

질소시비량이 쇠무릎의 생육 및 건물수량에 미치는 영향

강 영 길†

제주대학교 농업생명과학대학 식물자원과학과

Influence of Nitrogen Application Rate on Growth and Dry Matter Yield of *Achyranthes japonica* Nakai

Young Kil Kang†

College of Agriculture & Life Sciences, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea

ABSTRACT : To determine the optimum N rate in Jeju island for utricle and root production of *Achyranthes japonica* Nakai, a medicinal plant, the plants were grown at two plant densities (50 and 100 hills/m², two plants per hill; main plots) at six N application rates (0, 6, 12, 18, 24, and 30 kg/10a; split plots) in 2001. There was no significant interaction between plant density and N application rate for all measured agronomic characters. Main root length and roots per hill were 5 and 52% greater, respectively, but N content of stover was lower under lower plant density compared to higher plant density. The other characters were not affected by plant density. N application rate did not significantly affect main stem diameter, spikes per hill, spike length, utricles per spike, main root length and diameter, and utricle N content. As N rate increased from 0 to 30 kg/10a, SPAD values and stover N content increased linearly from 35.0 to 40.5 and 1.09 to 1.38%, respectively, and plant height, branches per hill, stover, utricle and root dry matter yields, roots per hill, and top N yield increased quadratically. Spikes per hill were increased in a cubic manner with increased N application rates. N application rate for the maximum dry matter yield of utricle and root in *A. japonica* was estimated to be 21 kg N/10a.

Key words : *Achyranthes japonica*, medicinal plant, N application rate, dry matter yield, growth characters

서 언

쇠무릎(*Achyranthes japonica* Nakai)은 평양이남의 산야와 길가에 자생하는 다년초로 어린 순을 나물로 하며 뿌리를 利尿, 强精, 通經藥으로 사용한다(이, 1979; 이, 1996). 또한 쇠무릎의 뿌리와 종자에 해충 방제에 이용될 수 있는 곤충의 탈피를 촉진하는 호르몬인 ecdysteroid가 많이 함유되어 있다(Boo et al., 2001; Boo et al., 2002; Chae et al., 2001).

이러한 쇠무릎은 다른 작물과 마찬가지로 질소시비량에 따라 생장은 크게 영향을 받는다. 질소시비량이 적정량보

다 적으면 작물의 생육, 수량 및 품질이 나빠지지만 질소 과잉 시비는 토양의 산성화 및 지하수 오염의 원인이 되며, 작물의 도복, 수량 및 품질을 불량하게 한다(Jones, Jr. et al., 1991). 또한 전라남도 농업기술원에서 쇠무릎의 뿌리 생산을 위한 재배법 확립시험이 꽤 수행되어 있으며 생약을 생산할 목적으로 쇠무릎을 재배할 경우 적정 질소 시비량은 18 kg/10a 수준이라고 하나, 재배지역의 토양 및 기후, 재배목적 등에 따라 차이가 있을 수 있다. 본 연구에서는 생약재(뿌리) 또는 ecdysteroid(뿌리+포과)를 생산할 목적으로 쇠무릎을 재배할 때 제주지역에 있어서 적정 질소 시비량을 구명하고자 하였다.

† Corresponding author (Phone) : Young Kil Kang, 064-754-3316 E-mail : ykkang@cheju.ac.kr

Received 13 December 2002 / Accepted 5 June 2003

재료 및 방법

본 시험은 2001년 4월부터 11월까지 제주대학교 농업생명과학대학 연구실습센터 포장(33° 27' 20" N, 표고 277 m)에서 수행되었다. 시험 포장은 화산회토가 모재인 농암갈색 미사질양토로 시험전 표토(0~10 cm)의 화학적 특성은 Table 1과 같으며 비옥도가 다소 낮았다. 시험에 이용된 종자는 2000년 가을에 제주시 지역에서 자생하는 쇠무릎에서 채취하였다. 채취된 종자는 망사에 담아 2일간

흐르는 물에 침중한 후 4℃에서 10일간 냉장한 후 25℃의 생장상에 1주일간 두었다가 파종하였다. 파종은 4월 25일에 행하였는데, 주당 4~6립씩 파종한 후, 파종 40일 후 주당 본수가 2본이 되도록 솟았다. 인산과 가리 시비량은 각각 10, 18 kg/10a이었다. 인산은 용성인비로 전량을 기비로 사용하였고, 가리는 염화가리로 기비 50%, 추비 50% 비율로 하였고 추비는 7월 24일과 8월 23일에 25% 씩 주었다.

