

Research Article

Open Access

## 비료원과 멀칭재료에 따른 사과 유묘의 생장 및 토양이화학성 변화

최현석,<sup>1\*</sup> 롬컬,<sup>2</sup> 이연,<sup>1</sup> 조정래,<sup>1</sup> 정석규,<sup>3</sup> 지형진<sup>1</sup>

<sup>1</sup>국립농업과학원 유기농업과, <sup>2</sup>아칸소주립대학교 원예학과, <sup>3</sup>경희대학교 한방재료 가공학과

### Growth and Soil Chemical Property of Small Apple Trees as Affected by Organic Fertilizers and Mulch Sources

Hyun-Sug Choi,<sup>1\*</sup> Curt Rom,<sup>2</sup> Youn Lee,<sup>1</sup> Jung-Lai Cho,<sup>1</sup> Seok-Kyu Jung<sup>3</sup> and Hyeong-Jin Jee<sup>1</sup> (<sup>1</sup>Organic Agriculture Division, National Academy of Agricultural Science, Suwon 441-875, Korea, <sup>2</sup>Department of Horticulture, University of Arkansas, Fayetteville 72701, USA <sup>3</sup>Department of Medicinal Materials & Processing, Kyunghee University, Yongin 446-701, Korea)

Received: 19 November 2010 / Accepted: 10 March 2011

© The Korean Society of Environmental Agriculture

#### Abstract

**BACKGROUND:** This study was conducted to evaluate the effects of the fertilizer sources and ground cover mulches on nutrient release, growth, and photosynthesis in small one-year-old apple (*Malus × domestica* Borkh.) trees in controlled conditions.

**METHODS AND RESULTS:** Treatments included no fertilizer (NF), commercial organic fertilizer (CF), and poultry litter (PL) for fertilizer treatments, and wood chips (WC), shredded paper (SP), green compost (GC), and grass clippings (GR) for cover mulch treatments. All treatments were applied proportionally based on the volume ratio equivalent to the soil. CF, PL, and GR treatments that had optimum carbon (C) and nitrogen (N) ratios (less than 30:1) for N mineralization through the microbes released the greatest  $\text{NH}_4^+$  concentrations in the pot media at 90 days after the treatments, but GC mulch with the optimum C:N ratio did not. CF-, PL- and GR-treated plants had the largest leaf area, thickest stem diameter, longest shoot extension, and greater dry matter production.

**CONCLUSION(s):** CF and PL showed a suitable organic nutrient source for improving plant growth in an orchard.

Interestingly, GR also could be a nutrient source for tree growth, if vegetation competition is controlled by maintaining vegetation height and recycling enough grass clippings to the soil in an orchard.

**Key Words:** Apple,  $\text{CO}_2$  assimilation, Growth, Nutrient, Organic

#### 서론

유기 재배된 사과나무는 관행재배와 비교하여 상대적으로 약한 가지생장, 과피의 착색 불량, 과실의 생리적 장애, 그리고 엽과 과실의 양분 결핍등과 같은 문제가 발생할 수 있다. 따라서 유기재배 하는 사과나무의 적절한 수체 생장 및 고품질의 다수확 과실 생산을 위해서는 토양 내 충분한 양의 무기 성분이 필요하나 현재 각 유기자재의 비료 가치에 대한 과학적 검증은 미비한 실정이다(Shear and Faust, 1980). 화학비료, 살충제, 제초제를 배제하면서 유기질 비료와 멀칭에 기초한 유기농법은 토양 생태계 내 다양성을 증가시킬 것으로 기대되나, 사용되는 자재에 따라서 유기태 질소가 무기화되는 양이나 비율이 달라져서 관행재배의 시비기준을 적용하기에는 어려운 부분이 있다. 이전의 기내실험에서 유기태 질소의 무기화율은 12주 동안 유기질급원에 따라서 달라졌고(Hartz et al., 2000), 일반적으로 지연된 무기화율과 암모니아태 질소의 높은 휘발을 때문에, 대량의 유기질급원 투입이 농장에 요구된다고 하였다. 하지만 포장실험에서 다량의 퇴비멀칭 시용은

\*교신저자(Corresponding author):

Tel: +82-31-290-0547 Fax: +82-31-290-0548

E-mail: dhkdwk7524@daum.net

수체가 필요로 하는 양을 초과하였고, 과다한 질소공급으로 지하수의 오염가능성이 관찰되었는데(Choi and Rom, 2011b), 이에 따른 보다 정확한 환경제어 실험이 요구되고 있다.

