

Birdsfoot Trefoil과 Red Clover의 圃場出現率 豫測을 위한 몇가지 Stress 檢定法 比較

金碩鉉. 崔震龍. 鄭珉洪. 韓徑浩*

Comparision of Combined Stress Tests for Predicting Field Emergence of *Lotus corniculatus* and *Trifolium pratense*

Seok Hyeon Kim, Zhin Ryong Choe, Min Hong Chung, and Kyeong Ho Han*

ABSTRACT : The purpose of this study was to compare the test methods for predicting field emergence of *Lotus corniculatus* and *Trifolium pratense*. Four seed lots of two herbage legumes were controlled deteriorated, accelerated aged before germination test and conductivity of each seed lot was determined. Those germination percent and conductivity of seed lots were compared with actual field emergence rate. Field emergence rate could be estimated by the controlled deterioration test ($R^2=0.687$), by the accelerated aging test ($R^2=0.260$), and by the conductivity test ($R^2=0.238$). A multiple regression equation for predicting field emergence rate(\hat{Y}) was estimated as

$$\hat{Y} = -198.16 + 2.3493X_1 - 1.5564X_2 + 1.9812X_3$$

where X_1 , percent germination of controlled deterioration test; X_2 , percent germination of accelerated aging test; and X_3 , conductivity of solute leakage in the conductivity test. Conclusively, unless multiple tests are not available, the controlled deterioration test was comparatively high efficient for predicting field emergence rate, however, the combined measurements of those three tests can enhance the efficiency.

종자의 가치는 포장에 파종된 후 얼마만큼 건전한 立苗가 되는가에 따라 결정되므로 立苗能力을 예측할 수 있다는 것은 種子生産者나 使用者 모두에게 매우 중요하다. 즉, 種子生産者는 生産過程 및 貯藏의 어느 단계가 이 立苗能力에 영향을 미치는가를 미리 感知함으로써 종자의 품질을 높일수 있고 使用者는 종자의 所要量, 立苗의 均一性 및 安定性에 대한 情報를 얻을수 있기 때문이다.

현재까지는 발아시험에 의한 결과로써 종자의 가치를 표시하여 왔다. 그런데 標準發芽檢査는 最適 發芽條件에서 실시하므로 포장조건이 최적에 가까울 때에는 그 결과가 圃場出現과 잘 맞는 반면, 圃場條件이 최적에 미치지 못할 때에는 圃場出現보다 誇大 評價된다. 그러므로, 광범위한 圃場條件에서 圃場出現을 보다 더 정확하게 豫測하기 위해서는 다른 방법이 강구되어야 한다.

* 慶尙大學校 農科大學 農學科(Dept. of Agronomy, College of Agriculture, Gyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea)

<접수일자 : '92. 4. 21>

歐美各國에서는 일찍부터 作物別로 適合한 種子勢 評價方法에 대한 研究가 多樣하게 繼續되어 왔으며 옥수수, 大豆와 몇가지 菜蔬作物에서는 상당한 研究성과를 거두고 있다. 그러나 荳科牧草에서는 아직 일반적으로 適用할 수 있는 標準화된 方法은 없는 실정이다.

우리나라에서는 主要作物의 品種改良에는 많은 노력을 하여 왔지만 종자의 品質評價上 主要事項인 種子勢에 대하여는 概念定立은 물론 評價方法도 아직 植物學的인 發芽率을 基準으로 하여 나타내고 있을 뿐이다. 種子價値의 低下 또는 種子勢의 弱화는 種子生産過程의 環境뿐 아니라 收穫後의 貯藏環境 특히 溫度와 濕度の 影響을 크게 받는다. 일반적으로 高溫多濕은 種子勢를 크게 低下시키므로 이러한 條件을 人爲的으로 調節하여 人工老化시키면 種子勢의 差異를 短時間內에 正確하게 評價할 수 있을 뿐만아니라 圃場出現率을 어느정도 豫測할 수 있을 것이다.

