

doi:10.11937/bfyy.20202668

硅对干旱胁迫下生菜幼苗生长及光合特性的影响

郅亚微

(广安职业技术学院 土木工程学院, 四川 广安 638000)

摘 要:以抗性不同的 2 个生菜品种“玻璃生菜”和“罗莎红”为试材,采用营养液栽培,用 15% 聚乙二醇模拟干旱,研究外源施加 $1.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Na_2SiO_3 作为硅供体对干旱胁迫的缓解效应,以期探讨硅对干旱胁迫下生菜幼苗生长及光合特性的影响。结果表明:与对照相比,干旱胁迫导致生菜幼苗株高、根长、植株鲜质量、干质量等生长指标降低;叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素及总叶绿素含量降低;净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)和蒸腾速率(T_r)显著下降,胞间 CO_2 浓度(C_i)显著上升;PS II 最大光化学效率(F_v/F_m)、PS II 实际光化学效率(Φ_{PSII})、光合电子传递效率(ETR)和光化学淬灭系数(qP)显著降低,而非光化学淬灭系数(NPQ)显著增加。外源添加适量浓度的 Si,可不同程度提高生菜幼苗生长势及干鲜质量;也提高生菜光合色素含量及光合能力;同时对改善 PS II 反应中心活性、提高叶绿素荧光参数也有促进作用。可见,外源添加一定浓度的 Na_2SiO_3 可缓解干旱胁迫对生菜幼苗的伤害,提高生菜叶片对光能的捕获与转化能力,增强光合效率,促进生菜生长。

关键词:硅;干旱胁迫;生菜;光合特性

中图分类号:S 636.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2021)06-0008-07

干旱从古至今都是人类面临的主要自然灾害,即便现在科技发达,但仍不能有效缓解干旱造成的后果,且随着温室效应及全球气候变暖发生,干旱灾害越来越严重^[1-3]。干旱对植物的影响主要表现在:植物根系活力下降,植物生长发育受阻,抗氧化能力降低,内源激素紊乱,光合能力下降,从而导致植物积累干物质的能力降低,植株矮小,叶片萎蔫,严重的甚至造成死亡^[4]。

生菜(*Lactuca sativa* L.)属菊科莴苣属,又

名叶用莴苣。可生食,脆嫩爽口,口感略甜,也可熟食,营养丰富,热量低,深受减肥人士喜爱。生菜喜湿,全生育期要求有充足水分供应。干旱不仅对生菜生长及生理指标造成严重影响,还会影响生菜的口感,严重的可造成生菜减产,大大制约了生菜生产的可持续发展。研究如何提高作物抗旱能力,是当前我国农业生产过程中亟需解决的重要问题^[5]。

关于生菜的抗旱性研究,最根本有效的方法是选育抗旱品种。但选育周期长,且该方法不够普适性,有些不耐旱的品质优良的生菜品种需要其它手段提高生菜的耐旱性,比如改善栽培方式或施加可以提高植物耐性的外源物质。目前,已经有相关施加外源物质缓解干旱胁迫的报道,如脱落酸、油菜素内酯、亚精胺、腐胺、6-BA、硅酸盐等^[5-10]。

地球上硅元素含量丰富,仅次于氧排第 2 位,但常见的硅元素多以二氧化硅或者硅酸盐的形式

作者简介:郅亚微(1981-),女,硕士,副教授,现主要从事植物栽培生理及组织培养技术等研究工作。E-mail: snowy5568@sina.com.

基金项目:四川省教育厅人文社会科学重点研究基地四川景观与游憩研究中心科研资助项目(JGYQ2019018);广安职业技术学院科研项目重点课题资助项目(GAZYKY-2020A01)。

收稿日期:2020-06-26

分布于砂石、岩石以及土壤中^[11]。而植物可以利用的硅元素通常以单硅酸形式为主^[12]。已有很多研究表明,硅能提高植物的抗盐性、抗寒性、抗旱性、抗病性及缓解重金属胁迫等^[13-16]。

但有关施加外源硅对干旱胁迫下生菜幼苗生长的调节效应与机制仍缺乏系统研究。鉴于此,该研究针对生菜生长中碰到的干旱胁迫问题,通过外源施加适量硅源以研究生菜幼苗生长、光合色素含量、光合参数及叶绿素荧光参数的变化规律,探究外源硅在增强生菜幼苗干旱胁迫耐受性中的作用及其内在生理机制,以期为农业生产上生菜的抗旱栽培提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于2019年在广安新天地农业发展有限公司实验室进行,供试生菜品种为前期筛选的抗旱性差异较大的2个生菜品种“玻璃生菜”和“罗莎红”。

