

THIẾT KẾ, CHẾ TẠO ĐẦU PHUN XOÁY TRONG KỸ THUẬT TƯỚI PHUN

Design and Manufacturing of Swirling Spray Heads in Sprinkler Irrigation Technology

Võ Tuyền¹, Nguyễn Thanh Nam², Hoàng Đức Liên³

¹Trường Cao đẳng Công nghiệp Thực phẩm Tp. Hồ Chí Minh

²Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa Tp. Hồ Chí Minh

³Khoa Cơ - Điện, Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội

Địa chỉ email tác giả liên lạc: hdlien@hua.edu.vn

TÓM TẮT

Trong kỹ thuật tưới phun, dòng phun xoáy có tác động qui mô lớn đến trường dòng chảy như: gia tăng kích thước dòng phun, sự phân tán, kích thước, hình dạng và tính ổn định của giọt nước... Bài báo này đề cập tới việc thiết kế và chế tạo đầu phun tạo xoáy bằng cách sử dụng các rãnh tạo xoáy ứng dụng trong kỹ thuật tưới phun với các hệ số xoáy khác nhau, nhằm kiểm chứng hiệu quả tưới tiết kiệm nước.

Từ khoá: Dòng phun xoáy, hệ số xoáy, tưới phun.

SUMMARY

In sprinkler or overhead irrigation technology, the swirling flow has large-scale effect on flow field: jet growth, dispersion, size, shape and stability of misting drops... This paper considers the design and manufacturing of swirling spray heads by the use swirling drain in sprinkler irrigation technology in order to verify the effects of saving irrigation water.

Key words: Sprinkler irrigation technology, swirling flow, swirling spray.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Dòng xoáy có rất nhiều ứng dụng thực tế trong cả hai trường hợp có và không có phản ứng cháy. Trong trường hợp không có phản ứng, những ứng dụng bao gồm bộ khuếch đại xoáy và lò phản ứng, thiết bị tách xoáy, ống Ranque Hilsch, dòng nước xoáy, máy phun nước tưới tiêu trong nông nghiệp, thiết bị trao đổi nhiệt, bơm phun tia... Trong các hệ thống cháy, hiệu quả rất hữu ích của dòng xoáy là trộn đều nhiên liệu và không khí, được ứng dụng rộng rãi nhằm tạo ra sự ổn định cho quá trình cháy cường độ cao và khả năng làm sạch buồng đốt trong các trường hợp như ở động cơ xăng dầu, động cơ diesel, tuabin khí, các lò nung công nghiệp và nhiều thiết bị nhiệt khác. Trong thiết bị tưới phun, dòng rối xoáy có những tác động qui mô lớn đến trường dòng chảy như: gia tăng tia

phun, sự phân hủy, kích thước, hình dạng, tính ổn định của giọt nước.

Dòng rối xoáy được tạo ra do ứng dụng chuyển động xoắn, thành phần vận tốc xoáy (thành phần vận tốc tiếp tuyến) được truyền cho dòng chảy bằng cách sử dụng các cánh tạo xoáy, bằng các thiết bị tạo xoáy đi vào vòi phun theo phương hướng trục cùng với phương tiếp tuyến hay bằng cách phun ra trực tiếp theo phương tiếp tuyến.

Tóm lại, dòng phun rối xoáy được hình thành bằng các phương pháp cơ bản sau:

- Đi vào tiếp tuyến (đi vào thiết bị tạo xoáy theo phương chiều trục cùng với phương tiếp tuyến).
- Nhờ cánh dẫn hướng (cánh tạo xoáy hay thiết bị tạo xoáy).
- Quay trực tiếp (ống quay).

Bài báo này đề cập tới việc nghiên cứu chế tạo đầu phun xoáy bằng cách sử dụng các rãnh tạo xoáy, ở đây chất lỏng đi vào rãnh xoáy theo phương tiếp tuyến gọi là rãnh hướng tâm, sau đó đi ra khỏi miệng phun dưới dạng dòng xoáy.

