NEW ERA AGRICULTURE MAGAZINE

पारंपरिक उर्वरकों एवं नैनो उर्वरकों के उपयोग की मृदा मे तुलनात्मक क्रियाविधि की समीक्षा

राजवीर सिंह

परिचय:

नैनो टेक्नोलॉजी द्वारा पौधों मे आनुवांशिक सुधार के माध्यम से कृषि के अंतर्गत धीरे धीरे नैनो टेक्नोलॉजी के अनुप्रयोग सैद्धान्तिक संभावनाओ से व्यावहारिक अनुप्रयोगो मे बदल रहे है। उपयुक्त तकनीकों एवं सेंसर के द्वारा सटीक कृषि मे प्राकृतिक संसाधनो के प्रबंधन, खाद्य उत्पादो मे रोगाणुओ एवं संदूषको का जल्दी पता लगाने, उर्वरक एवं कीटनाशकों जैसे रसायनो के प्रभावी वितरण प्रणाली, खाद्य प्रसंस्करण, पैकिंग के अलावा कृषि एवं खाद्य प्रणाली की सुरक्षा की निगरानी इत्यादि के द्वारा नैनो टेक्नोलॉजी की क्षमता मे वृद्धि हो रही है (Moraru *et al.,* 2003; Chau *et al.,* 2007; Subramanian and Rahale, 2009) । कृषि के क्षेत्र मे नैनो टेक्नोलॉजी के अनुप्रयोग से परिस्थितिकी तंत्र पर अनुकूल प्रभाव के साथ साथ यह उपभोक्ताओ एवं किसानों के लिए प्रमुख आर्थिक सुधारात्मक के रूप मे लाभप्रद अवसर प्रदान कर सकती है। वर्तमान समय मे बढ़ते रासायनिक खादों के उपयोग से परिस्थितिकी तंत्र पर पड़ने वाले चिंताजनक प्रतिकूल प्रभाव से बचाने मे नैनो टेक्नोलॉजी के नैनो पोरोस जियोलाइट्स के उपयोग काफी हद तक कारगर साबित हो सकते हैं।

कृषि मे नैनो टेक्नोलॉजी के अनुप्रयोग:-

कृषि एवं खाद्य प्रणाली मे नैनो टेक्नोलॉजी का उपयोग काफी तेजी से बढ़ने की उम्मीद है। वर्तमान मे अंतर्राष्ट्रीय बाजारो मे 300 से अधिक खाद्य उत्पाद उपलब्ध हैं। वर्तमान परिपेक्ष्य को देखते हुए नैनो टेक्नोलॉजी कृषि एवं खाद्य उद्योग मे रोगो के आण्विक उपचार, त्वरित रोग पहचान, पौधों की पोषक तत्वों की अवशोषण क्षमता को बढ़ाने के साथ साथ नए उपकरणो के माध्यम से एक क्रांतिकारी बदलाव लाने की क्षमता रखती है। निकट भविष्य मे नैनो स्ट्रक्चर्ड उत्प्रेरक के जरिये कीटनाशकों एवं हर्बीसाइड्स के कम मात्रा मे उपयोग से दक्षता मे वृद्धि के साथ ही स्मार्ट सेंसर की सहायता से सटीक जानकारी मिलने से किसानो कों बेहतर निर्णय लेने से सटीक खेती मे कृषि उत्पादन बढ़ने की संभावना है। इस प्रकार भविष्य मे नए गुणों वाले नैनोस्केल उपकरणो के माध्यम से उचित उपचारात्मक कार्यवाही के जरिये स्मार्ट कृषि प्रणाली अपनाने मे मददगार साबित होगा।

