فصلنامه علمی – پژوهشی گیاه و زیست بوم
سال ۸، شماره ۳۲، پاییز ۱۳۹۱

مطالعه روند تغییرات منحنی‌های پاسخ و ارتباط بین صفات مورفولوژیکی گونه *Agropyron cristatum* تحت مقادیر هم فاصله کود اسید هیومیک

علیرضا رهی[۱]*، محمدهادی فرزانه[۲]، سعید صفری‌دولت‌آباد[۳]، فرشته عزیزی[۱]

چکیده

به منظور بررسی تأثیر اسید هیومیک بر روی رشد رویشی گونه مرتعی *Agropyron cristatum* آزمایشی در سال ۸۹ به‌صورت گلخانه‌ای در شهرستان دماوند به اجرا درآمد. کود اسید هیومیک به‌صورت گرانولی به مقدار ۰، ۷۵، ۱۵۰ و۲۲۵ کیلوگرم در هکتار مصرف گردید. نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که تحت شرایط کودی مصرف شده بین اکثر صفات همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام تأثیر صفات تعداد پنجه، وزن تر برگ و ساقه، طول ریشه، وزن خشک ساقه، نسبت هوایی به ریشه، کلروفیل b و کاروتینوئید، سطح برگ، وزن خشک ریشه و برگ را بر وزن تر بخش هوایی نشان داد. نتایج منحنی‌های پاسخ نشان داد که اسید هیومیک موجب افزایش صفات ارتفاع تا اولین برگ، تعداد برگ، وزن تر برگ و ساقه وزن خشک ساقه، وزن تر و خشک بخش هوایی و نسبت هوایی به ریشه می‌شود و این افزایش به‌صورت خطی است. همچنین افزایش سطح برگ، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتینوئید با افزایش مقدار کود رابطه درجه دو دارند، مصرف مقادیر هم فاصله کود اسید هیومیک نیز در خصوص صفات طول گیاه، طول، وزن تر و وزن خشک ریشه و وزن خشک برگ از رابطه درجه سوم تبعیت می‌کند. براساس نتایج تجزیه علیت، که مؤثرترین صفات بر وزن تر بخش هوایی شامل وزن تر برگ، وزن تر ساقه، طول ریشه، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، نسبت هوایی به ریشه، کلروفیل b، کاروتینوئید و سطح برگ مؤثرترین صفات بر وزن تر بخش هوایی می‌باشند. در مجموع مناسب‌ترین مقدار مصرف اسید هیومیک، ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار است.

واژه‌های کلیدی: اسید هیومیک، *Agropyron cristatum*، منحنی‌های پاس

۱- دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن، گروه زراعت و اصلاح نباتات، رودهن، ایران
۲- دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرری، گروه خاک شناسی، شهرری، ایران
۳- دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن، گروه خاک شناسی ، رودهن، ایران
* مکاتبه‌کننده: (genomixar@gmail.com)

تاریخ دریافت:تابستان ۱۳۹۰ تاریخ پذیرش: تابستان ۱۳۹۰

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

گیاهان مرتعی از این جهت دارای اهمیت هستند که که بخش عمده اکوسیستم مرتع را شامل می‌شوند. لذا جهت بهره‌برداری درست از مرتع لازم است خصوصیات، اجزاء و نیز چگونگی تعامل بین اجزاء آن‌ها را بشناسیم (قلیچ نیا، ۱۳۸۷). از طرفی گیاهان مرتعی می‌توانند در تولید علوفه برای دام همچنین جلوگیری از فرسایش آبی و بادی نقش زیادی داشته باشند.

گونه *Agropyron cristatum* از خانواده Graminae می‌باشد. این گیاه جزء تیره *Poaceae* است که می‌تواند تا دمای ۵۱- درجه سانتی‌گراد و چرای مفرط بقای خود را حفظ نماید. به‌دلیل اینکه می‌تواند ریشه، علوفه و بذر زیاد تولید کند همچنین رقابت بالا، استقرار آسان و خوش‌خوراکی خوب در بهار و تابستان موجب شده است این گیاه برای کنترل فرسایش از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد. رویشگاه اصلی این گونه روسیه و سیبری می‌باشد، از این گیاه در مناطق وسیعی در آمریکا استفاده می‌شود (احمدی، ۱۳۸۴).

به‌دلیل اینکه خاک‌های مراتع ایران در کل غنی نمی‌باشند بنابراین ارائه راهکارهایی جهت غنی‌سازی خاک و استفاده بهتر گیاه از رویشگاه‌ها، خود دارای اهمیت است. نتایج حاصل از آنالیز ترکیبات شیمیایی گونه *Ag. cristatum* نشان می‌دهد که با پیشرفت مراحل فنولوژی ترکیبات NPK در گیاه کاهش می‌یابد (احمدی، ۱۳۸۴) بنابراین برای بهره‌برداری بیشتر به‌طوری که به محیط زیست آسیب وارد نیاید استفاده از ترکیبات کودی جدید لازم به‌نظر می‌رسد. فرم‌های ترکیبات کودی جدید علاوه بر استفاده در خاک با مقادیر بسیار کم از طریق محلول‌پاشی نیز بسیار مؤثر است به گونه‌ای که تولید علوفه و استقرار گیاه از روند افزایشی قابل‌توجهی برخوردار است.

یکی از کودهای با اهمیت در بخش مصرف در گیاهان اسید هیومیک می‌باشد. اسید هیومیک، یک پلیمر طبیعی است که دارای موضع‌های H^+ مربوط به عامل‌های اسیدی کربوکسیل بنزوئیک و فنلی (مکان‌های تبادل کاتیونی) است (سردشتی و علیدوست، ۱۳۸۶).

این اسید یک ماکرومولکول پیچیده آلی می‌باشد که با پدیده‌های شیمیایی و باکتریایی در خاک تشکیل می‌شود و نتیجه نهایی عمل هومیفیکاسیون است. این اسید دارای وزن مولکولی نسبتاً بالا ۱۰۴ تا ۱۰۶ دالتون می‌باشد و ۵۰٪ از وزن مولکولی آن را کربن تشکیل می‌دهد (سردشتی و علیدوست، ۱۳۸۶).

اسید هومیک می‌تواند به‌طور مستقیم اثرات مثبتی بر رشد گیاه بگذارد. رشد قسمت هوایی و ریشه گیاه توسط اسید هومیک تحریک می‌شود ولی اثر آن بر روی ریشه برجسته‌تر است، حجم ریشه را افزایش داده و باعث اثربخشی سیستم ریشه می‌گردد. اسید هومیک جذب نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و فسفر را توسط گیاه افزایش می‌دهد. کاربرد اسید هومیک کلروز گیاهان را بهبود می‌بخشد که شاید نتیجه‌ای که از توانایی اسید هومیک برای نگهداری آهن خاک به فرمی که قابل جذب و سوخت و ساز باشد. این پدیده می‌تواند در خاک‌های قلیایی و آهکی مؤثر باشد که معمولاً کمبود آهن قابل جذب و مواد آلی را دارند.

