

녹비작물 도입에 따른 토마토 시설재배지 연작장해 토양 개량 효과

손초이¹, 정유진², 이인혜¹, 강위금³, 전원태³, 노일섭⁴, 강권규^{1,2*}¹한경대학교 원예학과, ²한경대학교 유전공학연구소, ³농촌진흥청 작물시험장, ⁴순천대학교 원예학과**Differences in Soil Improvement Effects of Four Green Manure Crops in Greenhouse Cultivation****Cho Yee Son¹, Yu Jin Jung², In Hye Lee¹, Ui Gum Kang³, Weon Tai Jeon³,
Il Sup Nou⁴ and Kwon Kyoo Kang^{1,2*}**¹Department of Horticulture, Hankyong National University, Ansong 456-749, Korea²Institute of Genetic Engineering, Hankyong National University, Ansong 456-749, Korea³National Institute of Crop Science, Suwon 441-857, Korea⁴Department of Horticulture, Sunchon National University, Suncheon 540-742, Korea

Abstract - Four different green manure crops, hairy vetch, Italian ryegrass, crimson clover, orchard grass were cultivated to test the differences in their effects on soil improvement. After plowing to incorporate the green manure crops, tomato plants were grown as a succeeding crop to investigate the effects of green manure on the soil physical properties and plant growths. The experimental results showed that green manure could decrease the soil hardness. Italian ryegrass and hairy vetch as the green manure were especially effective in decreasing the soil hardness. Orchard grass and Italian ryegrass provided more void in soil matrix, resulting increased soil moisture contents. After two months, bulk density was decreased in the plots of Italian ryegrass and orchard grass. However, there were no significant differences between green manure plots and control after the cultivation of the succeeding crop. The results indicated that the growing Italian ryegrass and hairy vetch as green manure helped growing tomato plants. Orchard grass also improved the soil characteristics, comparable to Italian ryegrass in spite of their relatively small biomass.

Key words - Green manure, Green manure crop, Soil improvement, Soil physical properties, Succeeding crop

서 언

최근 국민 소득의 증가와 함께 고품질 신선편이의 수요가 급증하면서 이를 위한 시설채소 재배면적은 해마다 증가하여 2010년 약 10만 5천 ha를 차지하고 있다(농림수산식품부 2010). 시설 재배작물은 무, 배추, 오이, 상추, 호박, 참외, 딸기, 토마토, 가지 등이 대부분을 차지하고 있으며, 대규모 단지화에 따라 동일 시설내에서 같은 작물의 연작이 계속되고 있다. 시설하우스 재배토양은 외부와 격리되어 천연무기물 공급원인 강우가 차단될 뿐 아니라 시설내 온도가 높아 하층에서 상층으로 토양수분이 이동하며, 농약, 화학비료 및 유기물의 과다사용으로 시설내 토양

이화학성이 열악해진다. 비닐하우스에서 발생하기 쉬운 작물의 성장장해는 여러 가지가 있으나 일반적으로 연작장해에 의한 토양내 특정양분의 소모, 토양물리성 악화, 전작물의 뿌리나 작물유체의 분해과정에서 생성되는 독소물질이 토양중에 축적되어 생육장해를 발생하는 것과 토양의 병원성 미생물, 선충 등에 의한 흡수장해가 알려져 있다(Kim *et al.*, 2002; Lee *et al.*, 2006). 이와 같은 지력저하에 대한 대책의 하나로서 지속가능한 농법으로 지력회복 가능한 녹비도입에 대한 연구가 보고되고 있다(Allotey *et al.*, 1997).

녹비란 토양을 비옥화 할 목적으로 재배한 작물을 부숙시키지 않고 토양에 투입하여 비료화하는 것으로 토양물리성 개선, 토양병해 경감 등 다양한 효과에 대해 알려져 있

*교신저자(E-mail) : kykang@hknu.ac.kr

다(Vaughan and Evanylo, 1998). 녹비의 종류가 토양물리성 개선 및 후작물생육에 미치는 영향에 대해서는 토양의 삼상분포(Jeon *et al.*, 2008; Bronick and Lai 2005), 대립량과 건조밀도(Eo *et al.*, 2010), 토양경도(Riling and Mummey, 2006; Riling *et al.*, 2006; Clark, 2007) 등에 대해 알려져 있다. 그러나 시설재배지에서 녹비작물과 후작물간의 연작장해 경감연구가 거의 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 연작장해를 일으키는 토마토 시설재배지에 hairy vetch, Italian ryegrass, crimson clover, orchard grass 등 4종을 도입하여 토양 화학성 및 작물생육에 미치는 영향에 대하여 조사하였다.

