



บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 การหาระยะที่เหมาะสมระหว่างหัววัดรังสีนิวตรอนเข้ากับต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน

การหาระยะที่เหมาะสมระหว่างหัววัดรังสีนิวตรอนเข้ากับต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนพบว่าเมื่อวางหัววัดรังสีติดกับผิวของท่ออะลูมิเนียมที่บรรจุต้นกำเนิดรังสีจะได้จำนวนนับรังสีสูงสุด และเมื่อเลื่อนหัววัดรังสีออกห่างไปจำนวนนับรังสีลดลงเรื่อย ๆ ผลการวิจัยแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 และกราฟรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การหาระยะที่เหมาะสมระหว่างหัววัดรังสีนิวตรอนเข้ากับต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน

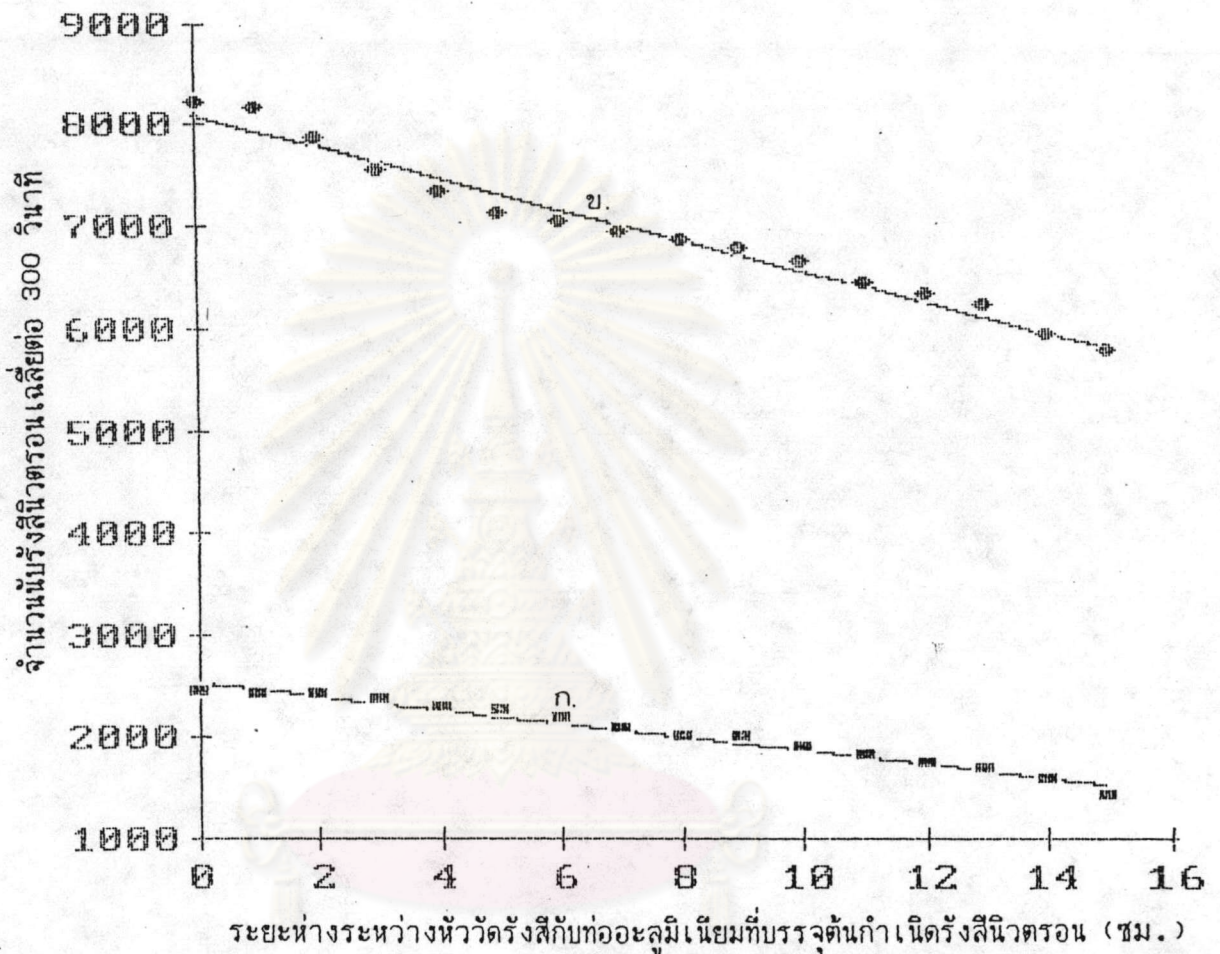
ระยะห่าง* (ซม.)	จำนวนนับรังสีเฉลี่ยต่อ 300 วินาที	
	เมื่อดินมีความชื้น 5 %	เมื่อดินมีความชื้น 15 %
0	2413	8197
1	2405	8137
2	2386	7845
3	2342	7532
4	2264	7321
5	2231	7110
6	2167	7023

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ระยะห่าง* (ซม.)	จำนวนนับรังสีเฉลี่ยต่อ 300 วินาที	
	เมื่อดินมีความชื้น 5 %	เมื่อดินมีความชื้น 15 %
7	2050	6921
8	1982	6845
9	1968	6754
10	1852	6627
11	1793	6426
12	1715	6380
13	1655	6193
14	1543	5930
15	1395	5756

หมายเหตุ \* ระยะระหว่างผิวหัววัดนิวตรอนเข้าถึงผิวเองที่อะลูมิเนียมที่บรรจุต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนโดยต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนอยู่ลึก 15 ซม. จากผิวดิน (คือระยะ X ตามรูปที่ 3.3)

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนั้บรังสีนิวตรอนรังสีต่อเวลากับระยะระหว่างหัววัดนิวตรอนเข้ากับผิวของท่ออะลูมิเนียมที่บรรจุต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนเมื่อดินมีเปอร์เซ็นต์ความชื้น 5 และ 15 เปอร์เซ็นต์ และต้นกำเนิดรังสีอยู่ลึกจากผิวดิน 15 ซม.