과일나무는 상당한 양의 질소를 필요로 하는데, 토양 중 이용 가능한 질소는 질소의 변동성(N-cycle) 때문에 시비형태, 시비량, 시비시기, 시비방법, 그리고 자재내의 무기태 질소의 양에 의해서 제한된다(Koehn *et al.*, 2002). 사과과원 실험에서 퇴비, 나무껍질, 종이, 초생멸칭은 수체주위의 잡초발생을 억제하고 멸칭자재의 유기물 성분은 수체에 양분을 공급해 줌으로써 관행재배 된 사과나무 못지않은 수체생장이 관찰되었다(Choi, 2009). 이러한 멸칭자재의 탄소와 질소비율에 의해 토양 유기물의 질소 무기화와 부동화에 영향을 주어서(Chalker-Scott, 2007), 수체생장에 영향을 미칠 수 있다(Choi *et al.*, 2011a). 특히, 자재투입량이 적었지만 탄소:질소 비가 가장 낮았던 초생멸칭은 재배 2년차와 3년차에 수체생장 증가율이 크게 증가하는 것이 관찰되었다(Choi and Rom, 2011b).

식물체의 건물중, 광합성률, 그리고 엽록소 간지 측정기인 SPAD 값은 유기질급원(비료원+멸칭재료)에 따라서 수체가 어떻게 반응하는지에 대한 기본적인 정보를 제공해준다. 하지만, 포장실험에서 사과나무의 상대적인 크기와 환경적인 요인 및 과원 토양의 생물학적 다양성은 토양과 식물반응을 일괄적으로 도출해 내는데 어려움이 있어서 환경이 제어된 온실에서 처리간의 반응을 관찰하는 것이 보다 정확한 효과가 있을 것으로 판단되었다(Choi, 2009). 이러한 실험에서 도출된 결과는 사과유묘 생장을 위한 유기질급원 중에서 가장 효과적인 자재를 구명함으로써 유기농 과수농가에 이용될 수 있는 자재를 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 외부 환경을 제어한 온실에서 MM.106 사과유묘에 질소 투입량을 동일시 한 비료급원과 멸칭체적이 같은 멸칭재료에 따른 토양중 무기성분, 수체생장과 분배, 그리고 광합성률을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 온실상태

본 연구는 미국 아칸소 주립대학교 부속농장에 위치한 온실에서 수행하였다. 온도는 25-35/18-20°C(낮/밤)로 유지시켰고, 실험기간 중 12시간(7:00am-7:00pm) 동안 일정한 빛을 공급해 주기 위해서 고압 나트륨 전구(1,000 watt)를 설치하였다. 해충 방제는 유기자재인 neem oil®(2%, Green Light CO., San Antonio, USA)로 2-3주에 한 번씩 살포하였다.

### 식물재료 및 처리내용

2007년 4월 16일에 일년생 MM.106 사과대목(*Malus domestica* Borkh.)을 지표에서 10 cm 길이로 잘라낸 후에, 피트모스와 모래(3:7, v/v)를 혼합하여 채운 27.5(길이) 27.5(너비) 20(높이) cm 플라스틱 포트에 재식하였다. 유묘는 한 개의 눈에서 싹이 튼 가지를 주간형으로 해서 재배하였고, 나머지 측아나 측지는 제거하였다. 포트당 1 L의 지하수로 매일 관수하였다.

비료원과 멸칭재료의 투입량은 유기농 사과나무 포장에서 매해 시비했던 질소 투입량(50 g 질소/한 나무)과 체적(깊이 10 cm 너비 2 m/한 나무)에 비례해서 5월 4일에 각 포트에 처리하였다. 비료원으로 상업용 유기질비료(CF)와 계분비료(PL)를 사용하였으며, 멸칭재료로는 나무껍질(WC), 재활용종이(SP), 식물성퇴비(GC), 초생멸칭(GR)을 2 cm 깊이로 사용하였다. 자세한 처리내용은 Table 1에 제시하였다.

