

Parámetros Biológicos De Un Neossolo Con Adiciones Acumulativas De Ceniza De Cáscara De Arroz

Neossolo Biological Parameters With Cumulative Additions Of Rice Hull Ash

Maria de Fátima Marchezan Menezes da Silva¹; Danilo Dufech Castilhos²;
Thais Antolini Veçosi²; Luis Carlos Timm³; Roberlaine Ribeiro Jorge³;
Ledemar Carlos Vahl³

Recibido: 15 de abril 2016

Aceptado: 1 de septiembre 2016

Resumen

El estudio compara el desempeño de los indicadores biológicos de carbono de la biomasa microbiana (CBM) del suelo, respiración basal, cocientes metabólicos y microbianos y el índice de depósito de C de los diferentes tratamientos realizados y bajo barbecho (dos años después de incorporar ceniza de cáscara de arroz (CCA)). El diseño experimental fue en bloques con cinco tratamientos aleatorios: T₀: 0,0; T₁: 4.000; T₂: 8.000; T₃: 16.000 y T₄: 32.000 kg de CCA ha⁻¹ año. Los niveles de CBM se determinaron por el método de irradiación-extracción. La determinación de la actividad microbiana fue monitoreada mediante la cuantificación del CO₂ liberado en el proceso de la respiración microbiana. El cociente metabólico (qCO₂) fue obtenido mediante la relación de C de la respiración basal y CBM, El cociente microbiano fue medido mediante la proporción de CBM y el depósito de carbono orgánico del suelo. El índice

1 Estudiante doctoral del Programa de Pós Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água; Universidade Federal de Pelotas; Pelotas, RS; mfmarchezan@gmail.com.

2 MsC; UFPel. Brasil

3 MsC; UNIPAMPA. Brasil

de depósito del C fue determinado por la relación de C medido en el área experimental y la zona de barbecho. La adición de CCA en el suelo causó un aumento del C en la biomasa y la calidad nutricional de la microbiota, lo que indica que el suelo se puede ver beneficiando del contenido de C en la ceniza. Los tratamientos de la zona experimental mostraron reservas de carbono inferiores a las de barbecho, probablemente debido a la alteración del suelo. La disminución de los valores qCO_2 indican que el suelo del experimento tiende a la estabilidad, con una mayor eficiencia en la conversión de biomasa de C restando la proporción de CO_2 liberado a la atmósfera con la incorporación de hasta $64 t ha^{-1}$ de CCA Teniendo en cuenta las condiciones climáticas del estudio y el tipo de suelo de la zona, dicha incorporación de CCA no causó impactos negativos a la microbiota del suelo.

Palabras clave: biomasa microbiana, respiración basal, coeficiente metabólico, calidad del suelo.

Abstract

The survey compares the performance of biological indicators carbon from the soil microbial biomass, basal respiration, microbial and metabolic ratios and C reservoir index, the different treatments with one another and with the reference values of the area set aside after two years incorporation of rice husk ash (RHA). The experimental design was randomized blocks with five treatments: T0: 0.0; T1: 4,000; T2: 8,000; T3: 16,000 and T4: 32.000 kg of RHA ha^{-1} year. The C biomass levels were determined by the method of irradiation-extraction, microbial activity by quantifying the CO_2 released in the process of microbial respiration, the metabolic quotient by the ratio of C basal respiration and microbial biomass carbon, microbial quotient the ratio of microbial biomass carbon and total soil organic C and carbon reservoir index was calculated by the ratio of C measured in the experimental area and the area fallow. The addition of RHA in the soil promoted an increase in carbon in biomass and the nutritional quality of the microbiota, indicating that it may be benefiting from the C contained in the RHA. The treatments of the experimental area showed carbon reservoir levels are below the fallow, probably due to soil disturbance for the implementation of culture. The decrease in qCO_2 values indicate which type of experiment soil tends to stability, with greater efficiency in the conversion of biomass C and less CO_2 released to the atmosphere with the intake RHA dosages up to $64 t ha^{-1}$. The climatic conditions of the experiment and considering the type of soil of the area, the incorporation of up to $64 t ha^{-1}$ RHA did not cause negative impacts to soil microbiota.

