

멀칭비닐 색상과 제거시기가 야콘(*Polymnia sonchifolia* Poepp. & Endl.)의 생육 및 수량에 미치는 영향

두홍수*·문정길**·권태오***·류점호****

Effects of Polyethylene Mulch Color and its Removing Time on Growth and Yield of Yacon (*Polymnia sonchifolia* Poepp. & Endl.)

Hong Soo Doo*, Jung Gil Moon**, Tae Oh Kwon*** and Jeom Ho Ryu****

ABSTRACT : This study was carried out to examine the effect of polyethylene film color and removing time of the mulching film in yacon (*Polymnia sonchifolia* Poepp. & Endl.). The plant height on non-mulching was smaller about 10 cm or larger with 112 cm than on other mulches ranged with 134~139 cm at harvesting, and other characters examined were similar to that of plant height. The weight of tuberous root per plant was heavier on mulches ranged with 0.79~0.91 kg than on non-mulching with 0.61 kg. Among the kind of mulches, plant height was the tallest with 139 cm in combination and declined in order of transparent, green and black polyethylene films. Yields among colored polyethylene films were the heaviest with 0.91 kg per plant in combination, 0.88 kg in black and 0.84 kg in green. In growth and yield full mulching untill harvesting was more effective than the other removed mulching treatments. It was effected on growth promotion at early growth stage, soil temperature and water preservation.

Key words : Yacon, mulching colors, polyethylene film, mulch removal, growth, Yield.

緒 言

야콘은 국화과에 속하는 다년초 열대작물로서 괴근에는 다량의 당성분이 함유되어 있다. 특히 괴

근에 함유된 당으로서 1 g 건물중당 fructose가 154 mg으로써 sucrose의 59 mg에 비하여 2.6배 이상 함유하고 있어 식이요법에 의한 당뇨병 예방과 치료에 이용될 가능성이 있으며, 식이섬유를 많이 함유하고 있어 소화촉진 및 변비예방에 효과적이

* 전북대학교 농업과학기술연구소 (The Institute of Agricultural Science & Technology, Chonbuk National University, Chonju, 561-756, Korea) <'99. 6. 5 접수>

** 전북대학교 대학원 (Graduate School, Chonbuk National University, Chonju 561-756, Korea)

*** 원광대학교 생명자원과학대학 (College of Life Science and Natural Resources, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea)

**** 전북대학교 농과대학 생물자원과학부-농업과학기술연구소 (Faculty of Biological Resources Science, College of Agriculture -The Institute of Agricultural Science & Technology-, Chonbuk National University, Chonju, 561-756, Korea)

고 해독, 정장, 소중, 소염 및 체질개선에 탁월한 효능이 있는 순수 알칼리성 식물로 알려져 있다 (Asami et al., 1989; Ohyama et al., 1990)

B. C 4천년 전 인류의 문화가 구석기에서 신석기로 발달하면서 인류의 농경역사는 시작되었고 6천여 년이 지난 현재까지 농업기술은 많은 발전을 하였는데, 지구의 기후를 예측하고 대비하며, 우수한 작물을 선발하거나 육성하고, 재배기술의 향상을 위하여 다각적인 노력으로 가능하게 되었다. 특히 멀칭(방법)의 도입이 재배기술을 향상시키는데 크게 기여하였다 (Schalk et al., 1979).

과거의 멀칭은 퇴구비나 짚 또는 건초 등을 피복하였으나 과학이 발달함으로써 현재에는 polyethylene (PE) film이 가장 많이 이용되고 있다. 멀칭은 토양표면의 수분증발을 억제함으로써 작물체의 수분 이용률 증가와 수량증가를 기대할 수 있다 (Willis, 1962; Willis et al., 1963). Griffin 등 (1966)은 수수 재배시에 토양표면증발을 억제하여 수분소모량이 적고, 수분이용율이 최대가 되어 수확량이 증가되는 반면, 무멀칭은 수분이용의 제한으로 수량이 감소한다고 하여 멀칭의 보수효과를 보고하였다.

