

지표면 특성에 따른 대기 냉각 효과에 관한 수치적 연구

안재호* · 김태완¹⁾ · 이상은¹⁾

한경대학교 환경공학과, ¹⁾한경대학교 식물자원과학과
(2004년 11월 23일 접수, 2004년 12월 20일 수리)

A Numerical Study of the Effects of Land Characteristics on the Air Cooling

Jae-Ho An, Tae-Wan Kim¹⁾ and Sang-Eun Lee¹⁾ (Department of Environmental Engineering and ¹⁾Department of Plant Resource Science, Hankyong National University, Ansong 456-749, Korea)

ABSTRACT : A three-dimensional numerical mesoscale model by Pielke's estimation (University of Virginia Mesoscale Model, UVMM) was applied to investigate the effects of land characteristics including land-humidity, land-roughness and land-albedo on some micro-climatic coefficients and the air cooling capacity. The results indicated that land-characteristics exposed a significant effect on air cooling. Air cooling effects between in urban and agricultural areas were compared and the effects were much higher in agricultural area. Air cooling effects of weed species were different and when converted into economic values by diesel oil price the effects were ranged from 411 to 816 Won/plant.

Key words: mesoscale model, land characteristics, albedo, air cooling, weed.

서 론

농업의 공익적 기능과 같은 비시장경제에 속하는 공공재의 평가가 이루어지지 않고 농업을 시장경제에서 거래되는 공공재로만 평가한다면 과소평가된 것이라고 할 수 있다. 따라서 현대 농업은 이러한 문제점을 인식하고, 농업의 발전 속에 환경의 질을 높일 수 있는 방법에 대하여 많은 관심을 갖게 되었다. 이제는 농업이란 지금까지의 생각처럼 식량을 생산하는 기능뿐 아니라 환경을 정화하고 대기를 냉각하는 공익기능으로 다른 여타 산업에 비하여 사회에 기여하는 부가가치가 막대한 산업으로 재평가 받고 있으며, 또한 농업의 공익적 기능을 산정할 수 있는 방법을 모색하고 계량화하는 연구가 이루어져야 할 시점에 와 있다고 하겠다.

본 연구에서는 식물의 성장분석을 기초로 대기정화기능, 대기냉각효과 등을 분석하고자 한다. 또한 산업의 발달로 환경이 악화됨에 따라 농업의 환경보전 측면에서의 공익적 기능에 대하여 연구하였다. 구체적 방법으로 지표면의 특성 즉, 지표면 거칠기, 지표면 습도, Albedo 등이 지표면의 온도 또는 작물의 증발산량변화에 미치는 영향을 분석하고자 하였다. 또한 이러한 기상 요소의 시간적, 공간적 변화에 중요한 요소

인 지표면의 열수지에 대하여 3 차원의 기상모델인 University of Virginia Mesoscale Model(UVMM) 을 이용하여 수치실험을 진행하였다. 또한 증발산량 계산을 위하여 Penman-Monteith을 적용하여 식물 성장에 대하여 분석하고 도시로 개발 시와 농경지로 이용 시의 대기냉각효과를 비교 분석하였다.

재료 및 방법

기상모델의 개요

본 연구에서 기상요소 계산을 위한 UVMM 모델은 운동량 방정식, 열보존방정식, 습기보존방정식, 비압축성 연속방정식, 정정상태 방정식 및 지표면에서의 열수지방정식을 기초로 하여 유도된 3차원 중규모 기상모델이었다. 모델의 자세한 내용은 Pielke¹⁾, Mahrer and Pielke²⁾ 등에 잘 나타나 있다. 본 논문에서는 지표면 열수지 분석에 중점을 두고 UVMM의 열수지 방정식을 적용하여 분석하였다.

지면의 열수지 방정식 열수지방정식에는 단파장과 장파장의 태양광선에 의한 열이동, 지면에서의 열전달, 습기의 기화 또는 응축열, 난류에 의한 열이동 그리고 지면에서의 복사열이 고려되었으며, 다음 식으로 나타낼 수 있다.

*연락처:

Tel: +82-31-670-5175 Fax: +82-31-670-5081

E-mail: jhan@hknu.ac.kr

$$R_s + R_f - \rho L u_s q_s - \rho C_p u_s \theta_s - \rho_s C_s K_s \frac{\partial T_s}{\partial z} / G - \sigma T_G^4 = 0 \quad (1)$$

R_s	단파장의 태양광선
R_f	장파장의 태양광선
$\rho L u_s q_s$	습기의 기화 또는 응축열
$\rho C_p u_s \theta_s$	난류에 의한 열이동
$\rho_s C_s K_s \frac{\partial T_s}{\partial z} / G$	지면에서의 열전달
σT_G^4	지면에서의 복사열

단파장의 태양광선 지면에 도달하는 태양광선의 세기와 일조시간은 위도(ϕ), 천정각(δ)와 일중 시간의 변화(τ)에 의하여 결정되며 다음 식 (2) - (9)에 의해 나타낼 수 있다.

$$S = S_0 \cos Z \quad (2)$$

여기서 S_0 는 태양상수 (1351.76 W/m^2)이며 태양고도와 천정각은 다음 식들로 구할 수 있다.

$$\cos Z = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos \tau \quad (3)$$

$$\delta = \sin^{-1}(\sin(\epsilon) * \sin(\text{dd} * 2\pi / 365)) \quad (4)$$

$$\tau = (\text{WOZ} - 12) * 15 \quad (5)$$

여기서 ϵ 는 23.5이고, dd는 춘분 이후 경과한 일수이며, 태양시 남중시간(12.00 WOZ)을 고려하여 구한다.

