



庄倩倩,陈少鹏,刘颖,等.三种针叶树种生长期内源激素动态变化的分析[J].黑龙江农业科学,2021(1):107-111,112.

三种针叶树种生长期内源激素动态变化的分析

庄倩倩¹,陈少鹏¹,刘颖²,吕伟伟²

(1. 吉林农业科技学院,吉林 吉林 132101;2. 吉林市林业科学研究院,吉林 吉林 132013)

摘要:为初步探寻东部白松的速生机制,分别选择一年生、三年生和五年生的东部白松、红松及长白落叶松为试验材料,于6月、7月和8月采集植株的新梢部位并进行吲哚乙酸(IAA)、玉米素(ZT)、赤霉素(GA)、脱落酸(ABA)、水杨酸(SA)含量的测定。结果表明:IAA、ZT和GA在3个树种的3个苗龄含量均低于 $0.001 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$;ABA含量在3个树种中的含量排序为红松>东部白松>长白落叶松,红松年周期中表现为6月开始下降,7月最低,8月升高;东部白松和长白落叶松表现为6月最高,8月时降至最低;SA含量在3个树种中的含量排序为东部白松>长白落叶松>红松,同树种内表现为随苗龄增大,SA含量增加,在年生长周期中,从6月至8月逐渐升高。

关键词:东部白松;红松;长白落叶松;内源激素

植物体内的激素一般由不同的器官产生且含量甚微,但通过极性和非极性运输作用可到达植株的一定部位,植物体内各细胞、组织和器官之间的信息交流均有激素物质的参与,故激素对植物有非常重要的作用^[1]。针叶树种的生长速度较慢,成材及结实所需要的年限较多,但不同的针叶树种之间其生长速度也有较大的差别。

脱落酸(ABA)是一种具有倍半萜结构的植物激素,对种子休眠、根生长发育和植株生长等过程具有重要意义,参与抑制细胞生长、叶片脱落、气孔关闭等生理过程^[2]。水杨酸(SA)是植物体内普遍存在的一种小分子酚类物质,化学名为邻羟基苯甲酸^[3],水杨酸对植物生长发育具有多种调节作用,可作为信号传递分子诱导植物体内抗逆基因的表达,故其参与植物的抗性反应,对病虫害、高温、干旱、盐胁迫都有一定的抵抗作用^[4-6]。吲哚乙酸(IAA)广泛存在于植物体内,负责参与并调控各种生理反应和过程,是一种重要的植物生长激素,最近的研究表明植物通过调节IAA含量来应对高温、低温等不良环境的变化^[7]。玉米素(ZT)是植物细胞分裂素的一种,负责调解植物的生长和发育,相关研究指出玉米素对植物的高

生长和季节性变化有关^[8]。赤霉素(GA)能够促进植物茎叶的生长,促进细胞伸长,引发植物种子和果实的发育。这5种激素均与植物的生长发育有着密切的关系,对其含量及变化趋势的研究是对植物间生长特性进行比较分析的有效途径。

东部白松(*Pinus strobus*)又称北美乔松,乔木,树高40~50 m,原产美国东北部和加拿大东南部,因其生长迅速且树形优美,为当地重要的速生用材树种及绿化观赏树种。吉林市林业科学研究院于1981年从美国和辽宁熊岳引进东部白松种子^[4],在吉林省中东部进行引种驯化试验,生长发育良好,能够正常开花结实,具有较高经济、生态效益,其生长速度较快,是目前吉林省五针松中生长最快的树种^[9]。东部白松的速生特点在众多针叶树种中显得尤为稀少,但目前其速生机制却未见研究及报道。刘颖等^[10]将东部白松的生长速度与吉林省重要造林针叶树种红松(*Pinus koraiensis*)及长白落叶松(*Larix olgensis*)相比较,得出其生长速度为长白落叶松>东部白松>红松。因此,本文将这3种针叶树种不同树龄及不同生长期的枝条内源激素进行了测定及对比分析,旨在探求东部白松速生性质与内源激素之间的相关性,为今后更进一步研究东部白松的速生机制奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

