

농업투자용 시범농장 조성 후보지 선정을 위한 라오스 우돔싸이주(州)의 토양조사 및 토지특성 평가

박무언* · 박기욱¹ · 조일환²

농촌진흥청 농진회, ¹한국농어촌공사 농어촌연구원, ²성덕농산

Soil Survey and Land Evaluation for Establishing the Demonstration Farm in the Oudomxai Province, Laos.

Moo-Eon Park*, Ki-Wook Park¹, and Il-Hwan Cho²

Retired Official Association of RDA, Suwon 441-707, Korea

¹Rural Research Institute. KARICO. Ansan 426-170, Korea

²Seongduk Agriculture Company, Yeongigun 339-833, Korea

In order to select the demonstration farm site for agricultural investment by Korean fund, 14 sites were investigated by soil morphological characteristics and were evaluated by rating method in the Oudomxai province of Laos. Land evaluation was carried out by using eight factors, such as site accessibility, soil erosion susceptibility, easiness of farm mechanization, irrigation water obtainability, suitability of soil physical and chemical properties for crop growth, cost for establishment of farm foundation and land obtainability. In addition, one site to have been highly ranked was soil physico-chemically studied for farm planning. The site of heavy clayey soil has hydraulic conductivity of 26.27~40.64 cm day⁻¹, organic content of lower than 14 g kg⁻¹, available phosphate content of lower than 3 mg kg⁻¹, exchangeable cations of lower than 0.38, 11 and 3.1 cmolc kg⁻¹ in K, Ca and Mg, respectively. Major important limitations for establishment of demonstration farm were concluded as heavy soil-texture, high soil erodibility, low organic matter and phosphate contents, and insufficient irrigation water in the Oudomxai province of Laos.

Key words: Rating method, Oudomxai soil, Land evaluation, Demonstration farm

서 언

세계 제2차대전 이후 세계는 민주주의와 공산주의로 구분되는 극심한 대립갈등으로 깊은 상처를 입기도 하였으나 러시아연방제도의 붕괴, 분단국가인 독일과 베트남의 통일 등 자유화바람으로 냉전이 종식된 이후에는 이념적 갈등은 퇴색하고 경제적 갈등만이 존재하게 되었다. 경제전쟁에서는 과학기술도 중요하지만 원자재의 중요성이 더욱 강조된다. 금, 은, 동과 같은 고전적 광물자원은 물론 현대 첨단과학기술의 비타민이라고 불리는 희귀류 금속은 각국이 확보에 혈안이 되고 있다. 이러한 갈등은 농업부분에서도 예외가 아니라 식품공업의 원자재가 되는 옥수수, 콩, 밀, 설탕 등 농산물도 해가 다르게 국제곡물가가 오르고 있다. 특히 근년에는 기상 재해가 심하고 일부 농산물이 바이오에너지를 제조하기

위한 원료로 곡물이 사용됨에 따라 농산물의 무기화라는 말이 대두될 정도로 농산물의 안정적 확보가 중요시 되는 지경에 이르렀다. 우리나라는 농지가 협소하기 때문에 쌀은 자급률이 100%이상이지만 기타 농산물은 거의 수입에 의존한다. 우리나라의 식량 자급률은 30%이하에 지나지 않으며 (MAF, 2006), 특히 식품가공분야에 소요되는 대부분의 농산물은 수입에 의존하기 때문에 국제농산물가격에 민감하다. 우리나라 농림수산물부는 원료농산물을 원천적으로 안정하게 확보하는 방안으로 해외농업투자지원정책을 추진하고 있으며, 한국농어촌공사는 해외에 진출하려는 한국농림업체가 진출예정 국가의 농업투자환경을 조사할 수 있도록 재정적 지원을 하고 있다. 본 보고서는 한국농어촌공사의 지원으로 성덕농산(합)이 추진하고 있는 라오스 우돔싸이주에 대한 농업투자를 위하여 시범농장을 개설하기 위한 토양조사 및 토지평가에 대한 연구 결과이다. 우돔싸이주는 라오스 북단에 있는 면적 1,537천 ha (농지 141천 ha), 인구 30만 명의 작은 주이다.

접수 : 2010. 10. 7 수리 : 2010. 11. 25

*연락처 : Phone: +82312558545

E-mail: parkmekr43@naver.com

재료 및 방법

시범농장 후보지의 형태적 토양특성조사와 토양 분석 라오스 우돔싸이주에서 시범농장선정을 위한 후보지의 형태적 특성은 100 x 100 x 120 cm 규격으로 판 토양경의 토양단면이나 도로변의 토양절단면을 이용하여 농촌진흥청 토양조사법 (NAAS, 1973)과 미국 농무성 토양조사 매뉴얼 (USDA, 1962; 2000)에 준하여 조사하였다. 시범농장 선정을 위한 후보지 14개소에 대한 평가는 급수평가법 (FAO, 1985)을 참고로 하여 접근성, 토양침식성, 기계화의 용이성, 관개수확보의 용이성, 토양화학성의 유리성, 토양물리성의 유리성, 농지조성상의 난이성, 농지취득상의 난이성 등 8개 항목에 대하여 5계급으로 평가하여 각 항목의 평가점수를 종합하여 시범농장선정을 위한 종합평가점수로 하였다.

시험토양의 토양물리성측 토성은 피펫법으로 입경분포비율을 분석하여 토성상각법으로 판정하였고, 투수속도는 오거홀에 물을 붓고 줄어드는 물의 양과 시간을 측정하여 계산하는 역오거홀법 (Park and Yoo, 1983; Boast and Kirkham, 1971; Maasland, 1955)을 이용하였다.

시험토양의 화학성 분석은 농촌진흥청 표준분석법 (NAAS, 2000)에 준하여 pH는 토양과 증류수를 1:5로 하여 pH meter로 측정하였고, 토양유기물은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법, 치환성양이온은 토양 5 g을 1N-NH₄OAc (pH7.0)법으로 측정하였다. 시험토양의 염농도는 토양

시료를 채취하여 EC-meter로 토양과 증류수를 1:5로 하여 EC를 측정하였다 (NAAS, 2000).

