era de FERTIMÓN PRO, con tecnología SLOW.

Absorción de nitrógeno casi nula

Otros fertilizantes aportan todo el nitrógeno cuando la planta aún no está preparada.



Fertimón PRO actúa en la fase más importante, cuando el cultivo permite una gran absorción de nitrógeno, fósforo y potasio



Menor absorción de nitrógeno



PRINCIPALES VENTAJAS



BENEFICIOSO PARA AGRICULTORES Y GANADEROS

Sus características únicas ofrecen numerosos beneficios a los agricultores y ganaderos y a la sociedad en su conjunto: más productividad, sostenibilidad medioambiental e innovación.



ADAPTADO A LAS NUEVAS REGLAMENTACIONES

Cumple con las nuevas normas medioambientales para la nutrición sostenible de los suelos agrarios.



VANGUARDIA DE INVESTIGACIÓN

Desarrollado con las últimas tecnologías de fabricación con una clara apuesta por la I+D.



GRUPO
SOAGA

Tf. 986 51 60 30 | www.soaga.com



CON TECNOLOGÍA SLOW

Suministro racional de los nutrientes en la fase de crecimiento de los cultivos para obtener el máximo rendimiento.

Táboa 7. Resposta (dous anos de ensaio) en concentración de P (g P kg⁻¹ sobre materia seca = sms, desviación estándar entre paréntese) en follas e talos do cultivar de raigrás italiano Barmultra II a varias doses de fertilización fosfórica en Candás, Asturias. Significación do efecto dose de fósforo: **, P<0,01; *, P<0,001. Diferenzas significativas segundo a proba de Tukey (P<0,05), a >b>c**

Fósforo (kg P ha ⁻¹ ano ⁻¹)	g P follas kg ⁻¹ (sms)		g P talos kg ⁻¹ (sms)	
	Corte 1	Corte 2	Corte 1	Corte 2
0	1,8(0,3)c	1,4(0,2)b	1,9(0,3)b	1,2(0,2)b
20	2,5(0,7)b	1,8(0,4)ab	2,4(0,7)ab	1,5(0,3)ab
40	2,6(0,6)b	1,9(0,3)a	2,5(0,6)a	1,7(0,4)a
60	2,7(0,5)b	2,0(0,2)a	2,6(0,5)a	1,7(0,3)a
80	3,2(0,4)a	2,0(0,3)a	2,9(0,5)a	1,8(0,3)a
Significación	***	***	***	**

Táboa 8. Resposta (dous anos de ensaio) en kg P ha⁻¹ ano⁻¹ e eficiencia na recuperación do P (%), do cultivar de raigrás italiano Barmultra II a varias doses de fertilización fosfórica en Candás, Asturias. Significación do efecto dose de fósforo: * P<0,001. Diferenzas significativas segundo a proba de Tukey (P<0,05), a >b>c**

Fósforo (kg P ha ⁻¹ ano ⁻¹)	kg P ha ⁻¹			Eficiencia na recuperación do P (%)
	Corte 1	Corte 2	Corte 1 + Corte 2	
0	2,9(0,7)c	6,0(1,1)b	8,9(1,7)c	
20	3,9(0,9)b	7,6(1,1)a	11,5(1,8)b	13
40	4,0(0,9)b	7,7(1,8)a	11,7(2,6)b	11
60	4,2(1,0)b	8,4(1,2)a	12,6(2,1)ab	6
80	5,1(1,7)a	8,8(2,0)a	13,9(3,6)a	6
Significación	***	***	***	

Os valores do IAF antes do primeiro e segundo cortes mostraron unha correlación positiva cos valores de produción de materia seca do primeiro corte (Coef. de correlación Pearson = 0,91, n=40) e do segundo corte (Coef. de correlación Pearson = 0,86, n=40).

Para unha produción óptima de materia seca o cultivo debe ser capaz de interceptar un 95 % da radiación incidente na parte superior da cuberta vexetal (Horrocks e Valentine, 1999). Cando a FIPAR é maior do 95 % da radiación incidente, nas cubertas vexetais, o crecemento e a produción de follas se ven inhibidos (Davidson e Donald, 1958). No caso do trevo subterráneo, Davidson e Donald (1958) obtiveron eses valores de radiación interceptada con valores de IAF de 4-5. Por outra banda, Brougham (1956) en condicións de aumento de radiación obtivo un ritmo constante de crecemento con valores de IAF de 5-9 en pastos, no mesmo rango que os obtidos neste ensaio con raigrás italiano con fertilización con P no primeiro corte e no segundo corte de primavera, con maior radiación (IAF de 4,3-8,3).

Concentración e extracción de fósforo en follas, talos e biomasa

A concentración de fósforo incrementouse significativamente tanto en follas coma en talos, a medida que aumentou a dose de P aplicado tanto no corte 1 (estado vexetativo) coma no corte 2 (inicio de espigado), sendo maiores no corte 1 (táboa 7). Noutros estudos (Hillard *et al.*, 1992; Robinson e Ellers, 1996) nos que non se fixo a separación entre follas e talos, o incremento na dose de fertilizante fosfórico achegado tamén incrementou a concentración de P na biomasa do raigrás italiano.

Os rendementos en fósforo na biomasa foron maiores cando os rendementos en biomasa foron máis altos, en particular no corte 2 (táboa 8).

Un aspecto importante na fertilización de forraxes é a avaliación da absorción e extracción de nutrientes en comparación coa dose de fertilizante aplicado. Enténdese por absorción de nutrientes a cantidade total de nutrientes absorbidos polo cultivo durante o seu ciclo de desenvolvemento. O termo extracción é a cantidade total de nutrientes nos órganos cultivados, gran,

forraxes ou outros. En xeral, os plans de fertilización realízanse tendo en conta os niveis de extracción dos cultivos, buscando repoñer os nutrientes que son absorbidos e depositados nos órganos recollibles, e que, por tanto, non son reciclados debido a que non volven ao chan (Ciampitti e García, 2008). No caso das forraxes cultivadas, a biomasa aérea extráese do terreo (exemplo corte de forraxe en verde, herba seca ou ensilado) e a absorción e extracción de nutrientes é practicamente similar (Butler *et al.*, 2006).

A eficiencia na recuperación do P (incremento na extracción de P por parte da planta por unidade de nutriente aplicado) foi maior (13 %) con doses baixas de fertilización fosfórica (20 kg P aplicado), o cal é común en solos con niveis baixos de P dispoñible (Butler *et al.*, 2007). Cando un solo con baixo nivel de fósforo dispoñible fertilízase por primeira vez, a eficiencia do fertilizante fosfórico é baixa (a miúdo <20 %), debido a un proceso de “fixación” (McLaughlin *et al.*, 2011). A medida que se fertiliza con máis P, a reacción de fixación debilítase e prodúcese unha reacción denominada “desorción”, que implica unha volta progresiva do P fixado á solución do solo, aumentando a eficiencia das fertilizacións con fertilizantes fosfóricos (McLaughlin *et al.*, 2011).

A solubilidade dos ións ortofosfatos (monovalente e, en menor proporción, bivalente) que poden ser absorbidos polas plantas dependen fundamentalmente do pH (o pH ao redor de 6,5 favorece a dispoñibilidade do P) e da presenza doutros ións na disolución do solo, principalmente aluminio e ferro (Hernández e Zamalvide, 1998; De Bussetti *et al.*, 1999; Cerón e Ancizar, 2012). ▶▶

GRUPO AGROAMB

SENTIDO DA RECICLAXE

VANTAXES

- ✔ Melloran a estrutura do solo, drenaxe, retención de auga e aireación, proporcionando un mellor ambiente de enraizamento das plantas.
- ✔ Posúen calidades de liberación de nutrientes lenta. O material continúa a súa descomposición dentro do solo, reducindo a cantidade de nitróxeno e fosfato que pode orixinarse cos fertilizantes químicos.
- ✔ Melloran a capacidade de traballo dos chans, especialmente arxilosos pesados.
- ✔ Melloran a retención de auga nos solos lixeiros.
- ✔ Melloran a resistencia á compactación do solo e á erosión.
- ✔ Reducen a necesidade de fertilizantes artificiais.
- ✔ Regulan o pH do solo, ao achegar cal.

PRODUTOS FERTILIZANTES

O seu contido en materia orgánica, nitróxeno e fósforo fanos especialmente atractivos para a elaboración de fertilizante no sector agroforestal. Entre as súas variadas vantaxes hai que destacar que melloran a estrutura do solo, o seu grao de porosidade e a capacidade de retención de auga debido fundamentalmente á achega de materia orgánica. Ademais, proporciónalle ao solo nitróxeno, fósforo e potasio de liberación lenta, e, ao achegar cal, permite regular o pH do solo. AGROAMB ten inscritos os diferentes produtos fertilizantes que elabora no Rexistro de Produtos Fertilizantes do Ministerio de Agricultura, Alimentación e Medio Ambiente.

FERTILIZANTES AUTORIZADOS

CÓDIGO	TIPO	NOME COMERCIAL
F0001757/2022	Fertilizante orgánico NPK de orixe animal e vexetal	AGROTHAME ORGANITE START
F0001894/2022	Emenda orgánica compost	AGROTHAME ORGANITE COMPOST
F0001895/2022	Emenda orgánica compost	AGROTHAME ORGANITE COMPOST START
F0001896/2022	Emenda orgánica húmica	AGROTHAME ORGANITE HUMICO START
F0001897/2022	Emenda orgánica húmica	AGROTHAME ORGANITE HUMICO
F0001919/2023	Fertilizante órgano-mineral nitróxeno líquido	AGROTHAME ORGANITE N-LIQ
F0001925/2023	Fertilizante órgano-mineral NK líquido	AGROTHAME ORGANITE PURINE
F0001926/2023	Fertilizante órgano-mineral NP líquido	AGROTHAME ORGANITE LIQUID
F0001980/2023	Emenda orgánica húmica	AGROTHAME ORGANITE HUMICO ZEN
F0002420/2025	Fertilizante órgano-mineral NPK	AGROTHAME ORGANITE AGRO
F0002421/2025	Fertilizante órgano-mineral NPK	AGROTHAME ORGANITE SULFAGRO
F0002422/2025	Emenda orgánica húmica	AGROTHAME ORGANITE HUMOST



AGROAMB

Ponte de Outeiro, 10 | 27256 Castro de Rei (Lugo)

Teléfono (+34) 982 231 365 | Fax (+34) 982 240 534

E-mail agroamb@agroamb.com | Web www.agroamb.com

CONCLUSIÓNS

A cantidade óptima de P aplicado para a fertilización do raigrás italiano, tendo en conta a produción de biomasa seca, total sería de 40 kg P ha⁻¹ (=92 kg P₂O₅ ha⁻¹).

Á dose de 40 kg P ha⁻¹ aplicado, a eficiencia da recuperación do P (%) foi do 11 %, o que posiblemente incrementará o nivel de P no solo co tempo.

A maior eficiencia na recuperación do P (13 %) lograríase cunha dose de 20 kg P ha⁻¹, pero desde o punto de vista agronómico a produción de biomasa seca sería menor que cunha dose de fertilizado de 40 kg P ha⁻¹.

A FIPAR foi ata un 14 % maior antes do segundo corte que antes do primeiro corte.

Os valores maiores do 90 % de FIPAR no segundo corte obtivéronse con valores de IAF de 6,3-8,3, e incrementáronse a medida que aumentaba a dose de fertilización fosfórica.

AGRADECEMENTOS

Os autores desexan darlles as grazas ao estudante do Grao de Enxeñería Forestal e do Medio Natural, Rubén Aguirre Muñiz, e ao estudante de Máster en Biotecnoloxía Aplicada á Conservación e Xestión de Recursos Biolóxicos da Universidade de Oviedo, O Bachir Baha, pola axuda nas análises de laboratorio das mostras vexetais. ■

BIBLIOGRAFÍA

Akmal, M., Janssens, M.J.J. (2004) Productivity and water use efficiency of perennial ryegrass with contrasting water and nitrogen supplies. *Field Crops Research* 88:143-155.

