

気温および地温がキク ‘精興の誠’ の黄斑発生に及ぼす影響

後藤丹十郎・山口 訓史・藤田 紫乃・四谷 亮介

(応用植物科学コース)

Effect of Air or Medium Temperature on Occurrence of Leaf-yellow-spot in *Chrysanthemum* ‘Seikou-no-makoto’

Tanjuro Goto, Norihito Yamaguchi, Shino Fujita and Ryosuke Yotsuya

(Course of Applied Plant Science)

Leaf-yellow-spot, a physiological abnormality occurring in leaves of several chrysanthemum (*Chrysanthemum x morifolium*) cultivars is a very serious production problem in Japan. High temperature or high irradiation are possible physiological factors, which may lead to leaf-yellow-spot. In the present study, effects of air or medium temperature on the occurrence of leaf-yellow-spot in ‘Seikou-no-makoto’ were investigated. The nodal position with spotted leaves and rate of leaf-yellow-spot increased with increasing day/night temperature. The nodal position with spotted leaves and rate of leaf-yellow-spot of plants grown on 30°C night air temperature were smaller than those grown on 25°C or ambient night air temperature. The days to first occurrence of leaf-yellow-spot showed no differences among medium temperatures. As occurrence of leaf-yellow-spot was not affected by root zone temperature, we recognized that occurrence of leaf-yellow-spot was promoted by high temperature or solar radiation on shoot, especially leaf. Occurrence of leaf-yellow-spot was reduced by long period high temperature and/or high solar radiation as plant growth reduced. Therefore, we thought that occurrence of leaf-yellow-spot was promoted by environmental condition as plant growth would promote.

Key words : air temperature, environmental factor, irradiation, leaf-yellow-spot, medium temperature

緒 言

キクを高温期に収穫する作型において、中下位葉の葉身に黄斑が発生し、切り花品質が低下するため生産上大きな問題となっている。一般に、葉に発生する斑点などの生理障害は、無機養分の過不足によって発生することが多い。例えば、リン酸過剰ではクロロシスが生じ、症状が重い場合には上中位葉が黄白化する。マグネシウムの欠乏症は葉脈間が黄変し網目状となる。鉄の欠乏症状は、中、上位葉の葉脈間にクロロシスを生じ、著しい場合は新葉が黄白化する⁵⁾。そのため、以前に無機養分の過不足が黄斑発生に及ぼす影響について調査を行ったが、キクの黄斑に関しては特定の無機養分の過不足が発生要因ではないことを明らかにした^{1,9)}。葉身に黄斑が発生する症状はセントポーリアにおいても確認されており、セントポーリアの場合は低温障害が原因とされている^{6,7,11,12)}。

著者らのこれまでの報告^{1,2,3)} から、キクの黄斑発生に品種間差があり、‘精興の誠’は発生しやすい品種であるが、‘精興の勝’はいずれの条件においても発生しないことを明らかにしている。また著者らはキクの黄斑は高温、

強日射期に発生度が高く、低温、低日射期に低いこと^{2,4)}を報告している。また、長菅ら⁸⁾は、黄斑を誘発する温度要因としてまず高温があり、その後の温度低下によって症状の進行が促進されると報告している。このように、環境条件のうち、温度は黄斑発生への関与が大きいと考えられるが、黄斑発生に影響を及ぼす温度域は明確になっていない。また、昼温と夜温のどちらの影響がより大であるかは明らかにされていない。さらに、養水分吸収や根圏内の生理反応などに影響を強く及ぼす地温の影響についても明らかになっていない。

そこで、本研究では温度が黄斑発生に及ぼす影響を詳細に検討するために、昼温、夜温および培地温度がキク‘精興の誠’の葉身に発生する黄斑に及ぼす影響を調査した。

材料および方法

栽培概要

‘精興の誠’を供試した。岡山大学の圃場で養成した砂壤土を詰めた容積約40 liter の木箱 (60 cm×36 cm×深さ

18 cm) へ定植した。

全ての実験は日最低気温15℃で加温し30℃で換気を行い、22:00～2:00まで白熱灯で暗期中断を施したビニルハウス内で行った。処理開始までは水道水と大塚A処方(N:P:K=18.5:5.1:7.6) 1/4 濃度の培養液を土壌表面が乾燥したら交互に給液した。処理開始後は、土壌表面が乾燥したら大塚A処方 1/2 濃度を給液した。