비료원과 멸칭재료를 통하여 토양에 투입된 양분은 Table 2와 같다. 비료처리구에서는 동일한 질소량으로 처리하였으므로 포트당 동일한 양의 질소(1301 mg)가 투입되었다. 멸칭자재는 2m의 동일한 높이로 처리하였지만 멸칭자재가 함유한 성분 차이로 인해서 포트당 질소 투입합량은 멸칭 처리구 간에 모두 달랐고 GC에서 가장 많은 질소가 투입되었다. GR

Table 1. Treatment summary in 2007

	Source	Treatment content	Input (g, dry wt.)
	No fert. (NF)	Tap water application without any organic feeding source	-
Fertilizer	Commercial fert (CF)	Formulated, certified organic pelletized fertilizer (10N-2P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -8K <sub>2</sub> O, Nature Safe <sup>®</sup> )	17
	Poultry litter (PL)	Composted poultry litter fertilizer	108
	Wood chips (WC)	Uncomposted wood chips	75
Mulch	Shredded paper (SP)	Shredded white paper obtaining from recycling center in University facility	64
	Green compost (GC)	Municipal green compost mulch from leaves, grass, and small brush obtaining from City of Fayetteville	113
	Grass clippings (GR)	Grass clipping mulch mown from tall fescue and other weed species in the organic apple orchard	5

**Table 2. Amount of nutrients (mg/pot) applied by fertilizer source and ground cover mulch in a greenhouse**

Treatment	C	N	C:N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
Commercial fert (CF)	5,680	1,301	7	252	452	518	98	88	51	47	31.9	7.4
Poultry litter (PL)	29,991	1,301	23	1,332	1,293	6,491	316	90	49	37	17.1	1.8
Wood chips (WC)	21,555	491	42	44	188	977	69	192	29	3	1.0	1.1
Shredded paper (SP)	22,774	115	208	4	20	3,520	43	108	1	2	0.4	0.2
Green compost (GC)	19,142	1,301	15	195	549	4,169	194	549	79	10	2.0	1.6
Grass clippings (GR)	1,633	80	15	11	48	33	7	85	14	3	0.8	0.7

Results were from bulk analysis derived from random samples of the fertilizer sources or mulches, and were representative of the treatments during the study period.

**Table 3. Soil pH, electrical conductivity (EC), and organic matter (OM) as affected by fertilizer sources and mulches at 90 days after treatments**

Treatment	pH	EC ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	OM (%)
No fertilizer (NF)	4.4 a	149 b	1.3 a
Commercial fert (CF)	4.4 a	187 b	1.2 a
Poultry litter (PL)	4.6 a	186 b	1.3 a
Wood chips (WC)	4.8 a	311 a	1.2 a
Shredded paper (SP)	4.7 a	148 b	1.4 a
Green compost (GC)	4.6 a	164 b	1.3 a
Grass clippings (GR)	4.4 a	152 b	1.0 a
<i>P</i> value	0.065	<0.05	0.779

Means followed by the same letter within a column are not significantly different according to Duncan's multiple range test at  $P < 0.05$ .

멸칭처리의 경우 높이는 2 cm 이었지만 소량(5 g)의 초생 멸칭 투입으로 질소 투입량이 가장 적었다. 탄소:질소비는 WC와 SP 처리를 제외하고는 유기질급원(비료원+멸칭재료) 모두 30:1 이하로 질소의 무기화가 적절하게 진행될 수 있는 조건이었다. PL과 GC 처리에서는 인산, 칼륨, 칼슘 그리고 마그네슘 투입량이 많았고, 반면에 GR 처리에서는 포트 당 무기 성분 투입량이 다른 유기질 급원에 비교해서 대체적으로 낮은 수준을 보였다.