따라서 本 研究는 荳科牧草 두 草種 Lotus와 Red clover 종자를 재료로 하여 스트레스 검정방법으로 老化시켜 실험실에서 측정한 種子勢를 圃場出現率의 결과와 비교함으로써 圃場出現率 豫測을 위한 效果的인 方法을 究明하고자 실시하였다.

材料 및 方法

供試種자는 우루과이 AGROSAN에서 分讓받은 Lotus와 Red clover의 2草種 각 4 종류가 사용되었다. 供試된 種자는 表1에서와 같이 2草種으로써 試驗에 사용되기 전에 5℃에서 1개월 정도 저장되었다.

圃場出現率 豫測을 위하여 退化調節檢定法(controlled deterioration test, CD), 人爲老化檢定法(accelerated aging test, AA)과 電氣傳導度檢定

Table 1. Initial moisture content of seeds obtained from 4 seed lots in two species.

| <i>Lotus corniculatus</i> | <i>Trifolium pratense</i> |
|----------------------------------|----------------------------------|
| % | % |
| Lot No. 1 (L ₁) 14.6 | Lot No. 1 (T ₁) 11.1 |
| Lot No. 2 (L ₂) 12.1 | Lot No. 2 (T ₂) 12.3 |
| Lot No. 3 (L ₃) 12.5 | Lot No. 3 (T ₃) 13.2 |
| Lot No. 4 (L ₄) 13.5 | Lot No. 4 (T ₄) 10.7 |

法(conductivity test, Cond.)을 實施하였는데 그 구체적인 試驗方法은 다음과 같다.

1. 退化調節檢定法

退化調節前에 종자의 수분함량을 16%로 조절하기 위하여 試驗前 水分含量이 각기 다른 종자 0.5g씩을 water foil sealable packet에 넣고 아래 공식에 의거하여 수분을 添加한후 24시간 동안 10℃의 저온에서 종자수분 함량을 동일하게 조절시켰다. 16%수분함량으로 조절된 종자를 packet채로 45℃의 항온수조에 담가 24시간 동안 退化處理시켰다.

$$V = \left[\frac{100 - A}{100 - B} \times W \right] - W$$

여기서,

A : initial MC

B : desired MC

W : weight of seed

V : volume of water added

人爲退化調節된 種자를 20℃로 조절된 코펜하겐발아상(Copenhagen Seed Testing Bath, FH 60)에서 Lotus는 12일간, Red clover는 10일간 발아시켜 發芽率을 조사하였다.

2. 人爲老化檢定法

供試種자를 'wire mesh tray 방법⁴⁾으로 0.5g씩 4 반복하여 증류수 80ml가 들어있는 11.0×11.0×3.5cm 크기의 plastic sandwich box내에 증류수와 종자를 30mm정도 높이를 두고 10.0×10.0×3.0cm크기의 copper wire-mesh tray상에 종자를 單層으로 깔고 두껍을 완전히 密閉시킨 다음 40℃의 항온기에 48시간 退化시켰다.

退化시킨 종자를 1%의 sodium hypochloride 溶液에 5분간 浸漬후 水洗시켜 병원균을 消毒하였다. 그리고 室溫에서 종자를 신문지상에 고루 퍼서 종자수분함량이 12~14%가 될때까지, 陰乾시킨 다음 건조된 종자를 20℃로 조절된 발아상에서 退化調節檢定法에서의 發芽方法과 동일하게 코펜하겐발아상을 이용하여 Lotus는 12일간, Red clover는 10일간 발아시켜 發芽率을 조사하였다.

3. 電氣傳導度檢定法

供試種子 0.5g을 비커에 deionized water 100ml와 함께 넣어 은박지를 덮은 다음 20℃의 항온기내에서 24시간 糖의 浸出을 誘導하였다. 24시간 浸出된 浸出液의 電氣抵抗을 電氣傳導度計 (Conductance Bridge, YSI 31A)를 이용하여 可溶性糖의 含量을 조사하였다. 그 값은 micro siemens /gram of seed로 換算하였다.