Để đặc trưng cho mức độ xoáy và ảnh hưởng của sự xoáy, trong kỹ thuật sử dụng đại lượng cơ bản là hệ số cường độ xoáy S - một đại lượng không thứ nguyên đặc trưng cho dòng chảy. Hệ số cường độ xoáy phụ thuộc động lượng dòng dọc trục và dòng tiếp tuyến.

Theo Gupta A. K. và cs., trong trường hợp vùng xoáy nhỏ thì mối quan hệ giữa hệ số cường độ xoáy S và góc nghiêng của rãnh tạo xoáy ϕ được xác định theo biểu thức sau:

$$S = \frac{2}{3} \operatorname{tg} \phi \quad (1)$$

Khi đó, góc nghiêng ϕ của rãnh tạo xoáy là 15° ; 30° ; 45° ; 60° ; 70° và 80° tương ứng với giá trị của hệ số xoáy S là 0,2; 0,4; 0,7; 1,2; 2,0 và 4,0.

2. THIẾT KẾ, CHẾ TẠO ĐẦU PHUN TẠO XOÁY ỨNG DỤNG TRONG KỸ THUẬT TƯỚI PHUN

Để xây dựng mô hình thực nghiệm nghiên cứu tác động của hiệu ứng xoáy trong

kỹ thuật tưới phun, đầu phun tạo xoáy được chế tạo bằng cách sử dụng các rãnh tạo xoáy.

Thông số thiết kế đầu phun tạo xoáy được chọn để xây dựng mô hình thực nghiệm như sau:

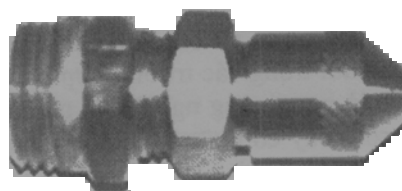
- Lưu lượng nước qua vòi: $Q = 1 \div 15$ l/ph.
- Áp lực phun: $p = 1,2 \div 2,5$ kG/cm².
- Đường kính lỗ vòi: $d = 3 \div 4,5$ mm.
- Hệ số cường độ xoáy: $S = 0 \div 1,2$.

Đầu phun tạo xoáy được thiết kế và gia công có hình dạng chung và cấu tạo như được trình bày ở hình 1.

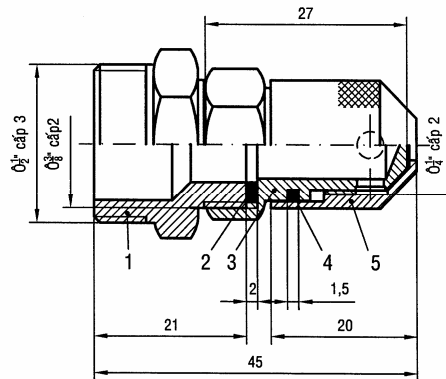
Nhìn chung, đầu phun tạo xoáy có kết cấu tương đối đơn giản. Đầu phun được chế tạo bằng đồng thau và chủ yếu gia công trên máy tiện, trừ nguyên công nguội khi gia công các rãnh. Các chi tiết của đầu phun được lắp với nhau bằng mối ghép ren có các vòng đệm để tránh rò rỉ nước. Đầu phun được lắp đặt với hệ thống ống dẫn nước bằng mối ghép ren (ren tiêu chuẩn).

Tùy thuộc vào lưu lượng cần phun, bán kính cần phun mà sử dụng các đầu phun có kích thước và góc nghiêng của rãnh tạo xoáy khác nhau.

Các chi tiết chính của đầu phun tạo xoáy (gồm 5 chi tiết) được mô tả ở các hình 2 ÷ 5.



a)

