"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد چهارم، شماره ۲، پائیز و زمستان ۹٤
شماره صفحه: ٦۹- ۵۷

واکنش جوانه‌زنی ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰٤ در پاسخ به تنش باران اسیدی

محمدشاهین دانشمندی*[۱] و سیدمحسن نبوی کلات[۲]

۱- دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران

۲- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد، مشهد، ایران

چکیده

به منظور درک مکانیسم جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های ذرت سینگل کراس ۷۰۴ در پاسخ به تنش باران‌های اسیدی این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش تیمار اجرا گردید. محلول اسیدی در ۵ اسیدیته(۲، ۳، ۴، ۵، ۶) به همراه آب مقطر(شاهد) شبیه سازی شد و سپس نوزده صفت مرتبط با جوانه‌زنی و رشد گیاهچه آزمون گردید. نتایج نشان داد میزان جذب آب در تمامی تیمارها بجز تیمار اسیدیته ۴ نسبت به شاهد کاهش داشت. برابر نتایج حاصل اسیدیته‌های بیش از ۲ در شاخص جوانه‌زنی(GI)، درصد جوانه‌زنی(GP) و شاخص بنیه گیاهچه(SI) اختلاف معنی‌داری دیده نشد، در اسیدیته۲ کلیه فرایند جوانه‌زنی بذر ذرت متوقف گردید($P<0/05$). میزان مصرف مواد ذخیره ای بذر(SRLR) و نرخ تبدیل مواد ذخیره شده(SRTR) با افزایش اسیدیته آب طی یک روند نزولی در اسیدیته ۲ به صفر رسید. نرخ رشد گیاهچه نیز تحت تاثیر باران‌های اسیدی بود بگونه‌ای که رشد گیاهچه در تیمار شاهد همواره نتایج بهتری از سایر تیمارها نشان داد. از نتایج حاصل استنباط می‌شود کاهش اسیدیته آب و مسمومیت ناشی از باران‌های اسیدی می‌تواند مانع جوانه‌زنی، رشد نمو و استقرار گیاهچه ذرت شود.

کلمات کلیدی: انرژی جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی، شاخص بازدارندگی ساقه‌چه و ریشه‌چه.

مقدمه

پدیده باران اسیدی در سال ۱۸۷۳ برای اولین بار مطرح شد ولیکن تا نیمه دوم قرن بیستم مورد توجه قرار نگرفت. ایجاد باران اسیدی می‌تواند ناشی از واکنش گازهای گلخانه ای، دی اکسیدگوگرد(SO_2) و اکسیدهای نیتروژن(NO_X) با مولکول‌های بخار آب اتمسفر باشد(Menza and Seip, 2004). باران اسیدی به نزولاتی اتلاق می‌شود که اسیدیته آنها ۵ وکمتر است(Porteous, 2008). در مناطقی که آب و هوای خشک دارند غالباً رسوب خشک[1] تشکیل می‌شود، این مواد حاصل از آلاینده‌های شیمیایی است که بر روی زمین، ساختمان‌ها و درختان تجمع پیدا کرده و با اولین بارش به زمین نفوذ می‌کند و باعث مسمومیت خاک می‌شود(E.P.A, 2011).

امروزه علاوه بر اروپا و امریکای شمالی، کشورهای در حال توسعه نیز به علت عدم توجه به کنترل آلاینده‌ها بشدت در معرض این پدیده خطرناک قرار

1. Dry Deposition

* نویسنده مسئول: محمد شاهین دانشمندی، نشانی: تربت حیدریه-دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تربت حیدریه
E-mail: Sh-daneshmandi@hotmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۷/۱۵
تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۱۱/۶

Archive of SID
www.SID.ir

دارند. میزان دی اکسید سولفور اتمسفر در کشورهای آسیایی بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰ به بیش از دو برابر رسیده است(W.R.S, 2011). در چین، باران‌های اسیدی حدود ۳۰ درصد از مساحت کل کشور را در برمی‌گیرد(Li and Gao, 2002; Song *et al*, 2008). سراسر ژاپن و کره جنوبی نیز در معرض این آلودگی زیست محیطی هستند(Bhatti *et al*, 2006). در سال های اخیر و همزمان با صنعتی شدن هندوستان غلظت O_3 ، SO_2 و NO_X در مناطق کشاورزی آن کشور روبه فزونی است(Agrawal, 2000).

این آمارها نشان می‌دهد پدیده باران اسیدی یک مسئله جدی زیست محیطی برای کل جهان است. باران‌های اسیدی تاثیر منفی در جوانه‌زنی، رشد رویشی و زایشی گیاهان به همراه دارد. هاتمن(به نقل از Mosavi nik and Mobasser, 2008) اظهار داشت که باران‌های اسیدی علاوه بر درختان جنگلی به درختان میوه مانند سیب و گلابی و گیلاس هم خسارت وارد می‌کند. همچنین بل و ترشو(Bell and Treshow, 2002) باران اسیدی را عامل فرسایش کوتیکول و ایجاد ترک در برگ دانستند. در آزمایشی که توسط ایونز و همکاران (Evans *et al*, 1984) بر روی سویا انجام شد، اثبات گردید باران‌های اسیدی عامل مهمی در کاهش عملکرد دانه است. کاهش اسیدیته آب باران در حد ۳ و ۴ باعث کاهش طول ساقه، سطح برگ و میزان فتوسنتز خالص در گندم شد(Singh and Agrawal, 2004). جوانه‌زنی چند رقم برنج در شرایط شبیه سازی شده باران‌های اسیدی دچار تغییر شد، این آزمایش نشان داد کاهش pH تا حد ۵ باعث افزایش جزئی درصد جوانه‌زنی شد، ولیکن با افزایش سطح اسیدیته جوانه‌زنی بشدت کاهش یافت(Wang and Zhou, 2010).

کلان شهر مشهد با جمعیتی بیش از سه و نیم میلیون نفر و هفتصد هزار دستگاه خودرو متاسفانه دومین شهر آلوده کشور می‌باشد. وجود بخش زیادی از صنایع شیمیایی و تبدیلی در مناطق شمالی این شهر آلودگی آن را مضاعف کرده است. جهت وزش باد در این منطقه معمولاً غرب به شرق است و این باعث ادغام آلاینده‌های صنعتی و شهری و انتقال آن به مناطق کشاورزی پایین دست می‌شود که اغلب تحت کشت محصولات کشاورزی و از جمله غلات قرار دارد. لذا در این تحقیق، باران‌های اسیدی در شرایط آزمایشگاهی شبیه سازی شد و تاثیرات آن بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش ها

این پژوهش در زمستان ۱۳۹۱ در آزمایشگاه بیولوژی بذر دانشگاه جهت بررسی تاثیر باران‌های اسیدی بر بذر ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ اجرا گردید. برای تهیه محلول اسیدی از روش وانگ و ژئو(Wang and Zhou, 2010) استفاده شد. بر این اساس ابتدا یک محلول استوک از اسید سولفوریک(H_2SO_4) و اسید نیتریک(HNO_3) به نسبت یک به چهار آماده و سپس با رقیق سازی، محلول هایی با اسیدیته ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ تهیه شد. از آب مقطر برای تیمار شاهد استفاده گردید. آزمایش در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با ۶ تیمار و ۴ تکرار اجرا شد. هر تکرار شامل ۵۰ عدد بذر ذرت هیبرید بود که از موسسه ثبت و گواهی بذر و نهال(واحد استان خراسان رضوی) تهیه و پس از ضد عفونی سطحی توسط محلول هیپوکلریت سدیم ۲۰ درصد در پتری دیش استریل یکبار مصرف ۱۲

Archive of SID
www.SID.ir

سانتی‌متری قرار گرفت. داخل هر پتری دیش یک کاغذ صافی واتمن شماره یک قرار داده شد و با ۵ میلی لیتر از محلول های مورد نظر آغشته گردید و سپس به اتاقک رشد تاریک با دمای متناوب ۲۳-۲۰ (۱-۰/۵±) درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۷۵ درصد منتقل شد(ISTA, 2009). پنج روز بعد از شروع آزمایش نیز مجدداً ۵ میلی لیتر محلول به پتری ها اضافه گردید. ارزیابی صفات به مدت پانزده روز ادامه یافت. در طول آزمایش نرخ رشد گیاهچه[1](SGR) و همچنین طول و وزن تر و وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه تعیین گردید. برای اندازه گیری صفات متریک از کولیس و برای تعیین اوزان از ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۱ استفاده شد. همچنین برخی صفات بر اساس روابط زیر محاسبه گردید:

میزان جذب آب[2]

برای تعیین میزان جذب آب، یکصد عدد بذر سالم به صورت تصادفی شمارش و به یک بشر که حاوی ۱۰۰ میلی لیتر از محلول های اسیدی بود منتقل شد، برای شاهد از آب مقطر استفاده گردید. سپس هر شش ساعت یکبار ۱۰ عدد بذر از بشر خارج گردیده و پس از حذف آب سطحی بلافاصله توسط ترازوی ۰/۰۰۱ وزن آن تعیین شد. میزان جذب آب تا ظهور اولین ریشه‌چه ادامه پیدا کرد(۵۴ ساعت پس از آبنوشی). در نهایت میزان جذب آب به کمک معادله زیر مشخص گردید(Wang and Zhou, 2010):

$$WAR = \frac{W_{as} - W_{bs}}{W_{bs}} \times 100$$

در آن W_{bs} وزن بذر قبل از جذب آب و W_{as} وزن بذر بعد از جذب آب است.

درصد جوانه‌زنی[3]

از روز دوم آزمایش هر ۱۲ ساعت یکبار و در یک ساعت معین بذرهای جوانه زده شمارش و ثبت شد. بذرهایی جوانه‌زده محسوب می‌شدند که ریشه‌چه آن حداقل رشدی معادل ۲ میلی‌متر داشت. شمارش بذرها تا زمانی ادامه پیدا کرد که سه روز متوالی دیگر هیچ جوانه‌زنی رخ نداد(Gaderi-Far and Soltani, 2011). در انتها درصد جوانه‌زنی به روش زیر مشخص شد:

$$GP = \frac{\sum n_i}{N} \times 100$$

که در آن n_i تعداد بذرهای جوانه زده و N تعداد کل بذرهای هر تیمار بود.

سرعت جوانه‌زنی[4]

بر اساس معادله زیر سرعت جوانه‌زنی محاسبه گردید:

$$GR = \sum (\frac{n_1}{t_1} + \frac{n_2}{t_2} + \frac{n_i}{t_i})$$

n_i تعداد بذرهای جوانه زده در هر روز و t_i روز جوانه‌زنی بذرهای مورد نظر بود.

انرژی جوانه‌زنی[5]

1. Seedling Growth Rate
2. Water Absorpation Rate
3. Germination Percentage
4. Germination Rate
5. Germination Energy

Archive of SID
www.SID.ir

انرژی جوانه‌زنی بذرها بر اساس معادله زیر تعیین شد(Daneshmandi, 2013):

$$GE = \frac{nt_4}{N} \times 100$$

در این فرمول، nt_4 تعداد بذور جوانه زده تا روز چهارم و N تعداد کل بذرها بود.

شاخص جوانه‌زنی[1]

بر اساس فرمول زیر شاخص جوانه‌زنی تعیین شد(Razeghi Yadak and Tavakkol Afshari, 2011):

$$GI = \frac{(7n_1 + 6n_2 + 5n_3 + 4n_4 + 3n_5 + 2n_6 + 1n_7)}{7 \times N}$$

که در آن n تعداد بذور جوانه زده در هر روز و N تعداد کل بذر بود.

شاخص بنیه گیاهچه[2]

از فرمول زیر برای تعیین شاخص بنیه گیاهچه استفاده شد(Abdul-baki and Anderson, 1973):

$$SI = \frac{GP \times LSh}{100}$$

در این معادله، GP درصد جوانه‌زنی و LSh میانگین طول گیاهچه(cm) بود.

شاخص بازدارندگی ساقه‌چه و ریشه‌چه[3]

برای تعیین میزان بازدارندگی باران‌های اسیدی در رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه از معادله زیر استفاده شد(Ren and Gao, 2000):

$$II(\%) = \frac{(L_{CK} - L_{EK})}{L_{EK}} \times 100$$

که در این فرمول L_{CK} طول ساقه‌چه(ریشه‌چه) در شاهد و L_{EK} طول ساقه‌چه(ریشه‌چه) در تیمارهای باران اسیدی بود.

میزان مصرف مواد ذخیره ای بذر[4]

مقدار مواد ذخیره شده در آندوسپرم که توسط جنین مصرف می‌شود به کمک معادله زیر مشخص شد(Liu *et al*, 1999):

$$SRLR(\%) = \frac{W_{bg} - W_i}{W_{bg}} \times 100$$

در این فرمول، W_{bg} وزن بذر قبل از جوانه‌زنی و W_i وزن خشک بذرهای جوانه زده است.

میزان تبدیل مواد ذخیره شد بذر[5]

برای تعیین مقدار مصرف و تبدیل مواد ذخیره ای آندوسپرم به اندام های رویشی از معادله زیر کمک گرفته شد(Liu *et al*, 1999):

$$SRTR(\%) = \frac{Ws + W_r}{\sum (W_S + W_r + W_{sd})} \times 100$$

در این فرمول، W_S وزن خشک ساقه‌چه، Wr وزن خشک ریشه‌چه و W_{Sd} وزن خشک بذر بعد از جوانه‌زنی است.

در نهایت برای صفاتی که بصورت درصد بیان شده بود تبدیل زاویه ای توسط $ArcSin\sqrt{x}$ انجام شد و سپس تجزیه واریانس داده‌ها توسط نرم افزار SPSS16 و محاسبه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن در سطح ۵ درصد و رسم نمودارها و شکل‌ها به وسیله نرم افزار Excel انجام پذیرفت.

1. Germination Index
2. Seedling Vigour Index
3. Inhibition Index of Shoot(Root)
4. Storage Reserve Loss Rate
5. Storage Reserve Transform Rate

Archive of SID
www.SID.ir

نتایج و بحث

میزان جذب آب

نتایج تجزیه واریانس آزمایش مُبین اختلاف معنی داری در میزان جذب آب نبود(جدول۱). بیشترین میزان جذب آب در اسیدیته۴ و کمترین مقدار آن در اسیدیه ۲ حاصل شد(شکل۱). حداکثر جذب آب(۵۴ ساعت پس از آبنوشی) در تیمارهای شاهد تا اسیدیته ۲ به ترتیب ۵۱، ۵۰/۶۶، ۴۹/۳۳، ۵۵، ۴۹ و ۳۹/۶۶ درصد بود. در طول مدت آبنوشی تمام تیمارها بجز اسیدیته ۴ از شاهد جذب کمتری داشتند. جذب آب در مرحله I و II به علت ارتباط با خصوصیات ماتریکس بذر، هم در بذر زنده و هم بذور مرده رخ می دهد، ولیکن مرحله III، جذب آب تنها در بذور زنده اتفاق می افتد و میزان جذب به ترکیبات ذخیره ای و نفوذ پذیری پوسته بذر بستگی دارد(Gaderi-Far and Soltani, 2011).

آب جذب شده در مرحله I از اهمیت بسزایی برخوردار است زیرا آب در این مرحله علاوه بر آندوسپرم و میکروپیل، توسط پریموردیای ریشه نیز جذب می‌شود(Nonogaki *et al*, 2010)، لذا احتمال ورود مواد سمی و توکسین‌ها در مرحله جذب سریع آب(مرحله I) وجود دارد و می‌تواند در جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه اختلال ایجاد نماید. از نتایج حاصل می‌توان استنباط کرد میزان آبنوشی بذر رابطه مستقیمی با اسیدیته آب قابل دسترس داشته باشد، این احتمال وجود دارد غلظت کم آب‌های اسیدی باعث افزایش نفوذپذیری پوسته بذر و کاهش حالت نیمه تراوایی آن گردد.

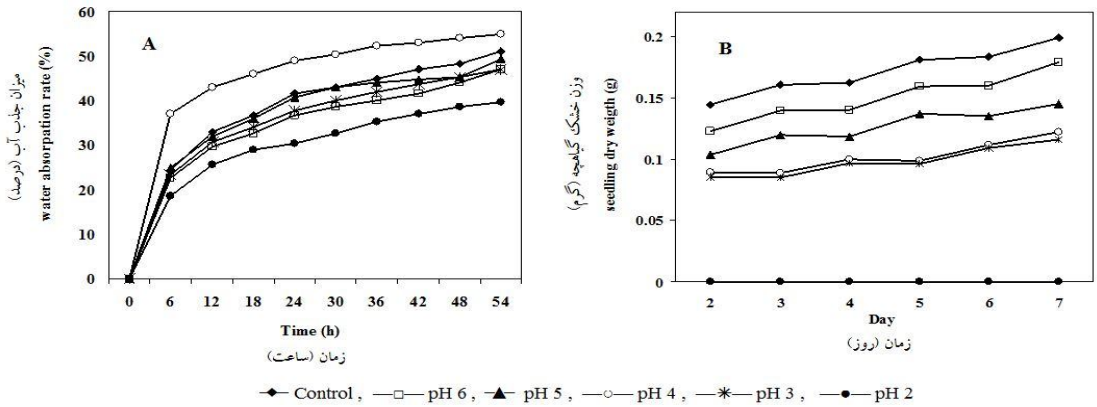
جدول۱- نتایج تجزیه واریانس میزان جذب آب در بذر ذرت

Table1- Analysis of variance of water absorption in seed maize

منابع تغییرات S.O.V	df.	مجموع مربعات میزان جذب آب (ساعت پس از شروع آزمایش) Sum squares of amount of water absorption (H, after of start testing)								
		6	12	18	24	30	36	42	48	54
تیمار Treatment	5	577.833	506.00	429.278	574.667	511.611	482.444	430.5	384.278	389.778
اشتباه Error	18	508.667	494.00	537.333	529.333	510.00	465.333	484.00	498.667	428.00
کل Total	23	1086.50	1000.00	1029.61	1104.00	482.611	947.778	914.50	882.944	817.778

- کلیه شاخص‌ها فاقد اختلاف معنی داری بودند(p>۰/۰۵)

- All results is non significant.



شکل۱- میزان جذب آب(A) و مقایسه وزن خشک گیاهچه(B)

Figure 1, Amount of water absorption in maize seed (A) and seedling dry weight (B)

Archive of SID
www.SID.ir

درصد جوانه‌زنی(GP)

نتایج تجزیه واریانس این آزمایش بیان کننده اختلاف معنی دار درصد جوانه‌زنی تیمارها در سطح احتمال حداکثر ممکن[1] بود(جدول۲). بررسی میانگین تیمارها نشان داد بالاترین درصد جوانه‌زنی در اسیدیته ۵ و ۶ اتفاق افتاد(۹۶٪) و در اسیدیته ۲ نیز جوانه‌زنی رخ نداد. این نتایج مشخص کرد با افزایش اسیدیته آب آبیاری ابتدا جوانه‌زنی افزایش یافته و سپس یک روند کاهشی پیدا می کند. در یک آزمایش بالاترین درصد جوانه‌زنی برنج را در اسیدیته ۵ به میزان ۹۷/۳۳ ٪ گزارش شد. برابر نتایج این تحقیق اسیدیته ۲/۵ و ۲ کاملاً جوانه‌زنی برنج را مهار کرد و هیچ بذری جوانه‌زنی نداشت(Wang and Zhou, 2010). در این آزمایش عدم جوانه‌زنی در اسیدیته پایین را به مسمومیت آب نسبت داده ولی برای افزایش درصد جوانه‌زنی در اسیدیته ۵ هیچ نتیجه مشخصی بیان نشد. آزمون درصد جوانه‌زنی یکی از بهترین شاخص‌های تشخیص کیفیت و قابلیت رشد و نمو بذر است(Copeland and McDonald, 2001). جوانه‌زنی در بذر زنده، بالغ و بدون رکود هنگامی اتفاق می دهد که شرایط محیطی استاندارد(وجود رطوبت، اکسیژن، دما و بعضاً نور) فراهم شود. کمبود و یا اختلال در یکی از این عوامل می‌تواند تندش بذر را کاهش داده و یا باعث توقف آن گردد.

سرعت جوانه‌زنی(GR)

سرعت جوانه‌زنی در تیمارها در سطح احتمال حداکثر ممکن معنی دار بود(جدول۲). مقایسه میانگین ها نشان داد اسیدیته ۵ بالاترین سرعت جوانه‌زنی(۷/۲۴ بذر/روز). سرعت جوانه‌زنی در اسیدیته ۶ کاهش یافته و سپس در اسیدیته ۵ افزایش داشت و در ادامه طی یک روند نزولی در اسیدیته ۲ به صفر رسید. این روند در درصد جوانه‌زنی نیز حاکم بود. سرعت جوانه‌زنی در اسیدیته ۵ نسبت به شاهد ۲۷/۵٪ افزایش داشت. نتایج این بخش موید همبستگی مثبت بین درصد و سرعت جوانه‌زنی بود(R^2= ۰/۹۶) . بر اساس نظریه کاپلند و مک دونالد(Copeland and McDonald, 2001) افزایش جذب آب در مرحله II جذب آب، علاوه بر افزایش سنتز RNA، پروتئین و افزایش دسترسی به ATP، باعث تسریع در ترمیم بخش های زوال یافته بذر نیز می‌شود، در نتیجه احتمال بهبود در سرعت جوانه‌زنی وجود دارد. استنباط می‌شود افزایش سرعت جوانه‌زنی در اسیدیته ۳، ۴ و ۵ به دلیل کاهش مقاومت و یا انعطاف پذیری دیواره سلولی و افزایش جذب آب باشد. این تغییرات در دیواره سلول را می توان به یون های محلول و یا مواد اسیدی موجود در آب آبیاری نسبت داد.

انرژی جوانه‌زنی(GE)

انرژی جوانه‌زنی مُبین قدرت بذر برای تندش در چهار روز ابتدایی جوانه‌زنی است. جوانه‌زنی و رشد سریع اندام‌های رویشی باعث می‌شود قبل از کاهش آب قابل دسترس و سخت شدن سطح خاک، گیاهچه از زمین خارج شده و سریعتر استقرار یابد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس این آزمایش، انرژی جوانه‌زنی در سطح احتمال حداکثر ممکن معنی دار بود(جدول۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها بالاترین انرژی جوانه‌زنی در اسیدیته ۴ بدست آمد(جدول۳). بر اساس تجزیه رگرسیون آزمایش،

1. High Significant

Archive of SID
www.SID.ir

بین انرژی جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی یک رابطه خطی معنی دار(R^2=۰/۹۶) وجود داشت(شکل۳).

شاخص جوانه‌زنی(GI)

شاخص جوانه‌زنی یک روش تشخیصی برای قدرت بذر تحت شرایط تنش است. هر چه عدد بدست آمده به یک نزدیک تر باشد، بذر تحمل یا سازگاری بیشتری به تنش موجود خواهد داشت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد شاخص جوانه‌زنی در سطح حداکثر ممکن معنی دار است(جدول۲). بالاترین شاخص جوانه‌زنی در اسیدیته ۴ بدست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۲۶/۹٪ افزایش داشت(۰/۹۹۶) و کمترین شاخص جوانه‌زنی نیز در اسیدیته ۲ بود(صفر). شاخص جوانه‌زنی در تیمارهای باران اسیدی نسبت به شاهد یک روند کاهشی- افزایشی- کاهشی داشت. شاخص جوانه‌زنی با انرژی جوانه‌زنی از یک رابطه رگرسیونی خطی تبعیت می کرد(R^2=۰/۹۳).

شاخص بنیه گیاهچه(SI)

بنیه گیاهچه با پارامترهای مزرعه ای مانند ظهور گیاهچه، درصد استقرار گیاهچه و عملکرد مرتبط است(Verma and Verma, 2003). بر اساس نتایج آزمایش، اثر تیمار بر این صفت در سطح حداکثر ممکن معنی دار بود(جدول۲). بررسی میانگین ها نشان داد تفاوت معنی دار شاخص بنیه گیاهچه تنها بین در اسیدیته ۲ با شاهد وجود داشت و بین سایر تیمارها تفاوتی دیده نشد. الوانی نژاد و همکاران(Alvani nejad *et al,* 2009) معتقداند با کاهش رطوبت، بنیه گیاهچه نیز کاهش می‌یابد. کاهش رطوبت می‌تواند از طریق افزایش مواد محلول در آب و یا افزایش پتانسیل اسمزی نیز ایجاد شود. با اعمال تیمارهای شوری بر جوانه‌زنی چهار رقم گندم متحمل به شوری مشخص شد که غلظت های ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی مولار سدیم کلراید باعث کاهش، افزایش و سپس کاهش بنیه بذر می‌شود (Majidi Heravan and Yadlarlou, 2008).

شاخص بازدارندگی رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه(II Shoot & Root)

تجزیه واریانس دادها نشان داد تنش ناشی از باران اسیدی بر رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه اثر معنی بود(جدول۲). کمترین شاخص بازدارندگی رشد ساقه‌چه در تیمار اسیدیته ۶ و بیشترین مقدار در اسیدیته ۲ مشاهده شد(به ترتیب ۸/۱۵ و ۱۰۰ ٪). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نیز مشخص کرد باران اسیدی بر رشد ریشه‌چه موثر و معنی دار است. بر این اساس بالاترین نرخ بازدارندگی رشد ریشه‌چه در اسیدیته ۲ ثبت گردید(۱۰۰٪)، ولیکن در اسیدیته ۵ شاخص بازدارندگی ریشه‌چه منفی شد(۳/۰۶۸- ٪). این بدان معنی است که اسیدیته ۵ باعث رشد ریشه‌چه بیش از شاهد شده بود، هر چند به موازات رشد ریشه‌چه، ساقه‌چه اولیه در اسیدیته ۵ رشد مثبتی نداشت. شاخص بازدارندگی رشد ساقه‌چه با افزایش اسیدیته آب بصورت خطی افزایش یافته و در اسیدیته ۲ به حداکثر خود رسید. در یک آزمایش مشخص شد باران اسیدی مانع رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه در برنج می‌شود. نتایج این گزارش نشان داد اسیدیته ۲ بطور کامل باعث بازدارندگی رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه شده بود. همچنین رشد ریشه‌چه در اسیدیته ۵ منفی بود(Wang and Zhou, 2010). نتایج تحقیق حاضر با دستاوردهای آن آزمایش کاملاً منطبق است.

Archive of SID
www.SID.ir

میزان مصرف مواد ذخیره ای بذر(SRLR) و مقدار تبدیل مواد ذخیره شد بذر(SRTR)

تجزیه واریانس داده‌ها مشخص کرد شاخص SRLR در بین تیمارهای آزمایش در سطح حداکثر ممکن معنی دار بود(جدول۲). شاخص SRLR بجز در اسیدیته ۶ در بقیه تیمارها کاهش نشان داد و در اسیدیته ۲ به صفر رسید. همچنین نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس نشان داد میزان تبدیل مواد ذخیره شده بذر(SRTR) در سطح احتمال حداکثر ممکن معنی دار است(جدول۲).

جدول۲- نتایج تجزیه واریانس پارامترهای جوانه‌زنی بذر ذرت

Table 2- Analysis of variance in seed maize germination parameter

منابع تغییرات S.O.V	df.	مجموع مربعات Sum Squares					
		درصد جوانه‌زنی GP	سرعت جوانه‌زنی GR	انرژی جوانه‌زنی GE	شاخص جوانه‌زنی GI	بنیه گیاهچه SI	نسبت ریشه/ساقه R/S
تیمار Treatment	5	20704.00HS*	106.529HS	18709.333HS	1.897HS	384265.75HS	70.698HS
اشتباه Error	18	1280.00	9.009	1386.667	0.408	68286.376	4.361
کل Total	23	21984.00	115.538	20096.00	2.305	452552.126	75.054

- HS و *: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال حداکثر ممکن و سطح ۵٪ درصد

HS and *: High Significant and 5% Probability Levels Respectively
GP: Germination Percentage, GR: Garmination Rate, GE: Germination Energy, GI: Germination Index, SI: Seedling Index

ادامه جدول۲- نتایج تجزیه واریانس پارامترهای جوانه‌زنی و شاخص‌های رشدی گیاهچه ذرت

Read Table 2- Analysis of variance in seed maize germination and seedling growth

منابع تغییرات S.O.V	df.	مجموع مربعات Sum Squares					
		II Shoot*	II Root	SRLR	SRTR	Shoot Length	Root Length
تیمار Treatment	5	20182.17HS	24883.592**	3749.731HS	5073.48HS	47.624HS	1339.33HS
اشتباه Error	18	1266.568	6223.034	740.234	287.379	4.42	79.986
کل Total	23	21448.741	31106.627	4489.965	5360. 858	55.044	1419.32

- HS و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال حداکثر ممکن و سطح ۱٪

HS and **: High Significant and 5% Probability Levels Respectively

* II Shoot(Root): شاخص بازدارندگی ساقه‌چه (ریشه‌چه) ، SRLR: میزان مصرف مواد ذخیره‌ای بذر، SRTR: مقدار تبدیل مواد ذخیره شد بذر

ادامه جدول۲- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های رشدی گیاهچه ذرت

Read Table 2- Analysis of variance in maize seedling growth

منابع تغییرات S.O.V	df.	مجموع مربعات Sum squares					
		وزن تر ساقه Shoot Fresh Weigth	وزن خشک ساقه Shoot Dry Weigth	وزن تر ریشه Root Fresh Weigth	وزن خشک ریشه Root Dry Weigth	وزن تر گیاهچه Seedling Fresh Weigth	وزن خشک گیاهچه Seedling Dry Weigth
تیمار Treatment	5	0.32HS	0.20HS	0.029HS	0.18HS	7.318HS	0.136HS
اشتباه Error	18	0.0033	0.003	0.001	0.002	0.008	0.01
کل Total	23	0.035	0.24	0.030	0.020	7.326	0.145

- HS: معنی دار در سطح احتمال حداکثر ممکن

* HS: High Significant Probability Levels

Archive of SID

www.SID.ir

بر اساس نتایج مقایسه میانگین تیمارها بالاترین نرخ SRTR در اسیدیته ۶ و کمترین مقدار در اسیدیته ۲ ثبت شد(به ترتیب ۵۰/۳۶ درصد و صفر). بین دو شاخص SRLR و SRTR که هر دو به موجودی مواد ذخیره ای بذر اشاره دارد یک رابطه خطی مثبت وجود داشت(R^2=۰/۸۴). با کمک شاخص SRLR می توان مشخص کرد چه مقدار از اندوخته غذایی بذر در طی رشد و نمو جنین مصرف شده است. درصد بالاتر SRLR بیان کننده وضعیت مناسب محیط و فعالیت بهینه متابولیسمی بذر برای جوانه‌زنی است(Daneshmandi, 2013). Liu و همکاران(Liu *et al*, 1999) معتقداند بخشی از مواد ذخیره ای بذر در مرحله III جوانه‌زنی[1] در تقسیم سلولی مصرف شده و نهایتاً بصورت ساقه‌چه و ریشه‌چه ظاهر می شوند.

جدول۳- نتایج مقایسه میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ذرت

Tabel 3- