دانشکده کشاورزی

گروه باغبانی

پایان‌نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد (M. Sc)

در رشته باغبانی- گیاهان زینتی

اثر نوع قلمه و غلظت‌های مختلف ایندول بوتیریک اسید (IBA) بر ریشه زایی قلمه‌های ساقه‌ی نارون چینی (*Ulmus parvifolia*)

تحقیق و نگارش

سارا قربانی

اساتید راهنما

دکتر سید نجم‌الدین مرتضوی

دکتر نعمت‌اله اعتمادی

زمستان ۱۳۹۰

چکیده

به منظور ارزیابی اثر غلظت‌های مختلف ایندول بوتیریک اسید و نوع قلمه بر ریشه‌زایی قلمه های نارون چینی (*Ulmus parvifolia*)، دو آزمایش جداگانه در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در گلخانه‌ی دانشگاه صنعتی اصفهان به صورت طرح فاکتوریل بر پایه‌ی طرح کاملاً تصادفی و با چهار تکرار اجرا گردید. در هر دو آزمایش، هورمون ایندول بوتیریک اسید در پنج سطح (۰، ۵۰۰۰، ۱۰۰۰۰، ۱۵۰۰۰و ۲۰۰۰۰ میلی-گرم در لیتر) و نوع قلمه در سه سطح (چوب نرم، نیمه‌سخت و سخت) مورد ارزیابی قرار گرفت. پیش از کاشت قلمه‌ها، میزان کربوهیدرات محلول و درصد نیتروژن در قسمت انتهایی قلمه‌ها اندازه‌گیری شد. میزان کربوهیدرات و نیتروژن در قلمه‌های چوب سخت به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از دیگر انواع قلمه بود. در آزمایش اول، قلمه‌ها در بستری حاوی پرلایت و پیت (به نسبت سه به یک)، تحت شرایط آبیاری (بدون سیستم مه افشانی) و در Tent با ارتفاع ۰/۵ متر با رطوبت نسبی ۶۰-۸۰ درصد کاشته شد. در آزمایش دوم، قلمه‌های تیمار شده با IBA در محیط کشت حاوی پرلایت و پیت (با نسبت حجمی سه به یک) و تحت سیستم مه افشان سرپوشیده (توسط Tent با ارتفاع ۱/۵ متر) با رطوبت نسبی ۹۰-۹۵ درصد کاشته شد. پس از گذشت ۸ تا ۱۰ هفته از کاشت، قلمه‌ها برداشت شده و صفاتی چون درصد ریشه‌زایی، طول ریشه، تعداد ریشه، وزن تر و وزن خشک ریشه محاسبه گردید. در آزمایش اول، درصد ریشه‌زایی صفر بود و فقط در تیمار با غلظت‌های بالای IBA کالوس‌زایی مشاهده شد. به طور کلی درصد کالوس‌زایی در قلمه‌های چوب سخت بیش‌تر از قلمه‌های چوب نیمه‌سخت بود. نتایج آزمایش دوم نشان داد که هر دو فاکتور نوع قلمه و هورمون IBA تفاوت معنی‌داری ایجاد کردند. در قلمه‌های نرم درصد ریشه‌زایی صفر بود. با افزایش غلظت ایندول بوتیریک اسید در قلمه‌های چوب نیمه‌سخت و سخت، درصد ریشه‌زایی افزایش یافت. قلمه‌های چوب سخت تیمار شده با ایندول بوتیریک اسید با غلظت ۱۵۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بالاترین درصد ریشه‌زایی (به ترتیب ۹۵ و ۹۰ درصد)، بیشترین طول ریشه، تعداد ریشه، وزن تر و خشک ریشه را در بین همه‌ی تیمارها دارا بودند.

