

DOI:10.11937/bfyy.201624007

矮壮素对油莎豆生理特性及 内源激素含量变化的影响

王小红¹, 田丽萍^{1,2}, 薛琳³, 师茜¹, 朱俊岭¹

(1. 石河子大学 生命科学院, 新疆 石河子 832000; 2. 石河子大学 药学院, 新疆 石河子 832000;
3. 石河子蔬菜研究所, 新疆 石河子 832000)

摘 要:以油莎豆‘石研2号’(河南圆粒)为试材,在其结块茎前期,用不同浓度梯度依次为0(CK)、100、500、1 000、1 500、2 000 mg·L⁻¹的矮壮素(CCC)进行喷施,测定油莎豆株高、叶片叶绿素含量、块茎的可溶性蛋白质和可溶性糖含量及内源激素含量,以研究植物生长调节剂矮壮素(CCC)对油料作物油莎豆生理特性及内源激素变化的影响。结果表明:矮壮素(CCC)施用浓度为500~2 000 mg·L⁻¹时,均能显著降低株高($P<0.05$),并且可以提高油莎豆叶片叶绿素含量,以及块茎的可溶性蛋白质、可溶性糖的含量,其中经2 000 mg·L⁻¹的矮壮素处理后效果最佳,株高降低了34.39%,叶片叶绿素和可溶性糖含量显著提高($P<0.05$),矮壮素(CCC)处理下油莎豆生长素(IAA)、赤霉素(GA₃)、玉米素(ZR)均低于对照,脱落酸(ABA)含量高于对照,矮壮素(CCC)浓度与赤霉素(GA₃)、玉米素(ZR)含量呈负相关性,与脱落酸(ABA)含量呈正相关性;矮壮素(CCC)会抑制内源激素生长素(IAA)、赤霉素(GA₃)、玉米素(ZR)的合成,对脱落酸(ABA)有促进作用。综合分析表明,矮壮素(CCC)的浓度为2 000 mg·L⁻¹时不仅可以使油莎豆抗倒伏,同时可以增强油莎豆的光合作用能力以及抗性。

关键词:油莎豆;株高;可溶性蛋白质;可溶性糖;叶绿素;内源激素

中图分类号:S 565.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)24-0026-06

油莎豆(*Cyperus esculentus* L. var. *Sativus* Baeck.) 属莎草科(Cyperaceae)莎草属(*Cyperus*)多年生草本植物^[1],又名油莎草,在世界各地的干旱及半干旱地区均有种植,喜温暖湿润气候,原产非洲地中海地区,现分布于美洲、亚洲、欧洲、非洲、拉丁美和亚美洲的热带、亚热带和温带地区^[2]。我国于1952年从前苏联引进油莎豆作为一年生作物栽培^[3]。目前我国大多数地区都有种植,新疆很多地方的光热条件与沙性土壤能满足油莎豆的种植条件。油莎豆油金黄清亮,味道醇香,富含油酸^[4],并且在2014年第11届国际高端健康食用油及橄榄油(上海)博览会上^[5],油莎豆被列为特种健康食用油展出。在国内关于油莎豆油的研究主要集中于含量测定

以及生物柴油的制备方面^[6-8]。

植物生长调节剂是一种能调控植物生长发育,由人工合成的与天然植物激素具有相似生理和生物学效应的物质^[9]。现在很多研究表明,植物生长调节剂-矮壮素(CCC)是目前国内应用较广泛的植物生长延缓剂,能改善株型,使植株变矮,能抑制植物细胞生长,但不影响细胞分裂^[10],显著提高叶绿素和可溶性糖的含量,增强植物抗盐、抗旱、抗寒、抗病性,延缓衰老的作用^[11]。柴晶等^[12]研究了不同浓度矮壮素对小拱棚马铃薯的影响,结果表明施用适当浓度的矮壮素能不同程度的使植株矮壮且提高其产量和品质。赵广才^[13]研究了矮壮素对小麦生长发育阶段植株性状及产量影响的研究,发现在小麦生长前期适当施用矮壮素对小麦生长阶段和幼穗发育阶段均有明显的延缓作用,从而可以改善植株性状,降低株高,促进有效分蘖、增加粒数,提高产量。植物的内源激素对植物生长发育具有重要的调控作用,是植物生理学研究的主要内容^[14]。目前,矮壮素(CCC)在油莎豆应用中的研究报道较少。因此,该研究以油莎豆为试验材料,选择生长延缓剂矮壮素(CCC),采用叶面喷施的

第一作者简介:王小红(1991-),女,回族,硕士研究生,研究方向为植物化学。E-mail:531677487@qq.com.