멀칭재배 기술에 대해서는 채소와 과수재배에서 많은 연구가 수행되었는데, 국내에서는 감자 (Choi & Cho, 1977, 1978; Kim et al., 1997), 땅콩 (Lee et al., 1986a; Lee et al., 1979), 카네이션 (Huh & Kim, 1995) 및 목본류의 감귤 (Hyun et al., 1993) 과 목화 (Lee et al., 1986b) 등 식용작물 뿐만 아니라 원예작물, 목본인 과수에 이르기까지 피복효과가 큰 것으로 보고되었다. 특히, PE film에 대한 효과는 온도상승과 수량증가에 관하여 깊이 연구되었으며 (Adams, 1962; Kanavel et al., 1967; Lippert et al., 1964; Schales et al, 1966), 더불어 식물체의 발아와 유묘의 성장을 증진시키는 것으로 보고되었다 (Army & Hudspeth, 1960).

이와 같이 멀칭의 효과가 탁월한 점을 고려할 때 야콘에 재배에 있어서도 효과가 있을 것으로 기대되며 그 효과가 어느 정도인지 규명할 필요가 있다. 특히 야콘은 전생육일수가 150일 이상이며, 생육후기에 이르러 서리에 의한 고사가 심하므로 우리나라 중부지방이나 내륙산간지역에서 안전한 재배를 위해서는 정식시기가 빨라야 한다. 그러나 정식시기가 빠르면 초기 생육기에 저온에 의한 피해를 받을 염려가 있는데, 이러한 피해를 줄이기 위한 방법으로써 PE 멀칭으로 재배하면 초기생육의 온도를 적절히 유지할 수 있을 것으로 기대된다. Shin et al. (1993)이 야콘재배에 있어서 멀칭효과에 대해서 이미 보고하였으나, 그들은 무멀칭과 투명비닐 멀칭을 상호 비교하는 것에 한정하였다. 현재 PE 멀칭재료는 흑색과 투명비닐 뿐만 아니라 배색비닐, 녹색비닐 그리고 흑백비닐 등이 판매되고 있으며, 황색비닐은 주로 원예작물재배시 사용하고 있다. 따라서, 색상이 다양한 비닐멀칭을 이용하여 야콘을 재배할 경우 색상의 변화에 따른 생장과 수량반응을 추적하여야 할 것이다.

본 연구는 PE 멀칭의 색상과 멀칭의 제거시기가 야콘의 생장 및 수량에 미치는 영향을 검토하여 다수확을 위한 기초자료를 제공하고자 실시되었다.

재료 및 방법

공시재료는 농촌진흥청 작물시험장에서 1994년에 수확한 관아를 분양 받아 1995년과 1996년에 전북대학교 농과대학 부속농장 전작포장에서 증식한 후, 1996년 10월에 수확한 관아를 왕겨와 혼합하여 10±1℃ 저온저장고에 보관하고 1997년 3월에 사용하였다. 시험포장은 전라북도 전주시 삼천동 농가포장에서 수행하였는데 토양의 이·화학적 성질은 표 1과 같다.

Table 1. Physico-chemical properties of the soil used for the experiment.

pH (1:5)	O. M (%)	Ex. Cat. (me/100g)			P ₂ O ₅ (ppm)	EC (ds/m)	CEC (me/100g)	Particle size distribution(%)			Soil class
		Ca	Mg	K				Sand	Slit	Clay	
6.1	7.3	5.6	2.0	1.72	190	0.45	19.20	45.5	32.5	22.0	Loam

결과 및 고찰

포장은 정식 30일 전에 유기물을 1,000 kg/10a 시용한 후 17 ± 3 cm 깊이로 경운하고 정식 3일 전에 2차 경운하였고 70 cm 간격으로 휴고 25 cm의 휴립을 만든 후에 N-P₂O₅-K₂O를 7-6-20 kg/10a 시비하고 피복처리를 하였다. 유묘의 정식은 1997년 5월 20일에 실시하였으며 재식거리는 70×50 cm (2,857주/10a), 난피법 3반복으로 정식하였다. 이때 사용한 유묘는 플러그묘로써 3월 25일에 30±1℃의 온도와 80%의 습도로 고정된 챔버 안에 관아를 처리하여 4월 20일에 맹아한 신초를 관아로부터 분리하여 육묘용 상토를 채운 72구 트레이에 재식하여 이중 비닐하우스 내에서 35일간 육묘하였다. 포장관리는 정식 후 30일에 복토하였으며, 정식 30, 45, 60일까지 3회에 걸쳐 바스타 액제(18%의 glufocinate ammonium 함유; 비선택성) 200배액을 잡초의 엽면에 살포함으로써 잡초를 방제하였고, 수확은 정식 후 150일 정도 경과된 동년 10월 20일에 실시하였다.