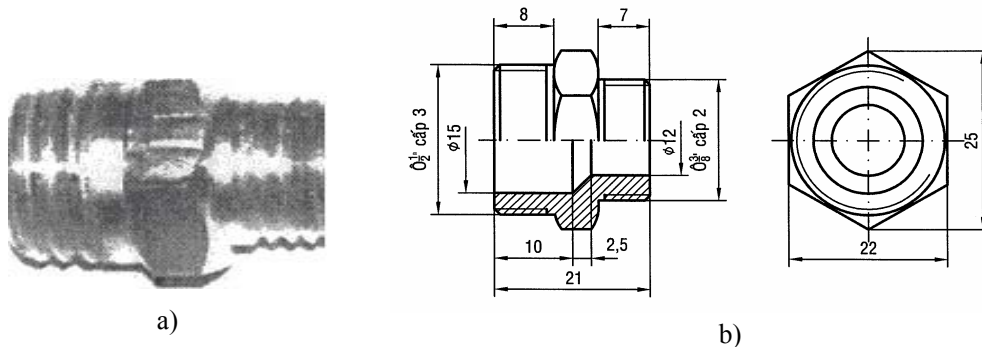


b)

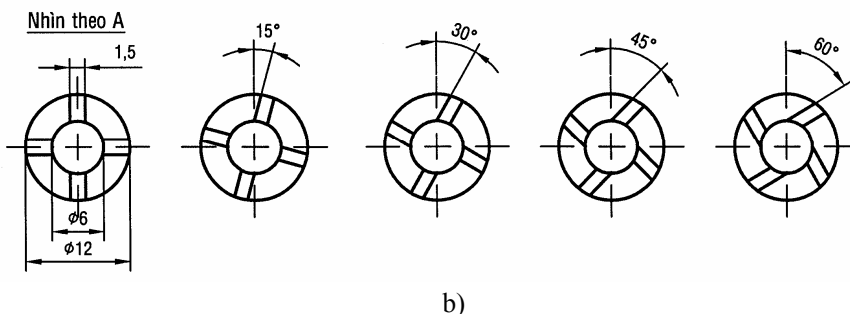
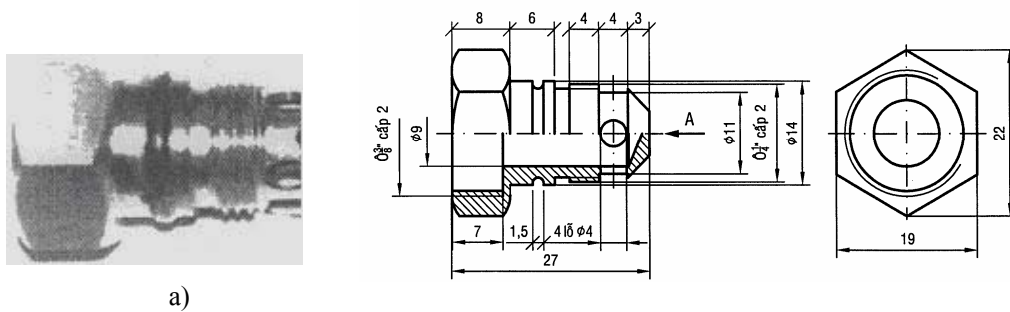
Hình 1. Cấu tạo của đầu phun tạo xoáy

a) Hình dạng chung; b) Bản vẽ lắp

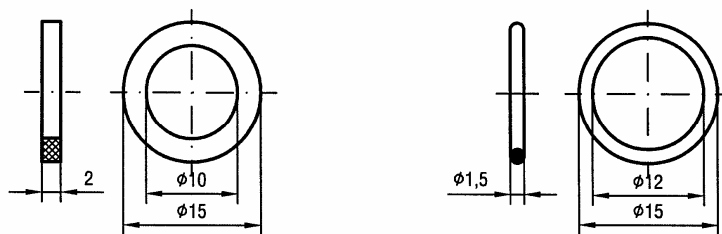
1. Ống nối chuyển bạc $\Phi 21 - \Phi 17$; 2. Vòng đệm cao su; 3. Bộ phận tạo xoáy;
4. Vòng đệm cao su; 5. Đầu vòi phun



