بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه زیست شناسی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته زیست شناسی-علوم گیاهی

گرایش فیزیولوژی گیاهی

اثر تیتانیوم بر رشد و تولید رنگیزه‌های فتوسنتزی جلبک تک سلولی *Dunaliella*

استاد راهنما

دکتر منصور شریعتی

پژوهشگر

سهیلا بهشتی فر

دی‌ماه ۱۳۹۰

کلیه حقوق مادی مرتبت بر نتایج مطالعات، ابتکارات
و نو آوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه
متعلق به دانشگاه اصفهان است.

دانشگاه اصفهان
دانشکده علوم
گروه زیست شناسی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته زیست شناسی-علوم گیاهی

گرایش فیزیولوژی گیاهی خانم سهیلا بهشتی فرتحت عنوان

اثر تیتانیوم بر رشد و تولید رنگیزه‌های فتوسنتزی جلبک تک سلولی *Dunaliella*

در تاریخ ۹۱/۷/۹ توسط هیات داوران زیر بررسی و با درجه عالی به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنمای پایان‌نامه	دکترمنصور شریعتی	با مرتبه علمی استاد	امضا
۲- استاد داور داخل گروه	دکترسید مجید قادریان	با مرتبه علمی دانشیار	امضا
۳- استاد داور خارج از گروه	دکترسیما یحیی آبادی	با مرتبه علمی استادیار	امضا

امضای مدیر گروه

گروه زیست شناسی
Department Of Biology
1995

تقدیر و سپاس

یاد خدا آرامبخش قلب‌هاست...

چه اعجاب انگیز و دلنشین است عظمت پروردگار!

از میان خطرهای بی شمار، مشقت‌ها و دام‌های گسترده عبور کردم. رحمت تو در این فراز و نشیب ها مرا حامی بود.

پروردگارا از لطف بی دریغت سپاسگزارم.

از پدر و مادر دلسوز و نازنینم که در تمام مراحل تحصیل پشتیبان من بودند نهایت تشکر را دارم. در اینجا مایلم سپاس قلبی خود را نسبت به استاد راهنمای گرانقدرم جناب آقای دکتر منصور شریعتی و همراهی‌های دلسوزانه ایشان در تمام مراحل اجرا و تدوین این پایان نامه، ابراز کنم. از جناب آقای دکترسید مجید قادریان و سرکار خانم دکتر سیما یحیی آبادی که داوری این پایان نامه را تقبل فرمودند، از کلیه اساتید محترم گروه زیست شناسی، از کارشناسان و کارکنان محترم دانشکده و همچنین از دوستان عزیزم که در تمام مراحل اجرا و تدوین پایان نامه یار و یاور من بودند صمیمانه سپاسگزارم.

تقدیم به:

خانواده عزیزم که آرامشم از محبت آنهاست...

چکیده:

جلبک سبز تک سلولی *Dunaliella* مقاوم به شوری بوده و مدل سیستم گیاهی مناسبی جهت بررسی انواع تنش‌ها در فیزیولوژی گیاهی می‌باشد. این جلبک قادر است تحت برخی شرایط استرس‌زا جهت مقابله با رادیکالهای آزاد، بتاکاروتن را احتمالا به عنوان آنتی اکسیدان تولید نماید، همچنین در شرایط تنش شوری جهت مقابله با آن گلیسرول تولید می‌نماید. تیتانیوم یکی از عناصر موثر بر روند رشد، تولید مثل و فرایندهای اصلی متابولیسم در گیاهان است و این اثر قابل تعمیم به جلبک ها و مورد توجه است. با وجود اینکه در زمره عناصر ضروری نمی باشد ولی درگزارش‌ها دیده شده است که این عنصر برای گیاهان عالی مفید می‌باشد و در کل می‌تواند منجر به بهبود متابولیسم زیستی در گیاهان شود. جلبک دونالیه‌لا در محدوده pH قلیایی رشد و چرخه زندگی خود را کامل می‌کند اما با توجه به این که گزارش شده است تیتانیوم در pH اسیدی و در محدوده ۶ بیشترین اثر و جذب را داشته است، و با نظر به این‌که EDTA منجر به جذب بهتر تیتانیوم در حضور جلبک می‌گردد، لذا دراین تحقیق علاوه بر اثر تیتانیوم بر روند رشد و رنگیزه‌ها، اثر تیتانیوم درحضور EDTA، اثر pH در تاثیر تیتانیوم برپارامترهای ذکر شده و در نهایت میزان فتوسنتز و تنفس جلبک دونالیه‌لا در یک دوره رشد اندازه گیری و مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور غلظت های ۱۰۰، ۱۵۰و ۲۰۰ میکرومولار تیتانیوم در سه تکرار و شاهد بر گونه *Dunaliella salina* اعمال و سپس در هریک میزان کلروفیل، بتاکاروتن و همچنین تقسیم سلولی در یک دوره‌ی رشد اندازه‌گیری گردید. با توجه به نتایج حاصله در غلظت‌های ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرو مولار هیچ گونه تفاوتی در تعداد سلول، میزان کلروفیل و بتاکاروتن در واحد حجم، کلروفیل و بتاکاروتن سلولی در کلیه تیمارها نسبت به نمونه شاهد مشاهده نگردید، اما در حضور EDTA منجر به افزایش در تعداد سلول، میزان کلروفیل و بتاکاروتن در واحد حجم(میلی لیتر) تیمارها نسبت به نمونه شاهد شده است و هیچ تفاوت معنی داری در میزان کلروفیل و بتاکاروتن سلولی بین نمونه شاهد و تیمارها مشاهده نگردید. نتایج اثر pH مشابه با نتایج اثر تیتانیوم درحضور EDTA بود. میزان فتوسنتز و تنفس در تیمار بلند مدت ۱۵۰ میکرومولار تیتانیوم با گذشت ۲۴ ساعت نسبت به نمونه شاهد کاهش پیدا کرد و در تیمار کوتاه مدت با افزایش غلظت تیتانیوم تا ۱۵۰ میکرومولار درصد فتوسنتز افزایش یافت اما از این غلظت بالاتر منجر به کاهش درصد فتوسنتز گردید. درصد تنفس در غلظت ۵۰ میکرو مولار نسبت به سایر غلظت‌ها بیشتر بود و با افزایش غلظت تیتانیوم تا ۲۰۰ میکرو مولار کاهش داشت.

واژگان کلیدی: *Dunaliella*، تیتانیوم، عنصر ضروری، کلروفیل، pH

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه و هدف

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- معرفی جلبک *Dunaliella* ۲

۱-۲-۱-تاریخچه ۲

۱-۲-۲- مورفولوژی ۲

۱- ۲-۳- فیزیولوژی ۵

۱-۲- ۴- تولیدمثل ۶

۱-۲- ۵- بیوتکنولوژی جلبک دونالیه‌لا ۶

۱-۳- رنگیزه‌ها و انواع کلروفیل در جلبک‌ها و گیاهان ۸

۱-۳- ۱- طیف جذبی رنگیزه‌ها ۱۱

۱-۴- عناصر ضروری ۱۱

۱- ۵- فلزات سنگین ۱۲

۱-۶- تیتانیوم ۱۳

۱-۶- ۱- تاریخچه ۱۳

۱-۶-۲- ویژگی‌ها ۱۳

۱-۶- ۳- تاثیرات زیست محیطی ۱۴

۱-۶-۴- اثرات تیتانیوم در گیاهان ۱۴

۱-۷- فتوسنتز در گیاهان ۱۷

۱- ۸- تنفس در گیاهان ۱۸

فصل دوم:مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد ۱۹

۲-۲- منابع تامین جلبک ۱۹

عنوان **صفحه**

۲-۳- کشت جلبک *Dunaliella* ۱۹
۲-۳-۱- شرایط نگهداری جلبک‌ها در محیط کشت جامد ۲۱
۲-۳-۲- تهیه سوسپانسیون جلبکی ۲۱
۲-۴- انجام آزمایش ۲۱
۲-۴-۱- تنظیم pH و افزودن EDTA ۲۲
۲-۴- ۲- شمارش سلولی ۲۲
۲-۴-۳- استخراج و اندازه‌گیری کلروفیل و سایر رنگیزه‌ها ۲۳
۲-۵- اندازه‌گیری فتوسنتز و تنفس ۲۳
۲-۵-۱- آماده‌سازی سوسپانسیون جلبکی ۲۳
۲-۵-۲- بررسی اثر تیتانیوم بر فتوسنتز و تنفس جلبک دونالیه‌لا ۲۴
۲-۵-۳- ساخت بافر فسفات ۲۴