سبزواری وهمکاران (۱۳۸۸) در تحقیقی عنوان نموده‌اند که با توجه به ملاحظات زیست محیطی اخیراً استفاده از انواع اسیدهای آلی برای بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج فراوان یافته است. مقادیر بسیار کم از اسیدهای آلی اثرات قابل ملاحظه‌ای در بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و

Archive of SID

www.SID.ir

بیولوژیکی خاک داشته و به‌دلیل وجود ترکیبات هورمونی اثرات مفیدی درافزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی دارند.

از آنجایی که یکی از اهداف متخصصین اصلاح نباتات افزایش عملکرد و در گیاهان مرتعی افزایش رشد رویشی می‌باشد، همچنین مرور منابع نشان می‌دهد که مطالعات وسیعی در جهان در خصوص تأثیر اسید هیومیک بر گیاهان صورت گرفته است بنابراین لازم است درباره تأثیر این ماده، بر گونه‌های مرتعی نیز بررسی‌های لازم انجام شود.

با توجه به اهمیت اسید هیومیک و اینکه تحقیق در مورد این ماده بر روی گیاهان مرتعی به‌صورت محدود انجام شده است، تأثیر اسید هیومیک بر گونه *Agropyron cristatum* بررسی شد.

Verlinden *et al* (2010) در پژوهشی اثر اسید هیومیک بر روی چند گراس را مورد مطالعه قرار دادند و دریافتند کاربرد اسید هیومیک موجب افزایش شاخ و برگ گیاهان مرتعی می‌شود.

Hakan *et al* (2011) در پژوهش گلخانه‌ای اثر اسید هیومیک را بر روی رشد ذرت در خاک‌های آهکی مورد بررسی قرار دادند نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که دوزهای مختلف محلول پاشی اسید هیومیک تأثیر متفاوت و معنی‌داری در مقدار وزن خشک گیاه دارند و محلول اسید هیومیک اثر مثبت و معنی‌داری در جذب عناصر مس، روی، منگنز، فسفر و سدیم در ۰/۰۱ درصد دارد.

در تحقیق Taher *et al* (2011) اثر سطوح مختلف اسید هیومیک را بر روی گیاه گندم مورد آزمایش قرار دادند نتایج نشان داد که سطوح مختلف اسید هیومیک اختلاف معنی‌داری بین وزن ساقه و ارتفاع بوته و میزان جذب ازت در رشد گندم دارد.

Bulent Asik *et al* (2011) تأثیر اسید هیومیک را بر روی گونه *Triticum durum Salihli* مورد آزمایش قرار دادند نتایج نشان داد که اسید هیومیک موجب افزایش جذب فسفر، پتاسیم، منیزیم، سدیم، مس و روی می‌گردد.

هدف از این پژوهش این است که اسید هیومیک در گونه‌های زراعی موجب افزایش عملکرد و اندام‌های هوایی شده است، آیا استفاده این ماده برای گونه مرتعی با اهمیتِ *Agropyron cristatum* که تامین‌کننده علوفه برای دام است، می‌تواند مفید و مؤثر باشد و باعث افزایش عملکرد این گیاه شود؟ بنابراین در رابطه با تأثیر اسید هیومیک و غلظت‌های آن برای گونه *Agropyron cristatum* آزمایشی طراحی گردید تا اثرات اسید هیومیک بر گونه موردنظر بررسی شود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در پاییز ۸۹ در شهرستان دماوند با موقعیت جغرافیایی ″۷/۹′,۴۳ °۳۵ شمالی و ″۴۱/۲′,۳ °۵۲ شرقی اجرا شد. گونه *Agropyron cristatum* از سازمان و جنگل‌ها و مراتع و خاک مورد استفاده نیز از عرصه مرتعی تهیه شد. قبل از اجرای آزمایش خاک مورد آزمایش قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۱ آمده است. اسیدیته کود اسید هیومیک نیز توسط دستگاه pH متر اندازه‌گیری شد که برابر با ۵/۸۳ بود. تیمارها عبارت بودند مقدار مصرف اسید هیومیک با مقادیر ۷۵، ۱۵۰، ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار و شاهد که براساس طرح کاملاً تصادفی آزمایش اجرا گردید. به‌دلیل مشکل‌بودن اندازه‌گیری طول ریشه در مزرعه و همچنین برای کنترل بیشتر سایر عوامل محیطی، آزمایش در گلخانه اجرا شد. صفات مورد بررسی

Archive of SID

www.SID.ir

عبارت بودند از: ارتفاع از سطح زمین تا اولین برگ (سانتی‌متر)، طول گیاه از یقه تا بزرگ‌ترین برگ (سانتی‌متر)، وزن تر و خشک برگ، ریشه، ساقه، وزن تر وخشک بخش هوایی (گرم)، سطح برگ (سانتی‌متر مربع)، طول ریشه (سانتی‌متر)، تعداد برگ و پنجه، نسبت بخش هوایی به ریشه، قطر یقه (میلی‌متر) برای سنجش کلروفیل a، b و کل و کاروتینوئید مقدار ۰/۰۵ گرم برگ تر را وزن نموده و با ۱۰ میلی‌لیتر استن ۸۰٪ سائیده سپس مخلوط بدست‌آمده را صاف نموده و با استن ۸۰٪ به حجم ۲۰ میلی‌لیتر رساندیم. جذب محلول در طول موج ۶۴۶، ۶۶۳ و ۴۷۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد و با استفاده از فرمول ارائه شده توسط فرهی آشتیانی و همکاران (۱۳۶۷) غلظت کلروفیل‌های a، b، کل و کاروتنوئید (میلی‌گرم در گرم) تعیین شد. تجزیه داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS و SPSS انجام گردید.

Chl.a= (۱۲/۷)A_{663}(-۲/۶۹)A_{645}([V/W×۱۰۰۰ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ

Chl.b= (۲۲/۹) A_{645}(-۴/۶۸)A_{663}([V/W×۱۰۰۰ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ

(میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)کلروفیل a+ کلروفیل b= کلروفیل کل

میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ $$Cx+c=\frac{(۱۰۰۰\times A_{470}-۱.۸\times Chl,a-۸۵/۰۲\times Chl,b)\times ۲۰}{۱۹۸\times ۱۰۰۰\times w}$$

A_{663}= جذب در ۶۶۳ نانومتر، A_{645}= جذب در ۶۴۵ نانومتر، A_{470} جذب در ۴۷۰نانومتر، V= حجم محلول، W= وزن برگ به میلی‌گرم

جدول ۱- نتایج آزمایش خاک مورد استفاده در تحقیق

بافت	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	هدایت الکتریکی میکروزیمنس بر متر	اسیدیته	درصد ماده آلی	درصد کربن آلی	درصد آهک کل
رسی لومی	۲۵	۴۲/۵	۳۲/۵	۲۰۱/۵	۷/۴۷	۱/۱۱	۰/۶۴	۳۶/۵

