

# AIGC检测 · 全文报告单

NO:CNKIAIGC2026SJ\_20260528574910

检测时间:2026-05-11 18:37:11

篇名: 20个地方甜瓜品种幼苗期光合特性对干旱胁迫的响应  
作者: 塔吾斯耶  
单位:  
文件名:

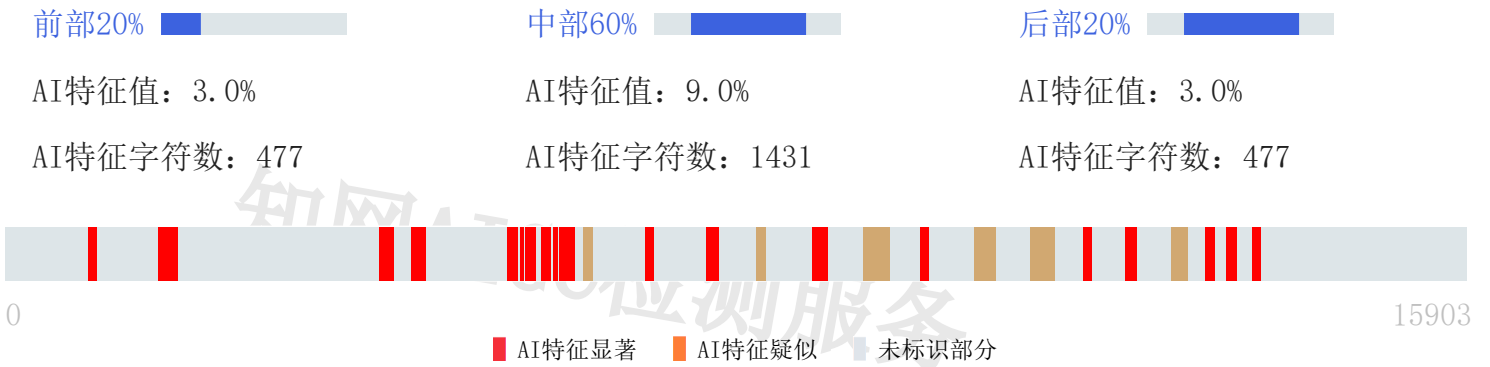
## 全文检测结果



AI特征值: 15.0%  
AI特征字符数: 2385  
总字符数: 15903

- AI特征显著 (计入AI特征字符数)
- AI特征疑似 (未计入AI特征字符数)
- 未标识部分

## AIGC片段分布图



## 分段检测结果

序号	AI特征值	AI特征字符数/章节(部分)字符数	章节(部分)名称
1	15.0%	2385 / 15903	论文全文

## 1. 论文全文

AI特征值: 15.0% AI特征字符数 / 章节(部分)字符数: 2385 / 15903

## 片段指标列表

序号	片段名称	字符数	
1	片段1	106	0.7%

2	片段2	219	<div><div></div></div>	1.4%
3	片段3	171	<div><div></div></div>	1.1%
4	片段4	164	<div><div></div></div>	1.0%
5	片段5	121	<div><div></div></div>	0.8%
6	片段6	51	<div><div></div></div>	0.3%
7	片段7	119	<div><div></div></div>	0.7%
8	片段8	118	<div><div></div></div>	0.7%
9	片段9	65	<div><div></div></div>	0.4%
10	片段10	165	<div><div></div></div>	1.0%
11	片段11	113	<div><div></div></div>	0.7%
12	片段12	100	<div><div></div></div>	0.6%
13	片段13	140	<div><div></div></div>	0.9%
14	片段14	111	<div><div></div></div>	0.7%
15	片段15	172	<div><div></div></div>	1.1%
16	片段16	286	<div><div></div></div>	1.8%
17	片段17	99	<div><div></div></div>	0.6%
18	片段18	244	<div><div></div></div>	1.5%
19	片段19	276	<div><div></div></div>	1.7%
20	片段20	106	<div><div></div></div>	0.7%
21	片段21	131	<div><div></div></div>	0.8%
22	片段22	192	<div><div></div></div>	1.2%
23	片段23	115	<div><div></div></div>	0.7%
24	片段24	111	<div><div></div></div>	0.7%
25	片段25	102	<div><div></div></div>	0.6%

原文内容

本科生毕业论文(设计)

题 目： 20个地方甜瓜品种幼苗期光合特性对于旱胁迫的响应

姓 名： 塔吾斯耶·伊马木

学 号： 220224630

学 院： 生命科学学院

专 业： 生态学

班 级： 生态学2201班

指导教师： 艾力江·麦麦提 （职称）未评

完成时间： 2026年 月 日

新疆农业大学教务处 制

# 目 录

TOC \o "1-4" \h \u 摘要 1

0 引言 4

1 试验材料与方法 6

1.1 试验材料 6

1.2 试验时间及地点 6

1.3 试验设计 6

1.4 测定指标及方法 6

1.4.1 光合色素含量的测定 6

1.4.2 气体交换参数的测定 6

1.5 数据处理与分析 6

2 结果与分析 7

2.1 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗期叶片光合色素含量的响应 7

2.1.1 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗叶片叶绿素a含量的响应 7

2.1.2 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗叶片叶绿素b含量的响应 8

2.1.3 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗期叶片叶绿素a/b值的响应 9

2.1.4 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗期叶片类胡萝卜素含量的响应 10

2.1.5 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗期叶片总叶绿素含量的响应 11

2.2 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗期叶片气体交换参数的响应 12

2.2.1 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗期叶片净光合速率（Pn）的响应 12

2.2.2 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗期叶片气孔导度（Gs）的响应 13

2.2.3 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗期叶片蒸腾速率（Tr）的响应 14

2.2.4 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗期叶片胞间CO<sub>2</sub>浓度（Ci）的响应 15