재료 및 방법

녹비작물재배

녹비작물은 hairy vetch, Italian ryegrass, crimson clover, orchard grass 등 4종을 공시하였다. 2010년 5월 30일 한경대학교 원예학과 시설하우스에 상기 4종의 녹비작물을 직파하였다. 또한 녹비작물을 재배하지 않은 시비구와 녹비작물을 재배하지 않고 시비도 행하지 않은 대조구를 각각 설계하였다. 시비는 N-P-K 배합비료 5-5-5을 사용하였으며, 각 녹비작물 표준시비량은 질소성분을 7 g/m²을 사용하였다. 7월 31일 녹비작물을 수확하여, 경운기와 소형관리기를 사용하여 토양 중에 투입하였다. 재배관리는 농촌진흥청 원예연구소 토마토재배법에 따라 행하였다.

후작물의 육묘 및 정식

후작물의 공시 품종은 슈퍼선로드(일본 사카다중묘사)를 사용하여 육묘트레이에 파종, 녹비작물을 투입한 지 1개월 후, 본 포장에 4주/m²의 밀도로 정식하였다. 정식 후에는 점적호스를 이용한 관비 재배방식으로 배합비료 N-P-K (5-5-5)를 1주일에 1회씩 추비 형태로 시비처리 하였다.

토양조사

녹비작물의 재배전, 녹비작물의 시용 직전, 녹비작물을 시용 한 후, 토마토 재배후 등 총 4회 채토기를 이용하여, 0~20 cm, 10~20 cm의 깊이 10 cm에서 토양을 채취하여 토양의 함수율, 건조밀도(반비중 또는 용적중), EC(전기전도도), pH를 조사했다. 토양의 pH는 토양과 증류수의 비율을 1:5로 하여 그 현탁액을 초자전극법으로 측정하

였고, 유효인산은 Lan-caster법으로 추출후 분광광도계(CINTRA6, GBC, Australia)로 분석하였다. 토양내 질산태질소는 2 M KCl로 추출 후 켈달분석법에 의해 질소분석기(K-314, Büchi, Switzerland)로 분석하였다. 치환성 양이온 분석을 위하여 토양을 1 N-NH₄OAc(pH 7)로 추출한 후 유도결합 플라즈마발광광도(ICP-AES, GBC Intergrax XM2, Australia)로 정량하였다. 또한 토양경도계에 의해 깊이 0 cm, 10 cm, 20 cm에서 토양경도를 측정하고 토양경도계의 지표값을 압입저항과의 관계식에 의해 압입저항을 산출하였다.

조사항목

녹비작물의 생육조사는 정식 후, 엽수, 최대 엽장 등을 1주일 간격으로 행하였다. 토마토 시설재배지에 녹비작물을 파종하여 10주간 생육시킨 후, 수확하여 뿌리와 줄기를 나누어서 통풍건조에 의해 80℃에서 48시간 이상 건조시킨 후, 건물중을 측정했다.

결 과

연작장해를 일으키는 토마토 시설재배 토양의 화학성

연작장해를 일으키는 토마토 시설재배지 토양의 화학적 특성을 살펴본 결과는 표 1과 같다. 조사한 12곳의 농가 토양의 평균 pH 5.86, 유기물 35.62 g/kg, 유효인산 1957.42 mg/kg 치환성 가리, 석회, 고토는 각각 1.12, 5.97, 2.75 cmol/kg, 전기전도도는 3.56 dS/m으로 나타났다. 이들 결과는 pH의 적정 수준이 6.0~6.5인데 비하여 조사한 거의 대부분의 토양이 수준이하로 나타났다.

녹비작물의 건물중

연작장해를 일으키는 토마토 시설재배지에 몇몇 녹비작물을 파종 후, 70일 경과한 8월 11일에 녹비작물 부위별 건물중을 살펴본 결과는 Fig. 1과 같다. 토마토 시설재배지에서 생산한 녹비작물별 건물중은 Italian ryegrass가 약 1100 g/m²로 최고 높았고 다음으로 crimson clover는 약 820 g/m², hairy vetch는 약 810 g/m² 였고 orchard grass는 약 320 g/m² 로 가장 낮은 값을 나타냈다.

