

土壤酸도의 差異가 主要 禾本科牧草의 뿌리生育에 미치는 影響

李赫浩 · 朴根濟 · 李鍾烈

畜産試驗場

Effect of Different Soil pH on the Root Growth of Temperate Grass Species

H. H. Lee, G. J. Park and J. Y. Lee

Livestock Experiment Station, RDA

Summary

A pot experiment conducted to investigate the root elongation and weight of grasses, i.e. Orchardgrass, tall fescue and perennial ryegrass under the conditions adjusted pH of half vertical part of pot soil to seven levels from 2 to 8.

1. Root growth was drastically decreased as soil pH was lowered.
2. Higher the soil pH, longer the root length. Increase of soil pH to 6 increased the root length of orchardgrass, perennial ryegrass and tall fescue.
3. Regardless of grass species, most of roots distributed to the soil which adjusted pH from 6 to 7.
4. Dry weight of root was increased to pH 7 of soil in orchardgrass and perennial ryegrass and was 55 to 78% of production of pH 6 compared with soil pH 7.

In case of tall fescue, dry root weight in the soil pH 7 was 69.8% of root weight grewed in soil pH 6.

I. 緒 論

뿌리는 作物의 生産性を 높이고 또 植物體를 固定하는 重要한 植物體의 部位이며 (Chloupek, 1983) 必要한 營養分을 土壤에서 吸收할때 土壤條件에 따라 크게 影響을 받고 있다. 뿌리가 자라는 土壤環境 條件에는 여러가지가 있으나 그중에서도 土壤酸도가 뿌리生育에 重要한 影響을 미치는 要因들중의 하나가 되고 있다.

一般的으로 作物이 生育하는데 適當한 土壤酸도는 弱酸性에서 中性的의 範圍라고 하나 土壤酸도와 뿌리의 發達과의 關係는 作物의 種類에 따라서 顯著히 다르다(橋本, 1982).

Ahlgren(1956)은 飼料作物이 生育하는데 가장 適當한 土壤酸도는 弱酸性으로서 pH는 約 6.5이고 몇몇 草種은 弱알카리에서도 生育된다고 하였다. Larcher(1980)은 土壤의 pH는 植物의 生命力에 直接

的인 影響을 미치는데 pH 3 以下와 9 以上에서는 大部分의 維管束植物의 뿌리細胞의 原形質은 甚한 損傷을 받게 된다고 하였다. 또 Etherington(1976)이나 Jones(1982) 등에 依하면 作物의 生理的인 適正 pH는 5.0~7.0사이인데 이 範圍에서 Fe나 Mn의 缺乏을 招來하는 境遇가 있을 뿐 아니라 낮은 pH에서는 植物뿌리가 水素이온의 直接的인 害를 입으며 間接的으로는 칼슘, 마그네슘, 磷酸의 吸收가 生理的으로 阻害된다고 하였다. 또 Jones(1982)는 pH 6.3일때 磷酸 1 pound 施用時의 牧草生産量은 pH 5.2일때 磷酸 3 pounds 施用時보다 많았다고 하였고 한편 Klapp(1971)은 pH 6 以上の 낮은 酸도에서는 微量要素(B, Cu, Mn)와 磷酸 및 加里의 吸收가 阻害되며 높은 酸도에서는 Al 등의 重金屬이 活性化된다고 하였다. 그리고 Pearson等(1967)은 높은 酸도는 뿌리組織으로부터 많은 有機態 및 無機態의 細胞構成物質의 損失을 惹起시킨다고 하

였으며 Jacobson 등(1950)은 pH 5 나 그 以下에서는 無機態磷酸, 水溶性 有機態磷酸 및 窒素化合物, 칼륨, 칼슘 등의 物質이 뿌리로부터 若干 損失되나 酸도가 pH 4 以下로 내려감에 따라 그 損失은 顯著히 增加되었다고 報告하였다. 또 Zürn(1968)에 依하면 草地의 石灰飽和도는 60%程度이면 適合한데 이때의 pH는 5.5~6.5範圍였고, Voss(1982)는 磷酸의 缺乏은 *Lolium perenne*의 形成된 뿌리의 數와 무게를 顯著히 低下시켰다고 하였다. 한편 Badder(1984)는 土壤에 石灰를 施用하므로 土壤中 氣孔의 量이나 큰 氣孔의 比率를 增加시키고 칼슘을 增加시켜 *Lolium perenne*의 새로운 뿌리形成과 가뭄에 대한 抵抗性を 增加시켰다고 하였다.

