भारतीय वैज्ञानिक एवं औद्योगिक अनुसंधान पत्रिका
वर्ष 18 अंक 2 दिसम्बर 2010 पृ. 154-157

चावल आधारित फसल प्रणाली से मीथेन और नाइट्रस ऑक्साइड का उत्सर्जन

ए दत्ता, एस दत्ता*, के एस राव**, एस सी साँतरा*** एवं टी के आध्या**
रेडियो एवं वायुमंडलीय विज्ञान विभाग, राष्ट्रीय भौतिक प्रयोगशाला, नई दिल्ली - 110 012
*राष्ट्रीय पौध जैवप्रौद्योगिकी अनुसंधान केन्द्र, भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली - 110 012
**फसल उत्पादन विभाग, केन्द्रीय चावल अनुसंधान संस्थान, कटक - 753 006 (उड़ीसा)
***परिवेश विज्ञान विभाग, कल्याणी विश्वविद्यालय - 741 243 (पश्चिम बंगाल)

सारांश : चावल आधारित फसल प्रणाली से ग्रीन हाऊस गैसों (CH_4 एवं N_2O) के उत्सर्जन का मूल्यांकन करने के लिए चावल-चावल आवर्तन प्रणाली को मानक लेकर भारत की चार चावल आधारित तीन-फसल आवर्तन प्रणालियों का अध्ययन किया गया है। यह प्रयोग प्रति आवर्तन प्रणाली की तीन रेप्लिकेट के साथ किया गया है। खरीफ (बरसात) मौसम में सभी प्लाटों से मीथेन का उत्सर्जन ज्यादा दर्ज किया गया। वार्षिक मीथेन चावल-चावल आवर्तन प्रणाली से सार्थक से ज्यादा (289.54kg ha^{-1}) दर्ज किया गया। चावल-मकई-तुवर आवर्तन प्रणाली से प्रति Mg अनाज उत्पादन में मीथेन का उत्सर्जन (0.89 kg ha^{-1}) सार्थक से कम दर्ज हुआ जबकि चावल-चावल आवर्तन प्रणाली (31.30kg ha^{-1}) में अधिक देखा गया। अध्ययन से यह पता चलता है कि चावल-चावल आवर्तन प्रणाली की तुलना में चावल आधारित फसल प्रणाली से ग्रीन हाऊस गैसों का उत्सर्जन कम होता है।

Methane and nitrous oxide emission from rice-based cropping systems

A Datta, S Dutta*, K S Rao**, S C Santra*** & T K Adhya**
Radio & Atmospheric Science Division, National Physical Laboratory, New Delhi - 110012
*National Research Center on Plant Biotechnology, IARI, Pusa, New Delhi -110012
**Crop Production Division, Central Rice Research Institute, Cuttack - 753 006 (Orissa)
***Department of Environmental Science, University of Kalyani - 741 243 (West Bengal)

Abstract

A study was conducted to evaluate the green house gas (CH_4 and N_2O) emission potential of some rice-based triple cropping systems practiced in India. Four cropping systems were studied along with rice-rice system (control) in a randomized block design with three replicates of each. Methane emission was significantly higher from all the plots during wet season. Significantly higher annual methane flux recorded from the rice-rice rotation system (289.54 kg ha^{-1}). During the dry season higher N_2O emission recorded from the rice-rice rotation system with pulses of N_2O flux after the N-fertilizer application. Significantly lower CH_4 emission per Mg grain yield recorded from the rice-maize-pigeonpea system (0.89kg ha^{-1}) while rice-rice rotation system recorded highest (31.30kg ha^{-1}). Study revealed that rice based cropping systems can reduce the greenhouse gas emission significantly while increasing the yield from rice cultivation.

