

李小玲, 华智锐. 温度与水分胁迫下黄芩的渗透调节能力与交叉关系研究[J]. 江苏农业科学, 2023, 51(21): 162–168.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.21.025

温度与水分胁迫下黄芩的渗透调节能力 与交叉关系研究

李小玲, 华智锐

(商洛学院生物医药与食品工程学院, 陕西商洛 726000)

摘要:为探讨高低温和干旱交叉胁迫对黄芩幼苗生长的影响以及渗透调节物质的作用机制,以商洛市黄芩种植基地带回的黄芩幼苗为材料,在室温(25 ℃, CK)、高温(30、35 ℃)、低温(4、8 ℃)对幼苗先进行为期 3 d 的预处理,再待苗长至 40 cm 左右时,加入 10% 聚乙二醇(PEG)-6000 用以模拟干旱处理。结果表明,干旱胁迫前,高低温预处理对黄芩生长(株高、主根长、地上部和地下部鲜质量)的影响不显著,随着胁迫时间的延长黄芩的生长指标差异愈发显著;温度与水分交叉胁迫程度的加剧也使黄芩的酶活性、可溶性糖含量、可溶性蛋白含量、游离脯氨酸含量显著增加,在干旱胁迫结束时,35 ℃ 预处理黄芩超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)的活性以及游离脯氨酸含量、可溶性糖含量、可溶性蛋白质含量均显著高于对照,其中脯氨酸和可溶性糖的含量变化最为显著。因此,高温、低温预处理使黄芩幼苗具有一定的抗旱性,其适应性与其渗透调控能力的增强呈正相关关系。

关键词:黄芩;高低温胁迫;水分胁迫;交叉适应;渗透调节能力

中图分类号:S567.23*9.01 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)21-0162-06

黄芩(*Scutellaria baicalensis* Georgi)是唇形科(Lamiaceae)黄芩属(*Scutellaria* Linn.)多年生草本植物,根可入药,其味苦,性凉,能清热利湿,凉血解毒,止血安胎。主要产自山西省、河南省、内蒙古自治区、河北省等^[1]。黄芩与五味子、丹参、连翘、桔梗一起被誉为中国秦岭地区五大商药^[2]。近年来,临床对黄芩药材的需求量迅猛增长,有限的野生资源遭到掠夺性开采,黄芩野生资源受到严重破坏。野生黄芩资源量迅速减少,部分地区濒临灭绝^[3]。因此,研究干旱条件下黄芩的生长状况、生理特性和防御机制具有重要意义。

交叉适应是植物获得抗逆性的一种经济有效的方法^[4]。交叉适应是指不仅能够抵抗持久或间歇性的非致命不利条件,而且能够发展对其他不利条件的抵抗力。在不同逆境条件下诱导植物交叉适应已有相关研究^[5]。

温度对植物的生理功能影响较大,近几年来,全球气温急剧上升,导致植物的生存、生产力和健

康发展受到了极大的限制。渗透调控是植物耐热性的一个重要生理因子,其中可溶性糖含量、脯氨酸含量是一种重要的调控因子。高温下,淀粉水解增加了植物可溶性糖的总含量,导致蛋白质水解值大于蛋白质合成和降解成亚基或氨基酸,导致游离氨基酸含量增加,尤其是脯氨酸的累积^[6]。同时,低温也会严重影响黄芩幼苗的生长,因此如何提高植物对低温的抗性,提高生产效率,这是长期以来研究者们所关心的问题。低温胁迫对植物的光合作用有抑制作用,还会使细胞内蛋白质老化、降解或变性以及基因表达调控的改变,破坏细胞膜,导致细胞死亡。当外界影响造成的损害超过植物本身造成的损害时,植物会出现冻害症状^[7]。

黄芩在我国的东北及华北地区有广泛的分布,抗寒、耐旱能力较强。杨兆春等的研究表明,轻微的干旱可以提高黄芩中的黄芩素含量,严重的干旱可以促进其向黄芩苷的转化^[8]。利用聚乙二醇(PEG)6000 模拟干旱胁迫在许多植物中已有报道^[9]。目前,国内外相关研究大多数局限于单一因素对植物生长的影响,高温和低温会影响植物初级代谢和次级代谢的水平,水分胁迫也影响着植物的生长,而高低温与水分交叉胁迫对植物的影响并未见大量研究。

收稿日期:2022-12-16

基金项目:陕西省科技厅农业攻关项目(编号:2021NY-066);中央引导地方科技发展专项(编号:2019ZY-FP-02)。

作者简介:李小玲(1980—),女,陕西蓝田人,硕士,副教授,主要从事植物生理生态研究。E-mail:lxflower@163.com。

因此,本研究采用不同温度梯度和 10% PEG - 6000 模拟干旱对黄芩进行温度与水分交叉胁迫,通过测定脯氨酸、可溶性糖、可溶性蛋白的含量以及超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)的活性等指标分析研究其对黄芩幼苗生长和生理特性的影响,以期为提高黄芩抗逆能力以及选育抗逆品种提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

