

硫黃施用이 土壤化學性 및 紅花種實의 收量에 미치는 影響

박준홍*·김기재*·박소득*·박만**·이동훈**·최충렬**·최정**

Effects of sulfur on the chemical properties of soil and yield of safflower(*Carthamus tinctorius* L.)

Jun Hong Park*, Ki Jae Kim*, So Deuk Park*, Man Park**,
Dong Hoon Lee**, Choong Lyeal Choi** and Jyung Choi**

ABSTRACT : This study was conducted to investigate the sulfur effects on the yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and the chemical properties of soil after sulfur treatment. Sulfur application was conducted with two chemical forms of sulfur powder and potassium sulfate. Sulfur powder was applied to the soil with levels of 0, 10, 20, 40 kg/10a and potassium sulfate was applied to the soil with levels of 10, 20 kg/10a as sulfur content.

After sulfur application in soils, pH and available P₂O₅ content of soils tend to decrease after experiment, whereas the contents of SO₄²⁻ and active Fe increased in soils. By the application of sulfur, the yields of safflower seed were increased by about 6~17 percent compared to the control.

It is apparent that seed yield and plant growth of safflower were increased by the sulfur application.

Key words : sulfur, safflower (*Carthamus tinctorius* L.), yields, soil properties

緒 論

紅花種實이 破骨, 折骨, 碎骨時 骨節連接의 效果가 있음이 認定되어(金, 1998) 그 需要가 크게 增加하여 國內에서 栽培 面積이 급

속히 늘어나고 있는 추세이다. 紅花는 韓國, 日本 및 中國 等地에서는 藥用을 主目的으로 栽培하여 왔다. 그러나 紅花種實에는 脂肪이 多量 含有되어 있어 最近에는 美國, 印度 等地에서는 食用油 生産用으로 栽培되고 있는 資源作物이기도 하다(이, 1980 ; 육, 1981 ;

* 義城藥草試驗場 (Uisong Medicinal Plant Experiment Station, Kyungpook Provincial ATA, Uisong, 769-800, Korea)

** 慶北大學校 農化學科 (Department of Agricultural Chemistry, College of Agriculture, Kyungpook National University, Taegu, 702-701, Korea) < 2000. 10. 21 접수 >

山口一孝, 1963).

植物生長에 必要한 16 가지의 必須元素인 硫黃은 多量元素로서 磷酸과 吸收量이 거의 같은 것으로 알려져 있으며, 植物體 內에서는 SO_4^{2-} 의 形態로 存在하며 주로 蛋白質 代謝 및 酵素作用에 關與한다(Allaway & Thompson, 1966 ; Fox et al., 1977). 일반적으로 재배시 硫黃 要求量은 8~10 kgS/ha 의 範圍이다. 이러한 硫黃이 植物體 內에 不足하게 되면 앞에서 黃白化 現象이 일어나고 葉綠素 含量이 현저히 減少하며 窒素代謝를 阻害하여 生育이 阻害되고 收量도 減少한다(Gilbert, 1951).

紅花 栽培農家에서는 紅花를 播種 前에 토양에 硫黃을 施用하면 紅花種實의 藥效成分을 높이고 땅을 消毒하여 土壤中에 있는 해로운 毒素과 病菌을 제거하는 作用을 한다 하여 농가 관행으로 硫黃粉末을 대개 20~40 kg/10a을 시용하고 있다(이&최, 1998). 그러나, 硫黃施用에 따른 土壤化學性的 變化 및 유허의 적정시용량에 대한 研究는 未備한 實情이다. 따라서 本 研究에서는 硫黃施用에 따른 土壤化學性的 變化 및 紅花種實의 收量에 미치는 影響을 調查하였다.

材料 및 方法

1. 供試品種 및 栽培方法

1999년 慶北 農業技術院 義城藥草試驗場

試驗圃場에서 遂行하였으며 우리나라 在來種 紅花 (*Carthamus tinctorius* L.) 種子를 供試 品種으로 使用하였다. 實驗에 使用된 土壤의 化學的 特性은 Table 1과 같았다.