1.2 试验方法

按常规方法浸种催芽,挑选发芽整齐的种子播于装有基质(草炭:蛭石:珍珠岩=2:1:1)的穴盘中。育苗期间平均昼夜温度为25℃/15℃。待幼苗长至4片真叶时,选取生长一致的幼苗移至装有10 L营养液的塑料栽培盆中,每盆12株。营养液中大量元素参照山崎配方,略加修改,用充氧机充气。为排除水中硅离子干扰,试验处理所用水均为去离子水。

当植株长至6~7片真叶时进行试验处理。结合前期试验选用0.5、1.0、2.0、3.0、5.0 mmol·L⁻¹的外源Si对干旱胁迫下生菜幼苗相对电导率(EC)、丙二醛(MDA)、抗氧化酶活性的缓解效果,最终筛选出1.0 mmol·L⁻¹的Si浓度缓解效果最好。故该试验共设3个处理,正常营养液为CK;干旱胁迫(D):15%聚乙二醇(PEG 6000)模拟干旱;干旱胁迫+Si(D+Si):15%聚乙二醇(PEG 6000)+1.0 mmol·L⁻¹ Si。硅源用Na₂SiO₃提供。pH用1.0 mol·L⁻¹的H₂SO₄调节,保持在6.0左右,每2 d调1次。每处理重复3次,每3 d更换1次营养液。在处理7 d后进行植物生长量、光合色素含量、光合指标及叶绿素荧光参数测定。

1.3 项目测定

1.3.1 生菜幼苗植株生长量测定

处理7 d后,各处理以下胚轴为分界点,分别随机测定10株生菜幼苗的株高和根长。

用去离子水将植株洗净,吸干表面水分,称得鲜质量。在烘箱中105℃杀青15 min后,降温到75℃烘至恒质量,测定干质量。

1.3.2 光合色素含量测定

叶绿素和类胡萝卜素含量采用ARNON^[17]的方法测定。

1.3.3 生菜幼苗光合参数测定

应用LI-6400便携式光合仪,于09:00—11:00测定生菜幼苗从上向下第3片完全展开叶的净光合速率、气孔导度、蒸腾速率和胞间CO₂浓度,测定时空气相对湿度为50%~70%,温度为25℃,设定CO₂浓度为400 μmol·mol⁻¹,有效光合辐射800 μmol·m⁻²·s⁻¹。

1.3.4 生菜幼苗叶绿素荧光参数测定

利用PAM-2100型便携式荧光仪,选取各处理的自上而下第3片完全展开功能叶,测定并计算光系统II(PSII)最大光化学效率F_v/F_m,实际光化学效率Φ_{PSII},光合电子传递效率ETR,光化学淬灭系数qP及非光化学淬灭系数NPQ,测定时间同光合参数,测定方法参考ZHANG等^[18]的方法,略加改进。

1.4 数据分析

采用Excel 2016软件处理数据和绘图,采用SPSS软件进行统计分析,采用Duncan's新复极差法进行差异显著性检验(P<0.05)。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫下硅对生菜幼苗生长指标的影响

干旱胁迫对生菜的影响可直观的在形态指标上显现。由图1可知,经7 d干旱胁迫后,2个生菜品种的株高、根长、植株鲜质量、干质量均呈现不同程度降低。“玻璃生菜”的4个指标较对照分别降低了42.72%、46.58%、41.84%和47.66%;而“罗莎红”较对照分别降低了27.88%、36.92%、28.27%和35.01%。由此可见,“玻璃生菜”受干旱胁迫影响加大,株高、根长、植株鲜质

量、干质量均较“罗莎红”生菜下降幅度大。相较于干旱胁迫处理,外源添加 $1.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ Si}$ 可有效提升生菜幼苗的株高、根长、植株鲜质量、干质量,施硅后,“玻璃生菜”各生长指标分别增加了 17.46%、29.84%、17.63% 和 28.03%,而“罗莎红”各指标分别增加了 21.33%、34.30%、

18.09% 和 39.83%,由此可见,施硅对“罗莎红”的缓解效果比“玻璃生菜”更显著。

2.2 干旱胁迫下硅对生菜光合色素含量的影响

从图 2 可以看出,“玻璃生菜”经 7 d 干旱处理后,叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素和总叶绿素

