

## ニラ葉先枯れ症の原因解明

大島一則・仁平祐子<sup>1)</sup>・齋藤容徳<sup>2)</sup>・佐藤隆二・松本知美<sup>3)</sup>

**摘要** : 本研究は、ニラの生産現場で課題となっている葉先枯れ症の発生要因について検討した。湿度を急激に低下させた場合、処理時間が長くなるにつれて蒸散速度が増し、蒸散量も多くなり葉先枯れ症の発生率が高くなった。また、葉先枯れ症の発生は、葉齢の進んだ外葉で、先端の葉縁部に発生が集中した。葉の先端部は、気孔密度が高く過剰な蒸散により、葉先枯れ症が発生しやすいと考えられた。夏季の葉先枯れ症は、葉先の激しい白化で、気孔からの蒸散が著しいための脱水症状により発生したものと推察した。夏季のニラ栽培では、遮光をすると明らかに葉先枯れ症の発生が減少したが、遮光によって光合成能力が低下した。夏季のニラの葉先枯れ症の発生には品種間差がみられた。

**キーワード** : ニラ, 葉先枯れ症, 気孔密度, 湿度

## Elucidation of the cause for Chinese chive leaf tip-burn

Kazunori OOSHIMA, Yuko NIHEI, Yoshinori SAITO, Ryuji SATO, Tomomi MATSUMOTO

**Summary** : In many production areas of Chinese chives, leaf tip-burn has become a problem; therefore, it is necessary to investigate its underlying causes. Few factors affect leaf tip-burn, for example a rapid decrease in humidity and/or increase transpiration can cause tip-burn. Long processing times result in increased transpiration, which in turn can cause leaf tip-burn. In this case, tip-burn occurs at the outer leaflet and it is particularly prevalent at the leaf tip because the stomatal density is higher at this location. In summer, when the transpiration rate is higher, tip-burn can occur in the entire leaf. At this time of year, blocking of the light could help reduce tip-burn in Chinese chives; however, this also reduces the photosynthetic capacity. Finally, different cultivars show different sensitivities to tip-burn.

**Key words** : chinese chive, leaf tip-burn, stomatal density, humidity

## I 緒言

栃木県のニラは、2013年の農林水産省野菜生産出荷統計によれば作付面積405ha（全国1位）、出荷量10,400t（全国2位）で、産出額が48億円（全国2位）と、本県農産物を代表する品目である。本県のニラ栽培は、パイプハウス等の施設を活用し、低温期はカーテンおよびトンネル保温による無加温ハウス栽培、高温期は雨よけ栽培が行われ、周年的に生産されている。県農政部経営技術課の調査によれば、本県で栽培されているニラの主要品種は、タフボーイ、ミラクルグリーンベルト、グリーンロードの3品種で約6割を占めている。

現在、栃木県内のニラ産地では、葉先枯れ症による収量や品質の低下が問題となっており、多くの生産者は収穫を一時断念したり、収穫できても調整作業に手間がかかり課題となっている。また、ミラクルグリーンベルトは、高温期に葉先枯れ症の発生が多く見られるとの生産現場からの報告がある。

現地で確認されているニラの葉先枯れ症は、低温期および高温期に特に発生が多く、低温期の葉先枯れ症は、葉の縁が枯れる症状、高温期の葉先枯れ症は、葉の先端が枯れる症状として知られている。

ニラの葉先枯れ症に関する知見は少ないが、加藤ら（1973, 1975, 1977）によると、ニラの葉先枯れ症は、土壌pHの影響、肥料ガスの影響やかなりの高温の影響で発生するとしている。特に、高温の影響では、45℃以上の高温と乾燥で、株の外側で発生が認められる黄化型葉焼け、55℃以上で3時間以上の高温で、株の中心部に発生する白化型葉焼けに区別している（加藤ら, 1977）。また、佐藤ら（2013）は、ニラの1年株利用による年内どり作型開発において、炭酸ガス施用によって増収するが、12～2月の厳寒期にアントシアニンとみられる赤い色素が沈着した葉先枯れが多く発生したと報告している。現地から報告されている葉先枯れ症は、加藤ら（1977）の報告よりも低い温度で発生し、また佐藤ら（2013）の報告した症状とも異なると考えられる。

そこで、本研究では現場で発生している条件を考慮して、温湿度の急激な変化や夏季の高温条件がニラの葉先枯れ症に及ぼす影響と、品種による葉先枯れ症発生の差異について知見を得たので報告する。

## II 材料および方法

### 試験1 湿度の急激な低下が葉先枯れ症の発生に及ぼす影響

試験は、栃木県農業試験場ガラス温室および人工気象

器（NC-220, 日本医科器械製作所）で実施した。品種はミラクルグリーンベルト（武蔵野種苗園）を供試し、2010年2月25日に200穴セルトレイに2粒ずつ播種し、5月10日にBBニラ専用肥料（N:8%, P:8%, K:6%）をポット当たり4.5g施用した1/2000 a ワグネルポットに2本定植し、ガラス温室内で株養成を行った。11月10日にすて刈りし、人工気象器内で照度8000Lux, 温度25℃, 湿度90%の設定で27日間株養成後に低湿度（温度25℃, 湿度50%設定）で1時間、3時間および5時間遭遇の処理区を設けた。低湿度処理後は温度25℃, 湿度90%条件に戻した。蒸散量の測定は重量法を用いて行い、ポット株の重量を測定し、減少した重量を蒸散量とした。蒸散の測定に当たっては、培地面からの蒸散を防ぐため、ポット全面を塩化ビニルフィルムで被覆した。湿度処理後、葉先枯れ症の発生率を調査した。葉面積は葉面積計（Li-3000, Li-cor社）で、気孔密度は、葉位別、部位別にパーハイスコープ（KH-2700, HIROX社）で測定した。