4. 圃場檢査

실험실에서 실시한 2가지 發芽成績과 電氣傳導度 檢定結果를 圃場出現率과 比較하기 위하여 1990년 10월 19일 100粒 4反覆으로 播種하였으며, 覆土는 10mm로 하고 種子間隔은 30mm로 均一하게 하였다. 出現率의 調査는 처음 發芽한 날로부터 더 이상의 새로운 出現苗가 없을때 까지 幼植物體 數로써 調査 하였다. 2(草種)×4(seed lots) 要因試驗을 亂塊法 4反覆으로 配置하였다.

結 果

各 處理 중자의 發芽率, 電氣傳導도와 圃場出現率은 표2에서와 같다. 草種間 CD에서나 AA에서 모두 Red clover는 Lotus 보다 發芽率이 높으며 圃場出現率도 높게 나타났다. 한편 電氣傳導도에 있어서는 草種間에 큰 차이를 보이지 않았다.

그런데 硬實種자의 비율은 Lotus가 Red clover 보다 약간 높았으나 전체 發芽率에는 크게 영향을 미치지 못한 것으로 보여진다. 시험방법에 따른 硬實중자의 비율은 CD에서 보다 AA에서 높게 나타났다. 그 差는 Red clover에서 크게 나타났다. Lotus의 AA시험에서 Lot #3과 Red clover의 Lot #2에서 硬實種子 비율이 각각 12.7%와 13.5%로 높게 나타났다.

Seed lot간의 發芽率을 比較하여 보면 Lotus에서는 Lot #3과 #4가 Lot #1과 #2보다 CD, AA시험에서의 發芽率과 圃場出現率이 동시에 높게 나타났으며 電氣傳導度값은 낮게 나타났다.

Table 2. Germination percent, hard seed rate, conductivity and field emergence of different seed lots under the different stress tests.

| Seed lot | Controlled deterioration test | | Accelerated aging test | | Conductivity (μs /gram seed) | Field emergence rate(%) |
|------------------------------------|-------------------------------|---------------|------------------------|---------------|------------------------------------------|-------------------------|
| | Germination (%) | Hard seed (%) | Germination (%) | Hard seed (%) | | |
| L ₁ | 25.0 | 5.5 | 37.5 | 6.8 | 115.5 | 29.3 |
| L ₂ | 44.7 | 6.3 | 55.0 | 6.0 | 110.2 | 40.0 |
| L ₃ | 56.5 | 7.3 | 50.2 | 12.7 | 100.5 | 59.8 |
| L ₄ | 62.7 | 4.5 | 52.7 | 5.5 | 95.5 | 54.0 |
| mean | 47.2 | 5.9 | 48.9 | 7.8 | 105.4 | 45.8 |
| T ₁ | 74.0 | 0.5 | 81.0 | 1.5 | 104.2 | 57.5 |
| T ₂ | 56.5 | 2.5 | 68.7 | 13.5 | 113.2 | 53.0 |
| T ₃ | 77.5 | 0.8 | 79.0 | 6.0 | 103.2 | 62.2 |
| T ₄ | 68.0 | 2.5 | 79.2 | 2.0 | 107.0 | 50.7 |
| mean | 69.0 | 1.6 | 77.0 | 5.8 | 106.9 | 55.9 |
| LSD. 05 for seed lots in Lotus | | | | | | |
| | 9.75 | 4.09 | 14.10 | 6.10 | 6.74 | 15.88 |
| LSD. 05 for seed lots in Trifolium | | | | | | |
| | 13.97 | 2.37 | 9.64 | 5.31 | 4.73 | 14.17 |
| LSD. 05 for plant species | | | | | | |
| | 6.74 | 2.88 | 3.88 | 2.69 | 1.56 | 11.82 |

Red clover에서는 Lot #3이 다른 seed lot 에서 보다 CD, AA시험에서의 發芽率과 圃場出現率이 동시에 높게 나타났으며 電氣傳導度값은 낮게 나타났다.

3가지 실험실상의 검정결과와 圃場出現率에서의 결과는 표2에서 보는 바와 같이 약간의 硬實種子가 있기는 하여도 CD 검정방법이 荳科牧草 종자의 圃場出現率 豫測에 가장 效果的인 方法임을 알 수 있다.