2.2.5 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗期叶片水分利用效率（WUE）的响应 16

3 讨论 17

4 结论 18

参考文献: 20

谢 辞 21

20个地方甜瓜品种幼苗期光合特性对干旱胁迫的响应

学生: 塔吾斯耶·伊马木 指导老师: 艾力江·麦麦提

**摘要:** 为明确新疆地方甜瓜光合生理特性对土壤水分亏缺的响应差异, 并筛选耐旱种质资源, 本研究以20个地方甜瓜品种幼苗为材料, 运用盆栽自然耗水法模拟土壤逐渐干旱的过程, 在停灌10天后测定叶片光合色素含量和气体交换参数。研究结果显示, 在干旱胁迫条件下, 多数品种的叶绿素a、叶绿素b、总叶绿素以及类胡萝卜素含量均出现下降, 且下降幅度存在显著的品种差异。其中, “其力克”的叶绿素a、叶绿素b和总叶绿素含量降幅较小, 展现出较强的色素稳定性; “小青皮”的类胡萝卜素含量升高, 这表明该品种可能通过增强光保护能力来缓解干旱造成的伤害。气体交换参数表明, 干旱胁迫显著降低了各品种的净光合速率、气孔导度、蒸腾速率和胞间CO<sub>2</sub>浓度, 而水分利用效率总体呈上升趋势。其中, “大果热瓜蛋”的净光合速率受抑制程度较低, “老姑娘”的水分利用效率增幅最大, “巴登”的水分利用效率变化不显著。与对照相比, 干旱处理后净光合速率、气孔导度、蒸腾速率和胞间CO<sub>2</sub>浓度的品种间变异系数增大, 这说明土壤水分亏缺加剧了不同甜瓜品种在光合碳同化能力、气孔调控和水分耗散策略方面的分化。综合分析表明, “其力克”“西州密25号”和“大果热瓜蛋”在干旱胁迫下具备较强的光合色素维持能力和气体交换稳定性, 表现出较高的耐旱潜力; “老姑娘”“巴登”等品种的光合生理过程对干旱较

为敏感。本研究可为新疆地方甜瓜耐旱种质筛选及节水栽培提供参考依据。

关键词：甜瓜；干旱胁迫；光合色素；气体交换参数；水分利用效率

Responses of Photosynthetic Characteristics of 20 Local Melon Varieties at the Seedling Stage to Drought Stress

Tawusiye • Yimamu Tutor: Ailijiang • maimaiti

**Abstract:** This study investigated the effects of drought stress on photosynthetic characteristics of 20 local Xinjiang melon varieties at the seedling stage and screened germplasm resources with strong drought tolerance. Twenty local melon varieties were used as experimental materials. Drought treatment was applied using the natural soil water consumption method in pots. Photosynthetic physiological indicators, including chlorophyll a, chlorophyll b, chlorophyll a/b ratio, total chlorophyll, carotenoid contents, as well as net photosynthetic rate, stomatal conductance, transpiration rate, intercellular CO<sub>2</sub> concentration, and water use efficiency, were measured under drought stress. The results showed that under drought stress, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, carotenoid contents, net photosynthetic rate, stomatal conductance, transpiration rate, and intercellular CO<sub>2</sub> concentration of the 20 melon varieties all decreased to varying degrees, with significant differences in response amplitude among varieties. Among them, "Qilike" exhibited the smallest changes in all indicators, showing the strongest photosynthetic stability; "Xiaoqingpi" showed an increase in carotenoid content compared with the control, demonstrating a compensatory effect; "Daguo Reguadan" showed a relatively small decrease in net photosynthetic rate, indicating strong stomatal regulation ability; while varieties such as "Baden", "Baipicui", and "Laoguniang" showed large decreases in all indicators, indicating severe impairment of photosynthetic capacity. The synchronous decrease of stomatal conductance and intercellular CO<sub>2</sub> concentration indicated that stomatal limitation was the dominant factor leading to the decline in photosynthesis. Water use efficiency significantly increased in most varieties, with "Laoguniang" showing the largest increase, while "Baden" exhibited a decreasing trend. Significant differences in photosynthetic response strategies to drought stress exist among different melon varieties. "Qilike", "Daguo Reguadan", "Xiaoqingpi", and "Xizhoumi No. 25" exhibited strong drought tolerance and can serve as preferred germplasm resources for drought-resistant breeding and cultivation of melon in the arid region of Xinjiang.