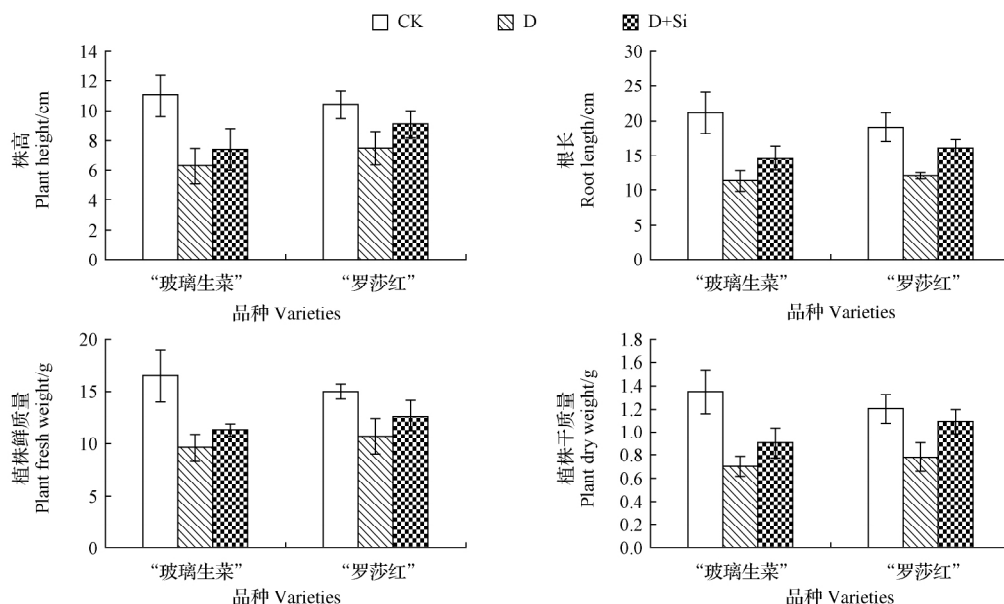


图 1 外源施硅对干旱胁迫下生菜幼苗株高、根长、植株鲜质量、干质量的影响

Fig. 1 Effects of exogenous silicon application on plant height, root length, fresh weight and dry weight of lettuce seedlings under drought stress

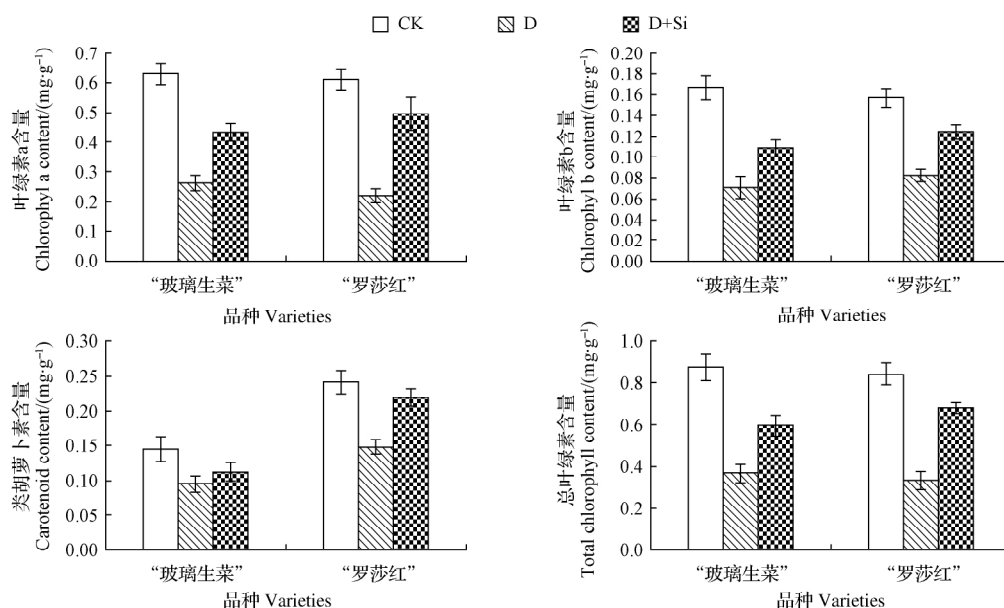


图 2 外源施硅对干旱胁迫下生菜幼苗光合色素含量的影响

Fig. 2 Effects of exogenous silicon application on photosynthetic pigment content of lettuce seedlings under drought stress