### 試験2 温度の急激な変化が葉先枯れ症の発生に及ぼす影響

試験は、栃木県農業試験場の人工気象室と新育苗温室および冷蔵庫で行った。品種はミラクルグリーンベルト（武蔵野種苗園）を供試し、2010年2月25日に200穴セルトレイに2粒ずつ播種した。5月10日には、BBニラ専用肥料（N:8%, P:8%, K:6%）をポット当たり4.5g施用した1/2000 a ワグネルポットに2本定植し、ガラス温室内で株養成を行った。高温処理として30℃, 35℃, 40℃設定で1時間、2時間および4時間処理した。対照は25℃の無処理区を設けた。また、低温処理区では、0℃, -2℃, -4℃設定で1時間、2時間および4時間処理した。高温処理と同様に対照として、25℃の無処理区を設けた。高温処理では、翌年の2011年5月11日にすて刈りし、窒素で1ポット当たり0.1g追肥した。6月16日から湿度70%, 照度8000Luxの人工気象室に移して高温処理を行い、処理後はガラス温室に戻して25℃で管理し、翌日葉先枯れ症調査を実施した。また、低温処理は2011年3月2日にすて刈りし、窒素で1ポット当たり0.1g追肥した。5月9日に冷蔵庫に移して低温処理を行い、処理後はガラス温室に戻して25℃で管理し、翌日葉先枯れ症の発生率を調査した。

### 試験3 遮光資材およびマルチ資材が夏季の葉先枯れ症発生に及ぼす影響

試験は、栃木県農業試験場のパイプハウス（100㎡/棟）で実施した。品種はワンダーグリーンベルト（武蔵野種

苗圃)を供試し、2010年2月25日に、200穴セルトレイに2粒ずつ播種した。本ぼの施肥は、BBニラ専用肥料(N:8%, P:8%, K:6%)をa当たり窒素で3.5kgを全面全層施用し、4月21日に畝間40cm, 株間20cm, 植付け深さ10cmで株当たり4本定植した。10月29日にすて刈りと同時に保温を開始し、4回収穫した。再度、株養成した後2011年5月25日にすて刈りを行い、塩化ビニールフィルムを展張して雨よけとし、白マルチと黒マルチを敷設した。生育中はpF値2.0を目安にかん水チューブでかん水し、収穫日の10日前を目安に遮光率40%, 同60%の遮光資材(ダイオ化成)を高さ1.2mに展張した。収穫は葉長が概ね40cmになった時を目安に3回収穫した。収穫1回目が6月16日, 2回目が7月7日, 3回目が9月13日であった。収穫時の収量, 品質および葉先枯れ症の発生率を調査した。

#### 試験4 遮光資材の種類が夏季の葉先枯れ症の発生に及ぼす影響

試験は農業試験場のパイプハウス(100m<sup>2</sup>/棟)で実施した。品種はワンダグリーンベルト(武蔵野種苗園)を供試し、2011年1月26日に、200穴セルトレイに2粒ずつ播種した。本ぼの施肥は、BBニラ専用肥料(N:8%, P:8%, K:6%)をa当たり窒素3.5kgを全面全層施用し、3月24日に畝間40cm, 株間20cm, 植付け深さ10cmで株当たり4本定植した。10月29日にすて刈りと同時に保温し、4回収穫した。再度、株養成した後2012年5月24日にすて刈りし、白マルチを展張し雨よけで栽培した。生育中はpF値2.0を目安にかん水チューブでかん水した。遮光資材3種類および遮光資材無しの4処理区を設け、収穫日の10日前を目安に遮光資材を高さ1.2mで展張した。遮光資材はダイオネット(ダイオ化成; 黒色, 遮光率40~45%), ふあふあシルバー(ダイヤテックス; 灰色, 遮光率50%), ニラクール(武蔵野種苗; 白色, 遮光率45~50%)の3種類を使用した。収穫1回目は6月15日, 2回目が7月7日, 3回目が9月7日に行った。収穫時に葉先枯れ症の発生率について調査した。また、収穫2回目の2日前にニラ葉先の熱画像を携帯用小型熱画像カメラ(CPA-0170, CHINO社)で測定し、同じく5日前に、各遮光資材における光量子束密度, 光合成速度および蒸散速度をLi-6400XT(Li-cor社)で測定した。

#### 試験5 品種とポット容量が葉先枯れ症発生に及ぼす影響

試験は農業試験場内露地ほ場で行った。品種はグリーンロード(サカタのたね), ミラクルグリーンベルト

(武蔵野種苗園), タフボーイ(八江農芸)の3品種を供試した。2011年3月25日に、200穴セルトレイに2粒ずつ播種した。本ぼの施肥は、BBニラ専用肥料(N:8%, P:8%, K:6%)をa当たり窒素3.5kgを全面全層施用した。定植は2011年5月23日に畝間40cm, 株間20cmに容量3.5L(口径18cm, 深さ20cm)と容量10L(口径18cm, 深さ38cm)の防根透水性のポットを埋め込み、株当たり2本, 植付け深さ10cmに埋設した。2012年5月29日にすて刈りし、連続3回収穫した。収穫1回目が6月21日, 2回目が7月31日, 3回目が8月31日であった。収穫時に収量, 品質および葉先枯れ症発生率を調査した。

