

강황 유기재배에서 재식밀도가 생육과 수량에 미치는 영향

양승구* · 신길호 · 박신영 · 김현지 · 서윤원 · 서종분 · 김선국

전라남도농업기술원

Effects of Planting Density on the Growth and Yield of Organically Turmeric Cultivation in Upland and Paddy Soil

Yang Seung-Koo*, Gil-Ho Shin, Shin-Yong Park, Hyun-Jee Kim,
Youn-Won Seo, Jong-Bun Seo and Sun-Koo Kim

Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Services, Naju 520-715, Korea

**Corresponding author: sky3878@korea.kr*

ABSTRACT

This study was carried out to examine the influences of planting distance on growth and yield of organically grown turmeric. Turmeric planted in late April 27th at Goksong started emerging in early June, 52 days after being planted. 60 days after planting, the emergence rate reached 98 to 100%.

Their average plant height was 148~159cm, leaf numbers were 7.0~7.7 per plant, stem number per hill was 3.1~5.1, stem diameter was 31.2~31.5 mm. They showed peak growth rate in early to mid August. Plant height increased at planting distance 75 × 40 cm (planting density of 33,300 ea. per ha) compared to 75 × 60 cm, The yield increased at 75 × 40 cm and 90 × 30cm (planting density of 37,000 ea. per ha), compared to 75 × 50 cm (planting density of 26,600 ea. per ha) or 75 × 30 cm (planting density of 44,400 ea. per ha). Curcumin content increased in turmeric harvested at October 3rd compared to those harvested at October 28th or November 24th.

Additional key words: turmeric, organic culture, planting distance, curcumin

서 론

강황은(*Curcuma longa* L.) 생강과(*Zingiberaceae*)에 속하는 다년생 초본식물로 인도가 원산지이며 대만, 인도네시아, 일본과 오스트리아 등에서 일부 재배되고 있으며, 우리나라에서는 전남 남부지방이

주산지를 이루고 있다(Ahn, 2000, Choi et al., 2004; Kim et al, 2013).

강황의 특성을 살펴보면 강황이 속한 생강과 식물은 식물의 특성상 종자를 얻기 어렵기 때문에 근경 번식이 주로 이루어지며(Choi, 2009; Kim et al., 2013), 잎은 크고 길이 30~90cm, 폭 10~20cm

로 잎 끝이 뾰족하고 기부는 삼각형이며, 뒷면은 푸른색이다(Choi, 2004). 꽃은 수상화서로 늦은 봄부터 여름철에 피며 길이 약 30cm 수준이다(Kim and Shin, 1992; Choi, 2004). 강황은 일반적으로 총 영양생장기가 7~8개월간이며 2~3개월간 개화기를 거치게 되고, 개화가 개시되면 종근을 형성하게 되고 개화가 중단되면 지상부가 고사하고 종근은 휴면한다(Lim et al., 2013). 강황의 근경은 생강보다 약간 가늘고 양하 보다는 두꺼우며, 근경은 괴상이고 가로로 절단한 면은 황색을 띠고 특유의 향이 있다(An, 2000; Choi, 2004).

강황의 생리활성에 관한 연구를 보면 강황의 건조 전후 생리활성과 성분 변화와(Singh et al., 2010), 향암(Kuttan et al., 1985), 항돌연변이(Palasa et al., 1992), 항염증(Kumara et al., 2006), 항균성 작용과(Choi, 2009) curcumin의 항산화작용이 확인되었다(Masuda et al., 2001). 강황의 효능은 담즙 분비 촉진, 이뇨, 해열 작용이 있으며 간장염, 황달 급성간염의 치료제로 사용될 뿐만 아니라 스트레스로 인한 흉통, 월경불순, 생리통 등에 사용된다(Kim et al., 2005). 이와 같은 강황의 약리효과가 알려지면서 소비 증가에 따라서 재배 면적도 증가되고 있다.