分别选择一年生、三年生、五年生的生长健

收稿日期:2020-09-16

基金项目:吉林农业科技学院青年基金项目(吉农院合字[2018]第3020号);吉林省科技厅重点科技研发项目(20180201006NY)。

第一作者:庄倩倩(1984—),女,博士,讲师,从事长白山特色植物研究。E-mail:zhuangqian_0156@sina.com。

壮、无病虫害的植株新梢部位为试材。其中,东部白松和红松种源选自辽宁省熊岳,落叶松选自吉林省蛟河天岗林场。于2018年5月初移栽定植于吉林省吉林市吉林农业科技学院园林树木资源圃中,相同条件养护管理。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 分别于2018年6月、7月和8月的中旬,选择天气晴朗无风的一天上午,分别对生长良好的一年生、三年生、五年生的东部白松、红松和东北落叶松植株进行材料采集。采集植株的新梢部位,用锡纸包裹并标记后迅速投入液氮罐中保存。每个处理分别采集3株树木新梢样本,作为3次重复材料。

1.2.2 测定项目及方法 采用高效液相色谱法^[11](仪器:Shiseido SP HPLC- Thermo TSQ Quantum Ultra MS/Ms)对试验材料进行5种内源激素的测定,包括吲哚乙酸(Indole-3-Acetic Acid, IAA)、赤霉素(Gibberellin, GA)、玉米素(Trans-Zeatin, ZT)、脱落酸(Absciscic Acid, ABA)、水杨酸(Salicylic Acid, SA)。

1.2.3 数据分析 采用Excel 2013及SPSS 12.0分析软件对测定数据进行统计分析并作图。

2 结果与分析

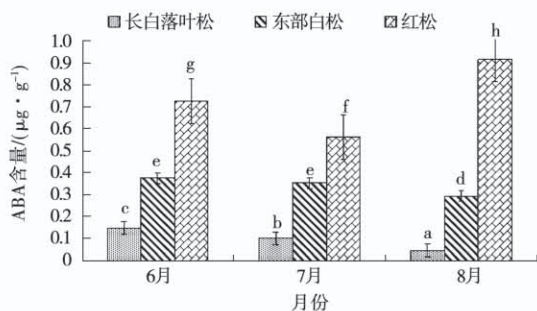
对3种针叶树种在6月、7月和8月的3种树龄(一年生、三年生、五年生)的新梢位置取样,5种生长激素测定结果显示,各个处理的吲哚乙酸(IAA)、玉米素(ZT)和赤霉素(GA)的含量均低于 $0.001 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,脱落酸(ABA)和水杨酸(SA)的含量分析见下文。

2.1 不同树种新梢中 ABA 含量变化

由图1可知,由于树种及采样时间不同,3种针叶树种新梢的ABA含量均呈现出不同的含量及变化趋势。其中,一年生针叶树苗红松中的ABA含量最高,且与其他2个树种达到差异显著水平,长白落叶松和东部白松ABA含量随取样时间延后逐渐降低,8月达到最低(长白落叶松为 $0.0437 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、东部白松为 $0.2913 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$),而红松在7月时达到最低($0.5613 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$),8月呈现升高趋势。

由图2、图3可知,三年生及五年生针叶树苗在6月、7月和8月中ABA含量变化趋势与一年

生树苗变化趋势相似,这主要与树木年生长周期中物候期相关。长白落叶松生长期内6月初至8月末为新梢生长期,此期间ABA含量较低,而东部白松在7—8月为新梢生长期,此时ABA含量达到最低值,而转入8月新梢停止生长,ABA含量呈现上升趋势。从图1~图3中还发现,同龄树苗在同一时间内,红松中ABA含量均处于最高水平,东部白松次之,长白落叶松最低,且三者之间ABA含量多数达到差异显著水平。