نتایج

بر اساس نتایج جدول شماره ۲ کلیه داده‌ها طبق آزمون گولموگروف –اسمیرنوف مورد آزمون تست نرمالیته قرار گرفت که همه داده‌های صفات نرمال بودند.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲- نتایج تست نرمالیته آزمون گولموگروف -اسمیرنوف

سطح برگ	ارتفاع تا اولین برگ	طول گیاه	تعداد پنجه	تعداد برگ	قطر یقه	وزن تر برگ	وزن تر ریشه	طول ریشه	وزن تر ساقه	وزن خشک ساقه	وزن خشک ریشه	وزن خشک برگ	وزن تر بخش هوایی	وزن خشک قسمت هوایی	نسبت هوایی به ریشه	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتینوئید
۰/۹۷	۰/۸۹	۰/۹۷	۰/۰۸	۰/۹۵	۰/۵۲	۰/۸	۰/۹	۰/۶	۰/۹	۰/۳۷	۰/۹	۰/۳۲	۰/۹۳	۰/۶۲	۰/۵۵	۰/۷۱	۰/۹	۰/۹۴	۱

www.SID.ir

جدول ۳- همبستگی ساده صفات در *Agropyron cristatum*

	سطح برگ	ارتفاع	طول گیاه	تعداد پنجه	تعداد برگ	قطر یقه	وزن تر برگ	وزن تر ساقه	طول ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک ساقه	وزن خشک ریشه	وزن خشک برگ	وزن تر بخش هوایی	وزن خشک قسمت هوایی	نسبت هوایی به ریشه	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتینوئید
سطح برگ	۱	۰/۶۵**	۰/۵۴*	-۰/۰۳	۰/۴۵	۰/۱۹	۰/۵۹*	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۱۹	۰/۲۷	۰/۳۲	۰/۴۷۰	۰/۵۵*	۰/۳۷	۰/۳۴	۰/۴۴	۰/۴۵	۰/۴۷	۰/۶۸**
ارتفاع		۱	۰/۷۴**	-۰/۱۸	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۷۸**	۰/۷۱**	۰/۲	۰/۱۶	۰/۶۴**	۰/۲۶	۰/۶۲*	۰/۷۶**	۰/۶۹**	۰/۵۳*	۰/۰۵	۰/۱۴	۰/۰۹	۰/۳۳
طول گیاه			۱	۰/۰۰۳	۰/۲۹	۰/۳۲	۰/۷۷**	۰/۵۵*	۰/۳۱	۰/۲۷	۰/۴۵	۰/۴۴	۰/۶۶**	۰/۷**	۰/۵۶*	۰/۴۵	۰/۳۲	۰/۳۳	۰/۳۴	۰/۴۲
تعداد پنجه				۱	۰/۱۹	۰/۵۸*	۰/۳۶	۰/۴۶	۰/۵۸*	۰/۳۷	۰/۴۸	۰/۴۷	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۵	۰/۲۱	۰/۱	۰/۱۸	۰/۱۴	۰/۰۳
تعداد برگ					۱	۰/۳۴	۰/۴۶	۰/۴۲	۰/۳۵	۰/۲۶	۰/۳۱	۰/۴۲	۰/۴۹	۰/۴۶	۰/۴۲	۰/۳۲	۰/۲۴	۰/۵۷*	۰/۳۹	۰/۴۹
قطر یقه						۱	۰/۵۹*	۰/۶۷**	۰/۶*	۰/۳۴	۰/۷۵**	۰/۵۶*	۰/۶۲*	۰/۶۵**	۰/۷۵**	۰/۳۶	-۰/۰۲	۰/۱۵	۰/۰۵	۰/۱۲
وزن تر برگ							۱	۰/۹**	۰/۵*	۰/۳۶	۰/۸۳**	۰/۴۴	۰/۸۶**	۰/۹۹**	۰/۹۰**	۰/۶۴**	۰/۰۷	۰/۲۳	۰/۱۴	۰/۲۶
وزن تر ساقه								۱	۰/۵۱*	۰/۲۹	۰/۹۳**	۰/۴۳	۰/۷۹**	۰/۹۶**	۰/۹۲**	۰/۶۸**	-۰/۱۱	۰/۰۵	-۰/۰۴	۰/۱۱
طول ریشه									۱	۰/۷۶**	۰/۴۷	۰/۷۷**	۰/۷۲**	۰/۵۳*	۰/۶*	-۰/۰۷	۰/۲۹	۰/۴۷	۰/۳۷	۰/۴۷
وزن تر ریشه										۱	۰/۳۷	۰/۷۸**	۰/۶۳**	۰/۳۵	۰/۵*	-۰/۴۱	۰/۲۶	۰/۵۶*	۰/۴	۰/۴۴
وزن خشک ساقه											۱	۰/۴۵	۰/۷۹**	۰/۸۹**	۰/۹۶**	۰/۵۵*	-۰/۲۳	-۰/۰۲	-۰/۱۴	۰/۰۲
وزن خشک ریشه												۱	۰/۶۲*	۰/۴۵	۰/۵۲*	-۰/۰۷	۰/۴۹	۰/۶۵**	۰/۵۸*	۰/۶۶**
وزن خشک برگ													۱	۰/۸۶**	۰/۸۸**	۰/۳۵	۰/۱۸	۰/۴۳	۰/۳	۰/۴۲
وزن تر بخش هوایی														۱	۰/۹۳**	۰/۶۷**	۰/۰۱	۰/۱۷	۰/۰۸	۰/۲۱
وزن خشک بخش هوایی															۱	۰/۴۶	-۰/۱۳	۰/۱۲	-۰/۰۲	۰/۱۴
نسبت هوایی به ریشه																۱	-۰/۰۸	-۰/۱۵	-۰/۱۱	-۰/۰۵
کلروفیلa																	۱	۰/۸۷**	۰/۹۷**	۰/۸۶**
کلروفیلb																		۱	۰/۹۵**	۰/۸۵**
کلروفیل کل																			۱	۰/۸۹**
کاروتینوئید																				۱

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج همبستگی ساده صفات نشان داد که بین سطح برگ و صفات ارتفاع (۰/۶۵)، طول گیاه (۰/۵۴)، وزن تر برگ (۰/۵۹)، وزن تر بخش هوایی(۰/۵۵) و کاروتینوئید (۰/۶۸) رابطه‌ای معنی‌دار و هم‌روند برقرار است به‌طوری که شدت همبستگی نیز از متوسط تا بسیار قوی وجود دارد.

همبستگی بین ارتفاع و سایر صفات طول گیاه (۰/۷۴)، وزن تر برگ (۰/۷۸)، وزن تر ساقه (۰/۷۱)، وزن خشک ساقه (۰/۶۴)، وزن خشک برگ (۰/۶۲)، وزن تر بخش هوایی (۰/۷۶)، وزن خشک بخش هوایی (۰/۶۹) و نسبت هوایی به ریشه رابطه‌ای قوی، همسو و معنی‌دار می‌باشد.