黄芩幼苗购自陕西省商洛市商州区田园富乐中药材种植合作社,为一年生植株。PEG - 6000 购自西安晶博生物科技有限公司,含量 $\geq 99.5\%$,分析纯试剂 AR 级。

1.2 试验方法

1.2.1 材料预培养 本试验于 2022 年 4—6 月在商洛学院丹江校区实验开放平台实验室完成。将黄芩幼苗移栽到直径为 15 cm 的花盆中,定期浇水,同时要注意松土,保证土壤的水分含量,使其回复到正常的生长状态。每盆 3~5 株,每个处理 3 次重复,培养时间为 7 d。

1.2.2 黄芩幼苗的温度预处理 待黄芩幼苗缓苗期结束,选取生长状态一致的幼苗进行处理,将黄芩幼苗分别置于 4、8、30、35 ℃ 的光照培养箱进行温度预处理,同时以 25 ℃ 为对照组(CK),并保证各盆只有温度不同无其他因素影响。

1.2.3 温度胁迫不同时间处理 预处理 3 d 后,幼苗长至约 40 cm 时,用 10% 的 PEG - 6000 处理以模拟干旱。在干旱处理后 0、2、4、6、8、10 d 采集样品,以测定生长及生理生化指标,并进行 3 次重复,取平均值。

1.3 测定指标及方法

从黄芩植株的相同部位取其叶片,测定相关指标。

1.3.1 生长指标的测定^[10] 用直尺法测定株高(黄芩从根至主茎顶的距离);用直尺测定黄芩主根长度(黄芩根茎至主根尖的长度);用电子秤称取黄芩的地上和地下部鲜质量。

1.3.2 各项生理指标的测定 超氧化物歧化酶、过氧化物酶、过氧化氢酶活性的测定分别参照吴建慧等的氮蓝四唑(NBT)光还原法、愈创木酚显色法、紫外吸收法^[11];可溶性蛋白含量的测定参照韩忠明等的考马斯亮蓝 G - 250 法^[12];可溶性糖含量的测

定参照王胜等的蒽酮法^[13];游离脯氨酸含量的测定参照任晓平等的茚三酮显色法^[14]。

1.4 数据处理

数据处理采用微软 Excel 2010 标准版本,数据的显著性分析用 SPSS 18.0 软件。

2 结果与分析

2.1 高、低温预处理对干旱胁迫下黄芩幼苗生长特性的影响

由表 1 可知,同一干旱条件下,与 CK(25 ℃)相比,株高随着高、低温预处理水平的提高而降低。在低温预处理条件下,随着温度的降低,干旱胁迫结束(10 d)时,黄芩株高比 CK 分别降低 1.33% (8 ℃)和 3.19% (4 ℃);高温预处理后,干旱胁迫结束时,黄芩株高与 CK 比较分别降低 2.13% (30 ℃)和 3.72% (35 ℃)。通过增幅的比较,在高温、干旱交叉处理条件下,黄芩的株高更容易受到影响。地上部分鲜质量与株高变化趋势一致(表 2)。黄芩通过叶片光合作用积累有机物并贮存在地上部分,株高的变化能够说明植物对此生长环境的适应程度,同时通过地上部鲜质量的改变说明植物的生长状况。由此可知,在干旱逆境条件下植物的生长受到抑制,且交叉胁迫处理更会加剧这一情况。由表 3 可知,在相等程度的干旱胁迫下,随着高温和低温预处理程度的提高,主根长度呈下降趋势。在低温预处理条件下,干旱胁迫结束时,随着温度的下降,黄芩主根长与 CK 相比,分别下降了 3.60% (8 ℃)、8.11% (4 ℃);在高温预处理条件下,干旱胁迫结束时,黄芩主根长与 CK 相比,分别下降了 6.31% (30 ℃)、11.71% (35 ℃)。从生长量的比较来看,黄芩主根的长度也更容易受到高温和干旱交叉处理的影响。黄芩地下部分的鲜质量与主根长之间存在着明显相关性,而主根的长度则是反映植株在不同胁迫条件下的生长状态,而地下部分鲜质量则是揭示其养分积累的重要依据(表 4)。

2.2 高、低温预处理对干旱胁迫下黄芩幼苗 SOD 活性的影响

由图 1 可知,随着交叉胁迫时间的延长,各处理黄芩的 SOD 活性均呈现出先升高后降低的趋势,在 8 d 时 SOD 活性达到最大。10 d 时,高温预处理对干旱胁迫下黄芩 SOD 活性的影响相比 CK 分别增加了 3.09% (30 ℃)、8.49% (35 ℃);低温预处理相比 CK 分别增加了 2.80% (4 ℃)、1.47% (8 ℃)。