Keywords: microbial biomass, basal respiration, metabolic coefficient, soil quality.

1. Introducción

La sustitución de los combustibles fósiles por biomasa en la generación de energía es una alternativa viable y sostenible a largo plazo. Se pueden utilizar diferentes materiales naturales de desecho como la cáscara de arroz,

generando pasivos ambientales. El estado de Rio Grande do Sul (Brasil) tiene diez plantas industriales que hacen uso de la cáscara de arroz como combustible para el secado de granos. Dos de ellas están ubicadas en el municipio de Alegrete y juntas producen 8,82 megavatios ^[1]. La generación de energía a partir de cáscara de arroz se justifica por factores medioambientalmente importantes como la reducción de gases de efecto invernadero, la obtención de sellos de calidad, y normas de certificación de servicios más allá del compromiso social y ambiental. Sin embargo, las empresas también deben tener en cuenta en sus planes de gestión el destino final o el uso del gran volumen de ceniza de cáscara de arroz (CCA) producido en este proceso.

Suponiendo que la CCA puede tener un uso agrícola, se crea una logística inversa entre el enlace agroindustrial y de los sistemas productivos en que los productores entregan su arroz con cáscara y reciben de la ceniza para su uso como fertilizante de suelos. Por lo tanto, el retorno de la CCA a los sistemas de producción sería la forma más sostenible del cierre de la cadena de producción, lo que podría restablecer sus residuos al medio natural, sin disturbar tan agresivamente el ciclo del carbono

Sumado a estos argumentos, las investigaciones muestran que la ceniza puede mejorar la estructura del suelo ^{[2] [3] [4]}, es corrector de acidez ^{[3] [4] [5]}, tiene efectos sobre la disponibilidad de nutrientes en el suelo ^{[6] [7] [8]}, proporciona aumentos en la productividad ^{[9] [10]}, ayuda en el control de las enfermedades de hoja y ataque de insectos ^{[11] [12]} y no presenta un riesgo de contaminación de cuerpos de agua por percolación ^[13].

Aun así, el uso agrícola de la CCA es un campo poco explorado y abierto a numerosas investigaciones. Por lo tanto, teniendo en cuenta la importancia del uso de la biomasa para la generación de energía limpia, los cierres sostenibles de las cadenas de producción agrícola y los resultados prometedores de algunos estudios sobre el uso agrícola de la CCA en el suelo y los cultivos, existe la necesidad de realizar investigaciones y estudios realizados por las instituciones de educación e investigación en colaboración con instituciones vinculadas al sector productivo para el uso potencial de la CCA en la agricultura, así como sus posibles impactos sobre los recursos naturales.

Las acciones humanas causan interrupciones que se reflejan directamente en la biomasa microbiana del suelo (BMS), la cual se considera un indicador

sensible de las pérdidas o reducciones en la calidad de un ambiente. Esto se debe a que la actividad metabólica de los microorganismos se ve afectada por los cambios naturales o por prácticas de gestión equivocadas ^[14]. Por lo tanto, para evaluar el posible impacto de la adición de CCA en el suelo, se optó por la evaluación de algunos parámetros biológicos tales como el carbono de la biomasa microbiana (CBM), respiración basal (RB), cociente microbiano (q_{Mic}), cociente metabólico (q_{CO_2}) y el índice de reservorio de carbono (IRC) de los diferentes tratamientos con incorporación de CCA y con los valores de referencia de la zona de barbecho.