태양광선의 대기층에서의 소광 대기층 내에서 태양광선은 분자 또는 입자에 의한 산란과 대기 중의 O_3 , O_2 , CO_2 , H_2O 등에 의한 흡수 등으로 일정한 양이 소광되어진다. 대기 중의 O_3 , O_2 , CO_2 등의 가스에 의한 흡수는 Kondratyev³⁾가 제안하였고 Atwater 등⁴⁾에 의해 수정된 경험식(6)을 이용하였다.

$$E = 0.485 + 0.515 \left(1.041 - 0.16 \left(\frac{1}{\cos Z} \right)^{0.5} \right) \quad (6)$$

대기 중의 H_2O 에 의한 흡수는 McDonald⁵⁾의 경험식을 사용하였다.

$$E_w = 0.77(r(z) / \cos Z)^{0.3} \quad (7)$$

$$r(z) = \int_{Z(1)}^{Z(TOP)} \rho_z \cdot q_z \cdot dz \quad (8)$$

본래의 모델에서는 첫 층(Z_1)과 최상층(Z_{TOP}) 사이만을 고려하였으나 본 연구에서는 첫 층(Z_1)과 지면(Z_G) 사이에 수증기의 양이 많이 존재하는 사실을 고려하여 Schubert⁶⁾의 제안에 따라 다음 식(13)과 같이 수정하였다.

$$r(z) = \int_{Z(1)}^{Z(TOP)} \rho_z \cdot q_z \cdot dz + \int_{Z(G)}^{Z(1)} \rho_z \cdot q_z \cdot dz \quad (9)$$

지표면의 반사율인 Albedo (A) 를 고려하면 지표면에 흡수되는 태양광선은 다음과 같이 된다.

$$R_s = S_0 \cos Z (1 - A) (E - E_w) \quad \cos Z > 0 \quad (10)$$

$$0 \quad \cos Z < 0 \quad (11)$$

대기층으로부터 지면에 복사되는 장파 본 모델에서는 지면으로부터의 장파, 대기 중의 CO_2 와 H_2O 로부터의 장파 등이 고려되었다. H_2O 에서의 장파는 Kuhn⁷⁾와 Jacobs⁸⁾ 등의 경험식을 이용하여 계산하였으며 CO_2 에서의 장파는 Kondratyev³⁾의 경험식을 이용하여 구하였다. 대기층의 n층과 m층 사이의 수증기와 이산화탄소로부터 발생하는 장파는 각각의 합으로 계산하였다.

$$\epsilon(n, m) = \epsilon_r(n, m) + \epsilon_{CO_2}(n, m) \quad (11)$$

각 층에 있어서 외계를 향한 장파와 지면을 향한 장파는 구별하여 다음 식 (12)와 (13)으로 나타낼 수 있다.

$$R \downarrow (n) = \sum_{k=n}^{top-1} \frac{\sigma}{2} (T_{k+1}^4 + T_k^4) (\epsilon(n, k+1) - \epsilon(n, k)) + \sigma T_{top}^4 (1 - \epsilon(n, top)) \quad (12)$$

$$R \uparrow (n) = \sum_{k=1}^{n-1} \frac{\sigma}{2} (T_{k+1}^4 + T_k^4) (\epsilon(n, k) - \epsilon(n, k+1)) + \sigma T_G^4 (1 - \epsilon(n, 0)) \quad (13)$$

대기층으로부터 지면에 도달되는 장파는 각층에서 지면으로 향한 장파의 총합으로 나타나며 다음 식 (14)로 구할 수 있다.

$$R_f = \sum_{k=1}^{top-1} \frac{\sigma}{2} (T^4(k) + T^4(k+1)) (\epsilon(k, top) - \epsilon(k+1, top)) + \sigma T_G^4 (1) \epsilon(1, 0) \quad (14)$$

장단파의 복사로 인한 대기층의 온도변화 장파로 인하여 각 대기층에서의 복사에너지는 각층에 유입과 유출되는 에너지의 수지식 (15)로부터 구할 수 있다.

$$\frac{\partial T}{\partial t} /_n = \frac{1}{\rho C_p (z(n+1) - z(n))} (R \uparrow (n+1) - R \uparrow (n) + R \downarrow (n) - R \downarrow (n+1)) \quad (15)$$

그러나 위 식의 계산은 많은 계산시간을 소요하므로 본 연구에서는 Sasamori⁹⁾의 경험식 (16)을 이용하였다.

$$\frac{\partial T}{\partial t} /_n = \frac{1}{\rho C_p (z(n+1) - z(n))} \left((\sigma T_n^4 - \sigma T_G^4) (\epsilon(n+1,0) - \epsilon(n,0)) + (\sigma T_{TOP}^4 - \sigma T_n^4) (\epsilon(n+1, top) - \epsilon(n, top)) \right) \quad (16)$$

단파인 태양광선으로 인하여 각 대기층에 흡수되는 에너지는 다음 식 (17)로 계산하였다.

$$\frac{\partial T}{\partial t} /_z = 0.0231 \cdot \frac{S_0 \cos Z}{\rho \cdot C_p} \left(\frac{r(z)}{\cos Z} \right)^{-0.7} \frac{dr}{dz} \quad (17)$$

대기냉각효과의 산정

물이 증발할 때 주위의 열을 함께 빼앗아가게 되어 대기냉각효과를 나타낸다. 즉 식물체의 증산작용을 통하여 대기로 증발될 때 잠열로 인하여 대기 온도는 냉각된다^{13,14)}. 대기 냉각효과는 아래 FAO Penman-Monteith 방정식(18)을 이용 산출하였다¹³⁾.

