文章编号:1001-1498(2016)06-0933-07

干旱胁迫对油茶叶片内源激素及果实生长的影响

丁少净，钟秋平*，袁婷婷，曹林青，晏 巢，袁雅琪

(中国林业科学研究院亚热带林业实验中心,江西 分宜 336600)

摘要:[**目的**]研究干旱处理中油茶叶片内源激素、果实生长的变化规律以及地表覆盖、土壤翻耕2种措施对缓解干旱胁迫的效果。[**方法**]以6年生长林4#油茶为试验材料,设置自然状况、干旱胁迫、地表覆盖及土壤翻耕4个处理,采用酶联免疫吸附分析法(ELISA)测定油茶叶片内源激素,并分析果实的生长状况。[**结果**]研究表明:(1)干旱胁迫开始两周后,即当土壤含水率低于24.0%～26.8%,油茶叶片内源激素开始启动对干旱的响应机制。(2)干旱胁迫使油茶叶片IAA含量下降,ABA含量上升,GA含量先上升后下降,ZR含量下降并维持在较低水平,ZR/IAA值下降;地表覆盖及土壤翻耕可以有效缓解干旱对叶片IAA、GA、ZR含量的影响,而对叶片ABA含量、ZR/IAA的影响不显著;油茶通过内源激素含量的变化来应对干旱胁迫的影响。(3)干旱胁迫使油茶果实横径减小,果实纵径出现负增长,而地表覆盖及土壤翻耕相对于干旱胁迫使得果实横径生长量分别增加了73.20%、75.58%,可以有效缓解干旱胁迫对油茶果实纵径生长的影响。[**结论**]生产上通过地表覆盖及土壤翻耕可以有效缓解干旱对油茶果实生长的影响,地表覆盖技术措施可进一步推广应用。

关键词:油茶;干旱胁迫;内源激素;果实生长;地表覆盖:土壤翻耕

中图分类号:S794.4 **文献标识码:**A

Effects of Endogenous Hormones on *Camellia oleifera* Leaves and Fruit Growth under Drought Stress

DING Shao-jing, *ZHONG Qiu-ping*, *YUAN Ting-ting*, *CAO Lin-qing*, *YAN Chao*, *YUAN Ya-qi*

(Experimental Center for Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fenyi 336600, Jiangxi, China)

Abstract: [**Objective**] To study the changes of endogenous hormones and fruit growth under drought stress treatments and the effect of two measures on alleviating drought. [**Methods**] 6-year-old *Camellia oleifera* forests were tested by applying natural condition, drought stress, covering straw and loosing soil. The endogenous hormones in leaves were studied by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) and the fruit growth was also analyzed. [**Results**] (1) When the soil moisture content was lower than 24.0% –26.8%, the endogenous hormones began to appear larger changes. (2) The IAA content in leaves decreased, the ABA content increased, the GA content increased at first and then decreased, the ZR content decreased and then maintained at a low level, and the ZR/IAA values decreased under drought stress. Covering straw and loosing soil could effectively mitigate the effects of drought stress on the contents of IAA, GA and ZR. It had little effects on the ABA content and ZR/IAA values; *C. oleifera* forests dealt with drought stress by the changing the endogenous hormone content. (3) The fruit width growth decreased under drought stress and the fruit height growth was negative. With covering straw and loosing soil, the fruit width growth increased by 73.20% and 75.58% respectively and these two measures effectively alleviated the effects of drought stress on fruit height. [**Conclusion**] Production by the measures of covering straw and

收稿日期: 2016-04-19

基金项目: 国家公益性行业(气象)科研专项项目"油茶高产高效栽培气象保障关键技术研究"(GYHY201506053)。

作者简介: 丁少净(1990—),女,河南安阳人,硕士研究生,主要从事经济林栽培研究.

* 通讯作者:钟秋平,研究员,博士,主要从事经济林栽培研究. E-mail:fyzqp92@163.com.

loosing soil can effectively alleviate the effects of drought stress on the fruit growth and covering straw as the best measure can be further applied.

Keywords: *Camellia oleifera*; drought stress; endogenous hormones; fruit growth; covering straw; loosing soil

油茶(*Camellia oleifera* Abel.)属于山茶科(Theaceae)植物,为世界四大木本油料植物之一[1],是我国特有的木本油料树种,茶油不饱和脂肪酸含量高达90%以上,远高于其它食用油,被誉为"东方橄榄油"[2]。我国干旱、半干旱地区约占耕地面积的51%[3]。干旱是影响农业生产和生态环境的重要因素。在油茶果实油脂转化时期的7—10月,油茶主产区长江流域易发生干旱,此时油茶对干旱环境较为敏感,有"七月干果,八月干油"的说法,干旱会严重影响油茶的高产稳产[4-6],因此开展油茶抗旱性研究对促进油茶丰产栽培具有重要意义。