प्रस्तावना

पिछली कुछ शताब्दियों से औद्योगिक विकास, बढ़ती यातायात व्यवस्था एवं खेती जैसे विभिन्न मानवजातिक क्रियाकलापों से वातावरण में ग्रीन हाऊस गैसों की मात्रा दिन प्रति दिन बढ़ती जा रही है। नाइट्रस ऑक्साइड एवं मीथेन ऐसी दो प्रमुख ग्रीन हाऊस गैसें हैं जिनके मोल प्रति मोल ग्लोबल वार्मिंग पोटेंशिल (GWP) कार्बन डाईऑक्साइड से 310 एवं 25 गुना ज्यादा हैं। (IPCC, 2007) मीथेन एवं नाइट्रस ऑक्साइड की उत्पत्ति प्राकृतिक एवं मानवजाति के क्रियाकलाप दोनों से ही होती है। खेती वातावरणीय मीथेन एवं नाइट्रस ऑक्साइड के प्रमुख स्रोत हैं। भारत में कुल मीथेन उत्सर्जन का 28% चावल की खेती से होता है[11]। कवर क्रॉप (cover crop) मिट्टी की गुणवत्ता एवं उपजाऊपन बनाये रखने, पानी, खर पतवार एवं पेस्ट (pest) का प्रबंध करने एवं एग्रो इकोसिस्टम की विविधता की रक्षा करने में प्रमुख भूमिका निभाता है। एक से अधिक फसलों की सौगात या एक साथ उत्पादन भारत की पुरानी परम्परा है। अधिक पैदावार फसलों के उपयोग एवं सुधरी प्रबंध प्रणाली के उपलब्धता से हमारी प्राथमिकता

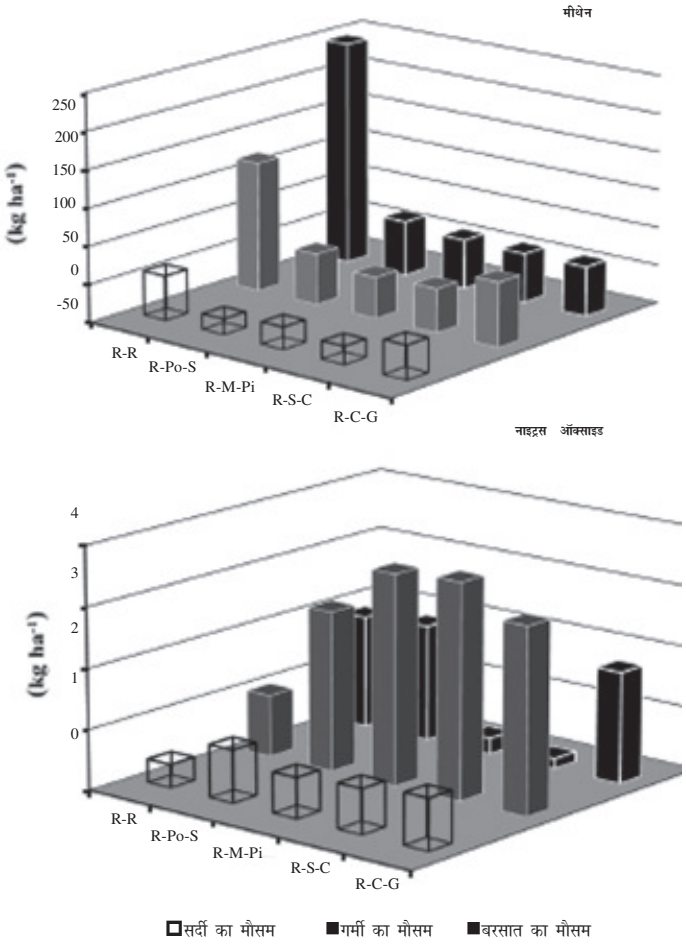
स्थायी उत्पादन से हटकर, उत्पादन से लाभ प्राप्त करने, मिट्टी की उपजाऊपन का प्रबंध करने एवं संसाधनों के कुशल उपयोग के माध्यम से गहन खेती करने में है। भारत में चावल-चना की खेती छत्तीसगढ़ (बिलासपुर, राजनंद गांव) एवं मध्य प्रदेश (दुर्ग), चावल-अरहर की खेती मध्यप्रदेश, छत्तीसगढ़ एवं महाराष्ट्र; चावल-सूरजमुखी की खेती आंध्र प्रदेश (कुधप, कुर्णुल एवं अनन्तपुर); चावल-मकई की खेती पश्चिम बंगाल (हावड़ा, मालदा), तमिलनाडु एवं बिहार; चावल-आलू पश्चिम बंगाल (हावड़ा, हुगली) एवं बिहार; चावल-मूंग उड़ीसा (पुरी, कटक, फुलवानी, सम्बलपुर) एवं आंध्रप्रदेश (पश्चिम गोदावरी, पूर्व गोदावरी, कृष्णा एवं श्रीकाकुलाम) में होती है[1,2]। वर्तमान अध्ययन चावल-चावल आवर्तन प्रणाली की तुलना में चावल आधारित आवर्तन प्रणाली से उत्पन्न ग्रीन हाऊस गैसों (CH_4 एवं N_2O) का उत्सर्जन एवं साथ-साथ फसल उत्पादकता पर चावल आधारित आवर्तन प्रणाली प्रभाव का विवरण देता है। चावल गेहूं आवर्तन प्रणाली के बाद अन्य ट्रॉपिकाल चावल आधारित आवर्तन प्रणाली से ग्रीन हाऊस गैसों का उत्सर्जन का यह शायद पहला अध्ययन है।