Keywords: Melon; Drought stress; Photosynthetic pigment; Gas exchange parameters; Water use efficiency; Drought tolerance evaluation

0 引言

在全球气候变化的大背景下，干旱的发生频率、持续时间以及强度均呈现出不断增加的态势，干旱已然成为限制农业生产以及作物产量稳定性的主要非生物胁迫因素之一[1]。新疆作为我国厚皮甜瓜（*Cucumis melo* L.）的优势产区，光热资源极为丰富，然而该区域降水稀少、蒸发强烈，土壤水分亏缺这一状况长期制约着甜瓜的优质高产以及产业的可持续发展[2]。苗期是甜瓜进行营养建成以及后期产量形成的关键基础阶段，在这一时期，植株根系尚未发达，叶片蒸腾耗水较为敏感，水分亏缺容易引发光合色素降解、气孔开度减小、CO<sub>2</sub>同化受限以及光合代谢紊乱等问题，进而抑制幼苗生长并对后续的生殖发育产生影响[3]。因此，明确甜瓜苗期光合生理特性对土壤水分亏缺的响应规律，对于阐明其抗旱适应机制、筛选耐旱种质以及优化节水栽培而言，具有至关重要的意义。

植物对干旱胁迫的响应是一个由形态建成、光合调控以及生理代谢共同参与的复杂过程[4-6]。其中，光合作用是干旱影响作物生产力的核心环节，净光合速率（Pn）、气孔导度（Gs）、蒸腾速率（Tr）、胞间CO<sub>2</sub>浓度（Ci）以及水分利用效率（WUE）等气体交换参数能够直接反映植株在水分亏缺情况下的碳同化能力、气孔调节策略以及水分消耗特征。同时，叶绿素a、叶绿素

b、总叶绿素以及类胡萝卜素的含量不仅决定着叶片的捕光能力和光能转化效率，还与光抑制防御和活性氧清除密切相关。已有研究表明，干旱通常会通过降低叶绿素含量和气孔导度来抑制光合作用；在轻度至中度干旱条件下，光合下降大多与气孔限制有关，而当胁迫加剧后，则可能转变为叶肉代谢受损、光合机构破坏等非气孔限制[7]。因此，联合分析光合色素与气体交换指标，有助于识别不同甜瓜品种在干旱胁迫下的水分利用模式和光合适应策略。近年来，甜瓜抗旱生理与分子机制的研究取得了一定的进展。例如，CmXTH11基因被证实能够通过调控抗氧化系统和光合性能来提高甜瓜的抗旱能力[8]；外源硼处理能够改善干旱胁迫下厚皮甜瓜幼苗的光合特性和抗氧化功能[9]；新疆厚皮甜瓜种子萌发期的抗旱性与渗透调节物质积累和抗氧化酶活性密切相关[10]。此外，对不同作物和植物材料的研究表明，渗透调节、抗氧化防御和光合保护共同构成了植物适应干旱的重要生理基础[11-13]。然而，现有研究仍存在一定的局限性：其一，部分研究采用PEG模拟干旱或短期胁迫处理[14, 15]，难以全面反映土壤自然失水过程中根际水分逐渐亏缺对植株光合系统的影响；其二，针对新疆地方甜瓜种质的比较研究相对较少，尤其缺乏对多个地方品种苗期光合色素和气体交换特征的系统评价；其三，已有研究大多关注单一生理指标或少数材料，尚未充分揭示不同地方甜瓜品种在水分亏缺下光合限制类型、水分利用效率以及耐旱适应策略的品种间差异[16]。这些不足限制了新疆地方甜瓜抗旱种质资源的精准评价与高效利用。基于此，本研究以20份新疆地方甜瓜品种幼苗为材料，采用盆栽自然耗水的方式模拟土壤逐渐干旱的过程，测定土壤含水量以及叶片叶绿素a、叶绿素b、叶绿素a/b、总叶绿素、类胡萝卜素的含量，并结合净光合速率、气孔导度、蒸腾速率、胞间CO<sub>2</sub>浓度和水分利用效率等气体交换参数，系统比较不同品种对土壤水分亏缺的光合生理响应差异。研究结果可为新疆地方甜瓜耐旱种质筛选、抗旱生理指标建立以及干旱区甜瓜节水栽培与抗逆育种提供理论依据。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

本试验为以新疆各地采集的地方甜瓜品种老姑娘，伽师瓜，其力甘，大黄蛋子，一包糖，其力克，波斯皮牙子，大果热瓜蛋，小果热瓜蛋，小青皮，拜鲜克奇，比斜克其，米子瓜，纳西甘，白皮脆，巴登，西州密25号，Pa193，K18，BD3等20个品种作为试材。

1.2 试验时间及地点

本研究于2025年5月至2025年10月在新疆农业大学大棚网室里和生命科学学院植物生理生态实验室进行。

1.3 试验设计

本试验共设置2个处理：对照组（正常灌水）和干旱组（土壤持续失水）。首先，对照组与干旱组均浇透水，使土壤水分呈饱和状态，24 h后试验正式开始。对照组土壤定期浇水使其呈饱和状态，干旱组则停止灌水让其土壤不断自然失水形成土壤逐渐干旱胁迫梯度。在试验期间在停灌10天时，测定土壤含水量。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 光合色素含量的测定

光合色素含量采用王文杰等[17]二甲基亚砷法进行测定。用分光光度计(上海菁华科技有限公司，中国)分别在480、649和665 nm三个波长下测定吸光度值，分别计算叶绿素a (Chla)、叶绿素b (Chl b) 及类胡萝卜素含量 (Car)。

1.4.2 气体交换参数的测定

净光合速率、气孔导度、蒸腾速率、胞间CO<sub>2</sub>浓度等指标采用美国LI-COR公司生产的便携式光合分析系统LI-6400XT进行测定。

1.5 数据处理与分析

试验数据采用Microsoft Excel 2016进行初步整理与计算。各指标数据均利用SPSS 25.0软件进行方差分析（ANOVA），采用独立样本t检验或Duncan新复极差法进行多重比较，检验同一品种内对照组与干旱处理组之间的差异显著性，以及不同品种间各指标的差异显著性，图表中数据均以平均值±标准误（Mean±SE）表示。用Origin 2021软件进行绘制图形。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗期叶片光合色素含量的响应