植物的干旱胁迫主要通过叶片、根系等形态指标以及生理指标来进行研究,但形态指标具有"反应滞后性"等特点,因此通过生理指标来检测干旱胁迫对植物生长的影响是较为可靠的方法。植物90%的生物产量来源于光合作用,然而植物叶片最易受到干旱环境的影响,内源激素作为调控植物生长发育的物质在干旱条件下起着非常重要的作用[7],是对干旱胁迫最为敏感的生理活性物质,不同的内源激素通过浓度的变化来控制植物生理反应,对植物的生长发育发挥着多方面的调节作用[8-25]。近年来油茶干旱胁迫的研究主要集中在光合作用、叶绿素荧光、果实的经济性状、可溶性糖、可溶性蛋白以及组培苗、嫁接苗生长过程中激素含量的变化等[26-27],且研究材料多为盆栽苗木,而盆栽苗木处于幼年,并不能代表大田油茶林。目前针对多年生油茶林干旱胁迫过程中叶片内源激素的研究甚少。本试验在油茶油脂转化时期,研究干旱胁迫对6年生大田油茶叶片内源激素以及果实生长的影响,以弥补油茶该方面研究的不足,为油茶的抗旱性研究提供进一步的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于江西省分宜县中国林科院亚林中心(27°33′～28°08′ N,114°29′～114°51′ E)长林油茶优良无性系示范林内进行。在林分内选取生长正常、树冠丰满、树体大小基本一致的优良无性系长林4#作为试验材料,且试验材料生长于地形平缓、土壤状况基本一致的区域内。在该区域内布设大小为5 m×10 m的试验样地,样地四周架设钢构大棚,棚顶防雨,棚的四周用塑料薄膜围起,但棚顶与棚四周围膜留出空隙,空气可以流通,保证棚内外的温度一致。同时在样地四周挖1.2 m深壕沟并在壕沟内铺设塑料薄膜,防止侧方水分的渗入。供试材料的树龄为6年生,地径6～8 cm,树高1.8～2.3 m,冠幅1.5～2.0 m。

1.2 试验处理

试验设置4个处理,分别为自然状况、干旱胁迫、地表覆盖、土壤翻耕。自然状况设在钢构大棚外,不作任何处理,为空白对照;另外3种处理设在棚内,干旱胁迫为直接干旱,地表覆盖为干旱处理时覆盖10 cm厚的杂草,土壤翻耕为干旱处理时翻松土壤,深度为25 cm。每个处理设置3次重复,每次重复为1棵树。试验开始之前将4个处理全部浇透水。4种不同处理的空气温度、湿度以及土壤温度差异不显著,虽然薄膜覆盖避雨会减弱光照但差异不显著,而土壤含水率是对试验参数产生影响的因子。

1.3 指标测定与统计分析

1.3.1 试验区土壤湿度测定 2015年8—11月,土壤湿度由L99-TWS-4土壤温湿度记录仪(上海巴玖实业有限公司)每0.5 h自动观测并记录1次。在以树体为中心,树冠线为半径的圆柱体的外围埋设湿度传感器探头,埋设土壤深度分别为10、20、40、60 cm。

1.3.2 叶片内源激素测定 内源激素ABA、IAA、GA、ZR采用酶联免疫吸附分析法(ELISA)测定:2015年8月17日至10月27日,每隔15 d上午10:00时采集叶片样品一次,选择生长状况良好的春梢叶片,每个处理的每次重复的东、西、南、北4个方向各取2片叶子,同一处理取得的叶片混在一起后,迅速放入液氮罐中冷冻10 h,后移入-80℃的超低温冰箱中保存待测。称取0.5 g材料,加4 ml样品提取液(80%甲醇),在冰浴条件下研磨成匀浆,转入10 ml离心管,摇匀后放置在4℃冰箱中提取4 h,冷冻离心15 min,取上清液。沉淀中加1 ml提取液(80%甲醇),置4℃下再提取1 h,离心,

合并上清液并记录体积。上清液过 C-18 固相萃取柱。将过柱后的样品转入 5 mL 离心管中,真空浓缩干燥或用氮气吹干,除去提取液中的甲醇,用样品稀释液定容。试剂盒购自中国农业大学农学与生物技术学院。

1.3.3　果实生长指标测定　每个处理的每次重复于东、西、南、北 4 个方向各选取 1 个油茶果实进行标记,于 2015 年 8 月 17 日至 10 月 27 日,每隔 5 d 上午 10:00 时用电子游标卡尺测定果实横径及果实纵径,并记录。

1.3.4　统计分析　分别测定各处理的 3 次重复,取平均值,数据采用 Excel 2003 软件进行统计分析,SPSS 18.0 软件进行方差分析,Origin 9.1 软件进行绘图。