우리나라의 강황 재배 연구에 대하여 살펴보면, Choi(2004)도 흑색 PE 멀칭재배를 하면 강황의 근경이 비대 되고 잡초를 방제할 수 있어 고온 작물인 강황재배에 적합하다고 하였으며, Kim 등(2013)은 강황 파종기 시험에서 생육을 기준으로 5월 10일이 강황 파종 적기로 판단된다고 하였다. 그리고 Moon 등(2006)은 적심 및 전엽 처리와 같은 물리적 처리와 화학적 처리에 의한 지상부 생육 억제로 강황의 근경 수량 및 Curcumin 함량에 미치는 연구를 수행하였다는 정도가 보고되고 있는 수준이다. 국제적으로도 강황 재배법에 관한 연구는 많지 않은데, Li 등(1999b)에 따르면 강황의 품질과 수량에 적합한 토양을 찾기 위한 시험에서 강황의 수량과 품질은 토양의 특성에 따라서 크게 영향을 받는다고 하였다. 그리고 강황의 고품질 다수확과 경제적 효과 분석을 위한 수량 Simulation model 측정결과 강황의 수량 구성에 효과는 재식 밀도 > 인산 > 파종기 > 질소 > 칼륨 순으로 측

정되었다며, 기후와 토양, 비료와 비료의 종류가 적합하게 결합되었을 때 수량과 품질, 그리고 경제적 이익이 크게 증가되었다고(Li et al., 1996) 하였다.

강황의 재배면적은 정확한 통계는 없으나 전라남도 진도군에서는 2016년 재배면적을 63 ha, 곡성군의 경우 20 ha 정도로 추정하고 있으며 대부분의 농가가 유기재배를 원하고 있으나 재배 매뉴얼이 개발되어 있지 않은 실정이다. 따라서 본 시험에서는 강황의 고품질 안전 생산을 위한 유기재배 기술의 표준 매뉴얼 작성을 위하여 유기재배에 가장 기초가 되는 재식거리가 강황의 생육 및 수량에 미치는 영향을 구명하고자 본 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

1. 발 토양

시험 장소는 전남 곡성군 삼기면 경악리 유기인증 밭 토양에서 유기재배 농법에 준하여 시험을 수행하였다. 연작에 의한 염류 집적지의 시비 방법을 구명하고자 생강재배에 적합한 토양을 기준으로 유기물 함량을 포함한 대부분의 무기성분이 1.5~6.4배 정도 높은 토양에서 시험을 수행하였다(Table 1).

시험처리는 기비를 생략하고 두둑에 검정색 비닐을 멀칭 하였으며, 표준 시비(ha당 N 173 kg, P 35, K 103 kg)의 웃거름 권장량인 질소 - 인산 - 칼륨을 ha당 138 - 0 - 82 kg을 파종 후 90일 경인 7월 15일에 투입하였다. 재식거리의 처리는 75 × 40 cm(ha당 33,333주), 75 × 50 cm(ha당 26,666주), 75 × 60 cm (ha당 22,222주)로 2열 재배하였다. 시험구는 난괴법 3반복으로 배치하였으며, 2014년 4월 18일에 강황(*Curcuma longa* L.) 종구를 파종하여 시험을 수행하였다. 웃거름에 사용된 자재는 유기목록에 공시된 재료를 이용하였다.

생육은 파종 후 40일, 50일, 60일에 출현율을 조사하고 90일, 110일, 130일, 150일에 생육 및 수량과 토양에 무기성분을 조사하였다. 생육 및 수

Table 1. Soil chemical property before experiment in upland soil.

T-N (%)	pH (1:5)	OM (g kg ⁻¹)	Avail. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Exch. cation (cmol _c kg ⁻¹)			CEC (cmol _c kg ⁻¹)	EC (ds m ⁻¹)
				K	Ca	Mg		
0.32	6.13	70.7	1,600	1.67	10.08	4.16	17.88	1.80
Suitable level*	6.0-6.5	20-30	250-350	0.5-0.6	5.0-6.0	1.5-2.0	10-15	2 >

* Criteria for fertilizer prescription of crops. 2010. RDA. Sanrocksa. Suwon.

량은 농촌진흥청 조사기준에 의거 조사하였다.

curcumin 추출은 동결건조한 강황 분말 2.5 g을 메탄올 50 ml를 첨가하여 Soxhlet Water Bath에서 70℃에서 2시간 환류냉각한 추출액을 8,000 rpm으로 10분 원심분리하고, membrane filter(0.45 μm)로 여과한 후 HPLC(Agilent 1200 Series)이용하여 정량 분석하였다. HPLC(Agilent 1200 Series) 분석조건은 컬럼 Zorbax eclipse XDB- C18, 5 μm, 4.6 × 150 mm 이동상용매 45% ACN(99.9%) + 55% H₂O(99.9%), 이동속도 1.0 mL/min, 검출기 UV 424 nm, 시료주입량 10 μl, 컬럼온도 30 °C, sigma사 curcumin 표준품 사용하였다.

2. 논 토양

논 토양의 시험 장소는 전남 곡성군 삼기면 경야리 유기 인증 토양에서 시험을 수행하였다.

시험 전 토양의 무기성분은(Table 2) 유효인산과 K 성분이 낮은 것을 제외하면 생강재배에 적당한 토양조건의 논토양에서 검정 시비량을 기준으로 노동력 절감과 시비 효율은 높이기 위하여 웃거름을 생략하고 전량기비로 생강검정시비 2배량을 투입하여 시험을 수행하였다.

2년차 시험은 1년차 밭토양의 시험 결과와 새롭게 도입되고 있는 인삼 두둑 형성기의 재식 거리를 반영하여 재식거리를 일부 변경하여 추진하였

다. 재식거리의 시험 처리는 75 × 30 cm (44,444주 ha⁻¹), 75 × 40 cm (33,333주 ha⁻¹), 75 × 50 cm (26,666주 ha⁻¹)와 90 × 30 cm (37,030주 ha⁻¹)로 2열 재배하였다. 시험구는 난괴법 3반복으로 배치하였으며, 2015년 4월 27일 강황(*Curcuma longa* L.) 중구를 파종하여 시험을 수행하였다.

시험 전 토양의 무기성분은(Table 2) 유효인산과 K 성분이 낮은 것을 제외하면 생강재배에 적당한 토양조건의 논토양에서 생강의 검정 시비(질소-인산-칼리를 ha당 173-35-103 kg) 2배량을 기준으로 노동력 절감과 시비 효율은 높이기 위하여 웃거름을 생략하고 전량기비로 투입하여 시험을 수행하였다.

생육시기에 따라서 생육 및 수량을 조사하였으며, 시험 후 토양에 무기성분과 강황 피경에 Curcumin 함량을 분석하였다.

기타 관리는 밭 토양 시험에 준하여 관리하였다.

결과 및 고찰

1. 생육 특성

가. 밭토양

4월 27일에 정식한 강황의 출현율은 재식밀도와 관계없이 파종 52일 후인 6월 10일경 24.4~41.5%

Table 2. Soil chemical property before experiment in paddy soil

T-N (%)	pH (1:5)	OM (g kg ⁻¹)	Avail. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Exch. cation (cmol _c kg ⁻¹)			CEC (cmol _c kg ⁻¹)	EC (ds m ⁻¹)
				K	Ca	Mg		
0.26	7.15	50	521	0.56	10.45	2.72	15.93	0.65

가 출현하였으며, 정식 61일 후인 6월 19일에 출현율은 97.8~100% 수준이었다(data not shown). 강황의 엽은 심부의 중앙에서 출현하여 엽이 완전 전개되기까지는 10일 정도가 소요되었다.

강황의 초장은(Fig. 1-A) 6월 10일 출현 시 24.4 cm가 8월 상순에는 127.6 cm로 일일 증가량은 1.3 cm 수준이었으며, 8월 상순부터 8월 하순까지는 일일 증가량이 1.9 cm로 최대 신장을 보였으나 이후에는 1.2 cm로 신장속도가 감소되었다. 그리고 재식밀도가 강황의 생육에 미치는 영향을 살펴보면 ha당 33,333주(75 × 40 cm) 정식에서 강황의 초장은 159cm 수준으로 증가되었으나, 재식밀도가 적은 ha당 22,222주(75 × 60 cm) 정식에서는 148 cm로 감소되었다. 강황의 재식거리에 따른 줄기 직경은 31.2~31.5 mm로 유의적인 차이가 없었다(Fig. 1-B). 출현기의 줄기 직경은 8.0 mm 수준이었으며 7월 중순까지는 일일 생장량이 0.3 mm 수준에서 8월 상순에는 0.5 mm를 최대 증가량을 보였으며, 8월 하순은 0.3 mm 수준이었으나, 9월 중순에는 0.1 mm로 줄기 직경의 증가량은 감소되었다.

