

돼지감자 實生苗의 生長特性和 바이오매스 生産性

林根發* · 李浩鎭**

Growth and Biomass Productivity of Seedlings from Seeds in Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.)

Kun Bal Lim* and Ho Jin Lee**

ABSTRACT : In order to examine the possibility of seed propagation of jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) which has been propagated vegetatively so far, it was investigated the growth characteristics of seedlings and the biomass productivity by seed propagation in jerusalem artichoke.

The results indicated that the seedlings from seeds exhibited the physiological dwarfing as a rosette habit. The physiological dwarfing as a rosette habit in jerusalem artichoke seedlings from seeds was a kind of appearance affected by photoperiod. This abnormal habit in seedlings from JA6 seeds during the growing period was persisted in short photoperiod of 10 hrs but was disappeared in long photoperiod of 14 hrs.

In the condition of long photoperiod, seedlings from seeds grew normally and the average tuber yields obtained from seed propagation was finally 3.51 ton/10a, which can be the satisfying level to the use of seed propagation despite its complexity such as the needs of specific seedling time because it gives a high biomass productivity. This potential utilization of seed propagation in jerusalem artichoke can be basically applied to the collection or preservation of germ plasm and the improvement of jerusalem artichoke.

돼지감자(一名 : 풍만지)는 北美가 原産인 菊花科 (Compositae) 해바라기屬(*Helianthus*) 植物로 아메리칸 인디언에 의해 'Askipaw' 또는 'Skibwan' 으로 불리면서 栽培되어 Pottage 라는 soup 을 만드는데 쓰이거나 'Skibwan' ('날것'이란 意味)이란 원래 말 그대로 날것으로 利用되어졌었다 한다.¹⁴⁾

인디언에 의해 耕作되어 利用되어지는 것이 17 세기 초 처음 發見된 후 유럽으로 전 파되었는데^{10,14)} 돼지감자가 병충해에 強할 뿐만 아니라 肥沃度가 낮은 토양에서도 比較的 잘 자라고 저장 養分으로 D-fructose polymer 를 形成하는데 관심을 갖고 이를 직접 食糧産業에 응용하거나 간접적으로 여러가지 발효공정에 탄소원으로 利用코자 하는데 研究의 촉진이 주어져 왔다.^{13, 16, 24, 26, 28)}

돼지감자는 같은 屬의 해바라기와는 달리 地上部에 植物學的 種子(Botanical seed)와 地下部에 塊莖(Tuber)을 거의 동시에 形成하는데 이들은 모두 다음 世代를 이어가는 繁殖 器官으로서 意味를 지니

고 있다. 栽培는 보통 塊莖에 의한 영양체 번식을 위주^{4,30,32)}로 하는데, 이미 돼지감자를 栽培한 경우 收穫後 殘存塊莖은 월동이 可能하고 번식력이 매우 높아 除去하기가 매우 어려울 정도이다.^{17,19,22)}

영양체 번식을 위주로 하는 植物에서 植物學的 種子에 의한 實生繁殖는 주로 새로운 遺傳因子 組成을 지닌 營養系(Clone)를 획득하기 위한 植物改良目的의 한 手段으로 利用되어져 왔으며^{18,22)} 그 밖에 植物遺傳資源의 수집 및 保存, 그리고 최근 감자의 경우에서처럼 직접 栽培에 응용되어 實用化된 경우도 보고되어 있다.^{18,29)}

그러나 돼지감자의 영양번식 器官인 塊莖은 高溫에서 저장관리가 不可能하고 實際利用 部位인 씨감자의 種子量이 상당량 必要할 뿐만 아니라 媒介病蟲 및 種薯의 退化問題도 제기된다.

이와 같이 돼지감자가 영양체번식을 위주로 하기 때문에 제기되는 문제점들은 種子에 의한 增殖으로 대부분 해소시킬 수 있을 뿐 아니라 種子에 의한 實

*畜産試驗場(Livestock Experiment Station, Suwon 441-350, Korea)

**서울大學校 農科大學(Coll. of Agri., Seoul Nat'l Univ., Suwon 441-744, Korea) <'89. 9. 28. 接受>

生繁殖은 遺傳素材의 保存과 전파, 새로운 品種의 育成을 위하여 必須의인 것이나 實生繁殖에 關한 기존의 研究는 全無한 상태이다.

따라서 本 研究에서는 Biomass 또는 Fructose生産材로서 돼지감자를 開發 및 改良하기 위하여 기존의 塊莖繁殖 대신 花器에서 착생된 種子들을 發芽시키고 건전한 幼苗와 植物體를 育成하는 方法을 확립코자 하였다.

이를 위하여 國內外에서 수집한 9種 돼지감자의 花器에서 種子를 채취하여 種皮除去方法에 의해 種子休眠을 打破한 後²⁰⁾ 種子로부터 發芽誘導되어 發生한 幼苗의 生育特性을 조사하였으며 最終的으로 種子繁殖에 의한 Biomass 生産性を 塊莖繁殖에 의한 경우와 比較하였다.

研 究 史

1. 幼苗生長特性

休眠種子를 種皮除去 등의 方法에 의해 發芽誘導하여 幼苗를 얻었을 때 이 幼苗의 生長이 비정상적인 경우가 나타난다.