2　结果与分析

2.1　试验区域土壤含水率的分析

试验区域自然状况下油茶林土壤含水率处于相对较高水平,在 9 月 6 日土壤含水率达到最高值 33.30%,原因是遭遇较大的自然降雨;试验期间 3 种干旱处理土壤含水率呈快速下降趋势,干旱胁迫土壤含水率由 29.28% 下降至 16.48%,地表覆盖土壤含水率由 29.93% 下降至 21.88%,土壤翻耕土壤含水率由 31.58% 下降至 21.33%,说明地表覆盖、土壤翻耕有效提高了土壤含水率(图 1)。

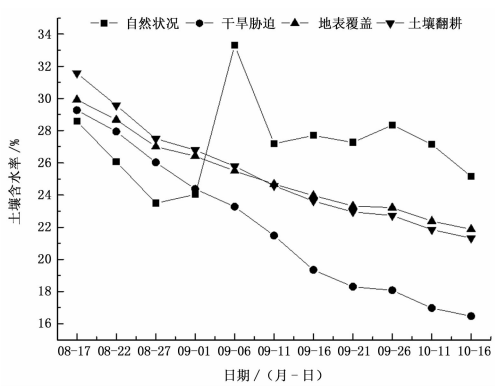

图 1　不同处理土壤含水率随时间的变化趋势

2.2　油茶叶片内源激素变化分析

2.2.1　干旱胁迫对油茶叶片 IAA 含量的影响　由图 2 可知,干旱胁迫处理油茶叶片内源激素 IAA 含量一直为下降趋势,其它 3 种处理叶片 IAA 含量为先上升后下降的趋势,IAA 含量指示树体长势,说明干旱胁迫条件下油茶长势减弱,于干旱胁迫开始的两周之内整个树体由旺盛的生长状况逐渐转化为抵御干旱模式。IAA 含量在 9 月 1 日达到最高值,此时自然状况叶片 IAA 含量处于干旱胁迫和 2 种缓解处理之间,为 66.58 ng · g^{-1},干旱胁迫叶片 IAA 含量为 64.37 ng · g^{-1},地表覆盖及土壤翻耕 2 种处理油茶叶片 IAA 含量分别为 71.10、73.91 ng · g^{-1}。到 10 月 1 日之后自然状况油茶叶片 IAA 含量高于 3 种干旱处理,说明干旱处理使得叶片 IAA 含量降低,而自然状况也出现下降是因为油茶已到采果期,树体生长势开始下降。自然状况、干旱胁迫、地表覆盖以及土壤翻耕油茶叶片 IAA 含量最终值分别为 58.49、31.28、46.75、52.55 ng · g^{-1},干旱胁迫叶片 IAA 含量最低,自然状况叶片 IAA 含量最高。地表覆盖及土壤翻耕可以在一定程度上缓解干旱对油茶叶片 IAA 含量的影响。

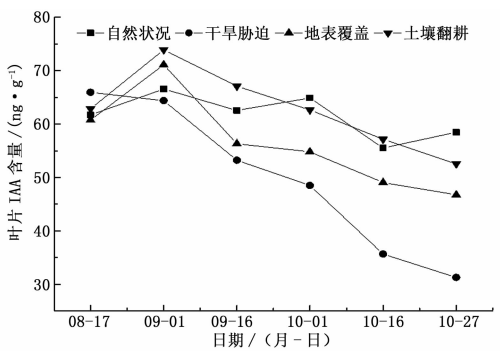

图 2　各处理油茶叶片 IAA 含量的变化

2.2.2　干旱胁迫对油茶叶片 ABA 含量的影响　由图 3 可知,自然状况下油茶叶片内源激素 ABA 含量保持平衡并有略微上升的趋势,从 75.66 ng · g^{-1} 缓慢上升至 85.53 ng · g^{-1}。而干旱胁迫、地表覆盖及土壤翻耕状况下的叶片 ABA 含量前期缓慢增加后期急剧上升,3 种状况上升幅度一致,达到顶峰之后出现下降的趋势,3 种干旱处理 ABA 含量分别从 84.74 ng · g^{-1} 上升至 123.67 ng · g^{-1} 后下降至 110.95 ng · g^{-1},从 80.52 ng · g^{-1} 上升至 128.97 ng · g^{-1} 后下降至 114.94 ng · g^{-1},从 79.49 ng · g^{-1} 上升至 111.56 ng · g^{-1} 后下降至 106.96 ng · g^{-1}。干旱后期 ABA 含量没有继续升高,而是出现下降趋势,这是由于随着干旱程度加重部分根系遭到损害所致[28]。由图 3 可知 4 种处理油茶叶片 ABA 含量都有一个最高点,干旱胁迫的峰值出现在 10 月 1 日,其它 3 种处理峰值出现在 10 月 16 日,干旱胁迫 ABA 含量的峰值最高为 123.67 ng · g^{-1},地表覆盖及土壤翻耕 ABA 含量的峰值比较接近,分别为 108.97、104.80 ng · g^{-1},自然状况下 ABA 含量峰值