### 토양 화학성

유기질급원 시용 3개월 후(DAT 90)에 토양 pH와 전기전도도(EC)를 조사하였다. 유기물 함량은 작열감량방법으로 측정하였다(Schulte and Hopkins, 1996). 질산태질소는 비색으로 정량하였고, 인산은 Lancaster법, 치환성양이온은 1 N ammonium acetate법, 그 밖의 미량원소는 침출법 등으로 침출한 후 ICP를 이용하여 분석하였다(Mehlich, 1984).

### 엽내 광합성

엽록소는 SPAD 502 meter(Minolta, Japan)로 유묘크기의 중간정도의 엽에서 처리 후 54일째 되던 날(DAT 54)에 측정하였다. 휴대용 광합성 측정기(CIRAS-1 Analyzer, PP Systems, U.S.A.)를 이용하여 엽의 광합성, 증산량, 기공전

도도, 엽내 이산화탄소 농도, 그리고 엽 온도를 측정하였다. IGRA(Infra Red Gas Analyser) leaf chamber는 25°C 온도, 350 ppm CO<sub>2</sub>, 50% 상대습도, 1,200  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  광도로 설정하였다.

### 유묘생장

총 엽면적과 유묘 직경 및 높리와 관련한 유묘생장은 처리 후 30일과 90일째 되는 날에 각각 측정하였다. 각 측정 일에 수확된 유묘는 뿌리, 엽, 줄기로 나누었고, 각 식물체 기관은 온풍건조기 70°C에서 3일간 건조 후 건물중을 측정하였다.

### 통계분석

세 블록에 의한 난괴법으로 7반복으로 수행하였다. 자료 분석은 SAS 통계분석(SAS version 8/2, NC, USA)을 이용하여 분산분석하였고, 평균간 유의차 검증은 Duncan's multiple range test로 95% 수준에서 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 토양 화학성 분석

유기질급원(비료급원+멸칭급원) 처리 90일 후에(DAT 90) 토양 pH는 5.0이하의 낮은 수치를 보였는데(Table 3), 이는

강산성을 나타내는 피트모스가 배지 토양중 30%를 차지했기 때문에 판단된다. 토양 pH와 OM은 유기질급원에 의해 통계적으로 유의성 있게 나타나지 않았고, EC는 처리 간에 유의성이 나타났( $P<0.05$ ). WC는 가장 높은 EC를 보였고, CF와 PL이 그 뒤를 따랐다.

유기질급원에 따른 토양중 무기성분 농도를 Table 4에 제시하였다. 처리 후 90일 에서 처리에 따른 질산태질소의 영향은 없었다. 질산태질소는 토양 내에서 이동성이 굉장히 빠른 원소로서 사용한 포트바닥이 뚫려 있고 매일 1L씩 관수했기 때문에 질산태질소의 용탈이나 암모니아태질소로 전환 후 휘산(N-volatilization)이 이미 진행된 것으로 생각된다(Choi et al., 2011b). 우리의 포장실험에서 투입된 멀칭체적이 갈더라도 탄소:질소비가 낮고 대량으로 투입된 퇴비멀칭은 질산태질소의 지표면 유출이나 토양내로의 유입으로 지하수 오염을 일으킬 가능성이 관찰되었는데(Choi et al., 2011b), 본 온실 시험에서는 처리 후 90일에서는 처리 간에 통계적으로 별다른 유의성이 없었고, 처리구 모두 낮은 질산태질소 농도가 나타났다. 토양중 암모니아태 질소는 CF와 PL이 1.6 mg/kg으로 높은 암모니아태 질소 농도를 보였고 GR이 1.3 mg/kg으로 그 다음 수준을 나타내었다. 탄소:질소비가 높을수록(30:1 이상) 미생물은 토양 유기물에 포함된 질소를 고정시키는데(N-immobilization) (Gale et al., 2006), 탄소:질소비가 높았던 WC (42:1)와 SP(208:1)는 토양 내 낮은 농도의 무기태 질소를 나타내었다(Table 2). 이는 우리의 포장실험에서 탄소:질소비가 낮았던 초생멀칭이 사과과원 토양의 무기성분 함량을 높였다는 연구와 일치한다(Choi et al., 2011a). 하지만, 탄소:질소비가 낮았던 GC 또한 낮은 농도의 무기태 질소를 나타내는 경향을 보였다(Table 2).