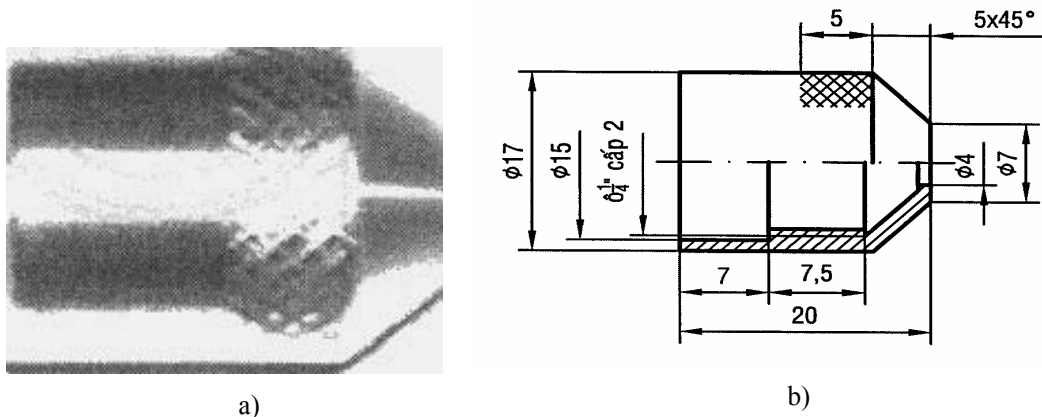
Hình 2. Ống nối chuyển bậc 1/2" (21) 3/8" (17)
 a) Hình dạng chung; b) Bản vẽ chi tiết



Hình 3. Bộ phận tạo xoáy với các góc nghiêng ϕ khác nhau
 a) Hình dạng chung; b) Bản vẽ chi tiết



Hình 4. Vòng đệm cao su



Hình 5. Đầu vòi phun
a) Hình dạng chung; b) Bản vẽ chi tiết

3. ỨNG DỤNG NGHIÊN CỨU TÁC ĐỘNG CỦA HIỆU ỨNG XOÁY TỚI GÓC PHUN VÀ SỰ PHÂN BỐ CƯỜNG ĐỘ MƯA

3.1. Tác động của hiệu ứng xoáy tới góc phun

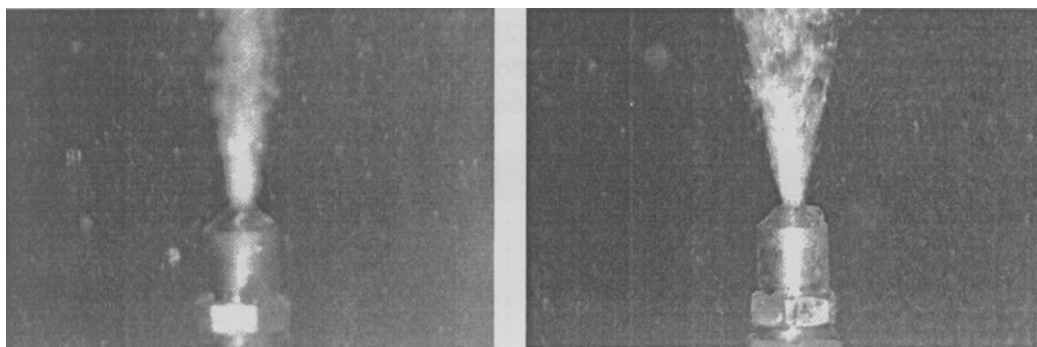
Khi phun, góc hợp bởi đường biên ngoài và trục đối xứng của dòng phun (góc phun) giúp cho đặc tính của dòng phun tiến triển

(thu hẹp hoặc trải rộng). Tiến hành thực nghiệm đối với đầu phun có đường kính lỗ vòi $d = 4\text{mm}$, áp suất phun $p = 2,0 \text{ kG/cm}^2$ đã ghi nhận được cấu trúc của dòng phun ứng với các hệ số cường độ xoáy khác nhau như được biểu diễn ở hình 6.

Qua hình 6 xác định được góc phun ứng với các hệ số xoáy khác nhau như được trình bày ở bảng 1.