含量较对照分别降低了 58.33%、57.43%、34.01%和 58.14%。而外源加硅处理,叶绿素含量受干旱胁迫的影响得以缓解,较干旱胁迫处理,加硅处理的叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素和总叶绿素含量分别增加了 65.45%、53.02%、18.08%和 62.80%。“罗莎红”生菜经 7 d 处理后与“玻璃生菜”呈现一致的趋势,干旱胁迫使其色素含量各指标降低,降低幅度分别为 64.06%、47.58%、38.86%和 60.68%;干旱加硅处理,各指标较单纯干旱胁迫处理分别增加了 126.08%、51.45%、48.70%和 105.69%。

2.3 干旱胁迫下硅对生菜光合特性的影响

由图 3 可知,经 7 d 干旱处理后,“玻璃生菜”和“罗莎红”生菜的净光合速率、气孔导度、蒸腾速

率均较对照明显下降,分别下降了 62.87%、58.21%、46.33%和 46.28%、63.82%、43.74%;而 2 个品种胞间 CO_2 浓度经 7 d 干旱处理后均显著上升,较对照分别上升了 105.85%和 50.00%。干旱胁迫加硅处理能显著提升干旱胁迫下净光合速率、气孔导度、蒸腾速率等指标,“玻璃生菜”和“罗莎红”的 3 个光合参数指标分别上升了 30.65%、32.14%、36.33%和 29.69%、78.18%、51.91%;“玻璃生菜”和“罗莎红”生菜加硅处理的胞间 CO_2 浓度较干旱胁迫处理分别降低了 47.87%和 21.12%。由此说明,加硅处理可以提升气孔导度,增加净光合速率和蒸腾速率,降低胞间 CO_2 浓度,对缓解干旱胁迫对生菜幼苗光合特性的影响有促进作用。

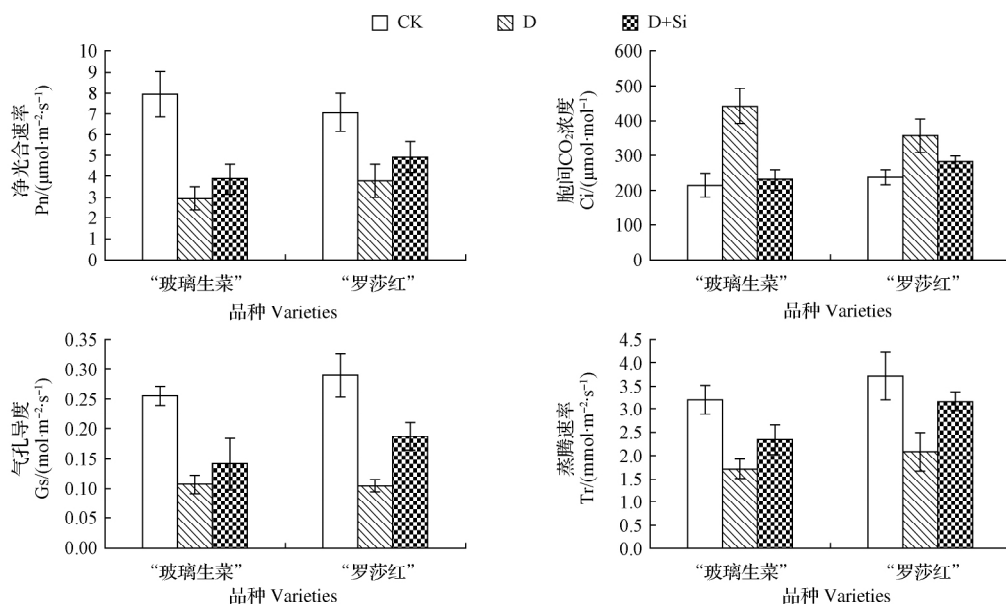


图 3 外源施硅对干旱胁迫下生菜幼苗光合特性的影响

Fig. 3 Effects of exogenous silicon application on photosynthetic characteristics of lettuce seedlings under drought stress