실험실상 시험결과와 圃場出現率과의 관계는 표 3에서 보는바와 같이 Lotus에서는 CD ($r=0.838^{**}$)와 電氣傳導度 ($r=-0.647^{**}$)시험 방법에서 高度의 有意性이 인정되었고, Red clover에서는 어느방법에서나 有意性이 인정되지 않았다.

Table 3. Simple correlation coefficients between observed measurements in each stress test and field emergence rate of *Lotus corniculatus* and *Trifolium pratense*.

| Stress test | Field emergence rate | |
|--------------------------|----------------------|----------------------|
| | Lotus | Trifolium |
| Controlled deterioration | 0.838 ^{***} | 0.370 ^{NS} |
| Accelerated aging | 0.399 ^{NS} | 0.219 ^{NS} |
| Conductivity | -0.647 ^{**} | -0.390 ^{NS} |

NS, not significant; **, significant at the 1% level of probability; ***, significant at the 1% level of probability.

Table 4. Mean squares on various measurements as affected by seed lot (A), plant species (B) and their interaction (A × B) in the different stress tests. Germination percent was measured in controlled deterioration and accelerated aging test, and conductivity (μ s/gram seed) was checked in the conductivity test.

| Sources of variance | Controlled deterioration | Accelerated aging | Conductivity | Field emergence |
|---------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| Block | 6.917 ^{NS} | 15.875 ^{NS} | 20.708 ^{NS} | 17.792 ^{NS} |
| Seed lot (A) | 698.583 ^{***} | 71.875 ^{NS} | 233.375 ^{**} | 480.375 ^{**} |
| Species (B) | 3784.500 ^{***} | 6328.125 ^{***} | 18.000 ^{NS} | 820.125 ^{**} |
| A × B | 743.583 ^{***} | 297.375 [*] | 177.583 ^{***} | 382.542 [*] |
| Error | 37.646 | 60.479 | 7.521 | 85.354 |

^{NS}, not significant; *, significant at the 5% level of probability; **, significant at the 1% level of probability; ***, significant at the 0.1% level of probability.

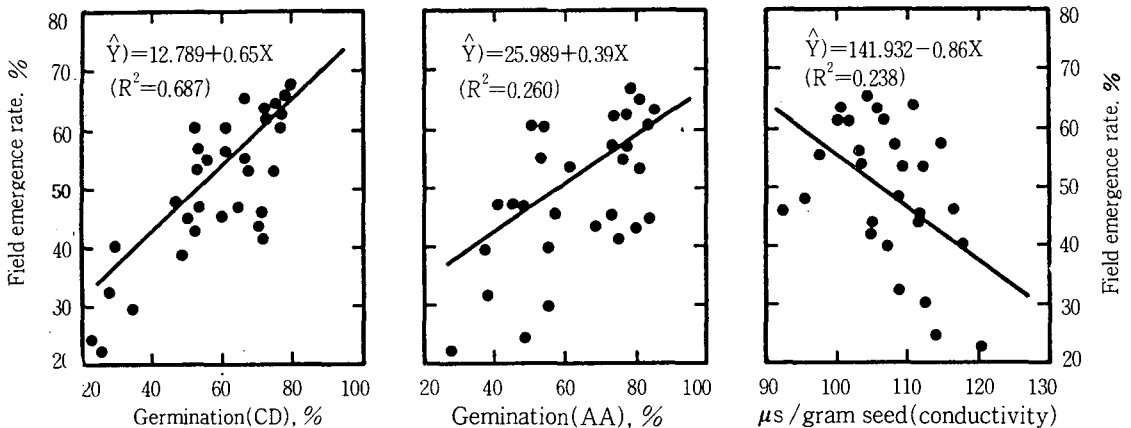


Fig. 1. Relationship between field emergence rate and % germination in each stress test and conductivity test for two herbage legume seeds.

草種間, seed lot間, 이들의 상호관계에 대한 4 가지 시험에서의 分散分析 결과는 표4에서 보는바와 같다. 반복간에는 유의차가 인정되지 않았다. AA시험에서의 seed lot간과 Cond. 시험에서의 두草種간을 제외한 모든 시험방법에서의 seed lot간, 두草種간에서 유의차가 인정되었다.