नैनो उर्वरक:-

पारंपरिक N, P एवं K उर्वरको की पोषक तत्व उपयोग की दक्षता क्रमशः 30-35%, 18-20% एवं 35-40% से अधिक नही होती है। नैनो उर्वरक जिनको 1-100 nm के नैनो आयामों के साथ पदार्थो का उपयोग करके विकसित किया गया जोकि पौधो के लिए अच्छे पोषक तत्व वाहक होते हैं। नैनो कणों का सर्फ़ेस क्षेत्र ज्यादा होने के कारण ये पोषक तत्वो की प्रचुर मात्रा के साथ उन्हे धीमी गति एवं स्थिर रूप से जारी करते है जिससे किसी भी कस्टमाइज्ड उर्वरक इनपुट के दुष्प्रभाव से बचाकर फसल की जरूरत के अनुसार पोषक तत्वों के अवशोषण को सरल बनाते है। Chuprova *et al.,* (2004) ने एक शौध के दौरान मक्का की जैविक उत्पादकता मे Chernozem की mobile ह्यूमस सामग्री

राजवीर सिंह

सहायक आचार्य (शस्य विज्ञान), कृषि महाविद्यालय, कुम्हेर, डीग.

पर zeolite उर्वरको के फायदेमंद प्रभावों को पाया। ईसी प्रकार एक अन्य अध्ययन के दौरान देखा कि एक पेटेंटेड नैनो कॉम्पोजिट जिसमे N, P, K एवं सूक्ष्म पोषक तत्व के साथ साथ mannose एवं amino acids शामिल थे मे पाया कि ये अनाज वाली फसलों मे पोषक तत्वों के अवशोषण बढ़ाने मे सक्षम है (Jinghua, 2004) । Liu *et al*., (2006) ने बताया कि कार्बनिक सामग्री जोकि kaolinite clay की परतो मे (पॉलीस्टायरीन) इंटरकैलेटेड है, जोकि नैनो एवं उपनैनोकॉम्पोजिट्स का निर्माण करती है जो उर्वरक कैप्सूल से नैनो पोषक तत्वों की रिलीस कॉ नियंत्रित करने मे सक्षम है। इस प्रकार नैनो कणों का उपयोग मेम्ब्रेन नियंत्रित पोषक तत्वों के के रिलीज मे किया जा सकता है। (SharmilaRahale (2011) ने नाइट्रोजन ले जाने वाले नैनो फर्टिलाइज़र्स फोर्मूलेशन (zeolite and montmorillonite) मे पोषक तत्वों के रिलीज़ पैटर्न को देखा और पाया कि पारंपरिक उर्वरको कि तुलना मे नैनो क्ले आधारित उर्वरक नाइट्रोजन को लंबे समय तक रिलीज़ करने कि क्षमता रखते हैं।

जीओलाइट्स के गुण:-

जीओलाइट्स, प्राकृतिक रूप से उत्पन्न 50 से अधिक खनिज समूह के साथ लंबे समय तक अपने अच्छे भौतिक एवं रसायनिक गुणों के कारण एक अच्छे वृद्धि माध्यम एवं सब्स्ट्रेट के रूप मे ध्यान आकर्षित करते है (Markovich et al., 1995) । ये आणविक आकार के चैनल एवं खाली स्थान के साथ एक सख्त तीन उच्च आयामी क्रिस्टल संरचना साथ साथ इनकी CEC भी ज्यादा होती है जोकि खनिज संरचना का निर्माण करने वाले silicon oxide tetrahedral इकाइयों मे Si के लिए Al का प्रतिस्थापन से उत्पन्न होती है (Ayan, 2001 and 2002a; Pickering *et al.,* 2002)।

Junrungreang *et al*., (2002) द्वारा प्रस्तुत zeolite के संघटन गुण क्रमशः निम्न प्रकार है: CEC (133.92 cmol (p+) kg-1), K (19.83 cmol kg-1), Ca (161.96 cmol kg-1), Mg (16.40 cmol kg-1), Na (13.97 cmol kg-1), P2O5 (426 mg kg-1), pH (6.4), SiO2 (71%), Al2O3 (11%), Fe2O3 (3.13%), Na2O (1.09%), MgO (0.61%), K2O (2.54%), और CaO (2.56%).