2. Materiales y métodos

La encuesta se llevó a cabo en la ciudad de Alegrete, en una zona perteneciente a la Cooperativa Agroindustrial Alegrete Ltda., llamado Centro Técnico Experimental, cuyas coordenadas geográficas son 29°48'29,81" S y 55°50'59,81" O. El suelo es franco arcilloso (46,5% de arena, 20, 5% de limo y 33% de arcilla), clasificados como Neossolo Regolithic eutróficos Inceptisol. El clima es subtropical, con lluvias bien distribuidas y estaciones definidas. La precipitación media anual es de 1.525 mm y la temperatura media anual es de 18,6 °C

El diseño experimental fue completamente aleatorio con cuatro bloques y cinco tratamientos: T0: 0,0; T1: 4000; T2: 8000; T3: 16.000 y T4: 32.000 kg ha⁻¹ año de aplicación de CCA. Los análisis se realizaron en el segundo año de cultivo y las adiciones de CCA fueron acumulativas en las parcelas de estudio. Como bloque testigo se consideró la zona situada alrededor del experimento, en barbecho durante cinco años, para realizar el control absoluto o considerar como área de referencia, libre de posibles interferencias y contaminación intencional y no intencional causada por la manipulación,. Las evaluaciones se llevaron a cabo después de dos meses de la cosecha de arroz irrigado de la variedad BRIRGA 409. Se recogieron 10 muestras de cada tratamiento, a principios de mayo de 2014, a 0-20 cm, tomando una muestra compuesta de suelo de cada parcela, envasadas en bolsas de plástico para su transporte, refrigeración y mantenimiento a 4 °C hasta el momento del análisis en el Laboratorio de Microbiología del Suelo de la Universidad Federal de Pelotas (UFPel).

El contenido de C de la biomasa microbiana se determinó con base en el método descrito por^[15]. Sin embargo, la eliminación de microorganismos con cloroformo se reemplazó por irradiación de microondas a 2450 MHz durante 4 min^[16]. El extractante usado fue elaborado con K_2SO_4 0,5 M y $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ 0,25 M, el cual se utilizó para valorar el exceso de dicromato sin reaccionar con C. Para determinar el carbono de la biomasa microbiana se siguió la metodología establecida por Tedesco et al.^[17].

La actividad microbiana (RB) se determinó por cuantificación de CO_2 liberado en el proceso de la respiración microbiana durante un período de 28 días, de acuerdo con el método enunciado por Stotzky (1965)^[18]. Se extrajeron muestras equivalentes a 100 g de suelo seco de cada tratamiento y se colocaron en viales de vidrio de 0,8 l de capacidad, herméticamente sellados. Cada vial se vertió en un vaso de polietileno de 50 ml que contiene 20 ml de NaOH 1 mol L⁻¹ para reaccionar con el CO_2 liberado por los microorganismos del suelo. Como prueba testigo necesaria para este análisis, se instalaron dos viales que contienen sólo la solución de NaOH. El CO_2 se determinó después de 28 días mediante la adición de 5 ml de solución de $BaCl_2$ (25%) y 3 gotas de fenolftaleína (1%) en cada vaso, titulando el exceso de NaOH con una solución de HCl 1 mol estándar L⁻¹.

La tasa de respiración por unidad de biomasa y el cociente metabólico (qCO_2) se obtuvo mediante la relación de C de la respiración basal (RB) y el carbono de la biomasa microbiana (CBM) coincidiendo con los resultados obtenidos en^[19].

El índice de la calidad nutricional se expresó como la cantidad de carbono fijado en la biomasa ($qMic$) que se obtuvo mediante la relación del carbono de la biomasa microbiana (CMB) y el C orgánico total del suelo (COT).

Considerando los cambios en el carbono orgánico total (COT), comparando con el testigo (barbecho) y los diferentes tratamientos, se utilizó el índice de reservorio de carbono (IRC), calculado como la relación entre el C medido en el área experimental y el barbecho.

Los datos fueron sometidos a un análisis de regresión y las medias se compararon mediante la prueba de Tukey al 5% de significancia cuando no había diferencias entre tratamientos y fue usado el programa Assistat.

3. Resultados y discusión

El crecimiento del CBM mostró una relación directa con el aumento de las dosis de CCA (Figura 1) superando en el caso del tratamiento T4 al barbecho en términos absolutos. Los tratamientos localizados dentro del área experimental sembrada con arroz (0 - 32.000 kg ha⁻¹ año) mostraron un incremento en la biomasa del suelo lo que puede ser explicado por la adición de 97% de CCA. Esto puede estar ocurriendo por el aporte de CCA calcinada, la cual contiene aproximadamente un 6% de carbono orgánico.