토양중 인산은 유기질급원의 투입량이 높았던 CF와 PL에서 (Table 2) 통계적으로 유의성 있게 높게 나타났( $P<0.001$ ) (Table 4). 모든 처리구에서 유효인산 함량이 30 mg/kg 이

하로 낮게 나타났던 이유는 실험에 이용된 배지에서 70%가 모래로 이루어졌기 때문에 판단된다. 토양중 칼륨은 유기질급원의 칼륨 투입량이 높았던 PL(1293 mg/pot)에서(Table 2) 통계적으로 유의성 있게 높게 나타났( $P<0.01$ ). 토양중 칼슘은 GC가 268 mg/kg으로 가장 높았다( $P<0.001$ ). 과원 토양에 석회시용 시 과실경도에 영향을 주는 칼슘은 토양 내 이동성이 극히 제한된 원소로 알려졌고, 과수 뿌리에서 과실내로의 이동은 2-4년까지 경과할 수 있다고 하였다(Bramlage, 1994). 따라서 토양 칼슘 농도를 증가시켰던 GC를 과원에 유기질급원으로 사용했을 때 과실품질 향상을 위한 효과가 있을 것으로 기대된다. 토양 마그네슘은 처리간에 통계적으로 유의성이 없었다( $P=0.872$ ).

토양중 철, 구리, 그리고 붕소는 처리간에 통계적으로 유의성 있게 나타나지 않았다(Table 4). 토양 망간은 유기질급원의 망간 투입량이 많았던 GC에서 가장 높은 농도(8.9 mg/kg)를 보였다. 아연은 처리간에  $P<0.001$ 에서 유의성이 나타났는데, PL은 1.44 mg/kg으로 가장 높은 아연을 보였고 나머지 처리 간에는 비슷한 수치를 나타내었다.

#### 유묘생장

엽면적과 유묘 직경 및 높이는 처리 간에 모두 통계적으로 유의성 있는 차이( $P<0.001$ )를 나타내었다(Table 5). 비료원으로서 토양 내 무기태 질소농도가 높았던 CF와 PL 처리구, 그리고 멀칭재료의 탄소:질소비가 미생물에 의한 무기화가 좋았던(15:1) GR 처리가 총 엽면적이 넓으면서 직경이 두껍고 신장이 큰 유묘를 생산하였다. 하지만 탄소:질소비가 낮았던 (15:1) GC 처리구는 GR 처리구 만큼의 수체생장에 기여하지 못하였다.

수체 각 기관의 건물중은 PL을 제외하고는 줄기>뿌리>엽순으로 높게 나타났(Fig. 1). PL로 처리된 대목은 지상부 생장을 가속화 시키는 데에 따른 뿌리 생장이 그만큼 억제되어

**Table 4. Soil nutrient concentrations (mg/kg) as affected by fertilizer sources and mulches at 90 days after treatments**

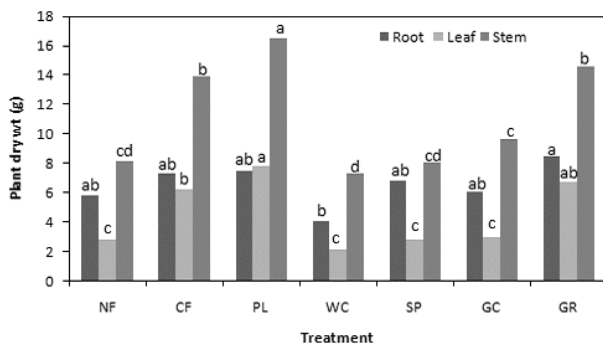
Treatment		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Av. P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
		(mg/kg)										
No fertilizer	(NF)	1.1 a	1.0 b	6 bc	13 c	166 bc	40 a	46 a	6.5 b	0.79 bc	0.77 a	0.07 a
Commercial fert	(CF)	1.2 a	1.6 a	10 b	16 c	133 c	40 a	47 a	5.8 b	0.82 bc	0.72 a	0.14 a
Poultry litter	(PL)	1.6 a	1.6 a	23 a	45 a	168 bc	40 a	47 a	5.6 b	1.44 a	0.78 a	0.11 a
Wood chips	(WC)	0.9 a	1.0 b	4 c	29 abc	141 bc	39 a	47 a	6.0 b	0.86 bc	0.82 a	0.15 a
Shredded paper	(SP)	1.2 a	1.1 ab	4 c	25 bc	183 b	40 a	43 a	5.9 b	0.72 c	0.62 a	0.15 a
Green compost	(GC)	1.1 a	0.9 b	7 bc	34 ab	268 a	43 a	46 a	8.9 a	0.99 b	0.78 a	0.20 a
Grass clippings	(GR)	1.1 a	1.3 ab	5 bc	26 bc	143 bc	40 a	45 a	6.5 b	0.79 bc	0.79 a	0.08 a
<i>P</i> valuee		0.166	<0.05	<0.001	<0.01	<0.001	0.872	0.815	<0.05	<0.001	0.614	0.336