조사항목 및 방법에 있어서, 초장은 지면으로부터 최장엽 선단까지의 길이, 분지수는 초장의 ½ 이상 신장한 지수(枝數), 지상부 총엽수는 주간과 분지에 발생하여 낙엽하지 않은 잎의 수, 엽병장, 절수는 주지의 마디수, 절간장은 주경 3~4절간의 길이, 줄기직경은 지면으로부터 1 cm 높이의 주간 직경, 지상·지하부 생체중, 주당 근중과 주당 괴근수는 100 g 이상의 괴근을 조사하였다.

무피복과 피복 및 피복종류간의 효과를 알아보기 위하여 무멀칭구, 투명비닐, 흑색비닐, 배색비닐 및 녹색비닐을 공시하였는데, PE film의 두께는 모두 0.03 mm로 동일하게 하였다. 각 피복재료별로 토양중의 온도를 휴립의 정부로부터 10 cm 깊이에서 정오에 조사하여 토양온도차를 조사하였다. 한편, 휴립표면에 배색비닐을 피복하고 생육 시키면서 정식 후 60, 90, 120일 후에 피복비닐을 제거한 시험구와 수확기까지 비닐을 제거하지 않은 처리(150일) 구간의 생육과 수량을 앞서 기술한 방법과 동일하게 조사하였다. 피복비닐을 제거한 후 토양중의 온도와 수분함량은 휴립의 정부로부터 각각 10 cm와 8 cm의 깊이에서 정오에 실시하였다.

1. Polyethylene film 종류별 생육 및 수량

무피복 처리인 대조구의 생육은 정식 150일 후에 초장이 112 cm로써 피복처리의 134~139 cm에 비하여 10 cm 이상 부진하였다. 분지수는 대조구가 5.7개인데 비하여 피복처리는 9.3~12.3개였다. 주간엽수와 지상부 총엽수는 대조구가 각각 8.7개와 36.8개인데 비하여 피복처리는 각각 11.3~12.0개와 68~90개, 절간장은 대조구가 10.5 cm인데 비하여 피복처리는 12.8~14.7 cm로써 피복으로 인하여 생장이 촉진되는 경향을 보였다. 지상부와 지하부의 주당 생체중은 대조구가 각각 0.91 kg과 0.88 kg인데 비하여 피복처리는 각각 1.23~1.51 kg과 1.36~1.53 kg으로써 피복효과가 나타났다. 그러나 엽병장에 있어서는 흑색비닐과 배색비닐간에만 유의성이 있을 뿐 그 외는 유의성이 나타나지 않았다. 대조구의 주당 괴근중은 0.61 kg인데 반해 피복처리는 0.79~0.91 kg으로써 수량이 1.3~1.5 배에 이르는 증수효과를 보였다 (Table 2).

이러한 결과는 전반적으로 Shin et al. (1993)의 보고와 유사한 경향이었고, 다만 생육과 수량의 차이가 나는 것은 시험포장, 재배법 등의 차이로 인한 것으로 생각된다. 작물의 생육에 가장 중요한 영양원인 질소의 무기화작용이 토양수분에 따라 영향을 받으며 특히 질산균의 활성은 온도와 수분 조건에 매우 민감하기 때문에 (Kowalenko & Cameron, 1976; Powison, 1980; Rice & Smith, 1983) 본 시험에서 피복에 따른 온도상승과 토양수분의 보존이 야콘의 생육에 영향을 준 것으로 생각된다.