La RB fue mayor en los tratamientos T0-T4 que bajo barbecho (Figura 2). La mayor actividad de la biomasa dentro del área experimental puede justificarse con la incorporación de C al suelo, proveniente de la CCA como el rastrojo de la cosecha de arroz que todavía estaba presente en el momento de la recogida de muestras de suelo. Se observa una tendencia a la descomposición y el equilibrio con la cantidad más alta de CCA, lo que indica una situación de posible estabilidad del sistema, y los últimos dos promedios de RB fueron igual a 0,26 µg CO₂ g⁻¹ h⁻¹ para ambas dosificaciones de 32 y 64 t de CCA ha⁻¹.

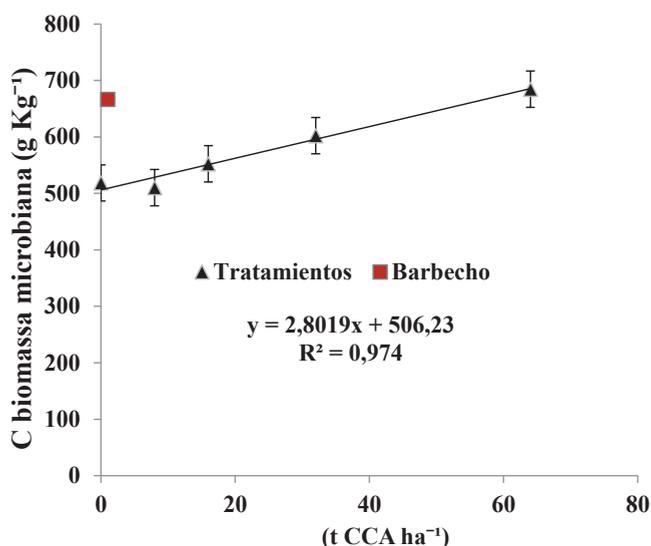


FIGURA 1 - CARBONO DE LA BIOMASA MICROBIANA EN EL SUELO CULTIVADO CON ARROZ CON INCORPORACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE CCA (KG HA⁻¹): T0: 0,0; T1: 8000; T2: 16.000; T3: T4 Y 32.000; 64.000. CONTROL ABSOLUTO = ÁREA EN BARBECHO.

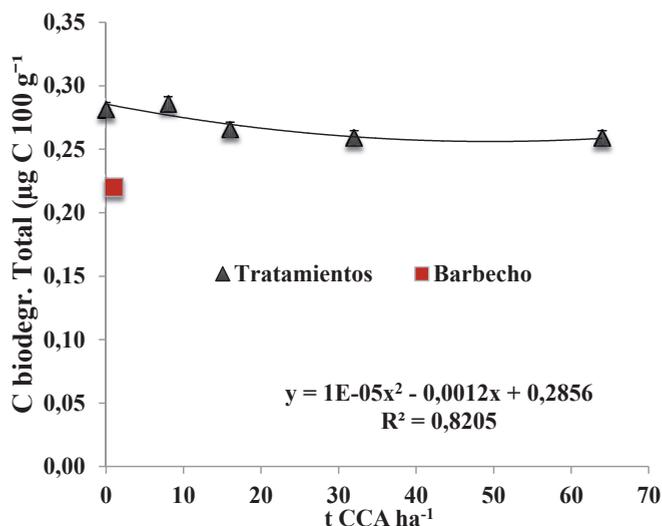


FIGURA 2 – RESPIRACIÓN BASAL DE LA MICROBIOTA EN SUELO CULTIVADO CON ARROZ CON LA INCORPORACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE CCA (KG HA-1): T0: 0,0; T1: 8.000; T2: 16.000; T3: T4 Y 32.000: 64.000. CONTROL ABSOLUTO = ÁREA EN BARBECHO.

