

干旱胁迫对番茄幼苗生理特性的影响

王新军¹, 阎世江²

(1. 许昌职业技术学院园林与食品工程学院 河南许昌 461000; 2. 山西农业大学园艺学院 太原 030031)

摘要:在番茄生产过程中容易发生干旱,为了研究干旱对其生长的影响,以齐达利番茄为研究对象,在幼苗期给予干旱胁迫,研究其株高、茎粗、干物质量、叶绿素含量等指标的变化。结果表明,经过7 d的干旱胁迫,番茄幼苗株高、茎粗、干物质量均出现下降,叶绿素含量、POD活性、SOD活性在处理3 d、CAT活性在处理4 d升高至最高点,分别达 $2.70 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 、 $5.66 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 、 $244.33 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$ 、 $193.04 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,随后下降,MDA含量、可溶性糖含量则表现出逐步升高趋势。这表明齐达利番茄幼苗具有一定的抗旱性,但干旱时间超过3~4 d,将会对幼苗造成不可逆的伤害,因此为避免伤害应及时浇水。

关键词:番茄;干旱胁迫;生理特性

中图分类号: S641.2

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2022)06-076-05

Drought stress affects physiological characteristics of tomato seedlings

WANG Xinjun¹, YAN Shijiang²

(1. College of Landscape and Food Engineering, Xuchang Vocational Technical College, Xuchang 461000, Henan, China; 2. College of Horticulture, Shanxi Agricultural University, Taiyuan 030031, Shanxi, China)

Abstracts: Drought is a common stress for tomato production. Qidali tomato seedlings was given drought stress at the seedling stage to study the changes of plant height, stem diameter, dry matter weight, chlorophyll content. The results showed that after 7 days of drought stress, the plant height, stem diameter and dry matter weight of tomato seedlings decreased, and the chlorophyll content, POD, SOD and CAT activity increased to the highest point on the 3rd and 4th days of the treatment, reaching $2.70 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, $5.66 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, $244.33 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$, $193.04 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, and then decreased, while the content of MDA and soluble sugar showed a trend of gradual increasing. Qidali tomato seedlings have a certain degree of drought tolerance, but when the drought stress time exceeded 3-4 d, it caused irreversible damage to the seedlings. Timely watering is needed to avoid drought damage to the plant.

Key words: Tomato; Drought stress; Physiological characteristic

番茄(*Solanum lycopersicon*)原产南美洲,为茄科番茄属作物,在中国栽培面积巨大,深受群众喜爱^[1]。在其生长过程中,为维持正常的生长发育必须补充大量水分,但近年来我国北方地区干旱频繁发生,对番茄生产影响较大^[2]。发生干旱胁迫后,植物发生多种多样的形态变化和生理生化响应。河南省地处我国中部,地域辽阔,也存在大量的干旱区或半干旱区,干旱对当地的番茄生产造成严重影响。如何在干旱或半干旱条件下维持番茄生产,以及促进番茄产量提高、品质改善等成为学者研究的热点。保倩倩^[3]研究了干旱对番茄种子萌发的影响,蒋燕等^[4]在干旱条件下鉴定番茄品种抗旱性,梁

蕊芳等^[5]、孙卫红等^[6]、杜清洁等^[7]、吴洪启等^[8]分别研究了干旱对番茄幼苗叶片生长、碳酸酐酶活性、光合及荧光动力学、叶片蜡质积累的影响。李小炜等^[9]从栽培学角度研究采用土壤改良剂抵御干旱胁迫,还有学者进行番茄抗旱品种选育的研究^[10]。上述研究各有侧重点,但缺乏对番茄苗期抗旱生理机制的系统性研究。由于育苗是番茄生产中的关键环节,培育抗旱性较强的幼苗对番茄的抗旱生产至关重要。为此,笔者在番茄的苗期给予干旱胁迫,研究干旱对幼苗生长发育及生理特性的影响,从表观形态逐步深入至生理指标,摸索番茄幼苗抗旱机制,为今后番茄优质丰产奠定理论基础。

