

중국 길림성 백성지역 黑鈣土의 이화학적 및 인산 흡착 특성

김성애 · 류순호^{1*} · 이상모² · 최우정¹

¹연변대학교 농과대학, ¹서울대학교 농생명공학부, ²서울대학교 농업과학공동기기센터

(2001년 2월 9일 접수, 2001년 3월 12일 수리)

농경지로의 개발 가능성이 높은 중국 길림성 백성지역의 주요한 토양인 흑개토의 이화학적 및 인산 흡착특성을 조사하였다. 토지 이용방식 또는 재배작물이 서로 다른 중국 길림성 백성지역 4곳과 중국 용정에 위치한 연변 대학교 농과대학 부속 시험장 1곳에서 1993년 8월에 토양을 채취하여 실험을 수행하였다. 중국 길림성 백성지역 토양의 pH는 미경작지 10.2, 경작지는 7.3~7.6으로 비교적 높았다. 양이온 치환용량은 20 cmol(+) kg⁻¹ 이상이었으며, 치환성 양이온 중 Na는 특히 표토에 많이 존재하였으며, Ca의 함량이 매우 높아 Ca 포화율이 100% 이상을 나타내었다. 토양 포화 침출액의 주요 양이온은 Na이었으며, ECE와 SAR을 기준으로 백성 미경작지 토양은 염류-나트륨성 토양, 경작지 토양은 나트륨성 또는 일반 토양에 해당하였다. 백성지역 토양의 유효인산 함량은 10 mg P kg⁻¹ 미만으로 아주 낮았으며, 최대 인산흡착량은 406~521 mg P kg⁻¹이었다. 길림성 백성지역 토양의 경우 유효인산 함량이 매우 낮아 토양 비옥도 증진을 위한 인산질 비료의 시용과 함께 토양 투수성의 개선 등과 같은 적절한 토양 관리가 필요하며, 용정지역 토양의 경우에는 인산흡착 특성을 고려하여 인의 과잉 축적을 방지하기 위한 인산질 비료의 적정 시용을 권장하여야 한다.

Key words: 흑개토, 염류-나트륨성 토양, 인산흡착, 랭뮤어흡착등온식

서 론

길림성은 중국의 중요한 식량생산 지역 중의 하나이다. 백성지역은 길림성 농경지의 1/3을 차지하고 있어 길림성의 농업생산에서 중요한 위치를 차지하고 있다. 백성지역 경작지로 이용면적이 제일 큰 토양은 중국토양 분류체계에 의하면 흑개토(Chernozem)로 분류되는 토양이다.¹⁾ 이 지역은 기복이 적고 평탄한 지세로 구성된 광활한 평야이며, 크고 작은 호수가 산재해 있다. 연간 400 mm 내외의 적은 강수량에 비하여 1,500~2,000 mm의 증발량으로 토양의 표층에 염류 집적이 일어나 대부분의 토양이 알칼리성을 띠고 있다. 그러나 토지자원과 수자원 및 기상여건 등을 고려하면 개발 가능성이 많은 지역으로서, 특히 수자원을 개발하여 안정적 생산이 가능한 수도작 개발에 큰 관심을 가지고 있다.²⁾ 백성지역의 주요 재배 작물은 옥수수, 밀, 수수 및 해바라기이다. 그러나 대두 재배는 적합하지 않는데 그 주원인은 대두 개화시기에 토양수분 함량이 부족하기 때문이다. 백성지역의 농업생산의 제한요소는 봄 가뭄과, 여름철의 집중강우에 의한 토양의 과습 현상이다.

백성지역의 대표적인 토양인 흑개토의 자연 비옥도는 비교적 높지만, 적절한 비배 관리를 하지 않으면 토양 비옥도, 특히 토양 유효인산의 함량이 급격히 감소하는 것이 큰 문제이다.³⁾ 토양 중 인은 용해도와 이동성이 낮고 인산질 비료의 이용률이 낮기 때문에 시용된 인산의 대부분은 표토에 축적된다. 비료로 시용된 인산은 토양에서 흡착 및 침전 과정을 의해 불용화되어 그 이용률이 15% 미만으로 매우 낮다.⁴⁾ 그러나 인산비료를