## III 結果

### 試験1 湿度の急激な低下が葉先枯れ症の発生に及ぼす影響

人工気象器における株養成期間の温度は、いずれの処理区も24.3~24.4℃, 湿度は81.5~87.7%であった。また、湿度処理が3時間および5時間の区では、処理期間中の温度が24.2℃, 湿度は48.0~49.5%であった。

第1表に示したとおり、株当たりの蒸散量や単位面積当たりの蒸散量は、処理時間が長くなるほど増加した。また、処理時間が長くなるほど蒸散速度も速まり、5時間処理では無処理区の2倍になった。葉先枯れ症の発生率は処理時間が長いほど高かった。

第1図に示した葉先枯れ症の症状は、処理3日後に現れた。葉先枯れ症は中心からの葉位が1葉より葉齢の進んだ3葉で、しかも先端から5cm位までの間に多く見られ、葉厚の薄い葉縁に発生した。気孔密度を測定した第2表をみると、葉の中央付近や葉先から10cmの部位より、葉先から3cm位の先端部で気孔密度が高かった。

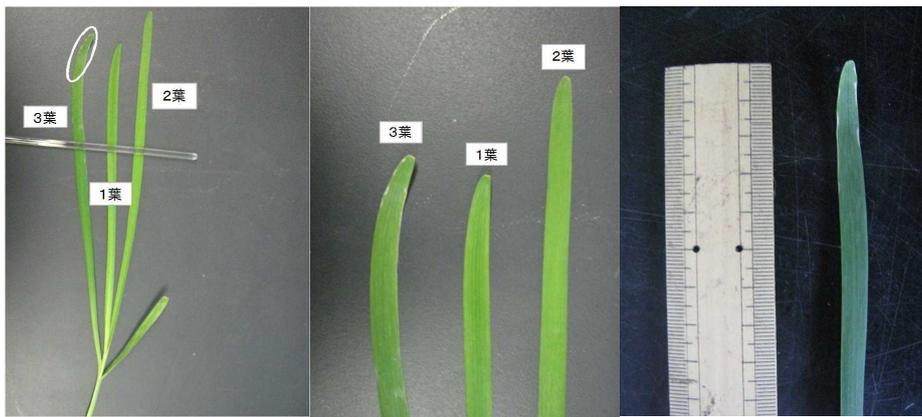
### 試験2 温度の急激な変化が葉先枯れ症の発生に及ぼす影響

ワグネルポットで株養成したニラを人工気象室で30, 35, 40℃の高温処理を行った結果を第3表に示した。葉先枯れ症の発生は、いずれの処理温度でも認められなかった。このときの培地温は処理時間が長いほど若干上昇したものの、葉温はいずれの部位でもほぼ処理温度に近い温度であった。また、第4表に低温処理の結果を示した。-2℃および-4℃で葉先枯れ症が見られ、1, 2, 4時間処理し、有意差はなかったものの処理時間が長いほど発生率が高い傾向にあった。この間、培地温の変化は小さく、葉温はほぼ処理温度に近い温度であった。

第1表 湿度処理が蒸散量および葉先枯れ症発生率に及ぼす影響

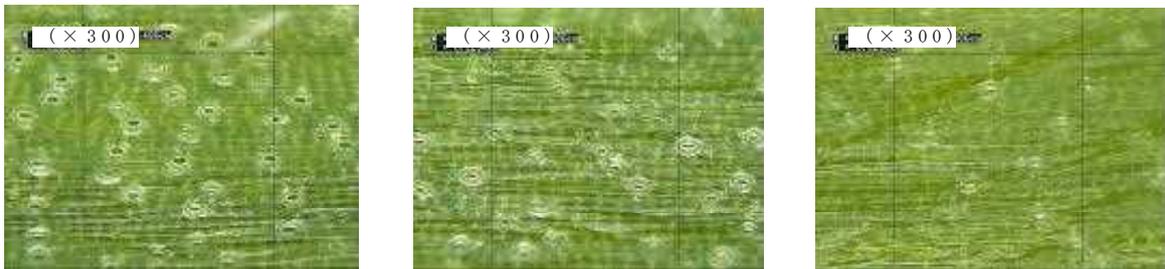
	株当たりの蒸散量 g <sup>注1</sup>	湿度処理中の蒸散速度 g/h <sup>注2</sup>	単位葉面積当たりの蒸散量 mg/cm <sup>2</sup> <sup>注4</sup>	葉先枯れ症発生率 % <sup>注5</sup>
5時間	44.8 ± 5.36	7.4	89.3	14.6
3時間	37.0 ± 4.47	6.5	74.7	5.7
0時間	29.0 ± 3.54	3.6 <sup>注3</sup>	57.2	0.0

- 注1. 株当たりの蒸散量は湿度処理日の9:00~17:00までの蒸散量を重量法により測定した。  
 注2. 湿度処理中の蒸散速度は湿度処理の前後でポット重を測定し、各湿度処理時間で割った値とした。  
 注3. 湿度処理をしていない0時間は、参考として、9:00~17:00の蒸散量を8時間で割った値とした。  
 注4. 葉面積は葉先枯れ症発生の調査後に葉面積計により株ごとに測定した。  
 注5. 葉先枯れ症の発生割合は葉先枯れ症の発生した茎数の割合とした。