نتایج همبستگی ساده صفات نشان داد که بین صفت طول گیاه با صفات وزن تر برگ (۰/۷۷)، وزن تر ساقه (۰/۵۵)، وزن خشک برگ (۰/۶۶)، وزن تر بخش هوایی (۰/۷) و وزن خشک قسمت هوایی (۰/۵۶) رابطه‌ای هم‌جهت در حد متوسط تا قوی و معنی‌دار برقرار است.

رابطه بین صفت تعداد پنجه با صفات قطر یقه (۰/۵۸) و طول ریشه رابطه‌ای معنی‌دار و هم‌روند و متوسط می‌باشد.

تعداد برگ و کلروفیل b نیز رابطه‌ای معنی‌دار، همسو و متوسطی دارند.

قطر یقه با وزن تر برگ (۰/۵۹)، وزن تر ساقه (۰/۶۷)، طول ریشه (۰/۶)، وزن خشک ساقه (۰/۷۵)، وزن خشک ریشه (۰/۵۶)، وزن خشک برگ (۰/۶۲)، وزن تر بخش هوایی (۰/۶۵) و وزن خشک بخش هوایی (۰/۷۵) رابطه‌ای هم‌روند، معنی‌دار و متوسط تا قوی وجود دارد.

همبستگی ساده صفات نشان داد که بین وزن تر برگ و صفت‌های وزن تر ساقه (۰/۹)، طول ریشه (۰/۵)، وزن خشک ساقه (۰/۸۳)، وزن خشک برگ (۰/۸۶)، وزن تر بخش هوایی (۰/۹۹)، وزن خشک بخش هوایی (۰/۹) و نسبت هوایی به ریشه (۰/۶۴) رابطه‌ای هم‌جهت، معنی‌دار و متوسط تا بسیار قوی برقرار است.

نتایج همبستگی بین وزن تر ساقه با سایر صفات نشان داد که بین صفات طول ریشه (۰/۵۱)، وزن خشک ساقه (۰/۹۳)، وزن خشک برگ (۰/۷۹)، وزن تر بخش هوایی (۰/۹۶)، وزن خشک بخش هوایی (۰/۹۲) و نسبت هوایی به ریشه (۰/۶۸)رابطه‌ای همسو، معنی‌دار و متوسط تا بسیار قوی وجود دارد.

نتایج نشان داد که بین طول ریشه و سایر صفات وزن تر ریشه (۰/۷۶)، وزن خشک ریشه (۰/۷۷)، وزن خشک برگ (۰/۷۲)، وزن تر بخش هوایی (۰/۵۳) و وزن خشک بخش هوایی (۰/۶) ارتباطی هم‌روند و معنی‌دار و متوسط تا قوی برقرار است.

همبستگی بین وزن تر ریشه با صفت‌های وزن خشک ریشه (۰/۷۸)، وزن خشک برگ (۰/۶۳)، وزن خشک بخش هوایی (۰/۵) و کلروفیل b ارتباطی همسو و معنی‌دار و متوسط تا قوی برقرار است.

نتایج همبستگی بین وزن خشک ساقه با صفت‌های وزن خشک برگ (۰/۷۹)، وزن تر بخش هوایی (۰/۸۹)، وزن خشک بخش هوایی (۰/۹۶) و نسبت هوایی به ریشه (۰/۵۵) ارتباطی هم‌روند و معنی‌دار و متوسط تا قوی وجود دارد.

نتایج جدول ۳ نشان داد که بین وزن خشک ریشه و وزن خشک برگ (۰/۶۲)، وزن خشک قسمت هوایی (۰/۵۲)، کلروفیل b (۰/۶۵)، کلروفیل کل (۰/۵۸) و کاروتینوئید (۰/۶۶) رابطه‌ای همسو، معنی‌دار و متوسط تا قوی برقرار است.

آنالیز همبستگی وزن خشک برگ با صفات وزن تر بخش هوایی (۰/۸۶) و وزن خشک بخش هوایی

Archive of SID

www.SID.ir

(۰/۸۸) نشان داد که رابطه بین این صفات مثبت، هم‌روند، بسیار قوی و معنی‌دار برقرار است.

وزن تر بخش هوایی با صفات وزن خشک هوایی (۰/۹۳) و نسبت هوایی به ریشه (۰/۶۷) رابطه‌ای بسیار قوی و معنی‌دار و هم‌روند وجود دارد.

بین کلروفیل a با صفات کلروفیل b (۰/۸۷)، کلروفیل کل (۰/۹۷) و کاروتینوئید (۰/۸۶) رابطه‌ای بسیار قوی، هم‌جهت و معنی‌دار برقرار است.

همبستگی بین کلروفیل b با صفات کلروفیل کل (۰/۹۵) و کاروتنوئید (۰/۸۵) رابطه‌ای بسیار قوی، هم‌جهت و معنی‌دار برقرار است.

نتایج همبستگی بین کلروفیل کل با کاروتنوئید (۰/۸۹) نشان داد که بین این دو صفت رابطه بسیار قوی است و هم‌جهت نیز می‌باشد همچنین این رابطه معنی‌دار است.

با توجه به اینکه وزن تر بخش هوایی گیاه از اهمیت زیادی برخوردار است این صفت به عنوان صفت وابسته (Y) و سایر صفات به عنوان صفات متغیر مستقل در نظر گرفته شدند. بر اساس نتایج جدول ۴ رگرسیون گام‌به‌گام در پنج مرحله صفات مؤثر بر وزن تر بخش هوایی را مشخص نمود. ضریب تعیین تصحیح شده مشخص کرد که صفات متغیر ۹۹٪ صفت وابسته را تحت کنترل دارند. همچنین بین صفات مستقل و وابسته به احتمال ۹۹٪ رابطه رگرسیونی معنی‌داری برقرار است.

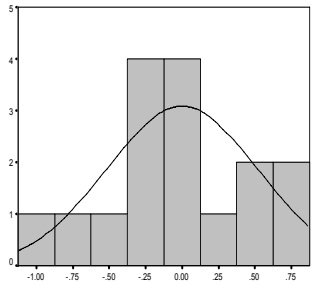
صفاتی که موجب افزایش وزن تر بخش هوایی می‌شوند عبارتند از تعداد پنجه، وزن تر برگ و ساقه، طول ریشه، وزن خشک ساقه، نسبت هوایی به ریشه، کلروفیل b و کاروتنوئید، همچنین صفاتی که موجب کاهش وزن تر بخش هوایی می‌گردند عبارتند از سطح برگ، وزن خشک ریشه و برگ. معادله رگرسیونی به شرح زیر است.