责任作者:田丽萍(1961-),女,教授,现主要从事植物营养生理等研究工作。E-mail:lipingt@163.com.

基金项目:农八师石河子市科技局农业科技攻关计划资助项目(2012ny14)。

收稿日期:2016-07-26

方法,研究不同浓度梯度的矮壮素(CCC)对油莎豆株高和主要生理生化指标以及内源激素的影响,探讨适宜的矮壮素(CCC)浓度,以期为新疆油莎豆的种植以及提高产量和品质方面提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试油莎豆‘石研2号’(圆粒)由石河子蔬菜研究所提供。于2015年在新疆石河子蔬菜所试验田进行试验,处理药剂矮壮素(CCC)为四川国光农化股份有限公司生产的50%水剂。

1.2 试验方法

1.2.1 田间管理 供试土壤质地为中壤土,试验地前茬为闲置地,肥力中等以上,耕层有机质含量 $20.1\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,碱解氮为 $68.9\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效磷为 $45.2\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效钾 $254\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。滴灌带铺设为一机二管,1条滴灌带灌溉2行,生育期共滴水10次,油莎豆行距40 cm,毛管间距90 cm,株距为18.5 cm,折合密度为 $1.35\times 10^5\text{ 株}\cdot\text{hm}^{-2}$,2015年5月14日播种,种植方式采用开沟条播,起垄覆地膜,选用饱满无机械损伤的块茎用于播种。播种深度5 cm,每穴2粒块茎。处理过程保证管理、光照、土壤、肥力和水分等条件一致。

1.2.2 试验设计 5个浓度梯度依次为100、500、1 000、1 500、2 000 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,清水为对照(CK)。在油莎豆结块茎前期,选择天气晴朗天,进行叶面喷施。于7月16日喷洒第1次,连续喷施3 d,每天喷施1次,喷施量以叶面滴水为准。施药后每隔7 d,选取不同浓度处理的油莎豆叶片,截取距植株顶端4~5 cm处的健壮、无病害叶片;选取不同浓度处理的油莎豆块茎放在冰盒中保存并且带回实验室进行生理生化指标的测定。

1.3 项目测定

用卷尺测定株高(精确度1 mm);叶绿素含量测定采用丙酮法^[15];可溶性糖含量测定采用蒽酮比色法^[15];可溶性蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝G-250法^[15];内源激素生长素(IAA)、赤霉素(GA_3)、脱落酸(ABA)和玉米素(ZR)含量测定采用酶联免疫吸附测定法(ELISA)^[15]。每组试验3次重复,求3次的平均值。

1.4 数据分析

采用Excel 2000 软件进行数据整理,用SPSS 18.0 软件进行数据的显著性方差分析。所有数据以平均值±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 不同浓度梯度矮壮素(CCC)处理对油莎豆株高的影响

由图1可知,油莎豆株高随着矮壮素(CCC)施用浓

度的升高而降低,即 $2\,000\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}<1\,500\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}<1\,000\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}<500\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}<100\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}<\text{CK}$ 。同一浓度下,油莎豆株高在不同时期整体上呈上升趋势,但在矮壮素(CCC)处理下,油莎豆株高生长速度与对照组的相比有所减缓。说明矮壮素(CCC)可有效降低植株高度,其中矮壮素(CCC)2 000 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 处理下,使油莎豆株高矮化效果最明显,在不同时期,与CK相比,分别降低了34.28%(8月8日)、25.01%(8月18日)、33.19%(8月28日)、31.53%(9月6日)、41.25%(9月16日)。矮壮素(CCC)1 500 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 处理其次,在不同时期,与CK相比,分别降低了8.96%(8月8日)、17.47%(8月18日)、20.82%(8月28日)、15.61%(9月6日)、29.46%(9月16日)。

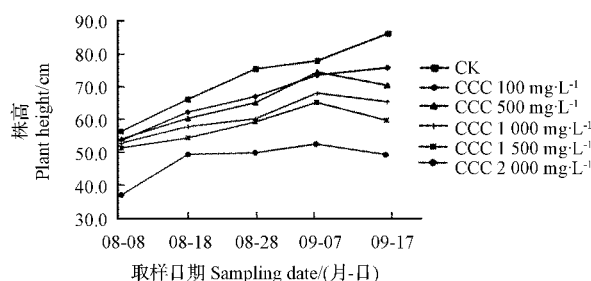


图1 不同浓度梯度 CCC 对油莎豆株高的影响

Fig. 1 Effect of different concentrations of chlormequat chloride on plant height of *Cyperus esculentus*