양평의 친환경농업지역(수곡리)와 관행도시근교농업지역인 안성(석정동)에서 발생한 식생중 공통적으로 발생한 8개 초종의 성장분석과 엽면적을 조사하여 냉각기능의 경제적 효과를 산출하는데 이용하였다. 경제적 효과는 경유 L당 800원을 기준으로 산출하였다¹⁴⁾.

$$\lambda ET = \frac{\Delta (R_n - G) + \frac{\rho_a C_p}{r_a} (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \frac{(1 + r_s)}{r_a}} \quad (18)$$

λ : latent heat of vaporization

G : soil heat flux

Δ : slope of the saturation vapour pressure temperature relationship

γ : psychrometric constant

r_s : bulk surface resistance

r_a : Aerodynamic resistance

e_s : mean saturation vapour pressure

e_a : actual vapour pressure

R_n : net radiation at the crop surface ($Mlm^{-2} day^{-1}$)

Table 1. Meteorological data for simulation

Meteorological data	May 4, 2001	Aug. 29, 2001
Synoptical pressure (hpa)	1022	1015
Relative humidity (%)	55	55
Geostrophic wind speed(m/sec.)	4	3
Geostrophic wind direction (degree)	270	90
Initial height of PBL (m)	400	400
Time increment (sec)	60	60

Table 2. Land characteristics of urban area and rural area

Parameters	Urban area	Rural area
Albedo (%)	15	23
Soil Humidity (%)	5	30
Roughness (cm)	200	10
Soil Density (g/cm^3)	2.26	1.74
Specific Heat (cal/g grad)	0.2	0.3
Heat diffusivity ($cm^2/sec.$)	0.0079	0.0038

수치모델의 방법과 대상지역

수치모델의 대상지역 본 모델은 동서방향 40 km와 남북방향 40 km의 지역을 모델지역으로 하여 수치실험을 하였다. 모델의 실행을 위해 농경지의 초기성장 시기인 2001년 5월 4일의 경우 청명한 날씨로 구름이나 강우에 의한 지표면 열수지에 대한 방해 요소가 없으므로 선택을 하였다. 또한 2001년 8월 29일을 택하여 생육과 증발산이 가장 활발한 시기를 택하여 수치모델을 수행하였다. 모델의 초기조건인 기온의 수직분포, 비습기의 수직분포, 기압의 수직분포 등은 오산지역의 음파 측정 자료를 갖고 STUVE 도표를 이용해 구하였다. 자세한 초기조건은 Table 1에 나타냈다.

수치모델의 방법 지면의 종류에 따라 서로 다른 밀도, 비열 그리고 열전도를 갖게 되며 이것은 지표면열평형에 많은 영향을 미치게 된다. 본 연구에서는 Smithsonian Meteorological Table 2에 따라 2가지 지면종류에 대하여 수치실험을 하였다. 본 연구에서는 도시지역과 주변녹지지역으로 구분하여 위에서 살펴본 지표면의 특성들의 차이를 반영하여 대기냉각효과와 대기정화능력에 대하여 연구 분석하였다.

결과 및 고찰

ALBEDO의 지면열평형에 대한 영향

알베도의 변화에 따른 지표면의 열평형 즉 지면온도의 민감도를 분석하고자 하였다. 문헌에 따르면 지면의 특성에 따라 알베도 값을 단순히 분류한 Moeller¹⁰⁾도 있고 지표면의

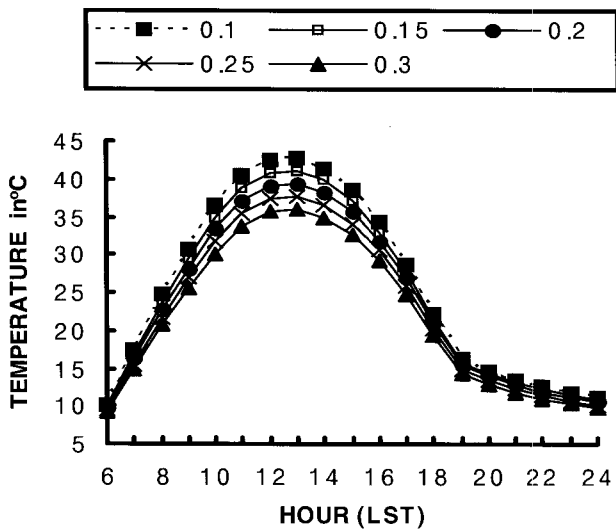


Fig. 1. Effect of Albedo on diurnal variation of soil temperature.

농작물의 종류 또는 계절적 변화도 고려하여 세분화된 알베도 값을 제시하는 Federer¹¹⁾도 있다. 수치실험을 위하여 알베도 값을 0%에서부터 50%까지 10%씩 증가시키며 지면열평형에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다. 다음의 Fig. 1에 알베도 값에 따른 지면온도의 일변화를 나타내었다.