黄斑発生度については0～4の5段階評価とした。発生度0は黄斑の発生が確認できないもの、1は葉の縁辺一部に黄斑の発生が確認されるもの、2は葉の縁辺一体に黄斑の発生が確認されるもの、3は葉の中心部の一部にも黄斑の発生が確認されるもの、4は3がさらに進行し中心部全体にも黄斑の発生が確認されるものとした。発生度が1以下では切り花品質は低下しないが2以上で切り花品質は低下し、3で商品価値が無くなり、4は3が著しく進行したものとした。

実験1 昼夜温が黄斑の発生に及ぼす影響

2007年2月1日に発根苗を木箱に10株ずつ定植した。定植30日後の3月2日から処理を開始し、処理は昼温/夜温が40/30℃、35/25℃、なりゆきの3区とした。昼温は8:30から17:00、夜温は17:00から8:30までとした。加温は以下の方法で行った。鉄パイプと透明ビニルで作成した簡易のフレーム内に電熱線を取り付けた木枠を置床した。その木枠上に木箱を置いた。サーモスタットで温度を制御し、小型のファンで空気を循環させることによってフレーム内の温度を同一に維持した。日中は、天候を考慮しながらビニルを開閉し、設定温度を維持するようにした。処理開始60日後(5月2日)に茎長、節数、新鮮重、葉重および黄斑発生度を調査した。

実験2 夜温が黄斑の発生に及ぼす影響

2008年4月21日に発根苗を木箱に10株ずつ定植した。5月17日から処理を開始した。処理は夜温を30℃、25℃に加温した2区と無加温のなりゆきの計3区とした。加温は、実験1に準じて行い、日中はビニルを解放した。加温は17:00から8:30の間行なった。処理開始60日後(7月7日)に茎長、節数、新鮮重、葉重および黄斑発生度を調査した。

実験3 培地温度が黄斑発生に及ぼす影響

2007年5月28日に発根苗を木箱に15株ずつ定植した。定植17日後の6月14日から処理を開始し、処理は培地温

度が35℃、30℃、なりゆきの計3区とした。培地の加温は、木箱下部に砂を3 cm敷き詰め、砂中に電熱線を設置し、サーモスタットで温度を制御した。直接根が電熱線に触れないように砂の上に防根シートを設置した。処理開始55日後(8月10日)に茎長、節数、新鮮重、葉重および黄斑発生度を調査した。

結 果

実験1 昼夜温が黄斑の発生に及ぼす影響

40/30℃区では最高温度38.6℃、最低温度30.5℃、平均温度35.1℃、35/25℃区では最高温度34.8℃、最低温度23.2℃、平均温度27.4℃、なりゆき区では最高温度30.5℃、最低温度17.7℃、平均温度22.5℃であった。

黄斑発生は温度が高いほど早く、40/30℃区では処理開始20日後に、35/25℃区では37日後に、なりゆき区では40日後に、黄斑の発生が確認できた。

Table 1 に昼夜温が生育に及ぼす影響を示した。茎長、生体重はなりゆき区で最も大きく、温度が高くなるにつれて小さくなった。しかし、処理区において終了時節数に大きな差は認められなかった。

Fig. 1 に昼夜温が黄斑発生度に及ぼす影響を示した。40/30℃区と比較して、なりゆき区の方が黄斑発生程度は高くなる傾向がみられた。黄斑発生度は処理開始時の節位近辺で高くなった。

実験2 夜温が黄斑の発生に及ぼす影響

処理開始から30日間の夜温を比較すると、30℃区で28.3℃、25℃区で24.8℃、なりゆき区で23.6℃であり、25℃区となりゆき区の差は小さかった。昼温はいずれの区も30℃前後であり、30℃区では夜温と昼温の温度差は約3℃だったが、25℃区となりゆき区の温度差は約5℃以上もあった。

Table 2 に夜温が生育に及ぼす影響を示した。茎長、生体重はなりゆき区で最も大きく、温度が高くなるにつれて小さくなった。終了時節数もなりゆき区でも最も多かった。

Fig. 2 に夜温が黄斑発生度に及ぼす影響を示した。黄斑発生は節位0(処理開始時の節位を0とした)から上位の節で見られた。黄斑発生度は30℃区と比較してなりゆき区で有意に高くなった。