注:不同小写字母表示在0.05水平差异显著。下同。

图1 3种针叶树种一年生苗 ABA 含量

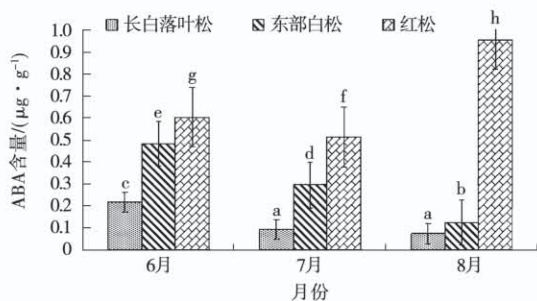


图2 3种针叶树种三年生苗 ABA 含量

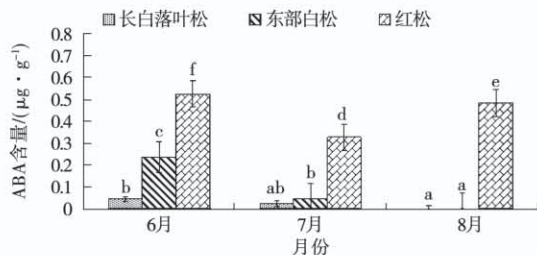


图3 3种针叶树种五年生苗 ABA 含量

2.2 同一树种新梢生长期 ABA 含量变化

由图4可知,不同树龄的长白落叶松在6—8月虽然整体ABA含量变化趋势相似,但含量水平不同,一年生苗和三年生苗在7月含量差异不显著,而在6和8月时三年生苗ABA含量均高于一年生苗,其中6月达到差异显著水平,五年生苗

在 3 个不同时间的 ABA 含量均低于一年生和三年生苗,且达到差异显著水平。这与长白落叶松的快生树种性质密切相关,五年生树龄的长白落叶松进入迅速生长年限,故新梢中对生长有抑制作用的 ABA 含量较幼龄树苗中的含量显著降低。

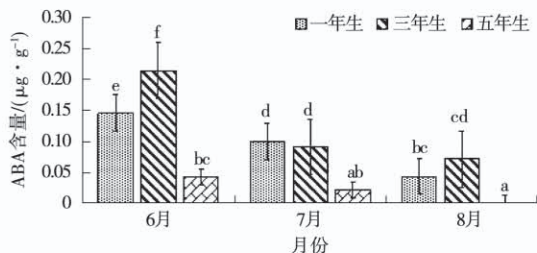


图 4 长白落叶松生长期新梢 ABA 含量

从图 5 和图 6 可知,东部白松及红松不同树龄的苗在相同时间中也体现出不同的含量水平,其中幼龄苗(一年生、三年生)中 ABA 含量较高($0.122\ 7\sim 0.957\ 6\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$),五年生苗 ABA 含量则较低($0\sim 0.523\ 7\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)且均与幼龄苗达到差异显著水平。由图 4~图 6 可知,长白落叶松 ABA 含量变化范围为 $0\sim 0.214\ 4\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,东部白松变化范围为 $0\sim 0.481\ 7\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,红松变化范围为 $0.325\ 1\sim 0.957\ 6\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,三者的 ABA 含量为红松>东部白松>长白落叶松。

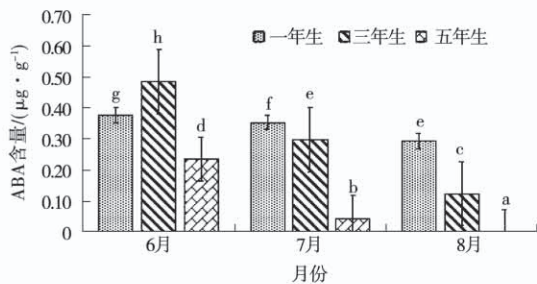


图 5 东部白松生长期新梢 ABA 含量

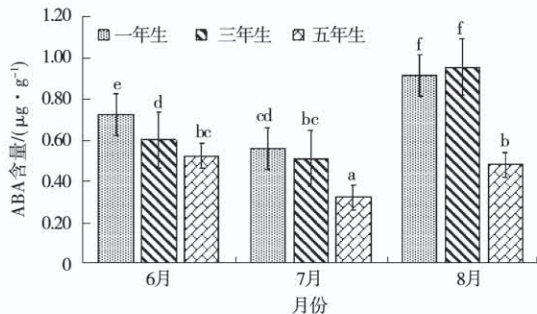


图 6 红松生长期新梢 ABA 含量

2.3 不同树种新梢中 SA 含量变化

由图 7~图 9 可知,不同树种在相同苗龄、相同时间中的 SA 含量均为东部白松最高(除三年生苗 7 月样品未测出外),且差异达显著水平,而长白落叶松和红松之间的差异及趋势并不明显,二者的 SA 含量在三年生苗及五年生苗中 8 月的数值达到差异显著外,其他比较结果均差异不显著。