Fig. 1에서와 같이 알베도가 10% 감소하면 일 최고온도가 약 2°C씩 높아지는 것을 알 수 있으며, 0에서 50%로 변할 때 지면온도는 일 최고온도를 기준으로 약 10°C의 차이를 가져옴을 알 수 있었다. 설원 등의 특별한 경우를 제외하면 일반적으로 지면특성에 따라 10-25%의 범위에서 변한다고 하면 약 2~3°C 정도의 지면온도 차이를 가져온다고 볼 수 있다. 이는 Myrup¹²⁾이 도시열섬현상을 분석하기 위하여 수행한 알베도 값과 대기온도와의 상관관계에 대한 수치실험에서 보여준 1.25°C/10%의 결과와 어느 정도 일치되는 것을 알 수 있었다.

지면거칠기 길이의 지면열평형에 대한 영향

지면의 거칠기는 지면에서의 바람속도가 0이 되는 지점까지의 높이인 거칠기 길이 (Z_0)로 나타낼 수 있다. 지면의 거칠기의 변화는 대기층에 난류를 발생시켜 지면과 지면 바로 위의 대기층사이의 열 이동에 영향을 주며 나아가 지면 열평형에도 간접적으로 영향을 주리라 사료된다. Moeller¹¹⁾는 지면의 특성에 따른 지면 거칠기 길이를 Table 3과 같이 제시하고 있다.

Table 3. Roughness-Length by Moeller¹⁰⁾

Land Type	Z_0	Land Type	Z_0
Snow	0.01 - 0.1	Farmland	5 - 50
Sand	0.1 - 1	Forest	50 - 300
Grass	0.1 - 10	City	50 - 300

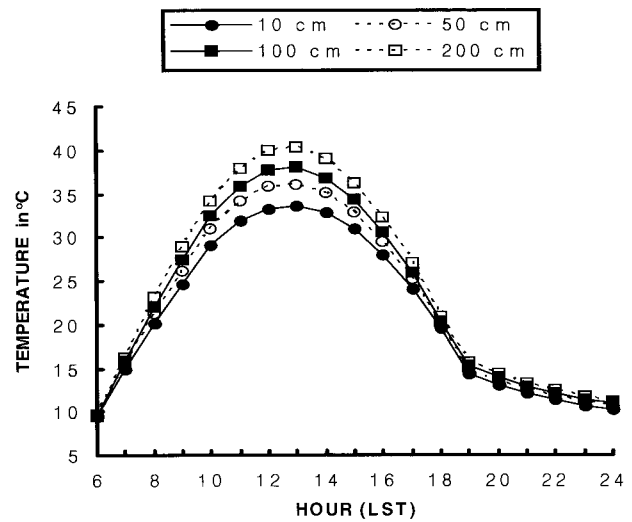


Fig. 2. Effect of land rough-length on diurnal variation of soil temperature.

본 연구에서는 10, 50, 100, 200 cm의 4단계로 나누어 지면의 거칠기가 지표면 열평형에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다. 지면의 거칠기의 증가는 바람의 속도를 줄이고 그로 인하여 현열과 잠열을 통한 대기 중으로의 열전달이 줄어 지면온도의 상승을 가져올 것으로 사료된다. Fig. 2가 보여주는 바와 같이 농경지의 지면의 거칠기라고 할 수 있는 10 cm에서 대도시의 지면의 거칠기로 볼 수 있는 200 cm로 증가할 때 일 최고지면온도를 기준으로 약 5°C의 차이를 보여 주었다.

지표면의 특성에 따른 지면바람속도의 영향

도시지역에서의 지면의 거칠기 값의 차이로 인하여 지면바람속도에 현저한 영향을 확인할 수 있었다. 지면의 거칠기로 인한 마찰로 도시지역에서 주변지역에 비하여 대기가 안정한 아침시간인 9시경에 최대 40%까지의 바람속도 감소를 확인할 수 있었다. 5월 4일의 경우 도시지면과 농경지를 비교하면 각각 일평균 2.0 m/s 와 2.9 m/s 를 보여 약 0.9 m/s 의 풍속 약화를 보였으며 8월 29일의 경우 3.1 m/s 와 2.3 m/s를 보여 약 0.8 m/s 의 차이를 나타내었다.

지면종류의 지면열평형에 대한 영향

Fig. 3과 4에서는 5월 4일과 8월 29일의 도시지역과 농경지 지역의 일중 지표면온도의 변화를 도시하였다. 두 경우 모두 오전 9시경까지는 지표면의 차이로 인한 지면온도의 차이를 보이지 않았으며 일사량이 최대인 오후 1~2시경에 도시지표면 온도가 약 6~7°C 정도 높았으며 오후 6경까지 약 1°C의 차이로 줄었다. 또한 두 경우 모두 일 평균 온도에서는 5월 4일에는 4.2°C 8월 29일에는 3.2°C의 도시지표면에서 높은 온도를 보여 도시열섬현상을 잘 반영하고 있음을 알 수 있었다. 이는 바람속도의 감소로 열의 이류가 적은 점과 지면의 습도 차이로 도시지역에서 잠열로 인한 열의 방출이 작은 점 그리

