

大気湿度が水稻の生育ならびに生理に及ぼす影響 (5)

誌名	日本作物學會紀事
ISSN	00111848
著者	平井, 源一 田中, 修 高橋, 誠 越, 泰子
巻/号	54巻2号
掲載ページ	p. 146-151
発行年月	1985年6月

大気湿度が水稻の生育ならびに生理に及ぼす影響

第5報 水稻葉の老化に及ぼす影響

平井源一・田中 修*・高橋 誠・越 泰子

(大阪教育大学・*甲南大学理学部)

昭和59年7月31日受理

大気湿度が環境要因として、植物の生長にどのような影響を及ぼすかを、著者らは水稻を用いて研究してきた。その結果、高湿度条件下で栽培した水稻は低湿度条件下で栽培したものと比較して、出葉速度が速く²⁾、厚さは薄い面積の大きい葉を形成し³⁾、光合成速度も高く、乾物生産量は上廻ることが示された⁵⁾。また、大気湿度は養分吸収にも影響を与えた⁶⁾。

本報では、水稻の葉の形態形成や乾物生産にこのような影響を与える大気湿度が、水稻葉の老化にも影響を及ぼすことを明らかにし、その機構について考察したので、その結果を報告する。

実験材料と方法

実験材料およびその方法は前報と同様であるが⁵⁾、概要を述べると、次の如くである。

種子を食塩水(比重 1.10)で選別後、2日間浸種して催芽させ、ガラス製水耕容器(2l 容量)に浮かべたアクリル製発芽板の間隙(2 mm)上に並べて、8日間育苗した。3.0 葉期に達したものを3.6 cm²に1個の割で穴をあけた発泡スチロール板上にスポンジで固定し、前記のガラス製水耕容器に浮かせて生育させた。

育苗中の大気湿度は75% (標準湿度条件)とし、湿度処理に際しては植物が生育中のガラス製水耕容器を、低湿度条件(60%)、あるいは、高湿度条件(90%)に移した。湿度の制御は、小型人工気象室内の温湿度制御装置を備えた小型育成箱で行ない、各湿度区ともその変異は±3%におさえた。

なお、育苗中の温度は昼間28.0±1.0°C、夜間24.0±1.0°C、照度は32~34 klxの範囲であり、その光源には陽光ランプ(東芝製陽光ランプHD 400型)を用いた。風速は0.4~0.6 m/sec、日長条件は連続光下の実験を除き、昼夜12時間サイクルとした。

クロロフィルの抽出・定量はANDERSON and BOARD-

大要は、第177回講演会(59年4月)において発表。

MANの方法に従った¹⁾。なお、実験は1983年に行なったものである。

実験結果

1. 水稻葉老化の指標

水稻葉のクロロフィル量、光合成速度は葉の老化とともに低下し、老化の有力な指標とされている^{9,10,11,13,14)}。しかし、光合成速度は測定時の大気湿度に対して、敏感な反応を呈するので⁹⁾、大気湿度が葉の老化に与える影響を調べる場合には、適切な指標とは考えられない。そこで、本実験において用いる老化の指標について検討した。

標準湿度区(湿度75%)で栽培した水稻の第3葉出葉後、生育が進むにしたがって、第3葉の葉面積、葉身長、生体重、乾物重、ならびにクロロフィル含量の変化を調べた。

その結果、第3葉が完全に展開した後では、葉面積、葉身長、乾物重の変化は少ないのに対し、生体重およびクロロフィル含量は著しく減少することが認められた(第1図)。クロロフィル含量を示すには、単位生体重あたりのクロロフィル量を用いることも多いが、本実験においては、一葉中のクロロフィル量の減少とともに、生体重も減少するので、単位生体重当りのクロロフィル量では見かけ上変化が少ない。そこで、単位面積あたりのクロロフィル含量を用いることにしたが、同一条件で栽培した水稻の第3葉の葉面積の変異は極めて少ないため、第3葉1枚当りのクロロフィル量の減少を、老化の指標とした。

2. 大気湿度が葉の老化の進行に及ぼす影響

標準湿度区で栽培した水稻を第3葉の出葉した時点で低湿度区(湿度60%)と高湿度区(湿度90%)に移して栽培を続け第3葉のクロロフィル量の変化を見ると、低湿度区のは高湿度区のものより、クロロフィル量の減少が促進された(第2図)。第4葉、第5葉についても、それぞれ同様な実験を行なったところ、第3葉と全く同様の傾向が得られた(第3図A、

