

施設ギク栽培圃場における加温温度の違いが地中伝熱量に及ぼす影響 (短報)

龍 勝利*・佐伯一直¹⁾・中村知佐子²⁾・井手 治

[キーワード: 土壌表層, 加温温度, キク, 地中伝熱]

Effect of Heating Temperature on the Soil Heat Flux in Chrysanthemum. RYU Katsutoshi, Kazunao SAEKI, Chisako NAKAMURA and Osamu IDE (Fukuoka Agriculture and Forestry Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. For. Res. Cent.*4:114-116 (2018)

[Key words : surface soil layers, heating temperature, chrysanthemum, soil heat flux]

緒言

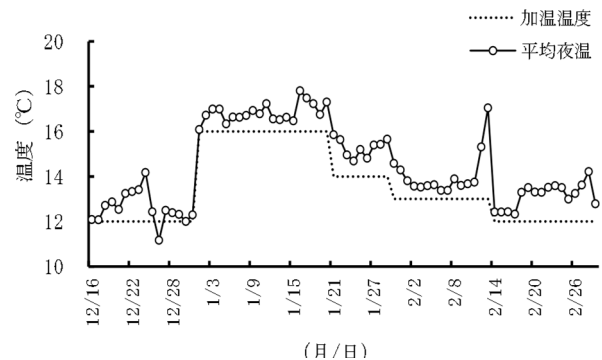
キクの花芽分化・発達の適温は 15~20℃であり, 15℃より低温の条件下では, 花芽形成が大幅に遅れるだけでなく, 花房の乱れなど品質が低下する(小西 1970)。このため, キクは主要切り花の中でも高い温度で栽培され, 加温が生産コスト増大の要因となっている(前田ら 1982)。また近年, 原油価格が不安定化していることから, 加温にかかるコストを低減するためには, 化石燃料への依存をできるだけ軽減することが重要である。本県では, 化石燃料の代替として, 木材端材の燃焼熱を加温に利用する木質暖房機が施設ギク栽培圃場に導入されている。木質暖房機は重油暖房機と比較して設備費が高額であるため, 適正な暖房機の熱出力規模を算定する際には, 最大暖房負荷を正確に評価することが重要である。ハウスの暖房負荷は, 被覆材を通過する貫流伝熱, 被覆材の継ぎ目など隙間換気に伴う伝熱, 温室床面の土壌との熱交換による地表面伝熱の 3 つの伝熱経路によって生じる(林 1998)。このうち, 貫流伝熱および隙間換気伝熱はハウス内外気温差に比例するが, 地表面伝熱は日中の土壌の蓄熱程度や暖房機の設定温度(以下, 加温温度)等によって異なるため, 暖房負荷として考慮されない場合が多い(古在ら 1982)。しかし, 近年, 燃油削減のためハウスの多層被覆化や加温温度を下げるが行われており, 暖房必要熱量が減少して地表面からの放熱量が相対的に大きくなっていると考えられ, 暖房負荷としての影響が懸念される。そこで本研究では, 生育ステージに応じて加温温度を変更する施設ギク栽培圃場において, 加温温度の違いが地中伝熱量に及ぼす影響を調査した。

材料および方法

1 調査ハウスの概要

調査は, 2015 年 12 月 16 日~2016 年 2 月末日まで, 福岡県八女市内に設置された間口 7.8m, 奥行 42mの南北向きでフッ素系硬質フィルムを展張した 2 連棟ハウスにおいて行った。暖房は, ハウス内に設置された温風式の重油暖房機(HK3027TEV; ネボン社製)および木質暖房機(CBW-500; タケザワ社製)から供給される温湯の熱を熱交換機(LV-WPE-C50; 三菱電機社製)により温風にして加

温するハイブリッド方式により行われ, 加温温度はキクの生育ステージにより終日 12~16℃の範囲に設定された(第 1 図)。ハウスの換気開始温度は 20~25℃に設定された。調査ハウスには, 秋キク「神馬」が 2015 年 11 月 1 日に畝幅 130cm, 条間 14cm, 5 条植で定植されており, 電球色蛍光灯を用いた暗期中断処理(23:00~ 3:00)が定植から 2015 年 12 月 31 日まで行われた。調査期間中のかん水は pF 2.5 を指標に管理された。