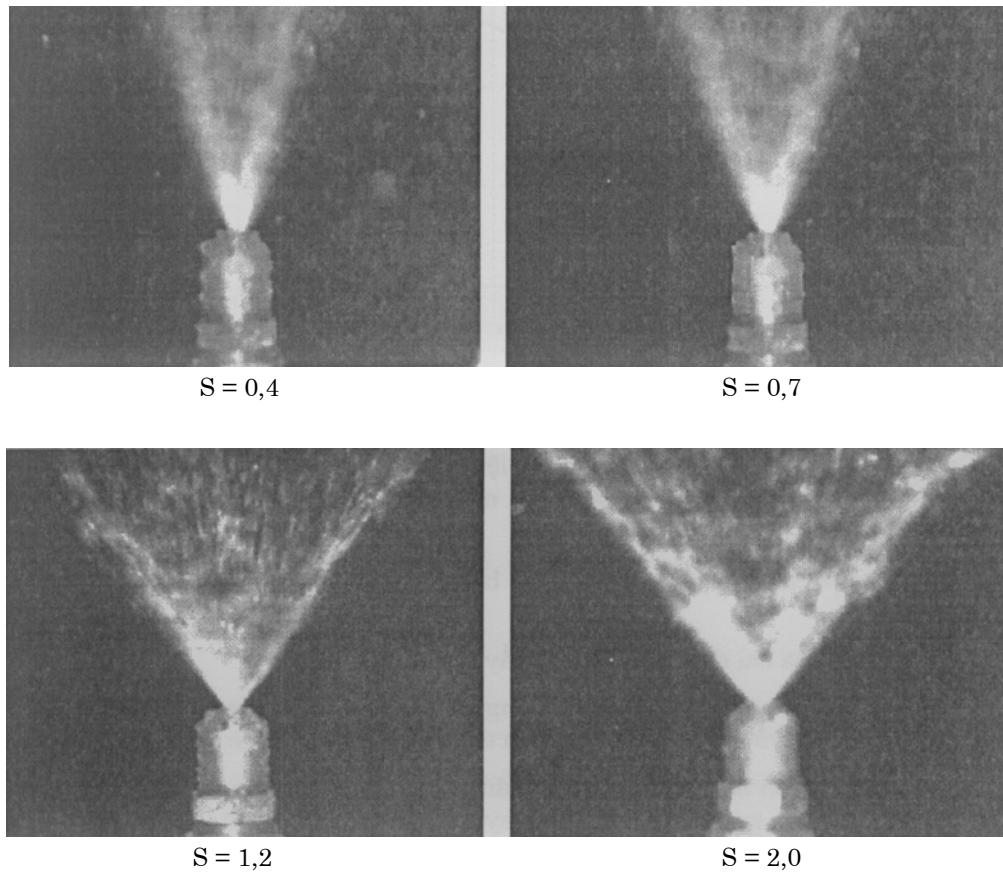
Bảng 1. Giá trị của góc phun ứng với các hệ số xoáy

Hệ số xoáy S	0	0,2	0,4	0,7	1,2	2,0
Góc phun α (độ)	11,3	14,2	18,0	23,5	31,5	40,5



S = 0

S = 0,2



Hình 6. Góc phun ứng với các hệ số xoáy khác nhau

Mặt khác, khi tăng hệ số xoáy sẽ làm tăng chiều rộng của dòng phun, vì vậy góc phun là hàm của hệ số xoáy S và được xác định qua công thức bán thực nghiệm sau (Gupta A. K. và cs., 1984; Nguyễn Thanh Nam, 2003):

$$\alpha = 12,1 + 14S \quad (\text{độ}) \quad (2)$$

Từ các quan hệ ở bảng 1 và công thức 2 xây dựng được đồ thị so sánh mối quan hệ giữa hệ số xoáy và góc phun qua việc đo đạc thực nghiệm và sử dụng công thức bán thực nghiệm (Gupta A. K. và cs., 1984; Nguyễn Thanh Nam, 2003) được biểu diễn ở hình 7.