2.2 不同浓度梯度矮壮素对油莎豆叶绿素含量的影响

叶绿素含量的高低在光合作用过程中对光能的吸收有很重要的影响,进而影响植物的光合效率。叶绿素含量高,能为植物的健壮生长、同化作用、增强抗逆性奠定良好的物质基础^[16]。由图2可知,在同一时间下,不同浓度矮壮素(CCC)处理下的油莎豆叶片叶绿素含量相比CK均有不同程度的提高,并随着矮壮素(CCC)浓度的升高,其叶绿素含量呈现先升高后降低的趋势,不同时期叶片叶绿素含量整体在1 500 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 处达到峰值。8月8日,2 000 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 处理与1 000 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 差异不显著($P>0.05$),但与其它浓度处理均达到差异显

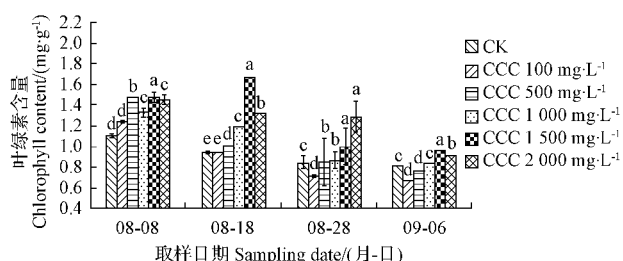


图2 不同浓度梯度 CCC 对油莎豆叶片叶绿素含量的影响

Fig. 2 Effect of different concentrations of chlormequat chloride on chlorophyll content in leaves of *Cyperus esculentus*

著($P < 0.05$); 8月18日, $2\,000\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理与其它处理均差异显著($P < 0.05$), 但CK与 $100\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 差异不显著($P > 0.05$)。8月28日, $2\,000\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理与 $1\,500\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 差异不显著($P > 0.05$), 但与其它浓度处理均达到差异显著($P < 0.05$), 9月6日, $2\,000\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理与CK及其它浓度矮壮素(CCC)处理差异显著($P < 0.05$)。在不同时期同一浓度其叶绿素含量也呈现缓慢降低的趋势, 说明矮壮素(CCC)能有效的延缓叶片的衰老。

2.3 不同浓度梯度矮壮素对油莎豆可溶性蛋白质含量的影响

由图3可知, 不同浓度矮壮素(CCC)处理油莎豆块茎可溶性蛋白质含量比CK均有不同程度提高, 并随着浓度的升高而呈现先升高后降低的趋势, 在同一时间可溶性蛋白质含量整体上在 $1\,500\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处达到峰值。8月8日, $1\,500\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理与 $2\,000\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 差异不显著($P > 0.05$), 但与其它浓度处理均达到差异显著($P < 0.05$); 8月18日, $1\,500\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理与 $1\,000\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 差异不显著($P > 0.05$), 但与CK及其它浓度矮壮素(CCC)处理均差异显著($P < 0.05$); 8月28日, $1\,500\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 与 500 、 $2\,000\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理差异显著($P < 0.05$); 9月6日, $1\,500\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理与CK及其它浓度矮壮素(CCC)处理差异显著($P < 0.05$)。

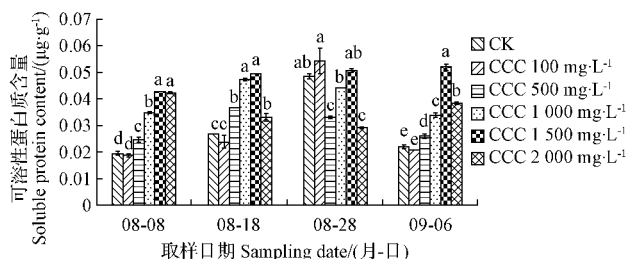


图3 不同浓度梯度 CCC 对油莎豆可溶性蛋白质含量的影响

Fig. 3 Effect of different concentrations of chlormequat chloride on soluble protein content of *Cyperus esculentus*