즉, 서양물푸레나무와 단풍에서 子葉이 퍼지지 않는 동안 生育이 정지되는 경우와 Spindle tree에서 發育이 不完全한 줄기가 나타나고 복숭아, Black jetbead에서 절간 伸張이 전혀 이루어지지 않음으로 인해 矮性(Rosette)이 發現되거나 살구에서 地上部生長 둔화와 뒤틀린 葉을 形成하는 등의 경우가 있는데^{9,23)} 이와 같은 幼苗의 비정상적 生育은 胚休眠(Embryo dormancy)의 結果로 보고되어 있다.^{23,31)} 특히 生理的 矮性(Physiological dwarfing) 現象은 遺傳의 原因에 의한 矮性和 區別하기 위해 使用되는 用語로³¹⁾ 여러 서로 다른 植物種에서 비슷한 形態로 나타나고 있는데 子葉이 生長하기는 하지만 下胚軸이 肥大하여 伸張하지 않는 部位를 경계로 조직이 肥大하는 現象이 그 특징으로 보고되어 있다.²³⁾

이와 같은 生理的 矮性現象의 發現은 胚에 存在하는 生長抑制物質에 원인이 있으며 특히 生長促進物質과 생장저해물질의 균형 정도에 따라 生理的 矮性 現象의 發現여부가 결정되어지는 것으로 알려져 있다.^{8,23)}

Come³⁾ 등은 休眠打破期間 중 種子休眠이 소거된 증거로 生理的 저해機構에 의해 야기된 生理的 矮性現象의 소멸을 들고 있으며 이러한 現象은 상호

가역적이기 때문에 休眠이 完全히 타파된 種子에서 發生한 幼苗에서는 生理的 矮性現象이 전혀 發現되지 않는다고 하였다.

따라서 Cox²⁾는 休眠種子의 子葉을 除去함으로써 幼苗에 나타나는 生理的 矮性を 회피할 수 있었음을 보고하였으며 Knowles와 Zalik³⁾도 *Viburnum trilobum*에서 같은 結果를 보고하였다.

Flemion⁹⁾과 Nikolaeva²³⁾는 복숭아에서 胚休眠의 結果 發現된 生理的 矮성이 단일, 저온, 약광상태에서 더욱 뚜렷해지며 種子休眠을 完全히 打破하거나 적절한 日長調節, GA 處理에 의해 生理的 矮성을 극복할 수 있었다고 하였다.

2. 種子 번식에 依한 Biomass 生産

영양체 번식을 위주로 하는 植物에서 植物學的 種子(Botanical seed)에 의한 번식은 새로운 遺傳因子 조성을 지닌 營養系(Clone)를 획득하기 위한 한 手段으로 利用되어 오고 있는데²⁷⁾ 감자에서 Upadhy²⁹⁾는 植物學的 種子의 栽培의 利用의 意義로서 生産費節減, 저장 및 수송의 용이, 種薯의 利用을 들고 있으며, Li와 Shen¹⁸⁾은 토양전염성 병원이나 PTV와 PSTV를 제외한 Virus를 전염시키지 않기 때문에 無病 植物體를 種子로부터 손쉽게 얻을 수 있다고 하였다.

감자의 眞正種子에 의한 栽培는 直播栽培보다 育苗栽培가 收量이 많고 人工交配에 의해 生産된 交雜組合의 種子가 自然結實組合의 경우보다 塊莖生産성이 높으며 塊莖栽培와 比較하여도 收量이 떨어지지 않는다는 사실이 報告되어 있다.¹⁸⁾

돼지감자의 경우 種子에 의한 돼지감자 生産에 關하여 아직 알려진 바 없으나 塊莖으로 播種時 돼지감자의 生育은 系統, 栽培方法에 따라 Biomass 축적 時期와 정도가 다르며^{11, 34, 27)} 특히 地上部 生長과 塊莖의 肥大는 開花反應과 관련이 높다고 報告되어 있다. Stauffer 등²⁷⁾은 系統에 따라 빠른 경우 7월, 늦은 경우 9월 화뢰가 形成되기 시작하며 이때에 地上部로부터 地下部 塊莖으로 炭水化合物의 이동이 이루어져 塊莖이 肥大하며 開花가 약 50%에 이를 때까지 植物體當 塊莖數는 증가하다가 서리가 내려 地上部生長이 完全 정지될 때까지 塊莖의 物質 축적은 계속된다고 하였다.

材料 및 方法

1. 幼苗生長特性 調査

1) 정상生育個體와 비정상生育個體의 出現

1986年 11月 14日부터 1987年 10月 30日까지 30회에 걸쳐 JA 6 種子の 種皮除去方法에 의해 發芽誘導하여 얻어진 幼苗를 5×5×5 cm 담배육묘용 pot에 50個體씩 옮겨 심은 뒤 겨울동안은 室内 또는 溫室에서 나머지 기간은 室外에서 6週 育苗하여 幼苗의 정상個體出現 比率를 조사하였다.

2) 幼苗生長에 미치는 日長의 效果

비정상生育個體의 發現에 관여하는 環境要因을 구명하고자 日長과 온도조절이 가능한 Growth Chamber (Convion, CMP 3023)를 利用, JA 6 種子로부터 種皮除去方法에 의해 얻어진 幼苗를 8, 10, 12, 14時間의 日長과 25/15℃(주간온도/야간온도) 및 15℃/10℃ 온도조건에서 25個體씩 3反復으로 4週 育苗後 각 處理에 따른 幼苗의 草長, 葉數, 下胚軸의 肥大程度를 측정하였다.