इस प्रकार साहित्य समीक्षा से पता चलता है कि जीओलाइट्स एक प्राकृतिक खनिज है जिसका सतह क्षेत्र व्यापक होता है और जो उपयुक्त आंशिक संशोधन के बाद +ve एवं – ve पोषक तत्व आयनों की विस्तृत श्रंखला को पकड़े रखता है।

आवश्यक पोषक तत्व:-

प्राथमिक पोषक तत्व:-

नाइट्रोजन नैनोफर्टिलाइजर:- नाइट्रोजन लीचिंग से जुड़ी समस्याओ के समाधान के लिए पोलियोलफ़िन रेजिन कोटेड यूरिया, नीम कोटेड यूरिया और सल्फर कोटेड यूरिया जैसे विभिन्न दृष्टिकोण अपनाए गए। हालांकि धीमी रिलीजिंग उर्वरक ज्यादा मात्र मे नाइट्रोजन के दौरान ही वे धीरे धीरे रिलीज करने के साथ वे काफी महंगे भी होते है। नाइट्रोजन की NH4 के रूप मे होने वाले नुकसान को नियंत्रित करने के लिए कैटायन एक्सचेंजर के रूप मे एडिटिव्स का उपयोग करके कम किया जा सकता है। जियोलाइट का उपयोग करके आवश्यक पोषक तत्वो का संरक्षण एवं फसल की जरूरत अनुसार उपयुक्त समय पर रिलीज करके फसल उत्पादन मे सुधार होता है। क्लिनोप्टिलोलाइट जियोलाइट (CZ) जोकि एक छिद्रपूर्ण खनिज है जिसमे उच्च कैटायन एक्सचेंज क्षमता (CEC लगभग 300 c mol (p+) kg -1) है जिसका NH4 के प्रति अधिक

आकर्षण होने के कारण (Ming and Mumpton, 1989) फार्म खाद से NH_3 उत्सर्जन को कम करने (Amon *et al.,* 1997) के साथ साथ इसकी विषाक्ता को कम करने (Gupta *et al*., 1997) मे उपयोग लिया जाता है। Lefcourt and Meisinger (2001) ने रिपोर्ट मे बताया कि जियोलाइट NH_4- N को विनिमय स्थलो पर संग्रहित करके NH_4 वाष्पीकरण को कम करने की क्षमता के साथ साथ एक धीमी गति से रिलीज का एक अच्छा स्त्रोत भी है (Gruener *et al.,* 2003; Rehakova *et al.,* 2004)। Li (2003) ने हेक्साडेसीलट्रिमेथाइल अमोनियम का उपयोग करते हुए सतहसंशोधित-सक्रिय पदार्थ जियोलाइट (SMZ) का उपयोग करके बताया कि SMZ नाइट्रेट के लिए एक अच्छा सोरबेंट है जो धीमी गति से नाइट्रेट रिलीज को बढ़ावा देता है। Latifah *et al.,* (2011) ने पुष्टि की कि जियोलाइट एवं साबूदाना अपशिष्ट जल के साथ यूरिया मिश्रण से अमोनिया पर अमोनियम एवं उपलब्ध नाइट्रेट आयनों के गठन को बढ़ावा देते हुए मिट्टी के भीतर विनिमेय अमोनियम एवं उपलब्ध नाइट्रेट के प्रतिधारण मे भी सुधार किया। इस प्रकार नैनोफर्टिलाइजर के रूप मे जियोलाइट नाइट्रोजन उपयोग दक्षता को बढ़ावा देने के लिए एक आदर्श रणनीति हो सकती है।

