

控釋型肥料應用於水稻栽培之研究¹

江汶錦、黃瑞彰²

摘 要

江汶錦、黃瑞彰。2011。控釋型肥料應用於水稻栽培之研究。臺南區農業改良場研究彙報 58：40-49。

本試驗針對作物的需肥特性研發釋出速率不同的生物可分解控釋型肥料，其 30°C 初期溶出率介於 2.2%~50% 之間。水稻臺南 11 號田間試驗，2010 年一期作，一般化肥、控釋型肥料與對照組 3 處理間，產量達極顯著差異，以控釋肥處理 790 kg/0.1ha 最高，是一般推薦化肥量處理 653 kg/0.1ha 的 121%，而未施肥空白區最低 249 kg/0.1ha。2011 年一期作產量以 1 倍控釋肥處理 940 kg/0.1ha 最高，0.8 倍控釋肥處理 910 kg/0.1ha 次之，一般推薦化肥量處理 882 kg/0.1ha，未施肥空白區最低 483 kg/0.1ha。試驗結果顯示，控釋型肥料確實能提高產量、降低施肥量、減少人力支出與施肥次數，具省時及節能減碳的效果。

關鍵詞：水稻、控釋型肥料、環保、增產

接受日期：2011 年 12 月 16 日

前 言

台灣位處亞熱帶，農業極為進步，其中尤以高產值、高品質之設施園藝作物更是蓬勃發展，單位施肥量亦隨之增加，然而水稻與雜糧等糧食作物雖然單位施肥量較低，但在大面積的栽培下，少許的施肥減量，則有顯著的影響。台灣已於 2002 年元旦正式加入世界貿易組織 (WTO)，各國農產品更易進入台灣，相對的，台灣的農產品也可擴張至國際市場，市場開拓的難易，則依賴農產品的競爭力與行銷力。生產成本偏高是台灣農業最大之問題，人力不足為其中最重要者，如何降低人工成本，實為提高競爭力之方法，鑒於台灣農業人口逐年老化，尤其稻農僅少數自行施肥，部分則委託代耕（代施）中心，部分甚至只將肥料袋放置灌溉口使用水源頭放流的方式，雖便利省工，但卻造成肥料利用率低、增加施肥量、肥料分布不均、作物生長參差與環境汙染等問題，日本的控釋肥發展與水稻生產應用的成果可供我們參考，施用控釋型肥料可以提高肥料利用效率，不但可以降低人工成本，提高收益，對減少設施因過度施肥造成之鹽害汙染問題，與降低施肥所造成的環境汙染，將有相當大的成效^(12,13,14)。在我國相鄰的亞洲國家，如日本、韓國、中國大陸亦都積極地發展控釋型肥料，並將其使用於多種作物栽培上，成果亦相當豐碩^(23,24)。

1. 行政院農業委員會臺南區農業改良場研究報告第 388 號。

2. 臺南區農業改良場作物環境課助理研究員、副研究員。

控釋肥包裹的厚度、材料與性質等，將影響所製成控釋型肥料的理化性質^(1,2,3,6,8,22)，其中肥料成分亦攸關作物成長。若能依作物需肥特性調製適當的控釋型肥料，將有助台灣農業朝更省工、環保及精緻方向邁進，故本研究擬研發適用於本土之環保控釋型肥料並應用於水稻栽培，此亦為兼顧農業生態環境與農業經濟生產之永續經營方式。

材料與方法

一、控釋型肥料製備與初期溶出分析

挑選市售的粒狀複合肥料，並利用篩網選取適當粒徑，以本場自行調配的包膜材料配方，利用糖衣機和流化床進行包覆，並將包覆完成的控釋型肥料，抽樣評估其初期溶出率，以利下階段田間試驗使用。

肥料氮含量分析：參考國家標準 CNS12099 N3106、CNS8449 N4085^(17,18)。肥料釋放速率則參考 Hays 等人⁽²¹⁾之方法，估算初期溶出率（30°C 可溶出的量）、冷水可溶出率（15°C 以下可溶出的量）及熱水可溶出率（60°C 以上可溶出的量）。

因考量實驗室分析的效率，且化學肥料皆為可溶速效性肥料，將控釋肥溶出率以簡單的電導度 (E.C.) 值取代氮含量分析，會更簡便快速，分析方法參考 *Methods of Soil Analysis* (1982)⁽¹⁹⁾ 與中國大陸 GBT 23348 -2009 緩釋肥料分析方法⁽³⁾，以電導度 (E.C.) 替換氮含量分析，電導度量測以肥料：水 = 1：20 比例混合，並於室溫下依浸泡時間的長短不同，以電導度計、氮含量分析分別測定，用以估算室溫下控釋肥於水中的溶出狀況，電導度與氮溶出率分析比較結果如圖一，顯示不同溶出時間下，電導度與氮溶出率幾乎一致，故以電導度取代氮含量分析是可行的。

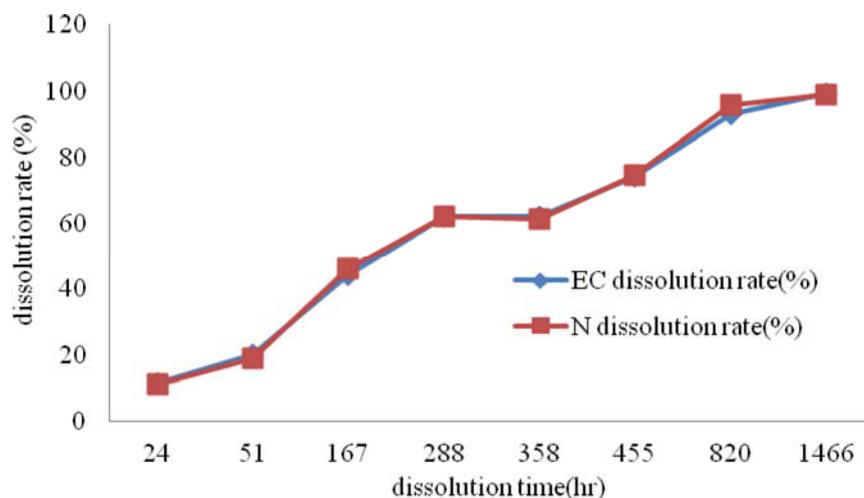


圖 1. 電導度與氮溶出率分析比較圖

Fig. 1. E.C. dissolution rate compared with the Nitrogen dissolution rate

二、分析方法

土壤電導度以土：水=1：1 作成懸浮體，過濾後，以電導度計（US597 型）測定。pH 值以土：水=1：5，平衡一小時後以玻璃電極法測定。有機質以總有機碳分析儀（TOC）測定。土壤磷以 Bray No.1 抽出，鉀、鈣及鎂以 Mehlich No. 3 抽出後用感應耦合電漿原子發射光譜儀（ICP）測定。現場直測土壤電導度每周一次，每處理區量測 9 點平均，以電導度計（Catalog#2265FS）測定。

將植體樣本採取後，先以 RO 或自來水清洗，再以蒸餾水及去離子水沖洗後，以乾紗布擦乾植物體表面的水，置入 70°C 的烘箱中 24 小時，分別秤乾重磨粉備用。氮以元素分析儀分析，磷、鉀、鈣及鎂則先以三酸（ HNO_3 ： HClO_4 ： H_2SO_4 =9：2：2）分解至澄清後，磷用鉬黃法測定，鉀、鈣、鎂及微量元素用感應耦合電漿原子發射光譜儀（ICP）測定。