表 1 高、低温预处理对干旱胁迫下黄芩幼苗株高的影响

处理温度 (℃)	株高 (cm)					
	0 d	2 d	4 d	6 d	8 d	10 d
25	42.80 ± 2.00a	41.50 ± 0.80a	40.90 ± 1.10ab	39.50 ± 0.60ab	38.80 ± 0.65ab	37.60 ± 0.62b
4	41.60 ± 0.80a	39.70 ± 0.50ab	38.60 ± 0.78ab	37.60 ± 0.70b	37.30 ± 0.70bc	36.40 ± 0.75c
8	42.30 ± 0.40a	40.50 ± 0.90ab	40.40 ± 0.75ab	38.70 ± 0.70ab	37.90 ± 0.75b	37.10 ± 0.96bc
30	42.10 ± 1.40a	40.80 ± 1.40ab	40.20 ± 1.20ab	39.10 ± 0.70ab	38.50 ± 0.90b	36.80 ± 0.80c
35	41.50 ± 1.10a	40.20 ± 1.30ab	39.50 ± 0.80ab	38.40 ± 0.70ab	38.00 ± 1.30ab	36.20 ± 0.90c

注:不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。下表同。

表 2 高、低温预处理对干旱胁迫下黄芩幼苗地上部分鲜质量的影响

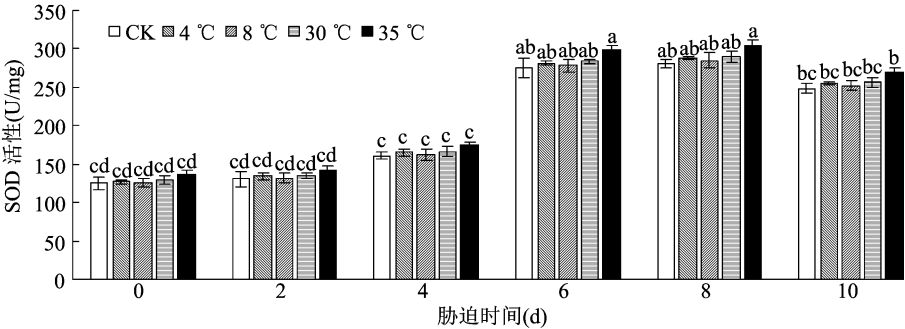
处理温度 (℃)	地上部分鲜质量 (g)					
	0 d	2 d	4 d	6 d	8 d	10 d
25	2.48 ± 0.07a	2.45 ± 0.08a	2.41 ± 0.06a	2.39 ± 0.06ab	2.36 ± 0.09ab	2.33 ± 0.10ab
4	2.39 ± 0.04ab	2.31 ± 0.05ab	2.28 ± 0.04b	2.25 ± 0.06b	2.23 ± 0.05b	2.18 ± 0.07bc
8	2.43 ± 0.04a	2.36 ± 0.07ab	2.30 ± 0.07ab	2.29 ± 0.07b	2.27 ± 0.08b	2.24 ± 0.06b
30	2.40 ± 0.07a	2.42 ± 0.07a	2.35 ± 0.09ab	2.36 ± 0.07ab	2.31 ± 0.07ab	2.27 ± 0.06b
35	2.37 ± 0.07ab	2.35 ± 0.07ab	2.31 ± 0.08ab	2.27 ± 0.06b	2.24 ± 0.07b	2.16 ± 0.08bc

表 3 高、低温预处理对干旱胁迫下黄芩幼苗主根长的影响

处理温度 (℃)	主根长 (cm)					
	0 d	2 d	4 d	6 d	8 d	10 d
25	14.10 ± 0.60a	13.80 ± 0.80a	13.20 ± 0.90ab	12.50 ± 1.20b	11.90 ± 1.40bc	11.10 ± 0.90bc
4	13.20 ± 0.80ab	12.40 ± 1.10b	12.40 ± 1.40b	11.20 ± 0.70bc	10.60 ± 1.00c	10.20 ± 0.80c
8	13.40 ± 1.10ab	12.70 ± 0.50b	12.80 ± 0.60b	11.80 ± 0.40bc	11.10 ± 0.60bc	10.70 ± 0.90c
30	13.60 ± 0.40ab	13.50 ± 0.70ab	12.60 ± 0.90b	12.10 ± 0.70b	11.20 ± 0.80bc	10.40 ± 0.90c
35	13.10 ± 0.60ab	13.00 ± 0.70ab	12.20 ± 1.00b	11.80 ± 0.60bc	10.90 ± 0.60c	9.80 ± 0.90ed

表 4 高、低温预处理对干旱胁迫下黄芩幼苗地下部分鲜质量的影响

处理温度 (℃)	地下部分鲜质量 (g)					
	0 d	2 d	4 d	6 d	8 d	10 d
25	3.13 ± 0.10a	3.10 ± 0.07a	3.05 ± 0.08ab	3.02 ± 0.13ab	2.96 ± 0.11b	2.88 ± 0.07b
4	3.01 ± 0.08ab	2.96 ± 0.09b	2.87 ± 0.06b	2.81 ± 0.07bc	2.74 ± 0.08c	2.66 ± 0.08cd
8	3.05 ± 0.09ab	3.02 ± 0.08ab	2.98 ± 0.11b	2.93 ± 0.10b	2.86 ± 0.07b	2.79 ± 0.07bc
30	3.07 ± 0.09ab	3.05 ± 0.10ab	2.99 ± 0.08b	2.95 ± 0.08b	2.87 ± 0.07b	2.77 ± 0.07bc
35	3.01 ± 0.08ab	2.94 ± 0.14b	2.83 ± 0.08bc	2.78 ± 0.07bc	2.73 ± 0.09c	2.65 ± 0.11cd



柱上标有不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。下图同

图 1 高、低温预处理对干旱胁迫下黄芩幼苗 SOD 活性的影响

可以看出,在 35 ℃ 高温下,SOD 活性与 CK 的差别最大,其余处理对 SOD 活性的影响不显著。这表明植物会根据损伤程度增加 SOD 活性以维持正常生长。

2.3 高、低温预处理对干旱胁迫下黄芩幼苗 POD 活性的影响

由图 2 可知,干旱胁迫前,高、低温预处理对黄芩 POD 活性影响显著,干旱胁迫后 POD 活性的变化趋势呈波浪式曲线,但总体均比 0 d 时低。温度预处理后的 POD 活性变化趋势与 CK 相似。在干

旱胁迫结束时,2 个高温预处理的 POD 活性均达到了 60 U/mg 以上,35 ℃ 高温预处理的 POD 活性显著高于 30 ℃ 高温预处理、2 个低温预处理和 CK,而且 2 个低温预处理也均达到了 54 U/mg 以上,高于 CK。显著性分析结果表明,植物能够通过增加过氧化物酶的活性来减轻干旱和温度胁迫造成的损害。

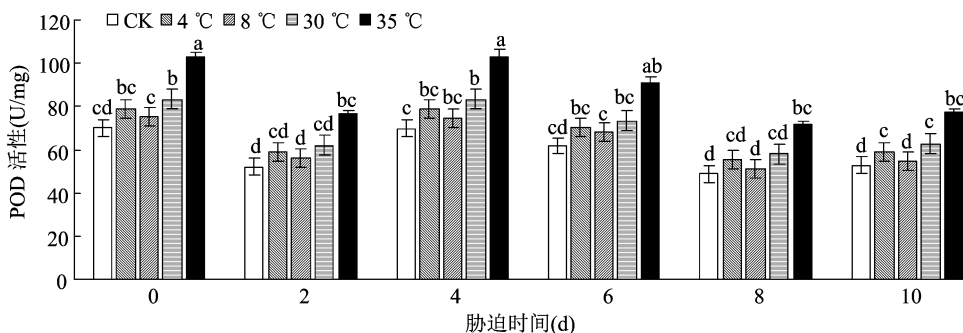


图2 高、低温预处理对干旱胁迫下黄芩幼苗 POD 活性的影响

2.4 高、低温预处理对干旱胁迫下黄芩幼苗 CAT 活性的影响

由图 3 可知,干旱胁迫前,高、低温预处理对干旱胁迫下黄芩 CAT 活性有显著影响。随着干旱胁迫时间增加,CAT 活性总体呈先上升再下降的趋势,4 d 时达到峰值。随着温度胁迫程度的加深,10 d 时,与 CK 相比,高温胁迫下黄芩的 CAT 活性

增长率分别为 4.69% (30 ℃)、10.81% (35 ℃);低温胁迫处理与 CK 相比,增幅分别为 3.13% (4 ℃)、2.16% (8 ℃)。可见,虽然对黄芩的胁迫程度加剧,但 CAT 活性增幅很小,说明高、低温预处理对黄芩 CAT 活性影响很小,但它仍可通过增加 CAT 活性来抵御外来侵害维持其正常生长。