最低,为82.07 ng·g^{-1}。图1与图2对比可知,叶片IAA含量相对于ABA含量对土壤含水量更敏感。地表覆盖及土壤翻耕对油茶叶片ABA含量缓解效果不显著。

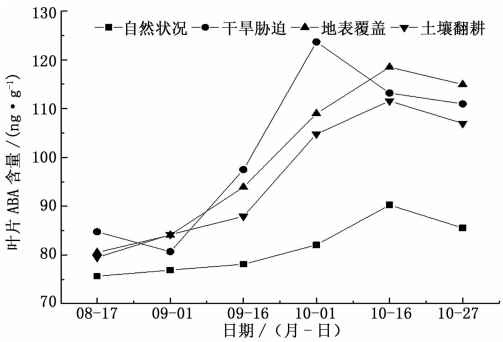

图3 各处理油茶叶片ABA含量的变化

2.2.3 干旱胁迫对油茶叶片GA含量的影响 试验期间油茶处于"抱子怀胎"时期,一方面果实处于油脂转化的阶段,而另一方面花苞逐渐趋于成熟。由图4可知,4种不同处理油茶叶片内源激素GA含量均有最高值,干旱胁迫叶片GA含量在9月1日最高为9.83 ng·g^{-1},地表覆盖及土壤翻耕叶片GA含量在9月16日最高,分别为10.06、9.51 ng·g^{-1},自然状况叶片GA含量在10月16日之后达到最高并保持为10.86 ng·g^{-1}。8月17日至9月16日3种干旱处理叶片GA含量高于自然状况,9月16日之后自然状况油茶叶片GA含量持续上升,而3种干旱处理均呈下降趋势。试验结束时干旱胁迫叶片GA含量最低5.87 ng·g^{-1},地表覆盖及土壤翻耕叶片GA含量略高于干旱胁迫,分别为7.41、6.66 ng·g^{-1},自然状况叶片GA含量远高于3种干旱处理,为10.85 ng·g^{-1}。自然状况下叶片GA含量较高有利于花苞成熟开花,而3种干旱处理下其初期叶片GA含量处于较高水平且处于上升状态,后期GA含量出现下降趋势。3种干旱处理后期GA含量下降,影响了油茶成花及开花。地表覆盖及土壤翻耕对油茶叶片GA含量有一定缓解效果。

2.2.4 干旱胁迫对油茶叶片ZR含量的影响 由图5可知,4种不同处理油茶叶片内源激素ZR含量的变化大致分为两个阶段:第一阶段8月17日至9月16日,4种不同处理叶片ZR含量下降速度较快;第二阶段9月16日至10月27日,4种不同处理叶片ZR含量下降速度缓慢,而且自然状况叶片ZR含量出现上升趋势。试验期间自然状况、干旱胁迫、地表覆盖以及土壤翻耕4种干旱处理油茶叶片中ZR

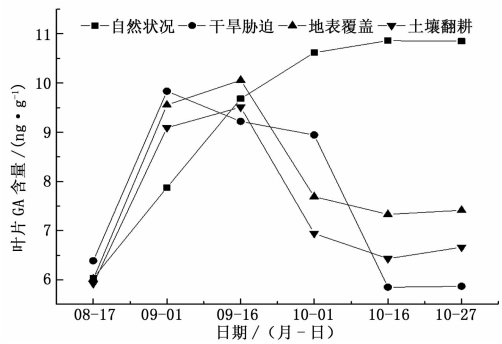

图4 各处理油茶叶片GA含量的变化

含量分别从13.95 ng·g^{-1}下降至9.22 ng·g^{-1},15.22 ng·g^{-1}下降至3.50 ng·g^{-1},12.57 ng·g^{-1}下降至5.60 ng·g^{-1},13.90 ng·g^{-1}下降至6.34 ng·g^{-1},干旱胁迫下降幅度比地表覆盖及土壤翻耕大,叶片ZR含量下降影响了细胞的分裂及扩大进而影响了油茶的生长。地表覆盖及土壤翻耕对油茶叶片ZR含量有一定的缓解效果。

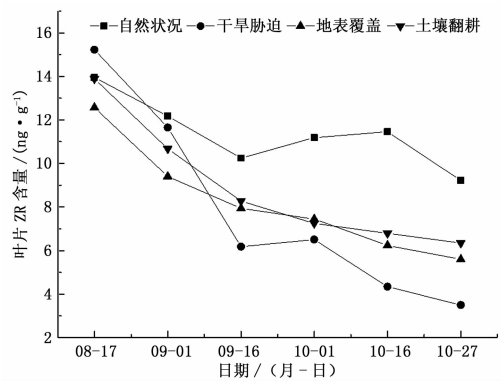

图5 各处理油茶叶片ZR含量的变化

2.2.5 干旱胁迫对油茶叶片ZR/IAA的影响 由图6可知,自然状况下油茶叶片内源激素ZR/IAA上下波动,处于相对平衡状态,试验期间叶片ZR/IAA从22.60下降至15.76,8月17日至9月1日地表覆盖、土壤翻耕叶片ZR/IAA快速下降,分别从20.70下降至13.22,22.10下降至14.45,9月1日叶片ZR/IAA下降缓慢,分别下降至11.97、12.07。8月17日至9月16日干旱胁迫叶片ZR/IAA迅速下降,从23.08下降至11.61,之后缓慢下降至11.17。3种干旱处理下ZR/IAA大幅度下降之后保持相对平衡,ZR/IAA大幅度下降促进了油茶根的生长,以保证水分的吸收,适应土壤干旱状况。地表覆盖及土壤翻耕对油茶叶片ZR/IAA值缓解效果不显著。

2.3 油茶果实生长状况分析

自然状况、干旱胁迫、地表覆盖和土壤翻耕4种

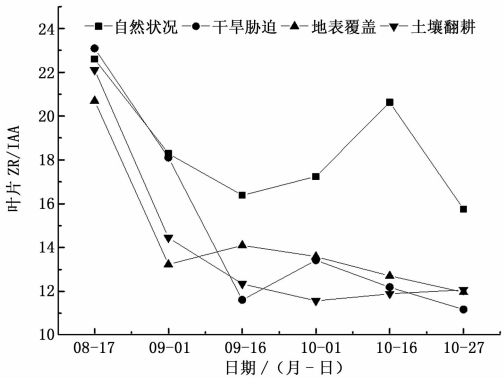

图 6　各处理油茶叶片 ZR/IAA 的变化

不同处理下,油茶果实横径、果实纵径的 $P<0.000\ 1$(表 1),说明 4 个处理对油茶果实生长状况的影响差异显著,需进一步研究各个处理对果实生长状况的影响。

表 1　各处理果实生长的方差分析

测定指标	变异来源	平方和	*df*	均方	*F* 值	*P* 值
果实纵径	4 个处理	73 614.271	4	18 403.568	135 579.48	<0.000 1
果实横径	4 个处理	53 313.578	4	13 328.394	24 230.493	<0.000 1

由图 7 可知,8 月 17 日至 8 月 22 日油茶果实横径生长相对较快,4 种不同处理果实横径生长量分别为 3.44、1.53、2.42、0.75 mm,自然状况果实横径生长量最大,干旱胁迫果实横径生长量最小,之后 4 种处理果实横径生长保持相对平衡,4 种不同处理果实横径生长量在试验结束时分别为 3.92、2.24、2.64、0.42 mm,由于试验期间果实膨大生长基本结束,8—10 月为油茶果实油脂累积的过程。设自然状况、干旱胁迫、地表覆盖及土壤翻耕果实横径生长的函数分别 $y1$、$y2$、$y3$、$y4$,对其果实横径生长进行积分:

$$\int_1^{13} y1 = 230.75;\quad \int_1^{13} y2 = 37.425;$$

$$\int_1^{13} y3 = 139.65;\quad \int_1^{13} y4 = 153.25.$$

$$P1 = \frac{\int_1^{13} y2 - \int_1^{13} y1}{\int_1^{13} y1} = \frac{37.425 - 230.75}{230.75} \times 100\% = -83.78\% \tag{1}$$

$$P2 = \frac{\int_1^{13} y3 - \int_1^{13} y2}{\int_1^{13} y3} = \frac{139.65 - 37.4255}{139.65} \times 100\% = 73.20\% \tag{2}$$

$$P3 = \frac{\int_1^{13} y4 - \int_1^{13} y2}{\int_1^{13} y4} = \frac{153.25 - 37.425}{153.25} \times 100\% = 75.58\% \tag{3}$$

式 1 说明干旱胁迫相对于自然状况使油茶果实横径生长量下降 83.78%(负数代表下降),式 2、式 3 分别说明缓解措施地表覆盖及土壤翻耕相对于干旱胁迫使得油茶果实横径生长量增加 73.20%、75.58%。式 1 数值大于式 2 及式 3 说明地表覆盖及土壤翻耕 2 种措施可以缓解干旱胁迫,但效果不及自然状况。式 2 及式 3 数值比较接近,说明地表覆盖及土壤翻耕 2 种措施缓解效果差异不显著。综合分析可知,干旱胁迫对油茶果实横径生长有一定的影响,而地表覆盖及土壤翻耕 2 种措施可以有效缓解干旱胁迫,而且缓解效果基本一致。