So sánh giữa kết quả đo đạc thực nghiệm (đường nét đứt nối các điểm vuông) với kết quả sử dụng công thức bán thực

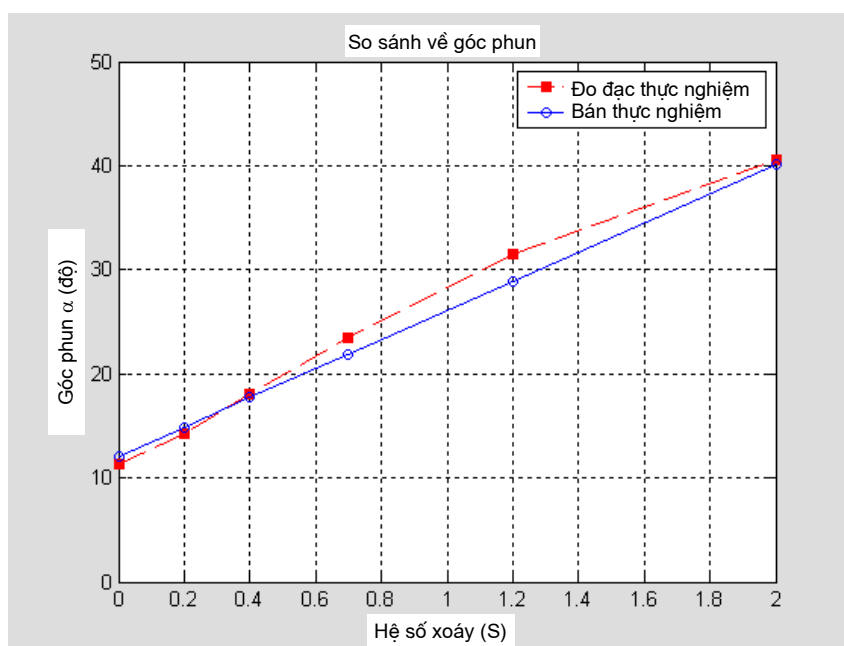
nhệm (đường liền nối các điểm tròn) nhận thấy rằng:

- Giá trị của chúng không có sự khác biệt lớn, tổng sai số sau khi tính toán là 3,1%.

- Biên dạng của hai đồ thị cũng cho thấy sự tương đồng.

- Khi tăng hệ số xoáy thì góc phun cũng tăng theo. Sự gia tăng của góc phun so với hệ số xoáy là tuyến tính, điều này hoàn toàn phù hợp với thực tế.

- Cũng qua quan sát thực nghiệm nhận thấy rằng, khi tăng áp suất của dòng phun không làm cho góc phun thay đổi, hay nói khác đi góc phun không phụ thuộc vào áp suất của dòng phun.



Hình 7. Đồ thị so sánh quan hệ giữa hệ số xoáy và góc phun

3.2. Phân bố cường độ mưa

Để đo đạc phân bố cường độ mưa, thực nghiệm được tiến hành với các điều kiện ban đầu gồm: Đường kính lỗ vòi phun $d = 4 \text{ mm}$; áp suất phun $p = 2,0 \text{ kg/cm}^2$; Hệ số cường độ xoáy $S = 0,4$; $S = 0,7$ và $S = 1,2$.

Ứng với mỗi hệ số cường độ xoáy khác nhau được tiến hành qua hai lần thực nghiệm.

Qua thực nghiệm, không những đo được cường độ phun mưa $i \text{ (mm/h)}$ và xác định được độ đồng đều khi tưới $CU \text{ (}\%)$, mà còn đo được bán kính dòng phun $R \text{ (m)}$, chiều cao dòng phun $H \text{ (m)}$ và lưu lượng nước qua vòi $Q \text{ (l/ph)}$.

Kết quả đo đạc phân bố cường độ mưa ứng với các hệ số xoáy khác nhau được thể hiện trong các bảng 2 ÷ 4.