واژه‌های کلیدی: قلمه ساقه، نارون چینی، ریشه‌زایی، ایندول بوتیریک اسید

فهرست مطالب

عنوان.....صفحه

فصل اول: مقدمه

۱-۱ مقدمه.....۲

۱-۲ گیاهشناسی.....٤

فصل دوم: بررسی منابع

۲-۱ ازدیاد گیاهان.....۷

۲-۱-۱ ازدیاد با قلمه.....۷

۲-۱-۱-۱ قلمه ساقه.....۸

۲-۲ اصول تشریحی تشکیل ریشه‌ی نابه‌جا.....۸

۲-۳ عوامل مؤثر در ریشه‌زایی قلمه‌ها.....۱۰

۲-۳-۱ گیاه مادری.....۱۰

۲-۳-۱-۱ نوع و نژاد.....۱۰

۲-۳-۱-۲ شرایط محیطی گیاه مادری.....۱۱

۲-۳-۲ تنظیم کننده‌های رشد گیاهی.....۱۲

۲-۳-۲-۱ اکسین‌ها.....۱۳

۲-۳-۲-۱-۱ تاریخچه.....۱۳

۲-۳-۲-۱-۲ بیوسنتز.....۱٤

۲-۳-۲-۱-۳ انواع اکسین.....۱٤

۲-۳-۲-۱-٤ اثر اکسین بر ریشه‌زایی.....۱۵

۲-۳-۳ برگ‌ها و جوانه‌ها.....۱۹

۲-۳-٤ بازدارنده‌های درون‌زا.....۲۰

۲-۳-۵ نوع قلمه ساقه.....۲۰

۲-۳-۵-۱ قلمه‌های علفی.....۲۱

۲-۳-۵-۲ قلمه‌های چوب نرم.....۲۱

۲-۳-۵-۳ قلمه‌های چوب نیمه سخت.....۲۲

۲-۳-۵-٤ قلمه‌های چوب سخت.....۲۲

۲-۳-٦ قسمتی از شاخه که قلمه از آن گرفته شده است.....۲۳

۲-۳-۷ شرایط محیطی در هنگام ریشه‌زایی.....۲٤

۲-۳-۷-۱ رطوبت..... ۲٤
۲-۳-۷-۲ دما..... ۲۵
۲-۳-۷-۳ بستر کاشت..... ۲٦

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱ آزمایش اول..... ۲۸
۳-۱-۱ گزینش و جداسازی قلمه‌ها..... ۲۸
۳-۱-۲ تیمار با ایندول بوتیریک اسید..... ۲۸
۳-۱-۳ کاشت..... ۲۹
۳-۲ آزمایش دوم..... ۲۹
۳-۲-۱ گزینش و جداسازی قلمه‌ها..... ۲۹
۳-۲-۲ تیمار با ایندول بوتیریک اسید ۳۰
۳-۲-۳ کاشت..... ۳۰
۳-۳ اندازه‌گیری‌های پیش از کاشت قلمه‌ها..... ۳۰
۳-۳-۱ میزان کربوهیدرات-های محلول در انتهای قلمه‌ها..... ۳۰
۳-۳-۲ میزان نیتروژن موجود در انتهای قلمه‌ها..... ۳۲
۳-٤ اندازه‌گیری‌های پس از برداشت قلمه‌ها..... ۳۳
۳-٤-۱ طول ریشه..... ۳۳
۳-٤-۲ تعداد ریشه..... ۳۳
۳-٤-۳ وزن تر ریشه..... ۳۳
۳-٤-٤ وزن خشک ریشه..... ۳۳
۳-٤-۵ درصد ریشه‌زایی..... ۳٤
۳-٤-٦ تعداد شاخه و برگ جدید در قلمه‌های چوب سخت..... ۳٤
۳-۵ محاسبات آماری..... ۳٤

فصل چهارم: نتایج

٤-۱ نتایج اندازه‌گیری‌های پیش از کاشت..... ۳٦
٤-۱-۱ میزان کربوهیدرات‌های محلول در انتهای قلمه‌ها..... ۳٦
٤-۱-۲ میزان نیتروژن موجود در انتهای قلمه‌ها..... ۳٦
٤-۲ نتایج اندازه‌گیری‌های پس از برداشت..... ۳۷
٤-۲-۱ آزمایش اول..... ۳۷

٤-٢-١-١ درصد کالوس‌زایی..... ٣٨
٤-٢-٢ آزمایش دوم..... ٣٩
٤-٢-٢-١ درصد ریشه‌زایی..... ٣٩
٤-٢-٢-٢ طول ریشه..... ٤٠
٤-٢-٢-٣ تعداد ریشه..... ٤٢
٤-٢-٢-٤ وزن تر ریشه..... ٤٤
٤-٢-٢-٥ وزن خشک ریشه..... ٤٥
٤-٢-٢-٦ تعداد شاخه و برگ جدید در قلمه‌های چوب سخت..... ٤٧
فصل پنجم: بحث و نتیجه‌گیری
٥-١ اندازه‌گیری‌های پیش از کاشت..... ٥٠
٥-١-١ میزان کربوهیدرات‌های محلول در انتهای قلمه‌ها..... ٥٠
٥-١-٢ میزان نیتروژن موجود در انتهای قلمه‌ها..... ٥٠
٥-٢ اندازه‌گیری‌های پس از برداشت..... ٥١
٥-٢-١ آزمایش اول..... ٥١
٥-٢-١-١ درصد کالوس‌زایی..... ٥١
٥-٢-٢ آزمایش دوم..... ٥٢
٥-٢-٢-١ درصد ریشه‌زایی..... ٥٢
٥-٢-٢-٢ طول ریشه..... ٥٥
٥-٢-٢-٣ تعداد ریشه..... ٥٧
٥-٢-٢-٤ وزن تر ریشه..... ٥٧
٥-٢-٢-٥ وزن خشک ریشه..... ٥٨
٥-٢-٢-٦ تعداد شاخه و برگ جدید در قلمه‌های چوب سخت..... ٥٩
٥-٣ نتیجه گیری کلی..... ٥٩
٥-٤ پیشنهادها..... ٦٠
منابع..... ٦١
پیوست..... ٦٩