압입저항

각 구의 깊이 별 압입저항을 측정한 결과는 Fig. 2와 같

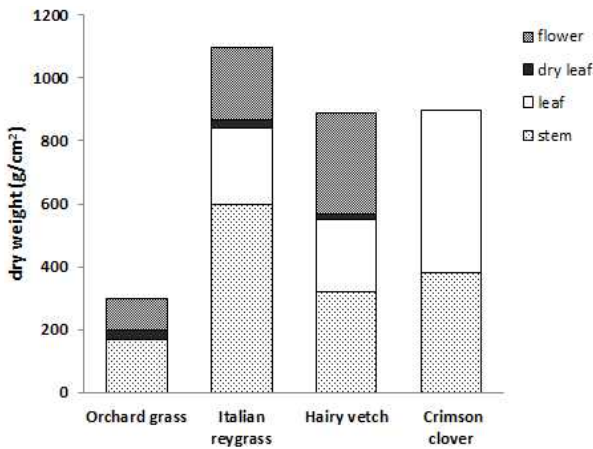


Fig. 1. Dry weight of organs in green manures.

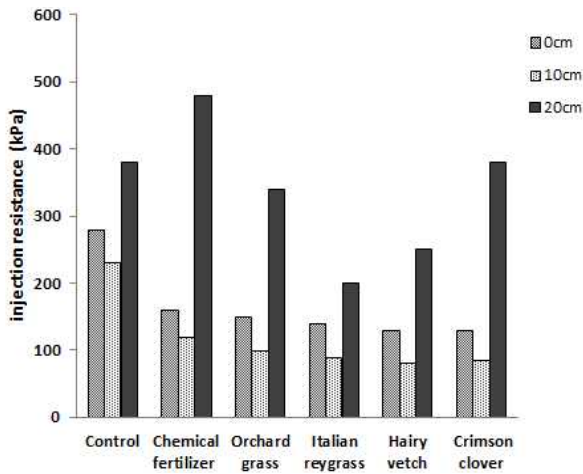


Fig. 2. Injection resistance to soil deep after plowed in soil as green manure.

다. 깊이 0~10 cm에 있어서는 대조구의 압입저항은 높은 값을 나타냈지만 시비구와 녹비구와의 차이는 보이지 않았다. 깊이 20 cm에 있어서 녹비구의 압입저항은 대조구와 시비구 보다도 낮은 값을 나타냈다. 녹비작물 처리구중에서 Italian ryegrass는 약 210 kPa로 가장 낮은 값을 보였으며, crimson clover는 370 kPa, hairy vetch는 260 kPa, orchard grass는 340 kPa으로 나타났다.

건조밀도

각 구의 깊이별 건조밀도를 살펴본 결과는 Fig. 3과 같다. 깊이 0~10 cm에서 대조구와 시비구에서 각각 0.83 g/cm²와 0.95 g/cm²이었으나, 녹비처리구인 Italian ryegrass는 0.55 g/cm², orchard grass는 0.58 g/cm², crimson

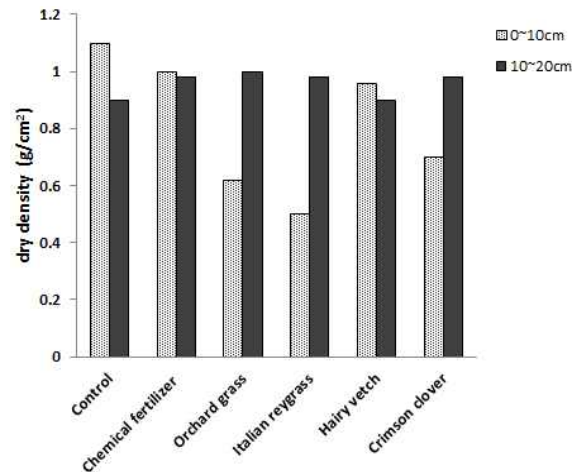


Fig. 3. Dry density to soil deep after plowed in soil as green manure.