第1図 湿度処理による葉先枯れ症発生状況

注. 葉位は中心から1葉, 2葉, 3葉とした。



先端から3cmの部位

先端から10cmの部位

葉の中央付近

第2図 気孔の分布状況

第2表 葉位別気孔密度

葉位	部位 (葉の先端からの距離) 個/mm <sup>2</sup>		
	1葉	2葉	3葉
3cm	32.9 ± 5.0	37.3 ± 2.0	41.6 ± 3.8
10cm	20.5 ± 2.7	20.2 ± 5.7	28.9 ± 2.7
中央付近	11.2 ± 4.1	8.4 ± 3.1	19.3 ± 5.5
有意性	21.5 a	21.9 ab	29.9 c

注. 各葉位につき3ヶ所気孔数を調査した。  
 有意性は、最小有意差法により\*は5%水準で有意差あり。英小文字の同符号間に有意差なし。

第3表 高温処理が葉先枯れ症の発生率と処理中の気温、培地温、葉温に及ぼす影響

処理内容		葉先枯れ症 発生率%	気温 ℃	培地温 ℃	葉温℃			
温度	時間				0.5cm	5cm	10cm	15cm
30℃	1時間	0	30.0	25.0	30.4	29.6	29.6	29.4
	2時間	0	29.9	25.3	30.5	29.6	29.6	29.4
	4時間	0	30.0	25.8	30.5	29.6	29.6	29.4
35℃	1時間	0	35.2	24.5	35.5	34.8	34.5	34.4
	2時間	0	35.3	24.7	35.6	34.9	34.6	34.4
	4時間	0	35.3	25.4	35.7	35.0	34.7	34.4
40℃	1時間	0	39.4	24.7	39.7	39.0	38.6	39.1
	2時間	0	39.4	24.9	39.9	39.0	38.7	39.1
	4時間	0	39.5	25.8	40.1	39.2	38.7	39.2

注1. 葉先枯れ症の発生率は、発生した茎数の割合とした。  
 2. 気温、培地温、葉温は処理時間中の平均。葉温は葉先から0.5mm、5cm、10cm、15cmの部位で測定した。

第4表 低温処理が葉先枯れ症の発生率と処理中の気温、培地温、葉温に及ぼす影響

処理内容		葉先枯れ症 発生率%	気温 ℃	培地温 ℃	葉温℃			
温度	時間				0.5cm	5cm	10cm	15cm
0℃	1時間	0.0	0.1	24.0	0.0	0.0	0.1	0.1
	2時間	0.0	-0.1	22.9	-0.1	0.0	0.0	0.0
	4時間	0.0	-0.2	20.1	-0.1	0.0	0.0	0.0
-2℃	1時間	0.0	-2.3	26.6	-1.9	-1.7	-1.6	-1.3
	2時間	5.0	-2.5	24.7	-2.2	-2.0	-1.9	-1.8
	4時間	6.0	-2.5	21.1	-2.2	-2.1	-2.0	-1.9
-4℃	1時間	0.8	-4.0	25.2	-3.7	-3.6	-3.5	-3.2
	2時間	7.7	-4.2	24.3	-4.0	-3.9	-3.8	-3.6
	4時間	15.0	-4.3	21.5	-4.2	-4.1	-4.0	-3.9
有意性		ns	—	—	—	—	—	—

注1. 葉先枯れ症の発生率は、発生した茎数の割合とした。  
 2. 気温、培地温、葉温は処理時間中の平均。葉温は葉先から0.5cm、5cm、10cm、15cmの部位で測定した。  
 3. 有意性は、最小有意差法により、nsは有意差なし。

### 試験3 遮光資材およびマルチ資材が夏季の葉先枯れ症発生に及ぼす影響

遮光資材およびマルチ資材の違いが気温、地温、葉温および葉先枯れ症発生率に及ぼす影響について第5表に示した。収穫1回目では、気温が25℃前後で地温は21～22℃で推移し、葉先枯れ症の発生は認められなかった。収穫2、3回目は気温が30℃を超え、地温は25℃以上となり、葉の先端部が白化して枯れる葉先枯れ症が発生した。葉先枯れは葉齢の進んだ葉で発生した。白マルチと黒マルチでは気温と地温に差はなく、葉先枯れ症は黒マルチで発生率がやや高い傾向を示した。また、遮光をすると明らかに葉先枯れ症の発生率が低下し、40%遮光と60%遮光では有意差はなかったものの遮光率が高いほど葉先枯れ症の発生率が低い傾向が認められた。

第3図に葉先枯れ症の発生率が高かった収穫2回目直前の気温、地温および葉温を示した。いずれの区も日中の気温は30℃を超え、葉温は気温よりやや低く経過した。気温、葉温および地温とも遮光することで無処理区より

低くなり、40%遮光と60%遮光では遮光率が高いほど低かった。

第6表に収量および品質に及ぼす影響を示した。収量および茎数はマルチによる差は見られず、遮光により収量および茎数とも低下する傾向が見られた。葉厚、葉幅、葉色はマルチによる差は見られなかったが、遮光により葉厚がやや減少し、葉色がやや淡くなる傾向が認められた。