Means followed by the same letter within a column are not significantly different according to Duncan's multiple range test at  $P < 0.05$ .

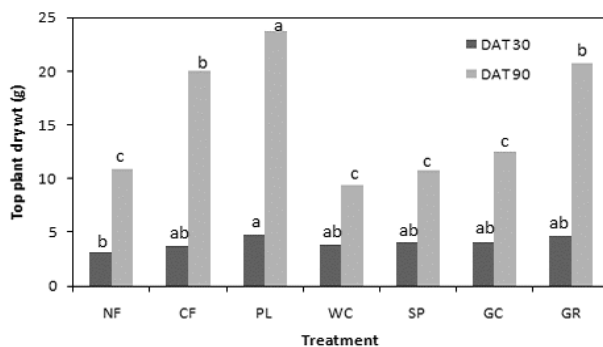
**Table 5. Total leaf area, single shoot diameter, and height of small apple trees grown in a greenhouse as affected by fertilizer sources and mulches at 90 days after treatment**

Treatment		Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Stem diameter (mm)	Tree height (cm)
No fertilizer	(NF)	371 c	6.1 c	43 c
Commercial fert	(CF)	844 b	8.0 b	72 a
Poultry litter	(PL)	1,020 a	9.3 a	75 a
Wood chips	(WC)	311 c	5.9 c	37 c
Shredded paper	(SP)	336 c	6.0 c	41 c
Green compost	(GC)	413 c	6.9 c	54 b
Grass clippings	(GR)	853 b	8.2 b	74 a
Significance		<0.001	<0.001	<0.001

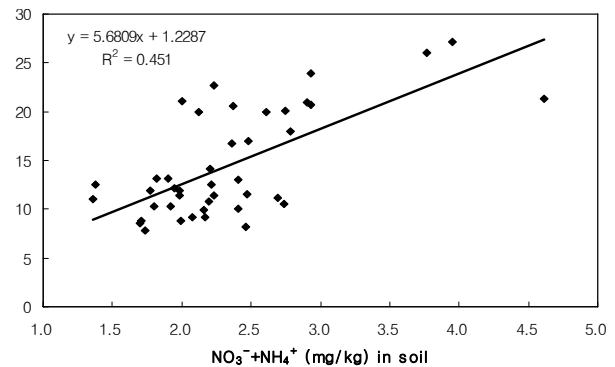
Means followed by the same letter within a column are not significantly different according to Duncan's multiple range test at  $P < 0.05$ .



**Fig. 1. Plant dry weight of small apple trees grown in a greenhouse as affected by fertilizer sources and mulches at 90 days after treatment. Different letters top columns indicate significant difference by Duncan's multiple range test at  $P < 0.05$ . NF=no fertilizer, CF=commercial fertilizer, PL=poultry litter, WC=wood chips, SP=shredded paper, GC=green compost, and GR=grass clippings.**



**Fig. 2. Plant top dry weight of small apple trees grown in a greenhouse as affected by fertilizer sources and mulches at 30 and 90 days after treatment. Different letters top columns indicate significant difference by Duncan's multiple range test at  $P < 0.05$ . NF=no fertilizer, CF=commercial fertilizer, PL=poultry litter, WC=wood chips, SP=shredded paper, GC=green compost, and GR=grass clippings.**