또한 JA 6 種子로부터 얻어진 幼苗의 幼苗齡을 1, 10, 15日로 달리하여 각 幼苗齡마다 25℃/15℃(주간온도/야간온도)의 온도條件에서 8時間 日長과 13時間 日長에서 4週 育苗後 草長, 葉數, 下胚軸의 肥大 정도를 아울러 조사하여 돼지감자 種子로부터 發生한 幼苗의 日長과 온도 및 幼苗齡에 따른 生育反應을 조사하였다.

2. 種子번식에 依한 Biomass 生産 調査

1985年 11月 JA 6 외 8品種 種子를 채취하여 1986年 1月 4日 種皮除去方法에 의해 發芽 誘導하여 幼苗를 얻었고 버미큐라이트와 양토를 1:3으로 하여 만든 상토를 채운 5×5×5 cm 담배 育苗 箱子에 각 品種別로 100個體씩 옮겨심어 室内에서 4月 24日까지 育苗한 뒤 70×30 cm 재식밀도로 圃場에 移植하였다. N-P-K(10:10:10 kg/10 a)로 施肥하여 栽培하였으며 4월 26일 동일 品種의 塊莖으로 파종하여 동일한 方法으로 栽培한 경우와 塊莖收量을 比較하였다

結果 및 考察

1. 幼苗生長特性

돼지감자 種子를 種皮除去 또는 低溫濕層 處理하

여 거의 完全한 發芽誘導가 可能하였으므로²⁰⁾ 種子에 의한 實生繁殖의 利用目的上 種子로부터 發生된 幼苗가 生長하여 完全한 정상植物體로 形成되는 지의 여부는 重要하였다.

1) 정상生育個體와 비정상生育個體의 出現

11月 수확하여 室内에서 陰乾한 JA 6 種子를 種皮除去 方法에 의해 發芽誘導한 후 11월 14일부터 이듬해 10월 30일까지 약 10일 간격으로 겨울동안은 온실에서 나머지 기간은 室外에서 6週 育苗하여 生育特性을 관찰한 結果 대체로 3월 10일 以後부터 10월 10일까지는 정상植物體로 자랐으나 나머지 기간동안은 幼苗가 矮性形態를 유지하여 비정상生育個體로 發現되었는데 이 기간동안 葉은 계속 分化하여 葉數는 增加하고 있었지만 節間伸張이 이루어지지 않아 矮性形態를 유지하였고 동시에 下胚軸이 肥大하는 현상이 나타나 정상植物體로 자라지 못하고 있음을 發見하였다.

이러한 現象은 3월 20일 以後 회복되는 植物個體가 出現하기 시작하여 4월 30일 圃場에 移植時에는 대부분 정상 植物體로 회복되었다(Fig. 1).

돼지감자 種子에서 發芽誘導되어 얻어진 幼苗가 矮性 상태를 유지하면서 下胚軸을 肥大시켜 오다가 어느 時期에 정상 植物體로 회복되는 現象은 種子の 休眠狀態와는 상관없이 즉, 種皮除去 方法에 의해 人爲的으로 發芽誘導되어 育苗된 休眠種子로부터 發生된 幼苗에서나 저온습층 處理에 의해 休眠을 완전 소거한 種子로부터 發生된 幼苗에서 동일한 反應을 나타내었다. 따라서 돼지감자 種子로부터 發生된 幼苗의 生長이 정상 또는 비정상 生育으로 發現 여부는 幼苗의 生育時期에 따른 환경 反應으로 추정되었다.

이와같은 幼苗의 生育反應은 연지²¹⁾에서 보고되어 있으며 또한 種子の 胚休眠(Embryo dormancy)

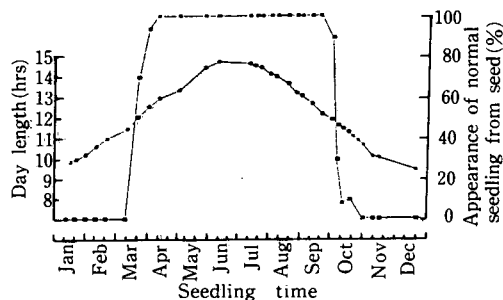


Fig. 1. Appearance of normal seedling from seeds (JA 6) according to seedling time.

時에 나타나는 幼苗의 生育特性도 이와 비슷하다. 즉, 生理的 矮性(Physiological dwarfing) 現象이 복숭아, 사과^{9,23,31)} 등에서 보고되어 있는데 이 경우 生理的 矮性的 發現은 休眠이 完全히 打破된 Intact seed로부터 發生한 幼苗에서 전혀 發現되지 않는다는 보고³⁾에 비추어 볼 때 차이가 있으나 節間伸張이 이루어지지 않아 矮性形態를 유지하고 下胚軸이 肥大하여 非정상적 生育特性을 나타내는 점에서 매우 유사하였다.

2) 幼苗生長에 미치는 日長の 效果

幼苗를 育苗한 시험期間동안 幼苗가 처한 環境要因 중 日長과 온도가 크게 다른 條件下에 있었으므로 種子에서 發生한 幼苗의 生育特性은 日長과 溫度에 따른 反應으로 일단 가정할 수 있었다.