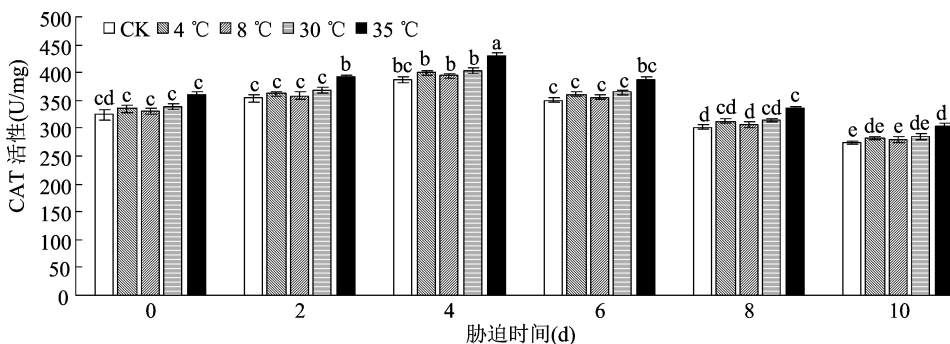


图3 高、低温预处理对干旱胁迫下黄芩幼苗 CAT 活性的影响

2.5 高、低温预处理对干旱胁迫下黄芩幼苗可溶性蛋白含量的影响

由图 4 可知,干旱胁迫前,与 CK 相比,低温预处理对黄芩叶片可溶性蛋白含量无显著影响,高温预处理有显著影响。随着干旱胁迫时间增加,各处理可溶性蛋白含量呈先降低后升高再降低的趋势,6 d 时达到峰值。从干旱胁迫开始到胁迫 10 d,不同处理条件下,与 CK 相比,可溶性蛋白含量的变化趋势基本相同,但总体上高于 CK。10 d 时,高温预处理的增幅分别为 7.74% (30 ℃)、18.78% (35 ℃),

低温预处理的增幅分别为 4.61% (4 ℃)、2.47% (8 ℃)。表明 2 个高温预处理均对干旱胁迫下黄芩叶片可溶性蛋白含量有显著影响,而 8 ℃ 低温预处理对可溶性蛋白含量的影响不显著。

2.6 高、低温预处理对干旱胁迫下黄芩幼苗可溶性糖和游离脯氨酸含量的影响

由图 5 可知,整个干旱胁迫期间,与 CK 相比,高、低温预处理黄芩叶片可溶性糖含量均显著增加,表明高温、低温预处理对干旱条件下黄芩叶片的可溶性糖含量有较大的影响。0 d 时,高、低温预处理

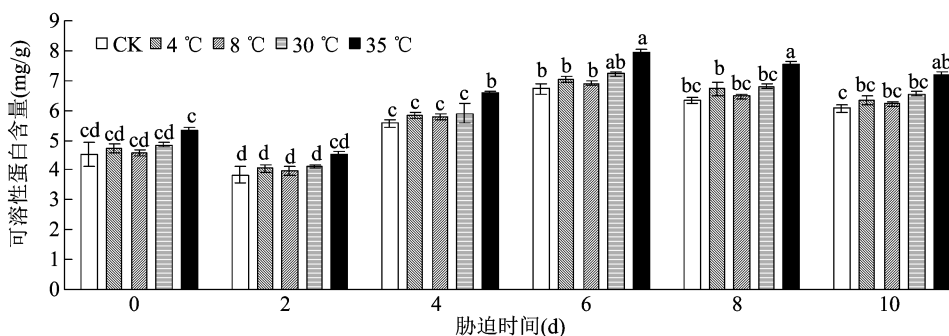


图4 高、低温预处理对干旱胁迫下黄芩幼苗可溶性蛋白含量的影响

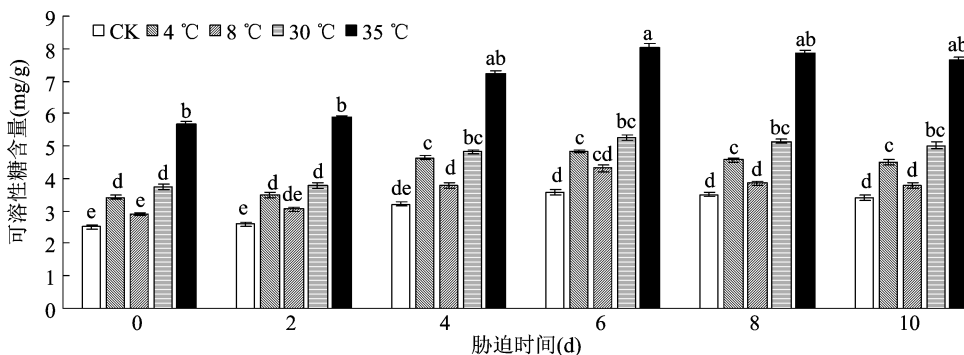


图5 高、低温预处理对干旱胁迫下黄芩幼苗可溶性糖含量的影响

的可溶性糖含量与 CK 均差异显著,干旱胁迫后,高、低温预处理与 CK 的差异更加明显。CK 的可溶性糖含量在干旱胁迫 6 d 时达到峰值(3.57 mg/g),与 0 d 时相比增长了 42.23%,随后便开始下降。在干旱 10 d 时,随着温度的升高,高温预处理的可溶性糖含量相比对照增加了 47.65% (30 °C)、125.00% (35 °C),低温预处理可溶性糖含量的增加率分别为 32.35% (4 °C)、11.18% (8 °C)。结果表明,在 35 °C 条件下,黄芩叶片的可溶性糖含量与 CK 相比增幅最显著,高温处理对黄芩叶片的可溶性糖含量的影响要大于低温处理,说明高温处理比低温处理对植株的伤害更大。