피복처리간에는 배색비닐의 초장이 139 cm로써 가장 양호하였고 투명비닐, 녹색비닐 그리고 흑색비닐 순으로 지상부의 생육이 양호하였다. 지상부 전체의 엽수는 투명비닐이 주당 94개로써 가장 많았고 하위엽의 낙엽이 가장 적었는데 주간과 분지의 잎은 모두 상위 4~8절에만 달려 있고 그 이하의 절에서는 낙엽이 지는 것을 관찰할 수 있었다. 피복종류간의 수량은 지상부의 생육상황과 비슷한 경향으로 나타났는데 주당 괴근중이 가장 우수한

Table 2. Effects of mulching films on growth and yield on 150 days after planting yacon.

Polyethylene film	Plant height (cm)	Branch (No.)	Total leaf	Petiole length (cm)	Node (No.)	Internode	Stem diameter (cm)	F. W. above ground (kg/plant)	F. W. under ground (kg/plant)	Tuber weight	Tuber number (No.)
Control	112.2	5.7	36.8	9.7	16.4	10.5	2.2	0.91	0.88	0.61	7.8
Black	134.2	9.3	68.0	9.8	18.7	12.8	2.4	1.23	1.53	0.88	9.3
Transparency	137.0	10.3	94.0	8.9	19.7	14.7	2.3	1.37	1.36	0.79	10.7
Combination	139.3	12.3	84.7	8.8	19.3	14.0	2.5	1.51	1.46	0.91	9.5
Green	135.3	11.7	80.0	9.2	18.7	13.8	2.4	1.40	1.40	0.84	9.7
LSD(0.05)	3.1	1.6	15.9	1.1	3.0	1.2	0.1	0.14	0.33	0.08	1.4
C. V. (%) ¹	1.3	8.5	11.6	6.6	8.7	4.7	2.6	5.91	13.28	5.51	7.9

¹ Coefficient of variability

피복재료는 배색비닐로써 0.91 kg이었고 흑색비닐이 0.88 kg, 녹색비닐이 0.84 kg으로써 비교적 양호한 수량을 보였다. 이러한 결과는 주당 괴근수와 지상·지하부의 생체중에서도 모두 대조구에 비하여 피복처리가 양호하였으며, 피복처리간에는 투명비닐과 배색비닐이 가장 양호하였다. 주당 괴근중은 배색비닐이 주당 0.91 kg인데 비하여 대조구는 0.61 kg으로써 50%에 불과하였으며, 지상부와 지하부의 생체중은 대조구가 피복처리에 비하여 60% 내외에 불과하였다.

대다수의 농작물 재배에서 비닐피복은 춘기의 생육촉진에 이용되었고 토양온도의 상승과 보존 등의 효과로 무피복에 비하여 생육이 좋았다 (Burrow & Larson, 1962; Choi & Cho, 1978; Choi et al., 1979; Kang, 1985). Willis (1962)는 비닐을 90%의 피복율로 이랑에 피복할 경우 지온 상승과 수분보전효과에 의해 수량이 증가되었다고 하였으며, 그 외에 많은 연구자들이 비닐멀칭을 하면 지온이 현저하게 상승되며, 이 지온의 상승효과는 흑색비닐보다는 투명비닐에서, 비가 오는 날보다 맑은 날에 각각 더 크게 나타나는데 (Knavel & Mohr, 1967; Lippert et al., 1964; Schales & Sheldrake, 1966; Adams, 1962), 본 시험의 결과 역시 생육초기의 지온상승과 수분보전효과에 있어서 그들과 유사한 것으로 생각된다. Lee & Yoon (1975)에 의하면 고추의 초기생육시기에 토양의 최고온도는 나지(裸地)에 비하여 투명비닐과 흑색

비닐로 멀칭을 했을 경우 각각 6℃와 2℃ 상승하였고 최저온도 역시 4℃와 2℃ 상승하였다고 보고하였는데 본 시험에서 측정된 온도차 역시 그들의 경향과 비슷하게 측정됨으로써 피복비닐간에 나타나는 온도차는 유사한 것으로 생각된다 (Fig. 1).

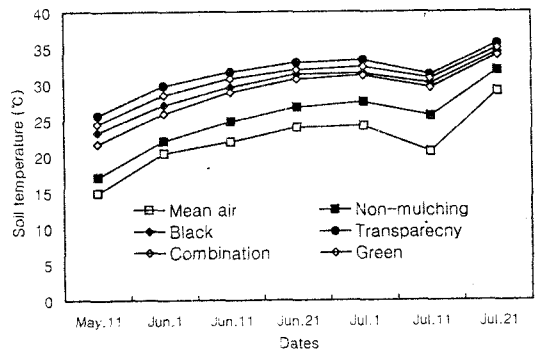


Fig. 1. Effects of polyethylene films on soil temperature during the early growth stage in yacon. Soil temperature was observed at noon in 10 cm depth.