En la interpretación de los resultados, se debe tener cuidado con el fin, por ejemplo, los altos valores de la respiración no siempre indican condiciones deseadas, ya que puede significar, la liberación a corto plazo de los nutrientes para las plantas, pero a el largo plazo significa una pérdida de carbono orgánico del suelo a la atmósfera [20].

Los tratamientos de las relaciones metabólicas localizadas dentro del área experimental fueron más altos que los valores absolutos del barbecho (véase la Figura 3). Sin embargo, tienden a reducirse, acercándose al valor presentado por área en barbecho, lo que indica que dosis más altas de CCA incorporadas en el suelo están contribuyendo a la reducción de qCO₂ en el suelo. Esta variación se justifica por 93% con la adición de CCA.

La disminución de los valores qCO₂ indican que el sistema tiende a la estabilidad, con una mayor eficiencia en la conversión del carbono en biomasa restando el CO₂ que se libera a la atmósfera con una incorporación de CCA de hasta 64 t ha⁻¹. Este comportamiento es corroborado por [14], discutiendo que como la BMS se vuelve más eficiente, se pierde menos C en forma de

CO₂ por respiración y hay una mayor proporción de C que se incorpora en la masa microbiana.

Como puede verse en la Figura 4, todas las relaciones metabólicas del área experimental son más altas que en las zonas de barbecho. Esto se puede explicar por la presencia de rastrojos de paja del cultivo de arroz que aún estaba en el área en el momento de la recogida de muestras.

De acuerdo con [14], bajo condiciones de estrés, la utilización de la capacidad de carbono se reduce así como la relación CBMS/COT. Sin embargo, según los autores, cuando la entrada de la materia orgánica es de buena calidad hay aumentos en qMic.

Por lo tanto, la incorporación de CCA en el suelo no afectó el metabolismo de los microbios del suelo, ya que su crecimiento se justifica en un 99% de esta contribución de C al suelo. Esto puede indicar que la microbiota del suelo puede estar beneficiándose del C contenido en el CCA.

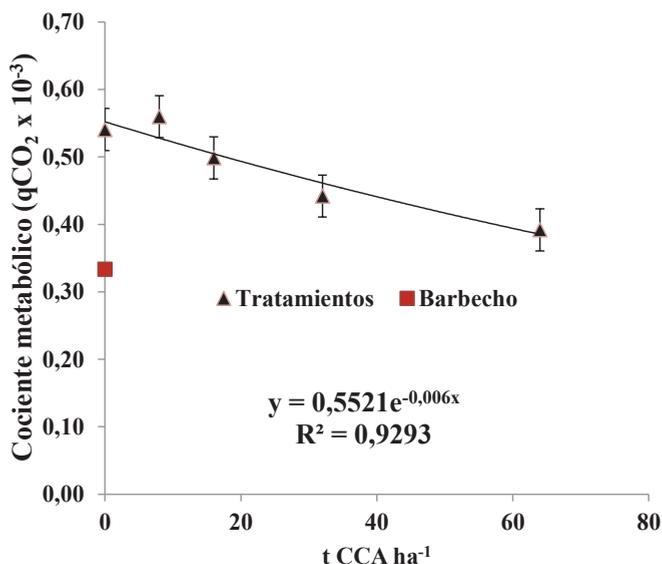


FIGURA 3 - COCIENTE METABÓLICO DE LA BIOMASA MICROBIANA EN SUELO CULTIVADO CON ARROZ CON LA INCORPORACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE CCA (KG HA-1): T0: 0,0; T1: 8000; T2: 16.000; T3: T4 Y 32.000: 64.000. CONTROL ABSOLUTO = ÁREA EN BARBECHO.