ก. ที่เปอร์เซ็นต์ความชื้น 5 %  $Y = -67.67 X + 2517.60$   
 $r = 0.9770$

ข. ที่เปอร์เซ็นต์ความชื้น 15 %  $Y = -152.94 X + 8080.21$   
 $r = 0.9769$

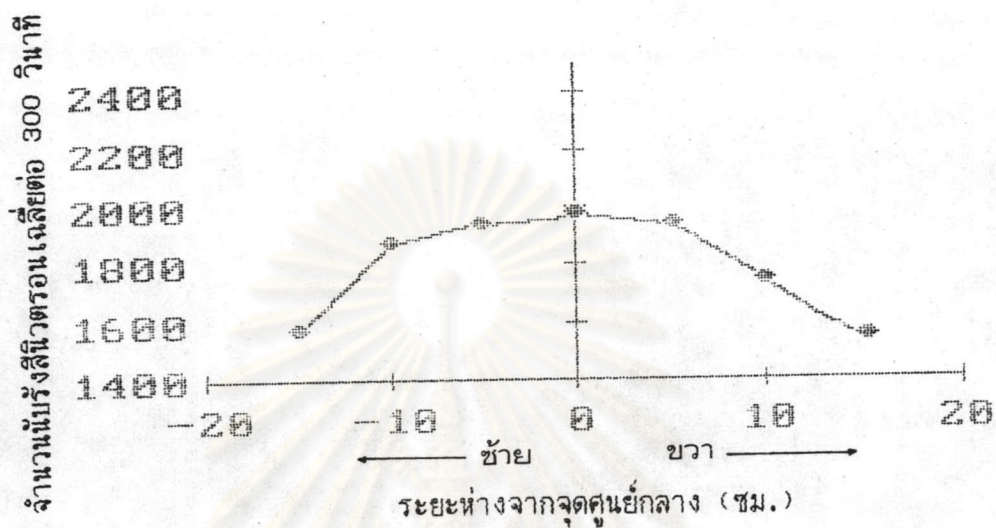
#### 4.2 การตรวจสอบขนาดของภาษาะไลดิน

ผลการตรวจสอบภาษาะไลดิน โดยการเลื่อนหัววัดรังสีนิวตรอนและต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนออกจากจุดศูนย์กลางของภาษาะบรรจุนั้นไปทางซ้ายและขวาพบว่าในช่วงระยะห่างจากจุดศูนย์กลางไป  $\pm 5$  ซม. จำนวนนับรังสีนิวตรอนซ้ำใกล้เคียงกันกับที่วัดได้ที่จุดศูนย์กลางแสดงว่าภาษาะมีเส้นผ่านศูนย์กลางมากพอที่จะใช้ในการวิจัยขั้นต่อ ๆ ไป ผลการวิจัยแสดงไว้ในตารางที่ 4.2 และ รูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงจำนวนนับรังสีนิวตรอนซ้ำเมื่อวางหัววัดรังสีและต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนที่จุดศูนย์กลางภาษาะและที่ระยะห่างออกไปเมื่อดินมีความชื้น 5 เปอร์เซ็นต์

ระยะจาก* จุดศูนย์กลาง ถึง (ซม.)	จำนวนนับรังสีเฉลี่ยต่อ 300 วินาที
15	1568
10	1865
5	1939
0 **	1969
5	1934
10	1743
15	1542

หมายเหตุ \* ระยะที่เลื่อนหัววัดนิวตรอนซ้ำและท่ออะลูมิเนียมที่บรรจุน้ำมันกำเนิดรังสีไปพร้อม ๆ กันทั้งทางซ้ายและขวาของจุดศูนย์กลางภาษาะบรรจุนั้น  
\*\* จุดศูนย์กลางถึง



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับรังสีนิวตรอนเข้ากับระยะ  
ที่เลื่อนหัววัดนิวตรอนเข้าและต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนจากจุดศูนย์กลาง  
กลางภาชนะบรรจุดิน เมื่อดินมีความชื้น 5 เปอร์เซ็นต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### 4.3 ผลกระทบของดินทางด้านล่างของต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนและระยะความลึกที่จะหย่อนต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนจากผิวดิน

ในการได้พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับรังสีนิวตรอนต่อเวลากับระยะความลึกในการที่หย่อนต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน ที่ไม่หุ้มพาราฟินและที่หุ้มด้วยพาราฟินความหนาทางด้านล่าง 2 และ 4 เซนติเมตร ลงไปในตัวอย่างดินที่ระยะความลึกต่าง ๆ พบว่าระยะความลึกในการที่หย่อนต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนที่ไม่หุ้มพาราฟิน คือ 15 เซนติเมตร จะได้จำนวนนับรังสีนิวตรอนต่อเวลาสูงที่สุดและที่ระยะความลึกที่จุดนี้ผลกระทบของดินทางด้านล่างของต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนจะต้องใช้ตัวอย่างดินหนา 25 เซนติเมตร และสำหรับต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนที่หุ้มด้วยพาราฟินความหนาทางด้านล่าง 2 เซนติเมตร พบว่าเมื่อหย่อนต้นกำเนิดรังสีลงไปถึง 10 เซนติเมตรจะได้จำนวนนับรังสีนิวตรอนต่อเวลาสูงที่สุด และที่ระยะความลึกที่จุดนี้ผลกระทบของดินทางด้านล่างของต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนจะต้องใช้ตัวอย่างดินหนา 15 เซนติเมตร และสำหรับต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนที่หุ้มด้วยพาราฟินความหนาทางด้านล่าง 4 เซนติเมตร พบว่าเมื่อหย่อนต้นกำเนิดรังสีลงไปถึง 5 เซนติเมตร จะได้จำนวนนับรังสีนิวตรอนต่อเวลาสูงที่สุด และที่ระยะความลึกที่จุดนี้ผลกระทบของดินทางด้านล่างของต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนจะต้องใช้ตัวอย่างดินหนา 10 เซนติเมตร ดังตารางที่ 4.4 - 4.8 และรูปที่ 4.3, 4.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ 4.5 ผลกระทบของดินทางด้านล่างของต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน ที่หุ้มด้วยพาราฟิน ความหนาทางด้านล่าง 2 ซม. และระยะความลึกของต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนที่ความชื้น 5 เปอร์เซ็นต์

