

施肥水準의 차이가 야콘의 物質生産과 光合成速度에 미치는 影響

趙東夏, 許 權¹⁾

江原大學校 農業生命科學大學, ¹⁾서울大學校 天然物科學研究所

Effect of different fertilizer application on the dry matter production and leaf photosynthetic of Yacon(*Polymnia sonchifolia*)

Dong-Ha Cho, Kweon Heo¹⁾

College of Agriculture and life Sciences, Kangwon National University

¹⁾Natural Products Research Institute, Seoul National University

ABSTRACT

This study was conducted to examine the dry matter production and leaf photosynthesis under different fertilizer application in Yacon(*Polymnia sonchifolia*) plants. Under field conditions, dry matter production of stable mature application plot(S-1) was much larger than non-treated control plot(CTL), but bulb dry weight of 10kg nitrogen application plot per 10a (N-10) was not differentiated from CTL. The maximum photosynthetic rates increased in Yacon plants grown at S-1 while in the rates of CTL reduced under glasshouse in the same treated pot conditions. The optimum temperature for the highly photosynthetic rates is about $34 \pm 3^{\circ}\text{C}$, and the rates did decrease by stomatal resistance below 28°C . The estimated light saturation point was $1200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. The results of this study indicate that soil conditions were highly related to dry matter production and leaf photosynthesis rate in Yacon plants.

Key words : *Polymnia sonchifolia*, dry matter production, leaf photosynthesis, fertilizer application

緒 論

食用資源植物인 야콘은 熱帶 菊花科(Compositae)에 속하는 雙子葉植物로서 多年草의 球根植物이다. 남아메리카의 안데스 산맥이 위치하고 있는 페루가 原產地인 야콘은 근래에 한국, 일본등 동남아시아 지역에서도 재배되고 있다. 야콘은 21종류의 遊離窒素化合物을 포함하여 아미노산이 비교적 많이 함유되어 있다. 특히 탄수화물중에서는 fructose, glucose, sucrose, inulin등이 다량 함유되어 있고, 澱粉은 거의 함유되어 있지 않은 특징이 있다. 또한 oligo당과 섬유질 성분이 많아 당뇨병 및 성인병 예방에 효과가 있어 건

강식품으로 加工開發되고 있는 실정이다^{1,2,3)}. 최근에 우리나라에서도 야콘을 도입하여 농가에서 재배하고 있으나, 아직까지 재배 환경조건에 따른 재배생산법 확립되어 있지 않아 土壤, 水分, 光 및 溫度環境條件의 變化에 따른 收穫量의 차이가 심하다. 지금까지 야콘에 대한 栽培 및 組織培養에 대한 報告는 몇 가지 있었으나^{4,5,6,7)}, 環境條件에 따른 光合成에 관한 재배 생리학적인 研究는 아직 미비한 실정이다. 一般적으로 광 및 토양시비 조건이 물질생산과 광합성속도에 차이를 가져오며 窒素施肥는 作物의 光合成速度를 높인다고 보고 되었다^{8,9,10,11,12)}. 비의 광합성에 있어서 窒素의 作用은 직접 葉에 光合成速度를 促進하는데, 品種에 따라 차이가 있으며 비의 葉面積當 窒素含量

과 광합성속도는 正의 相關이 있다고 하였다¹⁾. 콩에 있어서 높은 CO₂농도에서 光은 强할수록 光合成이 促進된다고 하였으며, 실제로 CO₂ 處理時 光의 水準을 높이면 밀, 오이, 토마토의 生育이 促進되었다²⁾. 본 실험은 포장과 포트재배시 土壤施肥水準, 溫度 및 光條件下에서 光合成 能力의 차이와 물질생산량을 측정분석하여 야콘의 適定生長 條件을 밝히고자 실시하였다.

材料 및 方法

1) 乾物生産量 측정 : 94년도에 수확한 야콘 (*Polymnia sonchifolia*) 식물체의 구근으로부터 생산된 종묘를 공시 하였다. 재배조건은 온실의 자연광조건(25/35℃, 상대습도 70~80%)에서 구근을 모래에서 25일동안 생육하여 얻은 유식물체를 95년 5월 24일 무처리구, 퇴비구(3,000kg/10a), N-5 질소 처리구(5kg nitrogen/10a), N-10 질소 처리구(10 kg nitrogen/10a)로 전량 기비사용한 강원대 구내포장에 정식하였다. 재식거리는 65×60cm로 하였으며 난괴법 3반복으로 재배하였다. 乾物生産量은 10월 30일에 수확한 잎, 줄기 및 구근을 온실에서 1차로 건조한 후 70℃의 오븐에서 2차 건조하여 건물중을 측정하였다.