由图 6 可知,在干旱胁迫前,黄芩在高温和低温

条件下,其游离脯氨酸含量显著高于 CK,CK 的游离脯氨酸含量在干旱 2 d 后逐渐升高,到干旱胁迫 6 d 时出现峰值(291.38 $\mu\text{g/g}$),增长了 22.73%,之后含量降低,降至 279.15 $\mu\text{g/g}$ 。黄芩经过高温和低温处理后,在干旱胁迫下,其游离脯氨酸含量总体呈现先上升后下降的趋势,在干旱胁迫 6 d 时达到各自的峰值。其中,2 种高温预处理黄芩的游离脯氨酸含量最大值均高于 500 $\mu\text{g/g}$,显著高于 2 种低温预处理和 CK,且 2 种低温预处理黄芩的游离脯氨酸含量均显著高于 CK。显著性分析结果表明,当黄芩受到外界伤害时,其游离脯氨酸的含量会升高,细胞的渗透势下降,对黄芩的损害也会减轻,因此具有一定的抗旱能力。

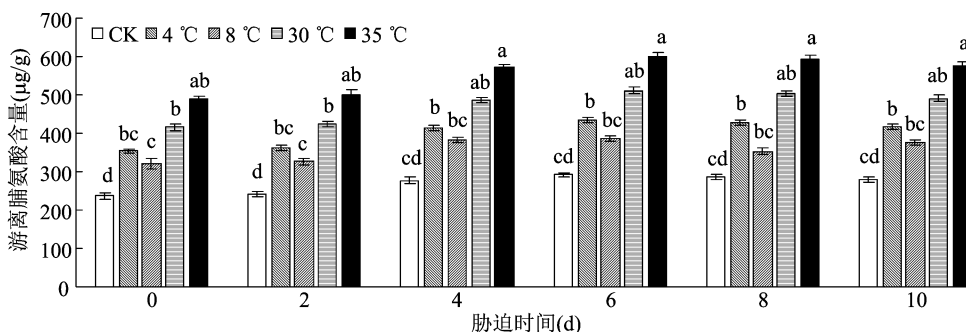


图6 高、低温预处理对干旱胁迫下黄芩幼苗游离脯氨酸含量的影响

3 讨论与结论

植物在进行一定的抗性训练后,不但可以提高抵抗逆境的能力,还可以提高对其他环境的抵抗力,也就是植物的交叉适应性^[15]。植物在非生物胁迫下,通常会利用其自身的防御网络调节有关的代谢通路^[16]。黄芩根系吸收土壤中的水分和营养,使叶子更快成长,同时叶片把光合作用所累积的有机物输送到根部,从而提高其药效^[17]。在逆境胁迫下,渗透调控物质的积累是影响植物抗逆性的关键因素之一,通过稳定植物内的渗透压提高了其吸收水分的能力,从而提高了其抗性。根作为一种重要的吸收和合成器官,其生长与活力对植株地上部的养分和产量有非常重要的影响^[18]。本研究结果表明,在干旱胁迫下,随着胁迫时间的延长,黄芩幼苗株高和主根长度呈下降趋势,其地上部、地下部质量呈正相关关系。同时,温度与水分交叉逆境胁迫加剧了植物生长的抑制情况,而且在双重胁迫条件下,对植物生长的抑制作用明显大于单一干旱逆境,这与杨佳骏等的研究结果^[19]一致。

本试验中,干旱胁迫下黄芩幼苗 SOD 活性升高,经过高温和低温预处理后,黄芩的 SOD 活性再度升高,且 SOD 和 POD 活性的变化随着胁迫程度的增加而变得更加显著,其中 35 ℃ 处理下效果最明显,这与 Song 等的研究结果^[20]一致。说明植物在一定程度的逆境条件下可通过增加 SOD、POD 活性来保持自身的正常生长。李洁等对小麦的试验结果表明,非生物胁迫可提高 CAT 活性,减缓外界环境对植物的影响^[21]。本试验也有相同的结果,单一干旱与干旱温度交叉处理下抗氧化酶活性均升高,且抗氧化酶活性的增加在交叉胁迫条件下显著高于单一胁迫条件下,抗性酶活性的增加可减少膜对活性氧自由基的脂质过氧化反应。