결과 및 고찰

라오스 우돔싸이주의 토양특성 라오스 우돔싸이주에 대한 성덕농산(합)의 농업투자계획은 일반 농산물뿐만 아니라 장기적으로는 티크, 고무 등 임산물생산도 고려하고 있다. 따라서 투자기업의 장기적 계획수립에 대비하기 위해서는 우돔싸이주의 전반적 토양특성을 알아야 한다. NAFRI (2010a)는 우돔싸이주의 개략토양도를 작성하여 농업지도에 활용하고 있다. 우돔싸이주의 토양도는 FAO 토양분류체계로 Leptosols, Fluvisols, Arenosols, Regosols, Alisols, Acrisols, Luvisols, Lixisols, Cambisols 등 9개 토양이 분포하고 있는 것으로 작도되어 있다. 이들 토양중 Alisols, Acrisols, Luvisols, Lixisols 등 4개 토양이 우돔싸이주 총면적 1,537천 ha의 77%를 차지하고 있다. 이들 4개 토양의 특징은 토심이 깊고 토양생성기간이 긴 식질 토양으로 특징적 감식층위로 알직층 (argic horizon)을 가지고 있다 (EU commission, 2006; Ryu, 2000). 그 외 다른 토양도 비교적 토심이 깊은 양질 내지 식질 토양으로 토양학적 면에서는 작물이나 수목생산에 특별한 장애요소는 적을 것으로 추정되었다. Figure 1은 FAO에서 작성한 WRB 토양분류시스템에 기초한 개략토양도이다.

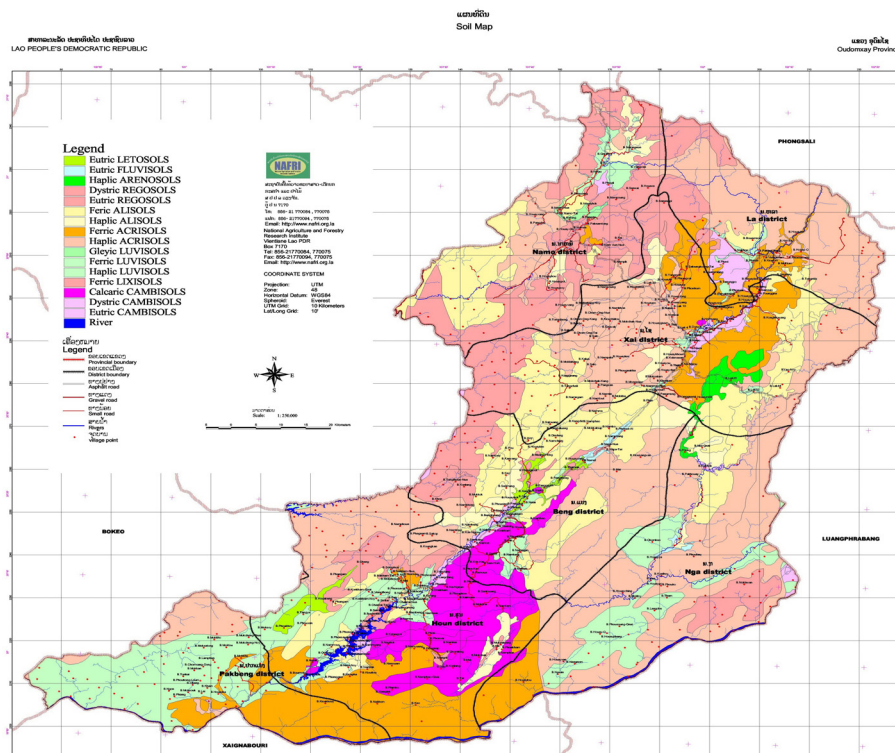


Fig. 1. Reconnaissance soil map by WRB classification system (FAO).

시범농장 후보지의 토양특성 평가 시범농장 선정을 위한 현지 토양관찰은 농장운영의 편리성을 고려하여 가급적 도로에 인접한 곳에 농장이 조성된다는 전제로 도로에서 접근이 용이한 곳 14개소를 선정하여 토양의 형태적 특성을 조사하였다. 토양의 형태적 특성은 도로나 토목공사장의 절단단면이나 직접 토양갱 (100x100 x120 cm)을 파서 토양단면 특징을 조사하였고, 반드시 토양단면관찰이 필요하지 않은 곳은 soil auger를 사용하여 토양깊이별로 토양을 채취하여 간단하게 토양특성을 조사하였다. 토양관찰지점의 위치는 Fig. 2와 같다.

토양특성 조사지점은 우돔싸이주 주요도로인 도청소재지 므앙 싸이 (M.Xai)-므앙 싸야보리 (M.Xayabouri) 간의 2번 국도 (태국국경과 연결도로)와 므앙 싸이-므앙 풍사리 (M.Phongsali)간의 1번 국도 (중국과 연결도로) 및 므앙 싸이-루앙프라방주 (P.Luangprabang)의 므앙 비양감 (M.Viangkham)간의 1번 국도를 중심으로 14개소이다. 조사지점 14개소의 토양단면의 형태적 특성은 Table 1과 같다.

시범농장선정을 위해서 관찰한 14개소의 토양은 대체로 갈색 내지 적갈색의 토양의 식양질 토양으로 8번과 14번 지점을 제외하곤 모두 토심이 깊고 배수등급이 “양호”인 토양으로서 알직층을 가지고 있어 투수성이 낮은 형태적 특성을 가지고 있다. 이들 토양은 토양단면 특성으로 보면 농장개설에 큰 문제점은 없지만 점토성분이 많고 경사가 있어 관리상 문제점은 있는 것으로 판단된다.

8번과 14번 지점의 토양은 농지로서 개발하기보다는

임지로 개발하는 것이 유리할 것으로 생각되며 우돔싸이주의 산악지 토양은 대부분 이와 유사한 특징을 가지는 것으로 추측되었다.

시범농장 선정을 위한 농지의 입지환경 평가 농장의 입지환경평가는 다양한 조건과 요소가 관여되며, 평가방법도 다양하다. 여러 가지 평가 방법중 가장 간단하고 용이한 편리성 때문에 애용되고 있는 방법은 평가 요소의 중요도에 따라 상대적 급수를 부여하고 그 합산으로 등급을 주어 평가하는 급수평가법 (Rating method, FAO, 1985)이다. 이 방법은 절대적 값을 사용하지 않기 때문에 평가자에 따라 기준점이 다를 수 있어 절대적 신뢰를 얻기에는 한계가 있다. 그러나 구체적 데이터나 자료가 부족할 때 여러 가지 선택사항 중 가장 유리한 조건으로 목적을 달성할 수 있는 판단기준으로 이용될 수 있다. 본 환경조사에서 시범농장을 조성할 경우 관찰·조사한 14개지역 토양 중에서 선정한다는 가정하에 평가하였다. 평가항목에는 여러 가지가 있을 수 있으나 본 조사에서는 접근성, 토양침식성, 기계화의 용이성, 관개수확보의 용이성, 토양화학성의 유리성, 토양물리성의 유리성, 농지조성상의 난이성, 농지취득상의 난이성 등 8개 항목에 대하여 평가하였다. 접근성은 농장 관리에 필요한 자재의 구입에 소요되는 시간, 거리, 경비 등을 고려한 난이도에 따라 1 (용이)에서 5 (지난)까지로 등급화 하였다. 접근로가 아스팔트길이 아닌 비포장 진흙길이 20 km이상이고 대도시에서 30 km이상 떨어져 접근성이 매우 나쁜 곳을 5 (지난), 아스팔트 포장