फॉस्फोरस नैनोफर्टिलाइजर:- Malhi *et al.,* (2002) ने बताया कि जब जियोलाइट वैलेंट पोषक- मोनो (क्लिनोंप्टिलोलाइट) कैटायन, जैसे NH_4+एवं K + के साथ संतृप्त होते है, जिससे रॉक फास्फेट की घुलनशीलता मे वृद्धि होती है। Bansiwal *et al.,* (2006) ने बताया कि उर्वरक लोडेड SMZ से P की की आपूर्ति KH_2PO_4 की तुलना मे लंबे समय तक उपलब्ध थी क्योकि SMZ PO_4 के लिए एक अच्छा सोरबेंट है, जिसके द्वारा P का धीमा विमोचन संभव है। जियोपोनिक सिस्टम पोषक तत्वों के संरक्षण को बढ़ावा देने के साथ साथ वातावरण मे उनकी हानि को कम करते हुए पौधों की जड़ क्षेत्र मे संतुलित पोषक तत्व आपूर्ति करते है जिसके परिणामस्वरूप कम उर्वरक की जरूरत पड़ती है। SharmilaRahale (2011) ने एक परकोलेशन रिएक्टर मे विभिन्न नैनो क्ले और जियोलाइट का उपयोग करके सतह संशोधित PO_4 रिलीज पैटर्न मे पाया कि पारंपरिक उर्वरक की तुलना मे नैनो फार्मूलेशन से लंबे समय तक फॉस्फेट रिलीज हुआ। इस प्रकार विभिन्न साहित्यों से यह पता चलता है कि सतह संशोधित जियोलाइट P उपयोग की दक्षता को बढ़ावा देने के लिए पारंपरिक प्रणाली की तुलना मे एक अच्छी कारगर संभावित रणनीति हो सकती है।

पोटेशियम नैनोफर्टिलाइजर:- Treacy and Higgins (2001) ने अपने सुझाव मे बताया कि पोटेशियम एकमात्र ऐसा तत्व है जिसकी आयन विनिमय (216 c mol (p +) Kg-1) क्षमता सबसे अधिक होती है इसको कुछ प्राकृतिक जियोलाइट जिनमे पर्याप्त मात्रा मे विनिमयशील K + होता है जो पौधो को मृदा के द्वारा प्रदान करके पौधो की वृद्धि को बढ़ा सकता है। (Dakovic *et al.,* (2007) ने बताया कि जियोलाइट की क्रिस्टल संरचना के कारण यह मिट्टी मे बहुत आसानी से घोल के रूप मे मुक्त हो जाता है जिससे मिट्टी मे कुल सामग्री मे वृद्धि होती है। जियोलाइट पर आयन विनिमय मे चयनियता रिचार्ज क्रम K+>NH_4+ >Na+ >Ca2+ >Mg2+ इस प्रकार निर्धारित किया गया है। Rezaei *et al.,* (2009) ने रिपोर्ट किया कि जियोलाइट पर सोर्ब किया गया पोटेशियम का संतुलन K सांद्रता के बढ़ने के साथ बढ़ता है। इस प्रकार नैनो टेक्नालजी पोषक तत्वो की उपलब्धता एवं नियंत्रित रिलीज मे सुधार ला सकती है।

द्वितीयक पोषक तत्व नैनोफर्टिलाइजर:-

Supapron *et al.,* (2007) ने बताया कि जियोलाइट Ca एवं Mg उटवर्क को धीमी गति से रिलीज करते हुए मिट्टी मे इसकी उपलब्धता मे सुधार करता है। Li and Zhang (2010) ने सतह संशोधित जियोलाइट –सक्रिय पदार्थ (SMZ) का उर्वरक एडिटिव के रूप मे सल्फेट रिलीज को नियंत्रित करने मे उपयोग किया जिसमे पाया कि SMZ सल्फेट के लिए एक अच्छा वाहक हो सकता है जिसके द्वारा सल्फेट की लीचिंग को कम करके धीमा रिलीज किया जा सकता है।

सूक्ष्म पोषक तत्व नैनोफर्टिलाइजर:-

Sheta *et al.,* (2003) ने शोध के दौरान पाया कि प्राक्र्यतिक जियोलाइट मुखयतः चबाजाइट एवं बेंटोनाइट खनिज, जिंक और लोहे के अवशोषण कि उच्च क्षमता के साथ साथ धीमा विमोचन करते है। Broos et al., (2007) ने बताया जिंक का धीमा विमोचन खनिजो कि कम घुलनशीलता एवं विनिमय का प्रतिबंधन प्रभाव कि वजह से सूक्ष्म पोषक तत्व जियोलाइट विनिमय स्थलो पर मुक्त होते है जोकि पौधो द्वारा ग्रहण के लिए उपयुक्त होते है। Eberl (2008) ने बताया कि उदासीन मिट्टी मे जियोलाइट की उपस्थती के कारण कैटायोनिक सूक्ष्म पोषक तत्व मे वृद्धि हुई। Pandey *et al.,* (2010) ने रिपोर्ट किया कि जस्ते से समृद्ध ZnO नैनोपार्टिक्लस ने जड़ों मे IAA के स्तर को बढ़ाया जोकि पौधो कि वृद्धि दर को बढ़ाता है।

नैनो कोंपोजिट्स:-

प्राक्र्यतिक रॉक-फास्फेट और NH_4 एवं K संतृप्त क्लिनोंप्तिलोलाइट के मिश्रणों से N, P, K और Ca का धीरे धीरे रिलीज हुआ। Bagdasarov *et al.,* (2004) ने रिपोर्ट किया कि जियोलाइट पोषक तत्वों का स्रोत होने के साथ साथ खनिज उर्वरको का एक उत्क्रयष्ट कैरियर एवं स्थिरीकरणकरने वला नियामक है। Liu *et al.,* (2006) ने पानी मे सुपर एब्जोर्बेंट नाइट्रोजन उर्वरक नाइट्रोजन के धीमे रिलीज एवं SSNF के साथ मिट्टी की पानी धारण क्षमता के अध्ययन के दौरान पाया कि सहत क्रॉस लिंकेड उत्पाद मे अच्छा धीमी रिलीज गुण के साथ साथ मिट्टी मे नमी संरक्षण क्षमता भी थी जो समान रूप से उर्वरक एवं जल संसाधनो के उपयोग मे सुधार ला सकती है।

Rehakova *et al.,* (2004) ने बताया कि जियोलाइट संशोधित के द्वारा दूषित भूमि मे पौधो कि वृद्धि दर अच्छी थी। Ayan *et al.,* (2005) ने रिपोर्ट किया कि खेत मे जियोलाइट देने के बाद धनायन विनिमय क्षमता, जल धारण क्षमता एवं पौधो के पोषक तत्वों मे वृद्धि हुई। Khodakovskaya *et al.,* (2009) ने रिपोर्ट किया कि कार्बन नैनोट्यूब (CNTs) से संपर्क आने वाले बीजो का अंकुरण तेजी से हुआ। Srinivasan and Saraswathi (2010) ने रिपोर्ट किया कि CNTs मे दो दिन तक रखे बीजों मे नमी कंट्रोल मे रखे बीजों के मुक़ाबले ज्यादा थी। ऐसा इसलिए हुआ क्योकि बीज आवरण मे CNTs के प्रवेश के कारण नए छिद्रों का उत्पन्न होना है जिससे बेहतर पानी का संभव प्रवाह हुआ। Ahmed *et al.,* (2010) ने बताया कि जियोलाइट के साथ मिश्रित अकार्बनिक उरवरकों के उपयोग से N, P, K के अवशोषण मे वृद्धि के साथ साथ पत्तियों, तने एवं जड़ों मे उपयोग दक्षता मे बढ़ोतरी हुई।