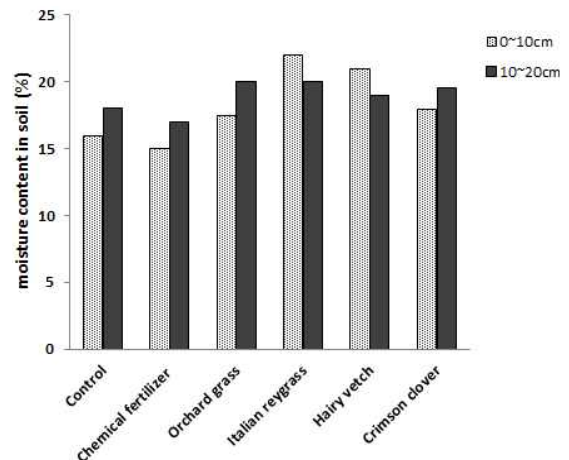


Fig. 4. Moisture content in soil deep after plowed in soil as green manure.

clover는 0.65 g/cm², hairy vetch는 0.82 g/cm²를 보였 다. 그러나, 깊이 10 cm~20 cm 깊이에서는 처리구별 차 이를 보이지 않았다.

토양함수율

각 구의 깊이별 토양함수율을 나타낸 결과는 Fig. 4와 같다. 깊이 0~10 cm에서 녹비구의 토양함수율은 orchard grass는 16%, Italian ryegrass는 22.5%, hairy vetch는 20.7%, crimson clover는 17%로 대조구 15.6%와 시비구 15%보다도 높은 값을 나타냈다. 깊이 10~20 cm에서 대조 구와 녹비구 사이에는 큰 차이를 보이지 않았다.

Table 1. Chemical properties of injury soil by continuous cropping

pH (1:5)	O.M (g/kg)	Av.-P ₂ O ₅ (mg/kg)	----- (cmol+/kg) -----			NO ₃ -N (mg/kg)	EC (dS/m)
			Ex.-K	Ex.-Ca	Ex.-Mg		
5.6	32	2,051	1.53	4.8	3.1	35	6.3
6.1	47	2,175	1.38	5.3	3.4	48	3.0
5.4	24	1,595	0.83	4.7	1.6	45	4.3
5.5	44	1,878	1.59	6.5	3.7	35	9.0
5.8	33	1,610	0.44	5.5	2	58	1.5
5.3	49	2,050	0.7	5.6	2.6	29	2.4
5.7	49	2,520	0.93	7.2	2.7	25	2.4
6.6	39	2,070	1.36	6.6	2.7	50	1.0
6.2	30	1,730	1.59	8.1	3.6	45	7.2
5.7	50	2,450	1.21	6.5	3.2	65	3.4
5.7	46	1,680	0.5	6	3.1	48	1.3
6.7	20	1,680	1.4	4.9	1.3	30	1.1

고 찰

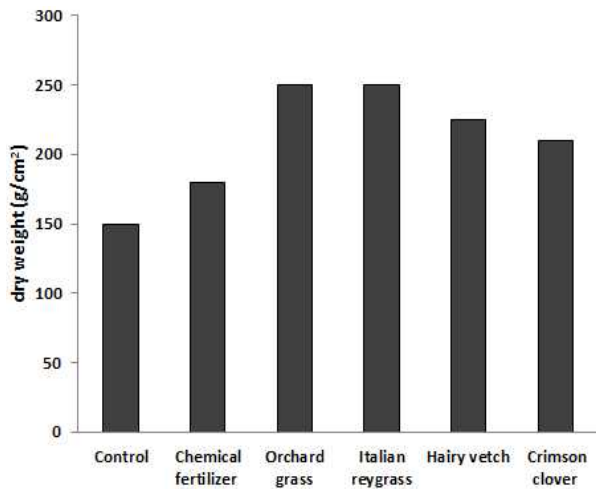


Fig. 5. Dry weight of tomato plant to 80 day after tansplanted.

녹비작물 재배 후 작물인 토마토의 건조중량

녹비작물 재배 후 작물인 토마토 수확시 건물중을 살펴 본 결과는 Fig. 5과 같다. 녹비처리구에서 orchard grass는 253 g/cm², Italian ryegrass는 251 g/cm², hairy vetch는 230 g/cm², crimson clover는 225 g/cm²으로 대조구 150 g/cm²와 시비구 175 g/cm²보다 높은 건물중을 보였다. 건물중 측면에서는 Italian ryegrass가 가장 높았으나, 토마토 생육에 있어서는 hairy vetch가 양호하였다.