사용하지 않으면 토양용액 중의 인산 농도와 작물의 수량은 점차 감소한다. 인산의 시비량은 토양 인산의 유효성과 작물의 인산 요구량에 따라 차이가 있으며, 그 밖에 토양의 성질과 비료의 종류에 따라 달라지게 된다.⁵⁾ 또한 인산 시비량은 토지이용과 작부순서에 따라 달라지며, 특히 과잉시비에 의한 인산의 축적은 경제적으로 불합리할 뿐만 아니라 Mn, Fe, Zn 등의 미량원소의 흡수를 방해하게 된다.⁶⁾ 토양의 인산 흡착 특성과 토양 중 인산 유효도는 밀접한 관계가 있다고 알려져 있는데,⁷⁾ Langmuir⁸⁾에 의하여 고체에 의한 기체의 흡착현상을 기술하기 위하여 유도된 흡착 등온식은 토양 중 인산의 흡착현상을 설명하기 위하여 많이 이용되어 왔다.⁹⁾

따라서 본 연구는 현재 중국은 물론 한국에서도 농경지로서 개발에 관심을 가지고 있는 길림성 백성지역의 주요한 토양인 흑개토의 이화학적 및 Langmuir 흡착 등온식을 이용한 인산 흡착 특성을 조사함으로써 흑개토를 농경지로 개발할 때 필요한 토양자료를 제공하고자 수행하였다.

재료 및 방법

공시토양 및 이화학적 분석. 토지 이용 방식 또는 재배 작물이 서로 다른 중국 길림성 백성지역 4곳과 중국 용정에 위치한 연변 대학교 농과대학 부속 시험장 1곳에서 1993년 8월에 토양을 채취하였다. 토양의 인산 흡착 특성을 비교하기 위하여 한국의 토양으로는 경기도 수원시에 위치한 서울대학교 농업생명과학대학 부속 목장과 농장 및 수원시 인근 시설재배지 등 3곳에서 토양을 채취하였다. 백성 밀밭 토양(BC-2)은 30 cm 깊이까지, 그 외의 토양은 0~10 cm 깊이에서 채취하였다. 채취한 토양시료를 풍건한 후 2 mm 체를 통과시킨 것을

*연락처

Phone: 82-31-290-2413; Fax: 82-31-293-8608

E-mail: soil21@lycos.co.kr

Table 1. Soil sampling regions and land use types

Soil	Region	Land use	Crop
BC-1	Baicheng, China	uncultivated	-
BC-2	Baicheng, China	upland	wheat
BC-3	Baicheng, China	upland	wheat
BC-4	Baicheng, China	upland	corn
LC-1	Longjing, China	paddy	rice
SK-1	Suwon, Korea	paddy	rice
SK-2	Suwon, Korea	pasture	alfalfa
SK-3	Suwon, Korea	green house	lettuce

공시토양으로 사용하였다. 토양의 채취지점과 토지이용 및 재배작물은 Table 1과 같다.

토성은 pipette법, 토양 pH(1:5)는 초자전극법, 유기물함량은 Walkley-Black법으로 측정하였다.¹⁰⁾ 토양 포화침출액을 만들어 전기전도도(EC_e)와 양이온 함량을 정량하고 SAR(sodium adsorption ratio)를 계산하였다. 토양의 양이온 교환용량 및 교환성 양이온은 1 N NH₄OAc(pH 7.0) 침출법으로 정량하였으며, 토양의 pH가 높을 것으로 예상되는 백성지역에서 채취한 토양은 1 N NH₄OAc(pH 7.0) 침출법과 석회질 토양에 많이 사용되는 1 N NaOAc(pH 8.2) 침출법 등 두방법으로 정량하여 비교하였다.¹¹⁾ 또한 토양의 유효인산 함량도 Bray 1법과 알칼리성 토양에 적합한 방법인 Olsen법 등 두방법으로 정량하여 비교하였다.¹¹⁾

인산흡착실험. 흡착실험 조건은 Nair 등¹²⁾이 사용한 방법에 준하여 토양 대 용액비 및 진탕시간을 정하였다. 풍건토양 5g을 100 ml 원심분리관에 넣고, KH₂PO₄로 만든 25, 50, 75 및 100 mg P kg⁻¹ 용액 50 ml을 가한 후 25±1°C에서 24시간 진탕하였다. 진탕 전에 미생물의 활동을 억제하기 위하여 toluene 2~3 방울을 가하였다. 원심분리기를 사용하여 상정액을 분리한 후 상정액의 인산 농도는 ascorbic acid를 환원제로 사용한 ammonium molybdate 발색법을¹³⁾ 이용하여 정량하였다. 초기농도와 평형농도와의 차이로 인산 흡착량을 계산한 뒤 Langmuir 흡착 등온식을 적용하여 최대 흡착량 및 결합에너지 상수를 구하였다.