فهرست جدول‌ها

جدول ٤-١ میانگین میزان کربوهیدرات (میلی‌گرم بر گرم ماده خشک) در انواع قلمه پیش از کاشت.....٣٦

جدول ٤-٢ مقایسه میانگین میزان نیتروژن (درصد) در انواع قلمه پیش از کاشت.....٣٧

جدول ٤-٣ مقایسه میانگین اثر متقابل انواع قلمه و سطوح مختلف ایندول بوتیریک اسید بر درصد کالوس‌زایی.....٣٨

جدول ٤-٤ مقایسه میانگین اثر اصلی سطوح مختلف ایندول بوتیریک اسید بر درصد کالوس‌زایی.....٣٩

جدول ٤-٥ مقایسه میانگین اثر اصلی سطوح مختلف ایندول بوتیریک اسید بر درصد ریشه‌زایی.....٤٠

جدول ٤-٦ مقایسه میانگین اثر متقابل نوع قلمه و سطوح مختلف ایندول بوتیریک اسید بر میانگین طول ریشه.....٤١

جدول ٤-٧ مقایسه میانگین اثر اصلی سطوح مختلف ایندول بوتیریک اسید بر طول ریشه.....٤٢

جدول ٤-٨ مقایسه میانگین اثر متقابل انواع قلمه و سطوح مختلف ایندول بوتیریک اسید بر تعداد ریشه.....٤٣

جدول ٤-٩ مقایسه میانگین اثر اصلی سطوح مختلف ایندول بوتیریک اسید بر تعداد ریشه.....٤٣

جدول ٤-١٠ مقایسه میانگین اثر متقابل نوع قلمه و سطوح مختلف ایندول بوتیریک اسید بر وزن تر ریشه.....٤٤

جدول ٤-١١ مقایسه میانگین اثر اصلی سطوح مختلف ایندول بوتیریک اسید بر وزن تر ریشه.....٤٥

جدول ٤-١٢ مقایسه میانگین اثر متقابل نوع قلمه و سطوح مختلف ایندول بوتیریک اسید بر وزن خشک ریشه.....٤٦

جدول ٤-١٣ مقایسه میانگین اثر اصلی سطوح مختلف ایندول بوتیریک اسید بر وزن خشک.....٤٧

جدول ٤-١٤ مقایسه میانگین تعداد برگ جدید در قلمه‌های چوب سخت در سطوح.....٤٨

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

پیشرفت و گسترش سریع علم و فناوری جدید و صنعتی شدن شهرها، امکانات رفاهی بیشماری برای انسان قرن بیستم ایجاد نموده اما به کارگیری این فن‌آوری پیشرفته مشکلات فراوانی هم برای انسان و هم دیگر موجودات به همراه داشته است. بقایای زیان آور حاصل از سوخت مراکز صنعتی و استفاده‌های بی رویه مواد مضر در سیستم های صنعتی و کشاورزی، منجر به آلودگی محیط زیست شده و اثرات ناگواری را برای موجودات زنده پدید آورده است. ناگزیر انسان باید جهت رهایی از این مشکلات، به ایجاد فضای سبز مصنوعی روی آورد. نقش گیاهان در زیباسازی محیط زیست و پالایش و کاستن آلودگی‌های گوناگون هوا، صدا، نور و غیره بسیار قابل توجه است. در این میان درختان ودرختچه‌ها بیش از سایر انواع پوشش‌های گیاهی بر محیط زیست اطراف خود تاثیر میگذارند. (روحانی، ۱۳۸۸). در بیشتر موارد نگریستن به یک درخت لذت بسیاری به همراه دارد. اما در مناظر شهری مشاهده‌ی توده‌ای از درختان با شاخ و برگ طبیعی در مقایسه با ظاهر متفاوت ساختمان‌ها لذت بیشتری ایجاد می‌کند. تغییر رنگ درختان در فصول مختلف سال، تنوع زیادی در محیط ایجاد می‌کند. تأثیر فیزیولوژیک درختان هم‌چون تولید اکسیژن، بازگشت آب به چرخه طبیعت، بهبود کیفیت خاک و قابلیت جذب گرد وغبار هوا در محیط شهری اهمیت زیادی دارد. (کلاستن، ۱۳۸٦). درختان علاوه بر ایجاد سایه و زینت‌بخشیدن به خیابان ها و پارک ها ، به صورت پرچین یا حصار، هادی ترافیک و پوشاننده مناظر نا خوشایند بوده و گاهی نیز به عنوان بادشکن به کار گرفته می‌شوند (روحانی،۱۳۸۸).