فصل سوم: نتایج و بحث

عنوان **صفحه**

۳-۱- اثر تیتانیوم بر تقسیم سلولی، میزان کلروفیل و بتاکاروتن ۲۵
۳-۱-۱- نتایج ۲۵
۳-۲- اثرEDTA در تاثیر تیتانیوم بر میزان تقسیم سلولی،کلروفیل و بتاکاروتن ۳۱
۳-۲- ۱- نتایج ۳۱
۳-۳- اثر pH در تاثیر تیتانیوم برمیزان تقسیم سلولی، کلروفیل و بتاکاروتن ۳۶
۳-۳-۱- نتایج ۳۶
۳-۴- بررسی اثر تیتانیوم بر فتوسنتز و تنفس جلبک دونالیه‌لا ۴۱
۳-۴-۱- نتایج ۴۱
۳-۵- بحث ۴۴

عنوان **صفحه**

جمع بندی نهایی..... ۴۸
پیشنهادات..... ۵۰
منابع و مآخذ ۵۱

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱. میکروگراف الکترونی از جلبک دونالیه‌لا ۴

شکل ۱-۲. مسیر سنتز گلیسرول در جلبک دونالیه‌لا ۷

شکل ۱-۳. ساختار کلروفیل a و b ۹

شکل ۱-۴. ساختار ایزومرهای بتاکاروتن ۱۰

نمودار ۳-۱. انتخاب غلظت‌های مورد بررسی تیتانیوم جهت تیمار سوسپانسیون جلبکی ۲۶

نمودار ۳-۲. اثر غلظت‌های ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرومولار تیتانیوم به فرم $TiCl_3$ و شاهد بر تعداد سلول در جلبک *D.salina* ۲۷

نمودار۳-۳. اثر غلظت‌های ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ میکرومولار تیتانیوم به فرم $TiCl_3$ و شاهد بر میزان کلروفیل در حجم (میلی لیتر) در جلبک *D.salina* ۲۹

نمودار۳-۴. اثر غلظت‌های ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ میکرومولار تیتانیوم به فرم $TiCl_3$ و شاهد بر میزان بتاکاروتن در حجم (میلی لیتر) در جلبک *D.salina* ۲۹

نمودار۳-۵. اثر غلظت‌های ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ میکرومولار تیتانیوم به فرم $TiCl_3$ و شاهد بر میزان کلروفیل سلولی در جلبک *D.salina* ۳۰

نمودار۳-۶. اثر غلظت‌های ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ میکرومولار تیتانیوم به فرم $TiCl_3$ و شاهد بر میزان بتاکاروتن سلولی در جلبک *D.salina* ۳۰

نمودار۳-۷. اثر غلظت‌های ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرومولار تیتانیوم به فرم $TiCl_3$ - EDTA و شاهد بر تعداد سلول در جلبک *D.salina* ۳۲

نمودار۳-۸. اثر غلظت‌های ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرومولار تیتانیوم به فرم $TiCl_3$ - EDTA و شاهد بر میزان کلروفیل در واحد حجم (میلی لیتر) در جلبک *D.salina* ۳۳

نمودار۳-۹. اثر غلظت‌های ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرومولار تیتانیوم به فرم $TiCl_3$ - EDTA و شاهد بر میزان بتاکاروتن در واحد حجم (میلی لیتر) در جلبک *D.salina* ۳۳

نمودار۳-۱۰. اثر غلظت‌های ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرومولار تیتانیوم به فرم $TiCl_3$ - EDTA و شاهد بر میزان کلروفیل سلولی در جلبک *D.salina* ۳۵

نمودار۳-۱۱. اثر غلظت‌های ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرومولار تیتانیوم به فرم $TiCl_3$ - EDTA و شاهد برمیزان بتاکاروتن سلولی در جلبک *D.salina* ۳۵