따라서 日長을 8, 10, 12, 14 時間으로 處理하고 各 處理마다 온도條件을 15°C/10°C(주간기온/야간기온) 또는 25°C/15°C로 하여 幼苗의 生育特性을 조사한 결과 12時間 以上の 日長條件에서는 어느 경우나 정상生育을 나타냈으나 日長이 10時間 以下の 경우 幼苗는 節間伸張이 이루어지지 않은 반면 葉은 계속 分化하여 矮性形態를 갖춘 非정상 生育特性을 나타냈다(Table 1) (Photo 1).

또한 동일 日長條件에서 온도處理를 달리하였을 때 15°C/10°C 처리구에서는 葉의 分化速度가 늦어지는 등 生育량이 감소하였으나 矮性形態發現 여부의 차이는 인정되지 않았다. 따라서 돼지감자 種子로부터 發生된 幼苗에서 나타나는 非정상 生育個體의 發現은 JA 6 品種의 경우 12時間 미만의 단일條件에 감응하여 나타나는 現象임을 확인할 수 있었다.

實際 自然狀態에서 돼지감자의 生育은 9월 中旬以後 日長이 12時間 以下가 되는 時期에 開花하였고³⁾ 以後 地上部 生長이 정지하면서 地上部 줄기

Table 1. Appearance of normal seedlings from seeds(JA 6) according to photoperiod and temperature.

| Treatments | | Percentages of normal seedlings |
|-------------------|----------------------------|---------------------------------|
| Photoperiod (hrs) | Temperature (day/night °C) | |
| 8 | 15/10 | 0 |
| | 25/15 | 0 |
| 10 | 15/10 | 7.2 |
| | 25/15 | 0 |
| 12 | 15/10 | 96.3 |
| | 25/15 | 96.8 |
| 14 | 15/10 | 100 |
| | 25/15 | 100 |

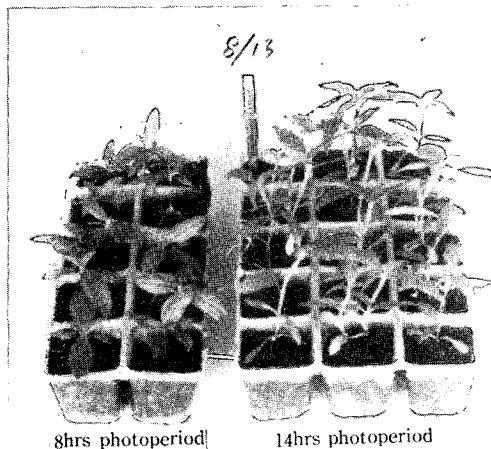


Photo 1. Normal and abnormal seedlings from seed(JA 6) as influenced by photoperiod.

로부터 光合成 産物의 이동에 의해 塊莖의 肥大가 이루어지는 特性¹³⁾에 비추어 볼 때 種子로부터 發生된 幼苗의 경우에서도 이와 유사한 형태의 日長感應과 物質代謝가 이루어지기 때문에 矮性形態를 유지하게 되고 下胚軸이 肥大하여지는 것으로 보였다.

돼지감자 種子로부터 發生된 幼苗의 단일에 대한 感應時期는 幼苗齡과 무관하게 어느 時期에서나 反應하는 것으로 나타났는데 즉, 低溫濕層處理에 의해 休眠打破한 後 發芽시켜 25°C/15°C 溫度條件과 13時間 日長條件에서 1日, 10日, 15日 育苗한 幼苗를 일부는 13時間 日長條件에 두고 일부는 8時間의 日長條件에 두어 다시 4週 育苗한 후 生長特性을 조사한 결과 어느 處理에서나 葉과 마디는 계속 分化하여 4週 후 測定時 葉數와 마디수의 차이를 나타내지 않았으나 8時間 短日處理된 幼苗는 育苗期間동안 節間伸長이 이루어지지 않아 13시간 長日處理된 幼苗에 比하여 矮性形態가 뚜렷이 發現되었다(Fig. 2) (Fig. 3).

또한 13時間 長日處理된 幼苗에서는 下胚軸의 조직肥大가 나타나지 않았는 반면 8時間 短日處理區에서는 下胚軸의 組織肥大가 뚜렷이 관찰되어 8時間 短日處理된 幼苗의 경우에 한하여 幼苗齡과 무관하게 非정상 植物體로 生育되고 있음을 알 수 있었다.

돼지감자 種子에서 發生한 幼苗가 이와같이 단일條件에서 下胚軸이 肥大하는 정도는 8時間 日長條件에서 育苗期間이 증가함에 따라 점차 증가하였으나(Photo 2, A→B) 長日條件으로 전환하였을 경우 肥大는 정지하는 대신 줄기의 伸張이 이루어졌다

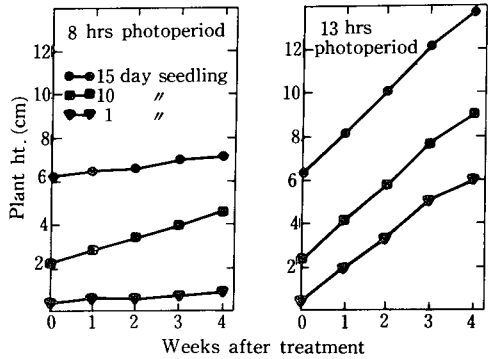


Fig. 2. Effect of photoperiod on plant height of seedlings from seeds (JA 6)

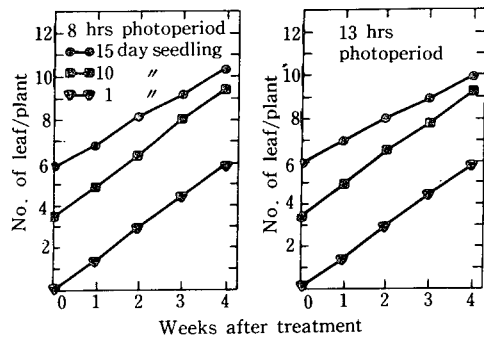


Fig. 3. Effect of photoperiod on leaf number of seedlings from seeds (JA 6).