牧草의 뿌리發育에 關한 試驗에서 Dirven(1980)은 뿌리의 量은 窒素施肥量이 增加됨에 따라 增加하였다고 報告하였으며 Ulehlova 등(1981)은 施肥하지 않은 草地의 ha當 뿌리重量은 19,500kg 이었으며 이중 65%는 4cm以內에 分布되어 있었고 施肥를 하여도 그 影響은 0~4cm以內에만 미쳤다고 하였다. Kovacs(1982)는 tall fescue의 播種1年次의 뿌리生産量은 6,500kg/ha였으며 그 후는 11,000~12,000kg/ha로 增加하였으며 乾草生産量의 65~75%에 達하였다고 하였다.

現在 우리나라에서 草地를 造成할때 石灰를 施用하므로써 土壤 pH를 높여주고 Ca를 供給하여 牧草의 定着 및 生育을 좋게하는 研究報告는 많으나 土壤酸度의 變化에 따른 牧草뿌리의 發育에 關한 研究文獻은 未洽한 傾向이다.

따라서 本 試驗은 우리나라에서 널리 利用되고 있는 主要 禾本科牧草에 對한 土壤酸度의 差異에 따른 뿌리 生育狀의 變化를 究明코자 實施되었다.

II. 材料 및 方法

1. 供試材料 및 試驗方法

本 試驗에서 供試된 土壤은 瘠薄한 山地土壤으로서 有機物, 置換性塩基 및 有効磷酸含量이 매우 낮

고, pH는 5.0으로 強酸性이며, CEC는 9.46me/100g로서 比較的 낮은 不良한 特性을 보였다(Table 1).

試驗에 供試된 草種은 orchardgrass, tall fescue, perennial ryegrass였으며 土壤 pH는 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8까지 7等級으로 調節해서 1/3000a pot를 利用하여 그 半을 左側에 채우고 나머지 半은 pH7로 調節된 土壤을 右側에 充塡하여 1週日間 放置한後 1985年 5月 8日 1年生 7~8葉期의 苗 3個를 地上部 7cm만 남기고 地下部는 1cm內外만 남긴채 切斷하여 각 pot의 中央部位에 栽植하였다(Fig. 1).

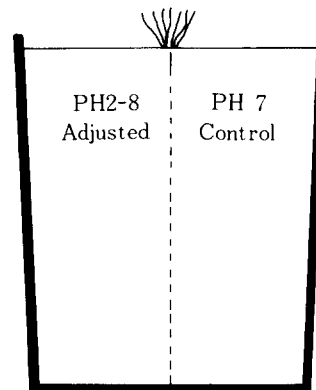


Fig. 1. Soil packing method with adjusted and control pH in pot.

栽植時의 基肥量은 각 pot에 尿素 0.473g, 重過石 1.478g, 塩化加里 0.317g을 施用하였고 管理肥料는 尿素 3.312g, 重過石 2.364g, 塩化加里 2.176g을 4回 分施하였다. 本 pot試驗은 完全任意配置 3反復으로 1985年 5月 8일부터 10月 15일까지 畜産試驗場 管内에서 遂行되었으며 試驗 期間中 pot內의 水分은 每日 觀察하여 隨時로 一定量씩 灌水하였다.

2. 土壤酸度 調節 및 土壤充塡方法

供試土壤의 pH調節時 利用된 材料는 供試土壤의 pH 5.0을 基準으로 하여 이보다 높은 pH 5에서 8

Table 1. Soil analysis data before the experiment

| pH (1:5H ₂ O) | T-N (%) | O.M (%) | Avail. P ₂ O ₅ (ppm) | Exch. cation (me/100g) | | | | CEC (me/100g) |
|-----------------------------|------------|------------|--|------------------------|------|------|------|------------------|
| | | | | K | Ca | Mg | Na | |
| 5.01 | 0.06 | 0.95 | 3 | 0.12 | 1.99 | 0.54 | 0.31 | 9.46 |

