

인공지반녹지의 토심 및 관리형태에 따른 비비추의 생육

최희선¹⁾ · 이용범²⁾ · 이해진³⁾ · 김귀곤⁴⁾

¹⁾ 서울대학교 대학원 박사과정 · ²⁾ 서울시립대학교 환경원예학과 교수
³⁾ 서울시립대학교 환경원예학과 박사과정 · ⁴⁾ 서울대학교 생태조경학과 교수

The Growth of *Hosta Longipes* by Management Methods on Artificial Ground Greening

Choi, Hee-Sun¹⁾ · Lee, Yong-Beom²⁾ · Lee, Hye-Jin³⁾ and Kwi-Gon Kim⁴⁾

¹⁾ Graduate School, Seoul National University,

²⁾ Prof., Dept. of Environmental Horticulture, University of Seoul,

³⁾ Graduate School, Dept. of Environmental Horticulture, University of Seoul,

⁴⁾ Prof., Dept. of Ecological Landscape Architecture Seoul National University.

ABSTRACT

Artificial ground greening, which is considered as a way for the greening of cities, should be constructed easily and maintained continuously. Thus it is necessary to use light soils for keeping in flexible formation and light load. And the garden should be managed optimally taking account for the characteristics of the soil and plant. But in most landscape green area, they are not under management. Mostly they are occasionally irrigated without nutrient by hand-operating.

So this study was conducted to investigate plant growth by management methods and soil depth(15cm, 30cm). As a results of the different methods of management had effect on the plant growth and on the rate of flowering. When *Hosta longipes* were grown in different three management methods, control(rainfall), periodical irrigation, and nutri-irrigation(fertigation), the content of chlorophyll, the plant growth and the rate of flowering were higher in nutri-irrigation (fertigation) treatment than those in control(rainfall) and periodic irrigation. And nutrient contents of leaf are also higher. Between 15cm and 30cm soil depth, the plant growth of 15cm soil depth is better than that of 30 soil depth. According to these results on artificial ground greening, determination of optimal soil depth by plant species is required, And a specialist for nutrient management is demanded.

Key Words : *Artificial ground greening, Management, Hosta longipes.*

I. 서 론

도시화와 산업화로 인해 감소되었던 녹공간에 대한 요구가 다시 증대되면서, 다양한 형태의 녹지 및 자연서식처 조성방안들이 제시되고 있으며, 최근 옥상녹화가 해결방안으로 대두되고 있다.

2002년 서울시의 옥상녹화 지원사업을 기점으로, 옥상녹화의 확대·보편화가 예상되는 가운데, 다양한 형태의 옥상녹화시스템과 공법들이 개발되고 있으며, 이와 함께 옥상 녹지공간의 지속적인 관리 방안마련이 요구되고 있다.

현재까지의 옥상녹화를 비롯한 인공지반 녹화는 도시의 경관을 개선하거나 창출하였으며, 다른 한편으로는 휴식공간 확충 및 미관 증진 등의 역할을 해왔다(이관희, 1995). 그러나 앞으로의 옥상녹화는 단순히 옥상의 인공지반 위에 녹지를 도입하는 수준의 개념에서 벗어나, 생물서식공간으로서의 조성이라는 개념으로의 접근이 요구되며(김귀곤, 조동길, 2000) 이를 위해서는 식재에서 관리에 이르기까지 양호하고 건강한 생물 서식 공간으로의 관리 및 유지가 요구된다.

특히 옥상녹화시 활용되는 인공지반은 일반토양과 달리 충분한 토심 확보가 어려울 뿐만 아니라, 양분함량도 적기 때문에 녹지조성뿐 아니라, 조성 후 관리방안에 특히 유의해야 할 것이다. 일반적인 사례지의 경우, 조성 후 관리가 꾸준히 되고 있는 곳은 극히 드물며(김용근, 1984), 식재 계획 단계에서 유지관리 계획을 병행하는 경우가 거의 없어(김유일, 1998) 수목이 다양하지 못할 뿐 아니라 생육 상태도 좋지 않다(이규석, 1999). 관수마저도 거의 하지 않거나 갈수기(渴