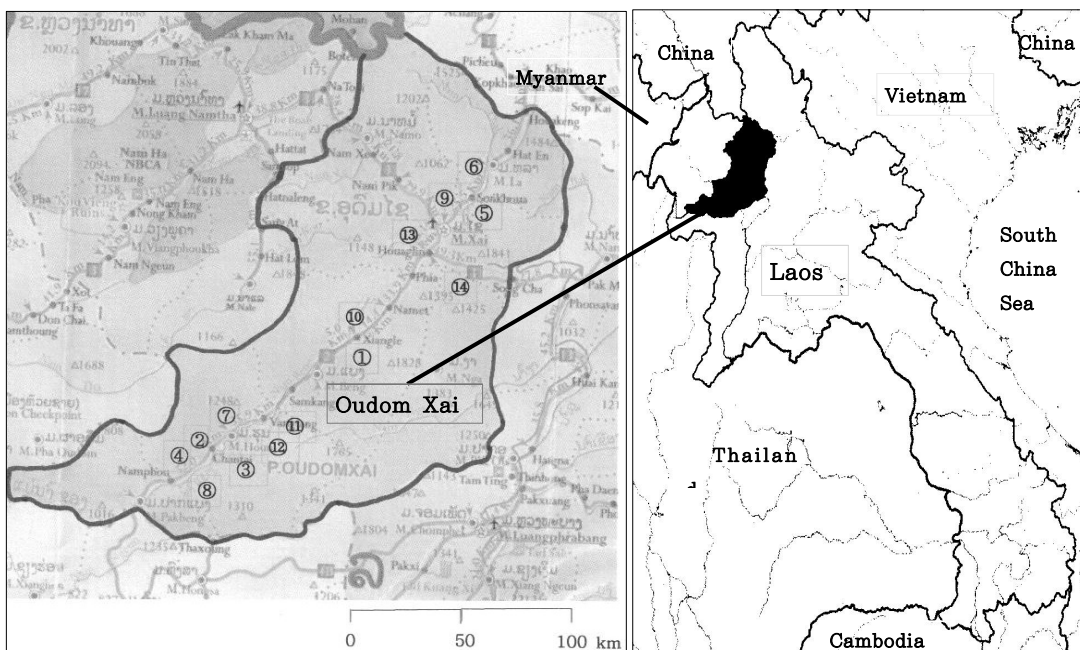


Fig. 2. Location of soil observation sites in the Oudomxai province, Laos.

Table 1. Soil description of observation sites in Oudomxai province.

Site	Soil description
1	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Location: About 15 km from M.Beng to north-east direction. ◦ Geographic setting: Low hill, 7~10% slope ◦ Drainage and landuse: Well, upland <p>A_p ∙∙∙ 0-40 cm. Dark brown (7.5YR 4/4) CL; very sticky and very plastic. B₂₁ ∙∙∙ 40-80 cm. Redish brown (5YR 5/4) SiC; very sticky and very plastic. B₂₂ ∙∙∙80 + cm. Yellowish red (5YR 5/6) SiC; very sticky and very plastic.</p>
2	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Location: Near Chantal about 6 km from M.Houn to M.Pakbeng. ◦ Geographic setting: Low hill, 7~10% slope ◦ Drainage and landuse: Well, upland <p>A_p ∙∙∙ 0-40 cm. Brown (7.5YR 4/4) CL; very sticky and very plastic. B₂₁ ∙∙∙40-100 cm. Strong brown (7.5YR 5/6) SiC; very sticky and very plastic. B₂₂ ∙∙∙100 + cm. Strong brown (7.5YR 5/6) SiC</p>
3	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Location: Chantal about 4 km from M.Houn to M.Pakbeng. ◦ Geographic setting: Alluvial plain, 2~7% slope ◦ Drainage and landuse: Well, upland <p>A_p ∙∙∙0-30 cm. Brown (7.5YR 4/4) gravelly CL; sticky and plastic. B₂₁ ∙∙∙30-70 cm. Strong brown (7.5YR 5/6) SiC; very sticky and very plastic. B₂₂ ∙∙∙70 + cm. Strong brown (7.5YR 5/6) SiC</p>
4	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Location: Chantal about 27 km from M.Houn to M.Pakbeng. ◦ Geographic setting: Hill foot, 3~6% slope ◦ Drainage and landuse: Well, upland <p>A_p ∙∙∙0-30 cm. Dark brown (7.5YR 4/4) gravelly CL; very sticky and very plastic; granular structure; many plant roots; smooth boundary. B₁ ∙∙∙30-60 cm. Yellowish brown (10YR 5/6) SiC; very sticky and very plastic; smooth boundary. B_{21t} ∙∙∙60-80 cm. Yellowish brown (10YR 5/6), SiC; common reddish yellow mottles (7.5YR 6/6); very sticky and very plastic. B₂₂ ∙∙∙80 + cm. Yellowish brown (10YR 5/6), SiC</p>
5	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Location: North-east outskirts of M.Xai. ◦ Geographic setting: Hill, 15~30% slope ◦ Drainage and landuse: Well, upland <p>A_p ∙∙∙0-30 cm. Dark reddish brown (2.5YR 5/4) CL; very sticky and very plastic; granular structure; many plant roots; smooth wavy boundary. B_t ∙∙∙30-130 cm. Red (2.5YR 5/8) SiC, very sticky and very plastic; subangular blocky structure; smooth wavy boundary. BC ∙∙∙130 + cm. Crushed color reddish yellow (7.5YR 7/6) mixed with light reddish brown (2.5YR 6/4) strip, white (7.5YR 8/1), brownish yellow (10YR 6/8) and spot of very dark grayish brown (10YR 3/2); Silt originated from completely weathered mudstone; no structure; sticky and plastic.</p>
6	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Location: 30 km from M.Xai to M.La. ◦ Geographic setting: Hill, 15~30% slope ◦ Drainage and landuse: Well, upland <p>A_p ∙∙∙0-20 cm. Dark yellowish brown (10YR 4/6) CL; sticky and plastic; granular structure; many plant roots; smooth wavy boundary. B₁ ∙∙∙20-40 cm. Yellowish brown (10YR 5/8) gravelly CL; sticky and plastic; subangular blocky structure; smooth wavy boundary. C ∙∙∙40-80 cm. Brownish yellow (10YR 6/8) very gravelly LS; abrupt smooth boundary. R ∙∙∙80 + cm. Bed rock of breccia consisted of various fragments colored with very pale brown, brownish yellow and yellowish brown (10YR 7/7, 6/8, 5/8).</p>
7	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Location: In front of the restrant of village in M.Houn. ◦ Geographic setting: Low hill, 2~7% slope. ◦ Drainage and landuse: Well, upland