그림 1에서 보는 바와 같이 포장출현율을 예측하기 위한 방법으로서 AA시험에서의 발아율이나 Conductivity시험에서의 전도율로서는 효율이 떨어졌으나 CD시험에서의 발아율은 $R^2=0.687$ 로써 비교적 효율이 높았다. 그러나 이러한 세가지 검정법은 실험실에서 행하여 질수 있다고 볼때 이들 세가지 방법을 모두 사용하여 보다 효율적으로 포장출현율을 예측($R^2=0.916$) 예측 할수 있으며 이들 세가지 실험실상의 검정결과와 圃場出現率과의 관계를 알기위한 多重回歸方程式을 구해본 결과,

$\hat{Y} = -198.16 + 2.3493X_1 - 1.5564X_2 + 1.9812X_3$ ($R^2=0.916$)로 나타낼수 있었으며 여기서 X_1 , 退化調節檢定; X_2 , 人爲老化檢定; X_3 , 電氣傳導度檢定임.

考 察

종자세는 발아 및 出現過程中에 나타나는 活性과 立苗能力의 종합적인 표현이며 老衰가 진행됨에 따라 발아력을 잃기 前까지 보이는 生理的, 生化學的 혹은 形態的인 모든 현상이 종자세 평가대상이 될수 있기 때문에 그 측정방법 및 표현방법도 다양하다. 지금까지는 주로 종자크기^{6,14,16,18,24,27}, 발아율^{2,5,8,13,20,30,33}, 발아속도^{9,27}, 苗의 出現力^{26,30} 및 立苗能力^{5,11,13,19,20,26,32,34}으로 평가하였으며 아울러 종자의 代謝活動^{1,3,12,19}, 酵素活性^{8,19}, 呼吸^{7,9,23,28,29} 및 原形質膜의 透過性^{15,25,31} 등 다각적인 측면에서 검토되어 왔다.

종자세는 종자생산 과정의 환경뿐 아니라 수확후의 저장환경 특히 溫度와 濕度の 영향을 크게 받으며, 일반적으로 高溫多濕은 종자세를 크게 저하시키는 물론 圃場出現率을 감소시키는 주요한 요인이 되므로 이러한 조건을 인위적으로 조절하여 종자를 老化시켜 종자세의 차이를 圃場出現率과 비교하면 短時間內에 정확하게 예측 할수 있을 것이다.

종자세의 低下는 種子老衰의 결과이므로 De-louche와 Baskin¹⁰ 및 Matthews²¹는 종자를 인

위적으로 老化처리 하면 자연상태에서의 老衰期間을 대폭 단축 시킬수 있다고 하였다. Heydecker¹⁷는 老化處理前과 後의 발아율의 차이로 종자세를 비교할 수 있다고 하였는데 본 시험에서도 CD처리에서 종자수분함량을 16%로 조절하여 45℃에서 24시간 老化處理함으로써 비교적 짧은 시간내에 종자발아 양상의 변이를 쉽게 파악할 수 있었으므로 이와같은 老化處理로 종자세의 비교는 물론 圃場出現率의 豫測이 가능하다고 생각된다.

種子老衰에 따른 原形質膜과 核酸의 損傷 및 酵素의 活性低下에 根據를 둔 AA방법도 어느정도 圃場出現率 豫測方法으로 평가가 가능하나 종자가 발아력을 喪失한 후에도 增減을 보이기 때문에 정확한 표현은 어렵다고 본다.

Powell과 Matthews²⁶는 電氣傳導度값으로 완두의 종자세 평가가 가능하다고 하였는데 본 시험에서도 電氣傳導度가 높을수록 CD, AA처리의 發芽率이 低下하여 기존보고^{1,19,22,31}와 일치하는 결과였으며, Lotus에서 浸出物의 電氣傳導도와 圃場出現率과의 相關은 5%수준에서 有意差가 인정되었다. 따라서 生化學的인 방법에 의하여 종자세의 상대적인 비교는 어느 정도 가능하다고 볼수 있겠으나 電氣傳導度, 還元糖 및 可溶性糖의 溶出量은 증감을 보이므로 종자내 胚의 기능과 직접 관련 시키기에는 어려움이 있다고 사료된다.