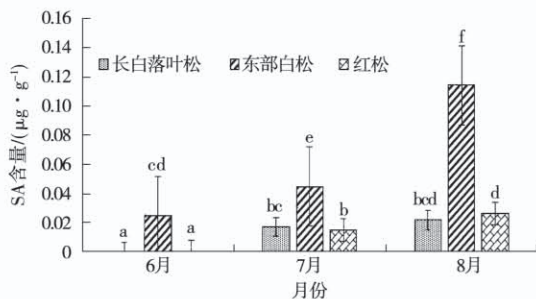


图 7 3 种针叶树种一年生苗 SA 含量

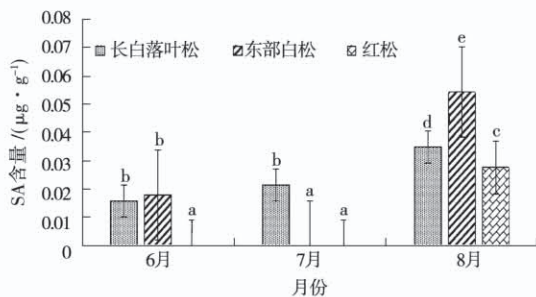


图 8 3 种针叶树种三年生苗 SA 含量

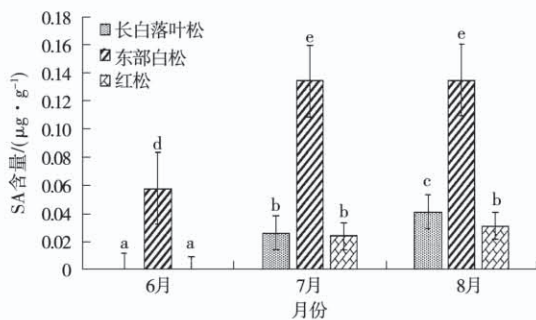


图 9 3 种针叶树种五年生苗 SA 含量

由图 7 可知,一年生苗中,3 个树种 SA 含量均随着时间延续呈现上升趋势(未测出组除外),但长白落叶松和红松 SA 含量较低(长白落叶松最高为 $0.021\ 9\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,红松最高为 $0.026\ 4\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)与东部白松最高 SA 含量($0.114\ 3\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)差异显著。由图 8、图 9 可知,三年生苗及五年生苗中 3 个树种 SA 含量随时间变化趋势与一年生苗相似,东部白松 SA 含量仍然最高(未测出组除外)。

从图 8 明显能够看出,三年生苗中,东部白松与另外两树种的 SA 含量差距明显缩小,而从图 9 能够发现这种差距在五年生苗龄时差距再次增大(东部白松在 8 月时的 SA 含量最高,为 $0.1346 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,而另两树种中长白落叶松在 8 月含量较高,SA 含量却仅有 $0.0413 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

2.4 同一树种新梢生长期 SA 含量变化

由图 10 可知,长白落叶松新梢中 SA 含量随着苗龄的增加,除一年生、五年生在 6 月中未测出 SA 含量外,其余均呈现出上升的趋势;由图 11 可知,东部白松 SA 含量在三年生苗龄中最低(6 月、7 月和 8 月分别为 $0.0180, 0$ 和 $0.0541 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$),五年生苗龄中含量最高(6 月、7 月和 8 月分别为 $0.0578, 0.1340$ 和 $0.1346 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$),这与水杨酸可增加植物抗逆性有关,东部白松在五年生苗龄时抗逆性明显增强;由图 12 可知,红松随着苗龄增加 SA 含量呈现逐渐上升趋势(未测出组除外),但不同苗龄之间的递增数值差异不显著(未测出组无法判断差异性除外),且整体低于东部白松,这与红松为慢生树种有关,五年苗龄植株仍处于整个生命周期的较初期,因此抗逆性相对较低。