	<p>A_p···0-20 cm. Dark reddish brown (5YR 3/3) SiL; sticky and plastic; granular structure; many plant roots; smooth wavy boundary.</p> <p>B_{2t}···20-70 cm. Yellowish red (5YR 5/8) SiCL; very sticky and very plastic; subangular blocky structure; abrupt smooth boundary.</p> <p>B₂₂···70-100 cm. Reddish yellow (5YR 6/8) gravelly SiCL; gravels could be weathered siltstone fragments; diffuse smooth boundary.</p> <p>B₂₃···100+ cm. Reddish yellow (5YR 6/8) very gravelly SiCL.</p>
8	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Location: Near Namphou about 40 km from M.Houn to M.Pakbeng. ◦ Geographic setting: Mountain, 30~60% slope ◦ Drainage and landuse: Excessively well, upland <p>A_p···0-20 cm. Reddish brown (5YR 4/4) gravelly CL; sticky and plastic; granular structure; many plant roots; diffuse smooth boundary.</p> <p>B₁···20-30 cm. Yellowish red (5YR 5/6) gravelly CL; sticky and plastic; smooth wavy boundary.</p> <p>R···30+ cm. Bed rocks of hard gneiss.</p>
9	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Location: Near Nampik about 10 km from M.Xay to M.Namo. ◦ Geographic setting: Hill foot, 7~15% slope ◦ Drainage and landuse: Well, upland <p>A_p···0-30 cm. Reddish brown (2.5YR 4/4) CL; sticky and plastic; many roots; abrupt smooth boundary.</p> <p>B_{21t}···30-110 cm. Red (2.5YR 5/6) SiCL; very sticky and very plastic; clay films; diffuse smooth boundary.</p> <p>B₂₂···110-260 cm. Red (2.5YR 5/8) SiCL; very sticky and very plastic; clay films; clear smooth boundary.</p> <p>B₃···260-330 cm. Light red (2.5YR 7/8) CL; sticky and plastic; abrupt smooth boundary</p> <p>C···330+ cm. Reddish brown (2.5YR 4/4) very gravelly SL; non sticky and non plastic.</p>
10	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Location: Near Xiangle about 4 km from M.Beng to M.Xay. ◦ Geographic setting: Alluvial plain, 2~3% slope ◦ Drainage and landuse: Moderately well, soybean <p>A_p···0-20 cm. Dark grayish brown (10YR 4/2) CL; very sticky and very plastic.</p> <p>B₂₁···20-50 cm. Grayish brown (10YR 5/2) SiCL; many dark yellowish brown (10YR4/6) mottles; very sticky and very plastic.</p> <p>B₂₂···50-100 cm. Strong brown (7.5YR 5/6) SiCL; many yellowish red (5YR 4/6) mottles; firm; very sticky and very plastic.</p> <p>B₂₃···100+ cm. Strong brown (7.5YR 5/6) SiCL</p>
11	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Location: Vantang in M.Houn. ◦ Geographic setting: Local alluvial plain, 2~3% slope ◦ Drainage and landuse: Moderately well, upland (soybean) <p>A_p···0-14 cm. Dark reddish brown (2.5YR 3/3) CL; very sticky and very plastic; subangular blocky structure; many roots; smooth wavy boundary.</p> <p>B₁···14-48 cm. Red (2.5YR 4/6) SiC; many dark reddish brown mottles (2.5YR 2.5/4); subangular blocky structure; some gravels; diffuse smooth boundary.</p> <p>C···48-80 cm. Reddish brown (2.5YR 4/4) SiC with abundant red shell fragments; firm; very sticky and very plastic; diffuse smooth boundary.</p> <p>R···80+ cm. Red shale bedrock with few clay mixture in cracks.</p>
12	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Location: 200m from the Agricultural extension service center of the M.Houn. ◦ Geographic setting: Undulating hill foot, 2~7% slope ◦ Drainage and landuse: Well, upland (corn) <p>A_p···0-30 cm. Dark reddish brown (5YR 3/3) SiL; sticky and plastic; granular structure; many plant roots; smooth wavy boundary.</p> <p>B_{21t}···30-100 cm. Yellowish red (5YR 5/8) SiCL; very sticky and very plastic; subangular blocky structure; abrupt smooth boundary.</p> <p>B₂₂···100-150 cm. Reddish yellow (5YR 6/8) gravelly SiCL; gravels could be weathered siltstone fragments; diffuse smooth boundary.</p> <p>B₂₃···150+ cm. Reddish yellow (5YR 6/8) very gravelly SiCL.</p>
13	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Location: South outskirts of M.Xay. ◦ Geographic setting: Low hill, 10~20% slope ◦ Drainage and landuse: Well, upland (corn)

	<p>A_p: 0-40 cm. Dark reddish brown (2.5YR 3/4) SiCL; very sticky and very plastic; granular structure; many plant roots; smooth wavy boundary.</p> <p>B_{2t}: 40-380 cm. Red (2.5YR 5/8) SiC; very sticky and very plastic; common coarse light reddish brown (2.5YR 7/3) mottles; thick clay films; subangular blocky structure; smooth wavy boundary.</p> <p>BC: 380-1100 cm. Crushed color reddish yellow (7.5YR 7/6) mixed with light reddish brown (2.5YR 6/4) strip, white (7.5YR 8/1), brownish yellow (10YR 6/8) and spot of very dark grayish brown (10YR 3/2); Silt originated from completely weathered mudstone; no structure; sticky and plastic.</p> <p>R: 1100+ cm. Bedrock of mudstone</p>
14	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Location: About 25 km from M.Xay to Songcha. ◦ Geographic setting: Mountain, 30~60% slope ◦ Drainage and landuse: Well, upland (corn) <p>A_p: 0-40 cm. Yellowish brown (10YR 5/6) CL; sticky and plastic; granular structure; many plant roots; smooth wavy boundary.</p> <p>R: 40+ cm. Bedrock of gneiss.</p>

도로와 직접 접해 있고 대도시와 20 km 이내로 접근성이 매우 좋은 곳을 1 (용이)로 하여 상대적 우열에 따라 급수를 주었다.