2.4 干旱胁迫下硅对生菜幼苗叶绿素荧光参数的影响

F_v/F_m 代表光反应中心 PS II 的最大光能转换效率,是表示光化学反应状况的重要参数; Φ_{PSII} 反映了 PS II 反应中心部分关闭情况下 PS II 的实际光能的捕获效率,与碳同化反应的强度密切相关;ETR 与植物光照条件变化密切相关;qP 反映植物光系统对光能的利用效率,该系数越高,所捕获的光能用来转化为化学能的能量就多;

NPQ 反映植物耗散过剩光能为热的能力,代表以热耗散形式散发的能量。

由图 4 可知,经 7 d 干旱处理后,“玻璃生菜”和“罗莎红”2 个生菜品种的最大光化学速率(F_v/F_m)、实际光化学速率(Φ_{PSII})、光合电子传递效率(ETR)、光化学淬灭系数(qP)均不同程度下降,下降幅度分别为 30.40%、46.91%、70.29%、44.36%和 22.30%、47.26%、62.98%、37.57%。而 2 个品种的非光化学淬灭系数(NPQ)经干旱

处理后呈不同程度增加,分别增加 155.56% 和 21.91%。干旱胁迫加硅处理可以显著提升各叶绿素荧光参数指标,“玻璃生菜”和“罗莎红”2个生菜品种的最大光化学速率(F_v/F_m)分别提升 13.37% 和 19.14%;实际光化学速率(Φ_{PSII})分别

提升 36.03% 和 48.97%;光合电子传递效率(ETR)分别提升 132.63% 和 106.20%;光化学淬灭系数(qP)分别提升了 8.11% 和 32.58%。非光化学淬灭系数(NPQ)“玻璃生菜”下降了 43.48%,而“罗莎红”则上升了 28.91%。

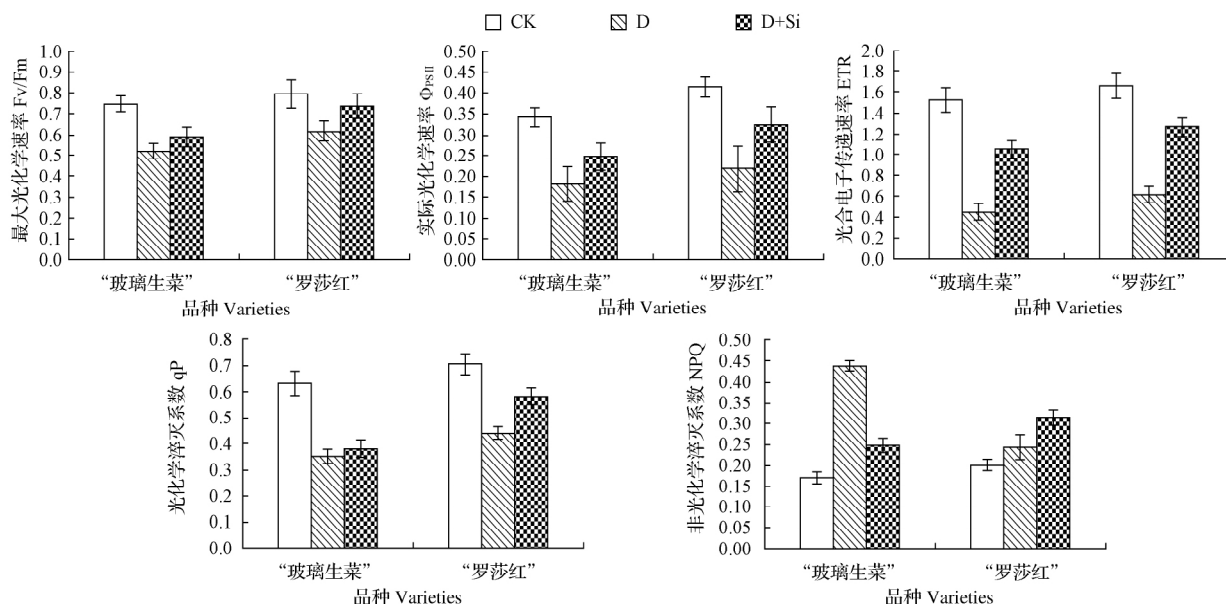


图4 外源施硅对于干旱胁迫下生菜幼苗叶绿素荧光参数的影响

Fig. 4 Effects of exogenous silicon application on chlorophyll fluorescence parameters of lettuce seedlings under drought stress