Table 1. The initial chemical properties of surface soil (0~10 cm) at the experimental site

pH (1:5)	Organic matter (g/kg)	Available P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchangeable cation				EC (dS/m)
			Ca	Mg	K	Na	
4.46	36.9	72.6	0.48	0.21	0.46	0.12	0.14

처리는 재식밀도 2수준(50 및 100주/m²)과 질소시비량 6수준(0, 6, 12, 18, 24, 30kg/10a)이었다. 휴폭을 20cm, 주간거리를 5cm와 10cm로 하여 재식밀도가 50 및 100주/m²가 되도록 하였고, 주당 본수는 2본이었다. 질소비료는 요소를 이용하였고, 기비 50%, 추비 50% 비율로 가리와 같은 방법으로 사용하였다. 시험구당 면적은 3.2 m²(휴장 2 m, 8휴)이었으며, 시험구는 재식밀도를 주구, 질소시비량을 세구로 한 분할구 3반복으로 배치하였다.

성숙기인 11월 13일에 가운데 4줄에서 5주(10본)를 대상으로 초장(경장 + 화서장), 줄기, 화서, 포과, 뿌리 등의 특성을 조사하였다. 뿌리수는 일차근과 마디에서 발생한 직경이 0.5 mm 이상의 부정근을 대상으로 조사하였다. 도복은 발생되지 않았다. 성숙기 건물수량은 가운데 4줄에서 10주를 수확하여 포과와 경엽(화경 포함, 이하 경엽으로 표시)을 구분하여 70℃의 통풍건조기에서 3일간 건조하여 조사하였다. 엽색도(SPAD 값)는 8월 28일(개화전 13일)에 엽록소계(SPAD-502, Minolta Camera Co., Osaka, Japan)를 이용하여 최근 성숙한 상부잎에서 조사하였다. 질소는 질소분석기(FP528)를 이용하여 듀마스 법으로 분석하였다. 질소수량(흡수량)은 건물중에 질소함량을 곱하여 산출하였다.

결과 및 고찰

분산분석 결과 어느 형질에서도 재식밀도와 질소시비량 간 상호작용이 없었다. 따라서 재식밀도와 질소시비량의 주효과만을 Table 2, 3, 4에, 질소시비량의 주효과에 대한 경향분석은 Table 5에 나타내었다.

초장, 줄기 및 화서의 특성과 SPAD 값

초장, 주당 분지수, 주당 화서수는 18 kg/10a 시비구에서 각각 105.7 cm, 10.0개, 36.3개로 가장 컸었고, 경향분석 결과 초장과 주당 분지수에서는 질소시비량의 2차까지, 주당 화서수에서는 3차방정식도 유의하였다(Table 2과 5). 주경직경, 화서장, 화서당 포과수는 처리에 관계없이 각각 3.9 mm, 22.3 cm, 58개 내외였다. 질소가 부족하면 전체의 생장이 저해되지만 질소시비량이 과도하게 많지 않으면 호프(Lee et al., 1992), 유채(Cho et al., 1998)의 초장이 질소적정시비구에 비하여 짧았다는 보고와 같이 질소시비량에 따른 쇠무릎의 반응은 식물체 부위에 따라 달라진다고 할 수 있다.

SPAD 값과 엽록소 함량과는 높은 상관관계가 있으며(Kim et al., 2002), 질소시비량이 많을수록 SPAD 값이 커지는 것으로 보고되어 있는데(Cho et al., 1998), 본 연구에서도 SPAD 값은 질소시비량을 10a당 0 kg에서 30 kg까지 증가시킬 때 35.0에서 40.5로 직선적으로 증가되었다. 따라서 쇠무릎도 질소시비량을 증가시킬수록 SPAD 값이 증가되어 엽록소함량도 아울러 증가되었을 것이다.

건물수량 및 뿌리 특성

성숙기에 조사한 10a당 건물수량과 뿌리 특성은 Table 3와 같다. 10a당 경엽과 포과의 건물수량은 무질소구에서 각각 355, 128 kg이었던 것이 질소시비량이 증가됨에 따라 점차 증가되어 10a당 질소 24 및 18 kg 시비구에서 각각 816와 293 kg로 가장 많았던 반면, 그 이상 질소시비량을 증가시킬 경우 감소되는 경향을 보였다. 한편 질

Table 2. Morphological characteristics of *Achyranthes japonica* at maturity as affected by plant density and N application rate

Treatment	Plant length	Stem diameter	Branches	Spikes	Utricles	Spike length	SPAD value [†]
	cm	mm	----- no. hill ⁻¹ -----		----- no. spike -----		cm
Plant density (hills/m ² †)							
50	99.0	3.98	8.2	28.1	57.9	22.4	37.3
100	94.0	3.79	6.3	23.1	58.0	22.3	37.2
LSD 0.05	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
N rate (kg 10a ⁻¹)							
0	86.4	3.70	4.4	13.3	56.2	23.0	35.0
6	90.2	3.85	6.5	22.6	55.4	21.4	35.3
12	96.8	4.05	7.4	28.7	61.3	22.2	36.4
18	105.7	4.08	10.0	36.3	57.1	22.9	38.1
24	101.5	3.86	7.94	29.6	57.3	22.2	38.3
30	98.2	3.77	7.4	23.1	60.7	22.3	40.5
LSD 0.05	10.7	ns	1.7	9.9	ns	ns	2.6

[†] Measured on 28 Aug., at 13 days before flowering.

[†] Two plants per hill.

ns : Nonsignificant between treatment levels.

Table 3. Yield and root characteristics of *Achyranthes japonica* at maturity as affected by plant density and N application rate

Treatment	Dry matter yield			Root	Main root length	Main root diameter	Primary & nodal roots
	Top		Total				
	Stover	Utricle					
	----- kg 10a ⁻¹ -----			----- mm -----		no. hill ⁻¹	
Plant density (hills/m ² †)							
50	693	259	952	387	221	5.06	14.9
100	611	198	809	341	211	4.54	9.8
LSD 0.05	ns	ns	ns	ns	2	ns	4.7
N rate (kg 10a ⁻¹)							
0	355	128	483	275	212	4.38	9.0
6	556	194	750	317	216	4.98	11.2
12	692	235	926	387	220	5.38	12.9
18	738	293	1031	424	218	4.88	14.4
24	816	275	1092	402	217	4.64	13.9
30	752	248	1001	380	214	4.58	12.8
LSD 0.05	172	78	241	100	ns	ns	2.6

[†] Two plants per hill.

ns : Nonsignificant between treatment levels.

Table 4. Nitrogen content and N yield of aboveground parts at maturity of *Achyranthes japonica* as affected by plant density and N application rate

Treatment	N content		N yield		
	Stover	Utricle	Stover	Utricle	Top
	----- % -----		----- kg 10a ⁻¹ -----		
Plant density (hills/m ² †)					
50	1.18	3.71	8.4	9.6	18.0
100	1.34	3.78	8.4	7.5	15.9
LSD 0.05	0.10	ns	ns	ns	ns
N rate (kg 10a ⁻¹)					
0	1.09	3.72	4.0	4.6	8.6
6	1.12	3.70	6.4	7.2	13.6
12	1.22	3.67	8.5	8.5	17.0
18	1.28	3.64	9.4	10.7	20.1
24	1.46	3.87	11.8	10.6	22.4
30	1.38	3.86	10.3	9.7	19.9
LSD 0.05	0.22	ns	2.5	3.1	5.3

† Two plants per hill.

ns : Nonsignificant between treatment levels.

Table 5. Regression equations with determination coefficients relating N application rate and various characteristics, and the calculated optimum N application rate for dry matter yield of utricle and root in *Achyranthes Japonica*

Trait	Regression equation	R ²	Optimum N rate (kg/10a)
Plant height	Y = 84.48 + 1.660X - 0.0391X ²	0.873	
No. of branches hill ⁻¹	Y = 4.17 + 0.486X - 0.0128X ²	0.864	
No. of spikes hill ⁻¹	Y = 13.18 + 1.648X - 0.0046X ² - 0.00133X ³	0.954	
SPAD value	Y = 34.54 + 0.180X	0.948	
Dry matter yield			
Top	Y = 480.51 + 51.213X - 1.1161X ²	0.997	
Stems + leaves	Y = 358.07 + 36.517X - 0.7706X ²	0.990	
Utricles	Y = 122.68 + 14.691X - 0.3464X ²	0.968	21
Roots	Y = 265.08 + 14.100X - 0.3411X ²	0.951	21
Primary & nodal roots hill ⁻¹	Y = 8.83 + 0.510X - 0.0124X ²	0.983	
Nitrogen content of stover	Y = 1.08 + 0.012X	0.859	
Nitrogen yield			
Top	Y = 8.30 + 1.029X - 0.0207X ²	0.979	
Stover	Y = 3.79 + 0.510X - 0.0093X ²	0.954	
Utricle	Y = 4.51 + 0.519X - 0.0014X ²	0.975	

Table 6. Correlation coefficients (r) between utricle or root dry matter yield, and their yield components in *Achyranthes japonica* at maturity

Dry matter yield per	No. of spikes per hill	No. of utricles per hill	Spike length	Main root length	Main root diameter	Primary & nodal roots per
Utricle	0.39*	0.07	0.12			
Root				0.27	0.36*	0.72**

*, ** Significant at the 0.05 and 0.01 probability, respectively .

소시비량에 따른 경엽 및 포과수량 반응은 2차방정식으로 분석되었으며(Table 5), 화서당 포과수가 처리간 차이가 없었기 때문에 포과수량은 주당 화서수에 크게 좌우되었다(Table 6). 질소시비량에 따른 건근수량의 반응도 포과수량에서와 비슷하여 질소를 10a당 0 kg에서 18 kg까지 증가시킴에 따라 275 kg에서 424 kg로 증가하였으나 30 kg시비구에서는 380 kg으로 오히려 감소하였다. 포과 및 뿌리의 건물수량이 둘 다 최대가 되는 질소시비량은 21 kg/10a로 추정되었다(Table 5). 건근수량은 주근장과는 상관없이 주당 뿌리수와 주근 직경과는 상관을 있는 것으로 분석되었으므로(Table 6), 건근수량은 주로 주당 뿌리수와 주근 직경에 좌우되었던 것으로 판단된다.

주근장은 밀식구보다 소식구에서 길었으나 질소시비량에 따른 큰 차이는 없었다. 주근의 직경은 처리에 관계없이 4.8 mm 내외였다. 주당 뿌리수는 밀식구보다 소식구에서 많았고, 질소 18 kg 시비구에서 14.4개로 가장 많았으며 질소시비량과 지근수와의 2차방정식으로 관계로 분석되었다.

지상부 질소함량 및 수량

경엽의 질소함량은 소식구보다 밀식구에서 다소 높았는데(Table 4), 이는 소식구의 경엽 건물수량이 많았던 데에 기인되었던 것으로 생각된다. 경엽의 질소함량은 1.09~1.46%로 질소시비량이 많을수록 직선적인 증가하는 경향을 보였다. 포과의 질소함량은 3.75% 내외로 경엽에서보다 현저히 많았으나 처리에 따른 차이가 없었는데, 이는 포과가 질소의 sink로서 크게 작용하였기 때문인 것으로 사료된다.

질소시비량에 따른 질소(흡수) 반응은 경엽, 포과, 경엽+포과에서 모두 2차곡선적이었다. 경엽은 질소 24 kg 시비구에서, 포과는 질소 18 kg 시비구에서, 가장 많았다. 그러나 경엽+포과의 질소총량은 질소 24 kg 시비구에서 가장 높았다. 그러나 질소 30 kg 시비구에서는 오히려 낮아졌는데 이는 주로 건물수량의 차이에 기인되었다.