第 1 図 加温温度およびハウス内平均夜温の経日変化

1) 夜温は, 16:00~ 9:00 の測定値(10 分間隔)の平均値

2 ハウス内気温, 土壌表層の地温および熱流量の測定

気温および土壌表層の地温は東棟ハウスの中央部で計測し, サーミスタを感温部とする温度計(おんどとり Jr. TR-52; T&D 社製)を畝中央部で地表面からの高さがキクの生長点付近となる 100cm, 地表面, 深さ 5cm および 10cm にそれぞれ設置し, 10 分間隔で記録した。土壌の熱流量は, 地表面から深さ 5cm まで(以下, 表層 I) および深さ 5cm から 10cm まで(以下, 表層 II), それぞれ 2 地点間の地温勾配に, 調査ハウス土壌の熱伝導率 $\lambda = 0.4 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ を乗じて熱流束を算出した後, 夜間(16:00~ 9:00)の測定値を各加温温度ごとに日別に積算した。土壌の熱伝導率は, 岡田(1983)の方法を参考に熱流板(MF-180M; EKO 社製)で測定した。

結果

1 ハウス内夜温の経日変化

加温温度および高さ 100cm で計測したハウス内の平均

*連絡責任者(バイオマス部: k-ryu@farc.pref.fukuoka.jp)

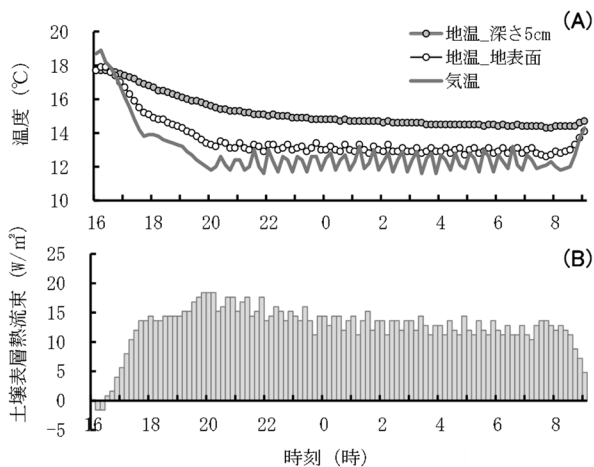
1) 福岡県筑後農林事務所 八女普及指導センター

2) 現 福岡県筑後農林事務所 南筑後普及指導センター

夜温の経日変化を第 1 図に示す。ハウス内の気温は、ほぼ加温温度以上に維持され、平均夜温は 11~18°C で推移した。

2 夜間における土壌表層の地温と熱流束の推移

加温温度を調査期間中で最も低い 12°C とした 2015 年 12 月 19 日~12 月 20 日のハウス内気温、地表面および深さ 5cm の地温ならびに土壌表層 I の熱流束の推移を第 2 図に示す。地表面温度は、16 時以降ハウス内気温に追従して低下し、暖房機が稼働を開始した 20 時以降は 13°C 前後で推移した。また、深さ 5cm 位置の地温は、地表面温度より緩やかに低下し、15~18°C で推移した。土壌表層 I における熱流束は、16 時以降、ほぼ土壌中から地表面方向の上向きとなり、15W/m² 前後で推移した。



第 2 図 ハウス内気温、地温 (A) および土壌表層 I の熱流束 (B) の推移

1) 測定は、2015 年 12 月 19 日~20 日 (加温温度 12°C)

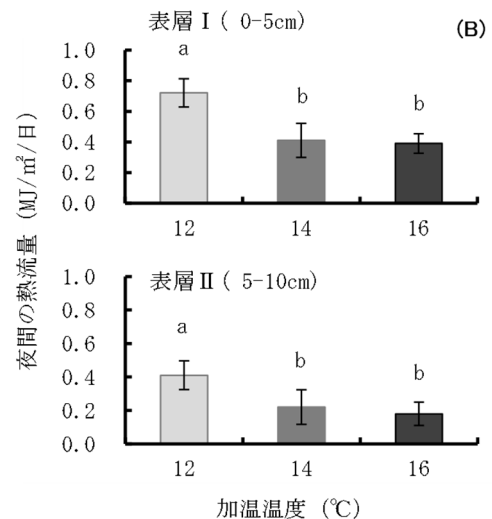
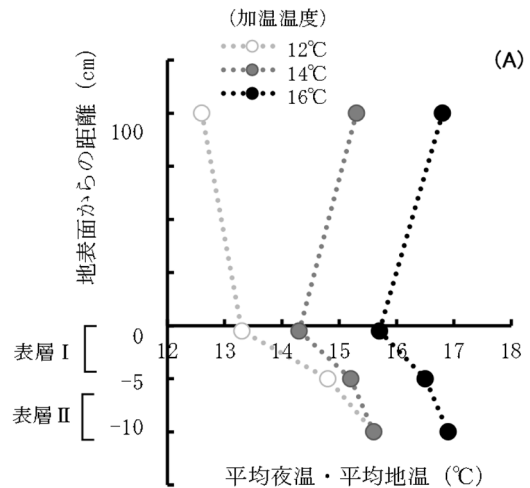
3 加温温度の違いと地温勾配

夜間における土壌表層の平均地温分布ならびに熱流量を加温温度別に第 3 図に示す。夜間における平均地温は地表面が最も低く、深さ 5cm、深さ 10cm の順に高くなり、加温温度が高いほど平均地温が高まる傾向が認められた。加温温度 12°C では地表面温度が 13.3°C となり、高さ 100cm で計測したハウス内の平均夜温より 1°C 程度高かったのに対し、加温温度 14°C および 16°C ではそれぞれ 14.4°C および 15.7°C で、ハウス内の平均夜温より 1°C 程度低かった。一方、土壌表層では、夜間において表層 I および表層 II いずれの層でも土壌中から地表面方向に上向きの熱移動が認められ、加温温度 12°C では、熱流量がそれぞれ 0.72MJ/m²/日および 0.41 MJ/m²/日となり、加温温度 14°C および 16°C より有意に多かった。

考 察

ハウス内土壌の地表面は、日射等の各種エネルギーが出入する場となるため地温の変動が大きい、明瞭な日変化が認められるのは地表面から深さ 12cm 程度までであり、それより深い位置では温度変化の振幅が急減する (小

倉 1983)。本調査でも、夜間の地表面温度がハウス内気温に追従して急激に低下したのに対し、深さ 5cm および 10cm 位置の地温は緩やかに低下しており、地表面温度が最も低く推移した。このため、土壌表層では垂直方向に平均 1~2°C 程度の地温勾配が生じて、熱流束は上向きとなった。土壌表層 I の熱流量は、加温温度が 12°C の条件では 14°C および 16°C より有意に多い 0.72MJ/m²/日となり、本調査を行った栽培ハウス (床面積 655m²) の場合、1 日あたりの熱流量が A 重油換算 (38.9MJ/L) で 12.1L の発熱量に相当する 472MJ と推定された。また、加温温度



第 3 図 加温温度の違いが夜間における土壌表層の平均地温分布 (A) ならびに熱流量 (B) に及ぼす影響

- 1) 測定は、加温温度 12°C が 2015 年 12 月 16 日~12 月 31 日、14°C が 2016 年 1 月 21 日~1 月 29 日、16°C が 2016 年 1 月 1 日~1 月 20 日に行い、それぞれ 16:00~9:00 に 10 分間隔で記録した測定値の平均値
- 2) 図 (B) 中の異なる英文字間には Tukey-Kramer の多重比較検定により 5% 水準で有意差があることを示す
- 3) 図 (B) 中の誤差線は標準偏差を示す

を12℃より更に低い10℃としたナス栽培圃場(福岡県大木町)において、本調査と同期間に測定した熱流量は本調査の測定結果より多い0.78MJ/m²/日であった(未発表)。これらのことから、本県では、加温温度が概ね12℃以下の場合、土壌表層の熱がハウス内の気温を維持するための熱源として有効に働くことが明らかとなった。しかし、キクは主要切り花の中でも高い温度で栽培され、特に花芽分化から発蕾までは低温に対する感受性が高まるため、最低気温は15~18℃に制御されることが多い(前田ら1982)。本調査では、加温温度が14℃以上の条件では、土壌表層において上向きの熱流が認められたものの、地表面温度はハウス内気温より低く、地表面では地上から地中へ下向きの熱伝達が生じることが明らかとなった。このことから、加温温度が比較的高温の施設ギク栽培では、地中伝熱により暖房負荷が増加すると推察された。一方、加温温度が概ね12℃以下の場合、土壌表層および地表面の上向きの伝熱により暖房負荷が軽減される。そのため、加温温度が比較的低温の園芸品目において暖房機の熱出力規模を決定する際には、過剰投資とならないよう地中伝熱量を考慮して最大暖房負荷を算出する必要があると考えられる。更に、日没直前の16時における地表

面温度は、調査期間中10~19℃の範囲で大きく変化し、日射による蓄熱が十分な条件では19℃程度まで高まっており、夜間もハウス内気温より高く推移した(データ略)。このことは、日中に地温を高めることで、夜間の暖房負荷が軽減可能であることを強く示唆しており、暖房機の規模を縮小できる可能性がある。しかしながら、本県は日本海側に位置し、冬季の日射量が極端に少ないため地温が高まりにくいことから、今後は地温上昇を目的としたマルチング等の地温制御技術の開発が必要と考えられる。

引用文献

- 林 真紀夫ら(1998)暖房. 四訂施設園芸ハンドブック(日本施設園芸協会(編)). 園芸情報センター, 東京, p. 138-151.
- 小西国義(1970)切り花および鉢花の開花調節. 園芸植物の開花調節. 誠文堂新光社, 東京, p. 234-269.
- 古在豊樹ら(1982)農業気象 38(3):279-285.
- 前田浩典ら(1982)徳島農試研報 20:27-36.
- 小倉祐幸(1983)農業気象 39(2):73-78.
- 岡田益己(1983)農業気象 38(4):419-421.