3 讨论

干旱胁迫不仅会影响植物的生长发育,也会大大影响植物的生理生化反应。当植物遭受干旱胁迫时,根系最先感受到干旱信号,而后将信号传导给其它器官,通过各种响应及形态改变以适应胁迫环境。因此,植株的形态指标,尤其是根系特征可作为衡量植物耐旱能力强弱的指标^[19]。该研究中,干旱胁迫使生菜幼苗株高、根长、干鲜质量等指标显著降低,但“玻璃生菜”和“罗莎红”生菜2个品种的抗旱能力不同,“罗莎红”较“玻璃生菜”抗旱能力更强,受干旱胁迫后,各生长指标较“玻璃生菜”影响较小。外源加硅能明显提高生菜幼苗的株高、根长及干鲜质量,说明硅对缓解干旱胁迫对生菜生长的影响有一定效果,尤其对根系的影响,加硅处理的根系明显较干旱胁迫处理的更粗壮,以保证在干旱胁迫条件下,根系也能吸收更多水分,增加植株含水量。这也与 LI 等^[20]的研究结

果一致。也有研究表明,施用硅肥可以减少植物对水分的需求,以提高植物耐旱性^[21]。还有研究认为硅参与了植物体内物质合成,在非生理活性部位形成“硅-角双层”结构,提高植物的保水能力^[22]。

叶绿体是植物进行光合作用的细胞器,光合色素含量与光合作用强弱呈正相关关系。干旱胁迫导致2个品种生菜幼苗叶绿素a、叶绿素b、类胡萝卜素及总叶绿素含量均降低,表明叶绿素降解加快而合成受阻,加硅处理可以显著提升生菜幼苗光合色素含量。有研究表明,外源施硅可以促进叶绿体类囊体膜的形成,进而维持更高的叶绿素水平^[23]。说明硅元素有可能参与细胞器膜的保护,缓解干旱胁迫对叶绿体的损伤,从而抑制了叶绿素含量的下降,增强其光合能力以合成更多碳水化合物,从而促进植物生长。

光合能力是植物耐旱的重要生理特征之一^[24]。一般来说,净光合速率反映叶片进行光合作用的能力。气孔是植物控制叶片与大气之间碳、水交换的重要门户,气孔导度是反映气孔开闭

程度,影响了光合和呼吸作用及蒸腾速率和胞间 CO_2 浓度。有研究指出,干旱胁迫前期导致渗透胁迫,会使植物细胞失水增多,植物保卫细胞的失水会导致气孔关闭,从而使植物光合能力降低^[25]。该研究结果显示,经干旱胁迫后,净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)和蒸腾速率(T_r)均下降,而胞间 CO_2 浓度(C_i)显著上升,一般认为这是非气孔因素引起的,说明经过长时间的干旱胁迫已经对生菜幼苗造成不可逆的伤害,该研究结果与王丽君等^[7]研究结果一致。外源加硅后,净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)和蒸腾速率(T_r)均上升,胞间 CO_2 浓度(C_i)降低,说明硅源的加入,增强了生菜光合能力。其原因可能是:硅的加入增强了生菜根系吸水能力,也提高了生菜的保水能力,避免因干旱导致过度失水而使气孔导度降低,这变相提升了生菜的蒸腾速率和净光合速率;硅源加入可缓解因干旱导致的光合色素降解,从而提升了生菜的光合能力^[18,26]。

叶绿素荧光参数被视为植物光合作用响应环境胁迫的内在探针^[27]。干旱胁迫致使生菜幼苗 F_v/F_m 、 Φ_{PSII} 、 qP 及 ETR 等指标降低,而 NPQ 指标上升。 F_v/F_m 可以反映生菜 $PSII$ 反应中心活性抑制程度;而 Φ_{PSII} 的降低反映生菜实际光能捕获效率的降低,大大影响了生菜对碳的固定与同化,导致生菜形成碳水化合物的能力降低,这也解释了受干旱胁迫后生菜植株矮小,生长势变弱的原因。光合电子传递速率 ETR 的下降,则说明植物感受光照能力降低。 qP 作为反映植物光化学电子传递能量的指标,干旱胁迫导致 qP 降低说明 $PSII$ 电子传递活性受抑制。而 NPQ 表示以热耗散形式散发的能量, NPQ 在干旱胁迫下上升,说明生菜将光能用于热耗散的能量增多,可有效阻止过剩光能对 $PSII$ 反应中心造成的光氧化损伤^[28]。外源添加适量硅可明显减轻干旱胁迫对生菜叶片光合系统的破坏,提升干旱胁迫下生菜叶片的 $PSII$ 活性,进而提高其光合效率,增强生菜幼苗耐旱性^[29]。