硫黃施用은 水準別 6處理로 하여 亂魁法 3反復으로 하였다. 處理 內容은 硫黃을 0, 10, 20 및 40 kg/10a을 施用하였으며 黃酸加里를 S 含量基準으로 10, 20 kg/10a을 全量 基肥로 施用하여 比較하였다. 각 處理區當 面積은 12 m^2 이었으며 재식거리는 50×10 cm로 1株 1本으로 3月 23日 播種하였다. 窒素, 磷酸 및 加里는 10a 當 N-P₂O₅-K₂O의 成分量으로 10-7-7 kg 水準으로 肥種은 尿素, 熔成 磷肥 및 鹽化加里를 使用하였으며, 堆肥 1,000 kg/10a을 全量 基肥로 施用하여 農家 慣行으로 栽培하였다.

2. 土壤 分析

土壤試料는 土壤 깊이 0~15 cm에서 採取하였고, 硫黃處理에 따른 時期別 土壤成分의 變化를 調查하기 위한 試料는 1 個月 間隔으로 4회에 걸쳐 0~15cm 깊이에서 sampling core로 採取하였다. 採取한 土壤은 風乾 後 2mm 체를 通過한 細土로 polyethylene 瓶에 保管하면서 分析試料로 使用하였다.

土壤分析은 土壤學 實驗(최 등, 1985) 및 土壤化學分析法(農業技術研究所, 1988)에 따라 pH는 土壤과 蒸溜水를 1 : 5의 比率로 하

Table 1. Chemical properties of the experiment soil

| | pH (1 : 5) | O. M (%) | T-N (%) | Avail. P ₂ O ₅ (mg/kg) | Ex. Cations (cmol ⁺ /kg) | | | SO ₄ ²⁻ (mg/kg) | Active Fe (mg/kg) |
|-------------------|---------------|-------------|------------|--|--|-------|------|--|----------------------|
| | | | | | K | Ca | Mg | | |
| Field experiment | 5.9 | 1.75 | 0.13 | 580 | 0.70 | 8.00 | 3.11 | 14.9 | 37.52 |
| Column experiment | 6.6 | 2.15 | 0.14 | 709 | 1.12 | 10.02 | 2.75 | 31.4 | 31.34 |

여 pH meter 로, 有機物은 Tyurin法으로, 全窒素는 켈달法으로, 有效磷酸은 0.03N NH₄F로 浸出시켜 물리브덴 靑法으로 각각 測定하였다. 置換性 양이온은 1N ammonium acetate (pH 7.0)로 浸出하고, 可溶性 Fe, Mn, Cu, Zn은 0.005M DTPA (diethylenetriamine pentaacetic acid), 0.1M TEA (triethanolamine) 및 0.01M CaCl₂의 混合液으로 浸出하여 原子吸光分光光度法으로 각각 測定하였다. SO₄²⁻ 分析은 土壤을 Ca(H₂PO₄)₂ · 2H₂O 溶液으로 浸出시켜 BaCl₂에 의한 比色 測定法을 使用하였다.

3. Column 실험

土壤에 硫黃處理를 하고 時期別 土壤中 硫黃의 形態 變化를 調査하기 위하여 Soliman 等의 方法(Soliman et al., 1992)에 따라 지름 5cm, 높이 15cm의 PVC pipe column을 利用하여 實驗을 遂行하였다.

硫黃을 處理한 土壤을 PVC pipe에 넣고 土壤을 圃場容水量으로 만들기 위해 바닥에 petri dish를 놓고 물을 일정 높이로 維持시키면서, 時期別로 試料를 採取하여 pH 및 成分의 變化를 測定하였다. 硫黃處理는 圃場에서

와 같은 수준으로 處理하였으며 硫黃處理 後 土壤試料는 1個月 間隔으로 4個月間 土壤에서의 形態 變化를 調査하였으며, 時期別로 pH, 有效磷酸, SO₄²⁻, Fe 含量을 測定하였다.