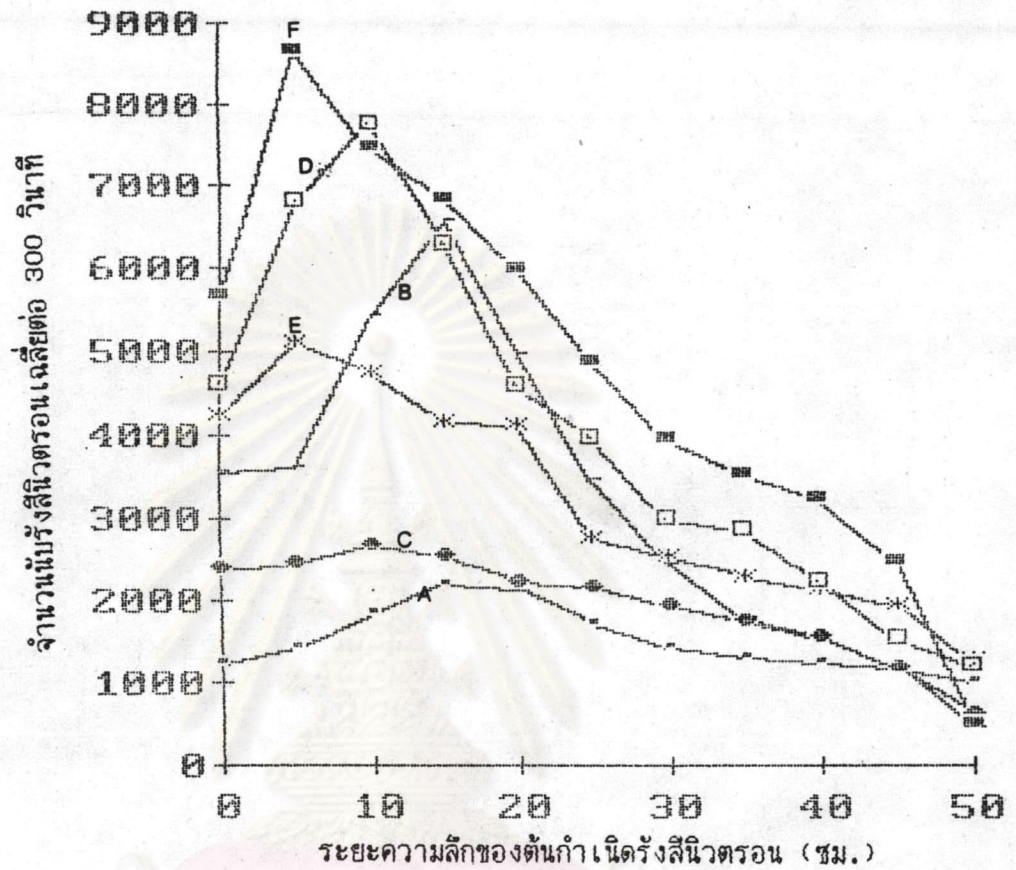
ระยะลึกของ ต้นกำเนิด รังสีนิวตรอน  (ซม.)	จำนวนนับรังสีนิวตรอนเฉลี่ยต่อ 300 วินาที									
	ความสูงของตัวอย่างดินที่เติมลงไป (ซม.)									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
0	1053	1162	1657	1946	1828	2212	2356	2206	2454	2418
5	1668	1933	2156	2235	2483	2471	2454	2450	2478	2450
10		2017	2281	2552	2637	2689	2669	2636	2665	2681
15			1945	2252	2353	2455	2514	2546	2553	2554
20				1990	2219	2332	2329	2472	2342	2251
25					1762	2104	2277	2279	2260	2172
30						1648	1851	2050	2060	1960
35							1465	1562	1768	1762
40								1119	1342	1549
45									998	1159
50										606

ตารางที่ 4.6 ผลกระทบของดินทางด้านล่างของต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน ที่หุ้มด้วยพาราฟิน ความหนาทางด้านล่าง 2 ซม. และระยะความลึกของต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์

ระยะลึกของ ต้นกำเนิด รังสีนิวตรอน  (ซม.)	จำนวนนับรังสีนิวตรอนเฉลี่ยต่อ 300 วินาที									
	ความสูงของตัวอย่างดินที่เติมลงไป (ซม.)									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
0	2547	3065	3383	3461	3781	3992	4115	4352	4472	4582
5	3561	4624	5439	6387	6392	6451	6666	6582	6649	6773
10		4880	7423	7352	7359	7439	7733	7683	7662	7759
15			4281	5178	5936	6245	6045	6273	6135	6270
20				3504	3614	4420	4560	4411	4476	4582
25					2452	3214	3774	3762	3877	3991
30						2237	2570	3020	2914	3016
35							1991	2545	2770	2886
40								1742	2079	2241
45									1264	1536
50										1190

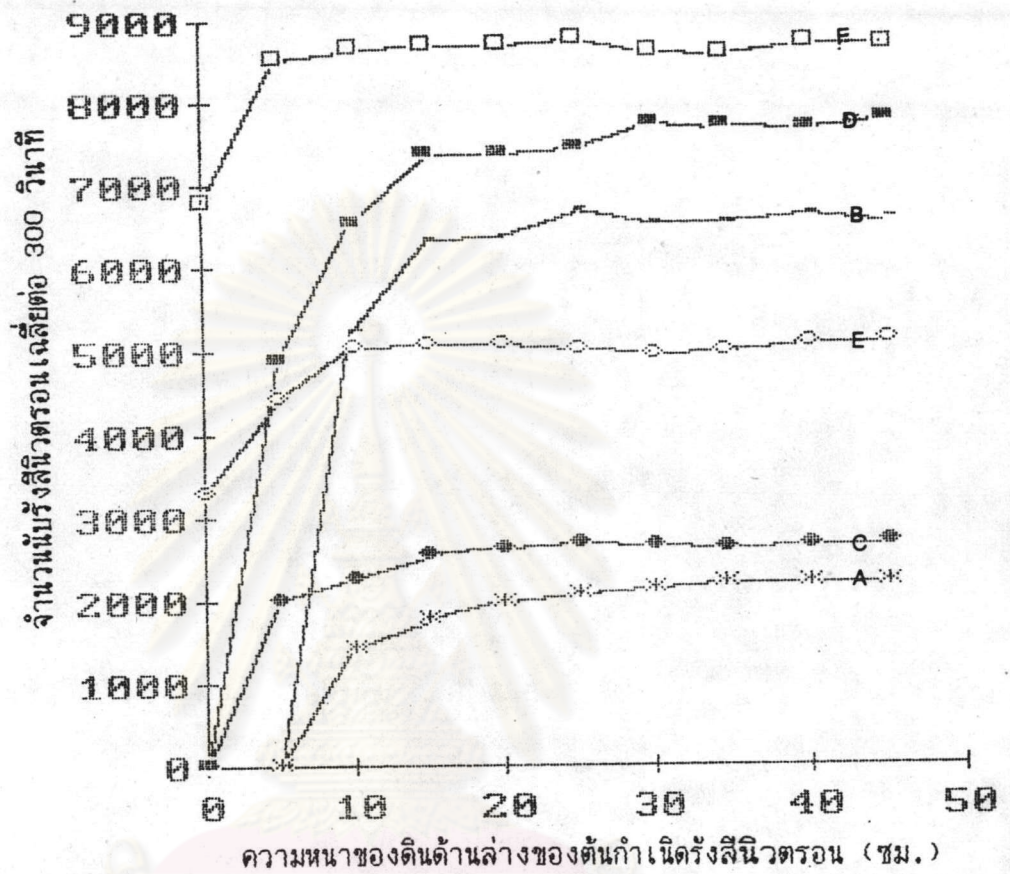






รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนไข่รังสีนิวตรอนเข้ากับระยะความลึกของต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน ที่ไม่หุ้มพาราฟินและที่หุ้มด้วยพาราฟิน มีความหนา 2 และ 4 ซม. ที่ความชื้น 5 และ 15 เปอร์เซ็นต์

- A ต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน ที่ไม่หุ้มพาราฟิน ที่ความชื้น 5 เปอร์เซ็นต์
- B ต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน ที่ไม่หุ้มพาราฟิน ที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์
- C หุ้มด้วยพาราฟินมีความหนา 2 เซนติเมตร ที่ความชื้น 5 เปอร์เซ็นต์
- D หุ้มด้วยพาราฟินมีความหนา 2 เซนติเมตร ที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์
- E หุ้มด้วยพาราฟินมีความหนา 4 เซนติเมตร ที่ความชื้น 5 เปอร์เซ็นต์
- F หุ้มด้วยพาราฟินมีความหนา 4 เซนติเมตร ที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.4 ผลกระทบของดินทางด้านล่างของต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน  
ที่ไม่หุ้มพาราฟิน และ ที่หุ้มด้วยพาราฟินมีความหนา 2 และ  
4 ซม. ที่ความชื้น 5 และ 15 เปอร์เซ็นต์

- A ต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน ที่ไม่หุ้มพาราฟิน ที่ความชื้น 5 เปอร์เซ็นต์
- B ต้นกำเนิดรังสีนิวตรอน ที่ไม่หุ้มพาราฟิน ที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์
- C หุ้มด้วยพาราฟินมีความหนา 2 เซนติเมตร ที่ความชื้น 5 เปอร์เซ็นต์
- D หุ้มด้วยพาราฟินมีความหนา 2 เซนติเมตร ที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์
- E หุ้มด้วยพาราฟินมีความหนา 4 เซนติเมตร ที่ความชื้น 5 เปอร์เซ็นต์
- F หุ้มด้วยพาราฟินมีความหนา 4 เซนติเมตร ที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์

#### 4.4 ผลการเปรียบเทียบความชื้นและความหนาแน่นของทรายตัวอย่างดิน 2 ชนิด

ผลการวิจัยแสดงไว้ในตารางที่ 4.9 - 4.11 และรูปที่ 4.5 - 4.9

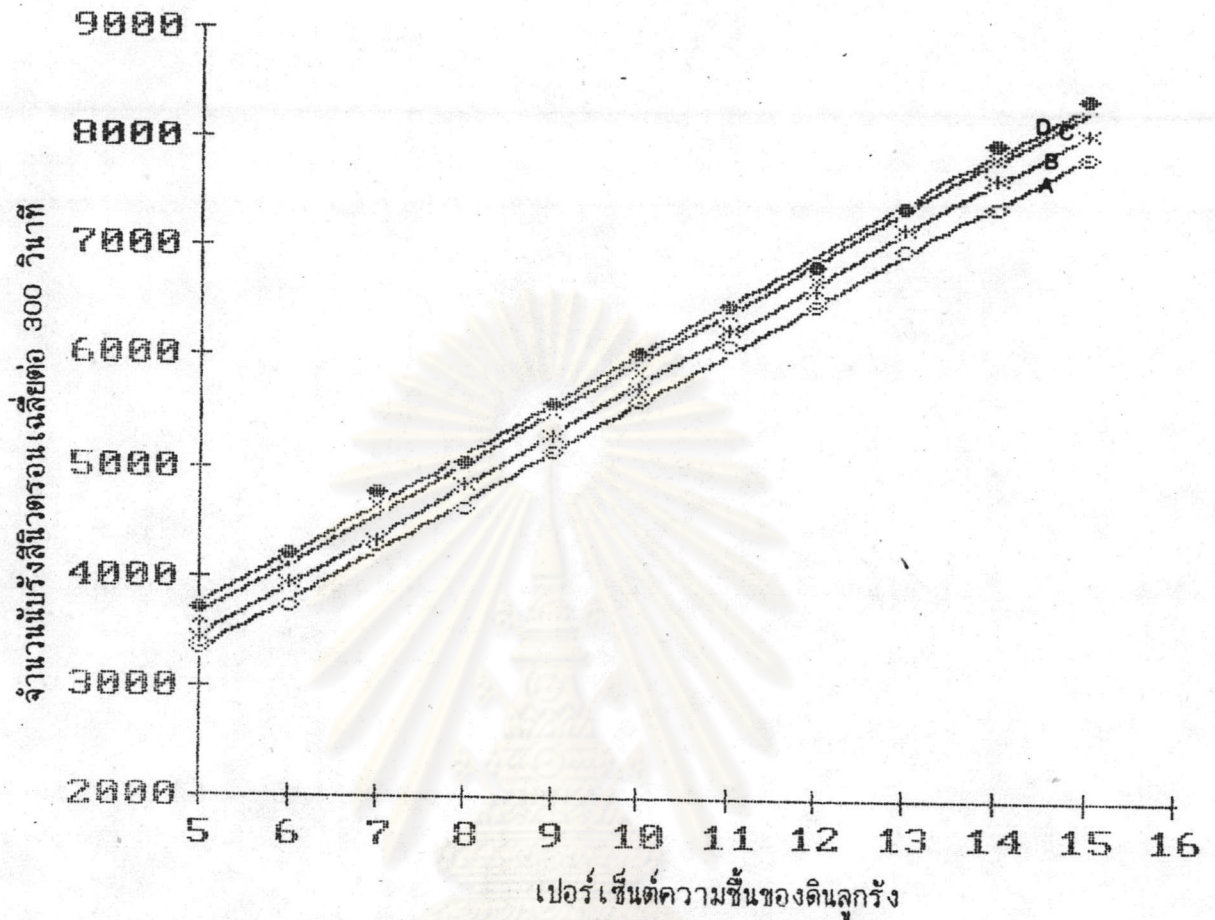
ตารางที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับรังสีตรอนช้าและรังสีแกมมากับความชื้นและความหนาแน่นของดินลูกรัง

ความหนาแน่น ดินแห้ง (กรัม/ซม <sup>3</sup> )	ความชื้นที่เพิ่มเข้าไปในดิน (เปอร์เซ็นต์)											
	5		6		7		8		9		10	
	I/Io	Cn	I/Io	Cn	I/Io	Cn	I/Io	Cn	I/Io	Cn	I/Io	Cn
1.2	0.5310	3314	0.5197	3695	0.5221	4253	0.5167	4606	0.5116	5115	0.5072	5570
1.6	0.4042	3407	0.4083	3906	0.4085	4316	0.4038	4815	0.3949	5255	0.3926	5706
2.0	0.3173	3565	0.3098	4127	0.3067	4611	0.3100	5023	0.3028	5472	0.2953	5839
2.4	0.2503	3677	0.2460	4192	0.2389	4750	0.2310	5007	0.2314	5551	0.2291	6022

ความหนาแน่น ดินแห้ง (กรัม/ซม <sup>3</sup> )	ความชื้นที่เพิ่มเข้าไปในดิน (เปอร์เซ็นต์)									
	11		12		13		14		15	
	I/Io	Cn	I/Io	Cn	I/Io	Cn	I/Io	Cn	I/Io	Cn
1.2	0.5108	6095	0.5038	6459	0.5084	6957	0.4943	7350	0.5045	7801
1.6	0.3885	6236	0.3892	6602	0.3748	7150	0.3773	7618	0.3842	8026
2.0	0.2812	6385	0.2802	6694	0.2746	7355	0.2737	7805	0.2644	8298
2.4	0.2292	6437	0.2235	6825	0.2229	7345	0.2178	7937	0.2006	8344

Cn = จำนวนนับรังสีนิวตรอนเฉลี่ยต่อเวลา 300 วินาที

I/Io = อัตราส่วนความเข้มของรังสีแกมมาที่ส่งผ่าน



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่กับเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินลูกรังที่มีความหนาแน่นของดินแห้ง 1.2-2.4 กรัม/ซม<sup>3</sup>