水期)에 수동 관수만을 해주는 정도로 그치고 있는 실정이다. 또한 옥상녹화 지역의 시공이 경과함에 따른 인공토양의 이·화학적 변화로 조성 후 관리가 요구되고 있다(안원용, 2001). 일부에서는 법적 녹지면적 확보를 위해 임시적으로 옥상에 인공지반 녹지를 조성한 후 관리를 거의 하지 않은 경우가 있어 그 폐해 역시 크다고 할 수 있다. 옥상녹화는 자연적인 식재 환경이 아닌 곳에서 조성되는 만큼 일반녹화와는 달리 식재시 여러 가지 보완적인 공법이 병행되어야만 식물이 성공적으로 활착할 수 있을 것이다.(김인혜, 1998). 최근 기존건축물을 중심으로 저관리 경량형 옥상녹화 시스템이 활용되고 있으나, 최소한의 관리가 요구됨에 따라 이에 대한 방향설정 또한 요구된다고 할 수 있다.

따라서 본 연구는 인공지반 조성시 요구되는 초화류 최소 식재토심인 15cm와 적정 토심인 30cm에 옥상녹화에서 생육이 양호한(최희선, 2001) 자생 초화류 비비추를 식재하여 관리형태에 따른 생육을 조사 관찰함으로써, 관리방안을 도출해보고자 하였다.

II. 재료 및 방법

옥상정원 조성 후 관리형태 및 토심에 따른 식물의 생육을 조사 위해 토심 15cm와 30cm에 대부분 자연환경에만 의존하는 무관리구(대조구)와 물만을 공급하는 관수관리구 및 물과 양분을 동시에 공급하는 영양액관리구(관비구)를 조성하였다.

인공토양 조성은 펄라이트 : 질석 : 피트모스를 1 : 1 : 1(v/v/v)로 조성한 후 2000년 6월 29일 5~6엽의 자생 초화류 비비추(*Hosta longipes*)를

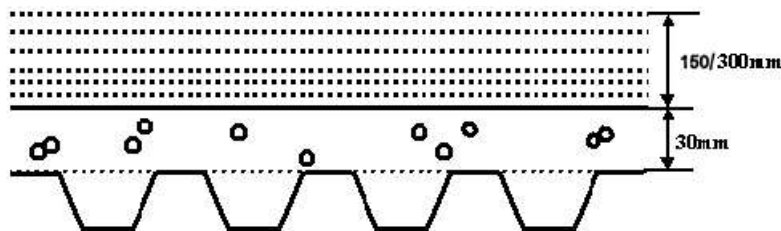


Figure 1. System of rooftop gardens used in this experiment.

50cm×50cm크기의 처리시스템에 6주씩 정식하였으며, 3반복하였다. 옥상녹화 시스템은 서울시립대학교 자연과학관 5층 옥상면 위에 저배수관((주)CCR)을 설치하고, filter(부직포)를 간 후 굵은 입자의 펄라이트(large grain perlite : 1호-3.5 mm)를 3cm 깔아 배수층을 조성하고 다시 filter(부직포)를 간 후 식재층을 조성하였다 (Figure 1).

실험에 이용된 식재층 혼합 인공토양(펄라이트 : 질석 : 피트모스=1 : 1 : 1, v/v/v)의 물리, 화학적 특성은 식재전에 시료를 채취하여 조사 분석하였으며(Walter, 1986; Helmke et al, 1996; Kuo, 1996; Sumner et al, 1996; CEN, 1999), 그 결과는 Table 1과 같다.

Table 1. Physical and chemical properties of growing media.

	pH _{1:5}	EC _{1:5} (dS · m ⁻¹)	O.M. ^y (%)	CEC (cmol · kg ⁻¹)	Bulk density (g · cm ⁻³)	N (%)	P (mg · kg ⁻¹)	Ex-Cation			
								K	Ca	Mg	Na
PVP _{III} ^x	6.59	0.11	18.36	16.94	0.175	0.012	17.14	6.75	6.85	6.30	4.31

^zElectric conductivity

^yOrganic matter

^xGrowing media-perlite : vermiculite : peatmoss (1 : 1 : 1, v/v/v)

대조구인 무관리구는 자연환경에 의존하도록 하였으며, 관수관리구는 일주일에 2회씩 물을 공급했는데, 토심 15cm의 경우는 2L씩 토심 30cm의 경우는 3L씩을 공급해 주었다. 영양액관리구의 경우 강우 등에 의한 지하수 유입으로 수질오염 가능성이 있는 고품비료를 사용하기보다는 필요한 양분을 물에 녹여 액비로 공급하였다. 서울시립대학교 순환식 장미 수경재배용 영양액(NO₃, 7.35; NH₄, 0.92; P, 1.7; K, 3.5; Ca, 3.5; Mg, 1.8; SO₄, 1.8 me · L⁻¹)을 EC 1.0dS · m⁻¹, pH 5.5~6.5로 보정한 후 공급해 주었으며, 공급량은 관수관리구와 같다.