4. 生育 및 收量調査

生育 및 收量調査는 藥用作物 試驗研究 調査基準(農村振興廳, 1989)에 準하여 收穫期인 7月 22日에 區當 20株를 任意로 選定하여 莖長, 莖直徑, 分枝數, 花頭數 等を 調査하였다. 建物重, 100粒重 및 收量은 dry oven에서 60℃ 乾燥 後 秤量하여 最大 및 最小值를 除外한 나머지의 平均値로 하였다.

結果 및 考察

1. 紅花 收穫後 土壤의 化學性

硫黃 또는 黃酸加里 施用 後 收穫期에 調査한 土壤의 化學的 特性은 Table 2와 같다. 硫黃 施用量이 增加함에 따라 土壤 pH는 다소 낮아지는 傾向이었으며, 黃酸加里를 施用한 處理區에서는 pH 變化를 보이지 않았다.

有機物의 含量과 全窒素含量에서는 處理量

Table 2. Chemical properties of the soil after harvest of safflower

| Treatment (kg/10a) | pH (1 : 5) | O. M (%) | T-N (%) | Avail. P ₂ O ₅ (mg/kg) | Ex. Cations (cmol ⁺ /kg) | | | SO ₄ ²⁻ (mg/kg) | Active Fe (mg/kg) |
|---|---------------|-------------|------------|--|--|------|------|--|----------------------|
| | | | | | K | Ca | Mg | | |
| S [†] -0 | 5.9 | 1.84 | 0.12 | 588 | 1.24 | 9.28 | 3.73 | 19.5 | 43.39 |
| S-10 | 5.8 | 2.05 | 0.13 | 561 | 1.04 | 9.24 | 3.35 | 65.2 | 52.54 |
| S-20 | 5.6 | 1.94 | 0.13 | 536 | 1.00 | 8.51 | 3.17 | 177.9 | 57.92 |
| S-40 | 5.4 | 1.95 | 0.12 | 470 | 1.18 | 8.59 | 3.12 | 346.1 | 60.68 |
| K ₂ SO ₄ -S [‡] 10 | 5.8 | 1.87 | 0.10 | 574 | 1.61 | 9.05 | 3.10 | 314.9 | 50.81 |
| K ₂ SO ₄ -S 20 | 5.9 | 1.95 | 0.13 | 566 | 2.30 | 9.05 | 2.95 | 637.3 | 47.55 |

[†] S : sulfur powder

[‡] K₂SO₄-S : kg/10a with sulfur content.

에 따라 뚜렷한 差異가 없었으나 有效磷酸의 含量은 硫黃의 施用量이 增加할수록 減少하였다. 이는 硫黃處理에 따른 土壤 pH의 저하에 따라 加水酸化物이나 硅酸鹽으로 부터 鐵·알루미늄이 용해되어 磷酸과 反應하여 인산철 또는 인산알루미늄의 不溶性化合物이 되므로 유효태 인산의 含量이 減少되는 것으로 判斷된다.

置換性 K의 含量은 硫黃處理區에서 1.00~1.24 cmol⁺/kg으로 거의 變化가 없었으나 硫黃含量을 基準으로 處理한 黃酸加里 處理區에서는 土壤中 K 含量이 增加하였다.

硫黃 處理區에서는 硫黃의 施用量이 增加할수록 土壤에서 有效 SO₄²⁻ 含量이 크게 增加하였다. 硫黃을 施用하지 않은 control區(S-0)에서 SO₄²⁻의 含量은 19.5 mg/kg이었지만 硫黃 40 kg/10a 處理區에서는 346.1 mg/kg이었으며 黃酸加里 20 kg 處理區에서는 637.3 mg/kg이었다.