토양침식은 토양비옥도를 급격히 악화시키고 시비된 비료의 유실로 영양장애와 작물재해를 가중시키는 환경적 역기능이다. 토양침식성은 재배과정 중에서 순간강우량과 강우속도, 경사도, 작물재배방법, 토양피복도, 토양의 투수속도, 유효토심 등이 관여된다. 토양침식정도는 1 (경미)에서 5 (극심)까지로 등급화하였다. Universal soil-loss equation (Brady, 1990)에서 폭우성 강우강도가 크고, 토양이 미사식양질로서 투수력이 나빠 유거수가 많이 발생할 수 있는 조건의 토양으로서 경사장이 길고 60%이상 경사를 가진 경지로서 지표 피복이 낮고 상하경 재배를 하고 있는 지역을 5 (극심)로 하고 경사가 없는 평지로서 토양피복이 좋은 잔디가 식재된 경우를 1 (경미)로 하여 상대적 우열에 따라 급수를 주었다.

영농작업의 기계화에 대한 용이성은 자갈함량, 경사도, 점착성과 가소성, 강우 유거능력 등과 관계가 있다. 날씨가 토양의 조건에 관계없이 언제라도 농작업이 가능한 토양조건을 1 (용이)로 하고 강우시 농작업이 어렵거나 지표상태의 불리성으로 작업에 상당한 어려움이 있는 경우 5 (지난)를 부여하였다. 토양이 점착성과 가소성이 큰 식질로서 강우시 농작업이 어렵고, 경사가 60%이고, 바위나 자갈이 많아 농기계작업이 어려운 경우를 5 (지난)로 하고, 점착성과 가소성이 적어 강우시에도 농기계작업이 가능하고 경사가 없는 평지로서 자갈이나 기타 농작업에 장애되는 요소가 없는 작업효율이 높은 곳을 1 (용이)로 하여 상대적 우열에 따라 급수를 주었다.

관개수 확보는 우기와 건기로 구분되는 라오스에서 작물재배를 자유자재로 선택재배 관리를 위해서는 필수 조건이 된다. 관개수 확보에는 관정도 생각할 수 있으나 현실에서 하천수를 이용하는 것이 가장 용이하다. 따라

서 하천수를 이용할 경우 하천으로부터의 농지까지의 거리가 활용에 가장 큰 변수로 작용할 수 있다. 따라서 관개수확보의 용이성은 하천으로부터의 관개수 유입거리가 1 km이상으로 5단계 이상 펌핑하여야 관개가 가능한 조건을 5 (지난)로 하고, 100 m 이내에 있어 일단 펌핑에 의하여 관개가 가능한 가까운 곳을 1 (용이)로 하여 상대적 우열에 따라 급수를 주었다.

토양화학성의 유리성은 토양자체의 비옥도 기준이 될 뿐만 아니라 시비된 비료가 효율적으로 이용될 수 있을지를 결정하는 요인이 된다. 비료성분의 흡탈착에 관여하는 양이온교환능력 (CEC), 양이온 등 양분의 흡착상태를 나타내는 염기포화도(BS), 자연양분공급의 기초가 되는 유기물함량 (OM), 양이온 농도 등을 고려 할 수 있지만 화학성에 대한 분석성적이 없으므로 NAFRI (2010b)의 토양성적을 참고하여 작물에 유리한 정도를 1 (매우 양호)에서 5 (매우 불량)까지 5등급화하여 평가하였다. 점토함량이 적은 사질토양이고, 경사 60%이상으로 침식과 양분의 용탈 및 세탈이 심한 곳을 5 (매우 불량)로 하고, 저지대로 세탈된 양분이 모이고, 점토함량이 많은 식질 토양을 1 (매우 양호)로 하여 상대적 우열에 따라 급수를 주었다.

토양물리성의 유리성은 시비된 양분이나 관개된 수분이 효율적으로 이용될 수 있고, 작물의 뿌리가 생육에 지장이 없을 정도로 깊은지를 결정하는 근권깊이 (토심), 토성, 배수, 용적밀도 (BD) 등이 작물에 유리한 정도를 1 (매우 양호)에서 5 (매우 불량)까지 등급화 하였다. 표토 깊이가 10 cm 하부에 바위나 경반층이 있는 토심이 매우 얇은 토양으로서 수령으로 침수가 잘 되거나 경사가 60%이상으로 급하고 보수력이 작은 토양을 5 (매우 불량)로 하고, 표토의 깊이가 30 cm 이상이고 토심 1 m 이내에 암반층이나 경반층이 없고, 토성이 사양토-양토이고 배수등급이 "양호"이고 보수력이 좋고 부드러운 토양을 1 (매우 양호)로 하여 상대적 우열에 따

Table 2. Land evaluation for the establishment of model farm by rating method.

Site	Rating factor for land evaluation									Total
	AF [†]	SE	FM	IW	SC	SP	CF	LO		
1	5	3	3	5	1	3	3	1	24	
2	3	3	3	3	1	3	3	1	20	
3	3	2	2	2	1	3	2	4	19	
4	3	3	3	3	1	3	3	4	23	
5	1	4	4	5	1	3	4	4	26	
6	1	4	4	4	2	4	5	4	28	
7	2	3	2	3	1	3	2	5	21	
8	4	5	5	3	3	5	5	1	31	
9	2	3	2	4	1	3	3	3	21	
10	2	1	1	2	1	3	2	5	17	
11	3	3	3	4	1	3	2	1	20	
12	2	3	2	3	1	3	2	5	21	
13	1	3	3	3	1	3	3	5	22	
14	3	3	5	5	3	5	5	1	30	

[†]Rating factors

Accessibility (AF) estimated by time and distance for accessing to farm [0 (easy)→5 (difficult)]

Susceptibility to soil erosion (SE) estimated by stiffness and soil erodibility [1 (light)→5 (sever)]

Easiness for farm mechanization (FM) estimated by rock fragment, soil stickiness, etc. [0 (easy)→5 (difficult)]

Obtainability for Irrigation water (IW) estimated by distance from river [(1 (less 200 m)→5 (1 km more)]

Soil chemical properties (SC) for crop growth estimated by soil morphological properties, [1 (very good)→5 (poorest)]

Soil physical properties (SP) for crop growth estimated by soil morphological properties [1 (very good)→5 (poorest)]

Cost (CF) for establishment of farm foundation estimated by soil morphological properties [1 (low)→5 (highest)]

Land obtainability (LO) estimated by land ownership and price by purchase or lease [1 (easy)→5 (difficulty)]

라 급수를 주었다.

농장의 농지는 기계화나 농작업, 토양개량, 농작물관리 등을 위해서 넓게 평탄화되는 것이 효율적이다. 농장 조성비는 토양물리성, 지표의 기복 등 상태, 경사도, 규모화 가능 면적에 따라 차이가 있다. 따라서 농지조성의 용이성은 평탄화, 구획, 개량 등에 필요한 투입비나 소요시간 등을 고려하여 1 (소)에서 5 (과대)까지 등급화하였다. 경사가 60 %이상이거나 암반이나 자갈함량이 50% 이상으로 농작업이 어렵고 계단식 농지조성이나 등고선 재배가 불가능하여 상업적 농지조성이 거의 불가능하거나 막대한 투자비가 소요될 소질이 있는 토양을 5 (과대)로 하고, 경사가 없는 평탄지로서 농장조성에 시간과 투자비가 아주 적을 것으로 기대되는 토양을 1 (소)로 하여 상대적 우열에 따라 급수를 주었다.

농지취득의 용이성은 농지의 소유권 (국유지 혹은 사유지), 도심이나 마을에서의 거리, 농지의 비옥도, 주민의 협조상태 등이 관여된다. 따라서 농지의 임대, 구입 등 취득의 난이성에 따라 1 (용이)에서 5 (지난) 까지 등급화하여 산정하였다. 농지의 생산력이 좋고 대도시 인근에 위치하며 고가의 사유지인 경우 농장 개발을 위한 농지취득이 매우 어렵고 취득에 시간과 구입비가 과도

하게 소요될 것으로 생각되는 토양을 5 (지난)로 하고, 국유지로서 오지에 위치하며 생산력이 매우 낮아서 농지취득이 매우 쉬울 것으로 기대되는 토양을 1 (용이)로 하여 상대적 우열에 따라 급수를 주었다.

이상의 기준으로 평가할 때 각 평가요소의 합산점수가 가장 낮은 것이 농장개설에 가장 유리할 것이다. 14개 관찰지점의 입지평가를 요약하면 Table 2와 같다.

이상에서 토양관찰지에 대한 입지평가를 하였지만 실제 농장조성에는 다른 여러 가지 요인들이 작용한다. 예를 들면 산출농산물의 유통을 위한 물류의 편리성과 비용, 매출처의 다양성, 기업의 기타 활동과의 연관성 등 여러 가지가 관여 될 수 있기 때문에 위에서 평가한 결과가 시범농장 부지선정에 절대적 잣대가 될 수는 없다. 그러나 가급적 3번, 10번, 2번, 11번, 7번, 12번 관찰지점에서 시범농장이 조성되면 무난할 것으로 평가된다. 이들 6개 관찰지중 11번관찰지는 우뚝싸이주 정부에서 강력하게 추천하는 국유지로서 취득에 가장 유력할 뿐만 아니라 논과 밭을 함께 공유하고 있는 지역이라 농장조성의 다양성 면에서 유리하다. 또 이 지역 토양은 다른 5개 지점토양과 유사한 물리화학적 특성을 가질 것으로 추정되어 11번 토양을 농장조성예정지라 가정하고 토양

의 이화학적 특성을 조사하여 시범농장개설시의 관리방안을 모색코자 하였다.

시범농장 예정지 토양의 이화학적 특성과 토양관리

시범농장을 잘 운영하려면 우선 농작물재배관리에 어떤 문제점이 있고 중요한가를 알아야 한다. 특히 라오스는 한국과 환경이 다르기 때문에 한국의 환경 하에서 정립된 농업기술을 여과 없이 라오스에 적용하기에는 무리가 생길 수도 있다. 라오스 환경에서 어떤 것이 가장 문제가 되고 고려되어야 할 것인지에 대해서는 그 곳 농민들의 영농고충을 아는 것이 가장 중요한 정보가 될 수 있다. 라오스의 북쪽에 위치하는 우돔싸이주는 논 면적이 적기 때문에 화전을 하여 밭벼를 재배하는 것이 가장 흔하다. Roder et al. (1994)는 우돔싸이주의 화전농민이 농업생산에서 느끼는 애로가 잡초 (81%) > 해충 (69%) > 적은 강우량 (47%) = 경지부족 (47%) > 토양 비옥도 (31%) = 노동력 (31%) > 가축 (16%) > 쥐 (12%) > 토양침식 (9%) > 야생동물 (6%) = 병해 (6%)의 순으로 조사되었다고 보고하였다. 따라서 라오스 화전농민들은 잡초문제를 가장 심각한 장애요소로 꼽고 있는데 반하여 토양비옥도나 토양침식문제에 대한 애로는 비교적 심각하게 생각하지 않고 있어 농사지식에 대한 편견과 오해가 심한 것으로 생각된다. 토양특성은 작물의 유전성을 발휘하고 작물재배환경과 작물재배기술을 결정해주는 기초가 된다 (Ryu and Park, 2009). 따라서 건전한 농장 운영을 위해서는 건전한 토양관리가 기초가 되어야 한다.

시범농장의 건전한 토양관리를 위한 기초로 시범농장 예정지 (11번 토양)의 토양이화학적 특성을 분석하였다. Table 3은 시범농장 예정지의 논과 밭토양에 대한 물리적 특성을 조사한 것이다.

시범농장 예정지는 점토함량이 44%이상인 식질 토양으로 분석되었다. 식질 토양은 점착성과 가소성이 매우 높기 때문에 우천시 기계화 농작업에 지장이 빈번하며, 투수력이 느리고, 강우의 수용능력이 적기 때문에 유거수가 많이 발생함으로 토양침식성이 매우 높은 결점을 가진다. 특히 우돔싸이주의 토양의 77%가 점토집적층인

알직층 (argic horizon)을 가진 것으로 발표되었기 때문에 투수력 불량에 의한 토양침식이 크게 문제가 될 것으로 생각된다 (NAFRI, 2010a; EU commission, 2005).

시범농장 예정지의 수리전도도는 논토양이 평균 26.27 cm day⁻¹이고 밭토양이 40.64 cm day⁻¹로서 논토양이 더 낮았다. 열대지방은 강우 패턴이 대개 소나기성 강우를 나타내는 것이 빈번하기 때문에 강우량 자체는 적다고 하여도 강우강도는 매우 높은 경우가 많다. 따라서 40.64 cm day⁻¹ (1.69 cm hr⁻¹)이상의 강우강도를 가지게 되면 잉여 강우는 유거수로 지표층을 흐르기 때문에 토양침식이 일어나게 된다. 더욱이 지구온난화가 진행됨에 따라 세계 곳곳이 게릴라성 폭우로 피해가 극심한 것으로 보도되고 있는 현실을 감안할 때 토양침식은 가장 중요하게 다루어야 할 토양관리요소가 될 수 있다.