Table 1 Effects of day/night temperature on the growth of chrysanthemum cv. Seikou-no-makoto 60 days after treatment

Day/night temperature	Node number	Stem length (cm)	Fresh weight (g)	Leaf weight (g)
40/30℃	60.8 ± 3.4	108.4 ± 1.9	88.6 ± 6.9	51.4 ± 3.5
35/25℃	62.0 ± 1.5	126.6 ± 1.9	102.5 ± 4.8	59.1 ± 2.9
Ambient	59.0 ± 0.7	137.8 ± 3.3	132.3 ± 9.8	74.6 ± 6.6

Mean ± standard error (n=5)

Table 2 Effects of night temperature on the growth of chrysanthemum cv. Seikou-no-makoto 60 days after treatment

Night temperature	Node number	Stem length (cm)	Fresh weight (g)	Leaf weight (g)
30°C	61.8 ± 0.7	99.4 ± 1.4	118.1 ± 7.3	80.6 ± 4.9
25°C	61.8 ± 2.0	121.6 ± 3.4	127.0 ± 14.1	82.7 ± 10.8
Ambient	64.2 ± 1.0	125.2 ± 1.1	134.0 ± 21.8	86.8 ± 14.5

Mean ± standard error (n=5)

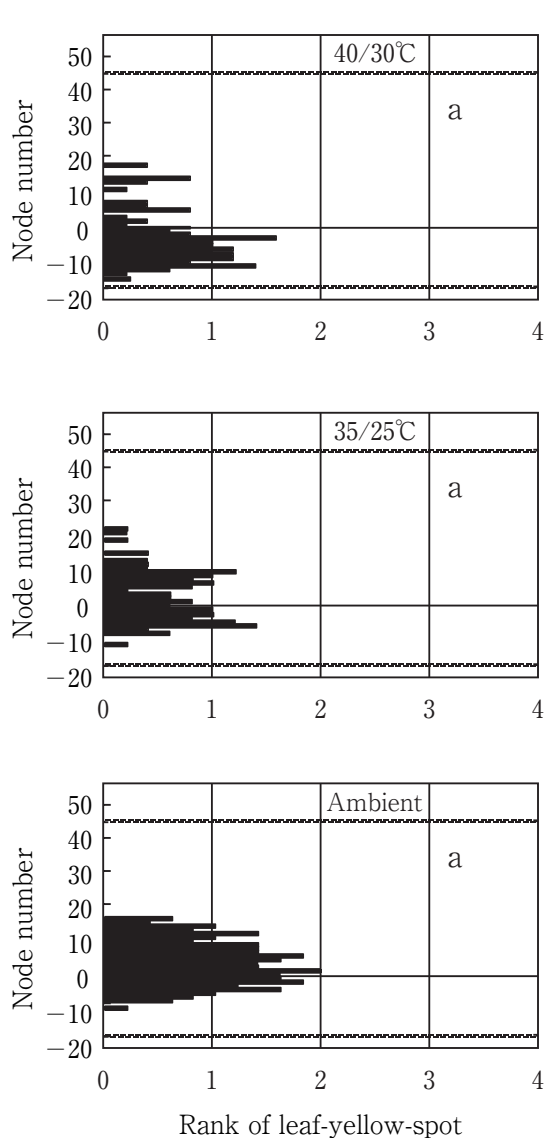


Fig. 1 Effects of day/night temperature on leaf-yellow-spot of chrysanthemum cv. Seikou-no-makoto 60 days after treatment.

Top node number at starting treatment was designated as zero.

Different letters indicate significant difference $P < 0.05$ by Tukey's HSD test.