معادله

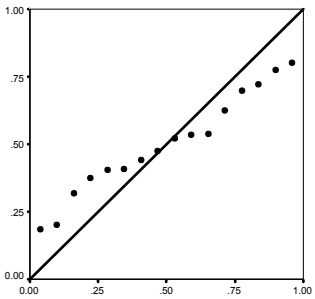
$$y=-۰/۷۴-۰/۰۰۲x_۱+۰/۰۱۱x_۲+۰/۹۶x_۳+۰/۷۳x_۴+۰/۰۰۶۹x_۵+۰/۷۰۵x_۶-۰/۱۶۵x_۷-۰/۵۹x_۸+۰/۰۱۴x_۹+۰/۰۲۱x_{۱۰}+۰/۰۳۲x_{۱۱}$$

همچنین طبق شکل ۱ هیستوگرام داده‌ها نشان می‌دهد که نسبت به خط منحنی نرمال از مطابقت خوبی برخوردار است. شکل ۲ نیز مبین آن است که برازش داده‌ها به خط رگرسیون از مدل مناسبی پیروی می‌کند.

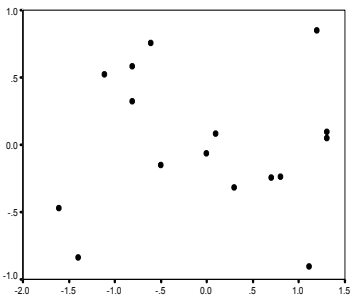
شکل ۳ نشان می‌دهد که الگوی پراکنش باقیمانده‌ها از وضعیت مطلوبی برخوردار است به‌طوری که نقصان قابل توجهی در مدل دیده نمی‌شود (رضایی و همکاران، ۱۳۸۲)



شکل ۱- مقایسه هیستوگرام داده‌ها نسبت به خط نرمال



شکل ۲- برازش داده‌ها نسبت به خط رگرسیون



شکل ۳- نمودار باقی‌مانده‌ها در مقابل مقادیر برازش‌یافته

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤- تجزیه واریانس مدل پنجم رگرسیون براساس روش گام‌به‌گام

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	R^2
رگرسیون	۱۱	۰/۰۱۳۵**	
خطا	۴	۰/۰۰۰۰۰۰۶	٪۹۹
کل	۱۵	-	

جدول ٥ - ضرایب و عناوین معادله رگرسیونی در *Agropyron cristatum*

عنوان های جملات معادله رگرسیونی	نماد	مقدار
شروع خط رگرسیون در محور y	a	-۰/۷۴
سطح برگ	X1	-۰/۰۰۲
تعداد پنجه	X2	۰/۰۱۱
وزن تر برگ	X3	۰/۹۶
وزن تر ساقه	X4	۰/۷۳
طول ریشه	X5	۰/۰۰۶۹
وزن خشک ساقه	X6	۰/۷۰۵
وزن خشک ریشه	X7	-۰/۱۶۵
وزن خشک برگ	X8	-۰/۵۹
نسبت هوایی به ریشه	X9	۰/۰۱۴
کلروفیل b	X10	۰/۰۲۱
کاروتنوئید	X11	۰/۰۳۲

با توجه به اینکه در این پژوهش مقادیر هم‌فاصله کود اسید هیومیک به‌کاربرده شد، جالب خواهد بود که بررسی شود، پاسخ به‌دست‌آمده توسط مقادیر مختلف تیمار به کار رفته وابستگی خطی یا غیر خطی به صفات مورد بررسی نشان می‌دهد یا نه؟ بنابراین براساس نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۶ پاسخ مقادیر مختلف کود اسید هیومیک در خصوص صفات سطح برگ، کلروفیل a، b و کل و کاروتنوئید رابطه‌ای است معنی‌دار، غیر خطی وسهم غیر خطی آن مهم‌تر از سهم خطی می‌باشد. رابطه مقادیر کود اسید هیومیک با صفات ارتفاع تا اولین برگ، تعداد برگ، وزن تر برگ و ساقه وزن خشک ساقه، وزن تر و خشک بخش هوایی و نسبت هوایی به ریشه به صورت خطی معنی‌دار است.

ارتباط و تأثیر مقادیر مختلف کود بر صفت‌های طول گیاه و ریشه، وزن تر و خشک ریشه و وزن خشک ریشه از رابطه درجه سه پیروی می‌کند و این روابط نیز معنی‌دار می‌باشند.

نتایج منحنی‌های پاسخ (شکل‌های۴، ۵، ۶، ۸، ۹ و ۱۰) نشان داد که اسید هیومیک موجب افزایش صفات ارتفاع تا اولین برگ، تعداد برگ، وزن تر برگ و ساقه وزن خشک ساقه، وزن تر و خشک بخش هوایی و نسبت هوایی به ریشه شده‌اند و این افزایش به‌صورت خطی است نه به شکل منحنی.

Archive of SID

www.SID.ir

همچنین، شکل‌های ۷ و ۱۱ نشان می‌دهند که افزایش سطح برگ، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید با افزایش مقدار کود رابطه درجه دو دارند و زیادشدن صفات ذکرشده با افزایش کود به تدریج کمتر می‌شود و ثابت نیست. بیشترین مقدار صفت‌های سطح برگ، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید در مقدار کودی ۷۵ کیلوگرم در هکتار است که بعد از آن افزایش مقدار کود موجب کاهش می‌گردد.

نتایج شکل‌های ۴، ۵ و ۶ نشان می‌دهد که مصرف مقادیر هم‌فاصله کود اسید هیومیک در خصوص صفات طول گیاه، وزن تر و وزن خشک ریشه و وزن خشک برگ از رابطه درجه سوم تبعیت می‌کند، به‌طوری که در ابتدا موجب افزایش این صفات می‌گردد، با افزایش مصرف کود مقادیر صفات یادشده کاهش می‌یابد و مجدداً با افزایش کود صفات طول گیاه، طول، وزن تر و وزن خشک ریشه و وزن خشک برگ افزایش می‌یابد. مناسب‌ترین مقدار کود برای افزایش طول گیاه دز ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار است. همچنین، بیشترین طول، وزن تر و وزن خشک ریشه در مقدار ۷۵ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. بیشترین وزن خشک برگ نیز در مقدار کودی ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست‌آمده است.

جدول ٦- تجزیه مجموع مربعات(ss) مقادیر هم فاصله کود اسید هیومیک بر روی صفات مورد بررسی

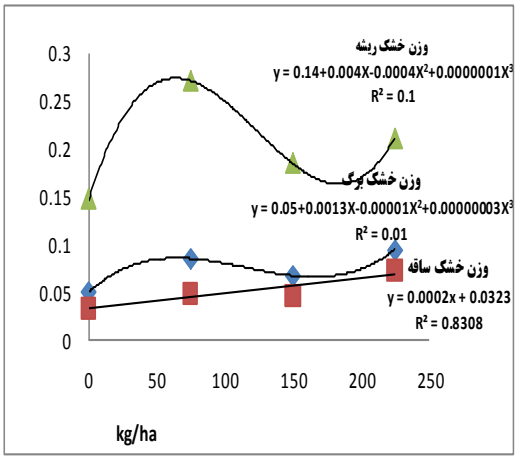
صفات مورد بررسی	درجه ۱	درجه۲	درجه۳
سطح برگ	۱۹۷/۰۹ ns	۴۲۳/۸۴*	۳۳/۱۴ ns
ارتفاع	۱۸/۲۹**	۰/۲۴ ns	۳/۳۷ ns
طول گیاه	۳۳۱/۹ ns	۰/۷ ns	۳۹۰/۰۶*
تعداد پنجه	۰/۰۱ ns	۰/۰۶ ns	۰/۰۶ ns
تعداد برگ	۵۰*	۸/۶ ns	۱۷/۸۱ ns
قطر یقه	۰/۰۸ ns	۰/۹ ns	۰/۲ ns
وزن تر برگ	۰/۱۸*	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۸ ns
وزن تر ساقه	۰/۰۵**	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۱۴ ns
طول ریشه	۲۷/۹ ns	۱۲۷/۱۲ ns	۲۰۸/۳۳*
وزن تر ریشه	۰/۰۰۱ ns	۰/۲۳ ns	۰/۶*
وزن خشک ساقه	۰/۰۰۲۷**	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۴ ns
وزن خشک ریشه	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۰۹*	۰/۰۲**
وزن خشک برگ	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۰۰۰۷ ns	۰/۰۰۱۸*
وزن تر بخش هوایی	۰/۴۳**	۰/۰۰۵ ns	۰/۱۶ ns
وزن خشک بخش هوایی	۰/۰۱*	۰/۰۰۰۰۰۹ ns	۰/۰۰۴ ns
نسبت هوایی به ریشه	۰/۴۹*	۰/۱۲ ns	۰/۰۰۳ ns

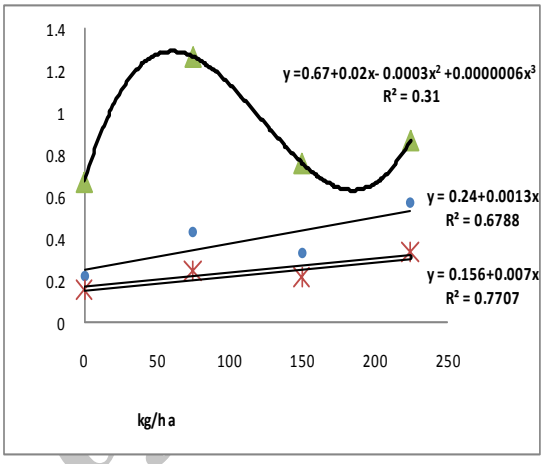
Archive of SID

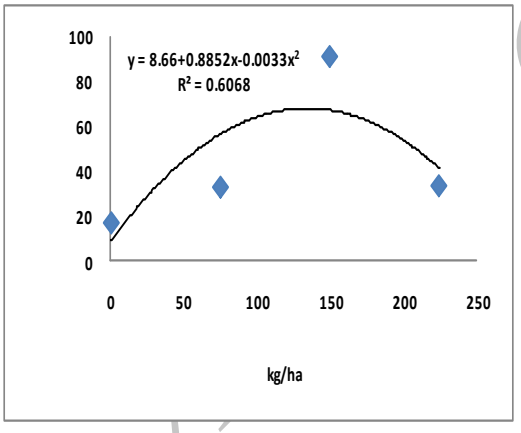
www.SID.ir

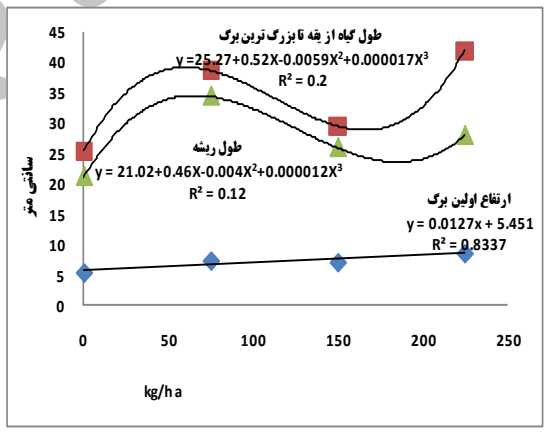
ادامه جدول ٦

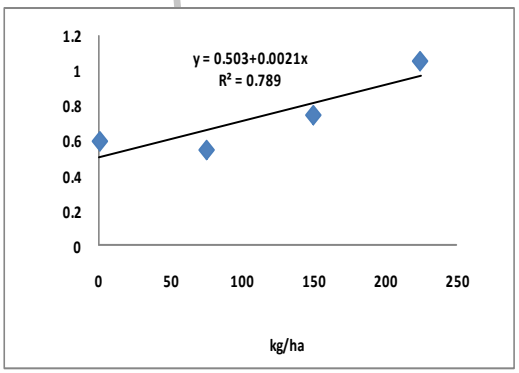
صفات مورد بررسی	درجه ۱	درجه۲	درجه۳
کلروفیل a	۰/۳۳ ns	۰/۹۷*	۰/۰۹ ns
کلروفیل b	۰/۰۵ ns	۰/۵۲*	۰/۱۲ ns
کلروفیل کل	۰/۶۵ ns	۲/۹۲*	۰/۴۴ ns
کاروتنوئید	۰/۰۰۰۸ ns	۰/۸۲**	۰/۰۹ ns

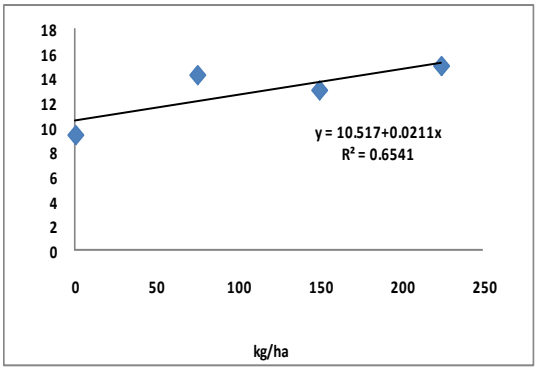




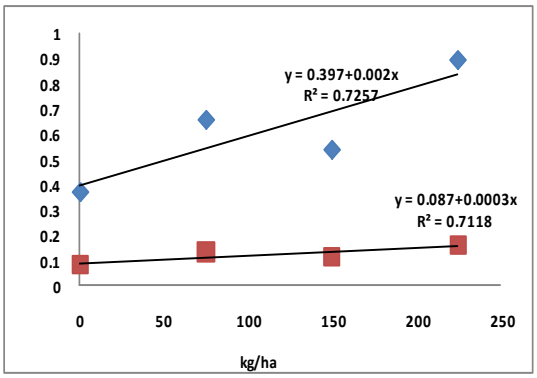


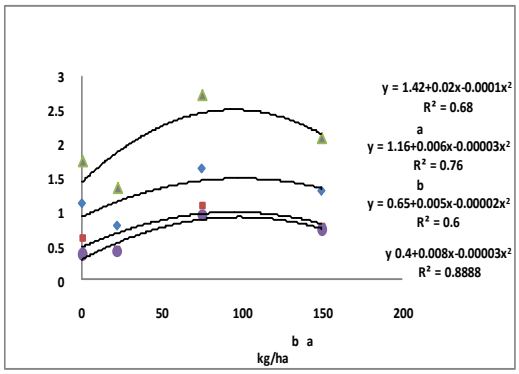






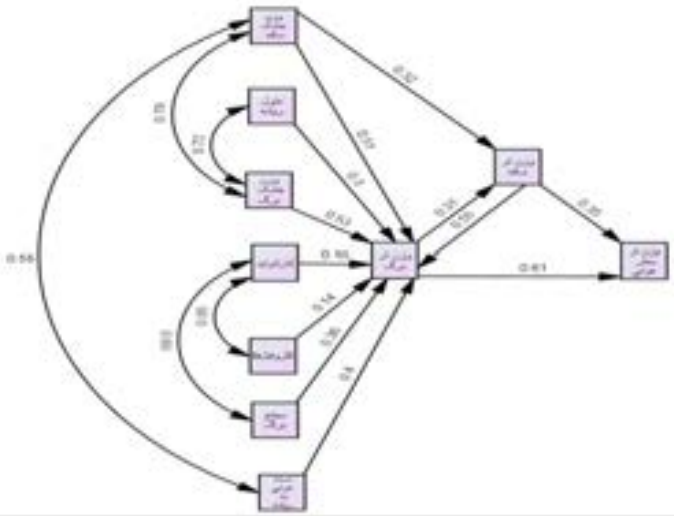
www.SID.ir





از آنجایی که همبستگی ساده صفات به تنهایی نمی‌تواند رابطه علت و معلولی را مشخص کند (فرشادفر، ۱۳۸۴)، بنابراین برای بررسی بیشتر روابط مؤثر بر صفت وابسته علاوه بر استفاده از رگرسیون گام‌به‌گام، صفاتی که در مدل رگرسیونی وارد می‌گردند را مورد تجزیه علیت قرار می‌دهند تا با تجزیه همبستگی به عوامل مستقیم و غیرمستقیم، رابطه بین این صفات با صفت وابسته بهتر مشخص گردد.

مطابق شکل شماره ۱۲، سطح برگ از طریق وزن تر برگ (۰/۳۶)، وزن تر برگ از طریق وزن تر ساقه (۰/۳۱)، وزن تر ساقه از طریق وزن تر برگ (۰/۵۵)طول ریشه از طریق وزن تر برگ (۰/۳)، وزن خشک ساقه از طریق وزن تر برگ (۰/۵۵)، وزن خشک برگ از طریق وزن تر برگ (۰/۵۳)، کلروفیل b از طریق وزن تر برگ (۰/۱۴)، کاروتنوئید از طریق وزن تر برگ (۰/۱۶) و نسبت هوایی به ریشه از طریق وزن تر برگ (۰/۳۹) رابطه غیرمستقیم و مثبتی را بر وزن تر بخش هوایی دارد. همچنین وزن تر برگ (۰/۶۱)، وزن تر ساقه (۰/۳۵) به‌طور مستقیم (۰/۶۱) بر وزن تر بخش هوایی مؤثر است. سایر اثرات ناچیز است.



شکل ۱۲- مدل تجزیه علیت اثرات برآورد شده حاصل از تجزیه همبستگی به اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات باقی‌مانده از تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام بر وزن تر بخش هوایی *Agropyron cristatum*

www.SID.ir

بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس تجزیه منحنی‌های پاسخ مشخص گردید که مصرف کود اسید هیومیک تأثیر مثبتی بر صفات سطح برگ و تعداد برگ دارد. Verlinden *et al* (2010) در پژوهشی اثر اسید هیومیک بر روی چند گراس را مورد مطالعه قرار داده و دریافتند کاربرد اسید هیومیک موجب افزایش شاخ و برگ گیاهان مرتعی می‌شود. همچنین، در بررسی‌ها مشخص گردید که اسید هیومیک می‌تواند ارتفاع گیاه تا اولین برگ و طول گیاه از یقه تا بزرگ‌ترین برگ را افزایش دهد به عبارت دیگر رشد طولی گیاه بیشتر می‌شود(Eyheraguibel *et al* (2008 و اثر اسید هیومیک را بر جوانه‌زنی بذر ذرت مورد بررسی قرار دادند آن‌ها دریافتند که اسید هیومیک می‌تواند موجب رشد ساقه اصلی گیاه گردد.

کاربرد اسید هیومیک توانست طول ریشه، وزن تر ریشه و وزن خشک ریشه را افزایش دهد. طبق تحقیق Cordeiro *et al* (2011) اسید هیومیک می‌توانند تأثیر بسیار مثبتی بر فیزیولوژی گیاه داشته باشد و باعث توسعه ریشه و ریشه‌های جانبی گردند. او و همکارانش تأثیر اسید هیومیک را بر روی رشد ریشه ذرت مورد بررسی قرار دادند و دریافتند اسید هیومیک با ۳ میلی‌مولار در حضور دزهای کم و زیاد NO3 می‌تواند باعث توسعه ریشه ذرت شود و نسبت وزن تازه و خشک ریشه را افزایش دهد.

مصرف اسید هیومیک موجب افزایش وزن تر و خشک برگ و ساقه شد. Gulser *et al* (2010) در تحقیقی اثر اسید هیومیک را بر روی فلفل بررسی نمودند نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که وزن تر و خشک برگ و ساقه تحت تأثیر اسید هیومیک باعث افزایش آن‌ها می‌شود.

استفاده اسید هیومیک تأثیرات زیادی در وزن تر و خشک بخش هوایی همچنین نسبت هوایی به ریشه داشت، به‌طوری که در مقایسه با شاهد صفات مذکور از وضعیت بهتری برخوردار بودند. Willis *et al* (2008) کاربرد اسید هیومیک بر گونه *Panicum amarum* مورد بررسی قرار دادند و نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که اسید هیومیک می‌تواند بر رشد توده گیاه تأثیرات موفقی داشته باشد. در پژوهش گلخانه‌ای در ذرت، محلول پاشی اسید هیومیک در دزهای متفاوت بر روی وزن خشک گیاه مس روی منگنز و فسفر معنی‌دار بود.

تأثیرپذیری کلروفیل a، b و کل به همراه کاروتنوئید در این پژوهش از اسید هیومیک نیز مبین مؤثر بودن این کود است. Jing-min *et al* (2010) اثر اسید هیومیک بر صنوبر را مطالعه نمودند ونتایج نشان داد که با افزایش آب و استفاده از اسید هیومیک فعالیت ریشه ، میزان کلروفیل، وزن ریشه، ساقه، برگ و وزن کل صنوبر در فعالیت‌های مختلف افزایش یافته است.