水稻坪割每處理區調查 5 點，每點 50 叢，以評估單位產量，稻穀調製後進行米質分析包含食味值、味度、蛋白質與直鏈澱粉等。

三、試驗設計

2010 年一期水稻，試驗地點選於本場試驗田（ F_2 ），種植臺南 11 號水稻品種，於 2009 年 12 月 25 日插秧、2010 年 1 月 22 日第一次追肥、2010 年 2 月 10 日第二次追肥、2010 年 3 月 9 日開始曬田、2010 年 3 月 20 日第三次追肥（穗肥）、2010 年 5 月 12 日坪割採樣。田間規劃：試驗田面積 5 分地，分 3 區，中間以土堤分隔，分別為控釋型施肥區（2 分地）、空白對照區（1 分地）與一般化肥施肥區（2 分地），施肥前先採土壤分析評估施肥量，土壤分析資料如表一所示，空白對照區不施肥，一般化肥施肥用量（ $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}=17\text{-}9.2\text{-}8.8$ ）公斤／分，分 4 次施用，控釋型肥料區（ $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}=17.8\text{-}9.2\text{-}8.9$ ）公斤／分，全量當基肥一次施用。

2011 年一期水稻，試驗地點選於本場試驗田（ F_4 ），種植臺南 11 號水稻品種，於 2010 年 12 月 24 日插秧、2011 年 1 月 26 日第一次追肥、2011 年 2 月 15 日第二次追肥、2011 年 3 月 18 日開始曬田、2011 年 4 月 11 日第三次追肥（穗肥）、2011 年 6 月 2 日坪割採樣。田間規劃：試驗田面積 5 分地，分 4 區，中間以塑膠軟板分隔埋入土中至少 40 公分，分別為空白對照區（1.25 分地）、0.8 倍控釋型肥料區（1.25 分地）、1 倍控釋型肥料區（1.25 分地）與一般化肥施肥區（1.25 分地）四種肥料試驗，施肥前先採土壤分析評估施肥量，土壤分析資料如表 5 所示。空白對照區不施肥，一般化肥施肥用量（ $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}=17\text{-}9.2\text{-}8.8$ ）公斤／分地，分 4 次施用，1 倍控釋型肥料區（ $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}=17.8\text{-}9.2\text{-}8.9$ ）公斤／分地，0.8 倍控釋型肥料區（ $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}=14.2\text{-}7.4\text{-}7.1$ ）公斤／分地，控釋型肥料區全量當基肥一次施用。

結果與討論

一、控釋型肥料對水稻產量之影響

表 1 顯示 2010 年一期作試驗前後之土壤測值，試驗土壤屬粉質黏土，鹼性，有機質含量低，土層深度淺，超過 40 公分深即為未風化完全的硬盤層，試驗後雖然控釋肥處理區 EC 值稍高，但 P、K 含量各處理間類似，試驗前後土壤肥力差異不大。圖 3 顯

示，試驗期間水田直測 EC 會隨不同施肥處理而改變，且追肥施用與曬田處理亦有影響，因現場直測 EC 的測值會與現地水分含量有關，隨水分含量增加而提高電導度，尤其土壤可溶性鹽類含量多時更明顯，此現象應與土壤水分含量提升有助離子移動而降低電阻有關，控釋肥處理 EC 值有 2 個高峰此結果與實驗室累積溶出率圖（圖 1）成 S 型曲線相符。由圖 2 明顯看出水稻初期地下部根系與地上部生長，以控釋肥處理優於一般化肥處理者，表示使用控釋肥的水稻初期生育狀況良好。產量與米質分析結果如表 2，三處理間產量達極顯著差異，以控釋肥處理濕穀產量 790 kg/0.1ha 最佳，較一般推薦化肥處理產量 653 kg/0.1ha 增產 21%，而未施肥空白對照組產量 249 kg/0.1ha 最差且僅為一般化肥量處理 38%，此與其他研究顯示施用控釋肥可比一般化肥有增產效果^(11,13)相似，且氮肥利用率以控釋肥處理比一般化肥處理者高的結果相似⁽¹³⁾。米質分析項目，味度以空白對照組分數最高達顯著差異，食味值與蛋白質則三處理間沒有顯著差異，直澱澱粉以空白對照組分數最低達顯著差異，且一般化肥與控釋肥處理間的米質未有顯著差異。2010 年水稻一期作試驗，田間觀察結果發現，控釋肥處理區較一般化肥區提早約 3~7 天抽穗，且可約提前一週採收，此現象可能與初期生長較好有關，但控釋肥處理區後期（約 2 週）有缺肥現象，可能與施肥方式及肥料釋放太快有關。2010 年一期作栽培期間僅插秧使用除草劑外，未再進行其他病蟲害防治，而秧苗、插秧與收割等費用皆以面積計算各處理皆相同，故試驗只分析其產量、肥料價格與施肥工資的經濟效益，由表三效益分析表可知，雖然控釋肥單價比一般化肥高，但施肥工資較低，且管理方便不需特別注意追肥與穗肥的施用時間，且收成的米品質相同，產量更提高 21%，經濟分析結果，水田施用控釋肥比一般化肥每公頃收益可增加 6,365 元。

表 1. 2010 年一期水稻試驗前後土壤分析資料

Table 1. The soil analysis data before and after the test of the first rice, 2010

Treat	EC (dS m ⁻¹)	pH	O.M. (%)	B1-P (mg kg ⁻¹)	M3-K (mg kg ⁻¹)	M3-Ca (mg kg ⁻¹)	M3-Mg (mg kg ⁻¹)
Before the test							
0-20cm	0.17	7.71	1.31	37	119	2487	240
After the test							
Fertilizer							
0-15cm	0.12	7.73	1.31	29	102	3409	390
15-30cm	0.13	7.91	1.02	18	79	3316	380
30-50cm	0.15	7.84	0.62	12	41	2660	368
Release fertilizer							
0-15cm	0.17	7.67	1.27	29	89	2680	333
15-30cm	0.20	7.78	0.95	18	81	3038	360
30-50cm	0.22	7.71	0.61	10	48	3166	361
Blank							
0-15cm	0.13	7.55	1.18	26	86	2688	344
15-30cm	0.11	7.86	0.78	16	59	2876	325
30-50cm	0.14	7.84	0.72	9	40	2607	350

表 2. 2010 年一期水稻施用不同肥料處理對產量與米質之影響

Table 2. The effect of different fertilizers applications on the yield and grain quality of the first rice, 2010

Treat	Yield (kg/0.1ha)	Palatability	Quality	Amylose (%)	Protein (%)
Fertilizer	653 b1 (100%)	71 b	75 a	19 a	5.5 a
Release fertilizer	790 a (121%)	69 b	75 a	19 a	5.5 a
Blank	249 c (38.2%)	79 a	74 a	18 b	5.6 a

¹ Mean values in the same column by the same letter, were not significantly different ($P>0.05$)



圖 2. 2010 年一期水稻初期生育狀況
Fig. 2. The initial growth of the first rice, 2010

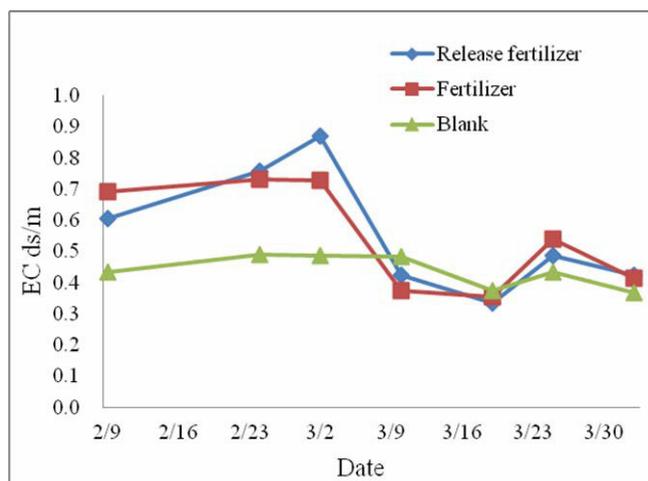


圖 3. 2010 年一期水稻種植期間田間直測 EC 值變化
Fig. 3. The soil EC of rice cultivation in the first crop, 2010