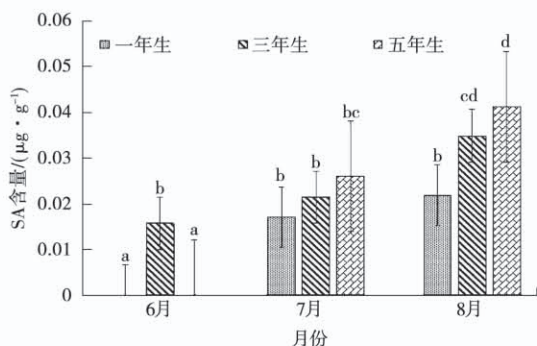


图 10 长白落叶松生长期新梢 SA 含量

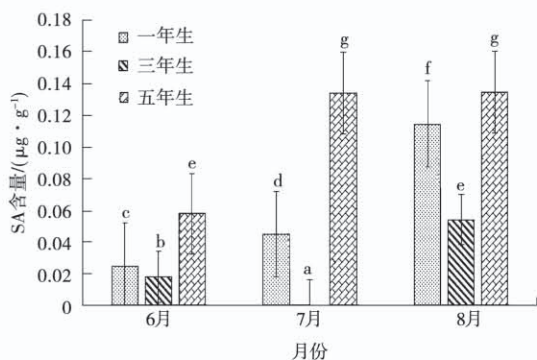


图 11 东部白松生长期新梢 SA 含量

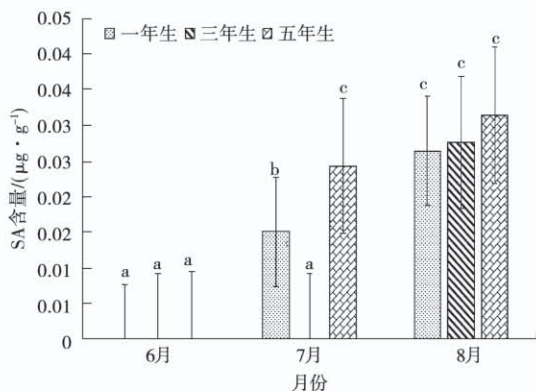


图 12 红松生长期新梢 SA 含量

3 结论与讨论

3.1 讨论

试验中对于不同针叶树种的不同苗龄(一年生、三年生、五年生)及生长期不同时间段(6、7、8月)的新梢位置的 IAA、ZT、GA 测定结果显示,3 种激素含量均低于 $0.001 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。Raskin^[12]报道红松幼龄时 IAA 和 ZT 含量偏低,而在 11~12 a 苗龄时含量明显升高,但随着树龄增大,其含量又逐渐降低。本试验分析认为,这与红松的生物学特性关系密切,因为红松在幼龄时期生长非常缓慢,故激素整体水平也相对较低。同理本试验的 3 个苗龄均属于 3 种针叶树种的幼龄时期,此阶段植株内生长素类的激素水平普遍较低,故上述 3 种激素的测得结果均 $<0.001 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

通过对相同苗龄、相同时间段下 3 种针叶树种 ABA 含量的测定结果分析发现,3 种针叶树种中同条件下 ABA 成分含量为长白落叶松 $<$ 东部白松 $<$ 红松,这与刘颖等^[10]所发现的 3 个树种的生长速度(长白落叶松 $>$ 东部白松 $>$ 红松)呈负相关关系。同苗龄同树种中,通过对 ABA 含量变化的分析发现,红松在 7 月的含量下降为最低,而 8 月急剧升高,这与文献报道的红松的年生长速度分布相吻合,即 6—7 月为红松的生长旺季,此时抑制生长的 ABA 含量最低,而 8 月时,红松逐渐停止生长,此时 ABA 含量急剧升高^[13]。3 种针叶树种不同苗龄中 ABA 含量随苗龄的增加而降低,但一年生和三年生的 ABA 含量差异较小,而五年生的 ABA 含量降低的程度较大,预计随苗龄越大,差异更为明显,这均由于针叶树种幼树阶段生长较缓慢引起。东部白松 ABA 含量从 6 月开始降低,8 月时降至最低,原因是 7—8 月时东部白松年生命周期中生长旺盛的时期,此时

ABA 含量也最低^[14]。

SA 多数认为与植株体的抗逆性呈正相关^[15-17],本试验发现不同树种间在相同苗龄及相同月份下 SA 含量为东部白松>长白落叶松>红松,其中长白落叶松和红松的差异不显著;此外,同树种中随苗龄增加,SA 含量增加,随时间的递增(6—8 月),SA 含量呈升高趋势。这与大量报道的 SA 含量与植物抗逆性试验的结果较为相似,随苗龄增加,植株抗性增强,在植株生长旺盛期 SA 含量增加,但红松 3 个苗期在 6 月取样中 SA 含量均低于 $0.001 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$,其原因还有待进一步探讨。

3.2 结论

IAA、ZT、GA 在 3 个树种的 3 个苗龄中含量均低于 $0.001 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$;ABA 含量在 3 个树种中的含量排序为红松>东部白松>长白落叶松,红松年周期中 ABA 表现为 6 月开始下降,7 月最低,8 月升高,东部白松和长白落叶松表现为 6 月最高,8 月时降至最低;SA 含量在 3 个树种中的含量排序为东部白松>长白落叶松>红松,同树种内表现为随苗龄增大,SA 含量增加,年生长周期中,SA 含量在 6—8 月逐渐升高。

参考文献:

- [1] 潘瑞炽.植物生理学[M].6 版.北京:高等教育出版社,2008.
- [2] 朱晓琛,张汉马,南文斌.脱落酸调控植物根系生长发育的研究进展[J].植物生理学报,2017,53(7):1123-1130.
- [3] 王伟玲.钾、钙、水杨酸等物质对水曲柳苗木抗寒性的影响[D].哈尔滨:东北林业大学,2010.