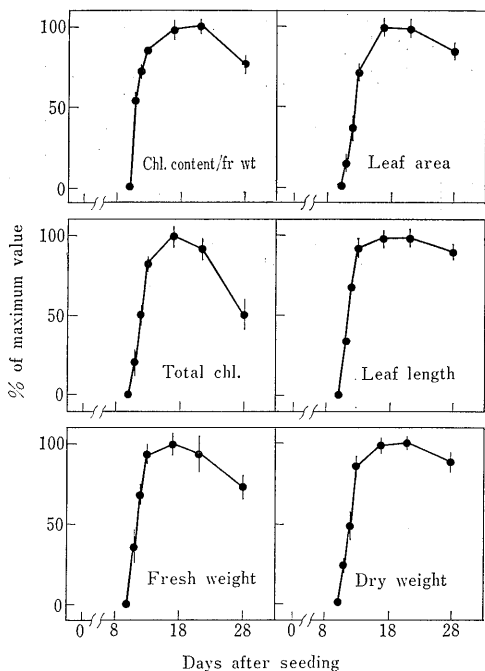


Fig. 1. Time course of changes in chlorophyll (chl.) content, fresh weight, dry weight, leaf area and leaf length of the third leaf in rice plant grown under 75% humidity.

Plants were grown under 75% humidity with 12/12 hr; light/dark cycle and 28/24°C; day/night temperature. Light intensity in light period was about 33,000 lux.

B). したがって、低湿度条件下では高湿度条件下に比べて、葉中のクロロフィル量の減少は速められ、老化が促進されるものと考えられる。

3. 大気湿度が葉内水分含有率に及ぼす影響と水稻葉の老化との関係

低湿度条件下では水稻葉の老化が促進されるという機構を明らかにするために、低湿度区と高湿度区で栽培された水稻の第3葉と第4葉の葉内水分含有率を調べた(第1表)。それによると、第3葉、第4葉とも、低湿度区では高湿度区に比べ、水分含有率が低く、その間に有意差が認められ、大気湿度が葉内水分含有率に影響を与えることが示された。そこで、両湿度区の間でみられる葉内水分含有率および葉中クロロフィル量との間に、どのような関係があるかを調べた。

結果は第2図に示すように、標準湿度区で生育した水稻を低湿度区に移すと、第3葉の水分含有率は直ちに低下を始め、その後約3日してクロロフィル量が減

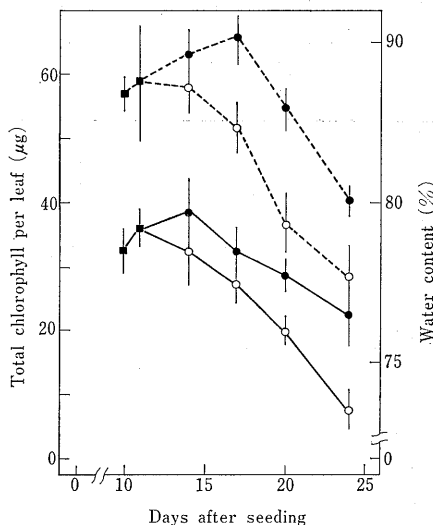


Fig. 2. Time course of changes in chlorophyll and water content of the third leaf in rice plant grown under high or low humidity.

Plants were grown for 11 days at 75% (■), and then at 60% (○) or 90% (●) humidity with 12/12 hr; light/dark cycle and 28/24°C; day/night temperature. Light intensity in light period was about 33,000 lux. Broken line: total chlorophyll content per leaf, Solid line: water content as percentage of fresh weight.

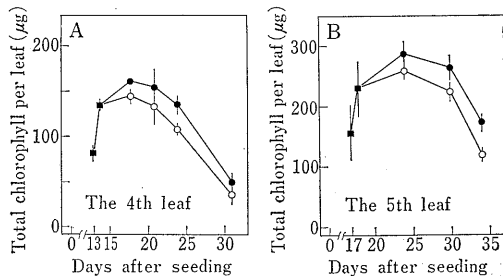


Fig. 3. Time course of changes in chlorophyll content of the fourth and fifth leaf in rice plant grown under high or low humidity.

Plants used for the determination of 4th leaf and 5th leaf were grown for 14 and 18 days at 75% humidity (■), respectively, and then grown at 60% (○) or 90% (●) humidity. For culture conditions, see the legend to Fig. 2.

Table 1. Effect of humidity on water content of the third and fourth leaf in rice plant grown under 60% and 90% humidity.

Leaf position on the stem	Water content (% of fresh weight)	
	60% humidity	90% humidity
3 rd leaf	78.0±0.6	79.7±0.9
4 th leaf	78.9±1.1	80.0±2.1

Plants were grown for 14 days at 60% or 90% humidity. For culture conditions, see the legend to Fig. 2.

少した。一方、高湿度区に移した水稻では、水分含有率の減少の始まりは、低湿度区のもの比べて約3日遅れた。そして、クロロフィルの減少は低湿度区の場合と同様に、水分含有率の低下開始後約3日しておこった。

4. 昼 12 時間夜 12 時間の日長サイクル下と連続光下での水稻葉老化の比較

前項において、葉の老化過程の初期には葉内水分含有率の減少がまずおこり、引きつづき約3日遅れてクロロフィルの減少がおこることが明らかにされた。元来、水稻葉の水分含有率は、早朝より減少し始め、午後に最低になることはよく知られている。そして昼間は水稻が水ストレスの状態にあることは、気孔の開度が日中小さくなることや^{7,8)}、高湿度下での光合成速度の上昇⁹⁾、水分含有率の日変化⁴⁾などからも十分予期され得る。そこで水ストレス下における大気湿度の老化に及ぼす影響を調べるために、連続光下で栽培した区と、明期 12 時間暗期 12 時間の明暗サイクル区的水稻葉の水分含有率とクロロフィル含量との関係を調べた。

その結果、連続光下では水分含有率の低下は極めて迅速におこり(第4図A)、これに引き続き、クロロフィルの減少も急速におこった(第4図B)。なお、この場合も、低湿度条件下の方が高湿度条件下のものにくらべて水分含有率の低下は大きく、クロロフィル含量の低下もまた早かった。

したがって、水稻葉の老化の進行は日長 12 時間サイクルのものより連続光下のものの方が促進されることが明らかにされ、夜間は水稻葉の水補給にとって極めて重要な意味をもつことが示唆された。しかし、12 時間日長のもとでも、あるいは連続光下のもとでも、大気湿度は水分含有率の変動を通して、老化に影響をもつものであった。

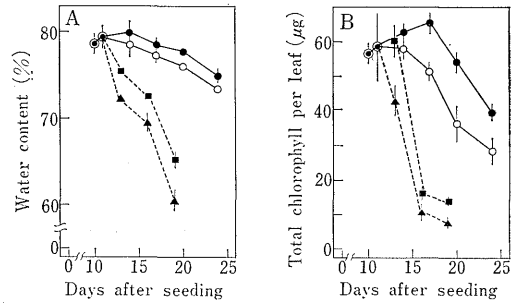


Fig. 4. Time course of changes in chlorophyll and water content of the third leaf in rice plant grown under continuous light at high or low humidity.

Plants were grown for 11 days at 75% (○), and then at 60% (○) or 90% (●) humidity with 12/12 hr; light/dark cycle and 28/24°C; day/night temperature or at 60% (▲) or 90% (■) humidity with continuous illumination at 28°C.

5. 上位葉の生長が下位葉の老化に及ぼす影響

第3葉の展開開始期までは同一湿度条件(75%)で栽培した後、低湿度区と高湿度区に移した場合、その後の水稻の生長は大気湿度の影響を受けて、高湿度区では出葉速度、葉面積、葉身長、生体重および乾物重はいずれも、低湿度区より促進された(第5図)。そこでこのような、大気湿度の差異による生長の差が第3葉の老化に及ぼす影響を調べた。まず、第3葉の存在が第4葉以後の生長にどのような役割を果しているかを示したものが第6図である。すなわち、播種後13日目の4.5葉期に第3葉を切除した区と、切除しない区での個体当りの生体重の増加は、切除した区の方で遅れることが認められた。しかし、播種後19日目の6.0葉期に第3葉を切除しても、その後の生長には殆んど影響が認められなかった(第6図)。これらの結果は生長のための活動中心葉が生長とともに上位葉に移行していることを示唆している。