硫黃 20 kg 處理區와 黃酸加里 S-20 kg/10a 處理區를 比較하면 黃酸加里 S-20 kg/10a 處理區가 SO₄²⁻ 含量이 3배 以上 높게 나타났다. 이는 硫黃을 土壤에 施用하면 일부는 酸化하여 SO₄²⁻ 形態로 變化되지만 大部分은

土壤中에 變化하지 않고 硫黃 形態로 남아 있기 때문에 推定된다. 유허의 시용은 토양의 pH를 상당히 감소시킬 것으로 예측했으나 pH는 control 區의 토양 pH는 5.7이며 硫黃을 40 kg/10a 處理한 區에서는 pH는 5.4로 큰 差異는 보이지 않았다. 이는 土壤의 緩衝能(趙 등, 1989)에 기인하는 것으로 보여진다.

土壤中 有效 Fe 含量은 control區에서 43.39 mg/kg이었으나 硫黃處理量이 增加함에 따라 Fe의 含量이 增加하였다. 이는 土壤이 酸化될수록 加水酸化物이나 硅酸鹽의 鐵·알루미늄이 많이 溶解되기 때문인 것으로 判斷된다.

2. 硫黃施用後 時期別 土壤 pH 變化

硫黃施用後 時間이 經過함에 따른 土壤 pH의 變化는 Fig. 1과 같다.

硫黃 處理區에서는 control 區에 비해 土壤 pH가 낮게 나타났다. 處理 前에는 pH가 5.9이었지만 處理 後 期間이 經過함에 따라 점차 減少하였다.

Column 내의 pH는 處理 後 期間의 經過에 따라 control 區에서는 變化가 없거나 약간의 上昇하는 경향이었으나 硫黃 處理區에서는 pH가 減少하였으며 處理量이 增加할수록 減

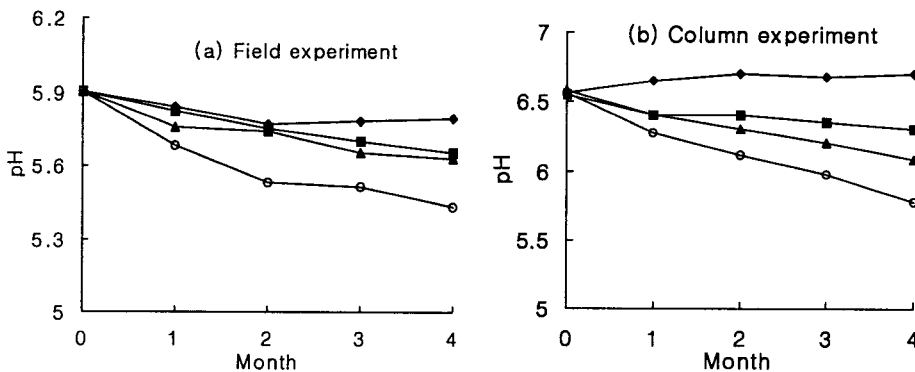


Fig. 1. Changes in pH after sulfur application in soils.

◆ S-0, ■ S-10, ▲ S-20, ○ S-40kg/10a

少幅이 크게 나타나 硫黃 40 kg/10a 處理區에서는 pH 5.68 까지 減少하였다. 이는 土壤에서 硫黃이 酸化하여 SO_4^{2-} 가 生成되었기 때문에 pH가 낮아진 것으로 判斷된다.

土壤에서 硫黃이 酸化할 경우 어느 정도까지 pH가 變化할 것인가를 調査한 報告(ADC-WHA, 1986)를 보면 總 硫黃含量이 0.29~0.59%이나 pH는 모두 7.0 이상인 土壤試料에 H_2O_2 를 添加하여 순간적으로 硫黃을 酸化시킨 結果 pH가 1.94~3.29로 급히 下降하였다. 이는 H_2O_2 에 의하여 硫黃이 强制 酸化하여 SO_4^{2-} 가 급격히 生成되었기 때문이다. 이런 현상은 潛在特異酸性土에서 典型的으로 나타나는 特性이다.