- [4] 徐富贤,郑家奎,张乃周,等.杂交中稻发根力及根系活力与地上部性状的关系[J].西南农业学报,2002,15(2):34-37.
- [5] Delaney T, Uknes S, Vernooij B, et al. A central role of salicylic acid in plant disease resistance[J]. Science, 1994, 266(5188):1247-1250.
- [6] 左仲武,刘彦超,刘志龙.水分胁迫下水杨酸对油松幼叶片膜脂过氧化作用的影响[J].西北林学院学报,2003,18(4):24-25.
- [7] 颜爽爽,邱正坤,余炳伟,等.植物生长素响应高温胁迫研究进展[J].园艺学报,2020,47(11):2238-2246.
- [8] 孙琳琳.盐胁迫下葡萄苗体内多胺类物质及相关内源激素代谢变化规律研究[D].石河子:石河子大学,2018.
- [9] 赵继芝,张英俊.东部白松引种驯化研究[J].科技资讯,2011(24):169-171.
- [10] 刘颖,张海军,孙国文,等.北美优良树种东部白松在吉林省引种现状与规划设想[J].防护林科技,2017(9):101-103.
- [11] 李华,郭启高,梁国鲁,等.利用高效液相色谱法同时测定枇杷果实中 10 种植物激素[J].西南大学学报(自然科学版),2018,40(3):18-25.
- [12] Raskin I. Role of salicylic acid in plants[J]. Annual Review of Plant Biology, 1992, 43(1):439-463.
- [13] 王彦清,王全华,吴捷,等.红松开花及其内源激素动态的研究[J].林业技,1998(5):11-13,19.
- [14] 白丽韻,迟长义,赵秋娟.辽宁引种东部白松播种育苗技术[J].辽宁林业科技,2004(3):45-46.
- [15] 范晓龙,陶莉,马国强,等.水杨酸对华北落叶松种子萌发及幼苗生理特性的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2014,42(5):69-74.
- [16] 王志明,刘国荣.水杨酸对落叶松的诱导抗病性及其林间应用[J].东北林业大学学报,2007(11):20-22.
- [17] 张营,李法云,严霞,等.外源 K^+ 和水杨酸在缓解融雪剂对油松幼苗生长抑制中的效应与机理[J].生态学报,2012,32(14):4300-4308.

Dynamic Changes Analysis of Endogenous Hormones in Three Coniferous Tree Species During Growth Period

ZHUANG Qian-qian¹, CHEN Shao-peng¹, LIU Ying², LYU Wei-wei²

(1. Jilin Agricultural Science and Technology College, Jilin 132101, China; 2. Jilin Academy of Forestry Sciences, Jilin 132013, China)

Abstract: In order to explore the fast-growing mechanism of *Pinus strobus*, one year old, three-year-old and five-year-old of *Pinus strobes*, *Pinus koraiensis* and *Larix olgensis* were selected as experimental materials, the contents of indoleacetic acid (IAA), zeatin (ZT), gibberellin (GA), abscisic acid (ABA) and salicylic acid (SA) in new shoots of *Pinus strobus*, *Pinus koraiensis* and *Larix olgensis* were measured in June, July and August. The results showed that the contents of IAA, ZT and GA in three tree species were all lower than $0.001 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, and the order of ABA content in the three tree species was *Pinus koraiensis* > *Pinus strobus* > *Larix olgensis*, the annual cycle of *Pinus koraiensis* was decreasing in June, the lowest in July and increasing in August; the content of ABA in *Pinus strobus* and *Larix olgensis* was the highest in June, and decreased to the lowest in August; the content of SA in the three tree species was in the order of *Pinus strobus* > *Larix olgensis* > *Pinus koraiensis*, and increased with seedling age in the same tree species, and the content of SA increased from June to August.

Keywords: *Pinus strobus*; *Pinus koraiensis*; *Larix olgensis*; endogenous hormones