(Photo 2, C→D).

이와 같은 현상은 地上部로부터 地下部 塊莖으로 光合成産物の 이동이 단일 條件下에서 이루어진다는 結果¹¹⁾에 비추어 돼지감자의 光合成産物の 이동과 축적은 日長條件에 따라 상호 전환될 수 있음을 보여주고 있다.

그러나 種子에서 發生한 幼苗에서 下胚軸이 비대하는 것은 塊莖의 分化가 이루어지기 前에 地上部로부터 地下部로 光合成産物の 이동에 의한 結果로 해석되며 일단 塊莖이 分化된 후의 肥大部位는 塊莖이 될 것으로 추정되었다.

Dickerson⁶⁾은 돼지감자에서 Sink 인 塊莖을 모두 제거하면서 短日條件에 處理한 경우 뿌리가 肥大하고 있음을 보고한 바 있다.

따라서 돼지감자 種子에서 發生한 幼苗로부터 發現되는 비정상 生育個體의 發生을 회피하기 위해서는 JA 6 品種의 경우 12시간 이상의 日長條件에서 育苗할 必要가 있었다. 그러나 일단 단일조건하에서 幼苗의 生長이 비정상적 生育으로 發現되었다 하더라도 生育期間동안 長日條件이 되는 경우, 즉 Table

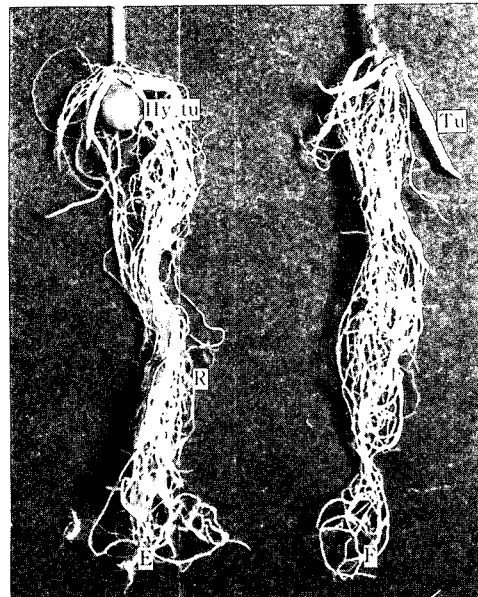


Photo 2. Hypocotyl tubers formed by a jerusalem artichoke plant from seeds.

- A. 8 hrs-photoperiod for 6 weeks
 - B. 8 hrs-photoperiod for 8 weeks
 - C. 8 hrs-photoperiod for 6 weeks and 14hrs daylength for 1 week
 - D. 8 hrs-photoperiod for 6 weeks and 14hrs daylength for 2 weeks
 - E. Plant experienced abnormal stage during tuber formation period
 - F. Plant not experienced abnormal stage during tuber formation period
- Hy.tu : Hypocotyl tuber
 Tu : Tuber
 R : Root

Table 2. Change of growth characteristics of normal and abnormal plants from jerusalem artichoke seeds in field.

| Plant growth | Plant ht. (cm) | | | | No. of leaf/plant | | |
|----------------|----------------|--------|--------|--------|-------------------|--------|--------|
| | May27 | Jun. 9 | Jun.25 | Jul.25 | May27 | Jun. 9 | Jun.25 |
| Normal plant | 12.3 | 13.8 | 34.0 | 83.3 | 9.7 | 12.3 | 19.8 |
| Abnormal plant | 3.4 | 5.9 | 21.9 | 66.9 | 10.2 | 12.2 | 16.9 |
| LSD. 05 | 1.6 | 2.2 | 3.5 | 12.3 | 1.6 | 1.8 | 3.9 |



Photo 3. Normal and abnormal plants from seeds in field.

2와 Photo 3에서 草長이 점차 회복되며 7월 25일에 이르러서는 정상 生育個體의 生育과 큰 차이가 없었다. 실제 돼지감자 種子에 의한 實生繁殖時 Biomass 生産을 위한 目的이 아닌 경우 幼苗의 단일에 대한 비정상적 生育特性은 우리나라에서 돼지감자 生育時期 및 期間의 日長條件에 비추어 큰 문제점은 되지 않는 것으로 보였다.

2. 種子繁殖에 의한 Biomass 生産

돼지감자를 塊莖으로 播種하는 경우 씨감자에는 4~5개의 눈이 있으며 이로부터 3~4개의 主幹이 形成되는데 비해 種子로부터 發生한 植物體의 主幹은 오직 1개로 돼지감자 栽培時 적정 密度를 유지하기 위해 主幹을 1~2개만 남겨두고 나머지를 솎아주어야 한다고 보고²⁵⁾에 비추어 種子에서 發生한 植物體가 塊莖生産에 보다 有利할 것으로 기대하였다.