### 2.1.1 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗叶片叶绿素a含量的响应

叶绿素a是植物光合作用光反应中心的关键色素，其含量变化可直观反映干旱胁迫对光合机构的损伤程度。干旱胁迫下，供试20个甜瓜品种叶片叶绿素a含量的变化存在明显差异（图2-1）。与对照相比，多数品种干旱处理后叶绿素a含量呈下降趋势。其中，“老姑娘”降幅最大，从 $348.28\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ 降至 $221.64\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ ，降幅达36.4%（ $P < 0.001$ ）；“巴登”在对照条件下叶绿素a含量最高（ $356.35\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ ），干旱处理后降至 $274.53\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ ，降幅为23.0%（ $P < 0.01$ ）。相比之下，“其力克”在对照条件下叶绿素a含量最低（ $200.71\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ ），干旱处理后几乎未发生变化（ $202.24\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ ），差异不显著（ $P > 0.05$ ），表现出最强的叶绿素a稳定性。“小青皮”干旱处理后叶绿素a含量（ $246.98\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ ）略高于对照（ $236.54\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ ），呈现出一定的补偿效应。从变异系数来看，对照组叶绿素a含量的变异系数为13.6%，干旱处理后降至10.9%，表明干旱胁迫在一定程度上缩小了不同品种间叶绿素a含量的相对差异。叶绿素a含量的下降可能与干旱诱导的叶绿体超微结构损伤、色素蛋白复合体降解以及活性氧积累导致的色素氧化分解有关。“其力克”能够维持叶绿素a含量基本不变，可能与其较强的抗氧化防御能力和渗透调节能力相关；而“老姑娘”叶绿素a含量降幅最大，表明其对干旱胁迫较为敏感。

图2-1 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗叶片叶绿素a含量的变化

### 2.1.2 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗叶片叶绿素b含量的响应

叶绿素b作为捕光天线复合物的核心组分，在光能捕获与分配中起关键作用。干旱胁迫下，供试20个甜瓜品种叶片叶绿素b含量的变化存在明显差异（图2-2）。与对照相比，多数品种干旱处理后叶绿素b含量呈下降趋势。其中，“小果热瓜蛋”在对照条件下叶绿素b含量最高（ $119.84\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ ），干旱处理后降至 $68.07\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ ，降幅达43.2%（ $P < 0.001$ ）；“巴登”从 $108.98\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ 降至 $73.35\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ ，降幅为32.7%（ $P < 0.01$ ）。相比之下，“其力克”在对照条件下叶绿素b含量最低（ $58.26\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ ），干旱处理后仅降至 $55.74\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ ，降幅仅为4.3%，差异不显著（ $P > 0.05$ ），表现出最强的叶绿素b稳定性；“西州密25号”变化较小，从 $93.31\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ 降至 $91.70\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ ，仅下降1.7%，差异不显著（ $P > 0.05$ ）。从变异系数来看，对照组叶绿素b含量的变异系数为15.5%，干旱处理后降至11.7%，表明干旱胁迫在一定程度上缩小了不同品种间叶绿素b含量的相对差异。叶绿素b含量的下降通常与干旱诱导的叶绿素酶活性升高及捕光蛋白复合体降解有关。“其力克”能够维持叶绿素b含量基本稳定，可能反映了其通过调整叶绿素a/b比值以优化光能分配、补偿光合电子传递链受损的适应策略；而“小果热瓜蛋”叶绿素b含量降幅最大，表明其对干旱胁迫较为敏感，捕光组分受损严重。

图2-2 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗期叶片叶绿素b含量的变化

### 2.1.3 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗期叶片叶绿素a/b值的响应

干旱胁迫下，供试20个甜瓜品种叶绿素a/b比值的变化趋势存在明显差异（图2-3）。与对照相比，大部分品种的叶绿素a/b比值呈升高趋势。其中，“小果热瓜蛋”比值增幅最明显，从2.76升至3.62，变化幅度达+0.86（ $P < 0.01$ ）；“巴登”从3.27升至3.75（ $P < 0.05$ ）。相比之下，“老姑娘”比值降幅最大，从3.65降至3.01（ $P < 0.05$ ）；“西州密25号”从3.66降至3.21（ $P < 0.05$ ）。从变异系数来看，对照组叶绿素a/b比值的变异系数为6.34%，干旱处理后降至5.23%，表明干旱胁迫在一定程度上缩小了不同品种间的相对差异。叶绿素a/b比值升高通常反映叶片捕光天线复合体相对减少，光合机构通过增加反应中心比例以维持电子传递效率，是对光能过剩的一种保护性适应。“小果热瓜蛋”在对照条件下比值最低（2.76），干旱处理后显著升高，表明其通过大幅减少捕光天线复合体比例来应对光能过剩、避免光氧化损伤；“老姑娘”和“西州密25号”比值下降，则可能与其叶绿素b降解速率相对较慢有关，通过增加捕光组分以补偿光合活性的降低。

图2-3 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗期叶片叶绿素a/b值的变化

### 2.1.4 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗期叶片类胡萝卜素含量的响应

类胡萝卜素兼具光能捕获与光保护双重功能，是植物抵御光氧化胁迫的关键保护因子。干旱胁迫下，供试20个甜瓜品种幼苗期叶片类胡萝卜素含量的响应趋势存在明显差异（图2-4）。与对照相比，多数品种干旱处理后类胡萝卜素含量呈下降趋势。其中，“拜鲜克奇”降幅最大，从 $55.70\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ 降至 $38.98\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ ，降幅达30.0%（ $P < 0.001$ ）；“K18”从 $68.70\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ 降至 $50.07\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ ，降幅为27.1%（ $P < 0.01$ ）。相比之下，“小青皮”是唯一含量升高的品种，从 $54.18\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ 升至 $60.74\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ ，增幅约12.1%（ $P < 0.05$ ），表现出明显的补偿效应；“西州密25号”在对照条件下类胡萝卜素含量最高（