بر اساس نتایج تجزیه علیت مؤثرترین صفات بر وزن تر بخش هوایی شامل وزن تر برگ، وزن تر ساقه، طول ریشه، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، نسبت هوایی به ریشه، کلروفیل b، کاروتنوئید و سطح برگ می‌باشند مقایسه نتایج تجزیه علیت با نتایج رگرسیون نشان می‌دهد که وزن تر برگ و ساقه به همراه وزن خشک ساقه از تأثیرگذارترین صفات بر وزن تر بخش هوایی هستند همچنین مقایسه سایر صفات در نتایج علیت و رگرسیون نشان می‌دهد که همخوانی بسیار نزدیکی در تجزیه علیت و رگرسیون وجود دارد چنانچه سطح برگ، وزن خشک ریشه، وزن خشک برگ رابطه‌ای معکوس با وزن تر قسمت هوایی دارند که این سه صفت اثر ناچیز مستقیمی در تجزیه علیت نشان می‌دهند. تعداد پنجه، طول ریشه، نسبت هوایی به ریشه، کلروفیل b و کاروتنوئید هم در رگرسیون اثرات

Archive of SID

www.SID.ir

مثبتی بر وزن تر بخش هوایی دارند که این اثرات در تجزیه علیت بسیار کوچک هستند. نتایج همبستگی هم مبین آن است که عموماً بین صفات بررسی‌شده در تجزیه علیت و رگرسیون، همبستگی مثبت، معنی‌دار و همسویی وجود دارد. نتایج بررسی تجزیه علیت، رگرسیون و همبستگی نشان داد که صفات مؤثر در وزن تر بخش هوایی همخوانی مناسبی دارند. از آنجایی صفات تأثیرگذار با توجه به مقدار اهمیتشان عبارتند از سطح برگ، تعداد پنجه، وزن تر برگ و ساقه، طول ریشه، وزن خشک برگ، ساقه و ریشه، نسبت هوایی به ریشه، کلروفیل b و کاروتنوئید. مقادیر کودی مناسب جهت بیشترین مقدار تولید صفات ذکرشده براساس منحنی‌های پاسخ مصرف مقدار کود ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار است که این مقدار کودی باعث ایجاد بالاترین تأثیر مستقیم بر وزن تر بخش هوایی (شکل۱۰) و همچنین بر صفات مؤثر بر وزن تر بخش هوایی دارد.

سپاسگزاری

از موسسه سازمان و جنگل‌ها و مراتع به خصوص جناب آقای دکتر حسین میرزایی ندوشن که در اجرای این طرح راهنمایی‌های مفیدی داشتند تشکر می‌شود. همچنین از معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن جناب آقای دکتر وزیری و آقای مهندس شرقی مسئول اداره آزمایشگاه‌ها تشکر و قدردانی می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

احمدی،ا.، و ا.شاهمرادی. ۱۳۸۴. آت اکولوژی گونه *Agropyron cristatum (l.)Gaernt* در استان آذربایجان غربی، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۸، شماره۳. صفحه ۷۰۰-۶۹۱

رضایی،ع.، و ا.سلطانی. ۱۳۸۲. مقدمه ای بر تحلیل رگرسیون کاربردی، مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان

سبزواری،س.، ح.خزاعی، و م.کافی. ۱۳۸۸. اثر اسیدهیومیک بر رشد ریشه و بخش هوایی ارقام سایونز و سبلان گندم (*Triticum aestivum.* L)، مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۹۴: صفحه ۸۷-۲۳

سردشتی،ع.، و م.علیدوست. ۱۳۸۶. تعیین و شناسایی ترکیبات اسید هیومیک خاک‌های جنگلی شمال ایران، پانزدهمین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، صفحه۳۶۱.

سردشتی،ع.، و س.محمدیان مقدم. ۱۳۸۶. تعیین ظرفیت تبادلی کاتیونی اسید هیومیک استخراج‌شده از خاک جنگلی نهارخوران گرگان، نسبت به یون‌های Pb^{+2}،Cd^{+2} و Ni^{+2} به روش ناپیوسته ظرفی در محیط آبی، نشر شیمی و مهندسی شیمی ایران،۳: صفحه ۹.

فرشادفر،ع. ۱۳۸۴. اصول و روش‌های پیشرفته آماری، انتشارات طاق بستان

فرهی آشتیانی،ص.، و ص.پرویزیان. ۱۳۶۷. آزمایش‌هایی در فیزیولوژی گیاهی، مرکز نشر دانشگاهی تهران.

قلیچ نیا،ح.، ا.شاهمرادی، و ص،زارع‌کیا. ۱۳۸۷. آت اکولوژی دو گونه مرتعی *Bromus tomentollus - Agropyron pectiniforme* در استان مازندران. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد۱۵، ۳: صفحه ۳۵۹-۳۴۸

Bulent Asik,B., A.Turan, H.Celik, and A.Vahap Katkat. 2009. Effects of humic substances on plant growth and mineral nutrients uptake of wheat (Triticum durum cv. Salihli) under conditions of salinity. Asian Journal of Crop Science. 1: 87-95.

Cordeiro F.C., C.S.Catarina, V.Silveira, And S.R.De Souza. 2011. Humic Acid Effect on Catalase Activity and the Generation of Reactive Oxygen Species in Corn (Zea mays). Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry. Vol. 75 (2011) , No. 1 pp.70-74

Eyheraguibel,B., J.Silvestre, and P.Morard. 2008. Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. Bioresource Technology. Volume 99. Issue 10. Pages 4206-4212

Gulser,F., F.Sonmez, and S.Boysan. 2010. Effects of calcium nitrate and humic acid on pepper seedlinggrowth under saline condition. Journal of Environmental Biology.31(5) 873-876

Archive of SID

www.SID.ir

Hakan ,C., A.Vahap Katkat, B.Bulent Asık, and M.A Turan. 2011. Effect of Foliar-Applied Humic Acid to Dry Weight and Mineral Nutrient Uptake of Maize under Calcareous Soil Conditions Communications. Soil Science and Plant Analysis Volume 42. Issue 1. Pages 29 – 38

Jing-min,Z., X.Shang-jun, S.Mao-peng, M.Bing-yao, C.Xiu-mei, and L.Chunsheng. 2010. Effect of Humic Acid on Poplar Physiology and BiochemistryProperties and Growth underDifferent Water Level. Journal of Soil and Water Conservation. Journal of Soil and Water Conservation.

Tahir,M.M., M.Khurshid, M.Z.Khan, M.K.Abbasi, and H.M.Kazmi. 2011. lignite-derived humic acid effect on growth of wheat plants in different soils. Pedosphere. 21: 124-131.

Verlinden,G., T.Coussens, A.De Vliegher, and G.Baert. 2010. Effect of humic substances on nutrient uptake by herbage and on production and nutritive value of herbage from sown grass pastures. Grass and Forage Science.65: 133-144.

Willis,J., and M.Hester. 2008. Evaluation of Enhanced *Panicum amarum* Establishment through Fragment Plantings and Humic Acid Amendment, Journal of Coastal Research , 2:263-268.

Archive of SID

www.SID.ir