생육상태를 조사하기 위해, 엽록소함량 및 식물의 스트레스 정도를 나타내주는 Plant resistance 및 증산량과 광합성을 측정하였다. 엽록소 함량은 정식 후 42일 후인 8월 10일에 엽록소 측정기

(SPAD-502, Minolta)를 이용해 측정하였으며, plant resistance는 plantweerstand meter (Nieuwkoop B.V., PW-93)를 이용해 측정하였다. 증산량은 정식 43일 후인 8월 11일에 porometer (Li-Cor, Li-1600)를 이용해 측정하였으며, 44일 후인 8월 12일에는 휴대용 광합성 측정기(Li-Cor, Li-6200)를 이용해 광합성을 측정하였다. 정식 101일째 되는 9월 8일에 최종적으로 비비추의 생육을 조사하였으며, 비비추의 엽(葉)도 분석하여 비교검토하였다.

III. 결과 및 고찰

옥상정원 조성 후 관리형태 및 토심에 따른 비비추의 엽록소 함량은 대조구와 물관리구간

의 차이는 크지 않으나, 영양액관리구(관비구)는 두처리구에 비해 높은 수치를 나타내었다 (Figure 2).

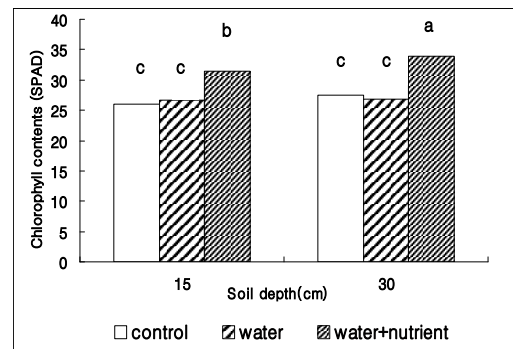


Figure 2. Chlorophyll contents of *Hosta longipes* grown under different management methods in 15cm and 30cm soil depth.

가시적으로도 물과 양분을 같이 공급한 처리구에서 비비추의 잎색이 다른 두처리구에 비해 짙은 녹색을 나타내 식물의 관상가치 또한 높았다. 이처럼 영양액관리구에서 높은 품질을 보여준 것은 엽내에 질소를 비롯한 무기양분의 흡수가 많은 것과 관련이 있으며(Table 6), 일반적으로 질소 함량이 높을수록 엽록소의 함량이 높아진다는 보고도 있다(Horst Marschner, 1995). 토심간 엽록소 함량은 차이가 나타나지 않았으나, 영양액관리구에서 토심 30cm처리구가 다소 높게 측정되었다.

식물의 지하부 및 지상부 등의 복합적인 환경이 식물의 생육에 적합한지를 알 수 있는 요인으로 Plant resistance를 측정된 결과, 대조구가 가장 높고, 물관리, 영양액관리순으로 수치가 높게 나타나 양분을 공급해주는 것이 식물의 활력을 높이는 데 중요하게 작용하는 것으로 나타났다(Figure 3). 토심간 차이에 있어, 대조구는 두 토심간 차이가 없었으나, 물관리구와 영양액관리구는 15cm가 30cm보다 수치가 낮게 나타나 비비추 생육에서는 30cm 보다 15cm가 plant resistance를 낮출 수 있으므로, 15cm토심에서의 생육이 오히려 유리할 것으로 판단되었다.

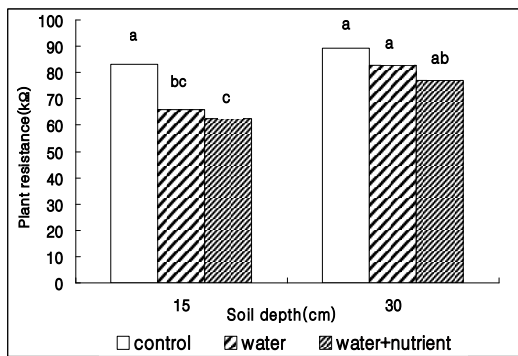


Figure 3. Plant resistance of *Hosta longipes* grown under different management methods in 15 cm and 30cm soil depth.