2.4 不同浓度梯度矮壮素对油莎豆块茎可溶性糖含量的影响

作物体内碳水化合物大约占干物质总量的 $90\% \sim 95\%$, 而且可溶性糖在碳水化合物中含量较高, 不仅可以作为呼吸作用的底物, 还可以通过合成代谢转化为结构物质和贮藏物质, 同时也是维持细胞使其具有渗透势的重要因素之一^[17]。不同浓度矮壮素(CCC)处理油莎豆块茎可溶性糖的含量相比CK均有不同程度提高, 并随着浓度的升高而呈现先升高后降低的趋势。随着时间的延长有不同程度的降低。方差分析表明, 矮壮素(CCC) $500 \sim 2\,000\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 浓度处理的油莎豆可溶性糖含量与对照对比均达到差异显著($P < 0.05$), 而对

照与 $100\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理之间没有显著差异。由此可知, 浓度 $500 \sim 2\,000\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 矮壮素(CCC)处理能明显的提高可溶性糖含量。

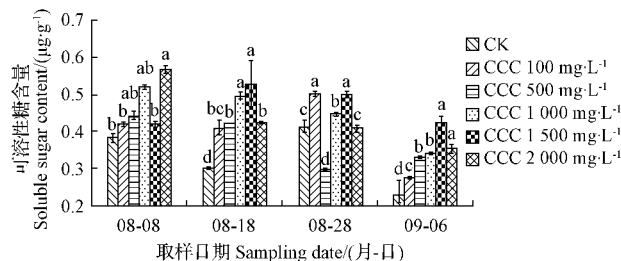


图4 不同浓度梯度 CCC 对油莎豆可溶性糖含量的影响

Fig. 4 Effect of different concentrations of chlormequat chloride on soluble sugar content of *Cyperus esculentus*

2.5 矮壮素对油莎豆内源激素生长素(IAA)、赤霉素(GA_3)、脱落酸(ABA)和玉米素(ZR)含量的影响

2.5.1 生长素(IAA)含量的变化 由图5A可知, 对照组生长素(IAA)含量在生长过程中变化较大, 呈“先升高后降低再升高”的变化趋势; 不同浓度矮壮素(CCC)处理油莎豆, 其块茎生长素(IAA)含量在生长过程中均低于对照, 矮壮素(CCC) $1\,500$ 、 $2\,000\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理生长素(IAA)含量下降最多, 说明矮壮素(CCC)处理有效抑制了内源生长素(IAA)合成, 以 $2\,000\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的矮壮素(CCC)对生长素(IAA)含量抑制效果最好, 比对照降低了 68.95% 。

2.5.2 赤霉素(GA_3)含量的变化 由图5B可知, 对照组油莎豆赤霉素(GA_3)含量在生长过程中变化较大, 呈“升高-降低-升高”变化趋势; 矮壮素(CCC)处理油莎豆的赤霉素(GA_3)含量均低于对照组, 且呈缓慢降低趋势, 其中9月16日赤霉素(GA_3)含量以矮壮素(CCC) $2\,000\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理最低, 为 $3.49\text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$; 矮壮素(CCC) $1\,000\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理次之, 为 $3.74\text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$; 矮壮素(CCC) $2\,000\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理最高, 为 $4.87\text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

2.5.3 玉米素(ZR)含量的变化 由图5C可知, 对照组油莎豆玉米素(ZR)含量在生长过程中变化较大, 呈先升高再降低的“单峰”趋势, 其中在9月6日达到最大, 为 $7.81\text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$; 与对照相比, 矮壮素(CCC)处理显著降低了油莎豆的玉米素(ZR)含量, 玉米素(ZR)含量变化也为“单峰”曲线, 矮壮素(CCC) 100 、 $1\,500\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理在8月18日达到最大, 矮壮素(CCC) $1\,000\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理在9月6日达到最大。其中以矮壮素(CCC) $2\,000\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理玉米素(ZR)含量最低, 在9月16日为 $4.01\text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$, 矮壮素(CCC)抑制了玉米素(ZR)的合成。

2.5.4 脱落酸(ABA)含量的变化 由图5D可知, 对照

组脱落酸(ABA)含量呈现缓慢下降的趋势,受到矮壮素(CCC)处理胁迫后,内源脱落酸(ABA)含量呈现出“先缓慢降低后升高”变化趋势,其中 100、2 000 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理

上升较快,500、1 500 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理呈缓慢上升趋势,矮壮素(CCC)处理脱落酸(ABA)含量均高于对照。