강황의 엽은 파종 60일에 출현하여 150일 후인 9월 중순까지 11.2엽 정도가 출현하였으며, 정상엽수는 7.2엽 수준을 유지하였고 초기에 발생한 하위 2.3엽 정도는 고사하였다. 강황 엽수는 7월 중순까지는 10일 동안에 1.4엽 수준으로 최대 증가를 보였으며, 8월 상순 이후에는 10일 동안에 1엽 정도 출현하였으나, 장마기인 8월 하순경에는 엽의 출현율이 약간 증가하는 경향을 보였다(Fig. 1-C).

한편 Cho(2005)는 중국에서 도입한 생강의 적정 재식밀도 구명하고자 시험을 추진한 결과 출현율은 98% 내외, 초장은 70 cm 정도로 큰 차이가 없었으나, 재식거리가 넓을수록 경수는 많아지는 경향을 보였다고 하였다. 그리고 Kim 등(2013)은 생육 초기인 올금의 초장과 줄기 직경은 생육중기인 8월 5일부터 9월 20일 사이에 급속히 신장하였다고 하여 본 시험과 유사한 경향이였다. 그러나 엽수는 10월 5일에는 주당 6.0~6.5개로 증가하였다고 하였는데 이는 고사된 하위 엽은 제외하고 정상 엽수만을 조사한 결과로 추정되었다.

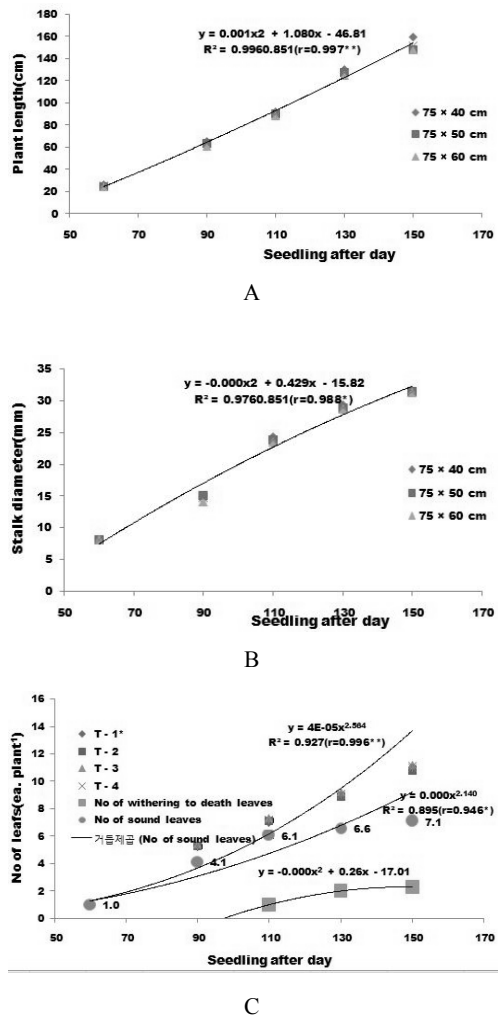


Fig. 1. Changes of plant length (A), stalk diameter (B) and number of leafs (C) after planting of turmeric on additional fertilizer application levels in paddy soil.

나. 논토양

강황의 재식밀도를 ha당 22,222주부터 44,444주까지 파종하여 생육초기인 7월 15일과 수확기인 10월 28일에 조사한 결과(Table 3과 4) ha당 33,333주(75 × 40 cm) 파종구가 167.8 cm로 ha당 44,444주(90 × 30 cm)와 ha당 26,666주(75 × 50 cm) 152.2cm에 비하여 초장의 길이가 감소되는 경향이였다.

Table 3. Growth of turmeric on plant distance levels in paddy soil (2015. July 15th)

Planting density (ea. ha ⁻¹)	Plant length(cm)	Stalk diameter (mm)	No. of leaves (ea. plant ¹)
75 cm × 30 cm (44,400)	50.3	14.5	3.3
90 cm × 30 cm (37,000)	54.0	15.6	3.5
75 cm × 40 cm (33,300)	45.0	14.0	3.1
75 cm × 50 cm (26,600)	51.9	14.7	3.7
std	3.6	0.6	0.2

Table 4. Growth of turmeric on plant distance levels in paddy soil (2015. Oct. 28th)

Planting density (ea. ha ⁻¹)	Plant length(cm)	No. of stalk (ea. plant ⁻¹)	No. of leaves (ea. plant ⁻¹)	No. of tuber (ea. plant ⁻¹)
75 cm × 30 cm (44,444)	165.9	4.2	6.6	1.3
90 cm × 30 cm (37,030)	152.2	5.1	6.3	1.5
75 cm × 40 cm (33,333)	167.8	4.4	6.7	1.6
75 cm × 50 cm (26,666)	152.2	5.1	6.3	1.8

ha당 37,030주(90 × 30 cm)의 초장이 152.2 cm로 ha당 44,444주(75 × 30 cm)에 비하여 초장이 감소되었는데, 이는 주간이 상대적으로 좁고 열간이 넓어서 강황 엽의 수관 확보에 유리하게 작용된 원인으로 추정되었다. 그리고 기타 정상 엽수는 6.3~6.7엽, 줄기 수는 4.1~5.1개 수준으로 재식 밀도에 따른 유의적인 차이는 인정되지 않았다.

2. 수량 특성

가. 발토양

강황의 재식밀도가 괴경 중량에 미치는 영향을 구명하고자 ha당 33,333주(75 × 40 cm) 정식 처리에서 1주당 1,013 g으로 재식밀도가 적은 ha당 22,222주(75 × 60 cm) 정식 1,152 g에 비하여 유의적인 감소를 보였다($p > 0.05$). 그러나 강황의 수량은 재식밀도가 높은 ha당 33,333 주(75 × 40 cm) 정식 처리에서 41,028 kg이 생산되어 ha당 22,222 주(75 × 60 cm) 정식 처리의 31,107 kg에 비하여 재식밀도가 높아 유의성 있게 증수되었다.

나. 논토양

논토양의 강황의 주당 괴경 생산량은 재식밀도가 많은 ha당 44,444주(75 × 30 cm)가 1,001 g으로 ha당 37,030~22,222주 정식 처리의 15,060 g에 비하여 현저하게 감소되었다. 그러나 재식거리에 따른 강황의 수량은 ha당 33,330~37,030주에서 50,180~55,670 kg이 생산되어 ha당 재식주수 26,666주와 44,440주에 비하여 증수되었다.

한편 Shin 등(2001)은 강황과 같이 지하부 비대경의 생산을 목적으로 하는 토란을 이용하여 검은색 PE 필름 피복재배 시 재식밀도가 지상부 생육과 지하경의 비대에 미치는 영향을 검토한 결과 지상부 엽병 수량은 60 × 20 cm에서 가장 많았고, 지하부 비대경의 수량은 60 × 30 cm구에서 가장 많았다고 하였다. 본 강황 시험에서도 초장과 엽수 등 생육이 가장 양호하였던 75 × 40 cm에 비하여, 지하경의 강황 수량은 90 × 30 cm구에서 11% 정도 증수되었다. 따라서 강황도 지상부의 지나친 과번무는 지하부 양분 저장에 장애요인으로 작용되는 것으로 판단되었다.