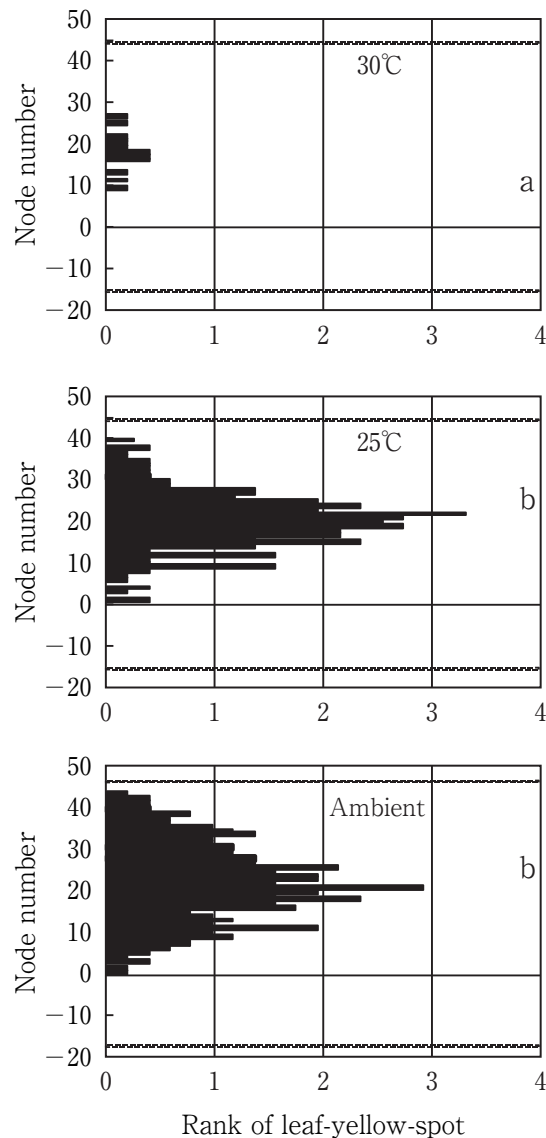


Fig. 2 Effects of night temperature on leaf-yellow-spot of chrysanthemum cv. Seikou-no-makoto 60 days after treatment.

Top node number at starting treatment was designated as zero.

Different letters indicate significant difference $P < 0.05$ by Tukey's HSD test.

Table 3 Effects of medium temperature on the growth of chrysanthemum cv. Seikou-no-makoto 55 days after treatment

Medium temperature	Node number	Stem length (cm)	Fresh weight (g)	Leaf weight (g)
35℃	43.3 ± 1.6	71.4 ± 1.8	43.7 ± 3.3	30.0 ± 3.4
30℃	44.9 ± 1.7	81.3 ± 1.8	53.4 ± 7.7	35.4 ± 5.3
Ambient	47.3 ± 0.6	81.4 ± 0.8	56.8 ± 7.1	38.4 ± 5.2

Mean ± standard error (n=7)

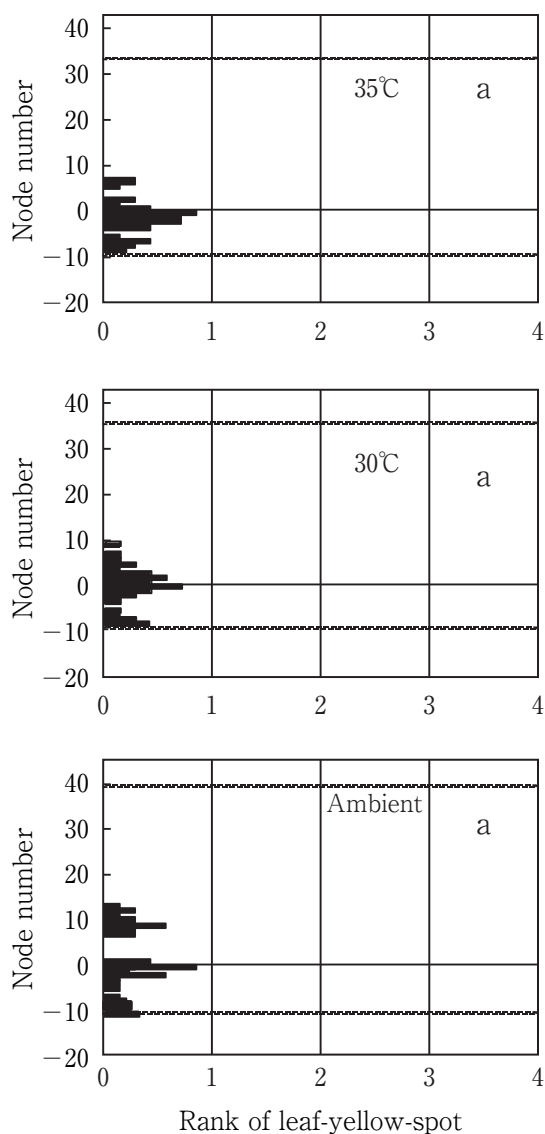


Fig. 3 Effects of medium temperature on leaf-yellow-spot of chrysanthemum cv. Seikou-no-makoto 55 days after treatment.