そこで次に、標準湿度区で生育した水稻を第1, 2, 3葉を残して、出葉してくる第4葉, 第5葉, 第6葉を出葉することに順次切除するもの、第1~第4葉までを残して、それより上位葉の第5葉, 第6葉を切除するもの、どの葉も切除しないものとの3区をもうけ、第3葉のクロロフィル量の減少を調べた。その結果、第4葉以上のない第1~3葉のみの植物の第3葉のクロロフィル量の減少が最も早くおこり、かつ、最も大きく、次いで、第1~4葉をもつものがこれに

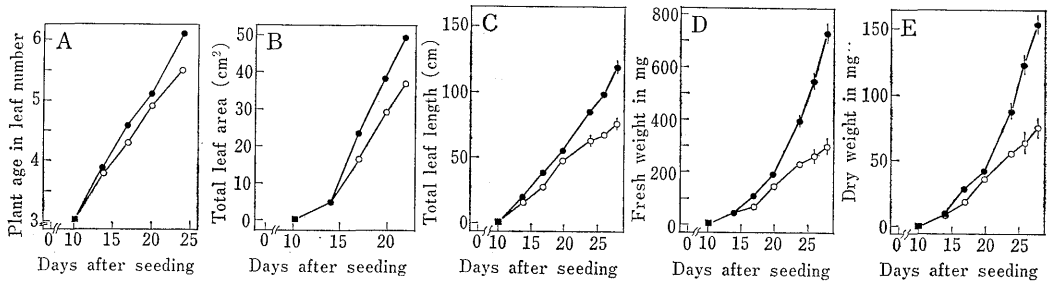


Fig. 5. Growth of 10 days old rice plant grown under low or high humidity. Plants were grown for 10 days at 75% (■), and then at 60% (○) or 90% (●) humidity. For the culture conditions, see the legend to Fig. 2.

つづき、葉を切除されないものの減少が最も抑制された (第7図)。これは第1～3葉を有する植物の第3葉は上位葉の生長のために、たえず葉内物質を供給し続けなければならないのに対し、第3葉より上位葉をもつ植物では物質供給葉が上位葉へと移行し、第3葉からの葉内物質の移行量が少ないため第3葉の老化の進行が抑制されたものと考えられる。

したがって、出葉速度が速く、生長速度の大きい高湿度条件で生育した水稻は、低湿度条件のものより活動中心葉が速く上位葉に移行するため、上位葉の生長に対する下位葉の負担が減少し、第3葉の老化は抑制されたと思われる。

考 察

大気の高湿度条件は低湿度条件と比較して、水稻葉の老化過程の初期において、葉内水分含有率の低下を早く誘導し、クロロフィルの減少開始の時期を速めている。また、水稻を連続光下で栽培すると、葉身水分含有率の低下が極めて迅速におこり、これに引きつづき、クロロフィルの減少も急速におこることが認められた。

以上のことから、低湿度条件は水分含有率の低下を早め、このことが老化を促進するという直接的影響のあることが考察される。一方、高湿度条件下 (90%) では、水稻の生長は促進され、常に活動中心葉が早く上位葉に移行するため、下位葉では上位葉に対する物質供給の負担が軽減されることにより、下位葉の老化が抑制されるという間接的影響が見られた。

先に大気湿度と光合成速度との関係を考究した場合、大気湿度が光合成速度に及ぼす影響は測定時の大気湿度による直接的な影響と、生育時の大気湿度が、水稻の形態形成に影響を及ぼし、その結果としての光合成速度への影響のあることを明らかにし⁹⁾、ここで

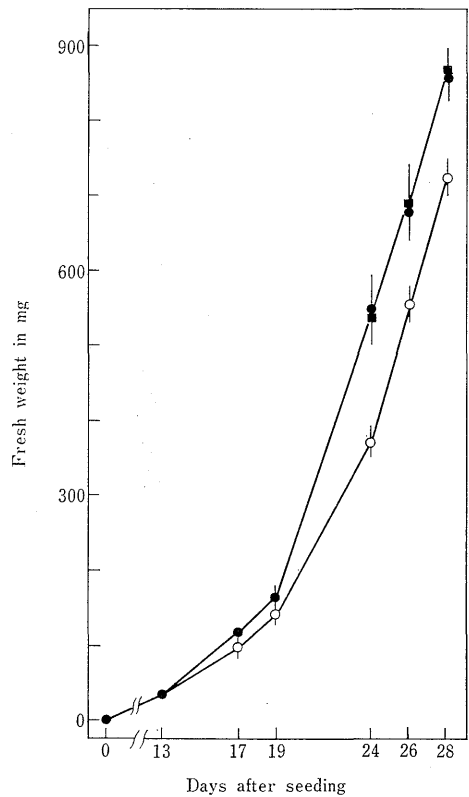


Fig. 6. Growth of rice plant grown under humidity of 75% with or without the third leaf.