Bảng 2. Phân bố cường độ mưa khi $S = 0,4$

Hướng	Lần phun	Bán kính (m)												
		-3	-2,5	-2,0	-1,5	-1,0	-0,5	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3
A	Lần 1	0	8,0	22,5	31,5	40,0	54,0	61,5	52,5	37,0	29,0	20,5	9,0	0
	Lần 2	0	11,0	24,5	32,0	42,5	52,0	58,5	50,5	35,0	28,0	21,5	10,0	0
	TB	0	9,5	23,0	31,5	41,0	53,0	60,0	51,5	36,0	28,5	21,0	9,5	0
B	Lần 1	0	4,0	20,5	33,5	44,0	55,5	61,5	54,5	42,0	31,0	18,0	7,0	0
	Lần 2	0	7,0	23,0	32,0	40,5	53,0	58,5	52,0	38,5	29,5	20,5	8,5	0
	TB	0	5,0	21,5	32,5	42,0	54,0	60,0	53,0	40,0	30,0	19,0	7,5	0
Trung bình A và B		0	7,0	22,0	32,0	41,5	53,5	60,0	52,0	38,0	29,0	20,0	8,5	0

Bảng 3. Phân bố cường độ mưa khi S = 0,7

Hướng	Lần phun	Bán kính (m)												
		-3,0	-2,5	-2,0	-1,5	-1,0	-0,5	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
A	Lần 1	0	11,0	19,5	26,5	35,5	40,0	42,0	40,0	33,0	25,0	21,0	13,0	0
	Lần 2	0	9,0	16,5	26,0	38,0	42,0	44,0	40,5	32,0	24,5	17,5	9,0	0
	TB	0	10,0	18,0	26,0	36,5	41,0	43,0	40,0	32,5	24,5	19,0	11,0	0
B	Lần 1	0	16,0	23,0	27,5	35,0	40,5	42,0	40,0	35,5	27,0	19,0	11,0	0
	Lần 2	0	10,0	17,5	24,0	33,5	42,0	44,0	41,0	37,0	25,0	16,5	7,5	0
	TB	0	13,0	20,0	25,5	34,0	41,0	43,0	40,5	36,0	26,0	17,5	9,0	0
Trung bình A và B		0	11,5	19,0	25,5	35,0	41,0	43,0	40,0	34,0	25,0	18,0	10,0	0

Bảng 4. Phân bố cường độ mưa khi S = 1,2

Hướng	Lần phun	Bán kính (m)												
		-3,0	-2,5	-2,0	-1,5	-1,0	-0,5	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
A	Lần 1	3,5	11,0	16,5	21,5	32,0	35,5	38,0	36,0	29,5	22,0	18,0	13,5	5,5
	Lần 2	8,0	15,0	19,0	20,0	28,5	35,0	36,5	34,5	30,0	26,5	21,0	19,0	11,0
	TB	5,5	13,0	17,5	20,5	30,0	35,0	37,0	35,0	29,5	24,0	19,5	16,0	8,0
B	Lần 1	8,5	15,0	21,5	25,5	31,5	34,0	38,0	36,0	33,0	22,5	16,5	10,0	3,5
	Lần 2	11,5	17,5	20,0	23,0	25,0	30,5	36,5	34,0	29,5	22,0	20,0	14,0	6,0
	TB	10,0	16,0	20,5	24,0	28,5	32,0	37,0	35,0	31,0	22,0	18,0	12,0	4,5
Trung bình A và B		7,5	14,5	19,0	22,0	29,0	33,5	37,0	35,0	30,0	23,0	18,5	14,0	6,0

Từ kết quả thực nghiệm trong các bảng trên, có thể biểu diễn sự phân bố cường độ mưa bằng đồ thị như được thể hiện ở hình 8.

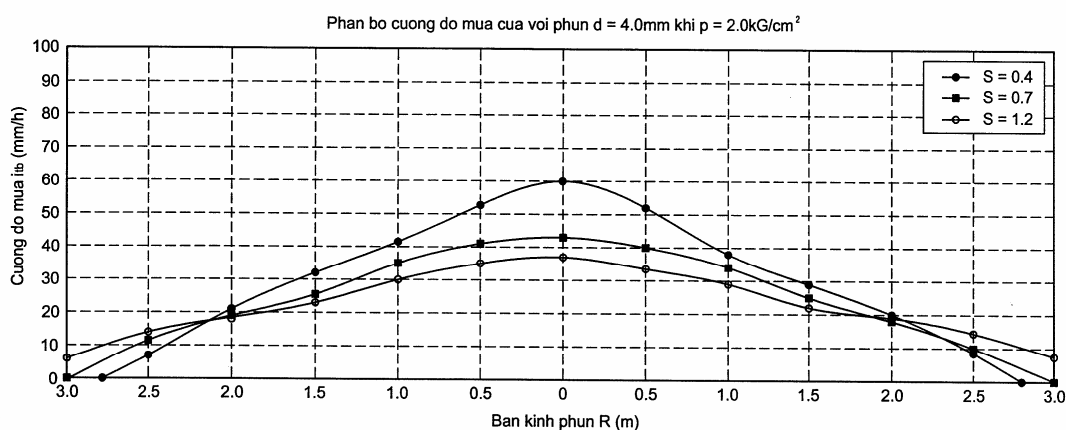
Qua quan sát thực nghiệm và qua đồ thị ở hình 8 cho thấy:

- Khi hệ số cường độ xoáy thấp ($S = 0,4$), sự phân bố cường độ mưa không đồng đều, ở gần tâm của vòi phun lượng mưa tập trung

nhều hơn. Khi hệ số cường độ xoáy cao ($S = 0,7$ và $S = 1,2$), lượng mưa phân bố tương đối đều từ tâm vòi phun cho đến tâm phun xa nhất.

- Càng tăng hệ số xoáy thì bán kính dòng phun càng tăng.

- Hệ số cường độ xoáy càng cao thì độ thô của hạt mưa (cỡ hạt) càng nhỏ và có dạng sương.



Hình 8. Đồ thị phân bố cường độ mưa với các hệ số xoáy khác nhau

4. KẾT LUẬN

Qua nghiên cứu thực nghiệm và so sánh kết quả thực nghiệm với kết quả tính toán và sử dụng công thức bán thực nghiệm về góc phun cho thấy, dòng phun xoáy trong kỹ thuật tưới phun có tác động lớn tới trường dòng. Cụ thể là:

- Hiệu ứng xoáy ảnh hưởng trực tiếp tới góc phun, làm tăng chiều rộng dòng phun và do đó làm cho tầm phun mưa rộng, tăng hiệu quả sử dụng nước.

- Khi hệ số xoáy cao ($S = 0,7 \div 1,2$) lượng mưa phân bố đồng đều từ tâm vòi phun tới tầm phun xa nhất. Khắc phục được nhược điểm của một số loại vòi phun mưa khác là lượng mưa phân bố không đồng đều.

- Càng tăng hệ số xoáy, lưu lượng của dòng phun giảm, độ thô của hạt mưa càng nhỏ và có dạng sương, giúp cây trồng và đất đai hấp thụ một cách triệt để. Điều này hạn chế được tổn thất nước do không tạo ra dòng chảy mặt đất, đồng thời không phá vỡ cấu tượng của đất do hạt mưa nhỏ, tăng hiệu quả tiết kiệm nước rất nhiều so với các phương pháp tưới khác (Vo Tuyen và cs., 2004).

- Thiết bị đơn giản, sử dụng áp lực làm việc nhỏ và trung bình ($< 2,5 \text{ kG/cm}^2$), nguồn động lực cung cấp cho bơm là nhỏ nên phát huy được hiệu quả tiết kiệm năng lượng (Vo Tuyen và cs., 2004).

Với ưu điểm là tiết kiệm nước và năng lượng, phân bố lượng mưa đồng đều, phù hợp với nhiều loại địa hình đất đai và năng suất tưới cao. Việc ứng dụng dòng phun rối xoáy trong kỹ thuật tưới phun phù hợp với những loại cây trồng cận có giá trị như vườn ươm, cây trồng cao cấp trong nhà kính, các loại hoa, cây ăn quả (nho, cam...) và điều kiện địa hình phức tạp, nguồn nước khó khăn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Gupta A. K. , D. G. Lilley, N. Syred (1984). Swirl Flows. Abacus Press.
- Nguyễn Thanh Nam (2003). Cơ học lưu chất tính toán. NXB. Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh.
- Vo Tuyen, Nguyen Thanh Nam, I. S. Antonov (2004). Water Jets and Irrigation Technology - Science & Technology Development EMΦ, Bulgaria.