처리간 광합성은 토심 15cm에서 대조구와 물관리구간의 차이가 그리 크지 않으나, 영양액관리구에서 광합성이 활발하게 이루어짐을 관찰할 수 있었다(Table 2). 비슷한 양상으로 기공전

Table 2. Photosynthesis of *Hosta longipes* grown under different management methods in 15cm and 30 cm soil depth.

Soil depth	Treatments	Photosynthesis ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	Stomatal conductance ($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$)	Stomatal resistance ($\text{s} \cdot \text{cm}^{-1}$)
15cm	Control	9.81c ^z	0.85ab	0.48a
	Water	10.70bc	1.02ab	0.40a
	Water+nutrient	14.64a	1.17a	0.35a
30cm	Control	7.29c	0.54b	0.76b
	Water	9.20c	0.90ab	0.46a
	Water+nutrient	13.52ab	1.11a	0.37a

^zMeans separation within columns by Duncan's multiple range test, 1% level.

도도는 영양액관리가 가장 높고 물관리, 대조구 순으로 높게 측정되었으나 물관리와 대조구 두 처리간의 유의적인 차이는 없었다. 반대로 기공저항은 영양액관리구가 가장 낮았으며, 물관리, 대조구 순으로 측정되었으나, 세 처리간의 유의성은 없었다. 따라서 관리형태에 따라 식물 기공저항의 차이가 없는 것은 식물이 이미 각 환경에 적응되었기 때문으로 보인다. 토심 30cm역시 같은 양상이었으며, 토심별로는 토심 30cm보다 토심이 낮은 15cm처리구가 오히려 식물의 광합성이 더 높은 것으로 나타났다.

광합성보다 증산률이 처리간 차이가 더 컸는데, 각 토심에서 증산률은 광합성과 같이 영양액관리, 물관리, 대조구 순으로 높게 측정되었으며, 토심간의 비교에서도 마찬가지로 30cm보다 토심이 낮은 15cm 처리구에서 증산량이 훨씬 높게 측정되었다(Table 3).

확산저항은 각 처리간의 유의적인 차이가 없었던 기공저항과는 달리 영양액관리가 가장 낮고 물관리, 대조구 순으로 낮게 측정됨으로서 각기 다른 관리조건 및 환경에 따라 기공저항보다는 확산저항이 민감하게 반응함을 알 수 있었다.

이상에서 관리조건 및 토심에 따른 비비추의 생리반응을 측정된 결과, 비비추는 무관리형에서 관리형으로 갈수록 식물의 광합성이나 증산량, 엽록소 함량 등이 증가하였으며, 생리 활동도 활발히 이루어짐을 살펴볼 수 있었다. 그러

Table 3. Transpiration rate of *Hosta longipes* grown under different management methods in 15 cm and 30cm soil depth.

Soil depth	Treatments	Transpiration rate ($\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	Diffusive resistance ($\text{s} \cdot \text{cm}^{-1}$)
15cm	Control	16.59c ^z	1.48c
	Water	24.01b	0.96b
	Water+nutrient	31.61a	0.72a
30cm	Control	8.95d	2.28d
	Water	18.76c	1.00b
	Water+nutrient	25.59b	0.69a

^zMeans separation within columns by Duncan's multiple range test, 1% level.

나, 대체적으로 대조구인 무관리형과 물관리구 간의 차이는 크지 않았다.

비비추의 생육 조사에서는 대조구보다 물관리구의 생육이 수치적으로는 다소 높았으나 통계적인 유의성은 없었으며, 영양액관리구는 두 처리구에 비해 생육이 좋은 것으로 나타났다 (Table 4). 토심별로는 뚜렷한 생육차이가 없었으나, 영양액관리구에서 엽수가 토심 30cm보다 15cm에서 더 많았으며 건물중도 더 높게 측정되었다 (Table 4).

화경(花莖)이 형성된 개체수는 각 처리별로 토심 15cm의 대조구는 50%, 물관리구는 33%, 영양액관리구는 100%가 형성되었으며, 토심 30cm는 대조구 및 물관리구는 한 주도 형성되지 않았고 영양액관리구는 100% 모두 형성되지 않았다 (No Table). 화경이 형성되지 않았기 때문에

Table 4. Growth characteristics of *Hosta longipes* grown under different management methods in 15cm and 30 cm soil depth.

Soil depth	Treatments	Plant height (cm)	No. of leaves	Leaf width (cm)	Stem diameter (mm)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)	Length of flower stalk (cm)	Diameter of flower stalk (cm)
15cm	Control	19.03b ^z	19.17b	3.42b	1.37abc	19.59b	3.89c	42.40	0.40
	Water	19.48b	20.83ab	3.34b	1.33bc	24.03b	4.45bc	61.80	0.41
	Water+nutrient	24.62a	31.33a	4.43a	1.57ab	51.48a	8.60a	54.52	0.40
30cm	Control	18.60b	17.17b	3.10b	1.15c	14.47b	2.87c	-	-
	Water	20.00b	21.00ab	3.40b	1.20c	16.04b	3.01c	-	-
	Water+nutrient	24.68a	23.33ab	4.30a	1.67a	39.84a	6.56ab	57.02	0.44

^zMeans separation within columns by Duncan's multiple range test, 1% level.

토심 30cm의 대조구와 물관리구는 한 주도 개화하지 않았다. 이는 깊은 토심에 의한 물리성 약화 및 생식생장에 필요한 양분부족 등이 원인인 것으로 판단되며, 토심 30cm의 영양액관리구 비비추 화경이 100% 모두 형성된 것을 보았을 때, 토양의 물리성보다는 양분흡수가 화경형성에 더 크게 작용한 것으로 보인다. 따라서 양분공급은 식물의 생육은 물론 식물의 개화와 같은 생리작용에도 영향을 끼칠 것으로 판단된다 (Horst Marshner. 1995).

비비추의 엽분석 결과에서, 양분들 간의 큰 차이는 없으나, N과 K의 함량이 영양액처리구에서 높게 나타났다 (Table 5).

Table 5. Nutrient contents in leaves of *Hosta longipes* grown under different management methods in 15cm and 30cm soil depth.

Soil depth	Treatments	N	P	K	Ca	Mg
-----(-)-----						
15cm	Control	0.70b ^z	0.25b	2.16b	1.66a	0.46ab
	Water	0.72b	0.24bc	2.20b	1.57a	0.41abc
	Water+nutrient	0.93a	0.28a	2.62a	1.45a	0.38bc
30cm	Control	0.68b	0.24bc	1.74c	1.51a	0.36bc
	Water	0.71b	0.23c	1.91bc	1.71a	0.32c
	Water+nutrient	1.00a	0.24bc	2.15b	1.59a	0.50a

^zMeans separation within columns by Duncan's multiple range test, 1% level.

이상의 결과들을 정리하면, 토심간 비비추 생육은 토심 15cm와 30cm간의 차이는 크게 나

지 않았으며, 오히려 토심 15cm가 30cm보다 생육이 좋은 것으로 나타나, 일반적으로 초화류 최소 토심인 15cm만으로도 식물의 생육이 가능할 것으로 판단되었다. 이러한 결과는 수분 과잉으로 인한 기상의 감소 및 배수성과 같은 물리성 악화가 원인인 것으로 판단된다. 30cm 토심에서 영양액관리구에서만 비비추의 화경이 형성되었던 것은 토심보다는 양분 공급과 같은 관리형태가 비비추의 생육에 더 크게 작용하였음을 보여준다. 비록 토양의 물리성이 나쁘더라도 식물이 요구하는 양분을 공급해 줌으로써 식물 스스로가 이러한 불리한 환경을 극복할 수 있게 함을 알 수 있었다.

