[DOI: 10.18869/acadpub.ejgcst.6.3.63]

Downloaded from ejgcst.iut.ac.ir at 0:44 IRST on Tuesday November 21st 2017

اثر ایندول بوتیریک اسید بر ریشه‌زایی قلمه خشبی سوفورای ژاپنی (*Sophora japonica* L.)

الهام شمس[1*]، نعمت‌الله اعتمادی[2] و فروغ مرتضایی‌نژاد[1]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۲۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۵/۱۹)

چکیده

سوفورای ژاپنی درخت خزان‌کننده با گل‌های سفید تا شیری رنگ خوشبو، با گل‌آذین خوشه مرکب، است. از این درخت در فضای سبز شهری مناطق مرکزی ایران کمتر استفاده شده است. یکی از دلایل آن، کمبود اطلاعات در مورد ازدیاد این گیاه است. در این آزمایش، اثر غلظت‌های مختلف ایندول بوتیریک اسید و نمک پتاسیم- ایندول بوتیریک اسید (صفر، ۵۰۰۰، ۱۰۰۰۰، ۱۵۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بر ریشه‌زایی قلمه‌های خشبی سوفورای ژاپنی، با پاگرما و بدون پاگرما، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که قلمه‌های خشبی بدون پاگرما ریشه‌زایی نداشتند و تنها تولید کالوس نمودند. پاگرما اثر معنی‌داری بر همه تیمارهای به‌کار برده داشت. بیشترین میزان ریشه‌زایی در غلظت ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتیریک اسید و نمک پتاسیم آن (به ترتیب ۵۶/۶۶٪ و ۵۳/۳۳٪) در ۸۰ روز پس از کشت قلمه‌ها حاصل شد. بلندترین طول ریشه در روز ۸۰، مربوط به غلظت ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نمک پتاسیم- ایندول بوتیریک اسید بود. افزایش غلظت‌های هورمونی، باعث افزایش درصد ریشه‌زایی، تعداد ریشه، سطح برگ، میزان کربوهیدرات ریشه، وزن تر و خشک ریشه، ساقه و برگ شد. اما با کاهش غلظت‌های هورمونی، نسبت تعداد جوانه نورسته به تعداد جوانه خفته و میزان کربوهیدرات برگ افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: قلمه خشبی، ریشه‌زایی ، نمک پتاسیم- ایندول بوتیریک اسید، پاگرما

مقدمه

نقش گیاهان، به ویژه درختان، در پالایش و کاستن آلودگی‌های گوناگون هوا، صدا، نور و زیبا سازی جاده‌ها، خیابان‌ها و پارک‌ها بسیار قابل توجه است (۱). علیرغم محدود بودن تنوع گونه‌های درختی در فضای سبز شهری، برخی گونه‌های غالب فضای سبز از قبیل چنار، بید و صنوبر به علت خشکسالی‌های اخیر دچار آسیب‌های جدی شده‌اند. بنابراین، برای ایجاد تنوع و جایگزینی، یافتن گونه‌های گیاهی که با شرایط آب و هوایی مناطق خشک سازگار باشند ضروری است. سوفورای ژاپنی (*Sophora japonica*) گیاهی از تیره پروانه‌آسا (Papilionaceae) با فرم رشد کروی متراکم، با ارتفاع ۲۵ تا ۳۰ متر و عرض ۲۰ متر، می‌باشد. این درخت کند رشد بوده و دارای عمر طولانی می‌باشد که می‌تواند شرایط آب و هوایی سرد، گرم و خشک، تابش مستقیم آفتاب، یخبندان، خاک‌های فقیر و سنگلاخی، آلودگی‌های شهری و اوزُن را تحمل نماید (۷). این درخت حدود ۴۵ سال است که در دانشگاه اصفهان کشت گردیده و به دلیل مقاومت آن به کم آبی، با شرایط آب و هوایی اصفهان سازگار شده است. بنابراین، برای فضای سبز مناطق خشک کشور مناسب می‌باشد.

به طور کلی، سوفورای ژاپنی با بذر تکثیر می‌شود که این

۱. گروه علوم باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

۲. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: elham.shams2@yahoo.com

[DOI: 10.18869/acadpub.ejgcst.6.3.63]
Downloaded from ejgcst.iut.ac.ir at 0:44 IRST on Tuesday November 21st 2017

روش باعث تفرق صفات می‌گردد. ازدیاد این گیاه توسط قلمه محدود است. اغلب جنس‌ها و گونه‌های چوبی گیاهان تیره پروانه‌آسا سخت ریشه‌زا هستند (۲۹). در صورتی که آسان‌ترین، سریع‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش غیر جنسی ازدیاد از طریق قلمه می‌باشد، به طوری که در گیاهان افزوده شده یکنواختی بیشتری وجود دارد و تقریباً هیچ تغییر ژنتیکی ایجاد نمی‌شود (۳).

امروزه تأیید شده که تقسیم اولین سلول‌های آغازنده‌ی ریشه به وجود اکسین درونی و یا اکسینی که به صورت خارجی به‌کار برده می‌شود بستگی دارد (۳). اکسین اثرهای متنوعی روی رشد و ریخت‌زایی گیاه دارد. این هورمون رشد طولی ساقه‌ها، کولئوپتیل‌ها و تقسیم سلولی در ساقه‌ها را افزایش می‌دهد. اما ممکن است از رشد جوانه‌های جانبی جلوگیری نماید (۴). همچنین، روی سرعت و افزایش درصد ریشه‌زایی، افزایش تعداد و کیفیت ریشه و یکنواختی ریشه‌زایی قلمه‌ها اثر دارد (۳). بلافاصله پس از تیمار ایندول بوتیریک اسید، میزان فنول افزایش پیدا کرده و پس از آن IAA- اکسیداز و پراکسیداز شروع به افزایش می‌کنند. زمانی‌که فنول زیاد می‌شود ریشه‌زایی آغاز و با افزایش IAA- اکسیداز و پراکسیداز ریشه‌زایی افزایش می‌یابد (۲۲).

یاتس (۳۰) گزارش نمود که قلمه‌های سرخدار که در فصل خواب گرفته می‌شوند درصد موفقیت بیشتری را در ریشه‌زایی دارند. در تحقیقی، از بین چهار غلظت ایندول بوتیریک اسید (صفر، ۵۰۰۰، ۱۰۰۰۰ و ۱۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، غلظت ۱۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ریشه‌زایی بهینه‌ای را در قلمه خشبی درخت افرای قندی به دنبال داشته است (۵). بیشترین ریشه‌زایی (۸۰٪) در قلمه‌های خشبی ماگنولیا جنوبی (*Magnolia grandiflora*)، در تیمار هورمونی ۰/۰۱ میلی‌مولار نفتالین استیک اسید + ۰/۰۲ میلی‌مولار ایندول بوتیریک اسید همراه با زخم‌زنی گزارش شده است (۸). پیجوت و مور (۲۱) بیان نمودند که قلمه‌های خشبی گردو (*Juglans cinerea*) گرفته شده در ماه خرداد و تیمار شده با ۷۴ میلی‌مولار ایندول بوتیریک اسید و ۶۲ میلی‌مولار نمک پتاسیم- ایندول بوتیریک اسید به ترتیب ۲۸ و ۲۲ درصد ریشه‌زایی داشتند.