इस प्रकार उपरोक्त साहित्यों से यह निष्कर्ष निकलता है कि नैनो उर्वरक एवं जियोलाइट का कृषि मे प्रभावी ढंग से उपयोग किया जा सकता है। नैनोटेक्नालजी के शोध समाज को कृषि एवं खाद्य प्रणालियों मे अनुप्रयोग के माध्यम से काफी लाभ प्रदान कर सकते है।

References: -

1. Ahmed OH, Sumalatha G, and NikMuhamad M (2010) Use of zeolite in maize (Zea mays) cultivation on nitrogen, potassium and phosphorus uptake and use efficiency. International J Physical Sci. 5(15): 2393-2401.
2. Amon M, Dobeic M, Sneath RW, Philips VR, Misselbrook TH, and Pain BF (1997) A farm-scale study on the use of clinoptilolite zeolite and deBodorase for reducing odor and ammonia emissions from broiler houses. Bioresource Tech 61: 229–237.
3. Ayan S (2001) Utilization of zeolite as plant growing media. East Mediterranean Forest Research Institute Journal 7: 97-111.
4. Ayan S (2002a) Using of zeolite mineral for seedling production and afforestration practices. Gazi Unv Faculty of Forestry Journal 1: 78-88.
5. Ayan S, Yahyaoglu Z, Gercek V, and Sahin A (2005) Utilization of zeolite as a substrate for containerised oriental orientalisL.) seedlings spruce (Picea propagation. International Symposium on Growing Media. INRA-INH-University d' Angers- France, 4 10p.
6. Bagdasarov VR, Kazachenko AA, Rustambekov MK, Uspenskij BG, Kuznetsova VV, and Efremov EN (2004) Prolonged-activity nitrogen-zeolite fertilizer, Russia.
7. Bansiwal AK, Rayalu SS, Labhasetwar NK, Juwarkar AA, and Devotta S (2006) Surfactant modified zeolite as a slow release fertilizer for phosphorus. J Agric Food Chem 54: 4773 -4779.
8. Broos K, Warne J, Heemsbergen DA, Stevens D, Barnes MB, Correll RL, and Mclaughlin MJ (2007) Soil factors controlling the toxicity of copper and zinc to microbial processes in Australian Soils. Environ Toxi Chem 26 (4): 583–590.
9. Chuprova VV, Ulyanova OA, and Kulebakin VG (2004) The effect of bark–zeolite fertilizers on mobile humus substances of chernozem andon biological productivity of Corn. Poster presented Euro Soil,Freiburg, Germany. 4 - 12p.
10. Dakovic A, Tomasevic M, Rottinghaus EG, Matijasevic S, and Sekulic Z (2007) Fumonisin B1 adsorption to octadecyldimetylbenzyl ammonium-modified clinoptilolite-rich zeolitic tuff. Microporous and Mesoporous Materials 105: 285–290.
11. Eberl DD (2008) Controlled release fertilisers using zeolites. USGS science for changing world. Tech. Transfer p: 1-3.

12. Gruener JE, Ming DW, Henderson KE, and Galindo-Jr C (2003) Common ion effects in zeoponic substrates: wheat plant growth experiment. Microporous and Mesoporous Materials 61: 223-230.

13. Gupta G, Borowiec J, and Okoh J (1997) Toxicity identification of poultry litter aqueous leachate. Poultry Sci 76: 1364–1367.

14. Jinghua G (2004) Synchrotron radiation, soft X ray spectroscopy and nano-materials. J Nanotech 1(1-2): 193-225.

15. Junrungreang S, Limtong P, Wattanaprapat K, and Patsarayeangyong T (2002) Effect of zeolite and chemical fertilizer on the change of physical and chemical properties on Lat Ya soil series for sugar cane. 17th WCSS, Thailand.

16. Khodakovskaya M, Dervishi E, Mahmood M, Xu Y, Li Z, Watanabe F, and Bris AS (2009) Carbon nanotubes are able to penetrate plant seed coat and dramatically affect seed germination and plant growth. ACS Nano 3: 3221-3227.