2) 葉光合成速度 측정 : 정확한 환경조건에서 광합성 측정을 하기 위하여 포장의 시비수준과 같도록 시비한 무처리구, 퇴비구(3000kg/10a), N-5 질소

처리구(5kg nitrogen/10a), N-10 질소 처리구(10kg nitrogen/10a)의 포트(1/5000a 와그너 포트)에 40일간 이식 재배하여 생육시켰다. 엽 광합성측정은 식물체를 온실로부터 광도 및 온도조절이 가능한 人工植物生育裝置에 옮긴 뒤에, 식물체의 최상위엽을 일률적으로 1,200±50μmol m⁻²s⁻¹ 광조건에서 광합성측정기(LI-6200)로 측정하였다. 온도조건은 25~40℃의 범위 내에서 최대광합성 속도를 측정하였다. 각 처리구당 식물체 3개체씩을 반복 측정하였다.

結果 및 考察

야콘에 대한 재배생산 방법과 기내에서의 조직배양에 대한 몇가지 실험은 실시되었으나 생리생태학적 측면의 광합성 측정에 관한 연구는 많지 않다³⁾. 특히 온도, 광 및 토양시비수준의 차이에 따른 재배 방법의 체계도 연구가 미흡하다. 포장에서의 시비수준을 달리하였을 때 식물체의 건물중은 퇴비구에서 무처리구에 비하여 높은 건물생산량을 보였으나, 질소시비구에서는 큰 차이를 나타내지 않았다. 그러나 식물체 부위별 건물중은 질소처리구에서 잎의 건물중이 높았다. 그러나 구근과 줄기는 거의 차이를 나타내지 않았다. 김 등은⁴⁾ 야콘의 질소사용이 야콘의 총수량에 미치는 영향을 보고하였는데 퇴비구와 질소6kg/10a시비구와는 큰 차이를 보이지 않았으나, 질소24kg/10a시비구는 도복현상과 하고현상으로 총수

Table 1. The dry matter yield of Yacon plant grown in the feild of different soil conditions.(g/D.W.)

Soil condition	leaf	stem	bulb	Total
CTL ²⁾	35a	87a	233a	356a
S-1	75(213)bc ¹⁾	104(120)a	398(170)b	577(162)bc
N-10	81(228)c	91(104)a	289(124)ab	460(129)ab
N-5	59(168)a	97(112)a	274(118)ac	430(121)a

¹⁾Figures in the parentheses are percentage ratio to the control.

²⁾CTL, control.

S-1, stable manure(3000kg/10a).

N-10, nitrogen (10kg/10a).

N-5,nitrogen (5kg/10a).

³⁾Means within a column with different letters are significantly different at the 5% level by the Duncan's New Multiple Range Test.

량과 상품성이 떨어졌다고 한다. 질소시비는 야콘의 수확량에 크게 영향을 미치지 않으나 지나친 시용은 지상부의 생장을 촉진시켜 도복을 유발한다고 사료된다.

질소가 잎의 광합성속도를 빠르게 한다는 것은 여러 연구에서 보고되었다^{7,8,9,11)}. 야콘에서도 무처리 보다는 광합성의 속도를 빠르게 하나 동화작용으로 구근의 생장을 얼마나 생장시키는가에 대한 연구가 더욱 진행되어야 할 것으로 사료된다. 질소-10시비구에서는 높은 잎 건물중을 나타내었으나 구근에서는 무처리구와의 차이가 크게 나타나지 않았다(표 1).