78.79mg·m<sup>-2</sup>), 干旱处理后降至66.12mg·m<sup>-2</sup>, 降幅为16.1% (P<0.05)。从变异系数来看, 对照组类胡萝卜素含量的变异系数为14.5%, 干旱处理后升至14.8%, 变化不大, 表明干旱胁迫对品种间类胡萝卜素含量相对差异的影响较小。类胡萝卜素含量下降通常与干旱诱导的活性氧积累致使其氧化降解有关。“小青皮”能维持甚至提高类胡萝卜素含量, 可能反映了其通过增强非光化学淬灭能力以耗散过剩光能、保护光合机构免受光氧化损伤的适应策略。

图2-4 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗期叶片类胡萝卜素含量的变化

#### 2.1.5 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗期叶片总叶绿素含量的响应

干旱胁迫下, 供试20个甜瓜品种幼苗期叶片总叶绿素含量的响应趋势存在明显差异(图2-5)其中, “老姑娘”降幅最大, 从443.73mg·m<sup>-2</sup>降至295.55mg·m<sup>-2</sup>, 降幅达33.4% (P<0.001); “巴登”在对照条件下总叶绿素含量最高(465.33mg·m<sup>-2</sup>), 干旱处理后降至347.89mg·m<sup>-2</sup>, 降幅为25.2% (P<0.01)。相比之下, “其力克”在对照条件下总叶绿素含量最低(258.96mg·m<sup>-2</sup>), 干旱处理后几乎未发生变化(257.98mg·m<sup>-2</sup>), 差异不显著(P>0.05), 表现出最强的叶绿素稳定性。从变异系数来看, 对照组总叶绿素含量的变异系数为13.5%, 干旱处理后降至10.9%, 表明干旱胁迫在一定程度上缩小了不同品种间总叶绿素含量的相对差异。总叶绿素含量的下降通常与干旱胁迫下叶绿体超微结构损伤、色素合成受阻及降解加速有关。“其力克”能维持总叶绿素含量基本不变, 反映了其较强的叶绿体结构稳定性和色素合成能力; 而“老姑娘”总叶绿素含量降幅最大, 表明其对干旱胁迫较为敏感。

图2-5 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗期叶片总叶绿素含量的变化

#### 2.2 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗期叶片气体交换参数的响应

##### 2.2.1 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗期叶片净光合速率(Pn)的响应

净光合速率(Pn)是表征植物光合碳同化能力的重要指标。土壤水分亏缺显著抑制了20个地方甜瓜品种幼苗叶片Pn, 但不同品种响应幅度存在明显差异(图2-6)。与对照相比, 干旱处理后各品种Pn均显著降低。其中, “巴登”降幅最大, 从22.02 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>降至2.54 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>, 降幅达88.5% (P<0.001); “白皮脆”从21.02 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>降至3.43 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>, 降幅为83.7% (P<0.001); “纳西甘”从19.08 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>降至3.64 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>, 降幅为80.9% (P<0.001)。相比之下, “大果热瓜蛋”降幅相对较小, 从23.42 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>降至11.10 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>, 降幅为52.6% (P<0.01); “西州密25号”从25.38 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>降至8.89 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>, 降幅为65.0% (P<0.01)。品种间变异分析显示, 对照条件下Pn变异系数为14.6%, 干旱胁迫后升至34.8%, 表明水分亏缺增强了不同甜瓜品种光合能力的分化程度。总体来看, Pn降幅较小的品种可能具有较强的气孔调节能力或光合机构稳定性, 而降幅较大的品种对干旱胁迫更为敏感。

图2-6 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗期叶片净光合速率的变化

##### 2.2.2 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗期叶片气孔导度(Gs)的响应

气孔导度(Gs)是表征气孔开放程度及叶片气体交换能力的重要指标。干旱胁迫显著抑制20个地方甜瓜品种幼苗叶片Gs, 且不同品种间响应幅度差异明显(图2-7)。与对照相比, 各品种Gs均呈显著或极显著下降。其中, “老姑娘”降幅最大, 从0.396mol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>降至0.014mol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>, 降幅达96.5% (P<0.001); “西州密25号”在对照条件下气孔导度最高(0.900mol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>), 干旱处理后降至0.082mol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>, 降幅为90.9% (P<0.001)。相比之下, “其力甘”在对照条件下气孔导度最低(0.127mol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>), 干旱处理后降至0.023mol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup> (P<0.01)。从群体变异看, 对照组Gs变异系数为49.3%, 干旱处理后升至68.3%, 表明土壤水分亏缺加剧了不同品种气孔调节能力的分化。总体来看, 干旱诱导的Gs下降反映了甜瓜幼苗通过气孔关闭减少蒸腾失水的适应性响应, 但过度气孔限制可能同时降低CO<sub>2</sub>供应并抑制光合碳同化。“老姑娘”表现出较强的气孔关闭响应, 而“西州密25号”在胁迫下仍维持相对较高Gs, 显示其气孔调节策略与水分利用特征存在品种特异性。