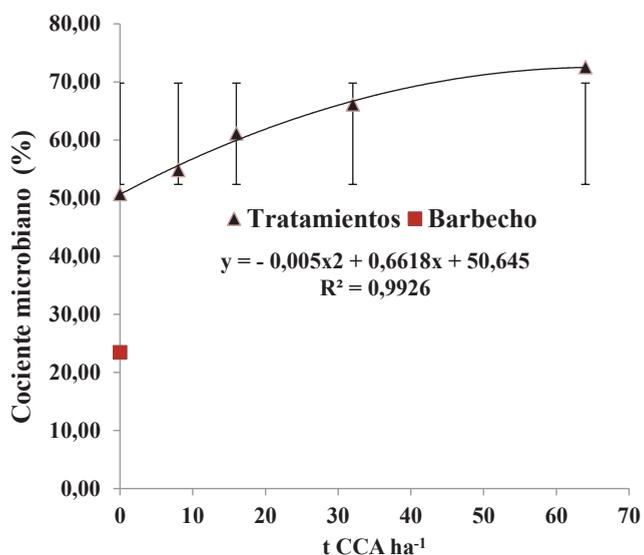


FIGURA 4 - COCIENTE MICROBIANO EN EL SUELO CULTIVADO CON ARROZ CON LA INCORPORACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE CCA (KG HA-1): T0: 0,0; T1: 8.000; T2: 16.000; T3: T4 Y 32.000; 64.000. CONTROL ABSOLUTO = ÁREA EN BARBECHO.

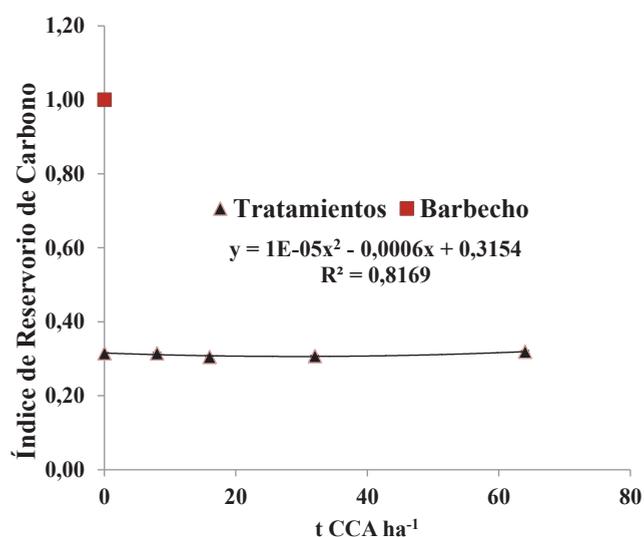


FIGURA 5 – ÍNDICE DE RESERVORIO DE CARBONO EN EL SUELO CULTIVADO CON ARROZ CON LA INCORPORACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE CCA (KG HA-1): T0: 0,0; T1: 8.000; T2: 16.000; T3: T4 Y 32.000; 64.000. CONTROL ABSOLUTO = ÁREA EN BARBECHO

Los índices de depósito de carbono de los tratamientos experimentales ubicados dentro de la zona están muy por debajo de los de barbecho (véase la Figura 5). Esto era esperable y se justifica por el hecho de que toda el área experimental se aró durante su preparación, lo que puede haber contribuido a la reducción de las reservas de carbono.

De acuerdo con los análisis la fertilidad del suelo, los niveles de materia orgánica en la zona de barbecho son del 3% y disminuyen a valores en torno al 2% después de la preparación del área experimental.

En la Tabla 1, se observa que no hubo diferencias estadísticas entre los valores de carbono de la biomasa microbiana y la respiración basal de cinco tratamientos (barbecho y To a T4) del área experimental (To a T4) y la zona de referencia (barbecho).

TABLA 1 - LOS TRATAMIENTOS VARIANZA ANÁLISIS DE BARBECHO, To, T1, T2, T3 Y T4 Y EL EXAMEN DE LOS PARÁMETROS BIOLÓGICOS Cmic, RB, qCO₂, qMic E IRC.

Tratamientos	Parámetros biológicos				
	Cmic	RB	qCo2	qMic	IRC
Barbecho			B	B	A
To			AB	A	B
T1			A	A	BC
T2	ns	ns	AB	A	C
T3			AB	A	C
T4			AB	A	BC
Promedios	625,13	18,3	0,5	51,8	0,65
CV%	17,21	15,1	19,83	20,67	3,33
dms	232,68	6,04	0,21	26	0,03
p-valor	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal

LA PRUEBA DE TUKEY AL 5% DE PROBABILIDAD. NS = NO SIGNIFICATIVO (P> = 0.05).