Anderson, G. (1980). Assessing organic phosphorus in soils. In: F.E. Khasawneh *et al.* (Eds.) pp. 411-431. The role of phosphorus in agriculture. ASA, Madison, WI.

Boote, K.J., Jones, J.W., Hoogenboom, G., Pickering, N.B. (1998). The CROPGRO model for grain legumes. In: G.Y. Tsuji, G. Hoogenboom, and P.K. Thornton, eds. *Understanding Options for Agricultural Production*. Kluwer, Dordrecht, the Netherlands, pp. 99-128.

Brougham, R.W. (1956). Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. *Australian Journal of Agricultural Research*, 7:337-387.

Butler, T.J., Muir, J.P., Provin, T., Stewart, W.M. (2006). Phosphorus fertilization of annual ryegrass. *Better Crops*. Vol. 90 (3):6-9

Butler, T.J., Muir, J.P., Provin, T.L. (2007). Phosphorus fertilization of annual ryegrass and comparison of soil phosphorus extractants. *Journal of Plant Nutrition*, 30:9-20.

Cerón, L.E. Ancizar, F. (2012). Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 14(1):285-295.

Ciampitti, I.A., García, F.O. (2008). Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. II. Hortalizas, frutales y forrajeras. *International Plant Nutrition Institute, Archivo Agronómico n°12:1-4*. <http://lacs.ipni.net/article/LACS1083>.

Davidson, J.L., Donald, C.M. (1958). The growth of swards of subterranean clover with particular reference to leaf area. *Australian Journal of Agricultural Research*, 9(1):53-72.

De Bussetti, S.G., Ferreiro, E.A., Natale, I.M., Mandolesi, M.E. (1999). Fósforo retenido por suelos y por sus fracciones granulométricas en relación con la materia orgánica. *Ciencia del Suelo*, 17(2):54-57.

Díaz Barcos, V., Callejo Ramos, A. (2004). Calidad del forraje y del heno. *BOVIS. Aula Veterinaria. Conservación de Forrajes* 1, 120:55-64.

Díaz González, T.E., Fernández Prieto, J.A. (1994). El paisaje vegetal de Asturias. *Itinera Geobotánica* 8:5-242. Servicio de Publicaciones de la Universidad de León. León.

Flores-Calvete, G., Martínez-Fernández, A., Doltra, J., García-Rodríguez, A., Eguinoa-Ancho, P. (2017). Informe estructura y sistema de alimentación de las explotaciones lecheras de Galicia, Cornisa Cantábrica y Navarra, 52 p.

Heng, L.K. (2000). Modelling, databases and the P submodel. In *Management and Conservation of Tropical Acid Soils for Sustainable Crop Production*. IAEA TECDOC 1159, IAEA, 101-108. Vienna, Austria: IAEA.

Hernández, J., Zamalvide, J.P. (1998). Procesos de retención de fósforo por los suelos evaluados a través de parámetros de suelo y planta. *Agrociencia (Montevideo)*, 2(1):48-63.

Hillard, J.B., Haby, V.A., Hons, F.M. (1992). Annual ryegrass response to limestone and phosphorus on an ultisol. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* Vol. 23:175-188.

Holford, I.C.R. (1997). Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. *Australian journal of soil research* 35:227-240.

Hoogenboom, G., Porter, C.H., Shelia, V., Boote, K.J., Singh, U., White, J.W., Hunt, L.A., Ogoshi, R., Lizaso, J.I., Koo, J., Asseng, S., Singels, A., Moreno, L.P., Jones, J.W. (2019). Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.7.5 (<https://DSSAT.net>). DSSAT Foundation, Gainesville, Florida, USA.

Horrocks, R.D., Valentine, J.F. (1999). Harvested forages. Academic Press. San Diego, California, USA. 426 p.

Kim, H., Hyun, S.W., Hoogenboom, G., Porter, C.H., Kim, K.S. (2018). Fuzzy Union to Assess Climate Suitability of Annual Ryegrass (*Lolium multiflorum*), Alfalfa (*Medicago sativa*) and Sorghum (*Sorghum bicolor*). *Scientific Reports* 8, 10220:1-15.