### 試験4 遮光資材の種類が夏季の葉先枯れ症の発生に及ぼす影響

遮光資材の種類が気温、地温、葉温および葉先枯れ症発生率に及ぼす影響の結果を第7表に示した。葉先枯れ症は、収穫2回目以降で発生し、気温、地温、および葉温が最も高かった収穫3回目では、葉先枯れ症の発生率が最も高かった。葉先枯れ症の発生率は、収穫2回目では無処理区に比べふあふあシルバー区およびダイオネット区、3回目は無処理区に比べいずれの遮光資材区でも低い傾向にあった。

第4図に熱画像を示した。無処理区と比較して遮光資材区の葉温が低かった。遮光資材間では、ニラクールに比べて、ふあふあシルバーおよびダイオネットで葉先温度が低い傾向にあった。

遮光資材の種類が葉温、光量子束密度、光合成速度および蒸散速度に及ぼす影響の結果を第8表に示した。光量子束密度はダイオネット、ふあふあシルバー、ニラクールの遮光資材区で、無処理区に対し、それぞれ17%、

21%、28%であった。また、光合成速度および蒸散速度は無処理区に対し、概ね1/2程度の速度で、光量子束密度の低下に伴い光合成速度、蒸散速度も同様に低くなった。収量及び品質への影響について、第9表に示した。

ふわふあシルバー区及び無処理区はネダニによる食害を受けたため、収量や茎数が減少した。葉長、葉色、葉厚および葉幅については、大きな差は認められなかった。

第5表 遮光資材およびマルチ資材の違いが気温、地温、葉温および葉先枯れ症発生率に及ぼす影響

処理内容 マルチ 遮光率 種類	1 回目					2 回目					3 回目				
	気温 ℃	地温 ℃	葉温 ℃	葉先枯れ症 発生率%	気温 ℃	地温 ℃	葉温 ℃	葉先枯れ症 発生率%	気温 ℃	地温 ℃	葉温 ℃	葉先枯れ症 発生率%			
白	60%	25.0	21.1	24.3	0.0	30.6	24.7	29.8	5.8	29.9	26.4	28.9	1.7		
	40%	25.8	21.1	24.9	0.0	32.0	24.8	30.4	4.1	31.0	26.5	28.8	3.5		
	無し	26.3	21.7	25.6	0.0	32.5	25.8	31.1	6.6	32.7	27.0	30.1	5.9		
黒	60%	24.1	21.5	24.2	0.0	30.5	25.8	29.3	2.1	30.7	27.3	28.0	1.4		
	40%	25.2	21.5	24.8	0.0	31.5	24.9	30.1	7.3	30.9	26.8	29.1	2.5		
	無し	26.7	22.8	26.2	0.0	32.5	26.8	31.4	16.2	-	-	31.1	13.5		
白マルチ平均	25.7	21.3	24.9	0.0	31.7	25.1	30.4	5.5	31.2	26.6	29.3	3.7			
黒マルチ平均	25.4	21.9	25.1	0.0	31.5	25.8	30.3	8.5	30.8	27.0	29.4	5.8			
有意性	-	-	-	-	-	-	-	ns	-	-	-	ns			
60%遮光平均	24.6	21.3	24.3	0.0	30.5	25.2	29.6	4.0	30.3	26.8	28.5	1.6			
40%遮光平均	25.5	21.3	24.9	0.0	31.8	24.9	30.3	5.7	31.0	26.6	29.0	3.0			
遮光無し平均	26.5	22.3	25.9	0.0	32.5	26.3	31.3	11.4	-	-	30.6	9.7			
有意性	-	-	-	-	-	-	-	ns	-	-	-	ns			

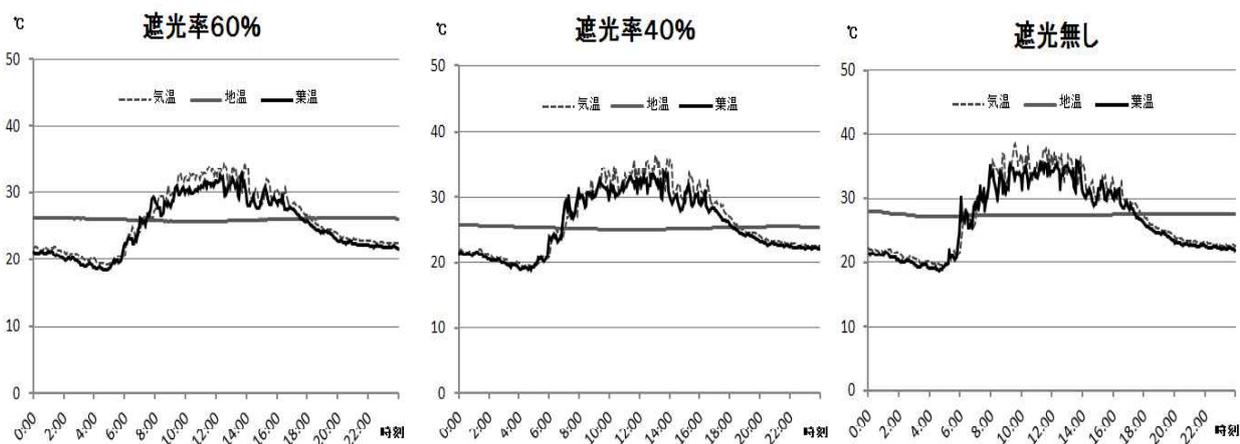
- 注1. 収穫1回目：2011年6月16日，収穫2回目：7月7日，収穫3回目：9月13日。  
 2. 気温および地温，葉温は遮光期間中の9：00～18：00の平均温度。地温は地下20cmの位置，葉温は葉先から5mmの位置で測定した。黒マルチ・遮光無し区は欠測のため「-」とした。  
 3. 葉先枯れ症率は，葉先枯れ症の発生した茎数の割合とした。  
 4. 有意性は，最小有意差法によりnsは有意差なし。