또한 育苗移植 栽培하는 경우 圃場狀態에서 이미 光合成을 충분히 수행할 수 있는 상태에서 生育을 始作할 것임으로 塊莖으로 파종하는 경우보다 初期 生育이 旺盛하여 實生繁殖에 의한 育苗移植 栽培時 보다 많은 Biomass 축적을 기대하였다.

實生繁殖에 의한 Biomass 生産性を 塊莖으로 파종한 경우와 比較하기 위하여 Mammoth French White 외 8種 돼지감자 種子를 種皮除去 方法에 의해 發芽誘導하여 幼苗를 얻었으며 50일 育苗後

4월 24일과 5월 18일 圃場에 移植하였다.

種子의 發芽誘導後 育苗移植 栽培時 최종 평균 塊莖收量은 3.51 ton/10 a 으로 塊莖으로 播種時 3.02 ton/10 a에 비해 오히려 많았으며 어느 品種에서도 적은 경우가 나타나지 않았다. 따라서 種子繁殖에 의한 돼지감자 生産은 충분히 可能하였다(Table 3).

그러나 移植이 너무 늦거나 種子의 直接播種 또는 品種에 따라 비정상 生育特性이 늦게까지 유지되는 경우에 塊莖生産은 塊莖播種에 의한 塊莖收量에 훨씬 미달하였으므로 돼지감자 實生繁殖에 의한 栽培時 育苗 및 早期移植이 有利한 것으로 나타났다.

한편 돼지감자는 他殖性 植物이고¹⁾ 他殖의 結果 形成된 種子의 유전조성은 塊莖의 영양체가 지니고 있는 유전조성과 다르며 따라서 種子에서 發生한 植物個體集團으로부터 後代分離가 기대된다.

만약 後代分離되는 植物個體로부터 우수形質을 지닌 영양체를 선발할 수 있다면 營養繁殖에 의해 우수形質을 유지하는 系統 또는 品種을 育成할 수 있을 것이다.

따라서 돼지감자 實生繁殖에 의한 植物體의 後代分離 정도와 우수形質을 지닌 영양체의 선발에 관해서는 보다 정밀한 形質特性 調査와 方法이 보완되고 시도되어야 할 것이다.

Table 3. Mean biomass(F.W. t/10a) of tubers by seed and tuber propagation.

| Propagation | Treatments | M.F.W.* | D-19 | JA 6 | K-8 | JA13 | V.D.R.** | Medius | Nahodka | Fuseau60 |
|-------------|--|---------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|---------|----------|
| Seeds | Transplanting on Apr. 24 | 3.12 a | 3.55 a | 2.69 a | 4.17 a | 4.77 a | 2.17 a | 3.55 a | 3.99 a | 3.04 a |
| | Transplanting on May. 18. | 2.60 b | 2.37 b | 3.02 a | 3.37 b | 2.27 c | 2.35 a | 2.12 b | 2.03 b | 2.42 b |
| | Direct sown on Apr. 24 | 1.24 c | 1.02 c | 1.65 c | 2.77 c | 1.74 c | 1.34 b | 1.28 c | 1.98 b | 1.06 c |
| | Plant experienced Physiological dwarfing breeding. | - | 1.82 | 2.03 | - | 2.48 | - | 1.75 | - | - |
| Tubers | Planting on Apr. 24 | 3.08 a | 3.24 a | 2.31 b | 3.22 b | 3.50 b | 2.10 a | 3.41 a | 3.18 a | 3.11 a |

Note : Means within rows followed by a same letter were not significantly different at 5% level according to Duncan's multiple range test.

*Mammoth French White

**Violet de Rennes

綜 合 考 察

영양체 繁殖을 위주로 하는 植物體에서 植物育種은 種子에 의한 實生繁殖을 기초로 하고 있다. 자연 상태에서 쉽게 種자를 맺지 않는 고구마, 마늘, 토란 등의 예에서 처럼 人爲의 方法에 의해 植物學的 種자를 얻은 以後에야 비로소 改良이 可能해지는 것이 一般적이다.

또한 實生 繁殖은 遺傳素材를 수집 및 保存하는데 장점이 있으며^{22,29)} 實際 栽培에 利用되는 경우도 있어²⁹⁾ 飼料 또는 Fructose 生産作物인 돼지감자를 번식시키기 위하여 기존의 塊莖繁殖 대신 花器에서 착생된 種子들을 發芽시키고 건전한 幼苗와 植物體를 育成하는 方法을 확립하고자 하였다.

돼지감자 種자는 生育期間이 짧은 지역에서는 開花하지 않아 種자를 얻을 수 없음이 알려져 있고¹⁵⁾ 開花하는 지역에서도 種子 임실율이 10% 미만으로 보고되어 있다.¹⁰⁾

이와 같이 種子임실율이 낮은 원인은 아직 확실치 밝혀진 바 없으나 Cross Pollination이 이루어지는 條件下에서 種자가 맺는다는 보고^{5,7,20)} 와 단일 Clone으로부터 分化되었기 때문인 것으로 추정되고 있는데¹⁰⁾ 돼지감자 種자의 利用目的上 種자의 낮은 임실율의 원인은 앞으로 정확히 밝혀져야 할 것이다.