کاندن و بلازیچ (۹) آزمایشی روی سه نوع قلمه چوب سبز، نیمه‌خشبی و خشبی درخت *Castanopsis sclerophylla* انجام دادند. آنها دو تنظیم کننده رشد شامل ایندول بوتیریک اسید و نمک پتاسیم آن با غلظت‌های صفر، ۲۵۰۰، ۵۰۰۰، ۷۵۰۰ و ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر را به عنوان تسریع کننده ریشه‌زایی مورد بررسی قرار دادند و گزارش نمودند که بیشترین میزان ریشه‌زایی (۶۳٪) در تیمار هورمونی نمک پتاسیم- ایندول بوتیریک اسید با غلظت ۷۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر در قلمه چوب سبز حاصل شده و در دو قلمه چوب نیمه‌خشبی و خشبی، ریشه‌زایی ناچیز و به ترتیب ۱٪ و ۳٪ گزارش گردید. بهترین شرایط جهت بیشترین ریشه‌زایی (۶۰٪) و کالوس‌زایی (۶۰٪) در قلمه‌های خشبی درخت شاه‌توت (*Morus nigra* L.)، قلمه‌های تهیه شده در ماه دی و تیمار شده با ۵ گرم در لیتر ایندول بوتیریک اسید به مدت ۵ ثانیه، با زخم‌زنی و استفاده از محیط کشت پرلیت همراه با پاگرما (۲±۲۲ درجه سلسیوس) گزارش شده است (۱۸). در بررسی دیگری، اثر پنج غلظت صفر، ۵۰۰۰، ۱۰۰۰۰، ۱۵۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نمک پتاسیم- ایندول بوتیریک اسید به روش فروبری سریع بر ریشه‌زایی انواع قلمه ساقه درخت نارون (*Ulmus parvifolia*) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که ریشه‌زایی در غلظت‌های ۱۵۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر برای قلمه‌های چوب سبز، نیمه‌خشبی و خشبی به ترتیب ۹۷، ۸۷ و ۸ درصد می‌باشد (۱۶).

گزارش‌های مختلف بیانگر آن است که زخم‌زنی انتهای قلمه‌ها باعث از هم‌گسیختگی لایه اسکلرانشیمی و افزایش تقسیم سلولی در پارانشیم لایه زاینده می‌شود (۲۸). از طرف دیگر، اکسین‌ها و کربوهیدرات‌ها در محل زخم جمع می‌شوند و به ریشه‌زایی بهتر کمک می‌کنند (۱۷).

این پژوهش به منظور بررسی تأثیر ایندول بوتیریک اسید و نمک پتاسیم آن بر ریشه‌زایی قلمه خشبی درخت سوفورای ژاپنی جهت افزایش این گیاه و حفظ ویژگی‌ها و پایداری

[DOI: 10.18869/acadpub.ejgcst.6.3.63]

Downloaded from ejgcst.iut.ac.ir at 0:44 IRST on Tuesday November 21st 2017

ژنتیکی آن اجرا شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی در اواسط بهمن ماه سال ۱۳۹۱ از درخت سوفورای ژاپنی موجود در دانشگاه اصفهان تهیه گردید، به طوری که شاخه‌های مورد نظر صبح زود از گیاه مادری جدا و پس از آن به‌طور حفاظت شده در حداقل زمان ممکن، برای جلوگیری از تنش، به گلخانه منتقل شدند. قلمه‌های خشبی به طول حدود ۲۰ سانتی‌متر و قطر حدود ۱±۵ میلی‌متر، بدون برگ، تهیه گردید و پایین قلمه‌ها با تیغ جراحی ۲ زخم به طول ۲ سانتی‌متر زده شد. قلمه‌ها به مدت ۴۵ ثانیه در محلول قارچ‌کش بنومیل با غلظت یک در هزار ضدعفونی شده و بعد از آن به مدت ۱۰ دقیقه در هوای آزاد قرار گرفتند. سپس، ۲ سانتی‌متر پایین قلمه‌ها به مدت ۵ ثانیه در غلظت‌های صفر، ۵۰۰۰، ۱۰۰۰۰، ۱۵۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتیریک اسید (IBA) و نمک پتاسیم- ایندول بوتیریک اسید (K-IBA) قرار داده شد. آزمایش روی میزهایی به طول ۳ متر و عرض ۱ متر با محیط کشت پرلیت که نیمی از آنها دارای سیستم پاگرما بودند انجام شد. دمای گلخانه ۱۶-۲۵ درجه سلسیوس (با میانگین ۲۰/۷ درجه سلسیوس)، میانگین دمای بستر کشت با پاگرما ۲۳ درجه سلسیوس و بدون پاگرما ۱۸ درجه سلسیوس بود. پس از باز شدن جوانه‌ها در قلمه‌ها، از سیستم مه‌پاش استفاده شد و رطوبت نسبی ۸۲-۹۸ درصد (میانگین ۹۰٪) تأمین گردید. قبل از آن رطوبت نسبی ۴۷-۵۳ درصد (میانگین ۵۰٪) بود. در طول آزمایش هیچ‌گونه آفت و بیماری مشاهده نشد. این آزمایش به صورت فاکتوریل ۲×۵×۲ که در آن فاکتور اول شامل دو تنظیم‌کننده رشد گیاهی ایندول بوتیریک اسید و نمک پتاسیم-ایندول بوتیریک اسید، فاکتور دوم ۵ سطح تنظیم‌کننده رشد گیاهی و فاکتور سوم دو نوع سیستم حرارتی با پاگرما و بدون پاگرما در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام گرفت. برای هر تکرار ۱۰ قلمه در نظر گرفته شد. بنابراین، در این آزمایش از ۶۰۰ قلمه استفاده گردید.

اندازه‌گیری صفات درصد ریشه‌زایی و طول ریشه در ۳۰، ۶۰ و ۸۰ روز پس از کشت قلمه‌ها و صفات تعداد ریشه، طول بلندترین ریشه، تعداد برگ، سطح برگ، کربوهیدرات در برگ و ریشه، نسبت تعداد جوانه‌های نورسته به تعداد جوانه‌های خفته و وزن تر و خشک ریشه، برگ و ساقه رشد یافته ۸۰ روز پس از کشت قلمه‌ها صورت گرفت. داده‌ها با نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل شدند و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD استفاده گردید.

نتایج و بحث

درصد ریشه‌زایی

در قلمه‌هایی که از سیستم حرارتی پاگرما استفاده نشده بود تنها تولید کالوس مشاهده شد که پس از مدتی کالوس‌ها سیاه شدند و ریشه‌ای تولید نشد. این در حالی بود که اولین علائم تشکیل ریشه در قلمه خشبی با سیستم حرارتی پاگرما سه هفته بعد از انتقال آنها به بستر کشت مشاهده گردید.

بررسی تجزیه واریانس داده‌ها در مورد صفت درصد ریشه‌زایی قلمه‌ها با سیستم حرارتی پاگرما نشان داد که اثر متقابل نوع هورمون در سطوح هورمون در ۳۰ روز پس از کشت قلمه‌ها در سطح احتمال ۵٪ و در ۶۰ و ۸۰ روز پس از کشت آنها در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار می‌باشد (جدول ۱). در روز سی‌ام، کمترین ریشه‌زایی در تیمار شاهد (بدون هورمون) مشاهده شد. بین تیمارهای K-IBA و غلظت‌های ۱۵۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید و بیشترین درصد ریشه‌زایی را داشتند (جدول ۲).