یکی از درختان زیبا در فضای سبز شهری، نارون‌ها هستند که هم از نظر زیبایی و هم از نظر سازگاری با محیط آلوده شهرها مورد توجه بوده‌اند. نارون‌ها از جمله درختان جنگلی و زینتی باارزش به شمار می آیند که از دیرباز تا کنون مورد استفاده های گوناگون بشر قرار گرفته‌اند

(Stipes and Campana, 1981). دارا بودن ویژگی‌هایی هم‌چون تحمل به شوری و باد، رشد نسبتاً سریع در هر نوع خاک، چوب با ارزش، تحمل نسبت به جابجایی و فشارهای فیزیکی و فشردگی خاک و از طرفی داشتن ارتفاع بلند و شکل ویژه‌ی شاخ و برگ که زیبایی قابل توجهی به آن می‌بخشد، روز به روز به استفاده از این درختان در جهان افزوده است. به طور کلی از نارون در مواردی نظیر دارو، ابزار، اسلحه، مبلمان، قایق و نیز تأمین سایه و چشم‌اندازهای زیبا در پارک‌ها و فضای سبز شهرها استفاده می‌شود (Santini et al., 2002).

یکی از گونه‌های بسیار مهم نارون موجود در ایران اوجا (*Ulmus. carpinifolia* led.) است. همچنین یک واریته از اوجا، معروف به نارون چتری وجود دارد که به دلیل دارا بودن چتری زیبا به عنوان درخت زینتی در پارک‌ها و حاشیه خیابان‌ها به طور وسیع کشت می‌شود (رهنما و همکاران، ۱۳۸۱). اما این گونه که مهم‌ترین گونه کشت شده در ایران است، به سوسک‌های برگ خوار و پوست خوار و بیماری مرگ هلندی نارون حساس است. بنابراین انتخاب و کشت واریته‌های مقاوم یا با حساسیت کمتر، به عنوان یک روش مناسب در پیشگیری این آفات وبیماری‌ها و توسعه‌ی کشت نارون‌ها در فضای سبز، توصیه می‌شود.

یکی از گونه‌های نارون مقاوم به شرایط محیطی متفاوت گونه‌ی نارون چینی یا *Ulmus parvifolia* است (Gilman and Watson, 1994). این گونه، یک درخت مناسب خیابانی است. هم‌چنین به بیماری مرگ هلندی نارون، سوسک‌های ژاپنی و سوسک‌های برگخوار نارون مقاوم است (Shojaie et al., 2001; Griffin et al., 2004; Iraqi and Rahnama, 2007). اما ازدیاد جنسی نارون چینی مشکل بوده، بذور آن به ندرت جوانه می‌زند (Dirr and Heuser, 2009) و به دلیل دگرگشنی، مشکل تفرق صفات هم دارد. با توجه به این مسائل، ازدیاد این درخت از طریق غیرجنسی حائز اهمیت

است. یکی از روش‌های مهم و متداول این نوع ازدیاد، استفاده از قلمه است. هدف از پژوهش حاضر بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف هورمون ایندول بوتیریک اسید بر ریشه‌زایی سه نوع قلمه‌ی نارون چینی است تا بهترین سطح هورمون و نوع قلمه مشخص شود.

۱-۲ گیاهشناسی

نارون‌ها متعلق به خانواده نارون (Ulmaceae) از رده‌ی دو لپه‌ای‌ها و راسته‌ی Rosales هستند. خانواده‌ی Ulmaceae یکی از مهم‌ترین خانواده های غیر مثمر گیاهی را تشکیل می دهد و دارای بیش از ۱۵ جنس و ۱۵۰ گونه است. گیاهان این خانواده، اغلب شامل درختان و درختچه‌هایی زینتی هستند که ممکن است همیشه سبز یا خزان کننده باشند. از میان این ۱۵ جنس، دو جنس نارون (*Ulmus*) و آزاد (*Zelkova*) از درختان زینتی و جنگلی بسیار مهم در ایران و به طور کلی در نیمکره‌ی شمالی هستند (عراقی و همکاران، ۱۳۸۷).

نارون چینی (*U. parvifolia*) یکی از گونه‌های جنس نارون است. منشأ آن به شمال چین ، ژاپن و کره برمی‌گردد. در سال‌های اخیر این گونه به یکی از گونه‌های محبوب در فضای سبز شهری در بسیاری کشورها از جمله آمریکا تبدیل شده است. عادت رشدی این گونه، به صورت گسترده و طاقی شکل و تاج آن وسیع است. در حالت بلوغ، ارتفاع آن به ۱۵ متر و گستردگی به ۱۸ متر می‌رسد. پوست تنه‌ی این درخت دارای لکه‌های قهوه‌ای-نارنجی، خاکستری و سبز است که زیبایی خاصی به آن می‌بخشد. برگ‌ها ساده، متناوب، کوچک، بیضوی، دندانه‌دار، سبز تیره و براق است. رنگ برگ‌ها در پاییز زرد، نارنجی، قرمز و سپس ارغوانی می‌شود. در اغلب گونه‌های نارون کاشته شده در ایران، گل‌ها در اسفند و فروردین ماه ظاهر می‌شوند در حالی که در این گونه گل‌های سبز رنگ، در اواخر تابستان و در شهریور ماه ظاهر