收稿日期: 2022-01-10; 修回日期: 2022-05-09

作者简介: 王新军,男,讲师,主要从事园艺植物新品种选育与栽培技术研究。E-mail: 149032947@qq.com

通信作者: 阎世江,男,副研究员,主要从事蔬菜遗传育种研究工作。E-mail: syauyan@163.com

1 材料与方

1.1 材料

试验选用的番茄品种为齐达利,由先正达种苗有限公司育成,属杂交一代品种,无限生长型,中熟,果实红色,硬度较高,耐贮运。

1.2 方法

试验于2021年3月1日在许昌职业技术学院试验基地温室内进行。采用72孔穴盘育苗(穴盘长540 mm,宽280 mm,上口40 mm×40 mm,下口20 mm×20 mm,穴深45 mm),45 d后分苗移栽入营养钵(10 cm×10 cm),共350株。试验共设2个处理,包含处理组与对照组,每处理50株,随机区组3次重复。处理前浇透水至营养钵底部渗水为止,之后处理组不再浇水,对照组正常浇水,每隔1 d浇水一次,每营养钵浇水100 mL,在处理后1、2、3、4、5、6、7 d上午8:00,每次从各处理中选取5株幼苗,参考高俊凤^[1]的方法测定株高、茎粗、干物质量、叶绿素含量(丙酮-乙醇法)、POD活性(愈创木酚法)、SOD活性(NBT法)、CAT活性(过氧化氢法)、MDA含量(TBA法)、可溶性糖含量(蒽酮比色法)等指标。

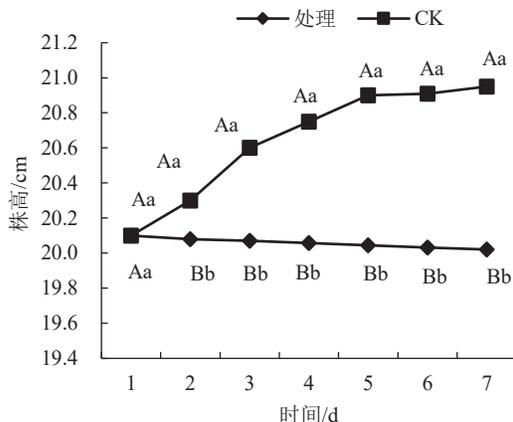
1.3 数据处理

数据采用DPS 7.05进行处理,采用Microsoft Excel 2019制图。

2 结果与分析

2.1 干旱对番茄株高、茎粗和干物质量的影响

由图1可以看出,在正常浇水状态下,番茄幼苗的株高随时间延长逐步上升,由20.10 cm上升至20.95 cm;而在干旱胁迫下,处理组的株高随时间延



注:图中不同小写字母表示处理和对照在0.05水平差异显著,不同大写字母表示处理和对照在0.01水平差异显著。下同。

图1 干旱胁迫下株高的变化

长逐步下降,在处理后1 d与对照相同,从处理后2 d开始,分别下降至20.08、20.07、20.06、20.04、20.03、20.02 cm,且与对照相比较差异达极显著水平。

由图2可以看出,在处理1~7 d时间内,对照组茎粗由6.10 mm缓慢上升至6.40 mm,处理组在干旱胁迫处理后1~2 d内,茎粗与对照相同,从处理后3 d开始逐步下降,处理后3~7 d分别下降至6.01、5.80、5.71、5.60、5.32 mm,处理后4~7 d处理与对照茎粗差异极显著。

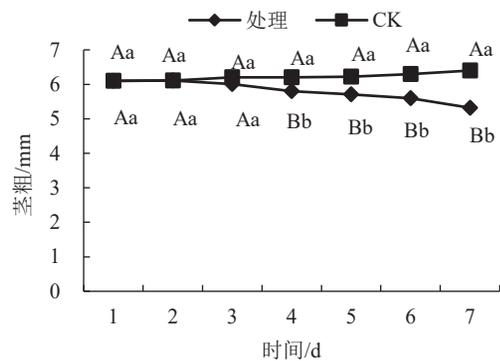


图2 干旱胁迫下茎粗的变化

由图3可以看出,经过7 d的干旱胁迫,处理组干物质量随时间延长逐步降低,从1.04 g降低至0.90 g,在对照组中干物质量随时间延长逐步上升,在1~7 d内分别达1.04、1.08、1.09、1.10、1.15、1.17、1.19 g,在前3 d中对照与处理之间差异不显著,从处理后4 d开始差异达极显著水平。