در مورد قلمه‌ها در روز شصتم، غلظت‌های زیادتر هورمونی بیشترین اثر را روی درصد ریشه‌زایی داشتند، به‌طوری که از مجموع غلظت‌های به‌کار رفته، تیمار ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA منجر به بیشترین درصد ریشه‌زایی (۴۳/۳۳٪) شد و پس از آن غلظت ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر K-IBA زیادترین درصد (۳۶/۶۶٪) را به خود اختصاص داد. بیشترین درصد ریشه‌زایی در روز هشتادم با غلظت‌های ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در

[DOI: 10.18869/acadpub.ejgcst.6.3.63]

Downloaded from ejgcst.iut.ac.ir at 0:44 IRST on Tuesday November 21st 2017

جدول ۱. تجزیه واریانس درصد ریشه‌زایی و طول ریشه در ۳۰، ۶۰ و ۸۰ روز پس از کشت قلمه‌های سوفورای ژاپنی با پاگرما

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		ریشه‌زایی در ۳۰ روز	ریشه‌زایی در ۶۰ روز	ریشه‌زایی در ۸۰ روز	طول ریشه در ۳۰ روز	طول ریشه در ۶۰ روز	طول ریشه در ۸۰ روز
نوع هورمون	۱	۸۳/۳۳**	۵۳/۳۳ns	۲۱۳/۳**	۱۰/۶۸***	۲۸/۶۱*	۱۴۹/۴**
سطح هورمون	۴	۴۸۳/۳***	۷۲۵/۰***	۱۶۹۵***	۱۰۶/۷***	۴۹۵/۳***	۱۱۶۹***
هورمون× سطح هورمون	۴	۳۳/۳۳*	۶۱/۶۶**	۱۳۸/۳**	۱/۴۷**	۲۵/۱۴**	۹۳/۶۸**
خطا	۲۰	۱۰	۱۳/۳۳	۲۰	۰/۲۴	۴/۰۲	۱۵/۸۸

***، **، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۱٪، ۱٪ ، ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل درصد ریشه‌زایی و میانگین طول ریشه در ۳۰، ۶۰ و ۸۰ روز پس از کشت قلمه‌های سوفورای ژاپنی با پاگرما

تیمار	ریشه‌زایی (٪)			میانگین طول ریشه (سانتی‌متر)		
	۳۰ روز	۶۰ روز	۸۰ روز	۳۰ روز	۶۰ روز	۸۰ روز
شاهد	۰c	۱۰e	۱۰e	۰g	۴/۸۳f	۹/۸۰f
۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA	۱۰b	۲۰d	۲۰d	۱/۸۰f	۱۶/۰۳e	۲۵/۸۸e
۱۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA	۱۳/۳b	۲۳/۳۳d	۳۳/۳۳ c	۳/۶۰e	۲۲/۴۶ bc	۳۵/۴۰ bc
۱۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA	۲۰a	۳۰c	۴۳/۳۳b	۶/۸۶c	۲۰/۲۶ cd	۳۲cde
۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA	۲۳/۳۳a	۴۳/۳۳a	۵۶/۶۶a	۹/۲۰b	۲۵/۲۰b	۴۰/۰۳b
۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر K-IBA	۲۰a	۳۰c	۴۰ bc	۲/۱۶f	۱۸/۱۶ de	۳۳/۵۵ bcd
۱۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر K-IBA	۲۰a	۳۰c	۴۳/۳۳b	۴/۹۳d	۲۲/۵۰ bc	۳۷/۶۳ bc
۱۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر K-IBA	۲۰a	۳۳/۳۳ bc	۴۳/۳۳b	۸/۸۸b	۱۸/۹۳ de	۲۸de
۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر K-IBA	۲۳/۳۳a	۳۶/۶۶b	۵۳/۳۳a	۱۱/۴۵a	۳۴/۱۳a	۵۶/۴۵a

در هر ستون، هر دو میانگینی که حداقل دارای یک حرف مشابه می‌باشند فاقد تفاوت معنی‌دار هستند.

لیتر IBA و K-IBA (به ترتیب ۵۶/۶۶ و ۵۳/۳۳ درصد) به دست آمد (جدول ۲).

میانگین طول ریشه

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱)، اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۱٪ بین اثر متقابل نوع هورمون در سطح هورمون بر صفت طول ریشه در سه زمان ۳۰، ۶۰ و ۸۰ روز پس از کشت قلمه‌ها به دست آمد. غلظت ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر K-IBA در سه زمان ۳۰، ۶۰ و ۸۰ روز پس از کشت قلمه‌ها به ترتیب با ۱۱/۴۵، ۳۴/۱۳ و ۵۶/۴۵ سانتی‌متر دارای بیشترین طول ریشه نسبت به سایر غلظت‌های هورمونی در سه زمان نام برده داشتند. این در حالی است که سایر غلظت‌های هورمونی نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری را از نظر آماری نشان دادند (جدول ۲). کمترین طول ریشه در هر سه زمان در تیمار شاهد مشاهده گردید. در روز سی‌ام، با افزایش غلظت‌های هورمونی، طول ریشه‌ها افزایش یافت. در دو زمان ۶۰ و ۸۰ روز، پس از غلظت ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر K-IBA غلظت‌های ۱۰۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA و ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر K-IBA بیشترین طول ریشه‌ها را داشتند (شکل ۱).

[DOI: 10.18869/acadpub.ejgcst.6.3.63]
Downloaded from ejgcst.iut.ac.ir at 0:44 IRST on Tuesday November 21st 2017

شکل ۱. طول ریشه در ۸۰ روز پس از کشت قلمه‌های سوفورای ژاپنی در تیمار شاهد و غلظت ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA و K-IBA

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس تعداد ریشه، طول بلندترین ریشه،تعداد جوانه نورسته به تعداد جوانه خفته در قلمه‌های سوفورای ژاپنی با پاگرما

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		تعداد ریشه	طول بلندترین ریشه	تعداد جوانه نورسته به خفته
نوع هورمون	۱	۰/۱۸^{ns}	۳۰۰/۲***	۶۰/۵۴***
سطح هورمون	۴	۴/۵۳***	۱۶۶۵***	۲۰۶/۶***
هورمون× سطح هورمون	۴	۰/۰۲^{ns}	۱۶۷/۹***	۶/۲۳*
خطا	۲۰	۰/۰۹	۱۱/۰۹	۲/۱۵

***، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۱٪، ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

طول بلندترین ریشه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر متقابل نوع هورمون در سطح هورمون بر صفت طول بلندترین ریشه در سطح احتمال ۰/۱٪ معنی‌دار بود. حداکثر و حداقل طول بلندترین ریشه به ترتیب در غلظت ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر K-IBA (۶۷/۳۳ سانتی‌متر) و شاهد (۸ سانتی‌متر) مشاهده گردید (شکل ۲).

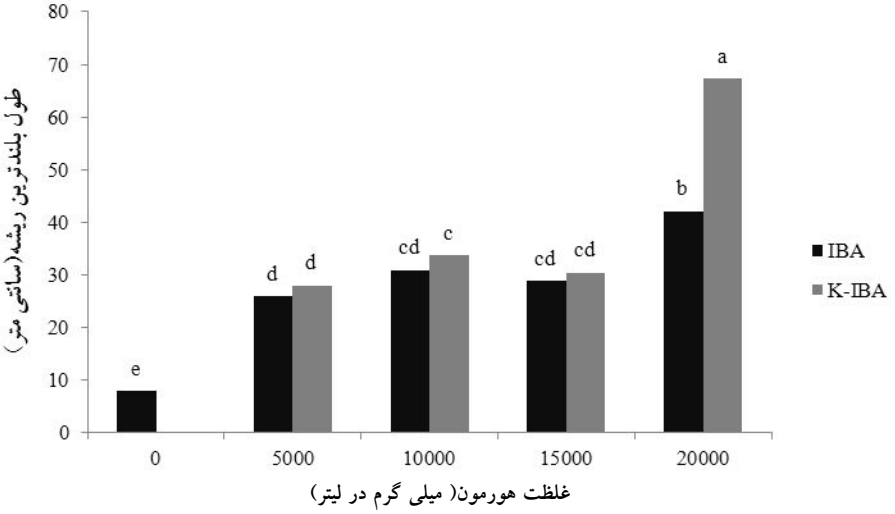
تعداد ریشه

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳)، مشاهده شد که فقط اثر سطح هورمون بر صفت تعداد ریشه در سطح احتمال ۰/۱٪ معنی دار است. بیشترین تعداد ریشه (۳/۰۵ عدد) در غلظت ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و پس از آن در غلظت‌های ۱۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر دیده شد. کمترین تعداد ریشه در تیمار شاهد (۰/۶۶ عدد) مشاهده گردید. بین دو غلظت ۱۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری وجود نداشت (شکل ۳).