सामग्री एवं विधि

यह अध्ययन केन्द्रीय चावल अनुसंधान संस्थान, उड़ीसा, कटक (20º 27′ 20″ N latitudes and 85º 55′ 48″ E longitude) में किया गया था। यह प्रयोग 20m × 20m प्लाट में प्रति आवर्तन प्रणाली की तीन रेप्लिकेट के साथ किया गया। चावल खरीफ (बरसात) मौसम में बोया गया था। उसी स्थान पर अपलेन्ड फसलों को रबी (शुष्क) मौसम में बोया गया। चावल-चावल आवर्तन प्रणाली को मानक लेकर, तीन फसल आवर्तन प्रणाली में चार विभिन्न चावल आधारित फसल प्रणालियों का अध्ययन किया गया। चार विभिन्न फसल प्रणालियों में चावल (cv.IR64) - आलू (*Solanum tuberosum*) - तिल (*Sesamum indicum*) [R-Po-S]; चावल (cv.PS-II) - मकई (*Zea mays*) - तुवर (*Cajanus cajan*) [R-M-Pi]; चावल (cv.PS-I) - सूरजमुखी (*Helianthus annuus*) - लोबिया (*Vigna unguiculata*) [R-S-G] एवं चावल (cv.Ananda) - काबुली चना (*Cicer arietinum*) - मूंग (*Vigna radiata*) [R-C-G] लिया गया था। चावल-चावल [R-R] आवर्तन प्रणाली के प्लाट में cv.Naveen दोनों मौसम में बोया गया था। सभी फसलों को उनकी मानक प्रक्रिया से बोया गया। ग्रीन हाऊस गैसों को मैन्युअल क्लोज्ड चेम्बर विधि से एकत्रित किया गया[1]। ग्रीन हाऊस गैसों को एकत्रित करने का समय Adhya et al., (2000) के अनुसार निर्धारित किया गया[2]। ग्रीन हाऊस गैसों का विश्लेषण गैस क्रोमाटोग्राफ (CH_4 FID में एवं N_2O में) में मेन्युअल इंजेक्शन विधि से किया गया[3]।

परिणाम एवं विवेचना

अपलेन्ड फसल की खेती के समय सभी प्लाटों से मीथेन का उत्सर्जन सार्थक से कम हुआ था। दलहन, चावल आधारित फसल प्रणाली से मीथेन का उत्सर्जन भी कम हुआ था[2]। जिन प्लाटों में आलू लगाया गया उनसे नेगेटिव मीथेन फ्लक्स (-29.0kg ha^{-1}) दर्ज किया गया था। शुष्क मिट्टी के कारण



चित्र 1 — विभिन्न चावल आधारित फसल प्रणाली से मीथेन एवं नाइट्रस ऑक्साइड के उत्सर्जन की मौसमी भिन्नताएं

अपलेन्ड फसल मीथेन का ज्यादा शोषण करती हैं[9,11]। पूरे अध्ययन के समय में मीथेन का उत्सर्जन चावल-चावल आवर्तन प्रणाली (मानक) से सबसे ज्यादा दर्ज किया गया। रबी (सर्दी) मौसम में मीथेन फ्लक्स का kg ha^{-1} के अनुसार : R-R (8.75) > R-C-G (-5.30) > R-M-Pi (-20.60) > R-S-C (25.95) > R-Po-S (-29.00) रहा। शुष्क मौसम में मूंग की खेती से मीथेन का उत्सर्जन (7.45kg ha^{-1}) सार्थक से ज्यादा हुआ। मिट्टी में सूक्ष्मजीवी गतिविधि एवं वातावरणीय नाइट्रोजन फिक्सेशन में वृद्धि होने के कारण से शुष्क मौसम में मूंग वाले प्लाटों से मीथेन का उत्सर्जन ज्यादा होता है[8]। खरीफ मौसम में *cv.* नवीन बोये हुए प्लाटों से मीथेन का उत्सर्जन (246.82kg ha^{-1}) सबसे ज्यादा रहा। इसके पश्चात् *cv.* पूसा सुगंध II (15.38kg ha^{-1}) एवं *cv.*पूसा सुगंध I (14.765kg ha^{-1}) से मीथेन का उत्सर्जन हुआ। खरीफ (बरसात) मौसम में मिथेन फ्लक्स का kg ha^{-1} के अनुसार : R-R (246.825) > R-Po-S (22.61) > R-M-Pi (15.38) = R-C-G (15.38) > R-S-C (14.076) रहा। वार्षिक मीथेन फ्लक्स (kg ha^{-1}) की गणना करने के लिए दो फसल बोने के समय का अन्तर एवं हल चलाने के बाद के समय के फ्लक्स को भी विचार में लिया गया। वार्षिक मीथेन फ्लक्स (kg ha^{-1}) का R-R (289.54) > R-Po-S (23.42) > R-C-G (16.33) > R-M-Pi (16.32) > R-S-C (15.55) (सारणी 1) रहा। चावल की खेती के समय ज्यादा मीथेन उत्सर्जन के कारण से R-Po-s फसल प्रणाली से ज्यादा वार्षिक मीथेन फ्लक्स दर्ज किया गया। शुष्क (गर्मी) मौसम में सभी फसल प्रणालियों से नाइट्रस ऑक्साइड का उत्सर्जन (kg ha^{-1}) R-S-C (3.56) > R-M-Pi (3.48) > R-C-G (3.08) > R-Po-S (2.64) > R-R (1.02) रहा। अनियमित वर्षा के कारण गर्मी के मौसम में नाइट्रस ऑक्साइड का उत्सर्जन सार्थक से ज्यादा हुआ। गर्मी एवं वर्षा के मौसम में मिट्टी से अधिक डिनाइट्रिफिकेशन प्रक्रिया से नाइट्रस आक्साइड का उत्सर्जन ज्यादा होता है[5-6]। गर्मी के मौसम में R-Po-S (2.64kg ha^{1}) एवं R-C-G (3.08kg ha^{-1}) फसल आवर्तन प्रणाली से नाइट्रस ऑक्साइड का उत्सर्जन सार्थक से ज्यादा दर्ज किया गया। दलहन श्रेणी के पौधों का वातावरणीय नाइट्रोजन फिक्सेशन के कारण सूरजमुखी-लोबिया फसल आवर्तन प्रणाली की तुलना में लोबिया-मूंग फसल आवर्तन प्रणाली से नाइट्रस ऑक्साइड का उत्सर्जन सार्थक रूप से ज्यादा हुआ। सर्दी एवं गर्मी के