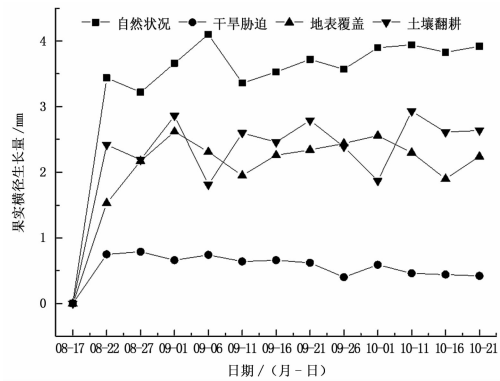

图 7　各处理油茶果实横径生长量的变化

由图 8 可知,干旱胁迫处理使油茶果实纵径生长量为负值,8 月 17 日至 8 月 22 日果实纵径相对生长量下降至 -1.68 mm,到试验结束下降至 -1.8 mm,自然状况、地表覆盖以及土壤翻耕 3 种处理果实纵径生长量基本在 0.5 mm 上下波动。设自然状况、干旱胁迫、地表覆盖及土壤翻耕果实纵径生长的函数分别 $y5$、$y6$、$y7$、$y8$,对其果实纵径生长进行积分:

$$\int_1^{13} y5 = 31.625;\quad \int_1^{13} y6 = -89.50;$$

$$\int_1^{13} y7 = 46.275;\quad \int_1^{13} y8 = 53.05。$$

$$P4 = \frac{\int_1^{13} y6 - \int_1^{13} y5}{\int_1^{13} y5} = \frac{(-89.5) - 31.625}{31.625} \times 100\% = -383.00\% \tag{4}$$

$$P5 = \frac{\int_1^{13} y7 - \int_1^{13} y6}{\int_1^{13} y7} = \frac{46.275 - (-89.5)}{46.275} \times 100\% = 293.40\% \tag{5}$$

$$P6 = \frac{\int_1^{13} y8 - \int_1^{13} y6}{\int_1^{13} y8} = \frac{53.05 - (-89.5)}{53.05} \times 100\% = 268.70\% \tag{6}$$

可以看出,干旱胁迫处理使油茶果实纵径出现

负生长(生长积分为 -89.5),说明干旱胁迫处理下,果实纵径出现了萎蔫状态,而自然状况、地表覆盖以及土壤翻耕3种处理油茶果实纵径均呈正常生长状态,生长势一致。式4说明干旱胁迫相对于自然状况使油茶果实纵径生长量下降383.00%,式5、式6分别说明地表覆盖及土壤翻耕相对于干旱胁迫使得油茶果实纵径生长量增加293.40%、268.70%。式4数值大于式5及式6也说明地表覆盖及土壤翻耕2种措施可以缓解干旱胁迫,但效果不及自然状况。综合分析可知,干旱胁迫使油茶果实纵径出现负生长,地表覆盖及土壤翻耕2种措施可以有效缓解干旱胁迫对油茶果实纵径生长的影响。

利用Pearson法对不同处理土壤含水率与油茶果实及叶片内源激素的相关性进行分析(表2)。自然状况下土壤含水率与油茶果实及叶片内源激素相关性不显著,干旱胁迫土壤含水率与油茶果实纵径、ABA、IAA、ZR、ZR/IAA呈显著相关,地表覆盖、土壤翻耕的土壤含水率与ABA、ZR、ZR/IAA呈显著相关。

利用Pearson法对不同处理油茶果实与叶片内源激素的相关性进行分析(表3)。干旱胁迫处理下茶果实纵径与ZR、ZR/IAA呈极显著正相关,地表覆盖油茶果实纵径与ZR/IAA呈极显著负相关,地表覆盖、土壤翻耕油茶果实纵径与ZR/IAA呈极显著负相关。

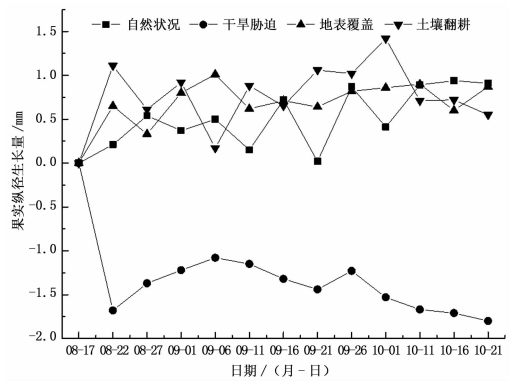

图8 各处理油茶果实纵径生长量的变化

表2 不同处理土壤含水率与油茶果实及叶片内源激素的相关系数

项目	自然状况	干旱胁迫	地表覆盖	土壤翻耕
果实纵径	-0.039	0.938**	-0.762	-0.504
果实横径	-0.683	-0.506	-0.657	-0.745
ABA	-0.507	-0.820*	-0.911*	-0.878*
GA	-0.482	0.204	-0.133	-0.022
IAA	0.154	0.925**	0.762	0.565
ZR	0.509	0.991**	0.987**	0.991**
ZR/IAA	0.445	0.959**	0.859*	0.916*

注:*表示在0.05水平上显著相关,**表示在0.01水平上显著相关。下同。

表3 不同处理油茶果实与叶片内源激素的相关系数

内源激素	果实纵径				果实横径			
	自然状况	干旱胁迫	地表覆盖	土壤翻耕	自然状况	干旱胁迫	地表覆盖	土壤翻耕
ABA	0.493	-0.681	0.530	0.457	0.555	0.237	0.432	0.478
GA	0.534	-0.029	0.595	0.305	0.850*	0.701	0.703	0.546
IAA	-0.309	0.794	-0.188	0.202	-0.049	-0.166	-0.049	0.037
ZR	-0.257	0.920**	-0.796	-0.581	-0.785	-0.508	-0.721	-0.737
ZR/IAA	-0.079	0.920**	-0.937**	-0.740	-0.755	-0.641	-0.916*	-0.866*

3 讨论

内源激素是植物体生命活动的调节者,在植物遭受逆境胁迫时,内源激素起着重要的调节作用。本研究表明,在干旱胁迫条件下油茶通过叶片内源激素含量及比例的变化来调节其生长发育。当土壤含水率低于24.0%~26.8%,油茶叶片内源激素水平开始出现较大变化。本研究中干旱胁迫使油茶叶片内源激素ABA含量上升,ZR含量下降并维持在较低水平,与前人研究结果一致[27],而内源激素IAA含量下降,GA含量先上升后下降,ZR/IAA值下降。内源激素ABA含量的增加提高了油茶叶片的保水性,减轻细胞膜的破损程度,增强油茶对干旱的抵御能力,能有效地促进叶片气孔的关闭[29-30]。地表覆盖及土壤翻耕可以有效缓解干旱对油茶叶片内源激素IAA、GA、ZR含量的影响,而对叶片内源激素ABA含量、ZR/IAA的影响不显著。地表覆盖改变了土壤结构,使得土壤微生物环境更加丰富;土壤翻耕改变了土壤理化性状,改善了土壤空气及水分条件,微生物活动增强加快了土壤养分的分解,利于植株对养分的吸收,促进油茶的生长。干旱胁迫使油茶果实横径生长减小,果实纵径生长出现负增长,而地表覆盖及土壤翻耕相对于干旱胁迫使得果实横径生长量分别增加了73.20%、75.58%,2种措施可以有效缓解干旱胁迫对油茶果实纵径生长的影响。

4　结论

油茶在干旱胁迫条件下抑制生长的内源激素 ABA 含量增加,促进生长的内源激素 GA、ZR、IAA 含量降低,通过内源激素变化抑制油茶的生长势、促进根系生长以及影响花器官的发育及成熟,生产上通过地表覆盖及土壤翻耕可以有效缓解干旱对油茶果实生长的影响。本研究中,地表覆盖及土壤翻耕 2 种措施对叶片内源激素变化以及果实的生长发挥了积极地作用,可以在一定程度上缓解干旱胁迫,在生产实践中可行性强。2 种措施之间缓解干旱效果差异不显著,但从长远来说,地表覆盖更好,它不仅能够缓解干旱,而且在杂草分解之后可以产生无机物,为油茶生长提供养分。在油茶主产区夏秋干旱季节,可以将油茶林下的杂草深翻埋入土壤,一方面减少了杂草对土壤中的水分和营养的吸收,而且深翻的过程中相当于疏松了土壤,切断土壤表面的毛细管,减少土壤水分的蒸发,同时深翻入土的杂草分解后可以为第 2 年油茶果实的生长提供一定的养分,达到缓解干旱和施肥的双重效果,此项技术措施可进一步推广应用。

参考文献:

[1] 姚小华, 姚开良, 任华东, 等. 油茶资源与科学利用研究[M]. 北京: 科学出版社, 2012: 8 – 10.

[2] 何　方, 何　柏. 油茶栽培分布与立地分类的研究[J]. 林业科学, 2002, 38(5): 64 – 72.

[3] 郭龙彪, 钱　前. 栽培稻抗旱性的田间评价方法[J]. 中国稻米, 2003,9(2): 26 – 27.

[4] 周寅杰, 王瑞辉, 陈志钢, 等. 低山丘陵地区油茶林地土壤水分特性分析[J]. 经济林研究, 2013, 27(4): 121 – 125.