2. Polyethylene film 제거에 따른 생육 및 수량

야콘의 정식 후부터 수확기까지의 생육기간은 토양 및 기상조건에 따라 조금의 차이가 있겠지만 대체로 120~150여일이 소요된다. 생육중기 이후에 지하부에서는 세근이 비대하여 괴근이 형성되

Table 3. Removal effect of the mulching films on growth and yield on 150 days after planting yacon.

Removing days after planting	Plant height (cm)	Branch (No.)	Total leaf	Petiole length (cm)	Node (No.)	Internode	Stem diameter (cm)	F. W. above ground (kg/plant)	F. W. under ground (kg/plant)	Tuber weight	Tuber number (No.)
60	103.3	7.0	41.3	7.8	18.3	11.7	2.4	0.65	0.73	0.69	7.0
90	119.7	12.7	97.3	8.2	18.0	12.3	2.4	1.31	1.79	0.87	9.0
120	130.8	12.0	88.0	8.5	18.7	12.7	2.6	1.67	2.14	0.97	8.3
150	134.0	13.7	73.3	9.8	18.3	12.0	2.5	1.76	2.22	1.04	9.0
LSD (0.05)	3.2	0.7	15.6	0.6	0.8	1.1	0.1	0.13	0.19	0.22	1.7
C. V. (%) ¹	1.3	3.3	10.4	3.6	2.1	4.4	2.7	4.75	5.41	9.29	10.3

¹ Coefficient of variability

고 생육후기에 급격히 비대하는데, 특히 이 시기의 저온이 괴근의 비대를 촉진한다. 따라서 지온의 보존효과가 있는 피복비닐을 제거하면 수량이 증가할 것으로 추정하였다. 시험결과 정식 60일 후에 피복비닐을 제거한 처리구에서의 지상부 생육은 초장이 103 cm로써 수확기까지 피복비닐을 제거하지 않은 처리구의 134 cm에 비하여 생육이 저조하였으며, 피복비닐 제거시기가 늦을수록 초장은 크게 나타났다. 이러한 경향은 분지수와 엽병장에서도 비슷한 경향을 보였으나 엽수, 엽장·폭 및 절간장은 대체로 피복비닐의 제거에 관계없이 비슷한 결과를 보였다 (Table 3).

수량에 있어서는 수확시기까지 피복비닐을 제거하지 않은 처리구에서 주당 괴근중이 1.04 kg으로써 가장 우수하였고 지상부의 생육에서 큰 차이를 보이지 않았던 120일 처리구에서는 주당 괴근중이 0.97 kg으로써 근소한 차이를 보여주었다. 그러나 정식 후 60일과 90일에 피복비닐을 제거한 처리구에서는 주당 괴근중이 각각 0.69, 0.87 kg으로써 150일 처리구에 비하여 각각 66%와 84%에 불과하였다. 또한, 60일 후에 피복비닐을 제거할 경우에는 조간은 물론 휴면표면에 잡초가 발생함으로써 생육중기에 생육이 더욱 부진한 것으로 사료된다. 그러나 120일 후에 제거할 경우에는 시기적으로 9월말에 이르러 가을잡초의 발생이 약간 보이지만 초장이 120 cm 이상 신장하고 지상부에는 70~80개의 잎이 달려있다. 따라서, 지표면은 대부분이 잎에 의하여 차광되고 잡초의 발생을 거의 볼 수가 없

었으며 이미 발생한 잡초도 얼마 후에 고사하였다.

단옥수수는 지온을 높여 조기생산을 목적으로 PE피복을 하는데 (Hopen, 1965; Lee et al., 1978) 야콘에 있어서도 비닐피복이 생육초기의 생장촉진과 토양중의 수분보존 및 토양침식 방지 등의 효과를 나타낼 것으로 추정되며, 피복의 효과는 후기가 지 계속되는 것으로 추정된다. 한편 감자는 고랭지 여름재배지대에서 피복에 의한 괴경의 생리장해가 발생하는데 (Kim et al., 1995) 야콘은 생리장해가 발견되지 않았다.