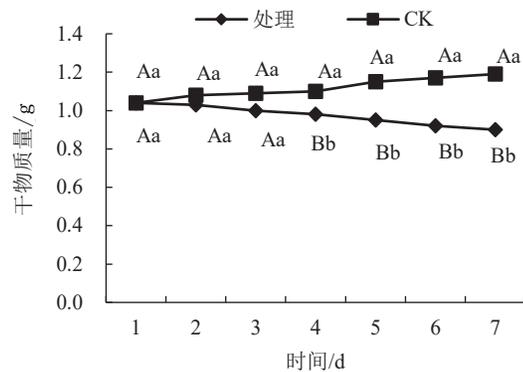


图3 干旱胁迫下干物质量的变化

通过对株高、茎粗、干物质量的分析可以看出,在正常灌溉的条件下番茄幼苗生长发育正常,株高、茎粗、干物质量均表现为随时间延长逐步上升,在干旱胁迫下番茄幼苗的3个指标均出现随时间延长缓慢下降,起初与对照差异不显著,随后与对照差异达极显著水平,表明番茄幼苗的生长需要大量水分,如发生干旱胁迫将抑制番茄幼苗的生长发育,对其生长不利。

2.2 干旱对番茄叶片叶绿素含量的影响

由图4可以看出,对照组中番茄幼苗叶片叶绿素含量的变化幅度较小,为 $1.51\sim 1.55\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$;干旱胁迫处理组叶片叶绿素含量表现出先升高后下降的趋势,在胁迫1d后,叶绿素含量上升至 $1.57\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,而后大幅度上升,在处理3d最高,达到 $2.70\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,而后逐步下降,在处理4~6d分别达 2.39 、 1.89 、 $1.62\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,在处理2~5d范围内处理组叶绿素含量均极显著高于对照组,处理后6d二者差异不显著,而在处理后7d处理组叶绿素含量下降至 $1.16\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,极显著低于对照。

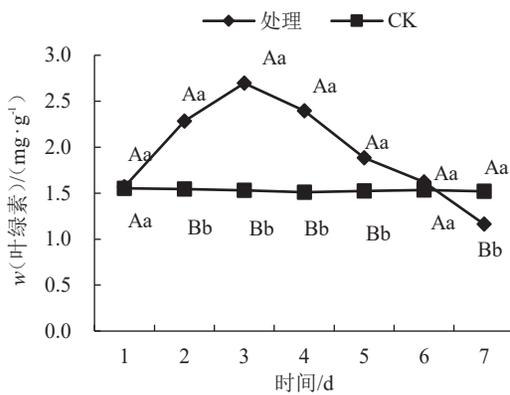


图4 干旱胁迫下叶绿素含量的变化

2.3 干旱对番茄叶片POD活性、SOD活性、CAT活性的影响

由图5可以看出,在胁迫1d后,处理的番茄叶片POD活性达 $2.41\text{ U}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$,已高于对照,但差异不显著;在处理2d后上升至 $2.696\text{ U}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$,极显著高于对照,处理3d后大幅度上升,达到最高峰,为 $5.66\text{ U}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$,随后大幅下降至 $2.80\text{ U}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$,在处理5d后下降的幅度减缓,达 $2.27\text{ U}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$,此后下降至较对照更低的水平,在处理6~7d时,分别达 1.89 、 $1.62\text{ U}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 。对照组中番茄叶片POD活性为 $2.05\sim 2.13\text{ U}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 。

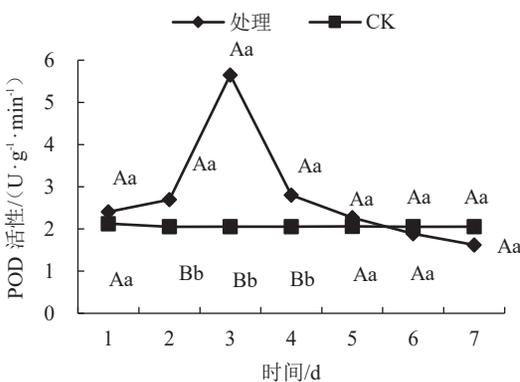


图5 干旱胁迫下POD活性的变化

由图6可知,在1~3d时,干旱胁迫下的番茄叶片SOD活性由 $114.24\text{ U}\cdot\text{g}^{-1}$ 快速上升至 $244.33\text{ U}\cdot\text{g}^{-1}$,在处理4d后出现小幅度的下降,达 $228.40\text{ U}\cdot\text{g}^{-1}$,之后大幅度下降,在处理5d后达 $127.60\text{ U}\cdot\text{g}^{-1}$,之后下降至对照以下的水平,分别达 113.70 、 $108.67\text{ U}\cdot\text{g}^{-1}$ 。在正常的浇水条件下,对照的番茄叶片SOD活性变化幅度不大,为 $114.37\sim 120.07\text{ U}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