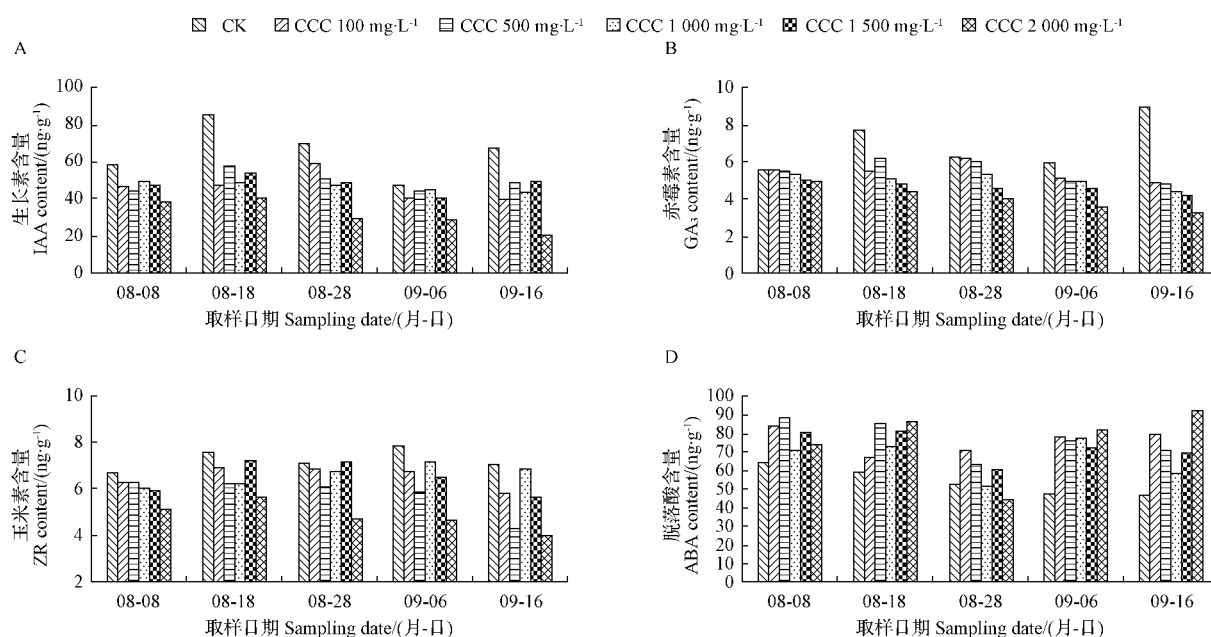


图5 不同浓度梯度 CCC 对油莎豆内源激素的影响

Fig. 5 Effect of different concentrations of chlormequat chloride on endogenous hormones of *Cyperus esculentus*

2.6 矮壮素(CCC)在油莎豆最适施用浓度分析

植物体的结构、形态和生理功能是统一的,有效的生理指标一定程度上说明了植物的生长状态。该研究中,不同浓度梯度的矮壮素(CCC)不同程度的使油莎豆相关指标发生变化:株高变矮,可溶性糖、可溶性蛋白质、叶绿素含量升高。油莎豆株高随着矮壮素(CCC)浓度的升高而降低,并且 2 000 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理下,油莎豆株高最低,并且与 CK 及其它浓度处理均达到差异显著($P < 0.05$),可溶性糖和可溶性蛋白质含量、叶绿素含量在 1 500 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 或 2 000 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理达到峰值,且与 CK 的差异显著性大于其它浓度药剂处理。2 000 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的矮壮素(CCC)对生长素(IAA)、玉米素(ZR)、赤霉素(GA_3)含量抑制效果最好,对脱落酸(ABA)的促进作用最好。综上分析,油莎豆施用矮壮素(CCC)浓度 2 000 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 时可使油莎豆抗倒伏、光合能力变强,增加抗性。

3 讨论与结论

油莎豆的茎秆是由叶鞘组成的假茎,植株一般为 80~140 cm,一旦遇到大风雨天气,容易造成植株倒伏,影响油莎豆生长和产量。因此,通过喷施矮壮素(CCC)控制株高是很有必要的。