A ความหนาแน่น 1.2 กรัม/ซม<sup>3</sup>

$$Y = 453.16 X + 1033.72, r = 0.9992$$

B ความหนาแน่น 1.6 กรัม/ซม<sup>3</sup>

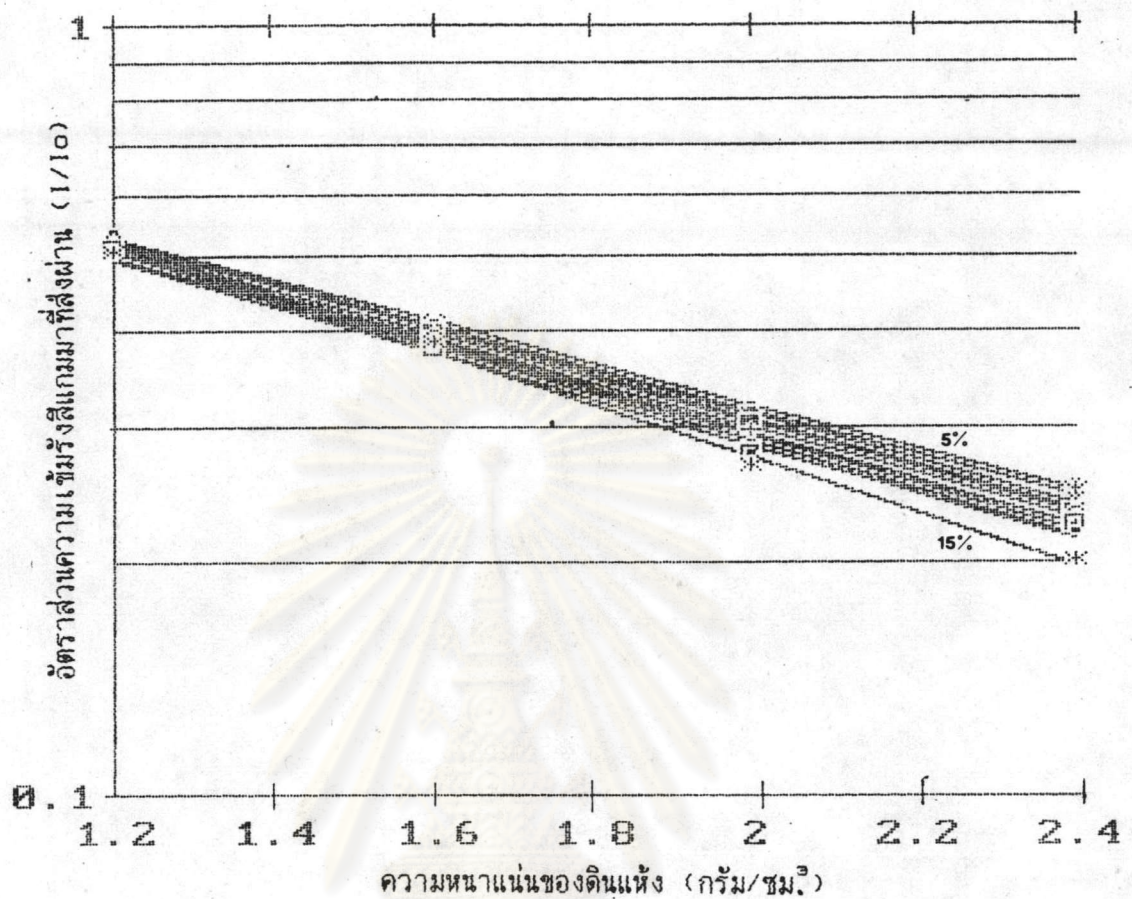
$$Y = 463.65 X + 1094.45, r = 0.9996$$

C ความหนาแน่น 2.0 กรัม/ซม<sup>3</sup>

$$Y = 462.38 X + 1301.55, r = 0.9979$$

D ความหนาแน่น 2.4 กรัม/ซม<sup>3</sup>

$$Y = 460.22 X + 1406.09, r = 0.9980$$



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นรังสีแกมมาที่ส่งผ่าน ( $I/I_0$ ) กับความหนาแน่นของดินลูกรังแห้ง โดยเปลี่ยนแปลงความชื้น 5-15 %

ความชื้น 5 %	$Y = 1.112 \text{ EXP}(-0.6246)$	$r = 0.9989$
ความชื้น 6 %	$Y = 1.101 \text{ EXP}(-0.6274)$	$r = 0.9992$
ความชื้น 7 %	$Y = 1.156 \text{ EXP}(-0.6581)$	$r = 0.9991$
ความชื้น 8 %	$Y = 1.167 \text{ EXP}(-0.6699)$	$r = 0.9984$
ความชื้น 9 %	$Y = 1.134 \text{ EXP}(-0.6611)$	$r = 0.9999$
ความชื้น 10 %	$Y = 1.133 \text{ EXP}(-0.6673)$	$r = 0.9995$
ความชื้น 11 %	$Y = 1.148 \text{ EXP}(-0.6821)$	$r = 0.9930$
ความชื้น 12 %	$Y = 1.156 \text{ EXP}(-0.6913)$	$r = 0.9955$
ความชื้น 13 %	$Y = 1.151 \text{ EXP}(-0.6961)$	$r = 0.9926$
ความชื้น 14 %	$Y = 1.133 \text{ EXP}(-0.6939)$	$r = 0.9968$
ความชื้น 15 %	$Y = 1.307 \text{ EXP}(-0.7847)$	$r = 0.9960$

ตารางที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับรังสีตรอนซ้ำและรังสีแกมมากับความชื้น  
และความหนาแน่นของดินดำ

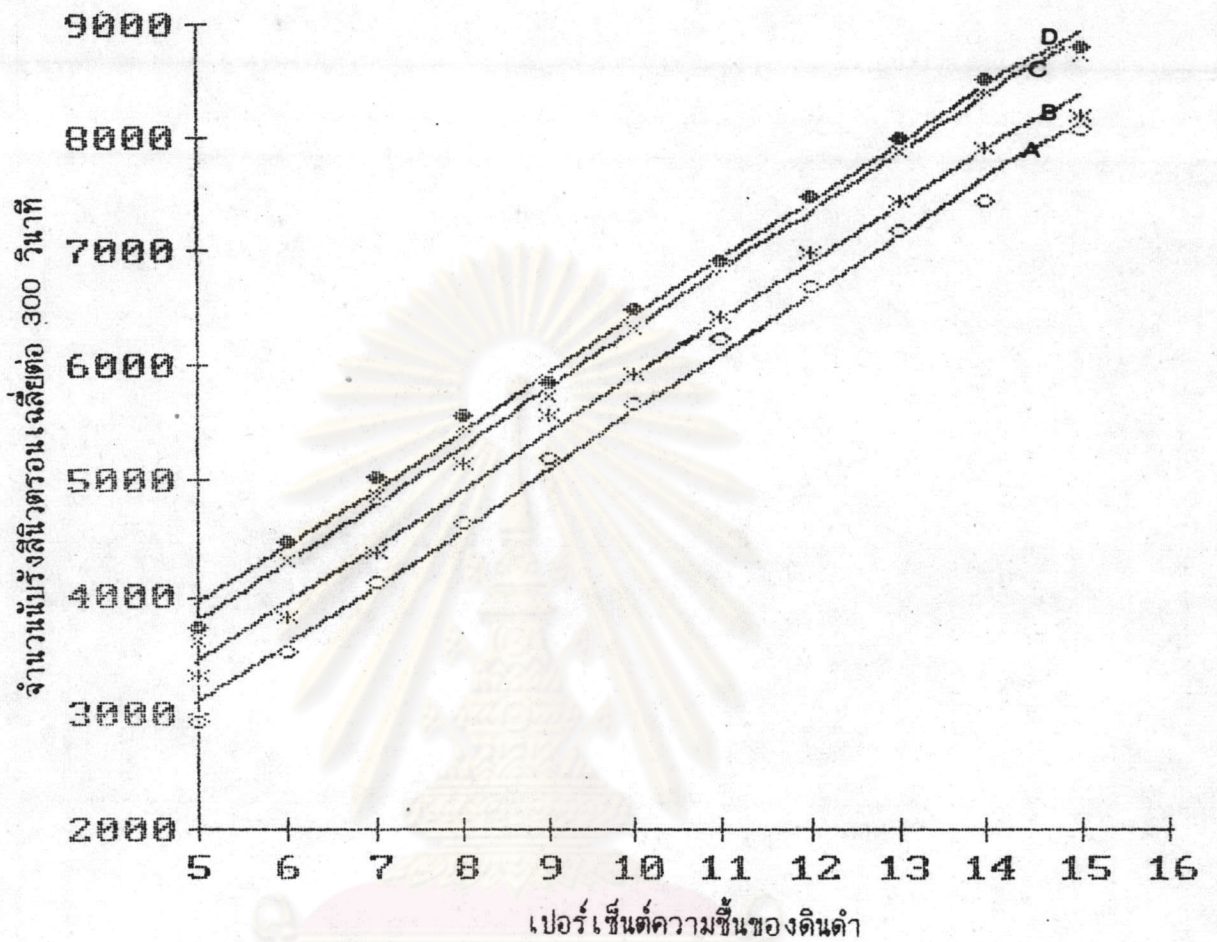
ความหนาแน่น ดินแห้ง (กรัม/ซม <sup>3</sup> )	ความชื้นที่เพิ่มเข้าไปในดิน (เปอร์เซ็นต์)											
	5		6		7		8		9		10	
	I/I <sub>o</sub>	Cn	I/I <sub>o</sub>	Cn	I/I <sub>o</sub>	Cn	I/I <sub>o</sub>	Cn	I/I <sub>o</sub>	Cn	I/I <sub>o</sub>	Cn
1.2	0.5722	2922	0.5628	3438	0.5639	3899	0.5612	4498	0.5522	5165	0.5549	5626
1.6	0.4601	3282	0.4579	3807	0.4565	4366	0.4465	5118	0.4428	5535	0.4412	5876
2.0	0.3797	3602	0.3780	4279	0.3048	4846	0.3660	5460	0.3638	5713	0.3580	6287
2.4	0.3125	3710	0.3084	4460	0.3170	5007	0.3040	5551	0.2996	5820	0.2952	6433