성 속도는 퇴비구에서 $17.3 \text{ mg CO}_2 \text{ dm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 로 가장 높았으며, 무처리구 엽광합성 속도가 가장 낮았다. 질소 시비구에서는 N-5 처리구(5 kg N/10a)와 N-10 처리구(10 kg N/10a)가 퇴비구보다 약간 낮은 광합성 속도를 나타내었다. 야콘의 土壤環境 條件에서 엽광합성 속도의 조절기구를 기공확산 전도도(Gs)와 엽육확산 전도도(Gm)로 서로 나누어 검토하였는데, Downton 등은¹⁾ 鹽스트레스하에서 포도의 光合成 速度低下 機構를 CO_2 의 氣孔擴散 傳導度(Gs)와 葉肉擴散 傳導度(Gm)의 양면으로 조사하여, 광합성속도의 저하의 주된 원인은 엽육확산 전도도의 저하에 있다고 하였고,

Table 2. The leaf photosynthesis(LPS), CO_2 stomatal conductance(Gs) and mesophyll diffusion conductance(Gm) of Yacon plant grown in different soil conditions.

Soil condition	LPS ($\text{mg CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Gs (cm/sec^{-1})	Gm (cm/sec^{-1})
CTL ²	9.8a ³	0.402a	0.127a
S-1	17.3(176)b	0.847(211)b	0.227(179)b
N-10	15.3(156)ab	0.798(199)bc	0.173(136)c
N-5	12.8(131)c	0.405(101)d	0.149(115)d

^{1,2,3}Symbols are the same as in Table 1.

포장에서 기상환경조건의 변화로 정확한 측정이 곤란하여 토양환경조건을 달리하였을 때 정확한 광합성속도를 측정하기 위하여 온실내에서 포트실험은 포장 시비수준과 같도록 포트에 시비하여 일정한 환경조건에서 광합성속도를 측정하였다. 최대 엽광합

Boyer도²⁾ 목화에서 광합성속도의 저하가 보이는 반면, 증산속도는 저하하지 않는 것을 관찰하여, 광합성속도의 저하는 기공개도의 감소에 의한 것 보다도 엽육조직내의 광합성 반응계의 활성저하에 있다고 하였다. 본 실험에서 기공확산 전도도는 엽광합성 속도가 높았던 퇴비구와 N-10처리구에서 높았으나, N-5처리구에서는 무처리에 비해 차이가 없었다. 오히려 엽육확산 전도도에서 뚜렷하게 차이를 보였는데, 이는 N-5처리구에서 질소시비에 따른 葉肉內에서의 기공확산 전도도보다는 엽육확산 전도도에 의한 엽광합성 속도의 조절에 기인하는 것으로 사료된다(표 2). 光環境 條件에 따른 퇴비구와 무처리구의 LPS차이는 뚜렷하게 나타났는데 $600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 에서부터 차이가 났으며 광포화점은 $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 정도였다(그림 1).

온도조건에 따라서는 $34 \pm 3^\circ\text{C}$ 정도에서 높은 광합성 속도를 보였으며, 반면에 28°C 정도 이하에서는 기공저항에 의하여 엽광합성속도가 저하되었다(그림 2). 야콘의 광합성속도의 최적온도로는 $34 \pm 3^\circ\text{C}$ 정도가 알맞다고 사료된다.

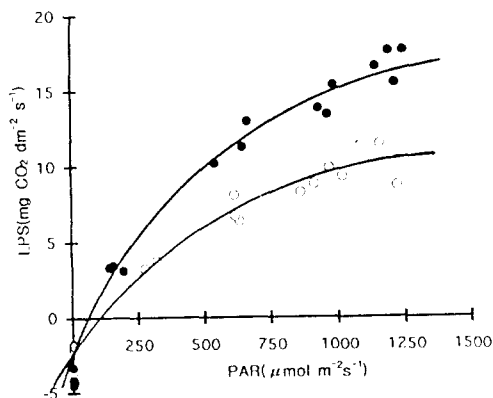


Fig.1. Comparison of leaf photosynthesis(LPS) curves between Yacon plant grown under control and stable manure of soil conditions. O, control; ●, stable manure

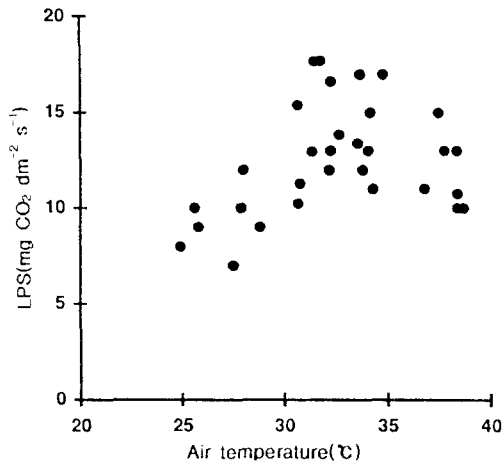


Fig.2. Relationship between leaf photosynthesis(LPS) and different air temperature in yacon plants.