وزن تر و خشک ریشه

در مورد صفت وزن تر ریشه، اختلاف معنی‌داری در سطح

[DOI: 10.18869/acadpub.ejgcst.6.3.63]
Downloaded from ejgcst.iut.ac.ir at 0:44 IRST on Tuesday November 21st 2017



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل هورمون و سطوح هورمون بر طول ریشه در قلمه‌های سوفورای ژاپنی با پاگرما. هر دو میانگینی که حداقل دارای یک حرف مشابه می‌باشند تفاوت معنی‌دار ندارند.

شکل ۳. مقایسه میانگین تاثیر غلظت‌های مختلف هورمونی بر تعداد ریشه در قلمه‌های سوفورای ژاپنی با پاگرما.
هر دو میانگینی که حداقل دارای یک حرف مشابه می‌باشند تفاوت معنی‌دار ندارند.

احتمال ۰/۱٪ بین سطوح هورمون مشاهده شد (جدول ۴). غلظت ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر مناسب‌ترین تیمار از لحاظ وزن تر ریشه (۴/۴۳ گرم) بود و پس از آن غلظت‌های ۱۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین وزن تر ریشه را داشتند. این در حالی است که تیمار شاهد کمترین میزان (۰/۵۴ گرم) را به خود اختصاص داده بود (شکل ۴).

تعداد ریشه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که اثر متقابل نوع هورمون در سطوح هورمون بر صفت وزن خشک ریشه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. مقادیر غلظت ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA و K-IBA بیشترین وزن خشک ریشه (به ترتیب۰/۵۶ و ۰/۵۷ گرم) را نشان دادند و حداقل وزن خشک ریشه نیز در تیمار شاهد (۰/۰۵ گرم) مشاهده شد (شکل ۵).

تعداد جوانه نورسته به تعداد جوانه خفته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که اثر متقابل نوع هورمون در سطح هورمون بر صفت تعداد جوانه نورسته به

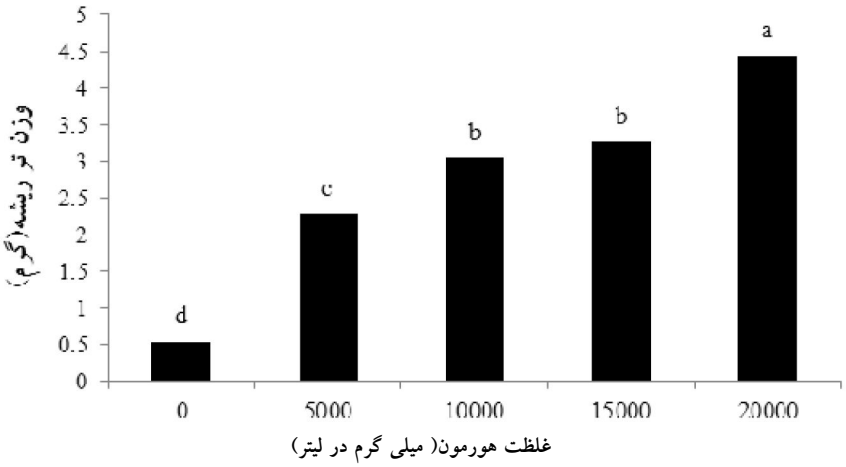
[DOI: 10.18869/acadpub.ejgcst.6.3.63]

Downloaded from ejgcst.iut.ac.ir at 0:44 IRST on Tuesday November 21st 2017

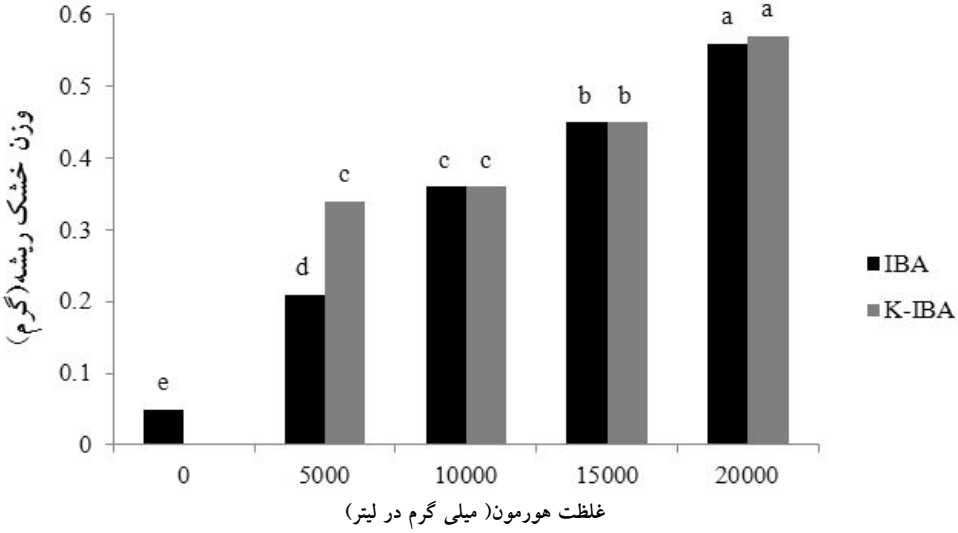
جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس وزن تر و خشک ریشه، ساقه و برگ هر قلمه سوفورای ژاپنی با پاگرما

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	وزن تر ساقه	وزن خشک ساقه	وزن تر برگ	وزن خشک برگ
نوع هورمون	۱	۰/۱۳^{ns}	۰/۰۰۵۹*	۰/۰۰۰۲۲***	۰/۰۰۰۱۵***	۰/۱۳۳***	۰/۰۱۸۷***
سطح هورمون	۴	۱۲/۳۸***	۰/۲۲۷۴***	۰/۰۰۵۶***	۰/۰۰۱۰***	۰/۸۴۶***	۰/۰۹۲۷***
هورمون× سطح هورمون	۴	۰/۱۲^{ns}	۰/۰۰۴۴**	۰/۰۰۰۲۹***	۰/۰۰۰۱۱***	۰/۰۲۳*	۰/۰۰۱۹*
خطا	۲۰	۰/۱۲	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۰۵

***، **، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۱٪، ۱٪ ، ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار



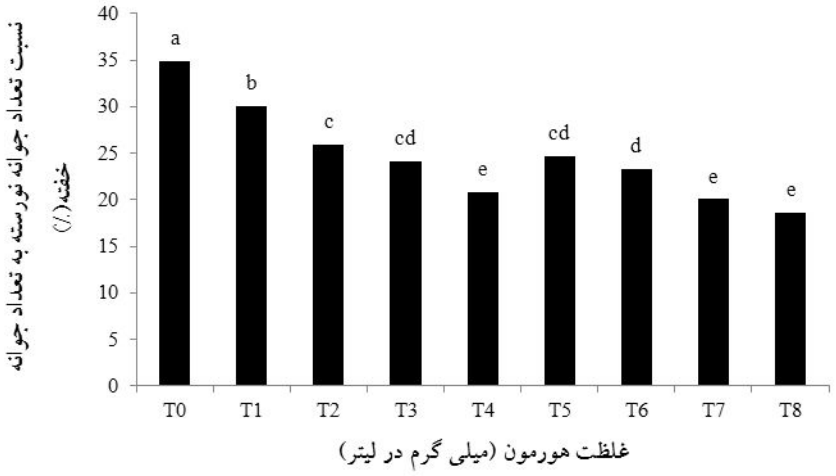
شکل ۴. مقایسه میانگین تاثیر غلظت‌های مختلف هورمونی بر وزن تر ریشه هر قلمه سوفورای ژاپنی با پاگرما. هر دو میانگینی که حداقل دارای یک حرف مشابه می‌باشند تفاوت معنی‌دار ندارند.