Top node number at starting treatment was designated as zero.

Different letters indicate significant difference $P < 0.05$ by Tukey's HSD test.

実験 3 培地温度が黄斑発生に及ぼす影響

培地温度は、35℃区では最高39.0℃、最低28.7℃、平均34.0℃、30℃区では最高35.1℃、最低24.8℃、平均30.2℃、なりゆき区では最高31.4℃、最低20.0℃、平均25.8℃であった。

Table 3 に培地温度が生育に及ぼす影響を示した。茎長、生体重はなりゆき区で最も大きく、温度が高くなるにつれて小さくなった。終了時節数もなりゆき区でも最も大きかった。

黄斑発生は、35℃区、30℃区とも処理開始44日後であり、なりゆき区と比較して3日黄斑発生が遅かった。Fig. 3 に培地温度が黄斑発生度に及ぼす影響を示した。黄斑発生は節位0以下に多く見られたが、処理による有意な差は認められなかった。

考 察

キク「精興の誠」の黄斑の発生には季節変動があるといわれている。「精興の誠」を年間通じて1カ月ごとに定植すると、高温強光期にあたる5～8月に定植した場合に黄斑発生の程度が大きく、低日射時には発生が少ないことが報告されている²⁾。これらのことから、黄斑発生は強光に起因するものと考えられたが、著者ら⁴⁾は、50%遮光の寒冷紗下で栽培した「精興の誠」と無遮光下のものでは黄斑発生日に大きな差は認められず、時期によっては無遮光下と比較して遮光下の方が黄斑発生度は高くなることや、冬期に栽培しても黄斑が発生することから、黄斑発生は強光条件が単一要因ではないことを報告している。著者ら²⁾は、30℃あるいは20℃一定条件で生育させると、30℃で生育させた株において黄斑発生程度が大きいことを見いだした。長菅ら⁸⁾は、黄斑を誘発する温度要因としてまず高温があり、その後の温度低下によって症状の進行が促進されると報告した。これらのことから、一定以上の光条件下における高温条件も黄斑発生の主要因の一つと考えられた。しかし、黄斑発生に関与する温度範囲や培地温度の影響は詳細に検討されていなかった。

昼夜温を変えた実験1において昼夜温40℃/30℃区、35℃/25℃区で栽培した株での黄斑発生は早かったが、黄斑発生程度は平均気温が22.5度のなりゆき区の方が大きかった。また夜温を変えた実験2において、黄斑発生度は

30℃区と比較して25℃区,なりゆき区で有意に高くなった。しかし,実験1,2ともキクの生育は温度が高いほど抑制されていた。このことから,生育が抑制されるほどの長期の高温は黄斑を抑制させることが明らかになった。ところが,培地温度を変えた実験3では,地温が高くなるほど生育は抑制されたが,黄斑発生度に有意な差は認められなかった。これらのことから,黄斑は地上部の温度条件には影響されるが,地下部の温度条件には影響されにくいことが明らかになった。さらに,黄斑は生育が旺盛なほど発生が顕著になることが明確になり,特に葉身における環境条件,すなわち光合成能に直接影響する環境条件が黄斑発生に多大な影響を及ぼしているものと推測された。

このような葉身に発生する黄斑は,セントポーリアでも認められ,「リーフスポット」と呼ばれている⁶⁾。セントポーリアの黄斑は,直接的には光合成経路が阻害された結果発生する⁷⁾と考察されている。Yunら¹²⁾やYangら¹¹⁾は黄斑が発生したセントポーリアの葉で抗酸化酵素活性が上昇したことから活性酸素が原因ではないかと報告している。活性酸素は高温,高日射時に発生しやすい。高温,高日射条件では,過剰に吸収された光エネルギーによって葉内組織の酸素を還元し活性酸素を生じ,葉において日焼けやネクロシスを起こす。‘精興の誠’の黄斑発生部位の検鏡観察をした結果,海綿状組織,柵状組織の順で細胞が崩壊しており,表皮組織の細胞には異常は認められなかった^{2,3)}。キクの黄斑は活性酸素が葉内に蓄積することにより発生する可能性が考えられる。ただし,セントポーリアでは柵状組織から細胞が崩壊している点や1分程度の非常に短時間の急激な温度低下によっても発生していることから,キクの黄斑の発生機構とは異なる可能性がある。