第6表 遮光資材およびマルチ資材の違いが収量および品質に及ぼす影響

処理内容		収量	茎数	葉厚	葉幅	葉色
マルチ	遮光	g/株	本/株	mm	mm	SPAD
白	60%	556	25	0.70	9	49
	40%	632	32	0.80	9	51
	無し	676	33	0.83	9	52
黒	60%	671	33	0.79	8	47
	40%	596	31	0.70	8	51
	無し	659	30	0.84	9	55
白マルチ平均		621	30	0.78	9	51
黒マルチ平均		642	31	0.78	8	51
有意性		ns	ns	ns	ns	ns
	60%遮光平均	614	29	0.75	8	48
	40%遮光平均	614	32	0.75	9	51
	遮光無し平均	668	31	0.83	9	53
	有意性	ns	ns	ns	ns	ns

- 注1. 収量は収穫1回目：2011年6月16日，収穫2回目：7月7日，収穫3回目：9月13日の合計，その他は平均とした。  
 2. ネダニ発生のため2回目の収穫後，株を休ませ8月19日にすて刈りした。  
 3. 白・遮光60%区は他の区に比べネダニの発生が多く株の充実が劣った。  
 4. 有意性は，最小有意差法によりnsは有意差なし。

ニラの葉先枯れ症の原因解明

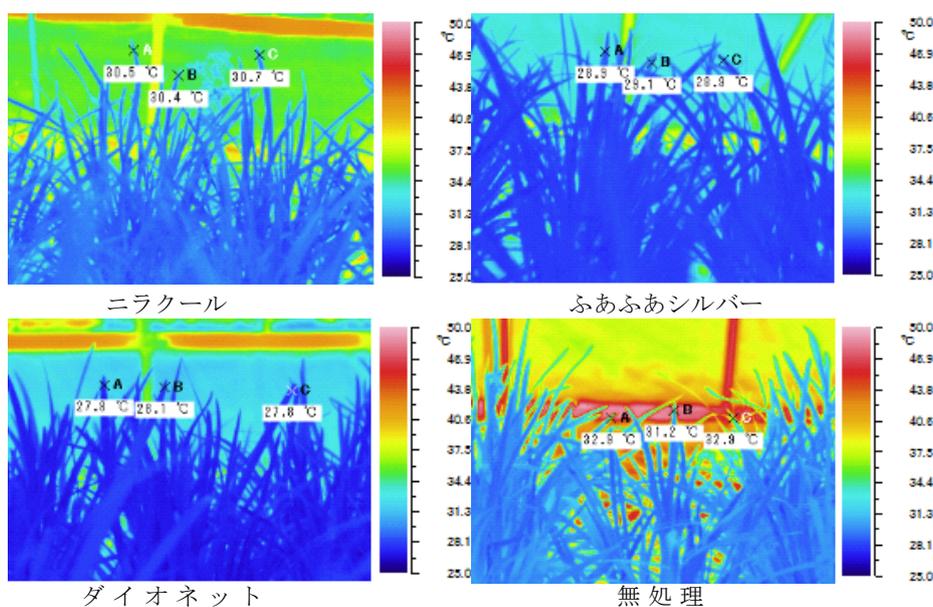


第3図 遮光資材およびマルチ資材の違いによる気温、葉温、地温の推移（7月6日、黒マルチ区）

第7表 遮光資材の種類が気温、地温、葉温および葉先枯れ症発生率に及ぼす影響

処理内容	1回目				2回目				3回目			
	気温 ℃	地温 ℃	葉温 ℃	葉先枯 れ症発 生率%	気温 ℃	地温 ℃	葉温 ℃	葉先枯 れ症発 生率%	気温 ℃	地温 ℃	葉温 ℃	葉先枯 れ症発 生率%
ニラクール	22.3	20.6	22.6	0.0	28.0	22.8	28.1	8.8	30.2	27.5	32.1	22.4
ふあふあシルバー	22.0	20.4	22.2	0.0	28.1	22.6	27.7	5.8	30.7	27.1	31.3	28.7
ダイオネット	21.9	20.2	21.5	0.0	27.5	22.1	27.2	5.7	29.7	26.8	30.6	29.9
無処理	23.4	21.1	23.3	0.0	29.6	23.2	29.0	10.1	32.9	28.2	33.3	50.7
有意性	—	—	—	ns	—	—	—	ns	—	—	—	ns

- 注1. 収穫1回目：2012年6月15日，収穫2回目：7月7日，収穫3回目：9月7日。  
 2. 気温および地温，葉温は遮光期間中の9：00～18：00の平均温度。地温は地下20cmの位置，葉温は葉先から5mmの位置で測定した。  
 3. 葉先枯れ症の発生率は葉先枯れ症の発生した茎数の割合とした。  
 4. 有意性は，最小有意差法によりnsは有意差なし。



第4図 ニラ葉先の熱画像

注. 2012年7月5日. 葉先A, B, Cでの葉温を示す.