可溶性糖的累积能减少植物对逆境的渗透压,具有保持水分的功能,这是植物适应机制的一个重要标志^[21]。本试验中,干旱胁迫下黄芩幼苗可溶性糖含量变化不大,但在温度和水分交叉胁迫条件下,可溶性糖含量与 CK 相比变化显著。说明在植物受到双重胁迫条件下,为了减少渗透压,增加水分,植株可通过积累糖分增强抗性。高温和低温预处理对干旱胁迫下黄芩可溶性蛋白含量有显著影响,其中 35 ℃ 条件下效果最明显。程维舜等的研究表明,无论是经过干旱处理还是经过温度与干旱逆

境交叉处理,黄芩幼苗中可溶性蛋白含量均比 CK 高,并且温度预处理后的黄芩幼苗可溶性蛋白含量又要比单一干旱处理高^[22],本研究结果与之一致。本试验中,无论是单一干旱胁迫处理还是交叉胁迫处理,黄芩幼苗的游离脯氨酸含量均显著高于 CK,并且交叉逆境相比单一干旱处理,也有较大升高,在 35 ℃ 处理下,脯氨酸含量达到最高,这与 Li 等在油菜中的研究结果^[23]一致。说明在交叉胁迫处理下,脯氨酸含量的增加促进了植物对胁迫的适应,提高了植物的抗逆性。

综上所述,干旱对黄芩幼苗生长有显著影响。高温、低温对黄芩幼苗的影响较大,其中,高温预处理对黄芩幼苗生长发育及各项生理指标的影响最大,对黄芩生长有一定的抑制作用。而高、低温预处理对干旱胁迫黄芩幼苗的可溶性糖含量、脯氨酸含量、可溶性蛋白含量及保护酶(SOD、POD、CAT)活性的提高作用效果显著,从而缓解了逆境胁迫对黄芩幼苗的伤害。表明高温、低温预处理使黄芩幼苗具有一定的抗旱性,其适应性与其渗透调控能力的增强呈正相关关系。

参考文献:

- [1]陈亮,崔芬芬,任艳文,等. 不同温度与光照对黄芩种子发芽特性的影响[J]. 山西农业科学,2017,45(2):208-210.
- [2]李小玲,华智锐. 外源 Ca^{2+} 对盐胁迫黄芩种子的萌发及生理特性影响[J]. 贵州农业科学,2016,44(11):145-148.
- [3]杨全,白音,陈千良,等. 黄芩资源现状及可持续利用的研究[J]. 时珍国医国药,2006,17(7):1159-1160.
- [4]张永福,黄鹤平,银立新,等. 温度与水分胁迫下玉米的交叉适应机制研究[J]. 河南农业科学,2015,44(1):19-24.
- [5]朱秀红,李职,蔡曜琦,等. 白花泡桐幼苗对盐、干旱及其交叉胁迫的生理响应[J]. 西部林业科学,2021,50(3):135-143.
- [6]陈培琴,郁松林,詹妍妮,等. 植物在高温胁迫下的生理研究进展[J]. 中国农学通报,2006,22(5):223-227.
- [7]李小玲,华智锐. 甜菜碱对低温胁迫下黄芩幼苗生理特性的影响[J]. 贵州农业科学,2019,47(3):119-123.
- [8]杨兆春,袁媛,陈敏,等. PEG 胁迫对黄芩黄酮类有效成分积累及相关基因表达的影响[J]. 中国中药杂志,2011,36(16):2157-2161.
- [9]袁媛,李娜,邵爱娟,等. PEG 6000 处理对黄芩种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 中草药,2008,39(2):269-272.
- [10]李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- [11]吴建慧,范卫芳,牛喆,等. 外源茉莉酸甲酯对干旱胁迫下狭叶黄芩光合和生理特性的影响[J]. 植物研究,2020,40(3):360-367.
- [12]韩忠明,胥苗苗,王云贺,等. 干旱胁迫对防风叶片保护酶活性、

张 婷, 张文杰, 石梦云, 等. 外源过氧化氢对草莓花芽生理生化的影响[J]. 江苏农业科学, 2023, 51(21): 168–173.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.21.026

外源过氧化氢对草莓花芽生理生化的影响

张 婷, 张文杰, 石梦云, 宋庆科, 赵 林, 魏 猛

(江苏徐淮地区徐州农业科学研究所, 江苏徐州 221121)