이러한 결과는 單一檢定法으로 실내에서 圃場出現率을 예측하려면 人爲老化檢定法이나 電氣傳導度檢定法 보다도 退化調節檢定法이 비교적 효율이 높았으며, 이들 세가지 방법을 병용할 때에는 單一檢定法보다도 효율을 증가시킬수 있었다.

摘 要

실험실에서 실시한 검정으로 Lotus와 Red clover 종자의 圃場出現率 예측에 效果的인 檢定方法을 究明하기 위하여 相異한 조건에서 栽培된 종자를 退化調節檢定法, 人爲老化檢定法과 電氣傳導度檢定方法으로 檢定하였다. 이들을 圃場出現率과의 聯關性을 究明 하였던 바

1. Lotus와 Red clover의 圃場出現率을 豫測할때 退化調節檢定에서는 $\hat{Y} = 12.786 + 0.65X$ ($R^2=0.687$), 人爲老化檢定에서는 $\hat{Y} = 25.989 + 0.39X$ ($R^2=0.260$), 電氣傳導度檢定에서는 $\hat{Y} = 141.932 - 0.86X$ ($R^2=0.238$)으로써 豫測할 수 있었으며
2. 이들 세가지 檢定에서의 結果와 圃場出現率과는

다음과 같은 多重回歸方程式으로 나타낼수 있었다.

$$\hat{Y} = -198.16 + 2.3493X_1 - 1.5564X_2 + 1.9812X_3$$

($R^2=0.916$) 여기서, X_1 , 退化調節檢定法; X_2 , 人爲老化檢定法; X_3 , 電氣傳導度檢定임.

3. 이러한 결과는 單一檢定法으로 실내에서 圃場出現率을 예측하려면 人爲老化檢定法이나 電氣傳導度檢定法 보다도 退化調節檢定法이 비교적 효율이 높았으며, 이들 세가지 방법을 병용할 때에는 單一檢定法보다도 효율을 증가시킬수 있었다.

引用文獻

1. Abdul-Baki, A. A. and J. D. Anderson. 1970. Viability and leaching of sugars from germinating barley seed. *Crop Sci.* 10 : 31-34.
2. ——— and ———. 1973. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop Sci.* 13 : 630-633.
3. Anderson, J. D. 1970. Physiological and biochemical differences in deteriorating barley seed. *Crop Sci.* 10(1) : 36-39.
4. Association of Official Seed Analysts. 1983. *Seed Vigor Testing Handbook*. No. 32.
5. Bishnoi, U. R. and J. C. Delouche. 1980. Relationship of vigor tests and seed lots to cotton seedling establishment. *Seed Sci. & Tech.* 8 : 341-346.
6. Carlton, A. E. and C. S. Cooper. 1972. Seed size effects upon seedling vigor of three forage legumes. *Crop Sci.* 12 : 183-186.
7. Ching, T. M. 1973. Adenosine triphosphate content and seed vigor. *Plant Physiol.* 51 : 400-402.
8. Ching, T. M. and Isabelle Schoolcraft. 1968. Physiological and chemical differences in aged seeds. *Crop Sci.* 8 : 407-409.
9. Delouche, J. C. 1965. Deterioration of crimson clover seed in storage. *Proc. Assoc. Off. Seed Anal.* 55 : 66-75.
10. Delouche, J. C. and C. C. Baskin. 1973. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Sci. & Tech.* 1 : 427-452.
11. Don, R., W. J. Rennie, and M. M. Tomlin. 1981. A comparison of laboratory vigour test procedures for winter wheat seed samples. *Seed Sci. & Tech.* 9 : 641-653.
12. Ellis, R. H. and E. H. Roberts. 1980. The influence of temperature and moisture on seed viability period in barley (*Hordeum distichum* L.). *Ann. Bot.* 45 : 31-32.
13. Fritz, T. 1965. Germination and vigour tests of cereal seed. *Proc. Int. Seed Test. Assoc.* 30 : 923-927.
14. Haskins, F. A. and H. J. Gorz. 1975. Influence of seed size, planting depth, and companion crop on emergence, and vigor of seedlings in sweet clover. *Agron. J.* 67 : 652-654.
15. Helmer, J. D., J. C. Delouche and M. Lienhard. 1962. Some indices of vigor and deterioration in seed of crimson clover. *Proc. Assoc. Off. Seed Anal.* 52 : 154-161.
16. Henson, P. R. and L. A. Tayman. 1961. Seed weights of varieties of birdsfoot trefoil as affecting seedling growth. *Crop Sci.* 1 : 306.
17. Heydecker, W. 1972. Vigour. In: *Viability of Seeds* (Roberts, E. H. ed.) Chapman and Hall, London. P209-252.
18. Kalton, P. R., Delong, R. A., and McLeod, D. S. 1959. Cultural factors in seedling vigor of smooth brome grass and other forage species. *Iowa State J. Sci.* 34 : 47-80.
19. Kim, S. H., Z. R. Choe, and J. H. Kang. 1987. Vigor determination in barley seeds by the multiple criteria. *Korean J. Crop Sci.* 32(4) : 417-424.
20. Mark, J. L. and G. W. MaKee. 1968. Relationships between five laboratory stress tests, seed vigor, field emergence and seedling establishment in reed canarygrass. *Agron. J.* 60 : 71-76.
21. Matthews, S. 1980. Controlled deterioro-

- ration: A new vigour test for crop seeds. In *Seed Production* (Hebblethwaite, P. D. ed.). Butterworths, London, P647-660.
22. Mckersie, B. D. and R. H. Stinson, 1980. Effect of dehydration on leakage and membrane structure in *Lotus corniculatus* L. seeds. *Plant Physiol.* 66 : 316-320.
 23. Moore, R. P. 1976. Tetrazolium seed testing developments in North America. *J. Seed Tech.* 1(1) : 17-30.
 24. Mytton, L. R. 1973. The effect of seed weight on the early growth and nodulation of white clover. *Ann. Appl. Biol.* 73 : 329-338.
 25. Parrish, D. J. and A. C. Leopold. 1978. On the mechanism of aging in soybean seeds. *Plant Physiol.* 61 : 365-368.
 26. Powell, A. A. and S. Matthews. 1981. Evaluation of controlled deterioration, a new vigour test for small seeded vegetables. *Seed Sci. & Tech.* 9 : 633-640.
 27. Radwan, M. S., E. M. Shiltwawi, and M. T. Mahdi. 1972. The influence of seed size and seed source on germination and seedling vigour of Berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L.). *Proc. Int. Seed Test. Assoc.* 37(3) : 763-770.
 28. Roberts, E. H. 1973. Predicting the storage life of seeds. *Seed Sci. & Tech.* 1 : 499-514.
 29. Scott, D. J. 1978. Seed vigour. *Seed Sci. & Tech.* 6 : 905-906.
 30. TeKrony, D. M. and D. B. Egli. 1977. Relationship between laboratory indices of soybean seed vigor and field emergence. *Crop Sci.* 17 : 573-577.
 31. West, S. H. and H. C. Harris. 1963. Seedcoat colors associated with physiological changes in alfalfa and crimson and white clovers. *Crop Sci.* 3 : 190-193.
 32. Williams, W. A., J. N. Black, and C. M. Donald. 1968. Effect of seed weight on the vegetative growth of competing annual *Trifoliums*. *Crop Sci.* 8 : 660-663.
 33. Woodstock, L. W. 1976. Progress report on the seed vigor testing handbook. *Assoc. Off. Seed Anal. Newslett.* 50(2) : 1-78.
 34. Yaklich, R. W., M. M. Kulik, and J. D. Anderson. 1979. Evaluation of vigor tests on soybean seeds : relationship of ATP, conductivity, and radioactive tracer multiple criteria laboratory tests to field performance. *Crop Sci.* 19 : 806-810.