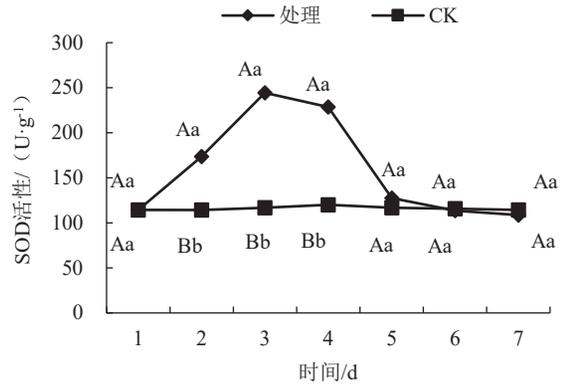


图6 干旱胁迫下SOD活性的变化

由图7可以看出,处理的番茄叶片CAT活性在处理1~2d时高于对照,但与对照差异未达显著水平,在3~4d时出现快速上升,分别达 142.92 、 $193.04\text{ U}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$,均极显著高于对照,在处理5d后CAT活性出现急剧下降,甚至较对照降低,达 $101.86\text{ U}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$,之后继续下降,分别达 97.19 、 $61.80\text{ U}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$,均极显著低于对照。对照组在正常水分供应情况下,番茄叶片CAT活性保持在 $114.40\sim 116.65\text{ U}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$,变化幅度较小。

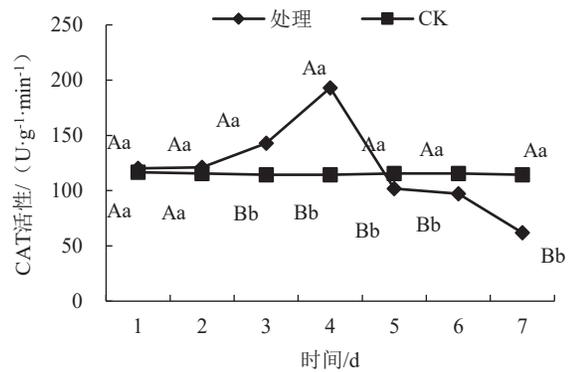


图7 干旱胁迫下CAT活性的变化

2.4 干旱对番茄叶片MDA含量的影响

由图8可以看出,在处理1~3d期间干旱处理番茄叶片MDA含量上升幅度较小,由 $4.99\text{ mmol}\cdot\text{g}^{-1}$ 上升至 $7.97\text{ mmol}\cdot\text{g}^{-1}$,在处理3~4d期间上升的幅度较小,由 $7.97\text{ mmol}\cdot\text{g}^{-1}$ 上升至 $7.98\text{ mmol}\cdot\text{g}^{-1}$,之

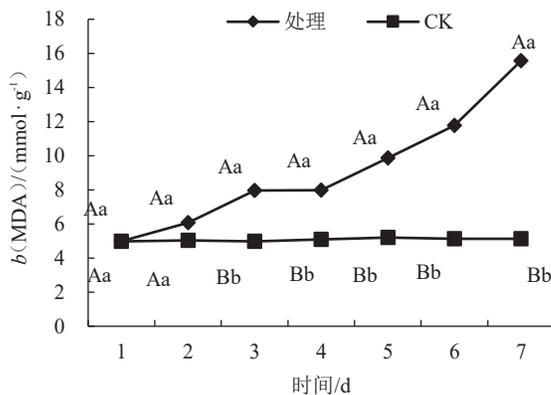


图8 干旱胁迫下MDA含量的变化

后又大幅度上升,处理后5~7 d分别达9.87、11.77、15.57 mmol·g⁻¹。对照组在测试的7 d内MDA含量分别达4.98、5.03、4.98、5.08、5.20、5.13、5.13 mmol·g⁻¹,变化幅度较小。

2.5 干旱对番茄可溶性糖含量的影响

由图9可以看出,处理组可溶性糖含量在干旱胁迫后1 d,达0.140 mg·g⁻¹,与对照差异不显著,之后逐步上升,在处理组2~7 d一直处于上升趋势,分别上升至0.18、0.22、0.25、0.25、0.30、0.34 mg·g⁻¹,与对照差异均达极显著水平。在对照组中可溶性糖含量在0.12~0.14 mg·g⁻¹,其变化幅度较小。