결과 및 고찰

토양의 이화학성. Table 2는 공시 토양의 토성, pH, 유기물 함량 및 유효인산 함량을 나타낸 것이다. 중국 길림성 백성지역 토양의 pH는 미경작지의 경우 10.2로서 강한 알칼리성이었으나, 경작지의 경우 7.3~7.6 범위로서 다른 지역 흑개토의 pH와 비슷하였다. 그러나 유기물 함량은 1~2% 범위로서 다른 지역 흑개토의 유기물 함량(5% 이상)에 비하여 현저히 낮았다.³⁾ 토양 유효인산의 함량은 토양 pH가 7이하인 중국 용정과 한국의 토양에서는 Bray 1법으로 측정된 값이 Olsen법으로 측정된 값 보다 높게 나타나는 경향으로, 중국 길림성 용정의 논토양의 유효인산 함량은 약 35 mg P kg⁻¹였으며, 특히 한국의 시설재배지 토양에서는 410 mg P kg⁻¹로서 인산이 매우 높게 집적된 상태를 나타내었다. 그러나 토양 pH가 7이상인 백성지역 토양의 경우에는 Bray 1법으로 측정된 값이 Olsen법으로 측정된 값 보다 낮게 나타나는 경향이였으며, Bray 1 P의 범위는 미경작지 8.7 mg P kg⁻¹, 경작지 0.36~2.8 mg P kg⁻¹로서 일반적인 토양의 Bray 1 P 함량인 20 mg P kg⁻¹에 비하면 매우 낮았는데, 이는 백성지역 토양의 높은 pH에 기인한다고 생각된다. 토양에 공급된 가용성 인산은 pH의 영향을 크게 받는데,¹⁴⁾ 토양의 pH가 높거나 Ca의 함량이 높을수록 인산칼슘의 생성이 많아지고 반대로 낮은 pH와 Al 및 Fe 함량이 높으면 인산알루미늄 및 인산철의 생성이 많아져 인산의 용해도는 감소한다. 일반 경작지 토양의 인산은 대부분 난용성 또는 불용성의 형태로 존재하며 이러한 인산염의 유효도는 매우 제한되어 있다. 가용성 인산은 주로 표토 부분에 축적되므로 인산의 유효성은 이 인산의 용해도에 따라 결정되며, 경작 토양 중에서는 시비에 의해 인산이 축적되지만 비료를 주지 않는 토양에서는 식물 잔재의 무기화에 의하여 일어나게 된다.¹⁵⁾

Table 3과 4는 1 N NH₄OAc(pH 7.0) 침출법과 석회질 토양에 많이 사용되는 1 N NaOAc(pH 8.2) 침출법으로 정량한 토양의 양이온 교환용량과 교환성 양이온의 함량을 나타낸 것이다. 양이온 교환용량은 모두 20 cmol(+) kg⁻¹ 이상으로서 일반적인 한국 토양의 양이온 교환용량인 3~15 cmol(+) kg⁻¹에¹⁶⁾ 비하여 높았다. 교환성 양이온 함량은 미경작지의 경우 Ca과 Na의 함량이 비교적 높아 함량 순서는 Ca>Na>Mg>K이었으나, 경작지의 경우에는 Ca>Mg>Na>K이었다. 치환성 Ca함량에 대한 양이온 교환용량비로 표시되는 Ca 포화율(calcium saturation

Table 2. Some physical and chemical properties of soils

Soil	Texture ¹⁾	pH	O. M. (%)	Bray 1 P (mg kg ⁻¹)	Olsen P (mg kg ⁻¹)
BC-1	sandy loam	10.2	1.51	8.7	8.4
BC-2	sandy clay loam				
0-10 cm		7.6	1.54	0.6	2.0
10-20 cm		7.3	1.24	0.5	1.5
20-30 cm		7.3	1.07	0.4	1.0
BC-3	sandy clay loam	7.5	1.98	1.2	7.3
BC-4	sandy clay loam	7.6	1.88	2.8	4.0
LC-1	sandy clay loam	6.6	2.21	30.9	24.4
SK-1	sandy loam	6.1	2.01	34.0	39.8
SK-2	clay loam	4.4	2.60	78.5	92.4
SK-3	sandy clay loam	6.1	4.85	410.3	284.0

¹⁾USDA

Table 3. CEC and exchangeable cations determined by 1 N NH₄OAc (pH 7.0) extraction method

Soil	CEC ¹⁾	Na	K	Ca	Mg	Ca saturation ²⁾ (%)	ESP ³⁾ (%)
BC-1	22.9	28.2	1.0	34.6	2.67	150.8	123
BC-2							
0-10 cm	19.5	2.27	0.30	49.0	6.29	251.5	11.6
10-20 cm	23.7	0.74	0.25	51.1	4.84	215.5	3.1
20-30 cm	23.6	0.61	0.22	46.0	5.17	195.1	2.6
BC-3	21.9	1.43	0.36	47.1	5.79	214.8	6.5
BC-4	21.7	1.82	0.30	45.1	6.62	207.6	8.4
LC-1	21.7	0.67	0.56	20.4	2.75	93.9	3.5

¹⁾cation exchange capacity

²⁾Ca saturation percent = (exch. Ca/CEC) × 100

³⁾exchangeable sodium percent = (exch. Na/CEC) × 100

Table 4. CEC and exchangeable cations determined by 1 N NaOAc (pH 8.2) extraction method

Soil	CEC	K	Ca	Mg	Ca saturation (%)
BC-1	30.74	0.59	53.64	0.11	174.5
BC-2					
0-10 cm	24.57	0.29	27.19	6.65	110.7
10-20 cm	21.93	0.24	32.16	4.60	146.6
20-30 cm	28.91	0.22	32.99	5.55	114.1
BC-3	26.61	0.39	31.33	5.70	117.7
BC-4	27.12	0.31	28.02	6.58	103.3

percent)을 계산하면 백성지역 토양의 경우 Ca 포화율의 값은 1 N NH₄OAc 침출법으로는 150~251%, 1 N NaOAc 침출법으로는 103~174% 범위로서 100% 이상을 나타내었다. 흑개토는 淋溶흑개토(Luvic Chernozem), 흑개토(Orthic Chernozem), 草甸흑개토(Meadow Chernozem), 그리고 石灰性 흑개토(Calcic Chernozem) 등의 4개 아류로 나누어지는데 유기물의 집적과 석회의 용탈, 집적과정이 중요한 생성과정이다.¹⁾ 따라서 백성지역의 토양에는 Ca염의 형태로 Ca이 많이 축적되어 있으므로 Ca염이 NH₄OAc나 NaOAc에 의하여 용해되어 나와 침출액의 Ca함량이 실제 교환성 Ca함량 보다 높게 나타났다.

Table 5는 토양 포화 침출액의 화학적 조성을 나타낸 것이

다. 미경작지에서는 Na가 양이온 중 가장 농도가 높았으며, 음이온에서는 Cl와 SO₄ 농도가 비슷하였다. 백성지역 미경작지 토양은 EC_e 및 SAR 을 기준으로 분류하면¹⁷⁾ 염류-나트륨성 토양에 해당하였다. 백성지역 경작지 토양의 경우에도 Na가 양이온 중 농도가 제일 높았는데, 특히 Na는 표토층에 많이 존재하였으며, 심층으로 갈수록 Ca의 농도는 증가하였다. 음이온은 모든 층위에서 HCO₃의 농도가 가장 높았다.

인산 흡착 특성. Fig. 1은 공시 토양 중 경작지 토양의 인산 흡착을 Langmuir 흡착 등온식을 이용하여 나타낸 것으로 pH가 높은 흑개토의 경우에도 상관계수(R²)가 0.95 이상을 나타내어 Langmuir 흡착 등온식에 잘 일치하였다. Harter와 Baker¹⁸⁾에 의하면 Langmuir 흡착 등온식을 토양-용액 흡착의 동태 및 결합력을 연구할 때는 결합이 있지만 그 흡착식을 이용하여 단지 토양의 최대 흡착량을 계산하고 비교하는 데에는 큰 문제가 없으며 특히 낮은 평형농도의 흡착에서는 Langmuir 직선식을 얻을 수 있다고 하였다.

Table 6은 Langmuir 흡착 등온식으로 부터 구한 최대흡착량과 결합에너지 상수를 나타낸 것이다. 결합에너지 상수는 0.04~0.11 / mg⁻¹의 범위로서 공시 토양간에 큰 차이가 없었다. 백성지역 토양의 경우 유효인산 함량은 아주 낮았지만 토양의 최대 인산흡착량은 406~521 mg P kg⁻¹ 범위로서 한국 경작지 토양의 최대 인산흡착량 62~450 mg P kg⁻¹ 범위와¹⁹⁾ 비슷하였다. 논토양의 경우 토양 pH와 유효인산 함량이 비슷한 용정 논

Table 5. Chemical properties of saturation paste extracts

Soil	Cations				Anions			ECe (dS m ⁻¹)	pH	SAR ¹⁾
	Na	K	Ca	Mg	Cl	HCO ₃	SO ₄			
	meq.L ⁻¹				meq.L ⁻¹					
BC-1	95.9	0.61	18.5	4.4	22.0	-	21.2	7.06	9.7	28.3
BC-2										
0-10 cm	24.4	0.13	1.5	1.2	1.4	7.2	0.36	1.22	8.1	21.0
10-20 cm	4.7	0.09	3.7	1.7	1.8	4.0	0.26	0.69	7.8	2.8
20-30 cm	3.1	0.04	3.7	1.6	1.4	3.4	0.22	0.54	7.7	1.9
BC-3	7.1	0.10	2.7	0.1	2.2	7.8	0.05	0.92	7.9	6.0
BC-4	4.0	0.08	2.7	1.3	1.0	7.1	0.05	0.62	7.6	2.8
LC-1	6.5	0.69	79.2	15.4	18.8	-	28.4	3.80	6.2	0.9

¹⁾sodium adsorption ratio = Na/[(Ca+Mg)/2]^{1/2}

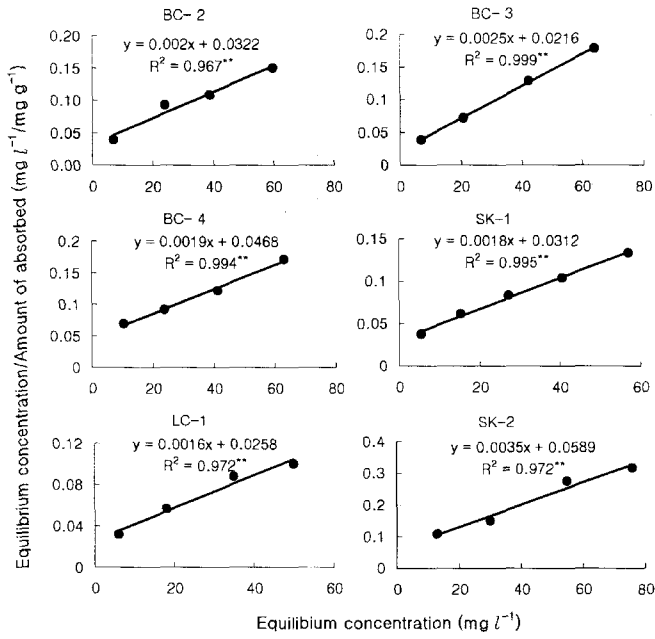


Fig. 1. Langmuir isotherm plots for phosphorus adsorption.

Table 6. Langmuir parameters of phosphorus adsorption

Soil	Adsorption maximum (mg P kg ⁻¹)	Bonding energy coefficient (l mg ⁻¹)	P ₂ O ₅ ¹⁾ (kg ha ⁻¹)
BC-2	498.2	0.062	344
BC-3	406.3	0.110	279
BC-4	521.7	0.041	360
LC-1	555.6	0.058	403
SK-1	632.8	0.061	435
SK-2	283.2	0.060	195

¹⁾phosphorus requirement equivalent to 30% of adsorption maximum for obtaining the maximum crop yield