可溶性糖和可溶性蛋白质是植物体内重要的营养物质和有机渗透调节物质,能够保持植物细胞膨压,维

持水平衡和细胞正常的功能,在植物缓解逆境伤害的渗透调节中起着重要的作用,是植物抗逆能力的重要特征之一^[18-19]。

叶绿素会直接影响植物干物质的积累,有机物质的合成,促进糖和蛋白的合成,增强其抗性^[20-21],为植物的生长提供源动力。该研究中,矮壮素(CCC)使油莎豆可溶性糖和可溶性蛋白质升高,可能与叶绿素含量增加相关。

矮壮素(CCC)处理的油莎豆块茎生长素(IAA)含量变化在生长过程中均呈下降趋势,矮壮素(CCC)1 500 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理对生长素(IAA)抑制效果最好,矮壮素(CCC)处理有效抑制了内源生长素(IAA)合成。内源激素生长素(IAA)含量与油莎豆的生长密切相关,矮壮素(CCC)1 500 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理下内源激素生长素(IAA)含量最低。低浓度的生长素(IAA)含量可以抑制植株生长。矮壮素(CCC)处理油莎豆,脱落酸(ABA)含量呈现出随着药剂浓度增加而下降的趋势,这与姜英等^[22]的研究是一致的,这可能是油莎豆株高生长受到抑制的主要原因之一。矮壮素(CCC)处理的油莎豆脱落酸(ABA)含量均高于对照。对照中的脱落酸(ABA)含量随着时间不断降低,受到矮壮素(CCC)处理后,内源激素脱落酸(ABA)含量呈现出“先缓慢降低后升高”变化趋势。脱落酸(ABA)是一种调节植物生长发育的激素,在植物对逆境胁迫如盐碱、干旱和低温的响应中起重要的作

用^[23]。植物内源脱落酸(ABA)在逆境胁迫下会急剧上升以提高其抗性,也有研究认为随着生长素(IAA)的增加会诱导乙烯合成,乙烯的合成反过来会加速脱落酸(ABA)的合成^[24]。油莎豆内源激素脱落酸(ABA)含量与株高生长关系密切,内源激素脱落酸(ABA)含量的升高是导致油莎豆株高变矮的内部原因之一。矮壮素(CCC)处理的油莎豆赤霉素(GA_3)、玉米素(ZR)含量降低,在处理后期,矮壮素(CCC) $2\ 000\ mg \cdot L^{-1}$ 处理赤霉素(GA_3)含量最低,为 $4.17\ ng \cdot g^{-1}$ 。赤霉素(GA_3)合成受阻是导致植物株高变矮的主要原因和机理^[25-26],赤霉素(GA_3)合成途径关键酶的表达变化在植株株高变矮过程中起到关键作用^[27]。矮壮素(CCC)通过抑制赤霉素(GA_3)的合成,从而抑制细胞的纵向生长,株高降低。油莎豆矮壮素(CCC)处理的赤霉素(GA_3)含量均比对照低,这说明植物生长调节剂矮壮素(CCC)处理导致赤霉素(GA_3)含量降低,对其生长缓慢起着重要作用。植物生长调节剂处理的植株玉米素(ZR)含量下降,从而影响植株生长。

综上所述,油莎豆喷施浓度为 $2\ 000\ mg \cdot L^{-1}$ 的矮壮素(CCC)可以使油莎豆株高降低,光合作用增强,可溶性糖、可溶性蛋白质含量均得到提高。不仅使油莎豆抗倒伏,也提高了其抗性。建议在以后的实践中喷施 $2\ 000\ mg \cdot L^{-1}$ 来提高油莎豆的品质及产量。