می‌گردد. میوه ها بیضوی بوده و در اوایل پاییز می‌رسند. رنگ بذرها در ابتدا سبز و سپس قرمز و در حالت رسیده، قهوه‌ای است (Gilman and Watson, 1994; Griffin et al., 2004).

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱ ازدیاد گیاهان

در طبیعت گیاهان به دو روش اصلی جنسی و غیر جنسی افزایش می‌یابند. ازدیاد در روش جنسی با استفاده از بذر و در روش غیر جنسی (رویشی) با استفاده از بخشی از اندام گیاه به ویژه اندام‌های ذخیره‌ای (مثل غده، پیازو ریزوم) انجام می‌گیرد. هر روش مزایا و معایبی دارد. در روش جنسی، تعداد زیادی گیاه با ترکیب ژنتیکی جدید را می‌توان تولید کرد و در روش غیر جنسی تداوم حمایت والدینی امکان پذیر می‌شود (Peter, 2010). تولید گیاهان در روش غیر جنسی، بر پایه‌ی استعداد و توانایی سلول‌های گیاهی در باززایی یک گیاه کامل است که به آن توانمندی[1] می‌گویند. افزایش رویشی برای برخی گیاهان بسیار آسان‌تر از روش جنسی است. می‌توان از آن در ایجاد کلون استفاده کرد یا زمان رسیدن به مرحله‌ی بلوغ را کوتاه کرد که به ویژه در مورد گیاهان چوبی اهمیت زیادی دارد (هارتمن و همکاران، ۱۳۸٦ و گالستون و همکاران، ۱۳۸٦).

۲-۱-۱ ازدیاد با قلمه

در افزایش با قلمه، قسمتی از بخش‌های رویشی گیاه هم‌چون ساقه، ریشه یا برگ جدا شده و ریشه-دار می‌شود (Peter, 2010). از مزایای استفاده از این روش ازدیاد، تولید گیاهانی کاملاً شبیه گیاه مادری است. قلمه زدن مهمترین روش افزودن درختان و درختچه‌های زینتی است (Preece, 2003).

[1] Totipotency

۲-۱-۱-۱ قلمه ساقه

یکی از مهم‌ترین و پر استفاده ترین انواع قلمه، قلمه‌ی ساقه است که بر اساس ماهیت چوبی که برای قلمه‌گیری به کار می‌رود، به چهار دسته‌ی قلمه چوب سخت، قلمه چوب نیمه سخت، قلمه چوب نرم و قلمه علفی تقسیم می‌شوند (peter, 2010). در این روش ازدیاد، قسمتی از ساقه که دارای تعدادی جوانه است از گیاه مادری جدا شده و کشت می‌شود. به طور کلی قلمه‌ها باید از گیاهان مادری سالم و از شاخه‌هایی با رشد مناسب که زیر نور کامل آفتاب قرار گرفته‌اند، گزینش شوند. شاخه‌هایی که از آن‌ها قلمه گرفته می‌شود باید دارای ذخیره‌ی غذایی کافی باشند که تا قبل از ریشه‌دار شدن و استقرار گیاه بتواند نیاز آن را برطرف کند (هارتمن و همکاران، ۱۳۸٦)

۲-۲ اصول تشریحی تشکیل ریشه‌ی نابجا

ریشه‌های نابجا در برخی گیاهان به صورت طبیعی تشکیل می‌شوند. به طور مثال می‌توان به ریشه-های هوایی در انجیر معابد و یا ریشه‌های زیرگره در برخی تک لپه‌ای‌ها اشاره نمود. ریشه‌های نابجا دو گونه هستند: ریشه‌های از پیش تشکیل شده[۲] که روی ساقه‌ی گیاه مادری تشکیل می‌شوند اما تا زمانی که ساقه قطع نشود بیرون نمی‌آیند و ریشه‌هایی که بر اثر زخم[۳] (مثلاً زخم ناشی از جداسازی از گیاه مادری) به وجود می‌آیند. ریشه‌های حاصل از زخم را ریشه‌های تازه تشکیل یافته نیز می‌نامند (Davies et.al., 1982).

پس از جداسازی قلمه، محل زخم سریعاً شروع به ترمیم می‌کند. سلول‌های بیرونی می‌میرند و یک لایه‌ی محافظ سوبرینی تشکیل می‌دهند که زخم را از تبخیر سریع آب و عوامل بیماری‌زا محافظت می-

[2] Performed root
[3] Wounded root

کند. ممکن است سلول‌های پشت این لایه، شروع به تقسیم کرده و یک لایه از سلول‌های پارانشیمی به نام کالوس را تشکیل دهند. کالوس اغلب در انتهای قلمه تولید می‌شود. گرچه اغلب اولین ریشه‌ها از درون کالوس بیرون می‌آیند اما وجود آن برای ریشه‌زایی ضروری نیست (Davis and Haissig, 1994). البته در بعضی گیاهان سخت ریشه‌زا احتمال دارد که تشکیل کالوس پیش نیاز تشکیل ریشه باشد (Davies et.al., 1982). برای مثال در گونه‌ای کاج (Cameron and Thomson, 1969) و عشقه (Girouard, 1967)، ریشه‌ها از بافت کالوس منشأ می‌گیرد. سپس سلول‌های پریدرم در نزدیک کامبیوم آوندی و آوند آبکش، شروع به تقسیم و آغازیدن ریشه‌های نابجا می‌کنند که می‌توان آن را در چهار مرحله خلاصه کرد:

۱-غیر تخصصی شدن[4] سلول‌های تمایز یافته‌ی ویژه

۲-تشکیل سرآغازه‌های ریشه[5] از سلول‌های نزدیک غلاف آوندی یا بافت آوندی که این سلول‌ها غیر اختصاصی شده و به حالت مریستمی تبدیل شده‌اند.

۳- نمو سرآغازه‌ها به ریشه‌های آغازین سازمان یافته[6]

٤-رشد ریشه‌های آغازین به سمت خارج ساقه و هم چنین به سمت داخل ساقه برای ایجاد ارتباط آوندی با بافت آوندی قلمه (Davis and Haissig, 1994).

ریشه‌های از پیش تشکیل یافته که به آن‌ها ریشه‌های نهفته نیز می‌گویند، در گیاهان سهل ریشه‌زا مثل بید، هیدرانژآ، سپیدار، یاسمن و بادرنگ وجود دارند (Girouard, 1967). منشأ سرآغازه‌های ریشه‌های نهفته، مشابه ریشه‌های نابجایی است که در اثر زخم به وجود آمده‌اند. در گیاهان چندساله چوبی، ریشه-

[4] Dedifferentiation
[5] Root initials
[6] Root primordia

های نابجا، در قلمه‌های ساقه،معمولاً از سلول‌های زنده پارانشیمی ودردرجه اول از آوندهای آبکش ثانویه ،منشاء می‌گیرند.اما گاهی اوقات ،شعاع‌های آوندی،کامبیوم آوند آبکش،عدسک‌ها،یا مغز ساقه،نیز می‌تواند منشاء ریشه‌های نابجا گردد (هارتمن و همکاران، ۱۳۸٦)

۲-۳ عوامل موثر در ریشه‌زایی قلمه‌ها

ریشه‌زایی قلمه‌ها در گیاهان مختلف با هم متفاوت است. هم چنین این تفاوت در ریشه‌دار کردن قلمه‌های یک گیاه مشخص هم دیده می‌شود. ریشه‌دار شدن قلمه‌ها به نوع گیاه، نوع قلمه‌گیری و بسیاری از عوامل دیگر وابسته است که در زیر برخی از مهم‌ترین آن‌ها آورده شده است.

۲-۳-۱ گیاه مادری

ریشه‌زایی قلمه‌ها به نوع گیاه مادری و شرایط محیطی آن بسیار وابسته است. این که گونه و رقم و نژاد گیاه مادری چیست و در چه شرایط محیطی رشد کرده در میزان ریشه‌دهی تأثیر دارد (هارتمن و همکاران، ۱۳۸٦).

۲-۳-۱-۱ نوع و نژاد

قبلاً هم اشاره شد که برخی گونه‌ها و ارقام، سخت ریشه‌زا و برخی دیگر آسان ریشه‌زا هستند که این به ژنتیک آن‌ها وابسته است (ابوطالبی و تفضلی، ۱۳۸۵). قلمه‌های ساقه‌ی برخی ارقام به آسانی و بدون نیاز به تیمار و توجه و مراقبت خاصی درصد زیادی ریشه‌دهی دارند. اما در برخی ارقام این امر به سختی و با تیمارها و مراقبت‌های ویژه انجام می‌پذیرد. از سویی دیگر، ریشه‌دار شدن قلمه‌ی بعضی ارقام هنوز امکان پذیر نشده است (هارتمن و همکاران، ۱۳۸٦).

۲-۳-۱-۲ شرایط محیطی گیاه مادری

شرایط محیطی گیاه مادری اهمیت زیادی دارد. قلمه‌هایی که از گیاهان دچار تنش خشکی و کم آبی گرفته می‌شوند، در ریشه‌دهی دچار اختلال می‌شوند (Peter, 2010). بررسی‌هایی که روی قلمه‌های نخودفرنگی انجام گرفت، نشان داد قلمه‌گیری از گیاهان مادری که کمبود آب داشتند، موجب کاهش ریشه‌زایی می‌شود (Rajagopal and Anderson, 1980). احتمالاً این اختلال به دلیل تغییر در میزان اتیلن و آبسایزیک اسید درون قلمه‌ها، هنگام ایجاد شرایط تنش خشکی است (هارتمن و همکاران، ۱۳۸٦ و ارتکا.۱۳۸۷).

فتوپریود و میزان نوری که گیاه مادری در آن رشد می‌کند نیز بر ریشه‌دهی اثر دارد (Christiensen et al., 1980) این اثر احتمالاً به علت تأثیر روی میزان فتوسنتز و در نتیجه تغییر در میزان کربوهیدرات گیاه است. در تحقیقاتی روی داوودی نشان داده شد که شرایط روز بلند برای برخی ارقام روز کوتاه، موجب آسان شدن رشد رویشی و افزایش ریشه دهی می‌گردد (Fischer and Hansen, 1977).

در مورد رابطه‌ی کربوهیدرات و ریشه‌دهی نظرات متفاوتی ارائه شده است. کربوهیدرات‌ها دارای قندهای احیا شده‌ی آزاد و قندهای ذخیره‌ای هستند که در ریشه‌زایی به عنوان مواد تشکیل دهنده‌ی ملکول‌های بزرگ و منابع انرژی اهمیت دارند (Greenwood, 1973; Haissig, et al. 1992). در برخی موارد، رابطه بین این دو همبستگی مثبتی داشته است (Druege et al., 2004). در بررسی‌هایی که روی گونه‌ای از سرو انجام گرفت مشخص شد غلظت نشاسته و ساکارز قلمه‌ها پیش از کاشت آن‌ها به ترتیب با درصد ریشه‌زایی و طول ریشه همبستگی مثبت داشته است (Henry et al., 1992). البته گاهی افزایش ریشه‌دهی را به علت بالا بودن نسبت کربوهیدرات به نیتروژن (C/N) می‌دانند. تفاوت‌ها در نسبت C/N

بیشتر به دلیل نیتروژن و نه کربوهیدرات است. نیتروژن وابستگی منفی به ریشه‌زایی دارد که بیانگر این است که در مواردی که C/N زیاد است و ریشه‌زایی نیز بیشتر است، عامل اصلی کم بودن میزان نیتروژن است، نه زیاد بودن میزان کربوهیدرات (Hambrick et al., 1991; Leakey and storeton-West, 1992) . اگر سعی شود که در کوددهی به گیاه مادری از حداقل کود نیتروژنی استفاده شود تا نمو شاخساره در قلمه‌ها توسط نیتروژن تحریک نشود، اغلب به ریشه‌زایی قلمه کمک می‌شود زیرا در شاخه‌های در حال رشد سریع، برای ریشه‌زایی و تولید شاخساره در مورد مواد غذایی از جمله کربوهیدرات رقابت وجود دارد (Haissig et al., 1992).

۲-۳-۲ تنظیم کننده‌های رشد گیاهی

مواد تنظیم کننده‌ی رشد گیاهی (هورمون‌ها)، موادی هستند که توسط گیاه تولید شده و در غلظت-های کم فرایندهای فیزیولوژیکی را در گیاه کنترل می‌کنند. این مواد معمولاً درون گیاه از محل تولید به محل دیگر منتقل می‌شوند(هارتمن و همکاران، ۱۳۸٦ و ارتکا، ۱۳۸۷). گاهی فاصله‌ای که یک هورمون منتقل می‌شود زیاد است (مثلاً انتقال هورمون از یک برگ به یک جوانه)، گاهی نیز این فاصله کوتاه است (مثلاً انتقال از مریستم انتهایی به سلول‌های زیرین) و در برخی موارد هم فاصله بسیار ناچیز است (برای مثال از یک اندامک سلولی به اندامکی دیگر). معیار توصیفی هورمون انتقال از محل ساخته شدن به محل تأثیر است، یعنی هم چون یک پیک شیمیایی عمل می‌کند (گالستون و همکاران، ۱۳۸٦). یکی از فرایندهای فیزیولوژیک که تحت تأثیر هورمون‌ها قرار می‌گیرد ریشه دار شدن قلمه‌ها است. قابلیت ریشه‌دهی قلمه در گیاهان مختلف با هم متفاوت است و از قلمه‌های آسان ریشه‌زا تا گیاهانی که قلمه‌ی آن‌ها ریشه‌دار نمی‌شوند متغیر است. ون ساکس بیان داشت موادی در قسمت‌هایی از گیاه – هم‌چون لپه-ها و برگ‌ها- تولید می‌شوند که ریشه‌زایی را تحریک می‌کنند سال‌ها بعد بویلین و ونت نام این مواد را

ریزوکالین گذاشتند. ماهیت این مواد هنوز هم کاملاً شناخته شده نیست. ترکیبی از انواع مواد تنظیم کننده‌ی رشد شامل تسریع کننده‌ها و بازدارنده‌ها بر ریشه‌زایی مؤثرند (ارتکا، ۱۳۸۷).