토양과 수원 논토양의 경우 최대 인산흡착량은 각각 555와 632 mg P kg⁻¹로서 큰 차이가 없었으나, 한국 논토양의 최대 인산흡착량 710~1020 mg P kg⁻¹에²⁰⁾ 비하면 낮게 나타났다. 유효 인산 함량이 410 mg P kg⁻¹로서 매우 높은 수원 시설재배지 토양에서는 흡착실험 결과, 사용한 농도 범위에서 인산의 흡착이 일어나지 않았으며, 오히려 토양에 축적된 인산이 방출되었는데 이것은 시설재배지 토양에 인산이 최대흡착량 이상으로 과잉 축적되었음을 의미한다. 유와 조²¹⁾, Mehadi 와 Taylor²²⁾에 의하면 밭토양에서 미경작지 토양의 유효인산 함량은 경작지 토양보다 낮은 반면 인산 흡착량은 경작지 토양보다 높게 나타나며, 정과 홍²⁰⁾은 논토양의 경우 유효인산 함량과 최대 인산 흡착량 간에는 상관관계가 없다고 보고하였다.

토양의 전용적밀도를 1.0 g cm⁻³으로 가정하여 1ha 면적 농경지의 작토층 10 cm 깊이에 필요한 인산질 비료의 요구량을 최대 인산 흡착량의 30%로 계산한 결과를 Table 6에 표시하였다. 백성지역 경작지 토양의 인산비료 요구량은 279~360 kg P₂O₅ ha⁻¹로 옥수수의 시비기준량인 150 kg P₂O₅ ha⁻¹의²³⁾ 2배 이상이기 때문에 작물 재배시 지속적인 인산질 비료의 사용이 반드시 필요하다. 토양의 이화학적인 성질과 광물학적인 특성

이 인산 흡착에 영향을 주지만, 토양종류의 구별없이 Langmuir 최대 인산 흡착량의 25~50% 정도의 인산질 비료 시비량에서 최고 생산량을 얻는다고 알려져 있다.^{24,25)} 그러므로 백성지역의 주된 토양인 흑개토를 농경지로 개발할 시에는 인산비료의 사용 등과 같은 적절한 시비 관리 체계가 필요하고, 또한 백성지역 토양은 양이온 중 Na함량이 매우 높아 토양입자의 분산에 의하여 토양의 투수성이 매우 불량한 것이 큰 문제이므로 토양 투수성의 개선 등과 같은 토양 관리 측면도 고려하여야 한다.

참고문헌

- Rural Development Administration (1996) In *Soils in China*, Moon Young-Dang, Korea.
- Park, K. Y. (1999) Agricultural Development possibilities in western district of Jilin province of China. *J. North. Agri. Res.* **7**, 46-67.
- Soil survey laboratory of Jilin province (1988) In *Soils in Baicheng region*, Jilin province, China.
- Halstead, R. L. (1967) Chemical availability of native and applied phosphorus in soils and their textural fractions. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **31**, 414-419.
- Adams, J. F., Adams, F. and Odom, J. W. (1982) Interaction of phosphorus rates and soil pH on soybean yield and soil solution composition of two phosphorus sufficient Ultisols. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **46**, 323-328.
- Andrew, N. S., Chapra, S. C., Daniel, T. C. and Reddy, K. R. (1994) Managing agricultural phosphorus for protection of surface water: Issues and options. *J. Environ. Qual.* **23**, 437-451.
- Olsen, S. R. and Watanabe, F. S. (1957) A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soils as measured by the Langmuir isotherm. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **21**, 144-149.
- Langmuir, I. (1918) The adsorption of gases on plane surfaces of glass, mica, and platinum. *J. Am. Chem. Soc.* **40**, 1361-1402.
- Bar-Yosef, B., Kafkafi, U., Rosenberg, R. and Sposito, G. (1988) Phosphorus adsorption by kaolinite and montmorillonite: I. Effect of time, ionic strength, and pH. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **52**, 1580-1585.
- Page, A. L. (1982) In *Methods of soil analysis*, (2nd ed.), ASA and SSSA, Madison, WI.
- Rural Development Administration (1988) In *Analysis methods of soil, plant and soil microorganism*, Sam Mi Pub., Korea.
- Nair, P. S., Logan, T. J., Sharpley, A. N., Sommers, L. E., Tabatabai, M. A. and Yuan, T. L. (1984) Interlaboratory comparison of a standardized phosphorus adsorption procedure. *J. Environ. Qual.* **13**, 591-595.
- Murphy, I. and Riley, J. P. (1962) A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta.* **27**, 31-36.
- Yang, J. E. and Jacobsen, J. S. (1990) Soil inorganic phosphorus fractions and their uptake relationships in calcareous soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **54**, 1666-1669.
- Brady, N. C. and Weil, R. R. (1999) In *The nature and properties of soils*, (12th ed.), Prentice-Hall Inc., NJ.
- National Institute of Agricultural Science and Technology