**Fig. 3. Relationships between inorganic N and top (leaf + stem) dry weight in a plant at 90 days after treatment.**

엽이 뿌리보다 조금 더 높은 건물중을 보인 것으로 판단된다. 질소 시비량과 종류에 따라서 지상부 수체 생장은 달라지고, 대량의 질소시비는 뿌리생장 보다는 지상부 생장을 촉진 시킨 것으로 알려졌다(Harris, 1992). 대량의 질소 투입을 보였던 CF와 GR은 뿌리와 엽이 비슷한 건물중을 보였다(Table 2). 뿌리 건물중은 GR에서 가장 높았고, 엽과 줄기는 PL>GR>CF 순으로 높았다.

Figure 2는 각 처리에 따른 지상부 건물중을 나타낸 것인데, 처리 후 30일에서는 PL이 가장 높은 건물중을 보였다. 처리 후 90일에서도, PL이 가장 높았고 CF와 GR이 그 다음으로 관찰되었다. 따라서 PL 처리는 생육초기 수체생장(특히 지상부)을 굉장히 빠른 속도로 증가시키는 것으로 생각된다.

토양중 높은 무기태 질소농도를 보였던 CF와 PL, 그리고 유기질급원 내 탄소:질소비가 좋았던(15:1) GR 처리구는 높은 건물중을 생산하였고( $r^2=0.451$ )(Fig. 3), 이러한 유묘 성장량은 처리 후 54일에서 엽내 광합성을 유의적으로 증가시켰다( $P<0.001$ )(Table 6). 하지만, 엽내 증산율과 기공전도도 및 온도는 처리간에 통계적으로 유의성 있게 나타나지 않았다( $P>$

**Table 6. Foliar Pn (CO<sub>2</sub> assimilation,  $\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ ), Tr (transpiration,  $\text{mmolCO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ ), GS (stomatal conductance,  $\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ ), Temp (temperature, °C), CI (internal CO<sub>2</sub> concentration), and SPAD 502 meter chlorophyll estimate of single shoot of small apple trees grown in a greenhouse as affected by fertilizer sources and mulches at 54 days after treatment**

Treatment	Pn	Tr	GS	Temp	CI	SPAD
No fertilizer (NF)	9.4 c	4.1 a	567 a	23 a	279 a	30 bc
Commercial fert (CF)	12.2 a	4.3 a	546 a	24 a	260 bc	33 a
Poultry litter (PL)	12.4 a	3.9 a	406 a	24 a	253 c	34 a
Wood chips (WC)	8.8 c	4.1 a	464 a	24 a	282 a	29 c
Shredded paper (SP)	9.2 c	4.4 a	571 a	24 a	284 a	30 bc
Green compost (GC)	10.2 bc	4.4 a	556 a	24 a	277 a	29 c
Grass clippings (GR)	11.4 ab	4.5 a	595 a	24 a	269 ab	32 ab
Significance	<0.001	0.396	0.449	0.205	<0.001	<0.001

Means followed by the same letter within a column are not significantly different according to Duncan's multiple range test at  $P < 0.05$ .

0.05). 엽록소 함량을 추정하는 SPAD 또한 광합성에서 관찰된바와 같이 PL(34)>CF(33)>GR(32) 순으로 나타나서 유기질급원에 의한 SPAD값과 광합성률이 비슷한 경향이 나타났다.

이상의 결과로 보아 유묘생장과 발달에 효과적이었던 CF, PL, GR 처리는 사과 과원 농가에서도 유기질 급원으로 유용하게 이용될 수 있을 것으로 판단되며 탄소:질소비를 고려한 유기자재를 선택해야 할 것으로 사료된다. 특히 과원에서 예초 작업 시에 발생된 초생(GR)을 수체주위에 살포해 준다면 외부의 비료원이나 멀칭재료원을 따로 공급할 필요 없이 수체생장에 기여할 것으로 여겨진다. 하지만 수체의 크기나 수령에 따라서 필요한 초생량이 달라지므로 정기적인 토양이나 엽분석을 함으로써 전체적인 양분수지를 고려해야 할 것으로 판단된다.