۲-۳-۲-۱ اکسین‌ها

واژه‌ی اکسین برگرفته از واژه‌ی یونانی *Auexin* به معنی رشد دادن است. تا کنون بیشترین تأثیر بر ریشه‌زایی قلمه‌ها در مورد اکسین‌ها گزارش شده و در سطح تجاری از آن‌ها استفاده می‌شود. اکسین ماده‌ای است که در نواحی رشدی نوک ساقه و هم‌چنین برگ‌های جوان تولید می‌شود (Ludwig-Muller, 2000).

۲-۳-۲-۱-۱ تاریخچه

اکسین اولین هورمونی بود که شناخته شد. این هورمون اولین بار در نوک کولئوپتیل گندمیان تشخیص داده شد. اگر نوک ساقه در حال رشد سریع قطع شود، رشد در ناحیه‌ی زیر بریدگی به سرعت کاهش می‌یابد و سپس کاملاً متوقف می‌شود. اگر نوک بریده یا قطعه‌ی آگاری که نوک بریده گیاه روی آن قرار گرفته بوده، بلافاصله در جای خود قرار بگیرد، رشد ساقه ادامه می‌یابد (Davies, 1995). از این آزمایش می‌توان نتیجه گرفت که یک ماده از نوک کولئوپتیل به سلول‌های زیرین منتقل شده و رشد را سبب می‌شود. این ماده را اکسین نامیدند. تحقیقات در این باره با آزمایش‌های داروین و پسرش در ۱۸۸۰ شروع شد و ۵۰ سال پس از آن فریتس ونت دانشجوی فوق لیسانس هلندی توانست وجود چنین ماده‌ای را تأیید کند. اکسین کشف شده توسط ونت بیشتر شامل ایندول ۳-استیک اسید یا IAA بود. پس از کشف IAA تعدادی ترکیبات ایندولی در گیاهان شناسایی شد که فعالیت اکسینی آن‌ها احتمالاً به دلیل تبدیل شدنشان به IAA است (هارتمن، ۱۳۸٦ و گالستون ۱۳۸٦ و ارتکا، ۱۳۸۷).

۲-۳-۲-۱-۲ بیوسنتز

ماده‌ی اولیه‌ی بیوسنتز ایندول ۳-استیک اسید، تریپتوفان است. دو مسیر برای تبدیل شدن تریپتوفان به IAA وجود دارد. مسیر اول از طریق تبدیل تریپتوفان به ایندول ۳-پایروویک اسید (توسط آنزیم تریپتوفان ترانس آمیناز) و دکربوکسیله شدن آن به ایندول- ۳- استالدئید (IAAld) است که به دنبال آن IAAld توسط آنزیم ایندول استالدئید دهیدروژناز به IAA تبدیل می‌شود. مسیر دوم دکربوکسیله شدن تریپتوفان و تبدیل آن به تریپتامین (توسط آنزیم تریپتوفان دکربوکسیلاز) است که تریپتامین نیز توسط آمین اکسیداز به IAAld و سپس توسط ایندول- ۳- استالدئید دهیدروژناز به IAA تبدیل می‌شود (ارتکا، ۱۳۸۷).

اکسین‌ها در گیاه به دو صورت آزاد و ترکیبی هستند. اکسین‌های آزاد به سهولت در خارج از بافت انتشار می‌یابند اما اکسین‌های ترکیبی تنها در صورتی که هیدرولیز، آنزیمیولیز یا اتولیز شوند قابل استفاده می‌شوند (Zhao, 2010). اکسین‌ها در گیاه حرکت قطبی دارند (Kerk et al., 2000). البته در تحقیقات اخیر روی خزه‌ها مشاهده شده است که این حرکت قطبی در بخش گامتوفیت خزه وجود ندارد در حالی که در بخش اسپروفیت، اکسین به صورت قطبی انتقال می‌یابد (Fujita and Hasebe, 2009).

۲-۳-۲-۱-۳ انواع اکسین

اکسین ها به دو گروه طبیعی و مصنوعی تقسیم می‌شوند. اکسین های طبیعی شامل IAA یا ترکیباتی هستند که بسیار شبیه IAA هستند و برای انجام عمل اکسینی به این ماده تبدیل می‌شوند. این ترکیبات، بسیار ناپایدارند و در برابر نور به سرعت تجزیه می‌شوند. اکسین‌های مصنوعی، موادی هستند که