ความหนาแน่น ดินแห้ง (กรัม/ซม <sup>3</sup> )	ความชื้นที่เพิ่มเข้าไปในดิน (เปอร์เซ็นต์)									
	11		12		13		14		15	
	I/I <sub>o</sub>	Cn	I/I <sub>o</sub>	Cn	I/I <sub>o</sub>	Cn	I/I <sub>o</sub>	Cn	I/I <sub>o</sub>	Cn
1.2	0.5523	6196	0.5561	6631	0.5489	7111	0.5409	7378	0.5369	7996
1.6	0.4440	6383	0.4422	6936	0.4363	7362	0.4270	7828	0.4227	8117
2.0	0.3555	6809	0.3527	7374	0.3464	7817	0.3422	8350	0.3395	8636
2.4	0.2874	6852	0.2799	7419	0.2761	7918	0.2776	8446	0.2734	8704

Cn จำนวนนับรังสีนิวตรอนเฉลี่ยต่อเวลา 300 วินาที

I/I<sub>o</sub> อัตราส่วนความเข้มของรังสีแกมมาที่ส่งผ่าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนน้ำที่รั้งลีนาตรอนเข้ากับเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินดำที่มีความหนาแน่นของดินแห้ง 1.2-2.4 กรัม/ซม.<sup>3</sup>