## 요약

본 실험은 비료 공급원으로서 1) 대조구(NF), 2) 상업용 유기질 비료(10N-2P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-8K<sub>2</sub>O, Nature Safe<sup>®</sup>)(CF), 3) 계분 비료(PL)를 포함하였고, 멀칭 공급원으로는 4) 나무껍질 멀칭(WC), 5) 재활용 종이 멀칭(SP), 6) 식물성 퇴비 멀칭(GC), 7) 초생멀칭(GR)을 포함하였다. 유기질 비료와 멀칭의 양은 매해 유기농 사과나무 포장에 시비하였던 (50 g 질소/한 나무, 10 cm 멀칭시용/한 나무) 질소량과 체적에 각각 비례해서 각 포트에 시비하였다. CF, PL, 그리고 GR 급원은 미생물이 유기태 질소를 무기화(N-mineralization) 하는데 이상적인 탄소:질소(30:1이하)비를 보였는데, 처리 후 90일 째 되던 날에 토양중 무기태 질소 농도를 증가시켰다. CF, PL, 그리고 GR 처리된 유묘는 가장 넓은 총 엽면적과 두꺼운 직경, 그리고 큰 수고 및 건물중을 나타내어서 식물생장을 증가시키기 위한 가장 유용한 자재로 평가되었다.

## 감사의 글

We would like to thank to the Department of Horticulture in University of Arkansas in U.S.A. Additional thanks should go to the Organic Agriculture Division of the Korean National Academy of Agricultural Science for providing assistance.

## 참고문헌

- Bramlage, W., 1994. Physiological role of calcium in fruit, in: Peterson, B., Stevens, R.G. (Eds), Tree fruit nutrition: A comprehensive manual of deciduous tree fruit nutrient needs, Good Fruit Grower, Yakima, USA, pp. 101-107.
- Chalker-Scott, L., 2007. Impact of mulches on landscape plants and the environment - A Review, *J. Environ. Hort.* 25, 239-249.
- Choi, H.S., 2009. Effects of different organic apple production systems on seasonal variation of soil and foliar nutrient concentration, Ph.D. dissertation, University of Arkansas, USA.
- Choi, H.S., Rom, C.R., Gu, M., 2011a. Effects of different organic apple production systems on seasonal nutrient variations of soil and leaf, *Sci. Hort.* In press.
- Choi, H.S., Rom, C.R., 2011b. Estimated nitrogen use efficiency, surplus, and partitioning in young apple trees grown in varied organic production systems, *Sci. Hort.* In press.
- Gale, E.S., Sullivan, D.M., Cogger, C.G., Bary, A.I.,

- Hemphill, D.D., Myhre, E.A., 2006. Estimation plant-available nitrogen release from manures, composts, and specialty products, *J. Environ. Qual.* 35, 2321-2332.
- Harris, R.W., 1992. Root-shoot ratios, *J. Arboriculture* 18, 39-42.
- Hartz, T.K., Mitchell, J.P., Giannini, C., 2000. Nitrogen and carbon mineralization dynamics of manures and composts, *Hort. Sci.* 35, 209-212.
- Koehn, A.C., Peryea, F.J., Neilsen, D., Hogue, E.J., 2002. Temporal changes in nitrate status of orchard soils with varying management practices, *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 33, 3621-3634.
- Mehlich, A., 1984. Mehlich 3 soil extractant: A modification of Mehlich 2 extractant, *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 15, 1409-1416.
- NSSGA, 2009. Calcium carbonate – what is it, National Stone, Sand & Gravel Association, Alexandria, USA.
- SAS Institute, 2001. SAS/STAT User's Guide, Release 8.2, SAS Institute, Cary, USA.
- Schulte, E.E., Hopkins, B.G., 1996. Estimation of soil organic matter by weight loss-on-ignition, in: Magdoff, F.R., Tabatabai, M.A., Hanlon Jr., E.A. (Eds), *Soil organic matter: Analysis and interpretation*, Soil Sci. Soc. Am., Madison, USA, pp. 21-31.
- Shear, C.B., Faust, M., 1980. Nutritional ranges in deciduous tree fruits and nuts, *Hort. Rev.* 2, 142-163.
-