이상의 결과로 볼 때 제주지역에서 생약재나 ecdysteroid

(뿌리+포과)를 생산을 위한 쇠무릎의 적정 질소시비량은 20 kg/10a을 기준으로 하고 토양 비옥도 및 유기질비료의 시용량과 쇠무릎, 비료 가격 등을 고려하여 시비량을 결정하는 것이 바람직할 것 같다.

적 요

제주도에서 쇠무릎의 뿌리와 포과의 생산을 위한 적정 질소시비량을 구명하고자 재식밀도(50, 100주/m², 1주 2분)와 질소시비량(0, 6, 12, 18, 24, 30 kg/10a)에 따른 생육, 건물수량, 지상부 질소 함량 및 수량 등을 조사하였던 바 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

조사한 모든 형질에 대하여 재식밀도와 질소시비량간에는 상호작용이 없었다. 100주/m² 재식구에 비하여 50주/m² 재식구에서 주근장 및 뿌리수는 각각 5%와 52% 증가되었고 경엽의 질소함량은 다소 낮았으나 다른 형질에서는 차이가 없었다. 질소시비량은 주경직경, 주당 화서수, 화서당 포과수, 주근장, 주근직경, 포과 질소함량에 영향을 미치지 않았다. 질소시비량이 10a당 0 kg에서 30 kg으로 증가함에 따라 SPAD 값은 35.0에서 40.5로, 경엽의 질소함량은 1.09%에서 1.38%로 직선적으로 증가되었다. 질소시비량은 초장, 주당 분지수, 포과·뿌리 건물수량, 주당 근수, 경엽질소수량에 대해서는 2차함수식으로, 주당 화서수에 대해서는 3차함수적인 관계로 분석되었다. 이러한 분석결과 포과 및 뿌리 건물수량이 최대가 되는 질소시비량은 21 kg/10a로 추정되었다.

사 사

이 연구는 2001년도 과학기술부·한국과학재단 지정 제주대학교 아열대원예산업연구센터의 지원에 수행되었으며 연구비 지원에 감사드립니다.

LITERATURE CITED

Boo KH, Kim SM, Jin SB, Chae HB, Lee DS, Kim DW, Cho

- MJ, Riu KZ (2001) Isolation of genes involved in ecdysteroids biosynthesis from *Achyranthes japonica* Nakai. J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol. 44(3) : 153-161.
- Boo KH, Pham CH, Kim DW, Jin SB, Lee DS, Jeon GL, Cho MJ, Riu KZ (2002) Dynamic changes of the 20-hydroxyecdysone level in plant tissue parts of *Achyranthes japonica* Nakai during its life cycle. p. 121. In Abstracts, Spring Annu. Meet., Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol., Jeju, Korea. 9-11 May 2002.
- Chae, HB, Boo KH, Jin SB, Lee DS, Kim DW, Cho MJ, Riu KZ (2001) Effects of light and some plant growth regulators on ecdysteroids contents in *Polypodium vulgare* L. and *Achyranthes japonica* Nakai. J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol. 44(3) : 162-166.
- Cho NK, Jin WJ, Kang YK, Ko MR, Park YM (1998) Effect of nitrogen rate effects on growth, yield and chemical composition of forage rape cultivars. Korean J. Crop Sci. 43(2) : 66-70.
- Jones Jr. J, Wolf BB, and Mills HA (1991) Plant Analysis Handbook. 1. Methods of Plant Analysis and Interpretation. Micro-macro Publishing INC., Athens, Georgia. p. 3-17.
- Kim DS, Yoon YH, Shin JC, Kim JK, Kim SD (2002) Varietal difference in relationship between SPAD value and chlorophyll and nitrogen concentration in rice leaf. Korean J. Crop Sci. 47(3) : 263-267.
- Lee YH, Cho BO, Huh BL, Ho QS (1992) Effects of nitrogen application on the yield and quality of hop (*Humulus lupulus* L.). Korean J. Soil Sci. & Fert. 25(1) : 38-43.
- 이우철 (1996) 원색한국기준식물도감. 아카데미서적, 서울. p. 97
- 이창복 (1979) 대한식물도감. 향문사, 서울. p. 322.