[5] 徐光余, 杨爱农, 李多祥, 等. 油茶结实大小年与气候关系的研究[J]. 农技服务, 2008, 25(7): 171 – 172

[6] 乔迺妮, 吴超广, 樊红科. 常德丘陵地区湘林 22 号油茶生长及果实经济性状与气象因子的关系[J]. 西北林学院学报, 2013, 28(5): 120 – 123.

[7] 李冀南, 李朴芳, 孔海燕, 等. 干旱胁迫下植物根源化学信号研究进展[J]. 生态学报, 2011, 31(9): 2610 – 2620.

[8] 李合生. 现代植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 199 – 200.

[9] 何钟佩. 作物激素生理及化学控制[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1997: 225 – 232.

[10] Davies W J, Zhang J. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil[J]. Annu Rev Plant Physical Plant Mol Biol, 1991, 42(1): 55 – 76.

[11] Davenport T L, Morgan P W, Jordan W R. Reduction of auxin transport capacity with age and internal water deficits in cotton petioles [J]. Plant Physical, 1980, 65(5): 1023 – 1025.

[12] Masia A, Pitacco A, Braggio L, *et al*. Hormonal responses to partial drying of the root system of Helianthus annuus[J]. J Exp Bot, 1994, 45(270): 69 – 76.

[13] Saugy M, River L. EC-MS quantification of free and esterindol-3yl-acetic acid in relation of root growth and gravitropism[M] // Pharis R P, Rood S B. Plant growth substances. Berlin: Springer-Verlag, 1990: 441 – 449.

[14] Chan K Y, Heenan D P. Effect of tillage and stubble management on soil water store, crop growth and yield in a wheatlupine rotation southern NSW[J]. Aust J Agric Res, 1996, 47(3): 479 – 488.

[15] Tawainga K. Tillage and rotation effects on soil physical characteristics [J]. Agronomy Journal, 2002, 94(2): 299 – 304.

[16] 周宇飞, 王德权, 陆樟镳, 等. 干旱胁迫对持绿性高粱光合特性和内源激素 ABA、CTK 含量的影响[J]. 中国农业科学, 2014, 47(4): 655 – 663.

[17] Rock C D, Ng P P F. Dominant wilty mutants of Zea mays (Poaceae) are not in abscisic acid perception or metabolism [J]. Am J Bot, 1999, 86(12): 1796 – 1800.

[18] Zhang J, Davies W J. Changes in concentration of ABA in xylem sap as a function of changing soil water status can account for changes in leaf conductance and growth [J]. Plant, Cell and Environ, 1990, 13(3): 277 – 285.

[19] 李良勇, 崔国贤. 营养胁迫下植物内源激素变化研究进展[J]. 作物研究, 2002,(5): 240 – 243.

[20] 史　齐, 萧浪涛, 康朵兰. 植物生长物质在水稻生长发育研究中的应用[J]. 生命科学研究, 2005, 9(4): 72 – 77.

[21] 闫志利, 轩春香, 牛俊义, 等. 干旱胁迫及复水对豌豆根系内源激素含量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(2): 297 – 301.

[22] Blackman P G, Davies W J. Cytokinins, abscisic acid and the control of plant water balance [J]. Acta Hort, 1985, 1985(171): 255 – 261.

[23] 牛俊义, 闫志利, 林瑞敏, 等. 干旱胁迫及复水对豌豆叶片内源激素含量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(6): 154 – 158.

[24] 贺继临, 刘鸿先. 干旱胁迫下不同抗旱性小麦叶片内源激素含量的变化与抗旱力强弱的关系[J]. 热带亚热带植物学报, 1998, 6(4): 341 – 346.

[25] Saab I N, Sharp P E. Non-hydraulic signals from maize roots in drying soil: inhibit of leaf elongation but not stomatal conductance [J]. Planta, 1989, 179(4): 466 – 474.

[26] 刁兆龙. 干旱胁迫和复水对油茶苗光合、荧光和生理生化特性的影响[D]. 福州: 福建农林大学, 2014, 46 – 67.

[27] 陈博雯. 干旱胁迫对油茶组培苗与实生苗内源激素含量的影响[D]. 福州: 福建农林大学, 2014, 45 – 53.

[28] 梁建生, 张建华. 根系逆境信号 ABA 的产生和运输及其生理作用[J]. 植物生理学通讯, 1998, 34(5): 329 – 338.

[29] 张　烈, 沈秀瑛, 孙彩霞, 等. ABA 与玉米抗旱性关系的研究[J]. 玉米科学, 1998(增刊 1): 42 – 44.

[30] 李建贵, 黄俊华, 王　强. 梭梭叶内激素与渗透调节物质对高温胁迫的响应[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2005, 29(6): 45 – 48.

(责任编辑:金立新)