表 3. 2010 年一期水稻收益分析表

Table 3. The relative benefit analysis of rice in the first crop, 2010

Treat (kg/ha)	Yield (kg/ha)	Selling price (N.T./ha)	Fertilizer costs (N.T./ha)	Income (N.T./ha)
Release fertilizer N : P ₂ O ₅ : K ₂ O =171 : 92 : 89	7,900	7900 × 20 =158,000	Fertilizer : 34,425 Labor : 1,200 Total : 35,625	122,375
Fertilizer N : P ₂ O ₅ : K ₂ O =170 : 92 : 88	6,530	6530 × 20 =130,600	Fertilizer : 9,790 Labor : 4,800 Total : 14,590	116,010
Blank N : P ₂ O ₅ : K ₂ O =0 : 0 : 0	2,490	2490 × 20 =49,800	Fertilizer : 0 Labor : 0 Total : 0	49,800

2011 年一期作試驗前後土壤分析資料如表四，土壤屬坩質黏土，鹼性，有機質含量低，試驗前後處理間土壤肥力變化不大與 2010 年一期作相似。表 5 顯示產量與米質分析結果，不同施肥處理之產量有顯著差異，以 1 倍控釋肥處理之濕穀產量（940 kg/0.1ha）最高，較一般化肥處理（882 kg/0.1ha）增產 6%，而 0.8 倍控釋肥處理濕穀產量（910 kg/0.1ha）次之，比一般化肥處理增產 3%，而未施肥對照組產量（483 kg/0.1ha）最低僅為一般化肥量處理的 38%，結果顯示，施用控釋肥可較一般化肥節省肥料量 20%，且產量尚增產 3%，在相同肥料用量下，施用控釋肥可比一般化肥有增產效果，此與 2010 年試驗結果相似，至於 2011 年單位產量高於 2010 年應與當時氣候和試驗田土壤不同有關，因為 2011 年一期作氣候溫暖且未受梅雨影響，雲嘉南地區一期水稻普遍豐產，F₂ 和 F₄ 試驗田土壤狀況不同，F₂ 土壤有效土層淺，40 公分深以下即為土壤剖面的 C 層土，而 F₄ 土壤土層較厚且土壤物理性較佳。米質分析項目，包含味度、食味值、直鏈澱粉與蛋白質，四處理間皆沒有顯著差異。由表 6 效益分析表可知，水田施用控釋肥比一般化肥每公頃收益減少 108 元，雖然產量提升但卻收益減少的原因是控釋型肥料單價偏高所導致，若能改善製程，降低製肥成本相信會有更好的成果。

表 4. 2011 年一期水稻試驗前後土壤分析資料

Table 4. The soil analysis data before and after the test of the first rice, 2011

Treat	EC (dS m ⁻¹)	pH	O.M. (%)	B1-P (mg kg ⁻¹)	M3-K (mg kg ⁻¹)	M3-Ca (mg kg ⁻¹)	M3-Mg (mg kg ⁻¹)
Before the test							
0-15 cm	0.09	7.37	1.41	24	82	1152	170
15-30 cm	0.09	7.72	1.03	29	53	893	132
After the test							
Fertilizer 0-20 cm	0.10	7.67	1.04	28	74	1456	206
1×Release fertilizer 0-20 cm	0.10	7.64	1.09	30	101	1467	195
0.8×Release fertilizer 0-20 cm	0.11	7.58	1.00	23	75	1446	200
Blank 0-20 cm	0.09	7.28	1.26	33	116	1646	222

表 5. 2011 年一期不同施肥處理水稻產量與米質之影響

Table 5. The effect of different fertilizers applications on the yield and grain quality of the first rice, 2011

Treat	Yield (kg/0.1ha)	Palatability	Quality	Amylose (%)	Protein (%)
Fertilizer	882 a1 (100%)	62 a	75 a	19 a	6.0 a
1×Release fertilizer	940 a (106%)	67 a	76 a	19 a	5.9 a
0.8×Release fertilizer	910 a (103%)	63 a	76 a	19 a	5.9 a
Blank	483 b (38.2%)	65 a	75 a	19 a	6.1 a

¹ Mean values in the same column by the same letter, were not significantly different (P>0.05)