LAS MEDIAS SEGUIDAS POR LA MISMA LETRA EN LAS COLUMNAS

NO DIFIEREN ESTADÍSTICAMENTE ENTRE SÍ.

4. Conclusiones

La adición de ceniza de cascara de arroz en el suelo estudiado, promueve un aumento del carbono de la biomasa microbiana y de la calidad nutricional de la microbiota, lo que indica que esta se puede estar beneficiando del C contenido en la ceniza.

Los tratamientos de la zona experimental tienen niveles de reservorio de carbono inferiores al del barbecho, probablemente como consecuencia de la alteración del suelo para la implantación del cultivo.

La disminución de los valores de cocientes metabólicos indican que el tipo de suelo del experimento tiende a la estabilidad, con una mayor eficiencia en la conversión de C en biomasa y menos CO₂ liberado a la atmósfera con la ingesta de hasta 64 t ha⁻¹ de ceniza.

Bajo las condiciones climáticas del experimento, y teniendo en cuenta el tipo de suelo estudiado, la incorporación de hasta 64 t ha⁻¹ de ceniza no causa impactos negativos en la microbiota del suelo.

5. Agradecimientos

Los autores agradecen al CAAL por apoyo técnico realizado y la financiación del proyecto, al IRGA por las análisis de la fertilidad del suelo, a los alumnos del curso de Ingeniería Agrícola y de Universidade Federal do Pampa e Instituto federal Farroupilha – Campus Alegrete por la dedicación y eficiencia en el desempeño de las actividades de campo y finalmente a la Fundación CAPES por la beca de estudios concedida a la autora principal.

6. Referencias

- [1] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Disponible: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>. Acceso: oct./2016.
- [2] M. F.M.M. Silva da.; C.L.R. de Lima. de., E.A. Pauletto, L.C.Timm, L.C. Vahl, R.R. Jorge “Efeitos da incorporação de cinza de casca de arroz na agregação de um Neossolo sob cultivo de arroz irrigado”. In: X reunião sul-brasileira de ciência do solo, 15, 16 e 17 de outubro de 2014, Pelotas. Anais eletrônicos (card drive). Pelotas, RS. 2014.
- [3] G.O. Islabão, L.C. Vahl, L.C. Timm, D. L. Paul, A.H. Kath. “ Rice Husk Ash As Corrective of Soil Acidity”. R. Bras. Ci. Solo, 38:934-941, 2014.