까지는 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 를 利用하였고 낮은 pH 5에서 2까지는 $0.1\sim 0.5\text{NH}_2\text{SO}_4$ 溶液을 利用하였다. pH를 5以上으로 올리는 것은 供試 pot의 半쪽에 充填된 風乾土 3.4kg에 各 pH 該當量의 石灰와 H_2O 500ml를 土壤과 골고루 섞어 pot의 中央部位에 上下로 얇은 板을 끼우고 그 半쪽에 各 處理에 相應하는 pH가 調節된 土壤을 充填시키면서 다시 H_2O 100ml씩을 加하였다. pH 5에서 2까지 내리는 것은 風乾土 3.4kg에 各 pH에 該當하는 量 만큼의 $0.1\sim 0.5\text{N}$ H_2SO_4 가 包含된 H_2O 500ml를 土壤과 골고루 섞은 다음 다시 pot의 半쪽에 充填시켰다. 이때에도 H_2O 100ml씩을 加하여 水分含量을 발狀態로 調節하였다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 酸도가 調節된 pH 2에서 8까지의 供試土壤을 全 pot의 半쪽에 채운다음 나머지 半쪽은 뿌리의 活性을 調査하기 爲한 對照土壤인 pH 7을 全處理 共通으로 充填시켰다. 이렇게 준비된 pot는 비닐을 덮어 約 1週日間 放置한後 中央部位에 끼운 板을 뺀고 準備된 供試草種을 심어 뿌리가 土壤속에서 生育에 適當한 pH쪽으로 갈 수 있도록 하였다.

III. 結果 및 考察

1. 土壤 pH의 變化와 뿌리의 生育

가. 土壤酸도와 根長

土壤酸도와 뿌리伸長과의 關係는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 pH價가 增加함에 따라 顯著히 길어졌다. 그러나 뿌리의 伸長은 草種의 種類에 따라 多少 差異가 있었는데 orchardgrass는 pH 2에서 pH 3까지는 急速히 길어졌으나 pH 3에서 pH 6까지는

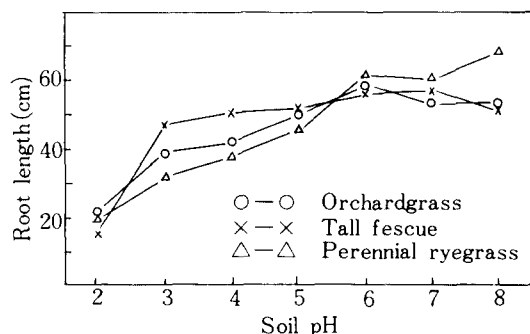


Fig. 2. Changes in root length of *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* and *Lolium perenne* according to different soil pH.

根長이 서서히 길어지는 傾向이었고 pH 6 以上の 土壤酸度에서는 漸次 짧아지는 傾向이었다.

그러나 tall fescue 뿌리의 길이는 pH 2에서 pH 3까지 아주 急速히 길어졌으나 그다음 pH 7까지는 緩慢하게 길어졌으며 pH 7부터는 다시 짧아졌다. 또 perennial ryegrass 뿌리의 길이는 pH 2에서 pH 6까지 서서히 길어지는 傾向을 보였으며 pH 6~7에서는 多少 짧아지는 傾向이었으나 pH 8까지 漸次 길어지는 傾向으로서 全體的인 傾向으로 보아 pH 2에서 pH 8까지 繼續 길어져서 他 草種과는 달리 pH 8에서도 多少 더 伸長되는듯 하였다.

以上の 結果에서 土壤酸도와 뿌리의 伸長은 3草種 모두 pH 5.5~7.0의 範圍가 가장 適當한 것으로 생각되는데 이 結果는 Etherington(1976)이나 Jones(1982) 등의 報告와 一致하였다. 또 perennial ryegrass는 pH 7보다 pH 8이 多少 더 伸長하였는데 이것은 Badder(1984) 등이 石灰施用에 依한 Ca增加로 새로운 뿌리 形成이 增加되었다는 報告와 비슷한 것으로 思料된다. 또한 全草種 共히 pH 3 以下에서는 뿌리의 伸長이 急速히 不良해지고 거의 彎曲形狀을 보였으며 甚한 部分은 褐變하였는데 이것은 橋本(1982)과 一致하였으며 또 Larcher(1980)의 報告와 같이 pH 3 以下에서 뿌리細胞의 原形質 損傷에 依한 伸長阻害로 思料된다.

나. 土壤酸도와 根重

Fig. 3에서 보는 바와 같이 뿌리의 重量은 土壤酸도와 아주 密接한 關係가 있었고 根重의 變化 및

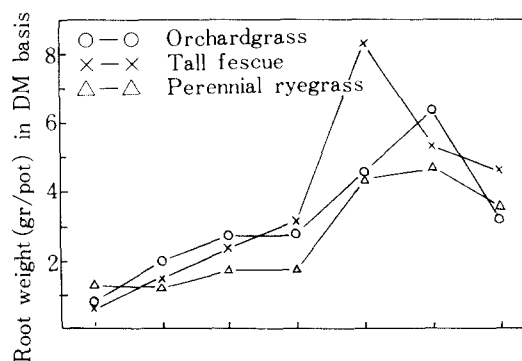


Fig. 3. Changes in root weight of *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* and *Lolium perenne* according to different levels of soil pH.

適正 pH 範圍도 草種에 따라 多樣하였다. 먼저 orchardgrass는 pH 2에서 pH 5까지는 서서히增加하였고 pH 5에서 7까지는 急速히 增加하였으며 pH 7을 頂點으로 하여 다시 減少하였다.

tall fescue의 根重은 pH 2에서 pH 5까지 아주 一定한 直線比로 增加하다가 pH 5에서 pH 6까지 急增加하였으며, pH 6에서 pH 7, pH 8로 가면서 크게 減少하였다. 한편 perennial ryegrass는 pH 2에서 pH 5까지 거의 增加하지 않았으며 pH 5에서 pH 6까지는 크게 增加하다가 pH 6에서 pH 7까지는 若干 增加하는 傾向이었으나 pH 7을 頂點으로 다시 減少하였다. 土壤酸度別 根重의 變化는 根長과는 달리 pH가 一定한 水準에 達해야 急速히 늘어났는데 Fig. 3에서 보는바와 같이 3草種 共히 極酸性에서 pH 5까지는 根重의 增加가 크게 없었으며 orchardgrass 및 perennial ryegrass는 pH 7, tall fescue는 pH 6 以上에서 다시 減少하는 傾向이었는 데 이것은 各草種의 特性에 起因된 것으로 思料된다. 本試驗의 結果에서 供試草種의 根發達이 가장 좋은 pH 範圍는 5.5~7.0인 것으로 나타났으며 이것은 Ahlgren(1956), Zürn(1968) 및 Klapp(1971) 등의 報告와 거의 비슷하였다. pH 5 以下에서는 根의 發達이 不良한 것은 높은 酸度에서 hydrogen ions에 依한 뿌리의 直接的인 害를 입고 Etherington (1976), Jacobson等(1950), pearson等(1967) 및 Klapp(1971)等 여러 學者들이 報告한 바와 같이 뿌리組織에서 有機態 및 無機態 P, N-化合物, K, Ca 등이 損失되고 또 微量要素나 P, K의 吸收가 阻害된은 물론 Al이나 Mn 등의 重金屬이 크게 活性化된데 그 原因이 있는 것으로 思料된다.

2. 土壤酸度와 層位別 根群分布

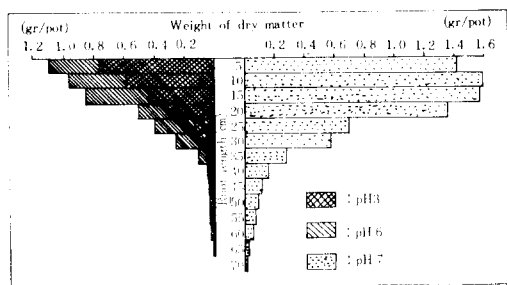


Fig. 4. Root distribution of *Dactylis glomerata* according to different levels of soil pH.

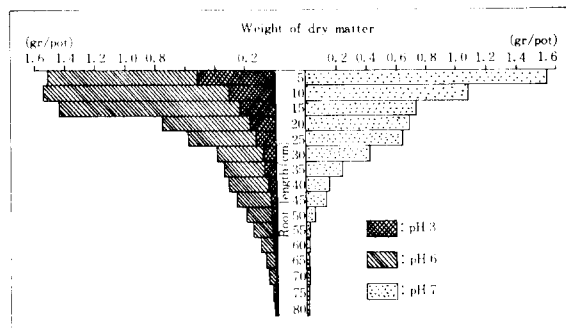


Fig. 5. Root distribution of *Festuca arundinacea* according to different levels of Soil pH.

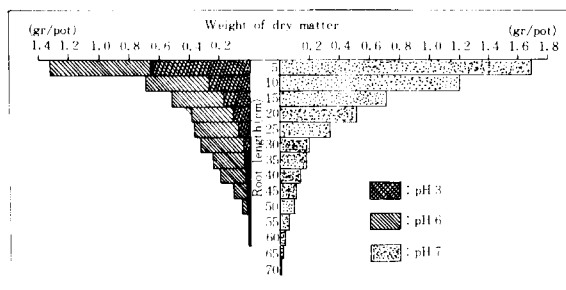


Fig. 6. Root distribution of *Lolium perenne* according to different levels of soil pH.

牧草의 뿌리는 一般的으로 地表로부터 10cm 以内に 大部分이 分布되어 있으며 草種에 따라 多少 差異가 있지만 大部分의 牧草는 1.0~1.2m 以上の 깊이까지는 들어가지 않는 傾向이다(Klapp, 1971). 本 pot 試驗의 境遇에서는 그 條件이 野外草地와는 다른 生育條件이므로 뿌리의 길이나 分布가 野外條件과는 多少 다르나 酸度別 差異는 顯著하였다.

土壤酸도에 따른 草種別 根群 分布는 Fig. 4, 5, 6에서 보는 바와 같이 orchardgrass의 境遇 pH 3에서 表層인 0~5cm 以内의 根群重分布比는 全體의 34%였는데 pH 6에서는 25%, pH 7에서는 18%에 지나지 않았다. 한편 根長 0~20cm까지의 根群重分布를 比較해 보면 pH 3에서는 全體의 89%였는데 比較해 보면 pH 6에서는 79%, pH 7은 75%로서 pH가 낮을수록 뿌리의 乾物重이 相對的으로 上層部位에 集中되어 있었다.

tall fescue는 pH 3인 境遇 表層인 0~5cm까지의 根重은 全體根重의 33%였는데 pH 6에서는 18%, pH 7에서는 27%였으며, 根長 0~20cm까지의 pH 3이 全體根重의 78%인데 比較하여 pH 6은 62%,

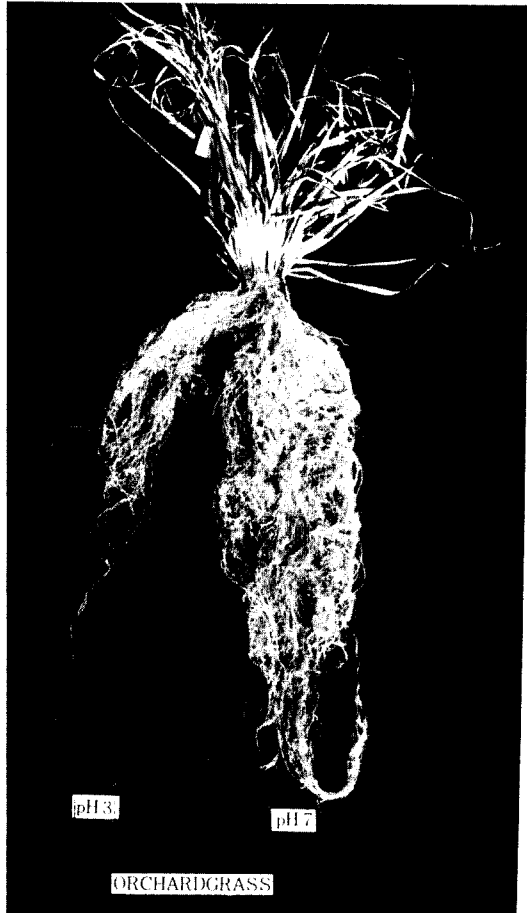


Fig. 7. Difference of root development of *Dactylis glomerata* between two pH levels in pot.

pH 7 은 70%였다.

perennial ryegrass 는 上層인 0~5cm까지의 根重 比率을 보면 pH3 은 全體의 58%였고 pH6 은 32%, pH7 역시 32%였으며 0~20cm까지는 pH3 은 全體 根重의 91%가 分布되어 있었고 pH6 은 69%, pH 7 은 77% 分布되었다.

全體根重은 Fig. 7, Fig 8, Fig.9 에서 보는 바와 같이 orchardgrass 의 境遇 pH7 에 비해 pH3 은 28%, pH6 은 55% 程度로서 pH7 에서 根發達이 活發한 것으로 나타났다. tall fescue 의 土壤酸度別 根重量은 pH7 에 비해 pH3 은 26%에 그쳤고 pH6 은 143%로서 tall fescue 는 pH6 에서 오히려 根發育이 더 促進된 것으로 보였다.

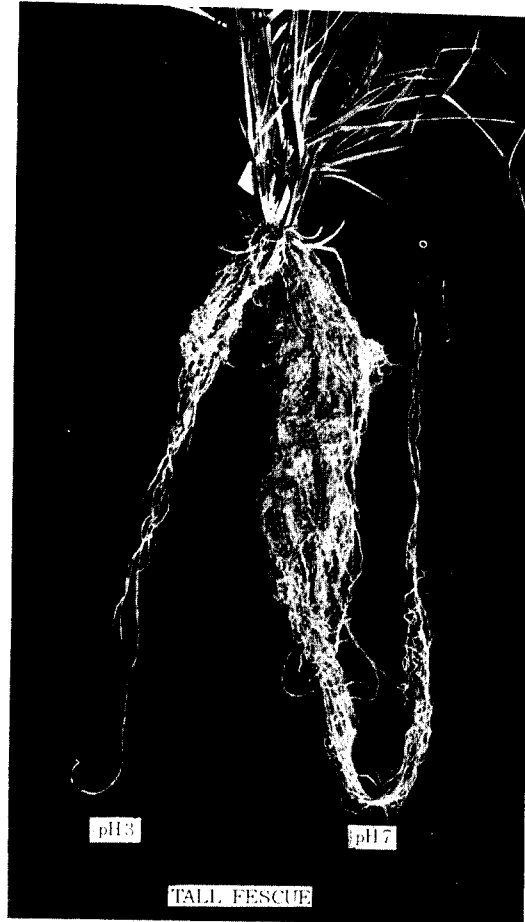


Fig. 8. Difference of root development of *Festuca arundinacea* between two pH levels in pot.

한편 perennial ryegrass 의 根重은 pH7 에 비해 pH3 은 24%였고 pH6 은 78%로서 이 草種의 根群 發達은 pH7 이 가장 좋은 것으로 思料된다. 이러한 結果는 Ca施用이 根發育을 좋게 한다는 橋本(1982) 나 Badder(1984)의 報告와 一致하였으며 土壤酸度가 높을수록 뿌리의 發育이 좋지 않은 것은 여러 學者들이 報告한 바와 같이 牧草의 뿌리가 直接 또는 間接으로 pH價의 影響을 받은 것으로 思料된다(Jacobson 等, 1950; Pearson 等, 1967; Klapp, 1971; Etherington, 1976; Jones, 1982).

IV. 摘要

우리나라에서 報告되고 있는 主要 禾本科牧草인

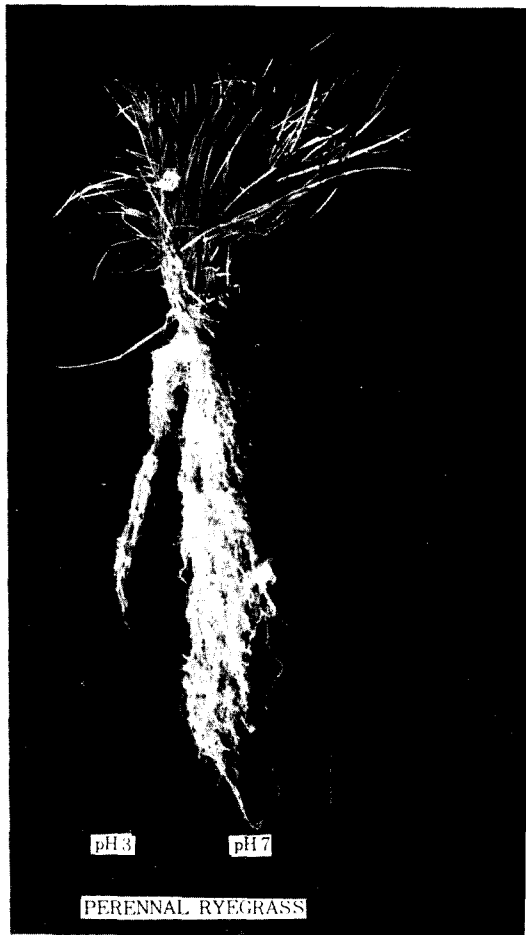


Fig. 9. Difference of root development of *Lolium perenne* between two pH levels in pot.

orchardgrass, tall fescue 및 perennial ryegrass에 對한 土壤酸度의 差異別 뿌리의 生育關係를 究明코자 pH를 2에서 8까지 7等級으로 區分한 土壤을 各 pot의 半쪽에, 나머지 半쪽은 pH 7로 調定한 土壤을 充填하여 調査하였으며 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 各 草種 共히 pH가 낮아질수록(強酸性化) 뿌리의 生育이 急激히 低下되었으며 pH 8에서도 7보다 多少 低下되었다.

2. pH 값이 增加함에 따라 根長은 길어졌으나, orchardgrass와 perennial ryegrass는 pH 6까지는 急速히 길어지다가 그 以上에서는 多少 緩慢하였으며 tall fescue는 pH 6까지 急成長하였으나 그 以上에서는 큰 變化가 없었다.

3. 根群의 分布는 3草種 共히 pH 6~7 範圍의 土壤酸度쪽으로 偏重되었고 酸도가 높아질수록 根群의 發達이 減少되었다.

4. 全體의 根重에 있어서도 土壤酸도가 낮아짐에 따라 增加하였으나 特히 orchardgrass와 perennial ryegrass는 pH 7에서 各各 7.965g 및 5.324g/pot로서 가장 많았고 pH 6은 pH 7의 約 55~78%에 지나지 못하였다. 이에 反하여 tall fescue는 pH 6에서 8.430g/pot로서 가장 많았고 pH 7은 pH 6에 比하여 69.8%, pH 5는 42.7%에 지나지 않았다.

V. 引用文獻

1. Ahlgren, G.H. 1956. Forage Crops. Mcgraw-Hill Book Company, Inc., 35-38.
2. Badder, P. 1984. Untersuchungen zur Gefügestabilisierung bearbeiteter Böden durch Branntkalk. Zeitschrift für Vegetationstechnik (FRG), V. 7(1), 1-4.
3. Chloupek, O. 1983. Das Wurzelsystem als ertragsbeeinflussender Faktor. Intern. Zeitschrift der Landwirtschaft (FRG), No. 6, 565-567.
4. Dirven, J.G.P. and K. Wind 1980. Bewurzelung einiger Grasarten bei unterschiedlicher Bodenfruchtbarkeit, Stikstof (NL), V. 8(95/96), 354-359.
5. Etherington, J.R. 1976. Environment and Plant Ecology. Wiley Eastern Limited, New Delhi, 242-246.
6. Jacobson, L., R. Overstreet, H.M. King and R. Handley 1950. A study of potassium absorption by barley roots. Plant Physiol. 25, 639-647.
7. Jones, U.S. 1982. Fertilizers and Soil Fertility. Reston Publishing Company, 219-222.
8. Klapp, E. 1971. Wiesen und Weiden, Verlag Paul Parley, Berlin und Hamburg, 70-82.
9. Kovacs, A. 1982. Daten über die Phytoproduktion des Rohschwingels. Növénytermeles (Hu), V. 31(5), 427-436.
10. Larcher, W. 1980. Physiological Plant Ecology. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 160-161.

11. Pearson, R.W. and F. Adams 1967. Soil Acidity and Liming. The American Society of Agronomy, Inc., 72-78.
12. Ulehlova, B., E. Halva and M. Vrana 1981. Einfluß gesteigerter Düngung auf die Verteilung der Wurzelmasse in einigen Grünlandböden. Rostlinna Vyroba (Cs), V. 27(11), 1191-1198.
13. Voss, N. 1982. Ergebnisse der Grünland- und Futterbauforschung. Lehrstuhl für Grünlandlehre der TU München, Dokumentationsbericht Nr. 10, 5-6.
14. Zürn, W. 1968. Neuzeitliche Düngung des Grünlandes. DLG-Verlag-GmbH, Frankfurt (main), 31-43.
15. 橋本武. 1982. 酸性土壤と作物生育. 養賢堂 52 - 78.