For culture conditions, see the legend to Fig. 1.

- : intact plant.
- : plant removed the 3rd leaf at the 13th day.
- : plant removed the 3rd leaf at the 19th day.

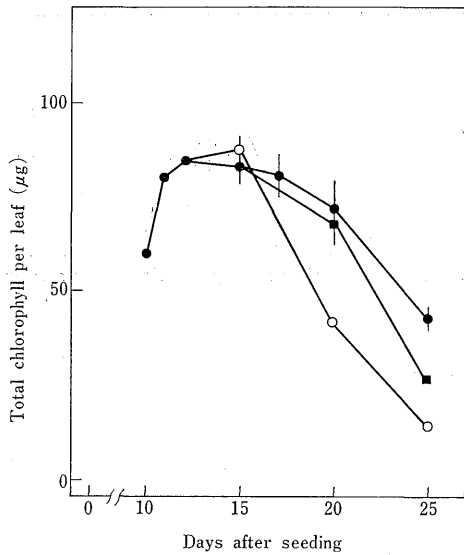


Fig. 7. Time course of changes in chlorophyll content of the third leaf in rice plant with or without fourth, fifth and sixth leaves.

Plants were grown at 75% humidity. For culture conditions, see the legend to Fig. 1.

- : intact plant.
- : plant without the 4th, 5th and 6th leaves.
- : plant without the 5th and 6th leaves.

も直接的影響と間接的影響の二面性のあることが認められた。

これと同様に、葉の老化に対しても直接的に老化に及ぼす影響と生長を通して間接的に下位葉の老化に及ぼす影響との二面性のあることが指摘できる。このように、大気湿度を環境要因として考える場合には常に生育に対し直接的と間接的な両面を考慮しなければならない。

葉内水分含有率の低下が始まってから、クロロフィル含量の減少がおこるのは、高湿度区(90%)においても、低湿度区(60%)においても、ほぼ約3日であった(第2図)。従って、葉内水分含有率の低下から、クロロフィルの減少にいたるまでの過程には、大気湿度差が直接関与しないような反応、たとえば体内生理活性物質による反応等が内在していると考えられる。

上位葉を切除する実験(第6図)において、切除すべき葉が出葉した時点では、葉身の大部分が下位葉の葉鞘に包まれているため、葉の切除は葉身をひき抜く

ことにより行なった。従って、殆どの場合、葉身のみが切除されることになり、生長点および切除葉の葉鞘部は残されて、生長を続けるが、このことが、残存している下位葉の負担となり、老化が促進される結果となったものと考えられる。もしも、葉身切除の際、葉鞘および生長点が除去されていた場合には異なる結果が得られたことは十分予想される。例えば、矢吹が甘藷葉で¹⁴⁾、生長点を持たない単葉を用い、節挿すれば60~70日間でも、なお健全で藪は肥大を続けることを報告し、生長点を持たない植物では老化が抑制されることを立証しているが如くである。

摘 要

大気湿度が水稻葉の老化に及ぼす影響を、葉身あたりのクロロフィル含量の減少を指標として調べ、次のような結果を得た。

1. 大気の高湿度条件は低湿度条件に比べて、葉中のクロロフィル量の減少を速め、老化を促進した(第2, 3図)。
2. 大気の高湿度条件は葉の老化過程の初期において、水分含有率の低下を早く誘導することにより、クロロフィルの減少開始の時期を速め、老化を促進した(第2, 4図)。
3. 高湿度条件で生育した水稻は低湿度条件のものより、活動中心葉が早く上位葉に移行するため(第5, 6図)、上位葉の生長に対する下位葉の負担が減少するので、第3葉の老化は抑制された(第7図)。

謝辞: 本論文をまとめるに当り、種々御指導を賜わった京都大学名誉教授長谷川浩先生に深く御礼申し上げます。

引用文献

1. ANDERSON, J. M. and N. K. BOARDMAN 1964. Studies on the greening of dark-grown bean plants. II. Development of photochemical activity. *Aust. J. Biol. Sci.* 17: 93-101.
2. 平井源一・鈴木 彰・高橋 誠・山内明子・上野英司 1982. 大気湿度が水稻の生育ならびに生理に及ぼす影響. 第1報 湿度が幼苗の出葉速度と葉の形態に及ぼす影響. *日作紀* 51: 301-309.
3. ———・高橋 誠・嶋村直樹・上野英司 1983. ———. 第2報 大気湿度が水稻幼苗の乾物生産に及ぼす影響. *日作紀* 52: 259-265.
4. ———・———・荒川すみ子 1983. 含水量の表示法の違いによる水稻葉の水分比較—大気湿度を異にした場合における—. *近畿作育会報* 28: 70-73.
5. ———・———・田中 修・嶋村直樹・中山

- 登 1984. 大気湿度が水稻の生育ならびに生理に及ぼす影響. 第3報 大気湿度が水稻の光合成速度に及ぼす影響. 日作紀 53: 261—267.
6. ————. ————. ————. 那須 裕 1984. ————. 第4報 大気湿度が養分吸収に及ぼす影響. 日作紀 54: 141—145.
7. 石原 邦・石田康幸・小倉忠治 1971. 水稻葉における気孔の開閉と環境条件との関係. 第2報 気孔開度の日変化について. 日作紀 40: 497—504.
8. ————. ————. ————. 1971. ————. ————. 第3報 異なった葉位の葉身における気孔開度および日変化の相違について. 日作紀 40: 505—512.
9. 内藤邦彦 1983. 葉の老化. 実験生物学講座 16 植物生理学 (II) 丸善株式会社, 東京. 177—191.
10. 内田直次・伊藤亮一・村田吉男 1980. 作物の葉における光合成機能の発達と衰退に関する研究. 第1報 イネ葉の発達過程における変化. 日作紀 49: 127—134.
11. ————. 和田義春・村田吉男 1982. 第2報 イネの老化過程に及ぼす窒素欠乏の影響. 日作紀 51: 577—583.
12. 和田喜徳・渡辺誠子・黒田昭太郎 1967. タバコ葉の生育にともなう光合成能力とクロロフィル量の消長. 植雑 80: 123—129.
13. ————. 黒田昭太郎 1968. タバコ葉の部分による光合成能力の生育にともなう変化. 植雑 81: 226—231.
14. 矢吹万寿 1977. 作物の生育環境と光合成 (5). 農及園 52: 23—26.
15. 延 圭復・太田保夫 1973. 水稻葉の葉位別葉緑素含量と切断葉片の葉緑素保持力の生育に伴う消長. 日作紀 42: 6—12.

Studies on the Effects of Relative Humidity of the Atmosphere upon the Growth and Physiology of Rice Plant

V. Influence of humidity on senescence of rice plant leaves

Gen-ichi HIRAI, Osamu TANAKA*, Makoto TAKAHASHI and Yasuko KOSHI

(Department of Biology, Osaka Kyoiku University, Ikeda, Osaka 563,

*Department of Biology, Faculty of Science, Konan University,
Okamoto, Kobe 658)

Summary

The present study examined the influence of humidity on the senescence in rice plant leaves.

1. Plants were grown for 11 days under 75% humidity with 12/12 hr; light/dark cycle, then grown at 60% or 90% humidity. Decrease in chlorophyll content of the third leaf in low humidity was faster than in high humidity, suggesting that leaf senescence progressed in low humidity more rapidly than in high humidity.

2. Water content was lower for plants grown in low humidity than those grown in high humidity. The decrease of water content was followed by the decrease of chlorophyll content.

3. High humidity increased the leaf area and accelerated the leaf emergence.

4. The products of photosynthesis in the third leaf were necessary for young leaf emergence. The more the translocated materials from the third leaf, the faster the senescence of it.

These results suggested that low humidity induced the decrease of water content, which stimulated the loss of chlorophyll (leaf senescence), and high humidity promoted the growth, which results in the delay of the third leaf senescence.