- [4] L.E. Reis, F. M. Xavier, G. O. Islabão, L.C. Vahl, L.C. Timm. “Cinza de casca de arroz como corretivo de acidez do solo”. In: 21o Congresso De Iniciação Científica UFPEL, Pelotas, 2011. Anais eletrônicos. Pelotas: CIC, 2011. Disponible: http://www.ufpel.edu.br/cic/2011/anais/pdf/CA/CA_00564.pdf, Acceso: 10 de oct. 2015.
- [5] E. A. Pauletto, G. R. Nachtigall, C.A. Guadagnin. “Adição De Cinza De Casca De Arroz Em Dois Solos Do Município De Pelotas” Rs. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 14:255-258, 1990.
- [6] A. H. Kath, G. C. Marques, L.C. Vahl, “Cinza de casca de arroz, lodo de estação de tratamento de esgoto e esterco bovino como fontes de nutrientes para a cultura do trigo”. In: Ix Reunião Sul-Brasileira De Ciência Do Solo, 08 a 09 de novembro de 2012, Lages, SC, 2012.
- [7] Kath, A. H.; Islabão, G. O.; Paul, D. L.; Sousa, R. O. De; Vahl, L. C. Efeito Residual Da Cinza De Casca De Arroz Na Disponibilidade De Fósforo E Silício No Solo. In: Xiv Encontro Da Pós-Graduação Ufpel. Anais... Disponível Em: < Http://Www2.Ufpel.Edu.Br/Enpos/2012/Anais/Pdf/Ca/Ca_00591.Pdf>. Acesso Em: Out../2012.
- [8] R.K.A. Aires. “Ação Da Casca De Arroz Queimada Sobre Nematóide Da Cenoura E Atributos Químicos Do Solo”. Tese (Doutorado Em Ciências, Área De Concentração Fitotecnia). 2012, 80p. Escola Superior De Agricultura “Luiz De Queiroz”, Piracicaba, 2014.
- [9] F. F. Silva, A. Bertonha, P.S.L. Freitas, A.S. Muniz, R. C. Ferreira. “Aplicação de cinza da casca de arroz e de água residuária de fecularia de mandioca na cultura de aveia”. Revista Em Agronegócio E Meio Ambiente, Vol. 1, No. 1. 2008.
- [10] R. R. Jorge, M.F.M.M. Da Silva, C.P. Teixeira, L.R. Cazabonet, F., K De; E. B. Pydd, F. T. Fernandes. “Efeitos da adubação com cinza de casca de arroz em parâmetros produtivos de arroz irrigado”. In: X Reunião Sul-Brasileira De Ciência Do Solo, 15, 16 E 17 De Outubro De 2014, Pelotas. Anais Eletrônicos (Card Drive). Pelotas, Rs. 2014.
- [11] R. F. Berni. “Efeito da cinza da casca do arroz no controle da brusone nas folhas do arroz”. Pesquisa Agropecuária Tropical. 31, N. 1, Jan./Jun. 2001.
- [12] Savant, A. S.; Patil, V. H.; Savant, N. K. Rice Hull Ash Applied To Seedbed Reduces Dead Hearts In: Transplanted Rice. International Rice Research Notes, Los Baños, V.19, N.4, P.21-22, 1994.
- [13] M.F.M.M. Silva, L.C. Vahl, L.C. Timm, R.R. Jorge, R.F. Machado. “Impacto da adição da cinza da casca de arroz na água percolada de solo sob cultivo de arroz, soja e milho”. In: Xx Congreso Latinoamericano Y Xvi Congreso Peruano De La Ciencia Del Suelo, 09-15 De Noviembre de 2014, Cusco. Anais Eletrônicos.Cusco, Peru. 2014.

- [14] E.F. Gama-Rodrigues, A.C. Gama-Rodrigues. “Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes”. In: Santos, G. A.; Silva, L. S.; Canellas, L. P.; Camargo, F. A. O. (Eds.) Fundamentos Da Matéria Orgânica Do Solo: Ecossistemas Tropicais & Subtropicais. 2ª Ed. Porto Alegre: Metrópole, P.159-170, 2008.
- [15] E. D. Vance, P.C. Brookes, D.S Jenkinson. “An extraction method for measuring soil microbial biomass” C. Soil Biol. Biochem. 19:703-107, 1987.
- [16] E.S. Mendonça, E.S. Matos. “Matéria orgânica do solo: métodos de análises”. Viçosa, Mg, Universidade Federal De Viçosa, 2005. 107p.
- [17] M.J. Tedesco, C. Gianello, C.A. Bissani, H. Bohnen, S.J. Volkweiss. “Análise De Solo, Plantas E Outros Materiais”. 2.Ed. Porto Alegre, Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, 1995. 147p. (Boletim Técnico, 5).
- [18] G. Stotzky. “Microbial Respiration. In: Methods of soil analysis”, Madison: Amer. Soc. Of Agron., 2 (1). 1965. pp 1551-1572.
- [19] J.P.E. Anderson, K.H. Domsch. “The metabolic quotient (qCo₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils”. Soil Biol. Biochem., 25. 1993. pp 393-395.
- [20] T.B. Parkin, T.B., J.W. Doran, E. Franco-Vizcaíno. “Field and laboratory tests of soil respiration”. In: Doran, J.W., Jones, A.J., Eds. Methods For Assessing Soil Quality. Madison, Soil Science Society of America. 1996. pp.231-245. (SSSA Special Publication, 49)