图2-7 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗期气孔导度(Gs)的变化

##### 2.2.3 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗期叶片蒸腾速率(Tr)的响应

蒸腾速率(Tr)是表征植物水分耗散与气孔调控特征的重要指标。土壤水分亏缺显著抑制了20个地方甜瓜品种幼苗叶片Tr, 且品种间降幅差异明显(图2-8)。与对照相比, 干旱处理后各品种Tr均显著降低。其中, “老姑娘”降幅最大, 从

7.85mmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>降至0.49mmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>，降幅达93.8% (P<0.001)；“西州密25号”在对照条件下蒸腾速率最高 (10.66mmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>)，干旱处理后降至3.01mmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>，降幅为71.8% (P<0.01)。相比之下，“小青皮”在对照条件下蒸腾速率最低 (2.86mmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>)，干旱处理后降至0.84mmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>，降幅为70.6% (P<0.01)。变异分析表明，对照条件下Tr变异系数为31.3%，干旱胁迫后升至50.1%，说明水分亏缺增强了不同品种间蒸腾特性的分化。总体来看，干旱诱导Tr显著下降，是甜瓜幼苗降低水分散失、维持叶片水分状态的重要适应反应；其变化趋势与气孔导度降低基本一致，表明气孔关闭是蒸腾受抑的主要原因。其中，“老姑娘”Tr降幅最大，表现出较强的节水型响应；而“西州密25号”在干旱下仍保持相对较高Tr，显示其水分消耗和气体交换维持能力较强。

图2—8 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗叶片蒸腾速率 (Tr) 的变化

2.2.4 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗期叶片胞间CO<sub>2</sub>浓度 (Ci) 的响应

干旱胁迫下，供试20个甜瓜品种幼苗期叶片胞间CO<sub>2</sub>浓度均呈下降趋势，但降幅存在明显的品种间差异 (图2—9)。与对照相比，所有品种干旱处理后胞间CO<sub>2</sub>浓度均不同程度降低。其中，“Pa193”降幅最大，从239.32 μmol·mol<sup>-1</sup>降至103.35 μmol·mol<sup>-1</sup> (P<0.001)；“西州密25号”从296.90 μmol·mol<sup>-1</sup>降至216.68 μmol·mol<sup>-1</sup> (P<0.01)；“巴登”降幅相对较小，从261.65 μmol·mol<sup>-1</sup>降至232.72 μmol·mol<sup>-1</sup>，为干旱处理后胞间CO<sub>2</sub>浓度最高的品种，差异不显著 (P>0.05)。从变异系数来看，对照组胞间CO<sub>2</sub>浓度的变异系数为14.8%，干旱处理后升至21.5%，表明干旱胁迫在一定程度上放大了不同品种间的差异。胞间CO<sub>2</sub>浓度的下降通常与气孔导度降低导致CO<sub>2</sub>供应受限有关。结合净光合速率和气孔导度同步下降的结果，可以推断干旱胁迫下甜瓜幼苗光合作用的下降主要由气孔限制因素主导。“Pa193”在干旱条件下胞间CO<sub>2</sub>浓度降幅最大，表明其气孔关闭程度最为严格；“巴登”则维持相对较高的胞间CO<sub>2</sub>水平，气孔关闭程度相对较轻。

图2—9 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗叶片胞间CO<sub>2</sub>浓度 (Ci) 的变化

2.2.5 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗期叶片水分利用效率 (WUE) 的响应

水分利用效率 (WUE) 为净光合速率与蒸腾速率之比，可表征植物碳同化收益与水分消耗之间的协调关系。干旱胁迫下，20个地方甜瓜品种幼苗叶片WUE响应存在明显品种差异 (图2—10)。与对照相比，多数品种WUE显著升高。其中，“老姑娘”增幅最大，从2.44 μmol·mmol<sup>-1</sup>升至16.87 μmol·mmol<sup>-1</sup>，增幅达6.9倍 (P<0.001)；而“巴登”则呈下降趋势，从3.69 μmol·mmol<sup>-1</sup>降至3.28 μmol·mmol<sup>-1</sup>，差异不显著 (P>0.05)，为所有品种中增幅最小者。从群体变异看，对照组WUE变异系数为25.7%，干旱处理后升至44.9%，说明土壤水分亏缺增强了不同品种水分利用策略的分化。总体而言，干旱条件下WUE升高表明甜瓜幼苗可通过降低蒸腾耗水、优化气体交换过程来提高单位水分消耗的碳同化效率，是其适应水分亏缺的重要生理调节方式。“老姑娘”表现出较强的水分利用调节能力，而“巴登”对于干旱胁迫的WUE响应不明显。

图2—10 干旱胁迫下20个地方甜瓜品种幼苗叶片水分利用效率 (WUE) 的变化

3 讨论

光合色素是植物光能吸收、传递和转化的物质基础，其含量变化直接反映干旱胁迫对光合机构的损伤程度。本研究中，干旱胁迫下20个甜瓜品种的叶绿素a、叶绿素b、总叶绿素及类胡萝卜素含量均呈不同程度下降，这与王璐[18]在玉米苗期PEG胁迫下光合色素含量下降的研究结果一致。叶绿素含量的下降可能与干旱诱导的叶绿体超微结构损伤、色素蛋白复合体降解及活性氧积累有关[18]。值得注意的是，不同品种间色素含量的响应差异显著：“其力克”各色素含量在干旱处理后几乎未发生变化，表现出极强的色素稳定性，这与PEG胁迫下耐旱玉米自交系叶绿素含量降幅较小的结果相似[18]。“小青皮”类胡萝卜素含量较对照升高12.1%，这与肖凡等[19]在黄瓜幼苗中发现的复水后生理指标产生补偿效应的结果类似，表明“小青皮”可通过增强非光化学淬灭能力来耗散过剩光能、保护光合机构免受光氧化损伤。叶绿素a/b比值的变化可反映植物对光环境的适应策略。本研究中，“小果热瓜蛋”比值从2.76升至3.62，表明其通过减少捕光天线复合体比例以维持电子传递效率；“老姑娘”比值从3.65降至3.01，则可能意味着通过增加捕光组分补偿光合活性的降低。