멀칭제거에 따른 토양중의 온도를 조사한 결과, 생육중기에 피복에 의한 토양온도는 36℃ 이상이

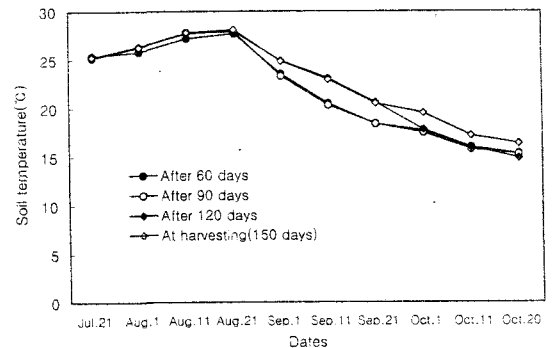


Fig. 2. Change of soil temperature after removing the mulching film from middle to later growth stage in yacon. Soil temperature was observed at noon in 10 cm depth.

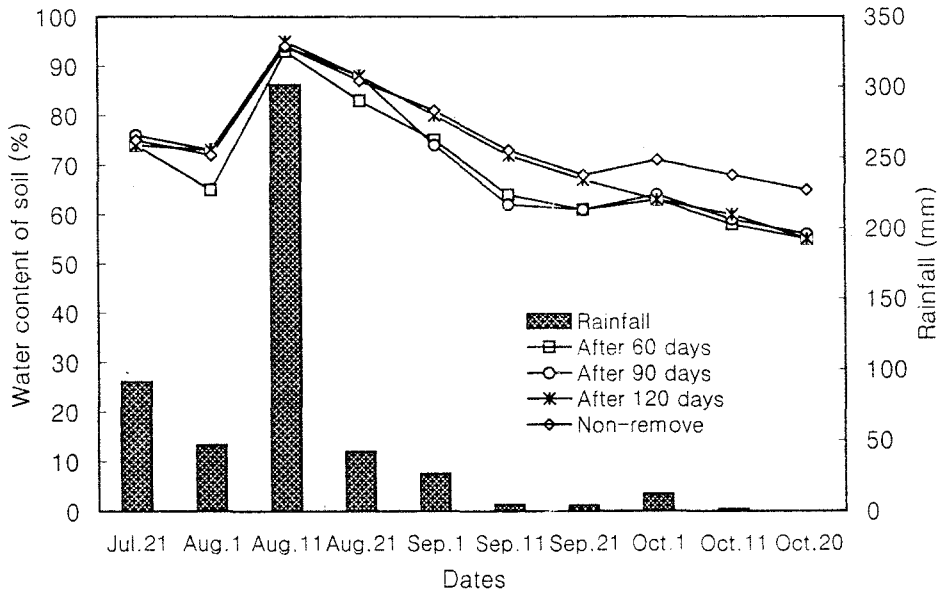


Fig. 3. Water contents of soil after removing polyethylene film and rainfall from middle to later growth stage in yacon.

었으며, 정식 후 60일에 멀칭을 제거할 경우에 32°C로 약 4°C가 낮았다. 이러한 감온현상은 90일 및 120일 후에 멀칭을 제거할 경우에도 나타났는데, 생육 후기로 갈수록 감온의 정도는 적었다 (Fig. 2). 이러한 결과는 지온이 최고를 기록하는 8월 이후에도 멀칭이 무멀칭에 비하여 토양의 온도를 보다 높게 유지하는 것으로 판단되며, 열대작물에 속하는 야콘의 후기생육에 도움을 준 것으로 생각된다.

멀칭제거에 따른 토양중의 수분함유율을 조사한 결과, 생육중기 이후에도 피복에 의하여 토양의 수분함유율이 무피복에 비하여 높은 것으로 나타났다. 멀칭을 제거한 후에 토양수분 함유율은 약 8%가 감소하였다. 그러나 강우량이 많을 경우에는 큰 차이를 보이지 않았다. 다만 8월 중순 이후에 강우량이 급격히 감소하였고, 특히 9월부터는 26 mm 이하의 강우량을 보였는데, 이때에 토양의 수분함유율은 60% 이하로써 무피복시 감소하는 경향이 피복에 비하여 심하였다 (Fig. 3). 따라서 야콘의 재배에 있어서 피복은 수확기까지 유지하는 것이 생육 및 다수확을 위해서 유리할 것으로 추정된다.