सारणी 1 — विभिन्न चावल आधारित फसल प्रणाली से अनाज उत्पादन एवं ग्रीन हाउस गैसों के उत्सर्जन की तुलना

फसल प्रणाली	अनाज उत्पादन# (Mg ha^{-1})				मीथेन फ्लक्स# (kg ha^{-1})	नाइट्रस ऑक्साइड फ्लक्स# (kg ha^{-1})	kg मीथेन प्रति Mg अनाज उत्पादन#			kg नाइट्रस ऑक्साइड प्रति Mg अनाज उत्पादन#		
	M	W	S	चावल समतुल्य			M	W	S	M	W	S
चावल-चावल	4.12[a]	-	5.13[b]	9.25[a]	289.54[c]	3.42[a]	59.90[b]	-	23.54[b]	0.45[a]	-	0.20[a]
चावल-आलू-तिल	6.43[b]	15.00[c]	1.00[a]	18.84[c]	23.42[b]	5.56[c]	3.48[a]	-1.93[a]	16.85[a]	0.41[a]	0.06[a]	1.93[b]
चावल-मकई-तुवर	6.50[b]	10.00[b]	0.60[a]	18.20[c]	16.32[ab]	4.46[b]	2.36[a]	-2.06[a]	7.33[a]	0.53[a]	0.07[a]	0.44[a]
चावल-सूरजमुखी-मूंग	6.03[a]	1.20[a]	0.70[a]	11.00[ah]	15.55[a]	4.68[bc]	2.46[a]	-21.63[a]	10.64[a]	0.59[a]	0.62[a]	0.24[a]
चावल-लोबिया-मूंग	6.20[ah]	0.30[a]	0.80[a]	10.20[ab]	16.33[ah]	6.19[d]	2.48[a]	-17.66[a]	40.06[b]	0.49[a]	2.83[b]	2.29[b]

M - बरसात का मौसम; W - सर्दी का मौसम; S - गर्मी का मौसम
#तीन समुक्ति का औसत। एक स्तम्भ में औसत के पीछे एक ही शब्द सूचित करता है, दो औसत DMRT के 5% स्तर पर अर्थपूर्ण से अलग नहीं है।

मौसम की फसलों के अवशेषों के मिट्टी में मिलाने की वजह से वर्षा के मौसम में मिट्टी का C/N अनुपात ज्यादा होता है, जिससे नाइट्रस ऑक्साइड का उत्सर्जन ज्यादा होता है[4]। वर्षा के मौसम में मिट्टी में C- मिनरेलाइजेशन के कारण भी नाइट्रस ऑक्साइड का उत्सर्जन ज्यादा होता है[3]। इसलिये वर्षा के मौसम में सर्दी के मौसम से अधिक नाइट्रस ऑक्साइड उत्सर्जन दर्ज हुआ है।

विभिन्न फसल आवर्तन प्रणाली से वार्षिक नाइट्रस ऑक्साइड फ्लाक्स (kg= ha^{-1}) का R-C-G (6.19) > R-Po-S (5.56) > R-S-C (4.46) > R-M-Pi (4.46) > R-R (3.42) (सारणी 1) रहा। आलू की फसल में ज्यादा नाइट्रोजन उर्वरकों (120kg ha^{-1}) के प्रयोग से Po-S फसल प्रणाली से शायद ज्यादा नाइट्रस ऑक्साइड का उत्सर्जन होता है।