净光合速率是衡量植物光合能力最直接的指标。本研究中，干旱胁迫下20个甜瓜品种的净光合速率均显著下降，这与姚庆群等[20]的研究结论一致，即干旱胁迫会导致植物叶片光合速率降低。其中，“巴登”降幅最大 (88.5%)，“大果热瓜蛋”降幅相对较小 (52.6%)，表明不同品种对于干旱胁迫的光合敏感程度存在显著差异，这与王璐[18]在玉米自交系中发现的耐旱材料



光合速率降幅小于敏感材料的结果一致。气孔导度和蒸腾速率的同步下降是植物应对干旱的早期响应机制。本研究中，所有品种的气孔导度和蒸腾速率均大幅下降，其中“老姑娘”气孔导度降幅达96.5%，“巴登”蒸腾速率降幅达86.9%。这与李雪[21]的研究结果相似，即光质调控气孔开闭可影响植物的水分利用效率。气孔关闭可有效减少水分散失，维持叶片相对含水量，但过度关闭也限制了CO<sub>2</sub>供应，导致净光合速率下降。

胞间CO<sub>2</sub>浓度的变化可用于判断光合作用的气孔与非气孔限制。本研究中，多数品种的胞间CO<sub>2</sub>浓度随气孔导度同步下降，表明气孔限制是导致净光合速率下降的主导因素，这与姚庆群等[20]提出的“轻度干旱下光合抑制以气孔限制为主”的观点一致。不同品种间气孔导度、蒸腾速率和胞间CO<sub>2</sub>浓度降幅的差异反映了其气孔对干旱的敏感性及水分利用策略的不同：降幅较小的品种（如“大果热瓜蛋”）采取相对保守的气孔调节，维持一定的气体交换；降幅极大的品种则采取严格的节水策略，但光合能力受损也更严重。

水分利用效率综合反映了植物碳同化与水分消耗之间的平衡关系。本研究中，干旱处理后大部分品种的水分利用效率显著升高，其中“老姑娘”增幅最大（6.9倍），这与李雪[21]的研究结果一致，即适宜的光质调控可提高植物的水分利用效率。水分利用效率的升高表明植物在干旱胁迫下能够以较少的水分消耗维持相对较高的碳同化能力，这是一种重要的节水适应策略。武宏熹[22]的研究表明，外源萘乙酸处理可增强甜瓜/南瓜嫁接苗的耐旱能力，其机制与提高抗氧化酶活性和渗透调节物质含量有关。本研究中耐旱性较强的品种（如“其力克”“大果热瓜蛋”），可能具有类似的抗氧化防御和渗透调节能力。

4 结论

干旱胁迫显著抑制了20个地方甜瓜品种幼苗期的光合作用，表现为叶绿素a、叶绿素b、总叶绿素、类胡萝卜素含量及净光合速率、气孔导度、蒸腾速率、胞间CO<sub>2</sub>浓度等指标不同程度下降，但各品种的响应幅度存在显著差异。气孔限制是导致光合下降的主导因素。不同品种通过调整色素组成、气孔开度、光保护能力和水分利用策略等方式应对干旱胁迫，表现出三种不同的光合响应策略：（1）稳定型（如“其力克”），各项指标变化幅度最小，耐旱性最强；（2）补偿型（如“小青皮”），类胡萝卜素含量升高，通过增强光保护能力应对胁迫；（3）敏感型（如“巴登”“白皮脆”“老姑娘”），各项指标大幅下降，光合能力严重受损。综合各光合生理指标的响应特征，筛选出“其力克”“大果热瓜蛋”“小青皮”“西州密25号”为耐旱性较强的甜瓜品种，可作为新疆干旱区甜瓜抗旱育种和栽培的优选种质资源。

参考文献：

[1] 刘升学, 马爱芳, 秦峰, 巩志忠. 植物抗旱性研究进展 [J]. 科学通报, 2025, 70 (25):4297-4314.

[2] 刘燕敏, 陈宇聪, 吕睿, 谭瑜柳, 李昕雨, 董舒乐, 刘骥骧. 甜瓜幼苗对逆境胁迫的生理响应及抗逆性分析 [J]. 农业灾害研究, 2021, 11 (08):132-133.

[3] 高玉红, 闫生辉, 邓黎黎. 逆境胁迫对甜瓜幼苗生长的影响及综合抗逆鉴定指标的筛选 [J]. 江苏农业科学, 2018, 46 (15):116-118.

[4] 赵士文. 甜瓜 XTH 基因家族鉴定及 CmXTH11 对干旱胁迫的响应 [D]. 西北农林科技大学, 2025.

[5] 宁丽云, 张巨松, 吴一帆, 王丽, 左朝阳, 郭璇, 周杰闻, 胡正东. 干旱胁迫对海岛棉叶绿素荧光参数及产量的影响 [J]. 中国农业科技导报 (中英文), 2026, 28 (03):53-62.