Jung and Oh (2002)은 우리나라 고랭지의 침식량 79.6 MT ha⁻¹로 보고하고 있지만, Roder et al. (1994)은 라오스 Xiengngeun district의 농가에서 측정된 토양침식량이 26.2~29.2 MT ha⁻¹에 지나지 않았고, 우돔싸이주의 화전농민이 토양침식을 우려하는 비율은 9%에 지나지 않았다고 보고하였다. 그러나 실제 현지관찰 과정에서 라오스의 메콩강물은 비강우기에도 혼탁하였고 강우 직후의 하천수는 유실된 부유 점토로 물이 붉게 변하는 경우가 많이 관찰되는 것으로 보아 측정당시의 강우패턴이 약하여 침식이 적게 일어난 것으로 추정되었고 농민들은 침식의 심각성을 아직 인지하지 못하고 있는 결과로 해석된다. 열대성 폭우가 많은 라오스의 경우 대부분의 경사지 경지가 계단식으로 개발되지 않고 경사가 급한 원지형을 그대로 가지고 있기 때문에 토양 침식이 일어나기 쉬우므로 토양의 황폐화가 되지 않도록 미리 조치를 취하는 것이 좋을 것으로 생각된다. Evenson (1994)은 화전농법은 용적밀도의 증가를 가져와 강우의 침투력이 현저히 감소하였고 감소정도는 인력에 비하여 불도우즈를 이용하여 화전을 조성할 때 더욱 큰 감소폭을 보였다고 보고하였다. 라오스 북부지역은 대부분의 경지가 화전으로 조성되어 있고, 대부분의 우돔싸이주 토양이 치밀한 구조의 알직층을 가지고 있

Table 3. Soil physical properties of the potential land (observation number 11) for establishment of model farm in the Oudomxai province.

Soil samples	Depth	Particle distribution			Soil texture	Soil hydraulic conductivity	
		Sand	Silt	Clay			
	cm	----- % -----				cm day ⁻¹	
Paddy	Surface	0~15	17	34	49	SiCL	26.27
	Subsoil	20~40	7	46	47	SiCL	
Upland	Surface	0~15	28	28	44	CL	40.63
	Subsoil	20~40	28	28	44	CL	

Table 4. Soil chemical properties of the potential land (observation number 11) for establishment of model farm in the Oudomxai province.

Sample	pH	EC	OM	Av. P ₂ O ₅	Ex. cations				Av. SiO ₂	
					Ca	Mg	K	Na		
	(1:5)	dS m ⁻¹	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	-----	cmol _c kg ⁻¹	-----	mg kg ⁻¹		
Paddy	Surface	6.3	0.05	13.8	1	8.1	2.0	0.19	0.12	92
	Subsoil	6.6	0.03	3.6	0.2	11.1	3.1	0.09	0.17	99
Upland	Surface	5.6	0.05	12.1	3	1.6	1.1	0.38	0.30	-
	Subsoil	5.4	0.05	10.9	2	1.1	0.8	0.22	0.06	-

는 경우가 많아서 투수력이 매우 낮을 것으로 추정된다. 따라서 농장조성 초기에 30 cm 이상으로 심경을 하고 개량재를 투입하여 입단을 조성시켜 침투성을 개량해 주는 것이 토양침식도 경감시키고 근권환경도 좋아져서 생산성도 올릴 수 있을 것으로 생각된다.

라오스 우돔싸이주 농민들은 토양침식보다는 토양비옥도에 더 많은 애로를 느끼고 있는 것으로 조사되었다 (Roader et al. 1994). 이는 토양침식보다는 토양비옥도가 작물생육에 가시적인 영향을 주기 때문에 느끼는 특징으로 생각된다. Table 4는 시범농장 예정지 (11번 토양)의 논과 밭토양에 대한 화학적 특성을 조사한 것이다.

시범농장 예정지의 논토양은 약산성인데 반하여 밭토양은 강산성을 나타내고 있고, 양이온농도는 대체로 논토양이 더 높게 분석되었다. 이러한 원인은 밭토양이 논토양에 비하여 용탈작용이나 토양침식으로 양이온들이 많이 씻겨 내려갔기 때문으로 해석된다. 토양유기물함량은 논토양이나 밭토양 공히 14 g kg⁻¹ 이하의 수준으로 아주 낮고 유효 인산 함량도 3 mg kg⁻¹ 이하로 매우 낮은 수준이다. 또 교환성 양이온은 각각 K 0.38, Ca 11, Mg 3.1 cmol_c kg⁻¹ 이하로 분석되어 비교적 적은 편은 아니었다. RDA (1999)는 작물재배에 적당한 조건으로 유기물 20~30 g kg⁻¹, 유효 인산 150~450 mg kg⁻¹, 교환성 K 0.45~0.8 cmol_c kg⁻¹, 교환성 Ca 5~7 cmol_c kg⁻¹, 교환성 Mg 1.5~2.5 cmol_c kg⁻¹을 제시하고 있으며, NAFRI (2010b)는 토양분석치 해설기준으로 비옥도 중정도의 토양이 유기물 20~40 g kg⁻¹, 유효 인 10~25 mg kg⁻¹, 교환성 K 0.15~0.23 cmol_c kg⁻¹, 교환성 Ca 5~10 cmol_c kg⁻¹, 교환성 Mg 1.0~3.0 cmol_c kg⁻¹을 사용하고 있다. RDA와 NAFRI는 분석법이 서로 달라 기준 수치를 직접 비교하기는 어렵지만 시범농장 예정지의 토양화학성중 교환성양이온은 비교적 만족하지만 유기물과 인산함량이 매우 낮은 것이 단점으로 지적되었다.

Evenson (1994)은 화전조성에 의한 화학성변화를 조사한 결과 화전조성직후의 토양 pH는 약산성에서 알칼리성으로 변하고 치환성 Ca와 K는 3배 이상 증가되었

지만 그 효과는 2년이 지나면 화전조성전보다 더 불량이 되는 것으로 발표하고 있다. 따라서 라오스의 토양에서 작물을 건전하게 재배하기 위해서는 양이온 등 식물의 필수양분이 고갈되지 않도록 지속적으로 화학성 개량에 노력하여야 할 것으로 생각된다.

우리나라가 녹색혁명에 의한 쌀 자급달성은 유기물, 석회, 규산등 토양개량물질의 시용과 객토와 심경에 의한 근권환경의 개선과 같은 농토개량사업의 보급이 크게 기여하였다. 척박한 라오스토양의 화학성을 개량하기 위해서는 우리나라 정책경험을 참고로 할 필요가 있을 것으로 생각된다.

시범농장의 토양관리는 관개수의 확보도 매우 중요하다. 라오스 북부지역은 건조기와 우기가 확연한 기후특성 때문에 여러 가지 시설 중 가장 필요로 하는 것은 관개시설이라고 생각된다. 관개수는 하천수, 지하수 등 다양한 방법으로 얻을 수 있지만 가장 손쉬운 방법은 하천수를 이용하는 것이다. 시범농장에서 하천수를 관개수로 활용할 것을 대비하여 관개수를 분석하였다. 하천수의 수질은 토양관찰지점 41번, 8번, 10번, 11번 등 4곳의 하천수에 대하여 pH 페이퍼를 이용하여 산도를 측정된 결과 모두 pH 7로 검정되어 수질이 비슷할 것으로 추정하여 4번 지점의 하천수를 채취하여 정밀분석하였다. Table 5는 하천수의 화학성을 분석한 것이다.

채취한 하천수는 유해한 중금속은 농도가 매우 낮아서 관개수로 활용하기에 문제점이 없는 것으로 생각된다. 그러나 관개수로 활용할 때는 관개수 중에 함유된 N, P, K, Ca, Mg 등 양분요소의 농도를 고려하여야 한다. 특히 담수 벼 재배 시는 관개수에 의해 유입되는 양분량은 엄청나다 (NAFRI, 2001). 만일 시범농장이 하천과 거리가 멀어서 이용하기에 불가능할 경우 농장내 빗물을 가둘 수 있는 farming pond를 설치할 필요가 있다. Farming pond는 건기가 있는 지역에서는 작물재배에 필수적이기 때문에 우돔싸이주의 많은 마을에서도 쉽게 찾아 볼 수 있다.

이상을 종합하면, 라오스 우돔싸이주에서 농장조성 시 봉착될 가장 중요한 장애요소는 점토함량이 많은 중

Table 5. Chemical properties of river water at a distributary of Meckong river (near to observation number 4) in the Oudomxai province.

pH	EC ($\mu\text{S m}^{-1}$)	General chemical component (mg L^{-1})						
		Total N	Total P	K	Ca	Mg	Na	
7.2	0.301	1.51	0.10	6.36	42.33	6.45	13.40	
Heavy metal component (mg L^{-1})								
Al	Fe	Mn	Cd	Cu	Pb	Zn	Ni	Cr
0.5252	0.5764	0.0400	0.0000	0.0000	0.002	0.0213	0.0000	0.0000

점질 토양, 높은 토양침식성, 매우 낮은 유기물과 인산 함량, 관개용수의 부족, 가파른 경사 등으로 요약된다.

요 약

라오스 우돔싸이주에 대한 농업투자를 촉진하기 위하여 농어촌공사의 지원을 받아 성덕농산(합)이 실시한 농업투자환경조사의 일환으로 시범농장 후보지 14개소에 대한 토양의 형태적 특성 조사와 급수평가법에 의한 적합정도 평가 및 시범농장 예정지에 대한 토양이화학적 성을 분석하였다. 라오스 우돔싸이주는 FAO 토양분류체계에 Leptosols, Fluvisols, Arenosols, Regosols, Alisols, Acrisols, Luvisols, Lixisols, Cambisols 등 9개 토양이 분포하고 그 중 알직층 (argic horizon)을 가진 Alisols, Acrisols, Luvisols, Lixisols 등 4개 토양이 우돔싸이주 총면적 1,537천 ha의 77%를 차지하고 있다. 우돔싸이주에서 14개 지점의 토양에 대한 형태적 특성을 조사하고 급수평가법으로 시범농장 적합성을 평가한 결과 6개 지점의 토양이 농장개설에 가장 무난한 것으로 평가되었다. 이들 6개 지점중 우돔싸이주 정부에서 가장 강력하게 추천하고 있는 1개소에 대하여 논과 밭에서 표토 (0~15 cm)와 심토 (20~40 cm)로 구분·채취하여 이화학적 성을 분석하였다. 시범농장 예정지의 토양은 점토 함량이 44 % 이상인 식질 토양으로 점착성과 가소성이 매우 높았고, 수리전도도는 논토양이 평균 $26.27 \text{ cm day}^{-1}$ 이고 밭토양이 $40.64 \text{ cm day}^{-1}$ 였다. 시범농장 예정지의 논토양은 약산성인데 반하여 밭토양은 강산성을 나타냈고, 토양유기물함량은 논토양이나 밭토양 공히 14 g kg^{-1} 이하, 유효인산 함량은 3 mg kg^{-1} 이하로 매우 낮은 수준이었지만 교환성 양이온은 각각 K 0.38, Ca 11, Mg $3.1 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ 이하로 분석되어 비교적 적은 편은 아니었다. 따라서 라오스 우돔싸이주에서 농장조성시 봉착될 가장 중요한 장애요소는 점토함량이 많은 중점질 토양, 높은 토양침식성, 매우 낮은 유기물과 인산함량, 관개용수의 부족, 가파른 경사 등으로 요약된다.

인 용 문 헌

Boast, C.W. and D. Kirkham. 1971. Auger hole seepage theory. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 35:365-373.

EU commission. 2005. 3rd European summer school on soil survey. European commission.

Evenson, J.P. 1994. Approaches to slash and burn limitation (a review). *Shifting cultivation systems and rural development in the Lao PDR*: pp 27-52. Report of the Nabong technical meeting.

FAO. 1985. Guidelines: land evaluation for irrigated agriculture. *FAO soils bulletin* 55. Food and agriculture Organization of the United Nations.

Jung, P.K. and D.S. Oh. 2002. Soil conservation practice in the sloping crop land. pp 103-113. National Institute of Agricultural Science Technology, Rural Development Administration.

Maasland, M. 1955. Measurement of hydraulic conductivity by the auger hole method in anisotropic soil. *Soil Sci.* 71:379-389.

MAF. 2006. Agriculture & forestry statistical yearbook 2006. Ministry of agriculture and forestry. Korea.

NAAS. 1973. Soil survey manual No. 1 (Field study and classification), the National Academy of Agricultural Science. RDA.

NAAS. 2000. Standard analysis method of soil and plant. the National Academy of Agricultural Science. RDA.

NAFRI. 2001. Nutrient management in rainfed lowland rice in the Lao PDR. The National Agriculture and Forest Research Institute in the Lao PDR.

NAFRI. 2010a. General soil map of the Oudomxai province in Laos. The National Agriculture and Forest Research Institute in the Lao PDR.

NAFRI. 2010b. Interpretative of soil analysis data. The National Agriculture and Forest Research Institute in the Lao PDR.

Park, M.E. and S.H. Yoo. 1983. A comparison of hydraulic conductivities determined by three different methods in a sandy loam soil. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 16:14-19.

RDA. 1999. Standard fertilizer level for various crops based on soil chemical analysis data and field experiments. the

- National Academy of Agricultural Science. RDA.
- Roder, W., B. Phouaravanh, S. Phengchanh, B. Keoboulapha, and S. Maniphone. 1994. Upland agriculture-activities by Lao-IRRI Project. Shifting cultivation systems and rural development in the Lao PDR: pp 136-154. Report of the Nabong technical meeting.
- Ryu, S.H. 2000. Dictionary for Soil Science. Seoul National University.
- Ryu, S.N. and M.E. Park. 2009. Sustainable agriculture. KNOU press.
- USDA. 1962. Soil survey manual. Agricultural Research Administration. USDA, U.S.A.
- USDA. 2000. Soil survey manual. U.S.A.