Malhi, S. S., Gill, K.S., McCartney, D.H., Malmgren, R. (2004). Fertilizer management of forage crops in the Canadian Great PLAINS. *Recent Research Developments Crop Science Research Signpost, Trivandrum* 1(1):237-271.

MAPA. (1994). Métodos oficiales de análisis de suelos y aguas para riego. En: *Métodos Oficiales de Análisis Vol III* (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación Eds.). Madrid.

MARM. (2011). *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid.

McCauley, D.J. (2020). Predictive agriculture. *Crop modeling for the future*. *CSA News Magazine*, 65 (5):3-9.

McLaughlin, M.J., McBeath, T.M., Smernik, R., Stacey, S.P., Ajibove, B., Guppy, C. (2011).

The chemical nature of P accumulation in agricultural soils; implications for fertilizer management and design: an Australian perspective. *Plant and Soil*, 349(1-2):69-87.

Monks, D.P., Sadat Esmaelan, K., Moot, D.J. (2009). Cardinal temperatures and thermal time requirements for germination of annual and perennial temperate pasture species. *Agronomy New Zealand*, 39:95-110.

Oliveira J.A., Boote, K.J., López, J.E., Díaz, N., Piñeiro, J., Flores, G. (2020). Adaptación del modelo CROPGRO-Perennial-Forage para simular la producción de los raigrases. *Revista Vaca Pinta* n° 19:140-155.

Pedreira C.G.S., Sollenberger L.E., Mislevy P. (1999). Productivity and nutritive value of 'Florakirk' bermudagrass as affected by grazing management. *Agronomy Journal* 91:796-801.

Piñeiro, J., Pérez, M. (1978). El nitrógeno en una mezcla de raigrás italiano y trébol violeta. *Pastos*, 8(2):239-263.

Piñeiro, J., Castro, J., Blázquez, R., Lloveras, J. (2011). Abonado de los cultivos forrajeros. En: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Secretaria General Técnica. Centro de Publicaciones (Eds). *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España*. Madrid.

Raven, K.P., Hossner, L.R. (1993). Phosphate desorption quantity-intensity relationships in soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57:1505-1508.

Recena, R., Torrent, J., del Campillo, M.C., Delgado, A. (2015). Accuracy of Olsen P to assess plant P uptake in relation to soil properties and P forms. *Agronomy for Sustainable Development*. 35(4):1571-1579.

Robinson, D.L., Eilers, T.L. (1996). Phosphorus and potassium influences on annual ryegrass production. *Louisiana Agriculture* 2:10-11.

Russell, G., Jarvis, P-G., Monteith, J.L. (1989). Absorption of radiation by canopies and stand growth. In *Plant Canopies: Their Growth, Form and Function*. Eds. G. Russell, B. Marshall and P.G. Jarvis. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 21-39

Saxton, K.E., Rawls, W.J., Romberger, J.S., Papendick, R.I. (1986). Estimating generalized soil water characteristics from texture. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 50(4):1031-1036.

Schils, R., Snijders, P. (2004). The combined effect of fertilizer nitrogen and phosphorus on herbage yield and changes in soil nutrients of a grass/clover and grass-only sward. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 2:165-179.

Taiz L, Zeiger E. (2002). *Plant physiology* (third edition). Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, MA, USA. 690 p.

Tóth, G., Jones, A., Montanarella, L. (2013). The LUCAS topsoil database and derived information on the regional variability of cropland topsoil properties in the European Union. *Environmental Monitoring and Assessment* 185 (9):7409-7425.

USDA-Soil Taxonomy (1999). A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys, 869 p. *Agriculture Handbook* No. 436, 2nd Edn. Soil Survey Staff. Washington DC.

Villalobos, F.J., De Melo Abreu, J.P., Mateos, L., Fereres, E. (2017). El balance de radiación. En: *Fitotecnia. Principios de agronomía para una agricultura sostenible*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

Woodard K.R., Sollenberger L.E. (2011). Broiler litter vs. ammonium nitrate as N source for bermudagrass hay production: yield, nutritive value, and nitrate leaching. *Crop Science* 51:1342-1352.