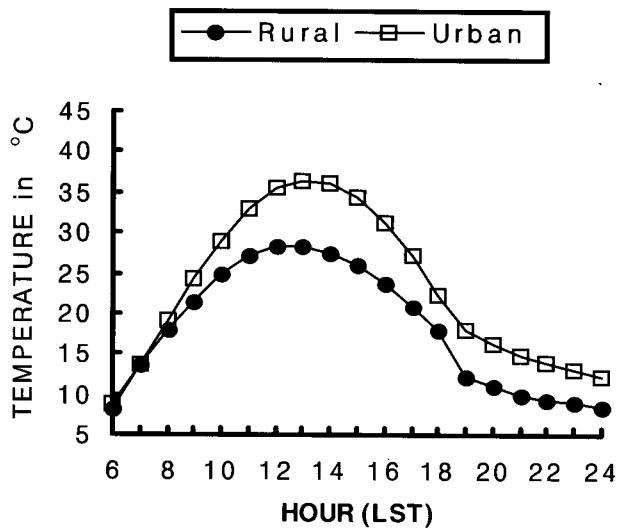


Fig. 3. Diurnal variation of soil temperature on May 4, 1991.

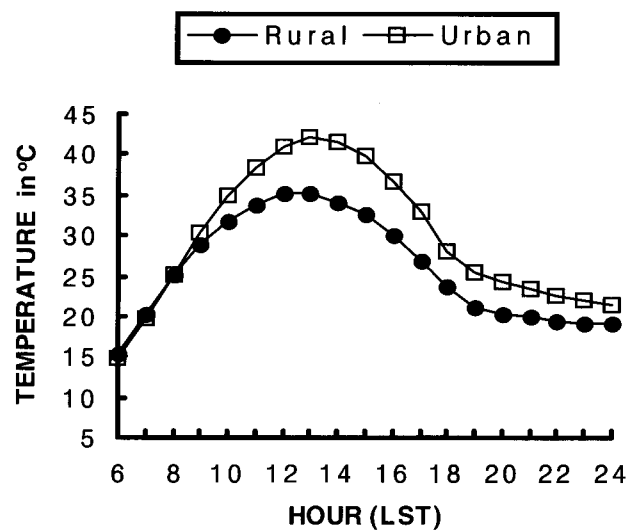


Fig. 4. Diurnal variation of soil temperature on Aug. 29, 1991.

Table 5. Economic valuation of environmental functionality of weeds in aspect of air cooling (Won/plant)

		n th Days ^{a)}										
		92	122	153	183	192	202	214	223	233	245	275
Goosefoot (<i>Chenopodium album</i>)	As ^{b)}	0.17	0.45	0.85	3.10	4.47	6.50	8.39	9.94	11.42	12.80	12.79
	Yp ^{b)}	0.23	0.51	1.05	3.72	4.98	7.26	9.31	11.02	12.38	13.67	13.72
Common purslane (<i>Portulaca oleracea</i>)	As	0.01	0.05	0.14	0.30	0.66	1.10	1.46	1.70	1.92	2.15	2.21
	Yp	0.02	0.11	0.19	0.32	0.78	1.21	1.55	1.84	2.03	2.27	2.28
Hairy crabgrass (<i>Digitaria ciliaris</i>)	As	0.36	0.68	1.64	3.39	4.11	5.88	7.65	9.34	10.48	11.47	11.48
	Yp	0.97	0.80	1.96	4.02	4.57	6.82	8.64	9.98	10.79	11.31	11.90
Green foxtail (<i>Setaria viridis</i>)	As	0.19	0.37	0.98	2.73	4.27	6.39	8.52	10.12	11.21	12.00	12.05
	Yp	0.25	0.40	1.10	3.14	4.88	7.34	9.08	10.88	12.28	13.25	13.20
Barnyardgrass (<i>Echinochloa crus-galli</i>)	As	0.69	2.89	6.10	10.10	11.84	14.91	18.26	19.31	20.69	21.60	21.60
	Yp	0.82	3.29	7.02	11.19	12.78	15.74	19.23	20.31	21.23	21.79	21.92
Wild soybean (<i>Glycine soja</i>)	As	0.15	0.33	0.84	3.13	4.47	6.30	8.07	9.28	10.58	11.90	11.95
	Yp	0.20	0.38	0.89	3.40	5.06	7.11	8.56	9.87	11.09	12.46	12.53
Asiatic dayflower (<i>Commelina communis</i>)	As	0.08	0.25	1.00	2.30	4.17	6.38	8.45	9.53	10.59	11.46	11.64
	Yp	0.14	0.33	1.39	2.54	4.60	7.14	9.10	10.29	11.13	12.38	12.42
Annual fleabane (<i>Erigeron annuus</i>)	As	0.19	0.47	1.22	3.50	4.98	7.15	9.02	10.56	12.01	13.37	13.39
	Yp	0.21	0.55	1.41	3.87	5.48	7.56	9.39	11.32	12.54	14.03	14.09

^{a)}nth day from 1st January, ^{b)}As and Yp : Ansung and Yangpyong.

고 지면특성에 따라 비열, 지면으로의 열전도의 차이 등이 복합적으로 작용한 결과로 사료된다.