वर्षा के मौसम में मिट्टी से नाइट्रोजन क्षति दर सबसे ज्यादा दर्ज हुई। जबकि शुष्क मौसम में चावल आवर्तन प्रणाली से मिट्टी में कम नाइट्रोजन की उपलब्धता के कारण नाइट्रस ऑक्साइड के रूप में नाइट्रोजन की क्षति कम हुई। उत्पादन की सही तुलना के लिये अनाज के उत्पादन को चावल समतुल्य उत्पादन में बदला गया। चावल-तिल (R-Po-S) फसल प्रणाली में अनाज का उत्पादन सार्थक से ज्यादा (18.84Mg ha^{-1}) एवं चावल-चावल फसल आवर्तन प्रणाली में अनाज का उत्पादन सब से कम (9.25Mg ha^{-1}) दर्ज किया गया (सारणी 1)। चावल-चावल आवर्तन प्रणाली से ज्यादा मीथेन उत्सर्जन दर्ज हुआ। प्रति Mg अनाज उत्पादन से नाइट्रस ऑक्साइड का उत्सर्जन (kgN_2OMg^{-1}) का R-R (31.30) > R-C-G (1.60) > R-S-C (1.41) > R-Po-S (1.24) > R-M-Pi (0.89) रहा। दलहन श्रेणी की फसलों से ज्यादा नाइट्रोजन फिक्सेशन की वजह से चावल-मूंग-लोबिया बोए गए प्लाटों से चावल का उत्पादन सार्थक से ज्यादा दर्ज किया गया (सारणी 1)। खरीफ मौसम में प्रति Mg उत्पादन से नाइट्रस ऑक्साइड के उत्सर्जन (kg N_2O Mg^{-1}) का R-S-C (0.59) > R-M-Pi (0.53) > R-C-G (0.49) > R-R (0.45) > R-Po-S (0.41) रहा।

निष्कर्ष

शुष्क भूमि फसल आवर्तन प्रणाली से प्रति Mg अनाज उत्पादन से मीथेन का उत्सर्जन चावल-चावल फसल आवर्तन प्रणाली से सार्थक से कम दर्ज हुआ। शुष्क भूमि फसल आवर्तन प्रणाली से नाइट्रस ऑक्साइड प्रमुख होता है जबकि चावल-चावल फसल आवर्तन प्रणाली से मीथेन का उत्सर्जन प्रमुख होता है। रबी मौसम में दलहन या अन्य फसलों के साथ फसल आवर्तन से चावल की खेती से फसल का उत्पादन ज्यादा होता है एवं साथ-साथ मीथेन का उत्सर्जन भी कम होता है।

संदर्भ

1. Adhya T K, Rath A K, Gupta P K, Rao V R, Das S N, Parida K, Parashar D C & Sethunathan N, *Biology fertility of soils,* (1994) 245-248.
2. Adhya T K, Mishra S R, Rath A K, Bharati K, Mohanty S R, Ramakrishna B, Rao V R & Sethunathan N, *Agriculture Ecosystem and environment,* **79** (2000) 85-90.
3. Arnold K, Von Nilsson M, Hanell B, Weslien P & Klemedtsson L, *Soil Biology and Biochemisty,* **37** (2005) 1059-1071.
4. Baggs E M, Rees R M, Smith K A & Vinten A J A, *Soil use and management,* **16** (2000) 82.
5. Clement J C, Pinay G & Marmonier P, *J. environmental quality,* **31** (2002) 201-210.
6. Hafting M M, nitrogen tranformation and retention in riparian buffer zones. Febodruk, utrecht (2003).
7. IPCC [Intergovernmental panel on climate change] fourth assessment report, (AR4) (2007).
8. Lindau C W, *Soil Biology and Biochemisty,* **26** (1994) 353-359.
9. Martikainen P J, Nykanen H, Crill P & Silvola J, *Nature,* **366** (1993) 51-51.
10. NATCOM [India's initial National Communication to UNFCCC] Ministry of environment and Forest, Govt of India, (2004) 50-53.
11. Roulet N T, Ash R, Quinton W Moore T, *Global Biogeochemical Cycle*, **7** (1993) 749-769.
12. Yadav R L and Rao AVMS, Atlas of cropping systems in India, Indian Council of Agricultural Research, Modipuram, (UP), India.