種子에서 發生한 植物個體는 育苗環境 條件¹²⁾ 또는 胚休眠의 結果 비정상적 生育特性을 나타내 生理的 矮性(Physiological dwarfing)이 發現되는 경우가 보고되어 있는데^{23,31)} 胚休眠의 경우 發現되는 生理的 矮성은 Intact seed로부터 發現되는 경

우가 없는 것으로 알려져 있다.³⁾ 돼지감자의 경우 種자의 休眠과 무관하게 種子에서 發生한 幼苗에서 葉은 계속 분화되었지만 節間伸張이 이루어지지 않아 矮性形態를 유지하면서 동시에 下胚軸을 肥大시켜 完全한 정상 植物體로 자라지 못하는 경우가 發現되었다.

이와 같이 돼지감자 種子에서 發生한 幼苗의 비정상적 生育은 JA 6 品種의 경우 12時間 미만의 短日條件에 感應하여 나타나는 現象임을 확인하였다. 實際 自然狀態에서 돼지감자는 日長이 12時間 以下가 되는 時期에 開花하고³⁰⁾ 동시에 節間伸張이 정지하면서 塊莖으로 Sink의 전환이 이루어지고 따라서 塊莖肥大가 이루어진다는 보고¹¹⁾에 비추어 볼 때 種子에서 發生한 幼苗의 경우에도 이와 유사한 形態의 日長反應과 物質代謝가 이루어지기 때문에 矮성을 유지하고 下胚軸이 肥大하는 生育特性을 나타내는 것으로 추정되었다.

따라서 돼지감자 種子에서 發生한 幼苗에서 發現되는 幼苗의 비정상적 생육을 회피하기 위해서는 JA 6 品種의 경우 12시간 이상의 日長條件이 되는 시기에 育苗할 必要가 있었으나 일단 短日條件에서 幼苗의 비정상적 生育이 發現되었다 하더라도 長日條件으로 變化하면 회복되어 정상 植物體化 하였기 때문에 種子에 의한 돼지감자 實生繁殖時 幼苗의 비정상적 生育特性은 돼지감자 生育期間의 日長條件에 비추어 큰 문제점은 되지 않을 것으로 판단되었다.

種子에서 發生한 幼苗는 돼지감자 栽培期間 동안 어느 경우에도 완전한 정상 식물체로 자랄 수 있었으며 塊莖繁殖에 의해 發生된 식물개체와 차이없이 生物量(Biomass)을 측정할 수 있음을 확인하였다.

그러나 種子에 의한 直接播種이나 너무 늦게 移植하는 경우 축적된 塊莖 Biomass는 塊莖繁殖에 의한 塊莖 Biomass에 훨씬 미달하였으므로 實生繁殖에 의한 돼지감자 栽培時 育苗 및 早期移植이 바람직하였다.

摘 要

돼지감자의 塊莖繁殖 대신 種子繁殖에 의해서 건전한 幼苗와 植物體를 育成함으로써 돼지감자 遺傳素材의 수집과 保存 및 改良에 種子繁殖을 利用하고자 하였다. 이를 위하여 國內外에서 수집한 9種 (Mammoth French White, D-19, JA 6, K-8, JA 13, Violet de Renne, Medius, Nahodka, Fuseau 60) 돼지감자 花器에서 種子를 채취하여 種皮除去 方法에 의해 種子休眠을 打破한 후 種子로부터 發芽誘導되어 發生한 幼苗의 生育特性을 조사하였으며 최종적으로 種子繁殖에 의한 바이오매스 生産性を 塊莖繁殖에 의한 경우와 比較하여 다음의 結果를 얻었다.

1. 돼지감자 休眠種子是 種皮除去方法에 의해 完全한 發芽誘導가 可能하였다.
2. 種子에서 發生한 幼苗는 矮性形態를 유지하며 동시에 下胚軸을 肥大시켜 生理的 矮性 (physiological dwarfing)의 特性으로 發現되는 경우가 겨울동안 溫室에서 育苗한 경우에 限하여 나타났다.
3. 種子에서 發生한 幼苗의 生理的 矮성은 JA 6 品種의 경우 幼苗齡과 無關하게 12時間 미만의 短日に 感應하여 나타난 結果이었다.
4. 일단 發現된 幼苗의 生理的 矮성은 生育期間 동안 日長이 增加함에 따라 정상 植物體로 회복되었다.
5. 種子繁殖에 의한 育苗移植 栽培時 塊莖收量은 3.51 ton/10 a으로 塊莖繁殖에 의한 경우 3.02 ton/10 a에 比較하여 오히려 많았다.
6. 種子를 直接播種하였을 때 塊莖收量은 塊莖繁殖에 의한 경우의 52%에 불과하였다.

引 用 文 獻

1. Allard, R.W. (1960). Principles of plant breeding. Jhon Wiley & Sons, Inc.
2. Cox, L.G. (1942). A physiological study of embryo dormancy in the seed of native hardwood and Iris. p.H. D Dissertation,

Cornell University, Ithaca, New York.