Table 5. Comparison of yield of turmeric on plant distance levels in upland soil (2014. Nov. 3th)

Planting density (ea. ha ⁻¹)	Tuber length (cm)	Tuber width (cm)	Tuber weight (g plant ⁻¹)	Yield (kg ha ⁻¹)	Yield index
75 × 40 cm(33,333)	12.0	25.7	1,013.0	4,103	118
75 × 50 cm(26,666)	12.3	24.3	1,073.8	3,479	100
75 × 60 cm(22,222)	11.6	23.8	1,152.1	3,111	89
CV(%) -----			8.28		
LSD(5%) -----			669.19		

Table 6. Yield characteristic of turmeric on plant distance levels in paddy soil (2015. Oct. 28th)

Planting density (ea. ha ⁻¹)	Tuber length(cm)	Tuber width(cm)	Tuber weight (g plant ⁻¹)	Yield (kg ha ⁻¹)	Yield index
75 × 30 cm (44,444)	12.8	21.5	1,001	4,447	89
90 × 30 cm (37,030)	12.1	24.6	1,504	5,567	111
75 × 40 cm (33,333)	13.6	22.8	1,506	5,018	100
75 × 50 cm (26,666)	12.7	23.3	1,509	4,023	80
std	0.5	1.1	241	1,178	

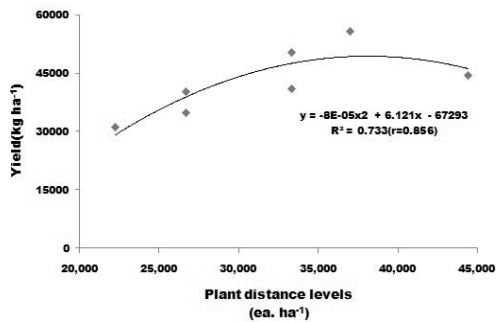


Fig. 2. Yield of turmeric on plant distance levels.

Li 등(1999b)에 의하면 고품질과 다수확을 위한 신선 강황의 종합적 측정 모델연구 결과 강황에 적합한 파종 시기는 3월 1~17일이며, 강황의 재식 밀도는 hm²당 110,000~115,000주가 적합하다며 시비량은 이들의 요구에 의해서 결정된다고 하였다. Li 등(1999b)의 연구 결과와 본 시험의 차이

는 토양의 조건과 시비량의 차이로 추정되었다. 또한 Cho 등(2005)은 중국 도입종 생강은 재식거리 40 × 30 cm에서 괴경중량이 264 g이었으나, 25 × 25 cm에서는 199 g으로 괴경중이 크게 감소되었으나, 재식거리에 따른 10a당 강황 수량은 25 × 25 cm에서 재식밀도가 높아 2,262 kg으로 가장 많았으며, 40 × 30 cm에서 1,366 kg으로 감소되었다고 하였다(Cho et al., 2005). 그리고 본 시험에서 강황은 발토양과 논토양 공히 90 × 30 cm와 75 × 40 cm 즉 ha당 33,333~37,030주에서 지상부의 생육이 왕성하고 수량이 증수되어 생강의 적정 재식밀도 25 × 25 cm, ha당 160,000주에 비하여 적정 재식밀도가 크게 감소되는 결과를 얻었다. 따라서 강황은 발토양과 논토양 공히 ha당 33,333~37,030주 수준의 재식밀도가 강황 유기재 배에 적합한 것으로 생각되었다.

2. 커큐민 성분 변화

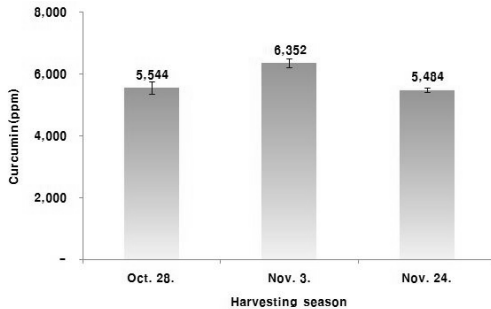


Fig. 3. Content of curcumin on harvesting season(B) in upland soil.

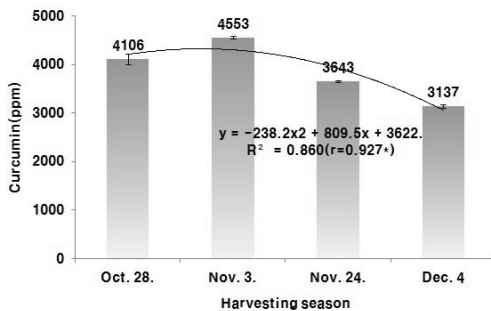


Fig. 4. Content of curcumin on harvesting season in paddy(upland) soil.