이와 같이 土壤에 添加된 硫黃은 自然狀態에서도 서서히 酸化되어 토양을 酸性化 시키겠지만 酸化速度가 느린 관계로 硫黃 또는 SO_4^{2-} 는 植物이 吸收하거나 溶脫되기 때문에 H_2O_2 處理한 것과 같이 極度로 pH가 低下하지는 않을 것으로 판단되어 진다.

3. 硫黃施用後 時期別 土壤 中 有效 磷酸의 含量 變化

硫黃 施用後 時間이 經過함에 따라 土壤中

有效 磷酸의 含量을 調査한 結果는 Fig. 2와 같다. 硫黃을 施用하면 土壤中 有效 磷酸의 含量이 減少하는 傾向이었다. 특히 硫黃 40 kg/10a 施用區에서는 처리前 有效 磷酸 含量이 580mg/kg이었으나, 時間이 經過할수록 계속 減少하여 4 個月 後에는 489 mg/kg까지 減少를 하였다.

磷酸의 固定은 酸性土壤에서는 활성 알루미늄과 철에 의해 매우 빠르게 일어난다(趙 등, 1989). 本 研究에서의 磷酸의 固定은 서서히 進行되는 것으로 나타났다. 이는 硫黃이 酸化됨에 따라 土壤의 pH가 서서히 減少하였고 施用한 磷酸이 土壤膠質과 빠르게 접촉하지 못하기 때문에 4 個月 동안에도 磷酸의 固定이 적게 일어난 것으로 判斷된다.

4. 硫黃施用後 時期別 土壤 中 活性 鐵의 含量 變化

硫黃施用 後 時間이 經過함에 따른 活性 鐵 含量을 調査한 結果는 Fig. 3과 같다. 圃場實驗에서 硫黃 施用前 土壤中의 活性 鐵含量이 40 mg/kg정도로 낮았으나, 施用後 時間이 經過함에 따라 活性 鐵含量은 增加하는 樣相을 보였다. Control 區에 비해 硫黃 施用量이 增加할수

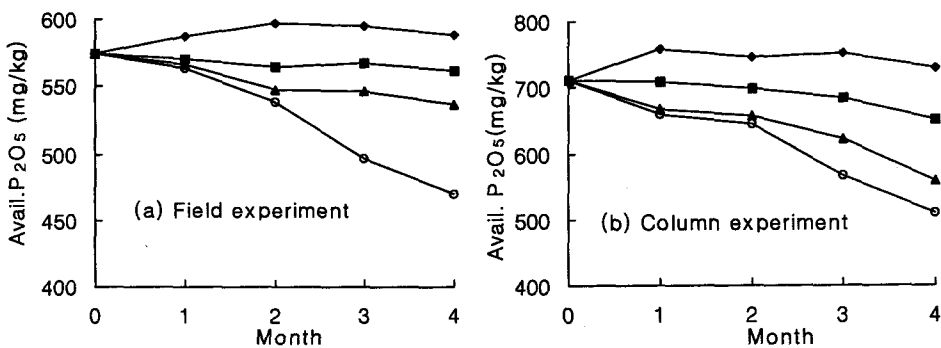


Fig. 2. Changes in available P_2O_5 content with time after sulfur application in soils.