摘要:探究外源 H_2O_2 处理对草莓花芽生长及生理的影响, 以期对草莓促早栽培提供一定的理论依据。试验以妙香 7 号草莓为研究对象, 分别设置 3 个 H_2O_2 浓度(5、10、15 mmol/L)和 3 个持续喷施时间(5、10、15 d), 加上清水对照, 共 10 个处理, 测定不同处理下花序形态表现及生理特性。结果表明: 现蕾期, H_2O_2 浓度为 5 mmol/L 水平下的现蕾比例超过了 50%, 显著高于其他处理; 经过 H_2O_2 处理后的花序有明显的缩短; 外源 H_2O_2 处理促进了活性氧代谢, $O_2^{\cdot-}$ 含量迅速增加, 丙二醛含量降低, 激活了保护酶系, SOD、POD、CAT 活性显著增加, 有效清除了活性氧; SOD 活性方面, 5–5、5–10、10–10、15–10 处理均高于其他处理组合; POD 活性方面, 5–5、5–10、5–15、10–10 处理均高于其他组合; CAT 活性方面, 5–10、5–15、10–15 处理高于其他组合。通过因子分析及主成分分析对各处理进行综合排名可得: 5 mmol/L H_2O_2 连续喷施 10 d, 效果最佳。

关键词: 草莓; 外源 H_2O_2 ; 花芽分化; 生理特性

中图分类号: S668.401 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2023)21-0168-06

植物从营养生长进入生殖生长过程中, 花芽的分化和形成作为关键时期, 影响着植物个体发育。

收稿日期: 2023-02-16

基金项目: 徐州市科技创新专项资金(编号: KC2022085)。

作者简介: 张 婷(1989—)女, 甘肃静宁人, 硕士, 助理研究员, 从事果树种质资源及适应性方面的研究。E-mail: tingzhang322@163.com。

通信作者: 魏 猛, 博士, 副研究员, 从事土壤养分管理及草莓栽培技术等方面研究。E-mail: weimeng1024@163.com。

生产上, 研发促进花芽提早分化的技术, 使果实提早成熟上市, 提高果农收益, 成为果树研究热点之一。

植物成花转变是周围环境因素和内源开花基因蛋白共同调控的结果。光照是决定植物花芽分化与否的关键外界因子之一, 影响着花芽分化的进程。曹亚萍等研究表明, 遮阴、短日照均能诱导草莓的花芽分化^[1-3]。另外, 合适的温度处理(冷库、

渗透调节物质含量及药材品质的影响[J]. 华南农业大学学报, 2016, 37(6): 91–97.

[13] 王 胜, 丁雪梅, 时彦平, 等. 盐胁迫对沙滩黄芩生长及其生理特性的影响[J]. 山东林业科技, 2015, 45(5): 33–37.

[14] 任晓平, 张喜春, 张 楠, 等. 低温胁迫对番茄幼苗叶片中脯氨酸降解酶的活性及其基因表达量的影响[J]. 中国农学通报, 2012, 28(10): 132–135.

[15] 尚蓉霞, 余 欣, 尤翠翠, 等. 水稻孕穗期干旱-高温交叉胁迫的生理适应机制[J]. 甘肃农业大学学报, 2019, 54(6): 39–46, 54.

[16] 张夏燕, 刘慧娜, 苏江洪, 等. 非生物胁迫对芍药属植物生长发育影响的研究进展[J]. 分子植物育种, 2018, 16(15): 5072–5079.

[17] 李小玲, 华智锐, 唐梦君. 盐旱交叉胁迫对黄芩幼苗生长及渗透调节物质的影响[J]. 江西农业学报, 2019, 31(9): 40–45.

[18] 和红云, 薛 琳, 田雨萍, 等. 低温胁迫对甜瓜幼苗根系活力及渗透调节物质的影响[J]. 石河子大学学报(自然科学版),

2008, 26(5): 583–586.

[19] 杨佳骏, 吴永波, 张燕红. 高温与干旱胁迫对‘南林 895 杨’扦插苗生长和超微结构的影响[J]. 林业科学, 2020, 56(5): 176–183.

[20] Song F N, Yang C P, Liu X M, et al. Effect of salt stress on activity of superoxide dismutase (SOD) in *Ulmus pumila* L. [J]. Journal of Forestry Research, 2006, 17(1): 13–16.

[21] 李 洁, 武杭菊, 胡景江, 等. 干旱-低温交叉逆境下小麦渗透调节能力的变化与交叉适应的关系[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(6): 149–153.

[22] 程维舜, 曾红霞, 张 娜, 等. 干旱-盐胁迫对西瓜幼苗可溶性蛋白质及可溶性糖的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2014(11): 91–93.

[23] Li S J, Cheng L, Peng S D, et al. Screening of drought-tolerant *Brassica napus* L. varieties and analysis on their physiologic and biochemical variations under drought stress[J]. Agricultural Science & Technology, 2014, 15(4): 596–604, 615.