시설하우스 재배토양은 외부와 격리되어 천연무기질 공급원인 강우가 차단될 뿐아니라 시설내 온도가 높아 하층에서 상층으로 토양 수분이 이동하며 농약, 화학비료 및 유기물의 과다사용으로 시설내 토양 이화학적성이 열악해진다. 따라서 본 연구에서는 연작장애를 일으키는 토마토 시설하우스에 대해 녹비작물 도입에 따른 토양개량효과를 살펴 보았다. 연작장애를 일으키는 시설하우스 토양의 이화학적 특성은 pH가 6이하로서 적정수준인 pH 6.0~6.5 보다 대체적으로 낮은 수치를 보여 작물생육에 유해한 중금속류를 불용화 시킬 수 없기 때문에 작물생육에 막대한 영향을 준다. 또한 인산, 가리, 석회, 고토, 전기전도도는 적정수준보다 과량으로 다량의 염류가 집적되어 있음을 알 수 있으며, 이를 제거하여 양분의 불균형에 의한 작물의 생리적 장애를 사전에 방지해야 할 것으로 사료된다. 또한, 녹비구에서는 압입저항이 저하되기 때문에, 토양경도를 저하시키는 효과가 있는데 특히 Italian ryegrass에서 효과적이었던 것으로 나타났다. 또한 토양함수율을 높게 유지하는 효과가 높았던 것은 Italian ryegrass와 orchard grass인 것을 알 수 있었다. 토양의 건조밀도는 녹비작물과 섞은 후 10개월에는 녹비구에서 저하되었지만 이것은 녹비와 섞음에 의해 토양공극이 증가했던 것을 나타내고 있다. 건조밀도의 저하는 특히 Italian ryegrass에서 높게, crimson

clover가 그 다음으로 나타났다. 건조밀도는 작물의 재배 후 1월에는 대조구와 차이가 보이지 않게 되었다. 후 작물인 토마토 생육에서 녹비처리구는 대조구와 시비구보다 높은 건물중을 보였으며, 특히 Italian ryegrass의 건물중이 가장 높았으며, 토마토 생육에 있어서는 hairy vetch가 효과적이었다. 녹비를 시용함에 따라 토양경도의 저하와 토양함수율의 향상 건조밀도의 저하 등 토양의 물리성의 개량효과가 확인되었지만, 그 효과에는 녹비작물의 종류에 따라서 차이를 보였다. Italian ryegrass는 토양경도와 건조밀도를 크게 저하시킴과 동시에 토양함수율의 상승효과가 높게 보여지고 토양의 물리성을 개량하는 효과가 가장 컸다. 그것은 녹비를 시용하였을 때 건조중량이 Italian ryegrass가 최고로 높았기 때문이라고 생각되어진다. 그리고 후작물인 토마토의 생육은 Italian ryegrass에 의해 촉진되었던 것은 토양의 물리성의 향상에 의한 것이라고 생각되어진다. 지금까지 녹비도입에 의한 토양경도의 저하가 작물의 증수효과를 초래한다는 보고는 몇몇 작물에서 보고되었다(Otani *et al.*, 1996; Riling *et al.*, 2007; Clark, 2007). 또한 orchard grass는 녹비로 시용할 때 건물중은 가장 작았지만 건조밀도를 저하시키는 효과는 높았음을 알 수 있었다. 한편 토양경도와 토양함수율을 높이는 효과는 그다지 보이지 않았다. 경관작물로서 주목되고 있는 hairy vetch는 토양경도의 저하와 토양함수율의 향상에 대한 효과는 보이지 않았지만 건조밀도를 저하시키는 효과는 보였다. 또한 crimson clover는 건조밀도를 저하시키는 효과는 보였지만 그 밖의 토양의 물리성의 개량효과는 보이지 않았다. 이상과 같이 토양의 물리성 개량이라는 점에서는 Italian ryegrass가 최고로 효과적이었지만 작물의 종류에 따라서 생육촉진 효과는 달랐다. 연작장해를 일으키는 토마토시설재배지에서 녹비를 시용하였을 때 생육은 촉진된 것으로 미루어 볼 때 녹비작물 시용이 연작장해의 경감요인이라고 설명 할 수 있다. 그러나 녹비의 효과를 높이기 위해서는 녹비와 작물의 조합에도 생각할 필요가 있음을 알 수 있었다(Vaughan and Evanylo, 1998).