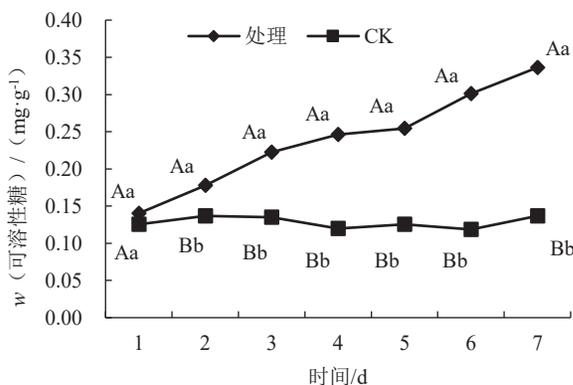


图9 干旱胁迫下可溶性糖含量的变化

通过对番茄生理指标的测定与分析可以看出,在干旱胁迫后,叶绿素含量、保护酶活性均表现为先升高后下降,MDA含量、可溶性糖含量表现为逐步升高,表明番茄幼苗在经历干旱胁迫后在最初的1~4 d内通过调节自身的叶绿素含量、保护酶活性表现出一定的抗旱性,但随着时间的延长发生不可逆的伤害,叶绿素含量、保护酶活性下降,由于细胞膜在干旱胁迫下受到破坏,造成细胞内容物的外渗,因此MDA含量、可溶性糖含量表现为逐步升高。

3 讨论与结论

株高、茎粗、干物质量是常见的幼苗生长发育的标志性状,刘银凤^[12]研究油菜幼苗、胡娟娟等^[13]研究油茶的结果均表明,在干旱胁迫下,幼苗生长受到抑制,表现为幼苗的株高、茎粗、干物质量下降,其结论与本研究结果一致,其原因是在干旱胁迫下幼苗无法得到生长发育所必需的水分,影响了正常的植物组织器官的发育和分化,阻碍了有机物的合成与积累^[14]。

叶绿素广泛参与植物的代谢及其他活动,干旱对其含量有影响^[14]。者国雄等^[15]对野生苦瓜、张玉玉等^[16]对侧柏幼苗的研究证实,在植物体遭遇干旱胁迫后,叶绿素含量表现出先逐步升高后下降的趋势,其结论与本研究结果一致。其原因是在干旱胁迫初期,植物开启自身保护系统,增加叶绿素含量,维持正常的光合作用,但后期发生不可逆伤害,叶绿素含量降低^[14]。

在植物体遇到低温、高温、干旱等逆境时,细胞内会产生大量的超氧自由基等物质,伤害细胞膜,而POD、SOD、CAT可以清除这类物质,维持细胞膜的稳定性^[14]。有学者指出,POD、SOD、CAT活性在水分胁迫时先升高后降低^[17-18],本研究的结论与上述报道一致。由此可见,在处理前期,干旱使细胞膜受到伤害,产生一定的抗逆反应,POD、SOD、CAT活性上升,可保持细胞膜的稳定性,在处理7 d时,由于胁迫时间较长,使上述保护酶失活,因此其活性降至对照水平以下。

赵可夫^[14]认为,在植物体发生逆境胁迫时,细胞膜会发生膜脂过氧化作用,MDA是该作用的产物,其含量与植物体受到的伤害呈正相关。夏承东等^[19]研究表明,番茄幼苗在干旱胁迫下,MDA含量逐渐增加,柴文臣等^[20]在对茄子幼苗的研究中也有类似的报道,本研究的结论与之一致。赵雅静等^[21]研究认为,其原因是幼苗在水分胁迫下,细胞膜已发生膜脂过氧化作用,之后该作用不断加剧,MDA大量积累。

可溶性糖是植物体物质代谢的产物^[14],其与植物体抗旱性的研究已有报道。郝舒雪等^[22]研究水分胁迫对番茄幼苗的影响,结果表明,可溶性糖含量逐渐上升;左文博等^[23]对小麦、胡晓健等^[24]对马尾松幼苗的研究结论也类似;本研究结论与上述结论一致。其原因可能是水分胁迫下植物体为维持正常的物质代谢,产生较多的可溶性糖,同时干旱胁迫