本研究より,生育が抑制されるほどの長期間の強光や高温は黄斑発生を抑制させたことから生育が旺盛な環境条件における外的要因により黄斑発生は助長されることが考えられた。地下部の温度は黄斑発生に影響しなかったことから黄斑発生は地上部,特に葉身部位の高温により助長されることが確認できた。

要 約

キク (*Chrysanthemum × morifolium*) ‘精興の誠’の葉身で発生する黄斑に及ぼす気温および培地温度の影響を調査した。昼夜温を40/30℃,35/25℃,なりゆきの3区で栽培した場合,昼夜温が高いほど生育は抑制され,黄斑の発生は早くなったが,黄斑発生度は40/30℃区と比

較してなりゆき区で高くなる傾向がみられた。夜温を30℃,25℃となりゆき区で栽培した場合,黄斑発生度は30℃区と比較してなりゆき区で有意な差がみられた。生育が抑制されるほどの長期間の強光や高温は黄斑発生を抑制させたことから,生育が旺盛な環境条件における外的要因により黄斑発生は助長されることが考えられた。地下部の温度は黄斑発生に影響しなかったことから黄斑発生は地上部,特に葉身部位の高温により助長されることが明らかになった。

引用文献

- 1) 後藤丹十郎・花本央義・矢野志野布:キク‘精興の誠’の葉身における黄斑の発生に及ぼす養水分ストレスの影響。園学雑, 71別1, 320 (2002)
- 2) 後藤丹十郎・沖 章紀・景山詳弘:キク‘精興の誠’の葉身における黄斑の発生に及ぼす温度と遮光の影響。園学雑, 72別1, 292 (2003)
- 3) 後藤丹十郎・沖 章紀・長菅香織・山崎 篤:培地の pH, 液肥組成および液肥濃度がキク葉身に発生する黄斑に及ぼす影響。園学雑, 75別1, 226 (2006)
- 4) Goto, T., Yamaguchi N., Fujita S. and Yotsuya R.: Occurrence of leaf-yellow-spot in chrysanthemum as affected by air, medium temperature and solar irradiation. 28 th IHC, proceeding, 350 (2010)
- 5) 加藤俊博:花卉の系統(品種)と養分吸収特性。農業技術大系花卉編2土・施肥・水管理。農山漁村文化協会, 東京, pp. 225 (1993)
- 6) 前川 進・鳥巢陽子・稲垣 昇・寺分元一:セントポーリア葉の温度低下に伴う障害について。園学雑, 55, 484-489 (1987)
- 7) 前川 進・鳥巢陽子・稲垣 昇・寺分元一:セントポーリアのリーフスポットの発生と葉組織からの電解質漏出。園学雑, 58, 985-991 (1990)
- 8) 長菅香織・後藤丹十郎・沖 章紀・矢野孝喜・山崎博子・稲本勝彦・山崎 篤:キク‘精興の誠’の黄斑発生を助長する温度条件。園学研, 7, 235-240 (2008)
- 9) Oki A., Goto T., Nagasuga K. and Yamasaki A.: Effect of Nutrient Levels and Mineral Composition on the Occurrence of Yellow-leaf-spot in Chrysanthemum. Sci. Rep. Fac. Agri. Okayama Univ., 96, 43-48 (2007)
- 10) 田中英樹・小久保恭明:キク「精興の誠」における葉の黄斑点症の発生に及ぼすリン酸およびマンガンの影響。愛知農総試研報, 36, 53-57 (2004)
- 11) Yang S. J., Hosokawa M., Mizuta Y., Yun J. G., Mano J. and Yazawa S.: Antioxidant capacity is correlated with susceptibility to leaf spot caused by a rapid temperature drop in Saintpaulia (African violet). Scientia Horti., 88, 59-69 (2001)
- 12) Yun, J. G., T. Hayashi, S. Yazawa, T. Katoh, and Y. Yasuda: Abrupt and irreversible reduction of chlorophyll fluorescence associated with leaf spot in Saintpaulia (African violet). Scientia Horti., 72, 157-169 (1998)