3. Daniel Come and Claudine Thevenot (1982). Environmental control of embryo dormancy and germination. In the physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination. A.A. Khan edit. Elsevier Biomedical press pp.272-298.
4. David A. Wall, Ferdinand A. Kiehn, and George H. Friesen (1986). Control of jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) in Barley (*Hordeum vulgare*). Weed Sci. 34 : 761-764.
5. Denison, E. (1969). The jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) Missouri Bot. Garden Bull. 57(4) : 4-6.
6. Dickerson, A.G. and J. Edelman (1966). The metabolism of fructose polymers in plants. VI. Transfructosylation in living tissue of *Helianthus tuberosus* L. J. Exp. Bot. 17 : 612-619.
7. Donald L. Wyse, Frank L. Young, and Robert J. Jones (1986). Influence of jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) density and duration of interference on soybean (*Glycine max*) growth and yield. Weed Sci. 34 : 243-247.
8. Dov koller (1972). Environmental control of seed germination. In Seed biology. T. T. Kozlowski edit. Academic press p.31.
9. Flemion, F. (1959). Effects of temperature, light and gibberellic acid on stem elongation and leaf development in physiologically dwarfed seedlings of peach and Rhodotypes. Contrib. Boyce Thompson Inst. 20, 57-70.
10. Jeiser Jr, C.B. (1976). Sunflowers. In evolution of crop plants. N. W. Simmonds edit. p.37. Longman(London and Newyork), Press.
11. Incoll, L.D. and T.F. Neales (1970). The stem as a temporary sink before tuberization in *Helianthus tuberosus* L. J. Exp. Bot. 21(67) : 469-476.
12. Karl, C.H. and M.L. Elbert (1939). Localization of photoperiodic perception in *Helianthus tuberosus* L. Bot. Gaz. 101 : 81-89.
13. Kosaric, N., A. Wiczorek, G.P. Cosention and Z. Duvnjak (1985). Industrial processing

- and products from the jerusalem artichoke. Advances in biochemical engineering, Spring Velag.
14. Kosaric, N., G.P. Cosentiono, A. Wieczorek and Z.Duvnjak (1984). The jerusalem artichoke as an agricultural crop. Biomass 5 : 1-36.
 15. Le Cohec, F (1985). Les possibilites de production de grains de Topinambour (*Helianthus tuberosus* L.). Abstracts of 1st international conference on jerusalem artichoke and other bioenergy resources. Jun. 26-28, 1985, Korea.
 16. Lee, C.C. (1978). Jerusalem artichoke A potential solar crop for food and energy supplies. Ms thesis, Kansas State University.
 17. Lim, K.B. and H.J. Lee (1983). Biomass production and cultivation of jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) as an energy crop. Seoul National University, College of Agri. Bull. 8(1) : 91-101.
 18. Li, C.H. and C.P. Shen (1979). Production of marketable and seed potatoes from botanical seed in the people's republic of China. In production of potatoes from true seed, Report of planning conference on the production of potatoes from true seed held at Manila, Philippines Sep. 13-15, 1979. pp.21-28.
 19. Lim, K.B. and H.J. Lee (1983). Effects of planting date and cutting management of jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) J. Korean Grassl. Sci. 4(2) : 147-151.
 20. Lim, K.B. (1988). Studies on germination of seed and growth characteristics of seedling in jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) p.H.D thesis, Seoul Nat'l Univ.
 21. Mayfield, L. (1974). The jerusalem artichoke. Horticulture 52 : 53-56.
 22. Mendoza, H.A. (1984). Selection of uniform progenies to use TPS in commercial potato production. In innovative methods for propagating potatoes, Report of the XXIII planning Conference, Dec. 10-14, 1984 Lima, Peru. pp.5-16.
 23. Nikolaeva, M.G. (1980). Factors controlling the seed dormancy pattern. In the physiology and biochemistry of seed dormancy and germination. A.A. Kahn edit. North-Holland publishing company. pp.51-74.
 24. Sharon E. Fleming and Jan W.D. Groot Wassink (1979). Preparation of high-fructose syrup from the tubers of the jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). CRC critical reviews in food science and nutrition, Nov. 1979, pp.1-28.
 25. Sebert, E. (1974). Getting started with the jerusalem artichoke. Org. Gard. and Farm. 21(4) : 66.
 26. Stauffer, M.D. (1980). Developing the technical capability for separating and utilizing inulin and protein fractions from jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers.
 27. Stauffer, M.D., Chubey, B.B. and Dorrell, D.G. (1981). Growth yield and compositional characteristics of jerusalem artichoke as they relate to biomass production. In : Fuels from biomass and wastes. D.L. Klass and G.H. Emert edit. Ann Arber Science publishers Inc. p.79.
 28. Underkofler, L.A., W.K. Mepheron and Ellis I. Fulmer (1937). Alcoholic fermentation of jerusalem artichokes. Industrial and engineering chemistry Vol. 29 pp.1160-1164.
 29. Upadhy, M.D. (1979). Potential for potato production from true seed under developing country conditions. In production of potatoes from true seed, Report of planning conference on the production of potatoes from true seed held at Manila-philippines Sep. 13-15, 1979. pp.12-20.
 30. Vanstone, D.E. and B.B. Chubey (1978). Herbicides for control of volunteer jersalem artichoke. Can. J. Plant Sci. 58 : 571-572.
 31. Villiers, T.A. (1972). Seed dormancy. In seed biology. T.T. Kozlowski edit. Academic press. pp.219-281.
 32. Wyse, C.L. and L. Wilfahet (1982). Today's weed : Jerusalem artichoke. Weeds Today 13(1) : 14-16.
 33. Zimmerman (1973). Effect of photoperiod and temperature on rosette habit in safflower. Crop Sci. 13 : 80-81.