A ความหนาแน่น 1.2 กรัม/ซม.<sup>3</sup>

$$Y = 500.26 X + 564.55, r = 0.9959$$

B ความหนาแน่น 1.6 กรัม/ซม.<sup>3</sup>

$$Y = 488.41 X + 989.82, r = 0.9941$$

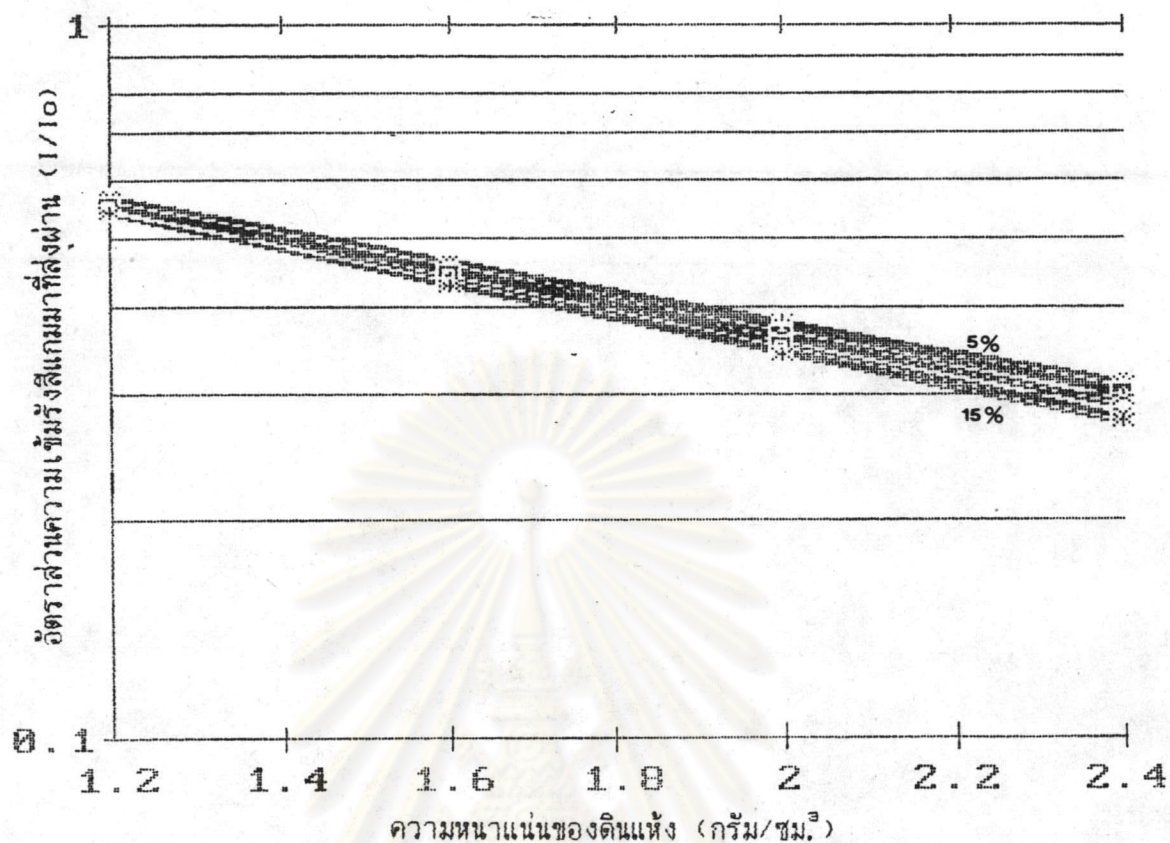
C ความหนาแน่น 2.0 กรัม/ซม.<sup>3</sup>

$$Y = 502.56 X + 1263.18, r = 0.9961$$

D ความหนาแน่น 2.4 กรัม/ซม.<sup>3</sup>

$$Y = 494.64 X + 1444.91, r = 0.9955$$





รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้นรังสีแกมมาที่ส่งผ่าน ( $I/I_0$ ) กับความหนาแน่นของดินดำแห้งโดยเปลี่ยนแปลงความชื้น 5-15 %

ความชื้น 5 %  $Y = 1.037 \text{ EXP}(-0.5017)$  ,  $r = 0.9991$

ความชื้น 6 %  $Y = 1.022 \text{ EXP}(-0.4991)$  ,  $r = 0.9998$

ความชื้น 7 %  $Y = 1.040 \text{ EXP}(-0.5133)$  ,  $r = 0.9997$

ความชื้น 8 %  $Y = 1.022 \text{ EXP}(-0.5095)$  ,  $r = 0.9977$

ความชื้น 9 %  $Y = 1.008 \text{ EXP}(-0.5077)$  ,  $r = 0.9990$

ความชื้น 10 %  $Y = 1.033 \text{ EXP}(-0.5256)$  ,  $r = 0.9985$

ความชื้น 11 %  $Y = 1.062 \text{ EXP}(-0.5455)$  ,  $r = 0.9999$

ความชื้น 12 %  $Y = 1.104 \text{ EXP}(-0.5714)$  ,  $r = 0.9999$

ความชื้น 13 %  $Y = 1.091 \text{ EXP}(-0.5730)$  ,  $r = 0.9999$

ความชื้น 14 %  $Y = 1.046 \text{ EXP}(-0.5556)$  ,  $r = 0.9992$

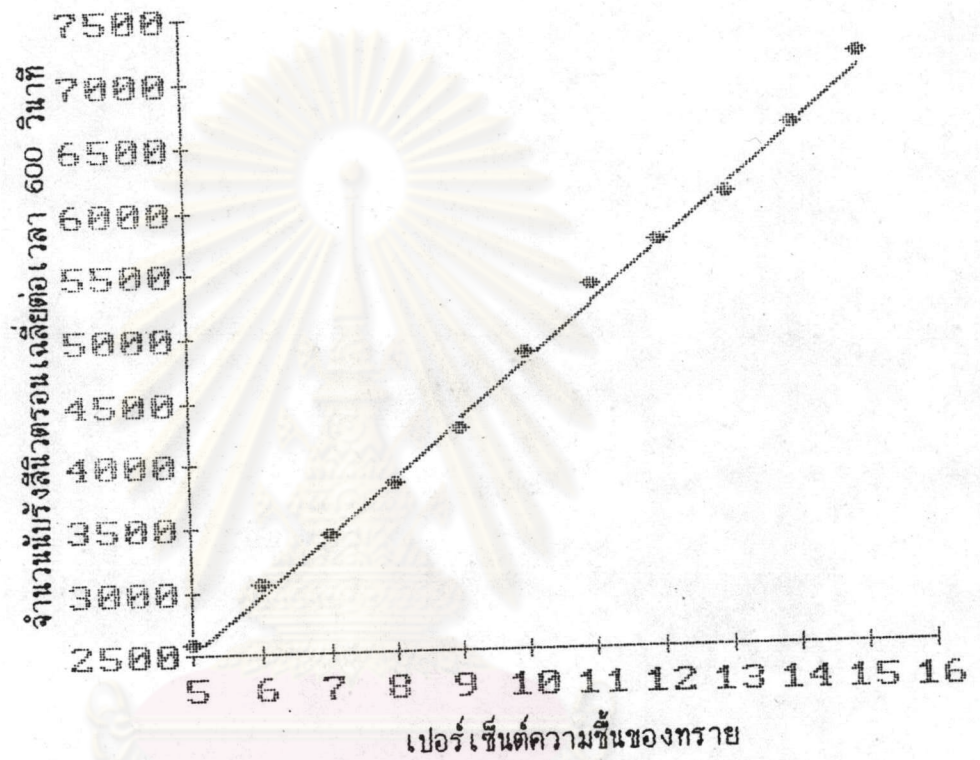
ความชื้น 15 %  $Y = 1.046 \text{ EXP}(-0.5609)$  ,  $r = 0.9994$

ตารางที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับรังสีตรอนเข้าและรังสีแกมมากับความขึ้น  
ที่ความหนาแน่นของทราย 1.3 กรัม/ซม.<sup>3</sup>

ความหนาแน่นของทรายแห้ง 1.3 กรัม/ซม. <sup>3</sup>		
เปอร์เซ็นต์ความชื้น	$I/I_0$	$C_n$
5	0.5619	2581
6	0.5425	3036
7	0.5369	3410
8	0.5346	3810
9	0.5271	4229
10	0.5227	4824
11	0.5184	5349
12	0.5158	5697
13	0.5058	6051
14	0.5040	6583
15	0.4980	7131

$C_n$  = จำนวนนับรังสีนิวตรอนเฉลี่ยต่อเวลา 600 วินาที

$I/I_0$  = อัตราส่วนความเข้มของรังสีแกมมาทะลุผ่าน



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับรังสีนิวตรอนเข้ากับเปอร์เซ็นต์ความชื้นของทรายที่มีความหนาแน่นของทรายแห้ง 1.3 กรัม/ซม.<sup>3</sup>

$$Y = 452.31 X + 267.82$$

$$r = .9976$$