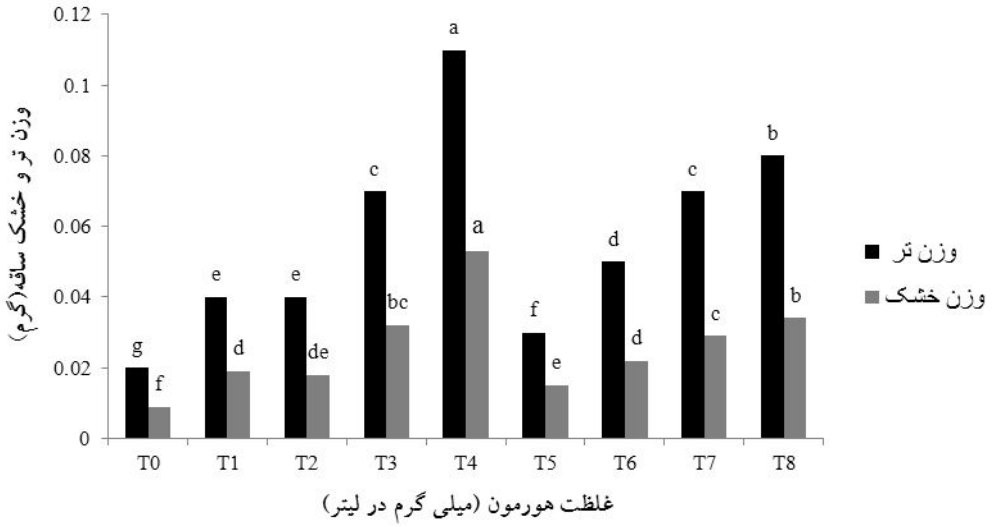
شکل ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل هورمون و سطح هورمون بر وزن خشک ریشه هر قلمه سوفورای ژاپنی با پاگرما. هر دو میانگینی که حداقل دارای یک حرف مشابه می‌باشند تفاوت معنی‌دار ندارند.

[DOI: 10.18869/acadpub.ejgcst.6.3.63]

Downloaded from ejgcst.iut.ac.ir at 0:44 IRST on Tuesday November 21st 2017



شکل ۶ مقایسه میانگین اثر متقابل هورمون و سطح هورمون برنسبت تعداد جوانه نورسته به تعداد جوانه خفته در قلمه‌های سوفورای ژاپنی با پاگرما. از T0 تا T4 به ترتیب غلظت‌های ۰، ۵۰۰۰، ۱۰۰۰۰، ۱۵۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ میلی گرم در لیتر IBA و از T5 تا T8 به ترتیبغلظت‌های۵۰۰۰، ۱۰۰۰۰، ۱۵۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ میلیگرمدرلیتر K-IBAمی‌باشند. هر دو میانگینی که حداقل دارای یک حرف مشابه می‌باشند فاقد تفاوت معنی‌دار هستند.



شکل ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل هورمون و سطح هورمون بر وزن تر و خشک ساقه در قلمه‌های سوفورای ژاپنی با پاگرما. از T0 تا T4 به ترتیب غلظت‌های ۰، ۵۰۰۰، ۱۰۰۰۰، ۱۵۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ میلی گرم در لیتر IBA و از T5 تا T8 به ترتیبغلظت‌های ۵۰۰۰، ۱۰۰۰۰، ۱۵۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ میلیگرمدرلیتر K-IBAمی‌باشند. هر دو میانگینی که حداقل دارای یک حرف مشابه می‌باشند فاقد تفاوت معنی‌دار هستند..

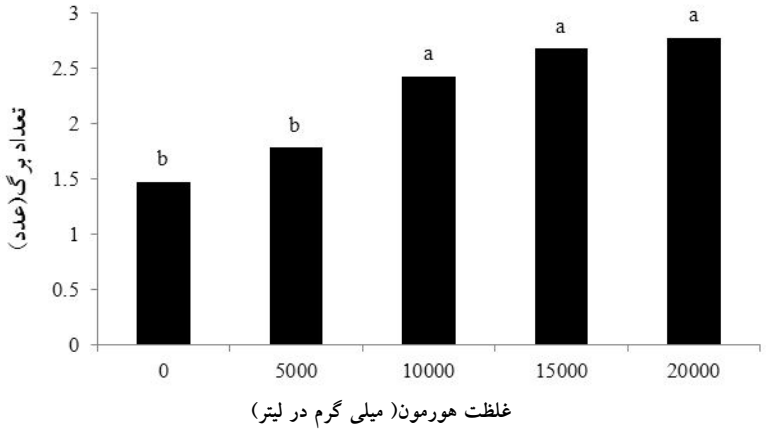
تعداد جوانه خفته در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. تیمار شاهد با بیشترین نسبت تعداد جوانه نورسته به تعداد جوانه خفته را داشت و پس از آن غلظت ۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA قرار گرفت. در صورتی که کمترین نسبت تعداد جوانه نورسته به تعداد جوانه خفته متعلق به سه غلظت ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA و K-IBA و ۱۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر K-IBA بود که این سه غلظت تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری با یکدیگر نداشتند (شکل ۶).

وزن تر و خشک ساقه رشد یافته

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) مشاهده شد که اثر

[DOI: 10.18869/acadpub.ejgcst.6.3.63]

Downloaded from ejgcst.iut.ac.ir at 0:44 IRST on Tuesday November 21st 2017



شکل ۸. مقایسه میانگین تاثیر غلظت‌های مختلف هورمونی بر تعداد برگ در قلمه‌های سوفورای ژاپنی با پاگرما. هر دو میانگینی که حداقل دارای یک حرف مشابه می‌باشند تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول ۵. نتایج تجزیه واریانس تعداد و سطح برگ و کربوهیدرات برگ و ریشه در قلمه‌های سوفورای ژاپنی با پاگرما

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		تعداد برگ	سطح برگ	کربوهیدرات برگ	کربوهیدرات ریشه
نوع هورمون	۱	۰/۰۶^{ns}	۴۸/۳۷***	۱۱۶۰۳۳۳^{ns}	۲۲۶۵۴۸۳۰***
سطح هورمون	۴	۱/۹۵***	۸۹/۳۳***	۲۱۹۷۹۳۱۶***	۷۳۶۰۲۴۸۰***
هورمون× سطح هورمون	۴	۰/۱۱^{ns}	۵/۳۵***	۴۵۳۷۶۴۸***	۸۶۴۸۱۳۰***
خطا	۲۰	۰/۰۹	۰/۲۵	۴۲۸۶۶۶	۱۱۸۸۳۰۰

*** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

متقابل نوع هورمون در سطح هورمون بر صفت وزن تر و خشک ساقه رشد یافته در سطح احتمال ۰/۱٪ معنی‌دار بود. همان‌طور که در شکل ۷ نشان داده شده، وزن تر و خشک ساقه رشد یافته با افزایش غلظت‌های هورمونی افزایش یافت و بیشترین وزن تر و خشک ریشه در غلظت ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA و پس از آن ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر K-IBA مشاهده گردید.

تعداد برگ

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۵) مشاهده شد که فقط بین سطوح هورمون بر صفت تعداد برگ تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱٪ وجود دارد. غلظت‌های ۲۰۰۰۰، ۱۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب با ۲/۷۸، ۲/۶۸ و ۲/۴۳ عدد، دارای بیشترین تاثیر را بر تعداد برگ داشتند (شکل ۸).