- (2000) In *Taxonomical classification of Korean soils*, Moon Young-Dang, Korea.
17. Sparks, D. L. (1995) In *Environmental soil chemistry*, Academic Press, USA.
18. Harter, R. D. and Baker, D. E. (1977) Applications and misapplications of the Langmuir equation to soil adsorption. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **41**, 1077-1080.
19. Ryu, I. S. (1975) Comparison between phosphorus adsorption coefficient and Langmuir adsorption maximum. *Kor. J. Soil Sci. Fert.* **8**, 1-17.
20. Chung, Y. K. and Hong, C. W. (1977) Phosphorus availability of water-logged soil. *Kor. J. Soil Sci. Fert.* **10**, 55-60.
21. Ryu, I. S. and Jo, I. S. (1977) Langmuir phosphorus adsorption maximum as a criterion for determination of rate of phosphorus application. *Kor. J. Soil Sci. Fert.* **10**, 93-97.
22. Mehadi, A. A. and Taylor, R. W. (1988) Phosphate adsorption by two highly-weathered soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **52**, 627-632.
23. Korean Fertilizer Industry Association (1998) In *Fertilizer Yearbook*, Sung-Jun Inc., Korea.
24. Woodruff, J. R. and Kamprath, E. J. (1965) Phosphorus adsorption maximum as measure by the Langmuir isotherm and its relationship to phosphorus availability. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **29**, 148-150.
25. Yoo, S. H. and Lee, W. C. (1976) Improvement of the phosphate fertility in a newly reclaimed hilly land. *Kor. J. Soil Sci. Fert.* **9**, 251-256.

Physical-chemical Properties and Phosphorus Adsorption Characteristics of Soils in Baicheng, China

Sheng-Ai Jin, Sun-Ho Yoo^{1*}, Sang-Mo Lee² and Woo-Jung Choi¹ (*College of Agriculture, Yanbian University, Yanbian, China; ¹School of Agricultural Biotechnology, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea; ²National Instrumentation Center for Environmental Management, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea*)

Abstract : Soil physical-chemical properties and phosphorous adsorption characteristics were investigated to obtain the informations of the appropriate fertilization and soil management in Baicheng region, China, where agricultural circumstances at present forces to consider the use of land for crop production. Soils were collected from one uncultivated and three cultivated lands on August 1993. Soil pH was very higher in uncultivated land than in cultivated land, their values were 10.2 and 7.4, respectively. Regardless of cultivation, soil organic matter contents were below 2%, and concentrations of available soil phosphorus expressed as Bray 1 P and Olson P were less than 10 mg P kg⁻¹, however, cation exchange capacity was higher than 20 cmol(+) kg⁻¹. For uncultivated soil, the values of exchangeable sodium percent and calcium saturation percent were higher than 100%. The major cation of soil saturation paste extracts was Na regardless of land use type. Based on electrical conductivity and sodium adsorption ratio of saturation paste extracts, uncultivated soil was classified as saline-sodic soil and cultivated soil was classified as sodic or normal soil. The maximum adsorption capacity of phosphorus calculated by Langmuir isotherm ranged from 406 to 521 mg P.kg⁻¹. The constraints of soils in Baicheng regions for agricultural crops were high salt concentration, unfavorable soil chemical composition such as low concentration of available phosphorous, and poor drainage due to soil dispersion by high Na concentration. Therefore, the soil in Baicheng region, need the application of phosphorus fertilizer to increase the soil fertility and the proper soil management to improve the soil physical property especially permeability and soil structure.

Key words : Chernozem, phosphorus adsorption, saline-sodic soil, Langmuir isotherm

*Corresponding author