관리형태에 따른 식물생육에서는, 무관리구와 관수관리구간의 차이는 크지 않았으나, 영양액 관리구에서의 비비추 생육이 좋은 것으로 나타났다. 한 예로 토심 15cm에서 영양액관리구의 생체중은 대조구에 비해 2.6배, 물관리구에 비해 2.1배였으며, 토심 30cm는 영양액관리구의 생체중이 대조구의 2.8배, 물관리구의 2.5배였다. 이는 한국잔디의 시비에 따른 건물중이 무시비구에 비해 2.3~2.5배 정도였다는 연구결과(심재성, 1984)와 같은 맥락으로 식물생육에 있어 양분 공급의 중요성을 보여준다. 옥상녹화시 주기적으로 식물에 필요한 양분을 공급하는 것이 식물의 생육은 물론, 개화를 촉진하는데 효과가 있을 뿐만 아니라, 옥상녹지의 경관적 가치 또한 높여줄 것으로 판단되나, 무관리구 및 관수관리구 역시, 식물의 생육은 가능한 것으로 나타났다.

최근 많이 조성되고 있는 저관리형 옥상녹화는 관리를 최대한 하지 않는 방안을 지향하고 있어서, 최소한의 관수만을 해주고 있다. 본 연구에서와 같이 무관리가 이루어지더라도, 식물의 생육은 가능할 것으로 보이나, 이러한 저관리형에서는 식물이 스트레스를 받게 되며, 지속 가능한 옥상녹화 유지를 위해서는 식물이 요구하는 최소한의 양분 공급이 이루어져야 할 것으로 보인다. 양분의 공급은 수질오염이 일어나지 않도록 최소한의 양분공급이 이루어져야 할 것이며, 공급양분의 농도는 이후의 연구

를 통해 도출되어야 할 것으로 보인다.

인 용 문 헌

- 김귀곤 · 조동길. 2000. 생물다양성 증진을 위한 옥상 소생태계 조성기술에 관한 이론적 고찰 및 사례적용 연구. 한국환경복원 3(1) : 39-52
- 김용근. 1984. 서울시 幹線道路邊 屋上造景의 傾向과 改選方案에 關한 研究. 한국조경학회지 12(2) : 43-52
- 김유일 · 오정학 · 김인혜 · 윤홍범. 1998. 아파트 단지 인공지반의 계획적 평가에 관한 연구. 한국조경학회지 26(3) : 297-311.
- 김인혜. 1998. 서울중앙병원 옥상정원의 이용 후 평가, 성균관대학교 대학원 석사학위논문.
- 김현수. 1999. 생태도시 조성 기반기술 개발사업 (III). 환경부. p.31.
- 서울특별시. 2000. 건물옥상녹화 학술용역 p6, 13
- 심재성. 1984. 施肥에 따른 韓國잔디의 夏秋期 生育特性에 關한 研究. 한국초지학회 4(3) : 206-213
- 안원용 · 김동엽. 2001. 옥상녹화 후 인공토양의 이화학적 특성 변화. 한국조경학회 28(6) : 77-83
- 이관희. 1995. 인공지반녹화의 기원과 해외에서 도시미관으로서 최근 활용사례. Journal of Science and Technology Vol 2 No.2
- 이규석. 1999. 건축물 옥상조경 관리방안에 관한 연구. 한양대학교 대학원 석사학위논문.
- 최희선. 2001. 옥상정원에 적합한 자생초화류, 인공토양, 토심 및 관리형태 구명. 서울시립대학교 석사학위 논문
- CEN(European committee for standardization). 1999. Soil improves and growing media -Determination of pH, EC, organic matter content and ash, bulk density. CEN, prEN13037-13041.
- Helmke, P. A. and D. L. Sparks. 1996. Lithium, sodium, potassium, rubidium, and cesium. p.551-574. In : D.L. Sparks et al. (ed) Methods of soil analysis part 3 : chemical

- methods. SSSA book series 5. SSSA and ASA, Madison, WI.
- Horst Marschner. 1995. Mineral Nutrition of higher plant. Academic Press pp247-255.
- Kuo, S. 1996. Phosphate. p.869-920. In : D. L. Sparks et al. (ed) Methods of soil analysis part 3 : chemical methods. SSSA book series 5. SSSA and ASA, Madison, WI.
- Sumner, M. E. and W. P. Miller. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients. p.1210-1230. In : Sparks et al. (ed) Methods of soil analysis part 3 : chemical methods. SSSA books series 5. SSSA and ASA. Madison, WI.
- Walter, H. Gardner. 1986. Water content in methods of soil analysis, part 1. Arnold Klute (ed). Agronomy Monograph No. 9, ASA, Madison, WI.

接受 2003年 4月 11日