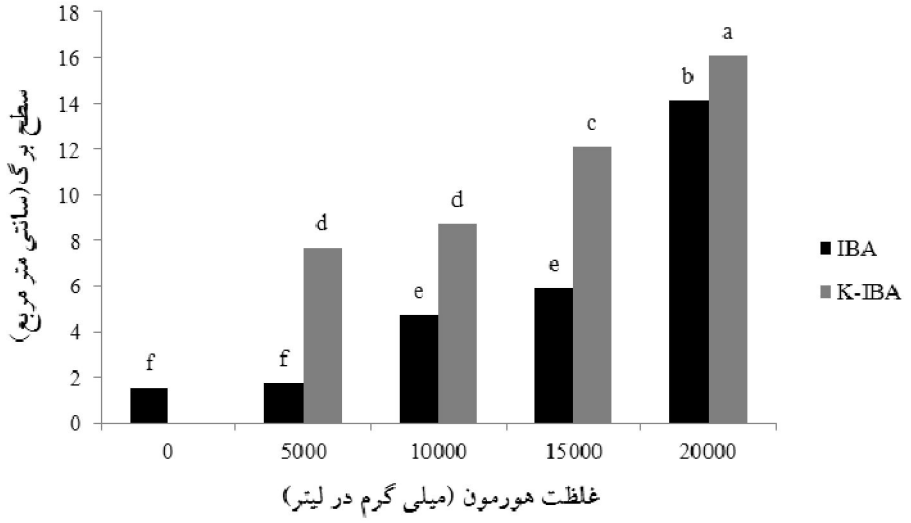
سطح برگ

همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، اثر متقابل نوع هورمون در سطوح هورمون بر صفت سطح برگ، در سطح احتمال ۰/۱٪ معنی‌دار است. از بین تیمارهای مؤثر بر سطح برگ، غلظت ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر K-IBA (۱۲/۸ سانتی‌متر مربع) بهترین تیمار بود. این در حالی است که تیمار شاهد (۱/۳۳ سانتی‌متر مربع) کمترین سطح برگ را به خود اختصاص داد (شکل ۹).

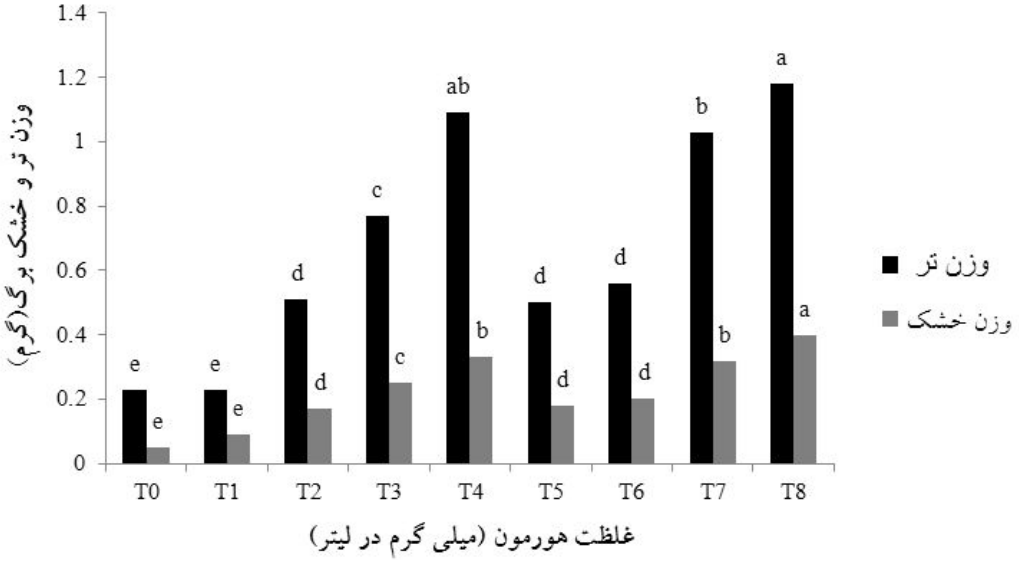
وزن تر و خشک برگ

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که اثر متقابل نوع هورمون در سطح هورمون بر صفت وزن تر و خشک برگ در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار است. همان‌گونه که در شکل ۱۰

[DOI: 10.18869/acadpub.ejgcst.6.3.63]
Downloaded from ejgcst.iut.ac.ir at 0:44 IRST on Tuesday November 21st 2017



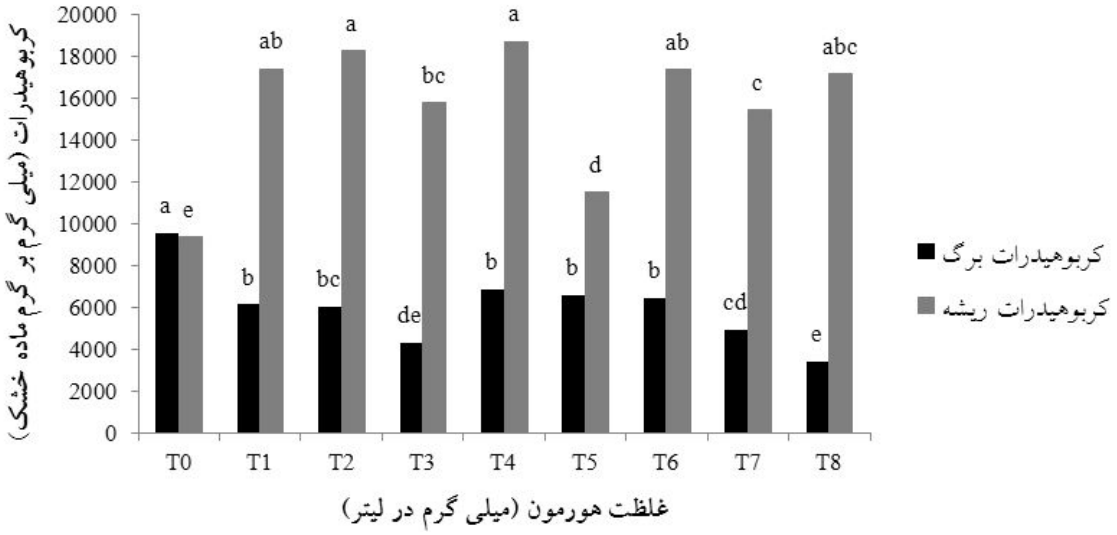
شکل ۹. مقایسه میانگین اثر متقابل هورمون و سطوح هرمون بر سطح برگ در قلمه‌های سوفورای ژاپنی با پاگرما. هر دو میانگینی که حداقل دارای یک حرف مشابه می‌باشند تفاوت معنی‌دار ندارند.



شکل ۱۰. مقایسه میانگین اثر متقابل هورمون و سطح هورمون بر وزن تر و خشک برگ در قلمه‌های سوفورای ژاپنی با پاگرما. از T0 تا T4 به ترتیب غلظت‌های ۰، ۵۰۰۰، ۱۰۰۰۰، ۱۵۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ میلی گرم در لیتر IBA و از T5 تا T8 به ترتیبغلظت‌های ۵۰۰۰، ۱۰۰۰۰، ۱۵۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ میلیگرمدرلیتر K-IBAمی‌باشند. هر دو میانگینی که حداقل دارای یک حرف مشابه می‌باشند فاقد تفاوت معنی‌دار هستند.

مشاهده می‌شود، بیشترین وزن تر و خشک برگ مربوط به غلظت ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر K-IBA (به ترتیب ۱/۱۸ گرم و ۰/۴ گرم) و کمترین وزن تر و خشک برگ مربوط به تیمار شاهد (به ترتیب ۰/۲۳ گرم و ۰/۰۵ گرم) و غلظت ۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA (به ترتیب ۰/۲۳ گرم و ۰/۰۹ گرم) بود. لازم به ذکر است که غلظت ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA با غلظت ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر K-IBA بیشترین وزن تر برگ را داشته و تفاوت معنی‌دار ندارند.

[DOI: 10.18869/acadpub.ejgcst.6.3.63]
Downloaded from ejgcst.iut.ac.ir at 0:44 IRST on Tuesday November 21st 2017



شکل ۱۱. مقایسه میانگین اثر متقابل هورمون و سطح هورمون بر کربوهیدرات برگ و ریشه در قلمه‌های سوفورای ژاپنی با پاگرما. از T0 تا T4 به ترتیب غلظت‌های ۰، ۵۰۰۰، ۱۰۰۰۰، ۱۵۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ میلی گرم در لیتر IBA و از T5 تا T8 به ترتیبغلظت‌های ۵۰۰۰، ۱۰۰۰۰، ۱۵۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ میلیگرمدرلیتر K-IBAمی‌باشند. هر دو میانگینی که حداقل دارای یک حرف مشابه می‌باشند فاقد تفاوت معنی‌دار هستند..