[6] 李和芹, 石俣, 张培兰, 王云锦, 钟云芳, 宋希强, 张金玲. 干旱胁迫对海南凤仙花生长及 叶片特性的影响 [J]. 热带生物学报,

[7] 董芳瑜, 郎莹, 徐艳会, 杨修一. 极端干旱及其胁迫持续对连翘光合效率的降低作用 [J]. 北方园艺, 2026, (04):51-60.

[8] 赵士文. 甜瓜 XTH 基因家族鉴定及 CmXTH11 对干旱胁迫的响应 [D]. 西北农林科技大学, 2025.

[9] 李艳超, 张彦萍, 刘海河, 刘月, 封科, 武雅娴. 外源硼对干旱胁迫下厚皮甜瓜幼苗生长和抗氧化系统的影响 [J]. 河北农业大学学报, 2022, 45 (01):55-60.

[10] 吴婷, 闫淼, 熊韬, 毛建才, 胡国智. 新疆厚皮甜瓜种子萌发期的抗旱生理特性研究 [J]. 南方农业学报, 2023, 54 (08):2396-2405.

- [11] 苏艳娥, 田晓明, 向光锋, 吕浩, 周岚, 朱路, 李湘鹏, 刘超, 张绪高. 钩藤对干旱胁迫和复水处理的生理响应 [J]. 经济林研究,
- [12] 赵卫星, 刘喜存, 李晓慧, 徐小利, 常高正, 梁慎, 康利允, 高宁宁. 甜瓜幼苗对逆境胁迫的生理响应及抗逆性综合评价 [J]. 西南农业学报, 2017, 30 (02):322-326.
- [13] 殷业超, 陈崇蓬, 齐嘉诺, 徐胜男, 王腾蛟, 董敬超, 张宇, 王力夫, 于树涛. 不同花生种质耐旱性筛选与评价 [J]. 花生学报,
- [14] 陈芃桦, 李强峰, 范芳芳, 李鹏得, 贾生亮, 安涛. 干旱 - 复水对胡杨幼苗叶片叶绿素荧光、相对含水量和气孔的影响 [J]. 林业科技通讯,
- [15] 周旭, 张玉先, 李多, 傅晨野, 王孟雪. 苗期不同水分处理及复水对大豆光合生理和产量的影响 [J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2023, 35 (05):1-10.
- [16] 卢广超, 许建新, 薛立, 刘斌, 李诗刚, 邵怡若. 干旱胁迫下4 种常用植物幼苗的光合和荧光特性综合评价 [J]. 生态学报, 2013, 33 (24):7872-7881.
- [17] 王文杰, 贺海升, 关宇, 李文馨, 张衷华, 祖元刚. 丙酮和二甲基亚砷法测定植物叶绿素和类胡萝卜素的方法学比较[J]. 植物研究, 2009, 29 (02):224-229.
- [18] 王璐. PEG胁迫下玉米苗期耐旱种质资源筛选及生理响应研究[D]. 导师: 徐晶宇; 翁建峰. 黑龙江八一农垦大学, 2024.
- [19] 肖凡, 蒋景龙, 段敏. 干旱和复水条件下黄瓜幼苗生长和生理生化的响应[J]. 南方农业学报, 2019, 50 (10):2241-2248.
- [20] 姚庆群, 谢贵水. 干旱胁迫下光合作用的气孔与非气孔限制[J]. 热带农业科学, 2005, (04):
- [21] 李雪. 不同光质处理对黄瓜和甜瓜幼苗气孔导度及光合作用的影响差异[D]. 导师: 杨振超. 西北农林科技大学, 2024.
- [22] 武宏熹. 外源萘乙酸处理对甜瓜/南瓜嫁接苗质量及其耐干旱能力的影响[D]. 导师: 许传强; 何明. 沈阳农业大学, 2025.
- 谢 辞

首先, 衷心感谢我的导师。本论文在艾力江·麦麦提导师的悉心指导下完成的。导师渊博的专业知识、严谨的治学态度, 精益求精的工作作风, 严于律己、宽以待人的崇高风范, 朴实无华、平易近人的人格魅力对本人影响深远。不仅仅使本人树立了远大的学习目标、掌握了基本的研究方法, 还使本人明白了许多为人处事的道理。本次论文从选题到完成, 每一步都是在导师的悉心指导下完成的, 在写论文的过程中, 我遇到了很多的问题, 在老师的耐心指导下, 问题都得以解决, 倾注了导师超多的心血。在此, 谨向导师表示崇高的敬意和衷心的感谢!

在临近毕业之际, 我还要借此机会向在这四年中给予我诸多教诲和帮忙的各位老师表示由衷的谢意, 感谢他们四年来的辛勤栽培。不积跬步何以至千里, 各位任课老师认真负责, 在他们的悉心帮忙和支持下, 我能够很好的掌握和运用专业知识, 并在设计中得以体现, 顺利完成毕业论文。

#### 说明:

- 1、支持中、英文内容检测;
- 2、AI特征值=AI特征字符数/总字符数;
- 3、红色代表AI特征显著部分, 计入AI特征字符数;
- 4、棕色代表AI特征疑似部分, 未计入AI特征字符数;
- 5、检测结果仅供参考, 最终判定是否存在学术不端行为时, 需结合人工复核、机构审查以及具体学术政策的综合应用进行审慎判断。



知网AIGC检测服务

知网AIGC检测服务