第8表 遮光資材の種類が葉温、量子束密度、光合成速度および蒸散速度に及ぼす影響

処理内容	葉温 ℃	量子束密度 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{S}^{-1}$	光合成速度 $\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{S}^{-1}$	蒸散速度 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{S}^{-1}$
ニラクール	30.7	458	13.8	5.8
ふあふあシルバー	29.6	341	14.3	4.8
ダイオネット	28.6	278	10.2	4.0
無処理	31.7	1649	22.8	9.0

注1. 測定日は2012年7月2日11:45~13:00に行った。  
 2. 測定は中心葉から3葉目の葉先から5cm付近の位置で行った。

第9表 遮光資材の種類が株重および外観品質に及ぼす影響

遮光資材	収量 g/株	茎数 本/株	葉長 cm	葉色 SPAD値	葉厚 mm	葉幅 mm
ニラクール	665	36	51	45	0.73	8.0
ふあふあシルバー	519	35	47	47	0.73	8.1
ダイオネット	603	35	52	48	0.71	8.2
無処理	562	31	48	49	0.75	8.6

注1. 収穫1回目：2012年6月15日，収穫2回目：7月7日，収穫3回目：9月7日に行い，株重は合計、その他は平均とした。  
 2. ネダニ発生のため2回目収穫後，株を休ませ8月10日に捨て刈りした。特に，ふあふあシルバー区および無処理区はネダニの被害が多く，株の充実が劣った。  
 3. 栽植密度：7,400株/10a。  
 4. 葉色は最大葉長を計測した葉の上から1/3の位置で計測した。  
 5. 葉厚は最大葉長を計測した葉の上から1/3の位置，葉幅は最大葉長を計測した葉の中間位置で計測した。

第10表 品種とポット容量が葉先枯れ症発生率、収量および品質に及ぼす影響

ポット容量	処理内容 品種	葉先枯れ症発生率 %			収量 g/株	葉長 cm	葉幅 mm	葉厚 mm	葉色 SPAD値	茎数 本/株
		1回目	2回目	3回目						
3.5L	グリーンロード	5.4	28.9	37.9	442	44	8.2	0.81	53	23
	ミラクルグリーンベルト	10.6	51.0	32.7	317	38	7.9	0.82	56	20
	タフボーイ	3.6	24.2	37.1	311	41	7.8	0.72	51	20
10L	グリーンロード	4.6	39.9	40.7	444	46	7.8	0.74	53	27
	ミラクルグリーンベルト	10.5	51.9	44.6	398	40	8.2	0.81	57	23
	タフボーイ	6.5	47.6	44.2	437	45	8.1	0.74	52	26
3.5L平均		6.5	34.7	35.9 a	375	41	8.0	0.78	53	21
10L平均		7.2	46.4	43.2 b	426	44	8.0	0.76	54	25
有意性		ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
有意性	グリーンロード	5.0 a	34.4	39.3	443	45	8.0	0.78	53 a	25
	ミラクルグリーンベルト	10.6b	51.4	38.7	358	39	8.1	0.82	57 b	22
	タフボーイ	5.0 a	35.9	40.6	374	43	8.0	0.73	52 a	23
有意性		*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns

注1. 葉先枯れ症の発生率は，葉先枯れ症の発生した茎数の割合とした。  
 2. 収量は収穫1回目：2012年6月21日，収穫2回目：7月31日，収穫3回目：8月31日の合計。  
 3. 栽植密度：7,400株/10a。  
 4. 葉長は株の最大葉長の平均，葉幅は最大葉長を計測した葉の中間位置，葉厚および葉色は最大葉長を計測した葉の上から1/3の位置で計測した。  
 5. 有意性は，最小有意差法により\*は5%水準で有意差あり，\*\*は1%水準で有意差あり。英小文字の同符号間に有意差なし。

試験5 品種とポット容量が葉先枯れ症発生に及ぼす影響

品種とポット容量が葉先枯れ症の発生と収量・品質に及ぼす影響を第10表に示した。葉先枯れ症の発生率は，ポット容量間では10Lが3.5Lに比較して2，3回目の収穫で高い傾向で，品種間ではミラクルグリーンベルトが他の品種に比較して1，2回目の収穫で高い傾向だっ

た。収量は，ポット容量間および品種間で有意差はないものの，ポット容量間では10Lが3.5Lに比較してやや多い傾向で，品種間ではグリーンロードがやや多い傾向であった。

葉長，葉幅，葉厚，葉色といった品質は，ポット容量間では差が認められなかったが，茎数では有意差がなかったものの10Lがやや多い傾向を示した。品種間ではミ

ラクルグリーンベルトの葉色が濃かったほかは、大きな差が認められなかった。

#### IV 考察

本研究は、ニラの生産現場で課題となっている葉先枯れ症の発生要因の解明とその対策について検討した。

ポット試験により湿度条件を急激に低下させた場合、処理時間が長いほど葉先枯れ症の発生率が高まった。これは、気孔からの蒸散作用により体内の水分が過度かつ急激に失われることにより葉先枯れ症が発生したものと考えられた。葉先枯れ症の発生は、葉齢の進んだ成葉で、その先端から5 cm程度までの葉縁で確認された。葉の気孔を観察したところ、葉齢の進んだ葉ほど、また葉の先端に近いほど気孔密度が高く、しかも葉縁は葉厚が薄い影響が出やすいことから、急激な湿度変化に伴う過度な蒸散によって葉先枯れ症が発生したものと考えられた。