17. Latifah O, Ahmed OH, and NikMuhamad AM (2011) Reducing ammonia loss from urea and improving soil exchangeable ammonium and available nitrate in non-waterlogged soils through mixing zeolite and sago (Metroxylonsagu) waste water. International J Physical Sci 6(4): 866-870.

18. Lefcourt AM, and Meisinger JJ (2001) Effect of adding alum or zeolite to diary slurry on ammonia volatilization and chemical composition. J Dairy Sci. 84: 1814-1821.

19. Li JX, Wee CD, and Sohn BK (2010) Growth response of hot pepper applicated with ammonium (NH4 +) and Potassium (K+) Loaded Zeolite. Korean J. Soil Sci. Fert. 43(5): 619-625.

20. Li Z (2003). Use of surfactant-modified zeolite as fertilizer carriers to control nitrate release. Microporous and Mesoporous Materials 63: 181–188.

21. Li Z, and Zhang Y (2010) Use of surfactant modified zeolite to carry and slowly release sulfate. Desalin. water treat. 21:73-78.

22. Liu M, Liang R, Liu F, and Niu A (2006). Synthesis of a slow release and superabsorbent nitrogen fertilizer and its properties. Polym Adv Tech 17: 430-438.

23. Malhi SS, Haderlin LK, Pauly DG, and Johnson AM (2002) Improving

fertiliser use efficiency. Better Crops 86: 22-25.

24. Markovich A, Takac A, Illin Z, Ito T, and Tognoni F (1995) Enriched zeolites as substrate component in the production of paper and tomato Horticulture. 396: 321-328.

25. Ming DW, and Mumpton FA (1989). Zeolites in soils. In lB. Dixon and S.B. Weed, Ed., Minerals in soil environments. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin 873-911.

26. Moraru C I, Panchapakesan C P, Huang Q R, Takhistov P, Sean L, and Kokini J L (2003) Nanotechnology – A new frontier in food science. Food Technology 57 (12): 24-29.

27. Pandey AC, Sanjay SS, and Yadav RS (2010) Application of ZnO nanoparticles in influencing the growth rate of Cicer arietinum. Journal of Nanoscience 5 (6): 488-497.

28. Rehakova M, Cuvanova S, Dzivak M, Rimar J, and Gavalova Z (2004) Agricultural and agrochemical uses of natural zeolite of the clinoptilolite type. Current Opinion in Solid State and Materials Science 8: 397–404.

29. Rezaei M, and Movahedinaeini SAR (2009) Effects of ammonium and Iranian natural zeolite on potassium adsorption and desorption kinetics in the loess soil. International J Soil Sci. 4: 1-19.

30. Sharmila Rahale (2011) Nutrient release pattern of nanofertilizer formulation. Ph.D (Agri.) Thesis. Tamilnadu Agricultural University, Coimbatore.

31. Sheta AS, Falatah AM, Al-Sewailem MS, Khaled EM, and Sallam ASH (2003) Sorptioncharacteristics of zinc and iron by natural zeolite and bentonite. Microporous and Mesoporous Mat 61: 127–136.

32. Srinivasan C, and Saraswathi R (2010) Nano agriculture – carbon nanotubes enhance tomato seed germination and plant growth. Current Sci. 99: 274-275.

33. Subramanian KS, and S Rahale (2009) Synthesis of nanofertiliser formulations for balanced nutrition. Proceedings of the Indian society of soil science-platinum Jubilee celebration. IARI, Campus, New Delhi. 85p.

34. Supapron J, Pitayakon L, and Wattanaprapat (2007). Effect of zeolite and Chemical fertilizer on the change of physical and chemical properties on LatYa soil series for sugarcane.17th WCSS, Thailand.

35. Treacy MJ, and Higgins JB (2001) Collection of simulated XRD powder

patterns for zeolites, 4th edition. Elsevier, Amsterdam.