参考文献

- [1] 瞿萍梅,程治英,龙眷林,等.生物柴油植物“油莎豆”的发展前景[J].可再生能源,2008(2):26-27.
- [2] 谢年保,黄明星,陈欣,等.油莎豆栽培技术及产业化开发[J].作物研究,2005(2):132-133.
- [3] 张勇.油料之王—油莎豆[J].特种经济动植物,2004(2):35.
- [4] SANCHEZ-ZAPATA E, FERNANDEZ-LOPEZ JOSE J, PEREZ-ALVAREZ A. Tiger nut (*Cyperus esculentus*) commercialization: Health aspects, composition, properties, and food applications[J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2012(11):366-377.
- [5] 北京世博威国际展览公司. 2014 第届国际高端健康食用油及橄榄油(上海)博览会[EB/OL]. <http://www.foodmate.net/exhibit/show-1515.html>, 2014.
- [6] 晏小欣,马泽鑫,欧阳位麒,等.新疆油莎豆油提取及不饱和脂肪酸组成分析[J].食品科技,2010,35(10):226-229.
- [7] 李国平,杨鹭升,朱智飞,等.油莎豆油制备生物柴油的研究[J].中国油脂,2012,37(3):59-62.
- [8] 陈石.利用油莎豆制备可再生能源的研究[D].长沙:中南大学,2008.
- [9] 杨秀荣,刘亦予,刘水芳,等.植物生长调节剂及其研究应用[J].天津农业科学,2007,13(1):23-25.
- [10] 李合生.现代植物生理学[M].北京:高等教育出版社,2002:274-275.
- [11] 李玲,潘瑞炽. CCC 提高花生幼苗抗旱性的研究[J].植物学报(英文版),1991,33(1):55-60.
- [12] 柴晶,于英梅,纪文.不同浓度矮壮素对小拱棚马铃薯的影响[J].吉林蔬菜,2008(6):71-73.
- [13] 赵广才.矮壮素对小麦生长发育阶段植株性状及产量影响的研究[J].莱阳农学院学报,1992(2):86-92.
- [14] MOCKAITIS K, ESTELLE M. Auxin receptors and plant development: a new signaling paradigm[J]. Annu Rev Cell Dev Biol, 2008(24):55-80.
- [15] 白宝章,于漱崎,田文勋,等.植物生理学下:实验教程[M].北京:中国农业出版社,1984.
- [16] 刘春燕.多效唑对绿篱植物大叶黄杨的矮化效果及经济效益分析[J].安徽农业科学,2009,37(15):6964-6965.
- [17] 张秀丽.赤霉素和矮壮素对绿豆生育性状和生理指标及产量的影响研究[D].长春:吉林农业大学,2007.
- [18] 吴银明,王平,刘洪升,等. NaCl 分根胁迫对羊草幼苗生长及其生理生化特性的影响[J].西北植物学报,2007,27(9):1807-1813.
- [19] 张赛娜,马旭军,李科文,等.补血草愈伤组织中渗透调节物质对 NaCl 胁迫的响应[J].西北植物学报,2008,28(7):1343-1348.
- [20] 杨炜茹.矮壮素对地榆生长发育的影响及生理机制研究[D].保定:河北农业大学,2006.
- [21] 刘晓培,张饮江,李岩.矮壮素对苦草矮化特征及生理指标的影响[J].生态学杂志,2012,31(20):2561-2567.
- [22] 姜英,彭彦,李志辉,等.多效唑、烯效唑和矮壮素对金钱树的矮化效应[J].园艺学报,2010,37(5):1-6.
- [23] GROSSMANN K. Auxin herbicide action: lifting the veil step by step[J]. Plant Signal Behav, 2007(2):420-422.
- [24] ZHU S F, GAO F, CAO X S, et al. The rice dwarf virus P2 protein interacts with ent-kaurene oxidase *in vivo*, leading to reduced biosynthesis of gibberellins and rice dwarf symptoms[J]. Plant Physiol, 2005, 139(4):1935-1945.
- [25] HUANG J, TANG D, SHEN Y, et al. Activation of gibberellin 2-oxidase 6 decreases active gibberellin levels and creates a dominant semi-dwarf phenotype in rice (*Oryza sativa* L.)[J]. J Genet Genomics, 2010, 37(1):23-36.
- [26] TONG Z, HONG B, YANG Y J. Overexpression of two chrysanthemum DgDREBI group genes causing delayed flowering or dwarfism in *Arabidopsis* [J]. Plant Mol Biol, 2009, 71(1-2):115-129.
- [27] WALNPLE R L, CULVER E B. The influence of PP₃₃₃, a new growth regulator on sun flower[J]. Amer Soc Hort Sci, 1983, 108(1):122-125.

Effects of Chlormequat on Growth and Endogenous Hormones Content of *Cyperus esculentus*

WANG Xiaohong¹, TIAN Liping^{1,2}, XUE Lin³, SHI Qian¹, ZHU Junling¹

(1. College of Life Science, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832000; 2. College of Pharmacy, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832000; 3. Shihezi Vegetable Research Institute of Vegetable Science, Shihezi, Xinjiang 832000)

凹土对甘蓝的大蒜鳞茎浸提液化感胁迫的缓解效应

孙 敏¹, 姚海燕², 任旭琴¹, 刘 贵¹

(1. 淮阴工学院, 江苏 淮安 223002; 2. 山东省无棣县农业局, 山东 无棣 251900)