使细胞内水分减少,为增强细胞防脱水能力,细胞液浓度升高,也进一步推高了可溶性糖含量^[14]。

综上所述,水分胁迫前期对于番茄幼苗的伤害很小,在胁迫的中后期,叶绿素含量与保护酶活性先升高后降低,MDA含量、可溶性糖含量逐渐升高,因此使株高、茎粗、干物质质量等农艺性状受到抑制,表现为下降。这表明齐达利番茄幼苗具有一定的抗旱性,但若干旱持续时间较长,即超过3~4 d,将会对幼苗造成不可逆的伤害,为避免伤害应及时浇水。

参考文献

- [1] 谭其猛.蔬菜育种[M].北京:农业出版社,1983:169-180.
- [2] 王贵平,薛晓敏,路超,等.甜菜碱提高植物抗逆性的作用及其作用机理[J].江西农业学报,2014,26(8):22-26.
- [3] 保倩倩.干旱胁迫对黄麻生长和番茄种子萌发的影响研究[D].昆明:云南大学,2018.
- [4] 蒋燕,孟玲,赵会杰.高温干旱处理对番茄不同品种幼苗生长的影响[J].北方园艺,2007(1):1-5.
- [5] 梁蕊芳,康利平,徐龙,等.干旱胁迫对樱桃番茄幼苗叶片生长特性的影响[J].北方园艺,2013(23):15-18.
- [6] 孙卫红,吴秋霞,温新宇,等.干旱胁迫下番茄叶片碳酸酐酶活性的变化[J].植物生理学报,2015,51(4):424-428.
- [7] 杜清洁,代侃韧,李建国,等.亚低温与干旱胁迫对番茄叶片光合及荧光动力学特性的影响[J].应用生态学报,2015,26(6):1687-1694.
- [8] 吴洪启,罗文巧,赵帅,等.干旱胁迫对番茄叶片蜡质积累的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2017,45(7):73-80.
- [9] 李小炜,田丽,白春梅,等.微生物土壤改良剂对半干旱区大棚番茄品质及产量的影响[J].陕西农业科学,2019,65(7):4-6.
- [10] 毛胜利,杜永臣,王孝宣.番茄耐热育种研究进展[J].园艺学报,2001,28(S1):655-660.
- [11] 高俊凤.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2006:95-100.
- [12] 刘银凤.干旱胁迫对油菜种子萌发和幼苗生长的表型影响[J].南方农业,2016,10(3):61-62.
- [13] 胡娟娟,曹志华,束庆龙,等.失水程度及基质重对油茶容器苗生长和生理特性的影响[J].安徽农业大学学报,2012,39(2):243-246.
- [14] 赵可夫.植物抗性生理研究[M].济南:山东科学技术出版社,1982:56-61.
- [15] 者国雄,王愣,杨朴丽,等.干旱及复水对野生苦瓜幼苗生长和生理特性的影响[J].中国瓜菜,2020,33(4):38-42.
- [16] 张玉玉,王进鑫,马戎,等.干旱后复水对侧柏幼苗叶绿素含量的影响[J].西南林业大学学报(自然科学),2021,41(5):10-17.
- [17] 陈庆华.干旱胁迫对大豆苗期叶片保护酶活性和膜脂过氧化作用的影响[J].安徽农业科学,2009,37(14):6396-6398.
- [18] 李琳琳,宋彦涛,金华,等.外源褪黑素对干旱胁迫下番茄叶片光合特性和抗氧化酶系统的影响[J].大连民族大学学报,2019,21(1):33-38.
- [19] 夏承东,方大伟.一氧化氮缓解番茄幼苗干旱胁迫的生理机制研究[J].安徽农业科学,2020,48(15):61-63.
- [20] 柴文臣,阎世江.甜菜碱对干旱胁迫下茄子幼苗生长及生理指标的影响[J].中国瓜菜,2021,34(8):78-83.
- [21] 赵雅静,翁伯琦,王义祥,等.植物对干旱胁迫的生理生态响应及其研究进展[J].福建稻麦科技,2009,27(2):45-50.
- [22] 郝舒雪,曹红霞,王虎兵,等.水分胁迫对番茄幼苗生理特性的影响[J].排灌机械工程学报,2018,36(10):943-947.
- [23] 左文博,吴静利,杨奇,等.干旱胁迫对小麦根系活力和可溶性糖含量的影响[J].华北农学报,2010,25(6):191-193.
- [24] 胡晓健,喻方圆,刘建兵,等.干旱胁迫对不同种源马尾松苗木针叶内可溶性糖含量的影响[J].南京林业大学学报(自然科学版),2009,33(5):55-59.