◆ S-0, ■ S-10, ▲ S-20, ○ S-40kg/10a

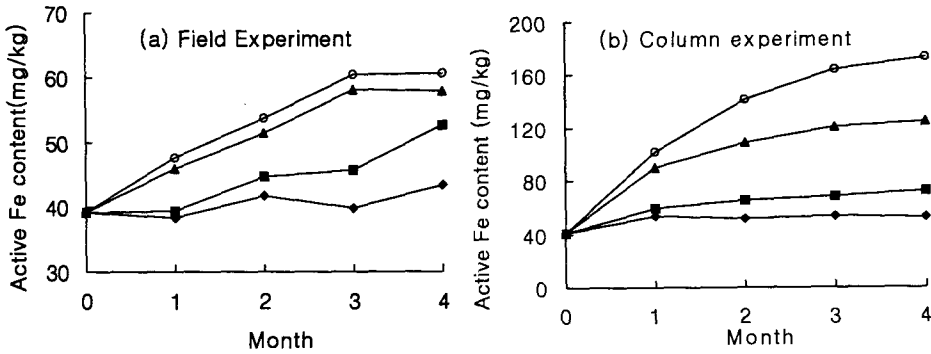


Fig. 3. Changes in active Fe content with time after sulfur application in soils.

◆ S-0, ■ S-10, ▲ S-20, ○ S-40kg/10a

록 활성鐵含量은 높아지는 傾向이었다.

Column 實驗에서는 圃場實驗에 비해 훨씬 뚜렷한 傾向을 볼 수 있었다. 施用前 活性鐵含量이 46 mg/kg을 나타내었지만 硫黃 施用量이 增加함에 따라 活性鐵의 含量이 높아져 硫黃 40 kg/10a 處理區에서는 170 mg/kg으로 增加하였다.

活性鐵의 水準은 pH 6.5~8.0 에서 最少值를 나타내어 酸性土壤에서 비교적 높고 石灰質土壤에서는 낮기 때문에 알칼리성 土壤에서 栽培되는 作物의 경우 鐵缺乏症이 쉽게 나타난다.

5. 硫黃施用後 時期別 SO_4^{2-} 含量 變化

硫黃施用後 時期別 SO_4^{2-} 含量 變化를 調査한 結果는 Fig. 4와 같다. 圃場과 column 實驗에서 公히 硫黃施用後 時間이 經過함에 따라 SO_4^{2-} 含量이 時間이 경과함에 따라 增加하는 樣相을 보였다. 圃場實驗의 경우 施用前의 SO_4^{2-} 의 含量은 14.9 mg/kg으로 매우 낮았으나, 硫黃 施用量을 增加하거나 硫黃施用後 時間이 經過함에 따라 계속해서 SO_4^{2-} 의 含量이 增加하는 樣相을 나타내었다.

이는 硫黃이 土壤中에서 SO_4^{2-} 形態로 酸化

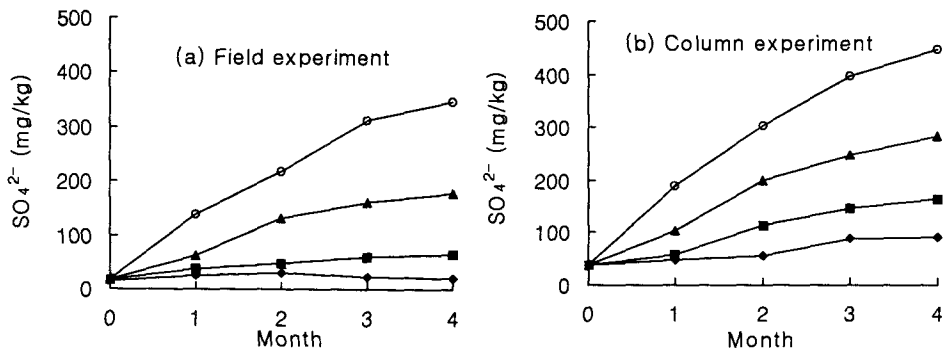


Fig. 4. Changes in SO_4^{2-} content with time after sulfur application in soils.

◆ S-0, ■ S-10, ▲ S-20, ○ S-40kg/10a

되기 때문이다. 硫黃의 酸化는 35℃ 以上の 溫度에서 잘 이루어지고 溫度가 15~25℃ 에서는 72 日間에 22~27% 程度의 酸化가 일어나며, 圃場容水量 주위의 水分含量에서 硫黃의 酸化가 가장 잘 일어난다 (Wainwright, 1984). 그러나 收穫期에 土壤試料를 採取할 때에도 黃色의 硫黃이 土壤속에서 그대로 남아 있었던 것으로 볼 때, 일부분의 硫黃만이 SO_4^{2-} 形態로 酸化되었을 뿐 대부분의 硫黃은 土壤속에서 酸化되지 않고 그대로 남아 있었다.

순수한 硫黃은 매우 安定하여 물에 녹지 않은 結晶性 黃色 固體이다. 硫黃을 粉末로 하여 土壤에 섞어주면 土壤中の *T. thiooxidans* 와 *T. thioparus*와 같은 微生物에 의해 黃酸鹽으로 酸化되는데 (The Sulphur Institute, 1988) 이러한 酸化는 土壤中에서 매우 서서히 일어난다. 따라서 土壤에 施用한 硫黃은 土壤中에서 反應하지 않은 채 粉末狀態로 남아 있는 것으로 판단된다.

6. 硫黃施用량과 紅花의 生育과 種實 收量

硫黃 施用량을 달리하여 紅花를 栽培한 結果 紅花의 生育 및 種實의 收량을 調査한 結果

는 table 3과 같다.

乾物重은 硫黃 施用區에서 1株當 132~138g으로 control 區의 126g에 비해 3~9% 增加하였으며, 硫黃의 施用量이 增加함에 따라 乾物重이 增加하는 傾向을 보였다. 黃酸加里와 硫黃를 比較하면 같은 水準에서는 差異가 없었지만 control 區에 비해서는 乾物重이 增加하여 黃酸加里 20 kg/10a 區에서 乾物重이 가장 높았다.

種實收量은 硫黃施用區에서 10a 當 285~314kg으로 control 區 126g에 비해 6~17% 增加하는 것으로 나타났다. 處理水準에 따라 硫黃 施用量이 많을수록 種實收量이 增加하였으나 硫黃 40 kg/10a에서는 增加幅이 減少하였다.

硫黃施用에 따른 收量 增收效果는 여러 文獻 (Lim & Eom, 1984 ; Lee et al., 1993) 에서 報告된 바와 같이 本研究에서도 收量の 增收을 나타내었다. 그러나 100 粒重에서는 control 區와 比較해 볼 때 거의 차이가 나타나지 않았다.

以上の 結果에서 收量の 增加는 硫黃 施用에 따라서 全般的으로 收量構成要素가 增加하는 傾向을 보여 硫黃의 施用은 紅花의 生育

Table 3. Effect of sulfur application rate on the plant growth and seed yield of safflower

| Treatment (kg/10a) | Stem height (cm) | Stem diameter (mm) | Branch length (cm) | No. of flower heads (per plant) | Plant weight (g/plants) | 100 seeds weight (g) | Seed yield (kg/10a) | |
|--|------------------------|--------------------------|--------------------------|--|-------------------------------|-------------------------------|------------------------|-------|
| | | | | | | | Yield | Index |
| S [†] -0 | 91 | 10.3 | 35.8 | 7.4 | 126b* | 4.83 | 268b | 100 |
| S-10 | 89 | 10.4 | 35.5 | 7.7 | 132ab | 4.81 | 285ab | 106 |
| S-20 | 90 | 9.8 | 34.2 | 8.2 | 138a | 4.83 | 314a | 117 |
| S-40 | 86 | 9.6 | 31.6 | 7.7 | 133ab | 4.67 | 290ab | 108 |
| K ₂ SO ₄ [‡] -S10 | 89 | 10.2 | 35.4 | 8.0 | 134ab | 4.75 | 312a | 116 |
| K ₂ SO ₄ [‡] -S20 | 94 | 10.6 | 37.9 | 7.9 | 138a | 4.88 | 307a | 115 |

[†] S : sulfur powder

[‡] K₂SO₄-S : kg/10a with sulfur content.