کربوهیدرات برگ و ریشه

طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۵) اثر متقابل نوع هورمون در سطح هورمون بر صفت کربوهیدرات برگ و ریشه در سطح احتمال ۰/۱٪ معنی‌دار می‌باشد. بیشترین میزان کربوهیدرات برگ در تیمار شاهد (۹۵۷۷/۸ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) و کمترین میزان در غلظت ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر K-IBA (۳۴۴۴/۴ میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) مشاهده گردید. بیشترین میزان کربوهیدرات ریشه متعلق به غلظت‌های ۱۰۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA و کمترین میزان کربوهیدرات ریشه در تیمار شاهد مشاهده شد. لازم به ذکر است که غلظت‌های ۲۰۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA با غلظت‌های ۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر IBA، ۱۰۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر K-IB تفاوت معنی‌دار بر صفت کربوهیدرات ریشه نداشتند (شکل ۱۱).

بحث

طبق نتایج به دست آمده، تنها در قلمه‌هایی که از سیستم حرارتی پاگرما استفاده شد ریشه‌زایی مشاهده گردید. فاستر و کیتو (۱۴) بیان نمودند که استفاده از پاگرما و غلظت‌های بیشتر از ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اکسین سبب بهبود در ریشه‌زایی قلمه‌ها می‌شود. قلمه‌های *Prosopis alba* و ۳ کلون *Prosopis chilensis* که در ماه تیر گرفته شده و با نمک پتاسیم- ایندول بوتیریک اسید همراه با پاگرما تیمار شده بودند، قلمه کلون ۱ و ۲ *P. chilensis* با ۷۵٪ ریشه‌زایی، بیشترین درصد ریشه‌زایی را داشت. در حالی که دو گونه بدون پاگرما قادر به ریشه‌زایی نبودند (۲۳). دیویس و همکاران (۱۱) گزارش کردند که در قلمه‌های درخت بهشتی (*Hamelia patens*) درصد ریشه‌زایی در تیمار هورمونی اکسین همراه با تیمار پاگرما (۱۰۰٪) نسبت به تیمار هورمونی اکسین بدون پاگرما (۵۰٪) بیشتر می‌باشد. در قلمه‌های سخت ریشه‌زا، ایجاد پاگرما موجب فعال شدن عوامل کمکی (از قبیل کوتکول و دژن کلروجنیک) ریشه‌زایی و آغازیدن ریشه می‌شود (۲).

کاربرد ایندول بوتیریک اسید و نمک پتاسیم آن در غلظت ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر با پاگرما بیشترین درصد ریشه‌زایی را نشان داد. قلمه‌های ارغوان بالغی که با ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتیریک اسید تیمار گردیدند نسبت به سایر غلظت‌ها بیشترین درصد ریشه‌زایی را داشتند (۱۲). تیپتون (۲۷) در

[DOI: 10.18869/acadpub.ejgcst.6.3.63]
Downloaded from ejgcst.iut.ac.ir at 0:44 IRST on Tuesday November 21st 2017

تحقیقی، بهترین غلظت جهت افزایش درصد ریشه‌زایی در قلمه‌های ارغوان را ۲۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نمک پتاسیم- ایندول بوتیریک اسید بیان نمود. نور و همکاران (۱۹) از ۵ غلظت صفر، ۱۰۰۰۰، ۱۵۰۰۰، ۲۰۰۰۰ و ۲۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتیریک اسید روی قلمه خشبی جاتروفا (*Jatropha curcas*) استفاده نمودند و گزارش کردند که با افزایش غلظت هورمون، ریشه‌زایی نیز افزایش می‌یابد. این نتایج با نتایج حاصل از تحقیق حاضر مطابقت دارد.

بیشترین تعداد و طول ریشه به ترتیب با کاربرد ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتیریک اسید و نمک پتاسیم- ایندول بوتیریک اسید به دست آمد. گریفین و شرودر (۱۶) از ۵ غلظت صفر، ۵۰۰۰، ۱۰۰۰۰، ۱۵۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نمک پتاسیم- ایندول بوتیریک اسید برای قلمه‌های ساقه درخت نارون استفاده نمودند و نتیجه گرفتند که با افزایش غلظت هورمون اکسین، تعداد ریشه نیز افزایش می‌یابد. گیلیام و همکاران (۱۵) در یک بررسی نشان دادند که استفاده از غلظت‌های ۵۰۰۰ تا ۴۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتیریک اسید، ریشه‌زایی، تعداد ریشه و طول ریشه را در قلمه‌های گلابی افزایش می‌دهد. همچنین، پیجوت و مور (۲۱) و دیویس و همکاران (۱۱) نتیجه گرفتند که با افزایش غلظت هورمون‌های ایندول بوتیریک اسید و نمک پتاسیم آن، تعداد و طول ریشه افزایش می‌یابند که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارند. یانگ و همکاران (۳۱) گزارش کردند که بر اثر کمبود پتاسیم، رشد طولی ریشه‌ها نسبت به شاهد (میزان پتاسیم متعادل) کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد افزایش قابل توجه طول ریشه‌ها در غلظت ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر نمک پتاسیم- ایندول بوتیریک اسید می‌تواند به علت افزایش غلظت پتاسیم، چوبی شدن و رسیده بودن چوب قلمه‌ها و در نتیجه کافی بودن میزان کربوهیدرات‌ها باشد.

نسبت تعداد جوانه نورسته به تعداد جوانه خفته در تیمار شاهد بیشتر از سایر غلظت‌های ایندول بوتیریک اسید و نمک پتاسیم آن بود. بلایت و همکاران (۶) نتیجه گرفتند که اکسین‌های مصنوعی با غلظت‌های زیاد در قلمه‌های ساقه از توسعه جوانه‌ها جلوگیری می‌کنند. تیمار اکسین تحریک کننده سنتز اتیلن می‌باشد. بنابراین، غلظت اتیلن درونی افزایش می‌یابد و از فعال شدن و رشد جوانه‌ها جلوگیری می‌کند (۲۶).

غلظت‌های ایندول بوتیریک اسید و نمک پتاسیم آن سبب افزایش تعداد برگ نسبت به شاهد شد. بیشترین سطح برگ در تیمار نمک پتاسیم- ایندول بوتیریک اسید با غلظت ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به دست آمد. تحقیقی که توسط صدیق و حسین (۲۵) انجام شده ، نشان داد که با افزایش سطح هورمون اکسین، تعداد و سطح برگ در قلمه ساقه افزایش می‌یابد. پرویز و همکاران (۲۰) بیان نمودند که با افزایش غلظت پتاسیم، سطح برگ افزایش می‌یابد که با نتایج حاصل از آزمایش حاضر هم‌خوانی دارد.

غلظت‌های مختلف ایندول بوتیریک اسید و نمک پتاسیم آن باعث افزایش میزان کربوهیدرات ریشه نسبت به تیمار شاهد شد. از طرف دیگر، میزان کربوهیدرات در برگ نسبت به شاهد کم تر بود. رودل و همکاران (۲۴) نتیجه گرفتند که استفاده از تیمارهای اکسین سبب افزایش میزان کربوهیدارت در ناحیه ریشه‌زایی می‌شود. شرکت کردن کربوهیدرات برای تشکیل ریشه‌های نابجا به وسیله تأمین انرژی و کربن برای تقسیم سلولی، تشکیل مریستم ریشه جدید و تشکیل خود ریشه ضروری است (۱۰). در قلمه، ابتدا میزان زیادی کربوهیدرات برای تشکیل ریشه در ناحیه پایین قلمه جمع می‌شود و پس از ریشه‌زایی، کربوهیدارت در مریستم ساقه باعث آغاز رشد رویشی در اندام هوایی می‌گردد (۱۳)، که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد.