사 사

본 논문은 농림수산기술관리센터의 지원에 의하여 수행한 과제의 일부임.

적 요

야콘재배에 있어서 무멀칭구와 PE 멀칭구 그리고 PE 멀칭의 종류별로 야콘의 생육 및 수량을 검토하고, 전생육기간 동안 비닐멀칭 여부를 조사함으로써 다수확을 위한 야콘재배의 지표를 설정하고자 실시하였다.

1. 수확시기에 멀칭구의 초장이 134~139 cm로써 비멀칭구의 112 cm에 비하여 10 cm 이상 컸으며, 다른 형질들 역시 초장의 경향과 유사하였다.
2. 주당 수량 역시 멀칭구가 0.79~0.91 kg으로써 비멀칭구의 0.61 kg에 비해 많아 멀칭에 의하여 증수되었다.
3. 멀칭재료는 배색비닐에서 초장이 139 cm로써 가장 양호하였고, 투명비닐, 녹색비닐 그리고 흑색비닐 순으로 짧아졌으나, 주당 수량은 배색비

닐에서 0.91 kg으로써 가장 양호하였고 흑색비닐, 녹색비닐 그리고 투명비닐 순으로 적어졌다.

4. 수확시기까지 멀칭비닐을 제거하지 않는 것이 재배중간에 멀칭비닐을 제거하는 것보다 생육 및 수량이 양호하였다.

5. 야콘재배에 있어서 멀칭은 지온상승과 토양 수분을 보존함으로써 증수에 기여하는 것으로 조사되었다.

LITERATURE CITED

- Adams, J. E. 1962. Effect of soil temperature on grain sorghum growth and yield. *Agron. J.* 54 : 257 - 261.
- Army, T. J. and E. B. Hudspeth. 1960. Alteration of the microclimate of the seed zone. *Agron. J.* 52 : 17 - 22.
- Asami, T., M. Kubota, K. Minamisawa, and T. Tsukihashi. 1989. Chemical composition of yacon, a new root crop from Andean highland. *Japan J. Soil Sci. Plant Nutr.* 60(2) : 122 - 126.
- Burrow, W. C. and E. E. Larson. 1962. Effect of amount of mulch on soil temperature and early growth of corn. *Agron. J.* 54 : 19 - 23.
- Choi, B. H., H. S. Lee, and J. I. Lee. 1979. Studies on flowering habits and kernel yield of peanuts (*Arachis hypogaea* L.). *Korean J. Crop Sci.* 24(4) : 71 - 82.
- Choi, J. H. and J. Y. Cho. 1977. Effects of sprout length, amounts and times of nitrogen application, transplanting rate and depth of wheat straw mulch on the fall crop production of potato. *Korean J. Crop Sci.* 22(1) : 20 - 25.
- Choi, J. H. and J. Y. Cho. 1978. Effects of mulching treatments on the fall cultivation of potato. *Korean J. Crop Sci.* 23(2) : 126 - 132.
- Griffin, H. R. II, B. J. Ott, and J. F. Stone. 1966. Effect of water management and surface applied barriers on yields and moisture utilization of grain sorghum in the Southern Great Plains. *Agron. J.* 58 : 449 - 452.
- Hopen, H. J. 1965. Effects of black and transparent polyethylene mulches on soil temperature, sweet corn growth and maturity in a cool growing season. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 86 : 415 - 420.
- Huh, K. Y. and K. S. Kim. 1995. Effects of reflective film mulching on light environment, and carnation productivity and quality. *Korean J. Soc. Hort. Sci.* 36(2) : 263 - 272.
- Hyun, H. N., H. C. Lim, H. R. Han, and D. G. Moon. 1993. Effects of polyethylene film mulching and root pruning on soil water and fruit quality of satsuma mandarin (*Citrus unshiu*). *Korean J. Soc. Hort. Sci.* 34(5) : 368 - 377.
- Kanavel, D. E. and H. C. Mohr. 1967. Distribution of roots of four different vegetables under paper and polyethylene mulches. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 91 : 589 - 597.
- Kang, Y. G. 1985. Effects of polyethylene mulching on physical property, growth and yield of crops. *Jeju Natl. Univ. Trop. Agri. Report.* 2 : 23 - 94.
- Kim, H. J., S. Y. Kim, K. Y. Shin, and S. J. Yang. 1997. Effects of mulching materials on the hollow heart and internal brown spot in potato tubers. *Korean J. Soc. Hort. Sci.* 38(1) : 6 - 8.
- Kim, S. Y., J. C. Jeong, J. K. Kim, and M. S. Lim. 1995. Effect of storage temperature and greening treatment on sprouting of potato 'Dejima' microtubers. *Korean J. Soc. Hort. Sci.* 36(2) : 166 - 171.
- Kowalenko, C. G. and D. R. Cameron. 1976. Nitrogen transformations in an incubated soil as affected by combinations of moisture content and temperature and absorption - fixation of ammonium. *Can. J. Soil Sci.* 56(2) : 63 - 70.
- Lee, B. Y. and J. Y. Yoon. 1975. Effect of polyethylene film mulchings on the soil temperature and the growth and yield of red pepper. *Korean J. Soc. Hort. Sci.* 16(2) : 185 - 191.
- Lee, G. B., J. S. La, S. P. Nho, and D. G. Lee. 1979. Studies on the vinyl-mulching culture of peanut. *Korean J. Crop. Sci.* 24(3) : 67 - 74.