عنوان **صفحه**

نمودار۳-۱۲. اثر pH در تاثیر غلظت‌های ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرومولار تیتانیوم و شاهد برتعداد سلول در جلبک *D.salina*..... ۳۷
نمودار۳-۱۳. اثر pH در تاثیر غلظت‌های ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرومولار تیتانیوم و شاهد بر میزان کلروفیل در واحد حجم (میلی لیتر) در جلبک *D.salina*..... ۳۸
نمودار ۳-۱۴. اثر pH در تاثیر غلظت‌های ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرومولار تیتانیوم و شاهد بر میزان بتاکاروتن در واحد حجم (میلی لیتر) در جلبک *D.salina*..... ۳۸
نمودار ۳-۱۵. اثر pH در تاثیر غلظت‌های ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرومولار تیتانیوم و شاهد بر میزان کلروفیل سلولی در جلبک *D.salina*..... ۴۰
نمودار ۳-۱۶. اثر pH در تاثیر غلظت‌های ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرومولار تیتانیوم و شاهد بر میزان بتاکاروتن سلولی در جلبک *D.salina*..... ۴۰
نمودار ۳-۱۷. نتایج حاصل از اعمال تنش بلند مدت تیتانیوم بر فتوسنتز در نمونه *D.Salina*..... ۴۲
نمودار ۳-۱۸. نتایج حاصل از اعمال تنش بلند مدت تیتانیوم بر تنفس در نمونه *D.Salina* ۴۲
نمودار ۳-۱۹. درصد تغییرات فتوسنتز در تیمارهای کوتاه مدت ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرو مولار تیتانیوم در *D.salina*..... ۴۳
نمودار ۳-۲۰. درصد تغییرات تنفس در تیمارهای کوتاه مدت ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میکرو مولار تیتانیوم در *D.salina*..... ۴۳

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱. مواد و ترکیبات مورد نیاز برای ساخت محیط کشت..... ۲۰

فصل اول

مقدمه و هدف

۱ ـ۱ -مقدمه

هر موجود زنده برای تامین غذا، رشد و تولیدمثل احتیاج به عناصر معدنی دارد، ارزش همه این عناصر در خاک از نظر احتیاج گیاه به آن ها یکسان نیست (Uchida and Silva, 2000). عناصر را می توان به چند دسته تقسیم نمود گروهی از این عناصر برای گیاه ضروری محسوب شده و باید در مقادیر کافی دردسترس گیاه باشند و باقی عناصر هر یک به مقدار بسیار کم برای گیاه ضروری هستند (قهرمان، ۱۳۸۳). گذشته از این عناصر دیگری بدست آمده و شناخته شدند (Pais, 1991 به نقل از Carvajal and Alcaraz, 1998) که احتمالا برای گیاه ضروری نبوده ولی می‌توانند در رشد و حیات و تکمیل چرخه رویشی آن اثرات مفید داشته باشند از جمله تیتانیوم که یکی از عناصر موثر بر روند رشد، تولید مثل و فرایندهای اصلی متابولیسم است و این اثر قابل تعمیم به جلبک‌ها و مورد توجه است. تیتانیوم یک عنصر جالب با اثرات فیزیولوژیکی می‌باشد. با وجود اینکه تیتانیوم در زمره عناصر ضروری نمی‌باشد ولی بر طبق برخی گزارش‌ها شواهدی مبنی بر اینکه این عنصر برای گیاهان عالی ضروری و یا اینکه سمی است وجود ندارد ولی به طور کلی مفید می‌باشد ومی‌تواند منجر به بهبود متابولیسم زیستی در گیاهان شود (Carvajal and Alcaraz, 1998). پس با در نظر گرفتن اثرات مثبت آن آیا می‌توان تیتانیوم را به عنوان یک عنصر ضروری استفاده نمود؟

۱-۲- معرفی جلبک *Dunaliella*

تالوفیت‌ها یا ریسه‌داران به سه گروه تقسیم بندی می‌شوند، قارچ‌ها یا تالوفیت‌های بدون کلروفیل، جلبک‌ها یا تالوفیت‌های دارای کلروفیل و گلسنگ‌ها[1] که از اجتماع قارچ‌ها و جلبک‌ها تشکیل شده‌اند. جلبک-ها چون دارای کلروفیل هستند، اتوتروف بوده و می‌توانند با جذب نور خورشید، مواد غذایی مورد نیاز خود را بسازند. جلبک‌ها دارای گونه‌های متعددی هستند که در گروه‌های ویژه، رده بندی می‌شوند و در مناطق مختلف زندگی می‌کنند (Keeling, 2004). از انواع جلبک سبز می‌توان به دونالیه‌لا اشاره کرد که متعلق به خانواده *Dunaliellaceae* می‌باشد (Borowitzka and Siva, 2007). جلبک دونالیه‌لا از نظر ظاهری شباهت زیادی به جلبک سبز کلامیدوموناس دارد اما از این نظر که در محیط‌های شور قادر به رشد و زندگی است و فاقد دیواره اسکلتی می‌باشد با جنس کلامیدوموناس[2] اختلاف دارد (Brown and Borowitzka, 1979).