بیشترین وزن تر و خشک در ریشه، مربوط به هورمون ایندول بوتیریک اسید و نمک پتاسیم آن، در ساقه، هورمون ایندول بوتیریک اسید و در برگ، مربوط به نمک پتاسیم- ایندول بوتیریک اسید با غلظت ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود. وولدریج و همکاران (۲۹) گزارش کردند که با افزایش درصد ریشه‌زایی، وزن تر و خشک ریشه‌ها افزایش می‌یابد. نور

[DOI: 10.18869/acadpub.ejgcst.6.3.63]

Downloaded from ejgcst.iut.ac.ir at 0:44 IRST on Tuesday November 21st 2017

و همکاران (۱۹) نیز مؤثرترین غلظت هورمون ایندول بوتیریک اسید در افزایش وزن خشک ریشه گیاه جاتروفا را ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر معرفی کردند که با نتایج حاصل از تحقیق حاضر مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

با توجه به آزمایش انجام شده، به نظر می‌رسد تکثیر انبوه گیاه سوفورای ژاپنی را می‌توان از طریق قلمه خشبی با استفاده از غلظت ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر ایندول بوتیریک اسید و نمک پتاسیم آن همراه با پاگرما انجام داد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از شهرداری اصفهان و سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهرداری اصفهان به عنوان حمایت کننده این پروژه و همچنین از مسئولین فضای سبز دانشگاه اصفهان صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. آقابیگی، ف. ۱۳۷۴. درختان و درختچه‌های سودمند و قابل کشت در ایران. انتشارات فلاحت ایران، اصفهان، ۲۴۰ صفحه.

۲. جلیلی‌مرندی، ر. ۱۳۸۱. میوه‌کاری. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد استان آذربایجان غربی، ۲۸۹ صفحه.

۳. خوشخوی، م. ۱۳۸۹. گیاه افزایی (ازدیاد نباتات) مبانی و روش‌ها. (ترجمه)، جلد دوم، چاپ هشتم، انتشارات دانشگاه شیراز، ۹۰۴ صفحه.

۴. کافی، م.، ا. زند، ب. کامکار، ح. ر. شریفی و م. گلدانی. ۱۳۸۵. فیزیولوژی گیاهی. (ترجمه)، جلد دوم، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۳۷۹ صفحه.

5. Alsup, C.M. and J.C. Cole. 2002. Effect of timing and IBA on rooting of Caddo sugar maple Acer saccharum stem tip cuttings. SNA Res. Conf. 45: 324-327.

6. Blythe, E.K., J.L. Sibley, J.M. Ruter and K.M. Tilt. 2004. Cutting propagation of foliage crops using a foliar application of auxin. Sci. Hort. 103: 31-37.

7. Brickell, C. 2003. Encyclopedia of Garden Plants. Dorling Kindersley, Royal Horticultural Society, UK, 1128 p.

8. Childs, K. and R.C. Beeson. 2001. Rooting 'Little Gem' magnolia: Cell-U-Wett or water? SNA Res. Conf. 46: 371-373.

9. Conden, P.J. and F.A. Blazich. 2003. Propagation of *Castanopsis sclerophylla* by stem cuttings. J. Environ. Hort. 21(2): 61-63.

10. Da Costa, C.T., M.R. De Almeida, C.M. Ruedell, J. Schwambach, F.S. Maraschin and A.G. Fett-Neto. 2013. When stress and development go hand in hand: Main hormonal controls of adventitious rooting in cuttings. Front Plant Sci. 4: 133.

11. Davis, T.D., S.W. George, A. Upadhyaya and J. Parsons. 1991. Propagation of Fire bush *(Hamelia patens)* by stem cuttings. J. Environ. Hort. 9(2): 57-61.

12. Dillion, D. and G. Klingaman. 1992. Hormone concentration and cutting maturity influences on rooting of redbud. Hort Sci. 27: 634-639.

13. Druege, U. 2009. Involvement of carbohydrates in survival and adventitious root formation of cuttings within the scope of global horticulture. PP. 187-208. *In:* Niemi, K. and C. Scagel (Eds.), Adventitious Root Formation of Forest Trees and Horticultural Plants– From Genes to Applications.

14. Foster, S. and S.L. Kitto. 2000. Vegetative propagation of *Spigelia marilandica* (Indian Pinks) from shoot-tip cuttings. Hort Sci. 35(3): 447-448.

15. Gilliam, C.H., W.A. Dozier and J.W. Knowles. 1988. 'Bradford' pear propagation by softwood cuttings. J. Environ. Hort. 6(3): 81-83.

16. Griffin, J.J. and K.R. Schroeder. 2004. Propagation of *Ulmus parvifolia* 'Emerald Prairie' by stem cuttings. J. Environ. Hort. 22(2): 55-57.

17. Kasim, N.E., M.S.A. Rayya, M.A. Shaheen, T.A. Yehia and E.L. Ali. 2009. Effect of different collection times and

[DOI: 10.18869/acadpub.ejgcst.6.3.63]
Downloaded from ejgcst.iut.ac.ir at 0:44 IRST on Tuesday November 21st 2017

some treatments on rooting and chemical internal constituents of bitter almond hardwood cuttings. Res. J. Agric. Biol. Sci. 5(2): 116-122.

18. Koyuncu, F. and E. Senel. 2003. Rooting of black mulberry (*Morus nigra* L.) hardwood cuttings. J. Fruit Ornam. Plant Res. 11: 53-57.
19. Noor, C.A.N., L.A. Thohirah, N.A.P. Abdullah and O.M. Khidir. 2009. Improvement on rooting quality of *Jatropha curcas* using indole butyric acid (IBA). Res. J. Agric. Biol. Sci. 5(4): 338-343.
20. Pervez, H., M.I. Makhdum, M. Ashraf and Shahab-ud-Din. 2006. Influence of potassium nutrition on leaf area index in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under an arid environment. Pak. J. Bot. 38(4): 1085-1092.
21. Pijut, P.M. and M. Moore. 2002. Early season softwood cuttings effective for vegetative propagation of *Juglans cinerea*. Hort Sci. 37: 697-700.
22. Qaddoury, A. and M. Amssa. 2004. Effect of exogenous indole butyric acid on root formation and peroxidase and indole-3-acetic acid oxidase activities and phenolic contents in date palm offshoots. Bot. Bull. Acad. Sin. 45: 127-131.
23. Randall, H.H. 1990. Vegetative propagation of *Cercidium*, *Parkinsonia*, and *Prosopis* species. PhD Thesis, University of Arizona.
24. Ruedell, C.M., M.R. De Almeida, J. Schwambach, C. Posenato and A.G. Fett-Neto. 2013. Pre and post-severance effects of light quality on carbohydrate dynamics and microcutting adventitious rooting of two eucalyptus species of contrasting recalcitrance. Plant Growth Regul. 69: 235-245.
25. Siddiqui, M.I. and S.A. Hussain. 2007. Effect of indole butyric acid and types of cuttings on root initiation of *Ficus Hawaii*. Sarhad J. Agric. 23(4): 919-925.
26. Sun, W.Q. and N. Bassuk. 1991. Does IBA inhibit shoot growth in rooted cuttings? Combined Proceedings International Plant Propagators 41: 456-461.
27. Tipton, J.L. 1990. Vegetative propagation of Mexican redbud, larchleaf goldenweed, littleleaf ash, and evergreen sumac by stem cuttings. Hort Sci. 25: 196-198.
28. Tsipouridis, C., T. Thomidis and A. Isaakidis. 2003. Rooting of peach hardwood and semi-hardwood cuttings. Aust. J. Exp. Agric. 43(11): 1363-1368.
29. Wooldridge, J.M., F.A. Blazich and S.L. Warren. 2009. Propagation of eastern redbud (*Cercis canadensis*) by stem cuttings is influenced by clone and date of cutting collection. J. Environ. Hort. 27(2): 109-114.
30. Yeates, L. 2005. Propagation of pacific yew. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Atlantic Forestry Center, pp. 1-17.
31. Yong, Z.Z., W.Q. Lian, L.Z. Hu, D.L. Sheng and T.X. Li. 2009. Effect of potassium deficiency on root growth of cotton seedlings and its physiological mechanisms. Acta Agron. Sinica 35(4): 718-723.