- Lee, J. I., Y. H. Park, and Y. K. Park. 1986a. Studies on the ecological characteristics for the plant types in the peanut (*Arachis hypogaea* L.). IV. Effect of vinyl- and non-mulching on growth among peanut plant types. Korean J. Crop Sci. 31(3) : 361 – 365.
- Lee, J. I., Y. H. Park, K. Y. Chung, and R. K. Park. 1986b. Effect of vinyl- mulching culture on growth and yield of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Korean J. Crop Sci. 31(4) : 434 – 439.
- Lee, S. S., G. O. Estes, and O. S. Wells. 1978. Effects of slitted polyethylene mulches on soil temperature and yield of sweet corn. Can. J. Plant Sci. 58 : 55 – 61.
- Lippert, L. F., F. H. Takatori, and F. L. Whiting. 1964. Soil moisture under bands of petroleum and polyethylene mulches. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 85 : 541 – 546.
- Ohyama, T., O. Ito, S. Yasuyoshi, T. Ikarashi, K. Minamisawa, M. Kubota, T. Tsukihashi, and T. Asami. 1990. Composition of storage carbohydrate in tubers of yacon (*Polytmnia sonchifolia*). Soil Sci. Plant Nutr. 36(1) 167 – 171.
- Powelson, D. S. 1980. Effect of cultivation on the mineralization of nitrogen in soil. Plant and Soil 57 : 151 – 153.
- Rice, C. W. and M. S. Smith. 1983. Nitrification of fertilizer and mineralized ammonium in no-till and plowed soil. Amer. J. Soil Sci. 47 : 1125 – 1129.
- Schales, F. D. and R. Sheldrake, Jr. 1966. Mulch effects on soil conditions and muskmelon response. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 88 : 425 – 430.
- Schalk, J. M., C. S. Creighton, R. L. Fery, B. W. Sitterly, T. L. McFadden, and D. Augustine. 1979. Reflective film mulches influence insect control and yield in vegetables. Amer. J. Soc. Hor. Sci. 104 : 759 – 762.
- Shin, D. Y., Y. M. Lee, and H. J. Kim. 1993. Effect of PE film mulching and planting density on growth and tuber yield in yacon (*Polytmnia sonchifolia* POEPP). Korean J. Crop Sci. 38(3) : 240 – 244.
- Willis, W. O. 1962. Effect of partial surface covers on evaporation from soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 26 : 598 – 601.
- Willis, W. O., J. J. Haas, and J. S. Robins. 1963. Moisture conservation by surface or subsurface barriers and soil configuration under semiarid conditions. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 27 : 577 – 580.