表 6. 2011 年一期水稻收益分析表

Table 6. The relative benefit analysis of rice in the first crop, 2011

Treat (kg/ha)	Yield (kg/ha)	Selling price (N.T./ha)	Fertilizer costs (N.T./ha)	Income (N.T./ha)
1×Release fertilizer N : P ₂ O ₅ : K ₂ O =178 : 92 : 89	9,400	9,400 × 20 =188,000	Fertilizer : 25,098 Labor : 1,200 Total : 26,298	161,702
0.8×Release fertilizer N : P ₂ O ₅ : K ₂ O =142 : 74 : 71	9,100	9,100 × 20 =182,000	Fertilizer : 20,078 Labor : 1,200 Total : 21,278	160,722
Fertilizer N : P ₂ O ₅ : K ₂ O =170 : 92 : 88	8,820	8,820 × 20 =176,400	Fertilizer : 9,790 Labor : 4,800 Total : 14,590	161,810
Blank N : P ₂ O ₅ : K ₂ O =0 : 0 : 0	4,830	4,830 × 20 =96,600	Fertilizer : 0 Labor : 0 Total : 0	96,600

結 論

水稻試驗結果顯示，藉由施用控釋型肥料可比一般傳統化肥，提高肥料利用效率，降低人工成本 75% 及減少肥料用量 20% 以上，且有增產 6%~21% 之效果，淨收益每公頃為 -108 元~+6365 元，因控釋肥單價較高，若能藉由調整包膜配方、改善製程以降低控釋型肥料價格，相信能創造更佳成果。

致 謝

本研究承蒙土肥研究室全體同仁協助執行和嘉義分場同事幫忙米質分析工作，並提供寶貴意見，謹此致謝。

引用文獻

1. 大地敦夫、寺下敬次郎、宮南啓。1987。藥品之造粒、醫藥品製造攪拌造粒。粉體工學會誌。pp 535-541。
2. 口直司、山林賢。1991。流動層製粒及乾燥過程中水份控制、流動層造粒水分制御。Pharm.Tech. Japan.7(8)：75-84。
3. 中華人民共和國國家標準。2009。GB/T 23348-2009 緩釋肥料。
4. 本山示、武井成通、口直司。1986。流體化造粒被覆技術。化學裝置。p130-135。
5. 池上嘉宏。1993。適應自動化需求之多功能混合乾燥機。化學裝置。p110-113。
6. 林晉卿、吳建銘、江汝錦、林經偉、黃山內。2010。蟲膠包膜肥料應用於設施甜瓜栽培之初步研究。臺南區農業改良場研究彙報 56：55-66。
7. 砂田久一、長谷川正樹。1993。有關打錠用顆粒的研究。Pharmaceutical Technology Japan. pp 23(1139)-33(1149)。
8. 倪衍發、詹前學。1986。三聚氰胺成形粉造粒技術之開發研究。台灣肥料公司報告。p.37。
10. 陳茂雄、廖龍終、孫華慰。1994。粒狀含有機質肥料造粒技術之研究。台灣肥料公司報告。p.59。
10. 謝俊夫、陳光輝、洪辰雄。1997。有機肥造粒機之研製。屏東技術學院機械工程技術系。p.1。
11. 鄒洪濤、虞娜、張玉龍。2006。PVA 包膜緩釋肥料在早稻上施用效果。沈陽農業大學學報, 2006-04,37(2)：191-194。
12. 森次真一、石橋英二、大家理哉。2009。水稻の感温特性を考慮したシグモイド溶出型被覆尿素の選定法。日本土壤肥料學雜誌 80-1：49-53。
13. 小杉徹、中村仁美、若澤秀幸。2007。肥効調節型肥料を用いたトマト育苗鉢内全量施肥法。日本土壤肥料學雜誌 78-2：207-211。
14. 石橋英二、金野隆光、木本英照。1992。反応速度論的方法によるコーティング窒素肥料の溶出評価。日本土壤肥料學雜誌 63-6：207-211。
15. Bolland, M.D.A. and Gilkes, R.J. 1992. Evaluation of the Bray 1, calcium acetate(CAL), Truog and Colwell soil tests as predictors of triticale grain production on soil fertilized with superphosphate and rock phosphate. Fertilizer research. 31(3):363-372.
16. Byung-Yun Ha. 2010. An introduction of controlled-release fertilizer in Korea. 2010 FFTC-RDA international seminar on fertilizer policy for ensuring sustainable food production in the Asian and Pacific region. p 129-142.
17. CNS 總號 12099 類號 N3106 裹覆複合肥料，修訂公布 92 年 11 月 27 日。

18. CNS 總號 13028 類號 N4150 裹覆複合肥料，公布日期 81 年 9 月 30 日。
19. Donald L. Sparks Hardcover. 1982. *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods.* Soil Science Society of America Book Series.
20. Freney, J.R., Denmead, O.T., Wood, A.W., Saffigna, P.G., Chapman, L.S., Ham, G.J., Hurney, A.P. and Stewart, R.L. 1992. Factors controlling ammonia loss from trash covered sugarcane fields fertilized with urea. *Fertilizer research.* 31(3):341-349.
21. Hays, J. T. 1987. Controlled release nitrogen fertilizers. *Manual of Fertilizer Processing.* 421-435.ed. Francis T. Nielsson. New York and Basel.
22. Hays, J. T., Haden, W. W. and Anderson, L. E. 1965. Nitrification of Fractions from Commercial Ureaforms. *J. Agri. Food Chem.* 14:339-341.
23. Hisato Saito. 2010. Superior characteristics of Japanese release-controlled fertilizers and their future perspectives. 2010 FFTC-RDA international seminar on fertilizer policy for ensuring sustainable food production in the Asian and Pacific region. p 105-124.
24. Kenichi Kubo. 2010. Appropriate fertilizer use and fertilization technology for sustainable crop production. 2010 FFTC-RDA international seminar on fertilizer policy for ensuring sustainable food production in the Asian and Pacific region. p 27-52.
25. Lin, K. and Peck, G.E. 1995. Development of agglomerated talc. I. Evaluation of fluidized bed granulation parameters on the physical properties of agglomerated talc. *Drug Development and Industrial Pharmacy.* pp 447-460.
26. Loganathan, P., Hedley, M.J. and Clark, S.A. 1992. The manufacture and evaluation of granular potassium chloride fertilizers. *Fertilizer research.* 31(3):291-304.
27. Melissa L. Wilson, Carl J. Rosen, and John F. Moncrief. 2009. Potato Response to a Polymer-Coated Urea on an Irrigated, Coarse-Textured Soil. *Agronomy Journal.* 101(4):897-905.
28. Randel, R.J., Randle, A.A., Gautney, J. Bock, B.R. and Williams, H.M. 1992. Thiophosphoryl triamide: a dual purpose urease/nitrification inhibitor. *Fertilizer research.* 31(3):275-280.

Application of Controlled Release Fertilizers for Rice Cultivation¹

Jiang, W. J., R. C. Huang²

Abstract

We have developed some biodegradable controlled-release fertilizers with different release time based on the characteristics of crops, which can be used for most crops, and their Initial dissolution rate is between 2.2% to 50%. The results of field test of Tainan No. 11 rice in the first crop 2010, showed that the yields of three fertilizer treatments was significant difference. The highest yield (790 kg/0.1ha) was found in the controlled-release fertilizer treatment, general recommended amount of fertilizer treatment was next (653 kg/0.1ha), and blank treatment is the lowest (249 kg/0.1ha). For the yield of the first crop in 2011, the treatment of 1 time controlled-release fertilizer had the highest yield (940 kg/0.1ha), followed by the treatment of 0.8 time controlled-release fertilizer was (910 kg/0.1ha), and general recommended amount of fertilizer was (882 kg/0.1ha), and blank treatment is the worst (483 kg/0.1ha). The results showed that controlled-release fertilizer do increase rice production, reduce the amount of fertilizer use, and fertilizer to reduce the requirement of labor, and had benefits in saving time and energy as well as carbon reduction.

Key words : Rice, Controlled-release fertilizers, Environmental protection, Increase production

Accepted for publication : December 16, 2011

1. Contribution No.388 from Tainan District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture.

2. Assistant researcher, Associate researcher, respectively, Tainan District Agricultural Research and Extension Station.