温度条件を急激に変化させた場合、40℃の一時的な高温条件でも葉先枯れ症の発生は認められなかった。しかし、-2～-4℃の一時的な低温条件では葉先枯れ症の発生が認められた。この葉先枯れ症は、先の急激な湿度変化によって発生した葉先枯れ症と類似しており、葉齢の進んだ成葉の葉先葉縁部に発生が認められた。このときの人工気象器内の湿度を測定していなかったため、本試験では低温処理に伴う除湿の影響を排除できなかった。このため、低温遭遇のみで葉先枯れ症が発生するのか、あるいは湿度条件も影響するのかは、さらに検討が必要である。

夏季の雨よけ栽培で行った試験3、4の結果から、9時～18時の平均気温が27℃を超え、地温も22℃以上になる収穫2回目に、葉の先端部が白化して枯れる葉先枯れ症が発生した。この時期の遮光なしの雨よけハウス内気温は、最高40℃程度にもなり、葉温も同様に変動した。しかし、50℃以上の高温になることはなかった。加藤ら(1977)は55℃以上、3時間以上の高温で株の中心部に白化型葉焼けが発生し、その原因は熱死で、乾燥が助長するとした。また、45～50℃では白化型葉焼けは発生せず、乾燥によって誘発され高温によって助長される黄化型葉焼けのみみられるだけであったとしている。本試験では、加藤らの報告とは異なり、40℃程度の夏季雨よけハウス内で葉先全体が白化する葉先枯れ症状が発生しており、温度よりも湿度の影響が大きかったと思われる。

一方で、遮光資材により遮光をすることで、葉先枯れ症の発生が軽減し、遮光率を高めることで葉先枯れ症の発生が一層軽減した。遮光資材がない場合と比較して、

明らかに蒸散速度が抑えられたことにより、過度に葉内の水分が失われにくく、葉先枯れ症の発生が軽減されたものと考えられる。しかし、遮光によって光合成能力が低下し、収量や葉厚、葉色などの外観品質の低下を招く結果となった。

グリーンロード、ミラクルグリーンベルトおよびタフボーイの3品種を供試して行ったポット試験では、収穫2、3回目にあたる7～8月に葉先枯れ症の発生率が高かった。ポット容量による葉先枯れ症の発生率は容量の大きい10Lの方が収穫2、3回目に高かった。このとき、収穫量も10Lの方が多い傾向があり、根圏が防根透水性のポットで制限されている条件下では、旺盛な生育が葉先枯れ症の発生を助長していると考えられた。また、ミラクルグリーンベルトは他の品種と比較して、収穫1、2回目の発生率が高かった。位田ら(1987a, b)は夏季の葉ネギ栽培において、葉先枯れ症の発生は品種間差があり、根が深く分布し、根重が重い品種では発生が少ないと報告しており、ニラにおいても根群の発達や地上部と地下部のバランスの品種間差が関係しているのかもしれない。

本研究では、照度8000Lux、気温25℃の人工気象下で急激な湿度低下のみで葉先枯れ症の発生を再現し、葉先枯れ症は高温条件が必須ではなく、気孔密度の高い部位の脱水症状と考えられることを示した。また、夏季の雨よけハウス条件下において、40℃程度の条件下で成葉の先端部の葉先枯れが見られ、激しい場合には先端部全体が白化した。45℃以上の極端な高温に遭遇しない条件下においても白化型の葉先枯れ症が確認され、葉先枯れ症が気孔密度の高い部位の脱水症状と考えられる先の結論を裏付けるものと考えられた。夏季雨よけハウス下の葉先枯れ症対策としては遮光が有効であったが、過度な遮光は収量・品質を低下させることから、遮光資材と遮光程度の選択が重要となる。本試験の範囲では、完全に葉先枯れ症を抑えながら収量・品質を低下させない資材が見いだせなかったことから、さらに熱線の透過を抑え光合成を低下させない資材の開発が待たれる。

#### 謝辞

本試験の調査およびほ場管理は、栃木県農業試験場研究開発部野菜研究室、齋藤芳彦氏、堀井数己氏、高野浩氏および小田切晃司氏には多大な協力をいただいた。また、執筆に当たり研究員諸氏に御指導・御助言をいただいた。ここに記して厚く深謝の意を表する。

## 引用文献

- 位田晴久・浅平 端・奥田宏幸. 1987a. 夏季における葉ネギ栽培について(第1報) 葉先枯れ症対策としての品種の選択および灌水. 園学要旨. 昭62春: 270-271.
- 位田晴久・浅平 端. 1987b. 奥田宏幸夏季における葉ネギ栽培について(第2報) ネギ葉先枯れの要因解析. 園学要旨. 昭62春; 272-273.
- 加藤徹・福元康文. 1973. ハウスニラの葉の先枯れ現象(第1報) 土壌pHの影響. 農及園. 48:1623-1624.
- 加藤徹・岩森康彦. 1975. ハウスニラの葉の先枯れ現象(第2報) 肥料ガスの影響. 農及園. 50: 1287-1288.
- 加藤徹・広田耕三・井上清門・岩室満造. 1977. ハウスニラの葉の先枯れ現象(第3報) 高温の影響. 農及園. 52: 1289-1290.
- 佐藤隆二・齋藤容徳・奥野祐子・根岸直人・半田有宏. 2013. ニラの1年株利用による年内どり作型. 栃木農試研報. 71: 33-43.