강황의 성분 중 가장 중요한 노란색 색소인 Curcumin의 주성분인 Tumerone은 강황의 특이한 냄새를 갖게 하는 정유성분으로 α -, γ -tumerone으로 쉽게 바뀌진다(Jung et al., 2004; Kim et al., 2005). 따라서 수확시기가 커큐민 함량에 미치는 영향을 검토한 결과(Fig. 3) 염류농도가 높은 밭토양에서 커큐민 함량은 10월 28일 수확에서 5,544 ppm이 11월 3일 수확에서는 6,352 ppm 수준으로 증가되었으나 11월 24일 수확은 5,484 ppm 수준으로 유의적인 감소를 보였다($p > 0.05$). 논토양에서도(Fig. 4) 11월 3일까지 수확한 커큐민의 함량은 증가되었으나 11월 24일 이후 수확은 유의적인 감소를 보여 밭토양과 같은 경향이었다($p > 0.05$). Curcuminoids 함량과 Essential oil은 시비 수준과 상관관계가 있는데(Li and Zhang, 1999), 염류농

도가 낮은 논토양의 커큐민 함량은 4,553~3,634 ppm 수준으로 염류농도가 높은 밭토양 6,252~5,484 ppm 보다 낮았다. 한편 Kim 등(2013)은 순천지역에서 강황의 최적 수확시기를 구명하고자 시험한 결과 강황의 지하경은 10월 20일부터 비대가 촉진되어 11월 20일 수확에서 수량이 가장 많았으나 이후에는 수확량이 감소되었다고 하였다. 따라서 곡성지역에서 커큐민 함량만을 고려할 때 강황의 수확적기는 11월 3일경으로 추정되었다.

적 요

강황 유기재배에 적합한 재식밀도를 구명하고자 수행한 결과는 다음과 같다.

곡성지방에서 4월 27일에 정식한 강황은 재식밀도와 관계없이 파종 52일 후인 6월 10일경에 출현하였으며, 6월 19일경의 출현율은 97.8~100% 수준이었다.

강황의 엽은 심부의 중앙에서 출현하여 엽이 완전 전개되기까지는 10일 정도가 소요되었다. 강황의 초장은 129~148cm, 엽수는 주당 7.0~7.7엽 수준이었으며, 줄기직경은 31~41 mm로 유의적인 차이가 없었다. 강황의 생육량은 8월 상순부터 8월 하순까지 최대 신장을 보였으나 이후에 신장 속도가 감소되었다. 강황의 수량은 75 × 40 cm와 90 × 30 cm(ha당 33,300~37,000주)가 75 × 50 cm(ha당 26,600주) 또는 75 × 30 cm(ha당 44,400주)에 비하여 증수되었다.

강황의 커큐민 함량은 수확시기가 11월 3일보다 빠르거나 지연되면 감소되는 경향이였다.

참고문헌

1. An, D. G. 2000. Book of encyclopedia ilustrada Korea medical herbs. Gyohaksa. Seoul. p.568-569.
2. Choi, S. K. 2004. Growth characteristics of cucuma longa L. in southern part of korea. Korea J. Medicinal. Crop Sci. 12: 85-88.
3. Choi, H. Y. 2009. Antimicrobial activity of