总之,干旱胁迫可直接影响生菜的根系,也会导致生菜光合色素合成受阻,光合效率降低,外源添加适量的硅可改善生菜叶片气体交换,提高生菜光合色素含量、 F_v/F_m 、 Φ_{PSII} 、 qP 及 ETR 等,进而显著提高生菜在干旱胁迫下的光合效率。当然,植物耐旱性是一个复杂的机制,并不是单纯研

究光合作用相关指标就可以完全解释。而硅如何影响植物光合特性,是否直接参与植物体内光合系统的物质合成等,还需进一步研究。

参考文献

- [1] ESFAHANIAN E, NEJADHASHEMI A P, ABOUALI M, et al. Development and evaluation of a comprehensive drought index[J]. Journal of Environmental Management, 2017, 185: 31-34.
- [2] LOBELL D B, ROBERTS M J, SCHLENKER W. Greater sensitivity to drought accompanies maize yield increase in the U. S. Midwest[J]. Science, 2014, 344: 516-519.
- [3] LI M X, MA Z G. Soil moisture drought detection and multi-temporal variability across China[J]. Science China Earth Sciences, 2015, 58(10): 1798-1813.
- [4] 杨阳, 申双和, 马绎皓, 等. 干旱对作物生长的影响机制及抗旱技术的研究进展[J]. 科技通报, 2020, 36(1): 8-15.
- [5] 王琳. 外源腐胺提高散叶生菜耐旱性的生理机制及细胞超微结构研究[D]. 北京: 北京农学院, 2017.
- [6] 李琬婷, 宁朋, 王菲, 等. 外源脱落酸对干旱胁迫下滇润楠幼苗生长及生理特性的影响[J]. 应用生态学报, 2020, 31(5): 1543-1550.
- [7] 王丽君, 李冬, 申洪涛, 等. 油菜素内酯对干旱胁迫下烤烟幼苗生长生理及光合特性的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2020(11): 1-9.
- [8] 邹芳, 杨秀柳, 黄思麒, 等. 外源亚精胺对干旱胁迫下甜高粱幼苗生长及生理生化指标的影响[J]. 中国农业科技导报, 2020, 22(4): 44-52.
- [9] 宋佳琦, 王玉祥, 张博. 外源 6-BA 对紫花苜蓿盛花期叶片光合、生理特性及结荚率的影响[J]. 草业科学, 2019, 36(3): 720-728.
- [10] 李爽. 外源硅对干旱胁迫下大叶女贞光合作用及叶绿素荧光特性的影响[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(22): 174-178.
- [11] 贾国涛, 顾会战, 许自成, 等. 作物硅素营养研究进展[J]. 山东农业科学, 2016, 48(5): 153-158.
- [12] NISHIMURA K, MIYAKE Y, TAKAHASHI E. On silicon, aluminium, and zinc accumulators discriminated from 147 species of Angiospermae[J]. Memoirs of the College of Agriculture Kyoto University, 1989, 133: 23-43.
- [13] LIANG Y, ZHU J, LI Z, et al. Role of silicon in enhancing resistance to freezing stress in two contrasting winter wheat cultivars[J]. Environmental and Experimental Botany, 2008, 64(3): 286-294.
- [14] HATTORI T, INANAGA S, ARAKI H, et al. Application of silicon enhanced drought tolerance in *Sorghum bicolor* [J]. Physiologia Plantarum, 2005, 123(4): 459-466.
- [15] NAKATA Y, UENO M, KIHARA J, et al. Rice blast disease and susceptibility to pests in a silicon uptake-deficient mutant *lsi1* of rice[J]. Crop Protection, 2008, 27(3-5): 865-868.
- [16] FAROOQ M A, ALI S, HAMEED A, et al. Alleviation of cadmium toxicity by silicon is related to elevated photosynthesis,

antioxidant enzymes; suppressed cadmium uptake and oxidative stress in cotton[J]. *Ecotoxicology & Environmental Safety*, 2013, 96(4):242-249.

[17] ARNON D I. Copper enzyme in isolated chloroplasts poly-phenoloxidase in *Beta vulgaris*[J]. *Plant Physiol*, 1949, 24(1):1-15.