摘 要:以市售的白皮蒜为供试材料,以“京丰一号”甘蓝为受体材料,设置大蒜浸提液浓度为0、10、30、50、70、90、100 g·L⁻¹,对甘蓝种子进行处理,测定其发芽率及发芽势;将凹土添加量分别设定为0、20、40、60 g·kg⁻¹,将大蒜浸提液分别设定为0、100、300、500、700 g·L⁻¹,共20个处理,测定甘蓝的株高、叶绿素含量、根系活力和超氧化物歧化酶(SOD)活性等各项生长及生理指标,以探讨大蒜鳞茎浸提液对甘蓝的化感效应及凹土对大蒜鳞茎浸提液胁迫下甘蓝生长的缓解效应。结果表明:大蒜浸提液浓度越高,甘蓝种子的发芽率、发芽势及甘蓝的各项生长及生理指标越低;随大蒜浸提液浓度的提高,甘蓝生长和生理指标显著降低;添加凹土含量为20~40 g·kg⁻¹的大蒜浸提液处理,甘蓝的叶绿素含量和根系活力等生长和生理指标较高,SOD活性和过氧化氢酶(CAT)活性较高,丙二醛含量较低,凹土对大蒜浸提液胁迫下的甘蓝生长状况改善明显。

关键词:凹土;甘蓝;大蒜鳞茎浸提液;化感

中图分类号:S 633.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)24-0031-04

各种植物间的相生相克,被称为化感作用,该作用对栽培的前后茬作物生长和产量等方面影响较大,也是目前土壤障碍的主要原因之一^[1]。因此,化感抑制作用的缓解方法是当前研究的热点问题之一^[1-2]。大蒜(*Allium sativum*)是许多蔬菜作物的良好前茬作物,很多

学者从大蒜鳞茎抑菌效应方面进行了有益的探索^[2-7]。也有研究表明一定浓度的大蒜浸提液对甘蓝等蔬菜的发芽率、发芽指数、苗高、根长和根鲜质量等方面呈极显著化感抑制效应^[6-7]。大蒜浸提液对蔬菜的化感作用尚有待于进一步研究。

凹凸棒石粘土(简称凹土)是一种天然非金属粘土矿物,凹土作为一种重要的稀缺性非金属矿产资源是我国优势非金属矿之一,在农牧业、建材、石油、冶金等10多个领域有着广泛应用^[8-11]。在农业生产上,凹土常被用作土壤改良^[9]和污染土壤修复^[11-12]。该研究利用大

第一作者简介:孙敏(1973-),女,博士,副教授,研究方向为园艺植物栽培管理。E-mail:sunmin73@126.com.

基金项目:江苏省前瞻性联合研究资助项目(BY2016061-27);江苏省淮安市现代农业计划资助项目(HAN2015001)。

收稿日期:2019-09-27

Abstract: In order to study plant growth regulator chlormequat chloride (CCC) on Lufthansa bean oil crop physiological characteristics and endogenous hormone changes, in the early stage of tuber growth of *Cyperus esculentus*, chlorocholine chloride (CCC) with the concentrations of 0(CK), 100, 500, 1 000, 1 500, 2 000 mg·L⁻¹ were sprayed on the leaves one time respectively to test plant height and the contents of chlorophyll and soluble sugar and endogenous hormones. The results showed that CCC with the concentration of 500—2 000 mg·L⁻¹ could decrease the plant height, improve the content of chlorophyll and soluble sugar. The effect of soil irrigation with 2 000 mg·L⁻¹ CCC was the best, the plant height decreased by 34.39%, the contents of chlorophyll and soluble sugar significantly increased. The plant type and quality were improved. CCC treatment with different concentrations, reducing the IAA, GA₃, and ZR contents in the leaves, compared with the control; ABA content was higher than the control. GA₃ and ZR content was negatively correlated with the concentration of CCC, and ABA content was positively correlated with the concentration of CCC. And CCC inhibited endogenous hormone IAA, GA₃, ZR synthesis, and promote the ABA synthesis. Comprehensive analysis obtained chlormequat (CCC) at a concentration of 2 000 mg·L⁻¹, not only could the oil Lufthansa bean lodging, but also enhancing oil Lufthansa bean photosynthetic capacity and resistance.

Keywords: *Cyperus esculentus*; plant height; soluble protein; soluble sugar; chlorophyll; endogenous hormones