* Means within a column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

을 助長하여 紅花 種實의 收量을 增大시킨 것으로 판단되며, 20kg/10a처리가 적정시용량으로 判定되었다.

摘 要

硫黃施用에 따른 土壤 및 紅花의 收量에 미치는 影響을 調查하기 위하여 硫黃施用量에 따른 土壤化學性 및 紅花種實의 收量을 調查한 結果는 다음과 같다.

硫黃施用後 紅花種實의 收穫期에 土壤을 分析한 結果 土壤의 pH와 有效磷酸의 含量이 減少되었다. 硫黃處理後 時間이 經過함에 따라 硫黃 處理量이 많을수록 活性鐵含量과 SO_4^{2-} 含量이 增加하였다. 硫黃施用量이 증가함에 따라 乾物重이 증가하였으며, 紅花種實收量은 增加하는 傾向이었으며 硫黃 20 kg/10a施用區에서 가장 높았다. 따라서, 紅花栽培地의 硫黃處理는 收量 및 品質에 效果的인 것으로 나타났으며, 收量構成要素 側面에서 20 kg/10a 處理가 效果的인 것으로 判斷되었다.

LITERATURE CITED

- ADC-WHA. 1986. MULAUT mechanized rice project-Preliminary and detailed design-Report on joint Project of ADC. Korea and WHA. Brunei pp. 19~31.
- Allaway, W. H. and J. F. Thompson. 1966. Sulfur in the nutrition of plants and animals. Soil Sci. 101 : 240~247.
- Fox, R. L., B. T. Kang and D. Nangiu. 1977. Sulfur requirements of cowpea and implications for production in the tropics. Agron. J. 69 : 201~205.
- Gilbert, F. A. 1951. The place of sulfur in plant nutrition. Botan. Rev. 17 : 671.
- Lee S. H., C. B. Kim., N. K. Park., S. D. Park and B. S. Choi. 1993. Effect of Sulphur on the Yield and Some Quality of chinese Cabbage. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 26(4) : 253~258.
- Lim S. U. and J. W. Eom. 1984. Effects of Sulfur on Yield and Nutritive Qualities of Soybean. J. Korean Soc. Soil. Sci. Fert. 17(4) : 356~362.
- Soliman, M. F. S. F. Kostandi and M. L. van Beusichem. 1992. Influence of Sulfur and Nitrogen Fertilizer on the Uptake of Iron, Manganese, and Zinc by Corn Plants Grown in Calcareous Soil. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 23 : 1289~1300.
- The Sulphur Institute. International symposium on sulphur for Korean agriculture. 1988. J. Korean Soc. Soil. Sci. Fert. pp. 67~71.
- Wainwright M. 1984. Sulfur oxidation in soils. Advances in Agronomy. vol. 37. pp. 349~396.
- 金準漢. 1998. 韓國產 紅花 (Carthamus tinctorius L.) 種實의 骨折治癒 및 脂質代謝 改善 效能과 加工食品 開發. 慶北大學校 博士學位論文.
- 農業技術研究所, 1988. 土壤化學 分析法.
- 農村振興廳. 1989. 藥用作物 試驗研究 調查基準. 作物試驗場. pp 84~89.
- 이인우, 최진규. 1998. 홍화씨 健康法. 태일출판사. pp. 203~223.
- 이창복. 1980. 大韓植物圖鑑, 백양당, p 779.
- 육창수. 1981. 韓國本草學, 癸丑文化社, p 241.
- 山口一孝. 1963. 植物成分分析法(上), 南江堂, pp 260~265.
- 趙成鎮 外. 1989. 三訂土壤學. 5th. ed., 鄉文社. pp. 145~147.
- 崔炔, 金鼎濟, 申榮五 : 1985. 土壤學 實驗. 螢雪出版社. pp. 1~88.