[18] ZHANG Y, SHI Y. Beneficial effects of silicon on photosynthesis of tomato seedlings under water stress[J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2018, 17(10):2151-2159.

[19] 孙萌, 尚忠海, 沈植国, 等. 植物对干旱胁迫响应的研究进展[J]. *河南林业科技*, 2019, 39(4):1-3, 44.

[20] LI H L, ZHU Y X, HU Y H, et al. Beneficial effects of silicon in alleviating salinity stress of tomato seedlings grown under sand culture[J]. *Acta Physiologiae Plantarum*, 2015, 37(4):71.

[21] AGARIE S, HANAOKA N, UENO O, et al. Effects of silicon on tolerance to water deficit and heat stress in rice plants (*Oryza sativa* L.), monitored by electrolyte leakage[J]. *Plant Production Science*, 1998, 1(2):96-103.

[22] 曹通力, 李炜蕾, 徐坤. 干旱胁迫下硅对番茄叶片光合荧光特性的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2016, 22(2):495-501.

[23] 余利平, 张春雷, 马霓, 等. 甘蓝型油菜对干旱和低磷双重胁迫的生理反应 II: 叶片叶绿素含量及叶绿素荧光参数[J]. *干旱地区农业研究*, 2013, 31(2):169-175.

[24] MISHRA S, AGRAWAL S B. Interactive effects between supplemental ultraviolet-B radiation and heavy metals on the growth and biochemical characteristics of *Spinacia oleracea* L. [J]. *Plant Physiol*, 2006, 18(2):307-314.

[25] 李思, 张莉, 姚雅琴. 干旱对冬小麦叶片气孔、活性氧和光合作用的影响[J]. *河北大学学报(自然科学版)*, 2015, 35(5):487-493.

[26] 孙山, 徐秀玉, 程来亮, 等. 干旱胁迫下硅对平邑甜茶光合功能的影响[J]. *植物生理学报*, 2015, 51(12):2231-2238.

[27] 王立涵, 王翔, 李世斌, 等. 高温胁迫下外源物质对黄瓜幼苗叶绿素荧光和抗氧化酶活性的影响[J]. *安徽农学通报*, 2019, 25(10):20-22, 95.

[28] 徐晨, 刘晓龙, 李前, 等. 供氮水平对盐胁迫下水稻叶片光合及叶绿素荧光特性的影响[J]. *植物学报*, 2018, 53(2):185-195.

[29] 刘铎, 李平, 杨庆山, 等. 硅提高植物耐旱性研究进展[J]. *广东农业科学*, 2019, 46(2):88-93.

Effects of Si on Growth and Photosynthetic Characteristics of Lettuce Seedlings Under Drought Stress

QIE Yawei

(College of Civil Engineering, Guang'an Vocational and Technical College, Guang'an, Sichuan 638000)

Abstract: Two lettuce varieties with different resistance, 'Glass lettuce' and 'Rosa red', were cultivated in nutrient solution and 15% polyethylene glycol was used to simulate drought. The alleviating effect of exogenous Na_2SiO_3 with $1.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ as silicon donor on drought stress was studied, in order to explore the effects of silicon on the growth and photosynthetic characteristics of lettuce seedlings under drought stress. The results showed that compared with the control group, drought stress reduced the growth indexes of lettuce seedling such as plant height, root length, fresh weight and dry weight. The contents of chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoid and total chlorophyll decreased. Net photosynthetic rate (P_n), stomatal conductance (G_s) and transpiration rate (T_r) decreased significantly, and intercellular CO_2 concentration (C_i) increased significantly. PS II photochemical efficiency (F_v/F_m), the largest PS II actual photochemical efficiency (Φ_{PSII}), photosynthetic electron transport efficiency (ETR) and light chemical quenching coefficient (qP) significantly reduced, rather than the coefficient of photochemical quenching (NPQ) increased significantly. The growth potential and fresh dry weight of lettuce seedlings could be increased by adding proper concentration of Si. The photosynthetic pigment content and photosynthetic capacity of lettuce were also improved. At the same time, it could also improve the activity of PS II reaction center and chlorophyll fluorescence parameters. It could be seen that exogenous addition of a certain concentration of Na_2SiO_3 could alleviate the damage of drought stress on lettuce seedlings, improve the ability of lettuce leaves to capture and transform light energy, enhance the photosynthetic efficiency and promote the growth of lettuce.

Keywords: silicon; drought stress; lettuce; photosynthetic characteristics