결론적으로 표 1과 2에서 유기질 퇴비구에서의 乾物생산량과 광합성속도는 무처리구보다 높게 나타났으나, 무처리구와 질소처리구의 비교에서는 큰 차이를 보이지 않았다. 다만 질소시비에 의한 잎의 생장속도는 다른 시비구보다 높게 나타났다. 퇴비시비에서 구근의 높은 생장율을 보임으로써 퇴비를 이용한 유기농법에 의한 재배방법으로 높은 수확을 기대할 수 있으리라 사료된다. 그러나 광합성속도에 있어서 內的制限因子 및 지상부의 잎과 지하부의 구근과의 sink-source에 대해서는 더욱 연구가 필요하다고 사료된다.

적 요

본 실험은 포장과 포트재배에서 土壤施肥水準, 溫度 및 光條件下에서 乾物생산량과 光合成 속도의 차이를 측정분석하여 야콘의 適定生長 條件을 밝히고자 실시하였다.

1. 포장에서의 시비수준별 乾物생산율은 무처리구보다 퇴비구에서 높게 나타났으며, 구근의 乾物중은 무처리구와 질소처리구와는 큰 차이를 보이지 않았다.
2. 최대 葉光합성 속도는 퇴비구(S-1)에서 17.3mg CO₂ gdm⁻²s⁻¹로 다른 질소 처리구 보다 높았으며, 무처리구의 葉光합성 속도가 가장 낮았다.
3. 光環境 條件에 따른 퇴비구와 무처리구의 葉光합성 속도차이는 뚜렷하게 차이가 났으며 광포

화점은 1200±50μmolm⁻²s⁻¹ 이었다.

4. 광합성속도는 34±3℃정도에서 높은 반면 28℃정도 이하에서는 기공저항에 의하여 葉光합성 속도가 낮았다.

引用 文 獻

1. 淺見輝男, 大山卓蠶, 月橋輝男.1989. 多量のフラクトオリゴ糖を含む新しい根菜ヤコン. 農業および園藝 64:538-540.
2. Boyer,J.S. 1965. Effect of osmotic water stress on metabolic rate of cotton plants with open stomata. Plant Physiol. 40:229-234.
3. Charles, J.A. 1994, Encyclopedia of agricultural science, Academic press, Vol. 3 p642.
4. Downton, W.J. 1977. Photosynthesis in saltstressed grapevines. Aust. J. Plant Physiol. 4:183-192.
5. Hamada, M. T. Hosoki and T. Husabiraki. 1990. Mass propagation of Yacon(*Polymnia sonchifolia*) by repeated node culture. Jpn. J. Plant Tissue Culture 7(1):35-37.
6. Hofstra, G. and J.D. Hesketh 1969. The effect of temperature on stomatal aperture in different species. Can. J. Bot. 47:1307-1310.
7. Hofstra, G. and J.D. Hesketh, 1975. The effect of temperature and CO₂ enrichment on photosynthesis in soybean. In Environmental and biological control of photosynthesis (Ed.) R. Marcelle, Dr. W. Junk b. v., Publishers, The Hague, pp71-80.
8. 김 춘식, 주 문갑, 주 영희, 김 강권. 1992. 열대작물 개발에 관한 연구(야콘의 품질향상에 관한 시험). 작물시험장 시험연구보고서 pp53-59.
9. Makino.A., T.Mae and K.Ohira. 1983. Purification and storage of ribulose 1,5-bisphosphate carboxylase from rice leaves. Plant Cell Physiol. 24:1169-1173.
10. Ohno, Y. 1976. Varietal differences of photosynthetic efficiency and dry mater production in Indica rice. Tropical Agriculture Research Center. Tech. Bull. No.9.
11. 박 철호, 안 상득, 장 병호, 함 승시, 1995. 산야초의 이해, 강원대 출판부 pp141-144.
12. 菅野元一.1989.藥用植物ヤコンの栽培. 農業および園藝 64:538-540.

び園藝 64:538-540.

13. Takano, Y. and S. Tsunoda 1971. Curvilinear regression of the leaf photosynthetic rate on leaf nitrogen content among

strains of *Oryza* species. *Japan. J. Breed.* 21(2): 69-76.

(접수일 : 1996년 11월 9일)