۱-۲-۱- تاریخچه

جلبک *Dunaliella* اولین بار در سال ۱۸۳۸ توسط Michel Felix Dunal در فرانسه مشاهده شد و در سال ۱۹۰۵ Teodorese این جلبک شناسایی شده توسط دونال را به نام دونالیه‌لا معرفی کرد (به نقل از Preisig,1992) اولین مطالعات اساسی پیرامون تاکسونومی جنس دونالیه‌لا توسط Teodorese در سال های ۱۹۰۵ تا ۱۹۰۶ بر روی *D.Salina* آغاز شد (به نقل از Preisig, 1992). او برای نخستین بار نام *Dunaliella* را به عنوان یک جنس جدید توصیف نمود و ثابت کرد که این جنس به طور کاملا واضح و مشخصی از سایر جنس‌های خویشاوند *نظیر Haematococcus* و *Chlamydomonas* متفاوت و مجزا می‌باشد (Borowitzka and Siva, 2007).

۱-۲-۲- مورفولوژی

دونالیه‌لا جلبکی است تک سلولی و سبز که در آب‌های شور زندگی می‌کند، دارای ۲ تاژک[3] می‌باشد که از نظر آناتومی از قطب جلویی سلول خارج می‌شوند، (Preisig, 1992). این جلبک فاقد دیواره سلولی می-باشد و بنابراین به سرعت نسبت به تغییرات و فشارهای اسمزی خارج و داخل سلولی واکنش نشان می‌دهد. از این

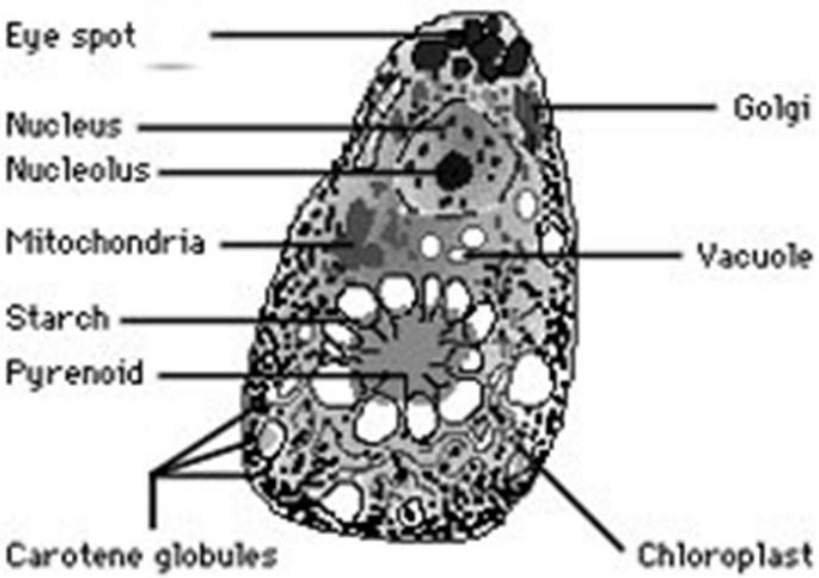
[1] Lichen
[2] Chlamydomonas
[3] Flagella

رو می‌توان گفت دونالیه‌لا یک پروتوپلاست [1]واقعی می‌باشد (Bental and Degani, 1992) اما تصاویر میکروسکوپ الکترونی یک پوشش موسیلاژی را در اطراف آن نشان می‌دهد. این پوشش از گلیکو پروتئین به همراه اسیدهای آلی تشکیل شده است، که فقط در گونه‌های ساکن در دریا و آب‌های شور یافت می‌شود (Melkonian and Preisig, 1984). هر سلول این جلبک ۷ تا ۱۲ میکرومتر طول و ۲ تا ۵ میکرومتر عرض دارد (Raja *et al.*, 2007). سلول‌ها به شکل فنجانی[2]، بشقابی[3]، زنگوله ای[4] می‌باشند که در شرایط نامساعد محیطی به دلیل عدم حضور دیواره سلولی تغییر شکل پیدا می‌کنند.

در تمام گونه‌های این جلبک یک کلروپلاست فنجانی شکل دیده می‌شود که حجم زیادی از فضای درون سلولی را اشغال کرده است، این کلروپلاست حاوی یک پیرونوئید[5] می‌باشد که توسط دانه‌های نشاسته احاطه شده است (Borowitzka and Siva, 2007). همچنین لکه چشمی[6] در موقعیت قدامی کلروپلاست واقع شده است، از آنجا که این جلبک قدرت بیوسنتز بتاکاروتن[7] در شرایط تنش محیطی را دارد در اطراف و داخل کلروپلاست مقداری لیپیدهای حاوی بتاکاروتن یافت می‌شود (Lers *et al.*, 1990).

علاوه بر این، هسته نیز بخش زیادی از این سلول را اشغال کرده است. میتوکندری در بخش‌های گوناگون سلول و عمدتا بی‌کلروپلاست و هسته در فضای پروتوپلاسم قراردارد. ۲ تا ۴ جسم گلژی بین بخش قدامی هسته و دستگاه تاژکی وجود دارد (شکل۱) که با شبکه اندوپلاسمی در ارتباط است (Melkanian and Preisig, 1984).

[1] Protoplast
[2] Cupe-shape
[3] Dish-shape
[4] Bell-shape
[5] Pyrenoid
[6] Eye-spot
[7] β- carotene



شکل ۱. میکروگراف الکترونی ازجلبک سبز دونالیه‌لا اقتباس از
(Avron and Ben-Amotz, 1992)

۱-۲-۳- فیزیولوژی

Dunaliella جلبک سبز تک سلولی مقاوم به شوری بوده و جهت مقابله با آن گلیسرول تولید می-نماید و تحت شرایط استرس‌هایی نظیر نور زیاد (Coesl *et al.*, 2008)، غلظت بالای نمک (Hadi *et al.*, 2008) کمبود نیترات (شریعتی و ذوفن،۱۳۸۲)، کمبود سولفات (شریعتی و آقایی، ۱۳۸۶) و دمای بالا (Gomez and Gonalez, 2005) جهت مقابله بالا با رادیکال‌های آزاد مقادیر زیادی کاروتنوئید احتمالا به عنوان آنتی اکسیدان در سلول خود تولید می‌نماید یکی از این کاروتنوئیدها در دونالیه‌لا که نقش آنتی اکسیدان را ایفا می-کند بتا کاروتن می‌باشد، و درشرایط تنش مقدار آن در سلول افزایش می‌یابد (Gokpinar *et al.*, 2006; Ben-Amotz, 1995).

از طرفی این جلبک مدل مناسبی جهت بررسی انواع تنش‌های حاصل از سرما، گرما، آب، شوینده‌ها، افزایش و کاهش نور، شوری و عناصر ضروری، فلزات سنگین، تشعشعات UV، بوده است (Ben-Amtoz and Avron, 1990; Bental and Degani, 1992; Shaish *et al.*,1993; Ben-Amotz, 1995) از این رو گونه‌های مختلف جنس دونالیه‌لا به دلیل قابلیت و توانایی‌های منحصر به فرد در ارائه پاسخ‌های مناسب به شرایط ذکر شده در بالا و از جهتی فقدان دیواره سلولی ، سرعت رشد بالا و کشت مداوم در آزمایشگاه در مطالعات پیرامون تنش‌ها، فیزیولوژی گیاهی به عنوان یک سیستم مدل مورد استفاده قرار می‌گیرند (Cowan,1992). دونالیه‌لا فاقد دیواره سلولی مشخصی می‌باشد ولی با این وجود در شرایط محیطی تحت تنش شوری ۰/۵ تا ۵ مولار نمک NaCL مقاوم بوده و رشد می‌کند (Phadwal and Singh, 2003; Jahnke and White, 2003 ; شریعتی و هادی، ۱۳۷۹). دیده شده است که مقاومت این جلبک در محدوده وسیعی از غلظت‌های نمک به دلیل تجمع گلیسرول می‌باشد (Shariati and Lilley, 1994) در این شرایط، گلیسرول ازغیر فعال شدن آنزیم‌ها در هنگام تنش محافظت می‌کند(Tefler, 2002). از جمله پژوهش‌ها و تحقیقاتی که در پیرامون فیزیولوژی این جلبک انجام گرفته است می‌توان به اثر انواع فلزهای سنگین مانند کادمیوم (شریعتی و یحیی آبادی، ۱۳۸۲) و اثر انواع یون مانند مس بر این جلبک (شریعتی و یحیی آبادی، ۱۳۸۰) اشاره کرد.