- Ulgeum(*Curcuma longa* L.) extract and its microbiological and sensory characteristic effects in processed foods. Korean J. Food Cook. Sci. 25: 350-356.
4. Cho, S. K. K. B. Shim, K. H. Park, T. S. Kim, and D. Y. Suh. 2005. Establishment of optimum planting density for introduced species in ginger(vs. Chinese). Kor. J. Hort. Sci. Technol. 23(SUPPL. I) May 2005.
5. Jung, S. H., K.S. Chang and K.H. Ko. 2004. Physiological effects of curcumin extracted by supercritical fluid from turmeric (*Curcuma longa* L.). Korean J. Food Sci. Technol. 36: 317-320.
6. Kim, J. K., and Y. S. Shin. 1992. Medicinal plants cultivation. Namsandang. Seoul. p.191.
7. Kim, K. S., M. G. Choung and S.H. Park. 2005. Quantitative determination and dtability of curcuminoid pigments from turmeric(*Curcuma Longa* L.) root. Korean J. Crop Sci. 50: 211-215.
8. Kim, Y.S., S.K. Choi1, K.W. Yun, Y.N. Seo, and K.S. Seo. 2013. Studies on the production and optimal drying condition of *curcuma longa* L. Korean J. Plant Res. 26(4): 450-456.
9. Korea Food & Drug Administration announced. 2002. Korean Pharmacopoeia. reedition 8th.
10. Kumara, G. S., H. Nayaka, S. M. Dharmesha and P. V. Salimath. 2006. Free and bound phenolic antioxidants in amla (*Emblica officinalis*) and turmeric (*Curcuma longa*). J. Food Comp. Anal. 19: 446-452.
11. Kuttan, R., P. Bhanubathy, K. Nirmala and M. C. George. 1985. Potential anticancer activity of turmeric (*Curcuma longa*). Cancer Letter. 29: 197-202.
12. Lim, J. D., E. H. Kim, J. Y. Yun, H. I. Park, H. S. Shim, R. N. Choi, Y. S. Yang, C. B. Park, Y. S. Ahn, and I. M. Chung. 2013. Effect of temperatures and fillers on yield and quality of turmeric(*Curcuma longa* L.) during postharvest seed rhizome storage. Korean J. Medicinal Crop Sci. 21(5): 334-341.
13. Li L. H. Song, Y. Zhang, and S. Fu. 1999a. A study on fresh rhizome simulation model and its application to comprehensive agronomic measures for good quality and high yield of *Curcuma longa* L. Zhongguo Zhong Yao Za Zhi. 24(11): 654-657.
14. Li L. S. Qin, H. Song, Y. Zhang, and G. Liao. 1996. *Curcuma longa* L. tuber yield simulation model and its application under combined agronomic measures for good-quality, high-yield and obvious economic results. Zhongguo Zhong Yao Za Zhi. 21(9): 527-529, 574.
15. Li L. Y. Zhang, and H. Song. 1999b. A study on soil suitability for growth of rhizome of *Curcuma longa* L. Zhongguo Zhong Yao Za Zhi. 24(12): 718-721.
16. Li L. and Y. Zhang. 1999. Effects of cultivating measures on rhizome yield and some main active constituents of *Curcuma longa* L. Zhongguo Zhong Yao Za Zhi. 24(9): 531-3.
17. Masuda, T., T. Maekawa, K. Hidaka, H. Bando, Y. Takeda and H. Yamaguchi. 2001. Chemical studies on antioxidant mechanism of curcumin: analysis of oxidative coupling products from curcumin and linolate. J. Agri. Food Chem. 49: 2539-2547.
18. Moon, J. S. D. C. Choi, Y.G. Jang, Y. K. Hong, and K. H. Choi. 2006. Rhizome yield curcumin content of turmeric(*Curcuma longa* L.) by suppression method for aerial part. Korea J. Medicinal. Crop Sci. 14(1s): 484-485.
19. Palasa, K., B. Scsikaran, T. P. Krishna and K. Krishnaswamy. 1992. Effect of tumeric on urinary mutagens in smokers. Mutagenesis. 7: 107-109.
20. Singh, G., I. P. S. Kapoor, P. Singh, C. S. Heluani and M. P. Lampasona. 2010. Comparative study of chemical composition and antioxidant activity of fresh and dry rhizome of tumeric(*Curcuma longa* Linne). Food Chem. Toxicol. 48: 1026-1031.

21. Shin, S. K., J. H. Park, J. O. Jeon, T. Yun, and T. S Kim. 2001. Influence of planting space on the growth and yield of Taro(*Colocasia esculenta*) with mulching cultivation. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 19 (SUPPL. I) pp.56-56.