본 연구에서 행했던 토양경도와 함수율, 건조밀도 등의 토양 물리성 측정만으로는 녹비작물의 효용성 및 작물 생육에 매우 효과적이거나 그 원인에 대해서는 명확하게 밝히지 못하였다. 따라서 녹비에 의한 양분공급 등의 토양 화학성과 토양 생물성에 대한 효과에 대해 그 원인 구명 대해서는 차후의 과제이다.

적 요

본 연구는 4종의 녹비 작물, hairy vetch, Italian ryegrass, crimson clover, orchard grass 등을 도입하여 연작장해를 일으키는 토마토 시설재배지의 토양개량에 미치는 효과를 구명하였다. 각각의 녹비 작물을 시용한 후, 후 작물로서 토마토를 정식하여 토양의 물리화학성 및 토마토 건물중 등을 조사하여 녹비작물 재배의 효과 조사하였다. 그 결과 녹비작물 시용에 따라 토양 경도가 감소되었다. Orchard grass와 Italian ryegrass는 토양습도를 증가시키는 요인으로 토양 매트릭스에서 더 많이 무효화시킬 수 있었다. 녹비작물 시용 2개월 후, Italian ryegrass와 orchard grass 처리구에서 토양 건조 밀도가 감소를 보였으나, 대조구와 녹비구간 통계적 유의성이 인정되지 않았다. 녹비작물로서 Italian ryegrass와 hairy vetch의 시용이 토마토 생육에 영향을 주어 건물중의 증가 및 양호한 생육을 보였다. 또한 orchard grass는 상대적으로 적은 바이오메스인데도 불구하고, 토양 개량에 효과적이었다.

사 사

이 논문은 농촌진흥청의 연구비 지원(PJ007358)에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

인용문헌

- Allotey, D.F.K., T. Horiuchi and S. Miyagwa 1997. Growth and nutrient dynamics of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) as influenced by different applications of green soybean manure and bio-decomposer. Japanese J. Crop Sci. 66(3):407-417.
- Bronick, C.J. and R. Lai. 2005. Soil structure and management: a review. Geoderma 124:3-22.
- Clark, A. 2007. Managing cover crops profitably (third edition). Sustainable Agriculture Network. MD, USA.
- Eo, J., S.B. Kang, K.C. Park, K.S. Han and Y.K. Yi. 2010. Effects of cover plants on soil biota: A study in an apple orchard. Korean J. Environ. Agri. 29(3):287-292.
- Jeon, W.T., M.T. Kim, K.Y. Seong and I.S. Oh. 2008. Changes of soil properties and temperature by green manure under rice-based cropping system. Korean J. Crop Sci. 53: 413-416.

- Kim, C.G., J.H. Seo, H.S. Cho, S.H. Choi and S.J. Kim. 2002. Effect of hairy vetch as green manure on rice cultivation. Korean J. Soil Sci. Fert. 35(3):169-174.
- Lee, B.H., J.W. Ahn, D.Y. Hwang, S.H. Oh, J.H. Kim, S.Y. Kim, Y.C. Ku and Z.R. Choi. 2006. Growth characteristics of six rice cultivars under rice-chinese milk vetch (*Astragalus sinicus* L.) cropping system. Korean J. Crop Sci. 51(S):84-91.
- Otani, T., N. Ae and H. Tanaka. 1996. Phosphorus (P) uptake mechanisms of crops grown in soils with low P status. II. Significance of organic acids in root exudates of pigeon pea. Soil Sci. Plant Nutr. 42:533-560.
- Riling, M.C. and D.L. Mummey. 2006. Mycorrhizas and soil structure. New Phytologist 171:41-53.
- Rilling, M.C., B.A. Caldwell, H.A.B. Wosten and P. Sollins. 2007. Role of proteins in soil carbon and nitrogen storage: controls on persistence. Biogeochem. 85:25-44.
- Vaughan, D.J. and G.K. Evanylo. 1998. Corn response to cover crop species, spring desiccation time, and residue management. Agron. J. 90:536-544.
- 농림수산식품부. 2010. 농림수산물 주요 통계. 단행본 1-592.
- (접수일 2011.9.6; 수정일 2011.9.21; 채택일 2011.9.29)