대기냉각효과 및 경제성 산정

대기냉각효과를 산정하기위해 수치모델을 구동하여 5월 4일과 8월 29일 양일간의 도시와 농경지를 대상으로 한 기상 요소인 습도, 풍속, 지표면 온도, 기온, 태양광선의 세기 등을

추정하였으며 이를 바탕으로 대기냉각효과의 경제적 가치를 환산하였다.

초기 생육기인 4월에 안성 관행농경지의 각 대기냉각효과를 보면 명아주는 0.32 mm/day/plant, 쇠비름은 0.24 mm/day/plant, 바랭이는 1.53 mm/day/plant, 강아지풀은 2.06 mm/day/plant, 피는 1.63 mm/day/plant, 돌콩은 0.37 mm/day/plant, 닭의장풀은 0.73 mm/day/plant, 개망초는

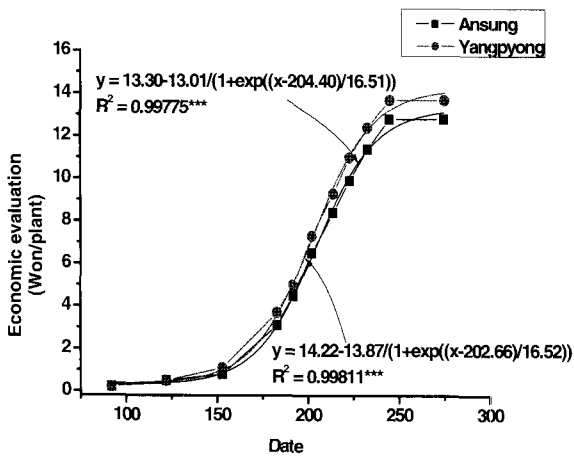
0.17 mm/day/plant로 나타났다. 양평 친환경농경지의 대기냉각효과를 보면 명아주는 0.31 mm/day/plant, 쇠비름은 0.29 mm/day/plant, 바랭이는 2.09 mm/day/plant, 강아지풀은 2.68 mm/day/plant, 피는 1.49 mm/day/plant, 돌콩은 0.44 mm/day/plant, 닭의장풀은 0.69 mm/day/plant, 개망초는 0.21 mm/day/plant로 나타났다. 명아주와 닭의장풀은 관행농경지의 대기냉각효과가 높게 나타났지만 대체로 양평 친환경농경지의 초종이 다소 높게 나타났다.

생육 후반기로 갈수록 안성 관행농경지와 양평 친환경농경지의 대기냉각효과가 계속 증가되는 경향을 보였다. 생육후반기인 10월에 대기냉각효과를 보면 안성과 양평 두 지역에서 각각 명아주는 7.32 및 8.32 mm/day/plant, 쇠비름은 5.24 및 6.72 mm/day/plant, 바랭이는 9.19 및 9.47 mm/day/plant, 강아지풀은 9.18 및 9.49 mm/day/plant, 피는 9.21 및 9.49 mm/day/plant, 돌콩은 6.67 및 8.09 mm/day/plant, 닭의장

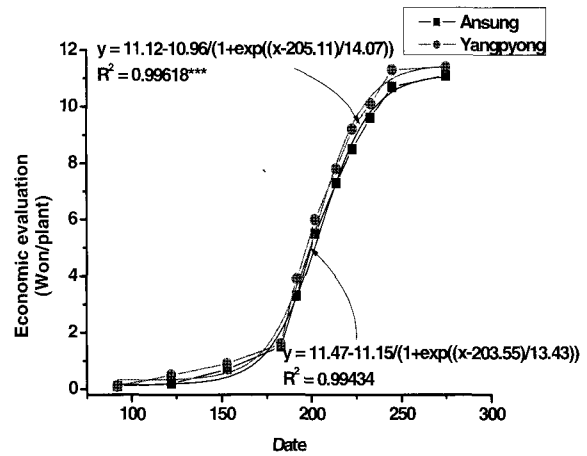
풀은 6.31 및 7.19 mm/day/plant, 그리고 개망초는 6.32 및 6.16 mm/day/plant로 나타났다.

일반 생장곡선과 마찬가지로 대기냉각효과 곡선도 sigmoid 곡선을 이루었다 (Fig. 5). 대체로 회분과 초종이 높게 나타난 것은 엽면적과 비례하여 잠재 증발산량이 높은 것으로 사료되었다. 또한 C₄ 식물인 피와 명아주가 다른 초종에 비하여 높게 나타난 것은 C₃ 식물보다 더 많은 증발산량을 방출하기 때문이라고 생각되었다.

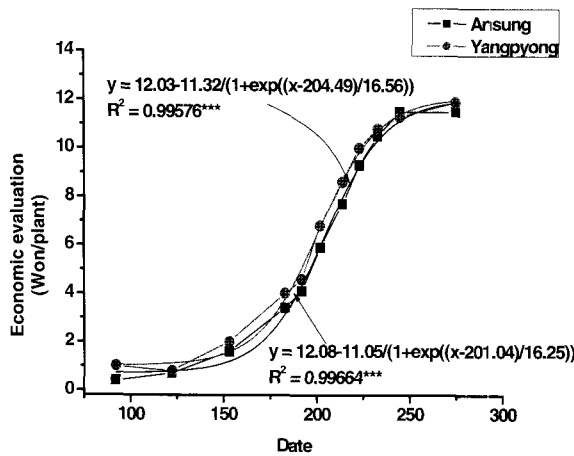
Fig. 5에서 보는 바와 같이 생육기별로 구한 대기냉각효과의 경제적 가치를 조사하였다. FAO Penman-Monteith 방정식을 이용 산출한 대기냉각효과를 경유가격(L당 800원)으로 환산하여 경제적 가치를 부여하였다. 식물은 잠재증발산량이 3.35 mm 이상인 기간부터 대기를 냉각한다. 따라서 초여름인 6월 1일부터 9월 1일까지 적분하여 대기냉각효과의 경제적 가치를 부여하였다. 안성 관행농경지와 양평 친환경농경지의



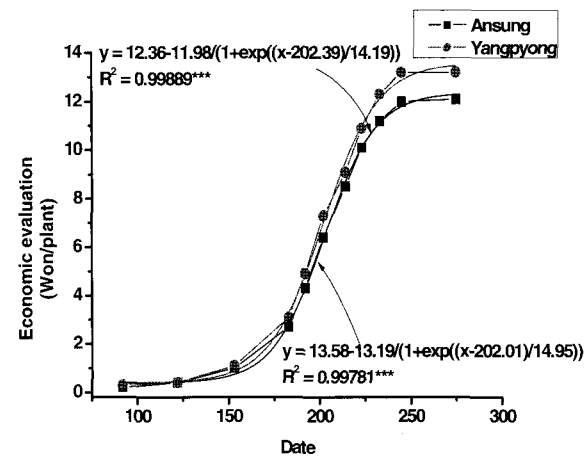
Chenopodium album



Portulaca oleracea

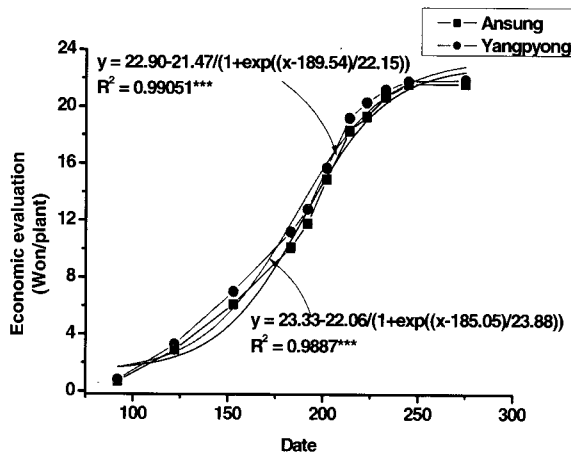


Digitaria ciliaris

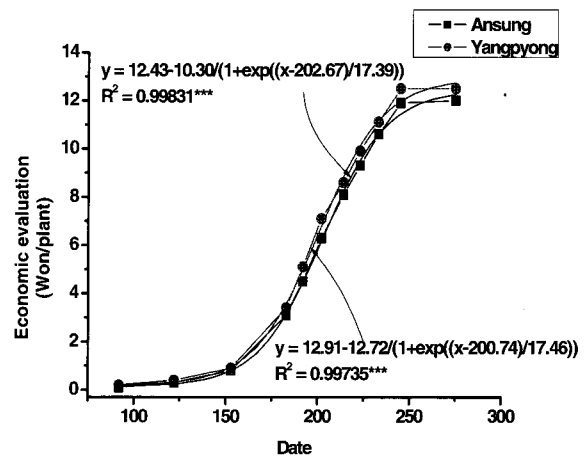


Setaria viridis

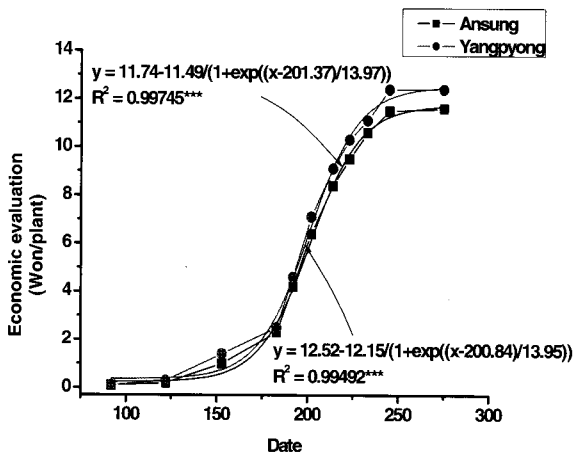
Fig. 5. Economic evaluation of environmental functionality in main weeds in aspect of air cooling.



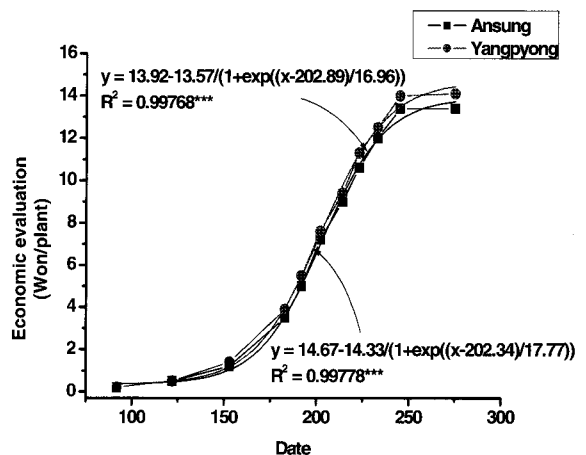
Echinochloa crus-galli



Glycine soja



Commelina communis



Erigeron annuus

Fig. 5. Continued.

경제적 가치는 한 초종당 명아주는 614.88원과 721.27원, 쇠비름은 411.10원과 563.00원, 바랭이는 806.57원과 851.84원, 강아지풀은 817.32원과 859.20원, 피는 819.28원과 861.07원, 돌콩은 550.20원과 694.73원, 닭의장풀은 575.96원과 646.42원, 개망초는 594.49원과 630.60원이었다.

요 약

University of Virginia Mesoscale Model (UVMM) 을 이용하여 지표면의 특성 즉, 지표면 거칠기, 지표면 습도, Albedo 등이 지표면의 온도 또는 지표면 열수지에 미치는 영향을 분석하고자 하였다. 나아가 실제의 기상조건 하에서의 분석을 위하여 2001년 5월 4일과 8월 29일을 택하여 기상요소들을 산정하였으며 각각의 경우 도시지면 대신 농경지로 이용시의 대기냉각효과를 수치계산 및 분석을 하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 본 모델의 알베도에 대한 민감도는 알베도가 10% 감소하면 일 최고온도가 약 2°C 씩 높아지는 것을 알 수 있으며, 설원 등의 특별한 경우를 제외하면 일반적으로 지면특성에 따라 10~25%의 범위에서 변한다고 하면 약 2~3°C 정도의 지면온도 차이를 가져온다고 볼 수 있다.
2. 지면의 거칠기와 지표면 온도 변화를 비교하면 지면의 거칠기의 증가는 바람의 속도를 줄이고 그로 인하여 현열과 잠열을 통한 대기 중으로의 열전달이 줄어 지면온도의 상승을 가져올 것으로 사료되며, 농경지의 지면의 거칠기라고 할 수 있는 10 cm에서 대도시의 지면의 거칠기로 볼 수 있는 200 cm로 증가할 때 일 최고지면온도를 기준으로 약 5°C의 차이를 보여 주었다.
3. 일사량이 최대인 오후 1~2시경에 도시지역이 농경지지역에 비하여 현저하게 높은 온도를 보여 주었다. 이는 바람속도의 감소로 열의 이류가 적은 점과 지면의 습도 차이로도

시지역에서 잠열로 인한 열의 방출이 작은 점 그리고 지면 특성에 따라 비열, 지면으로의 열전도의 차이 등이 복합적으로 작용한 결과로 사료되며 본 연구의 모델이 이를 잘 수치모사를 해주고 있음을 보여주고 있다.

4. 농경지 발생 잡초의 생태적 특성을 고려한 경제적 가치분석결과 초종간 차이가 있었으며 411~861원 정도의 경제적 가치가 있는 것으로 밝혀졌다.

감사의 글

본 연구는 환경대학교 식물생태화학연구소 및 농촌진흥청 농업특장과제(OECD 지표의 농업환경 영향평가)에 의해 수행되었음.

참고문헌

1. Pielke, R. A. (1974) A three-dimensional numerical model of the seabreeze over south Florida, *Mon. Weather Review* 102, 115-139.
2. Mahrer, Y. and Pielke, R. A. (1976) Numerical simulation of the air flow over Barbados, *Mon. Weather Review* 104, 1392-1402.
3. Kondratyev, K. Y. (1969) Radiation in the atmosphere, Academic Press, NewYork/London.
4. Atwater, M. A. and Brown, P. S. (1974) Numerical computation of the latitudinal variation of solar radiation for an atmosphere of varying opacity, *J. Appl. Met.* 13, 289-297.
5. McDonald, J. E. (1960) Direct absorption of solar radiation by atmospheric water vapor, *J. Met.* 17, 319-328.
6. Schubert, S. (1983) Detaillierte Untersuchung von Kenngrößen der Strahlungs- und Oberflächenergiebilanzberechnung im University of Virginia Mesoscale Model von R. A. Pielke und Y. Mahrer, Diplomarbeit im Fachbereich Geowissenschaften an der FU Berlin
7. Kuhn, P. M. (1963) Radiometersonde observation of infrared flux emissivity of water vapor, *J. Appl. Met.* 2, 368-378.
8. Jacobs, C. A., Pandolfo, J. P. and Atwater, M. A. (1974) A description of a general three-dimensional numerical simulation model of a air-water and/or air-land boundary layer, IFYGL Final Report, CEM Report No. 5131-509a.
9. Sasamori, T. (1972) A linear harmonic analysis of atmospheric motion with radiative dissipation, *J. Met. Soc. of Japan* 50, 505-517.
10. Moeller, F. (1973) Einfuehrung in die Meteorologie Band II. Bibliographisches Institut Mannheim, Wien, Zuerich.
11. Federer, C. A. (1968) Spatial variation of net radiation, albedo and surface temperature of forests *J. Appl. Met.* 7, 317-321.
12. Myrup, L. O. (1969) A numerical model of the urban heat island, *J. Appl. Met.* 8, 205-211.
13. Eom, K. C., Yun, S. H., Hwang, S. W., Yun, S. G. and Kim, D. S. (1993) Public Benefit from Paddy Soil, *Korean J. Soil Sci. Fert.* 26(4), 314-333.
14. 엄기철, 윤성호 (2000) 농업의 다원적 기능 계량화 평가, 농촌진흥청, p.9-24.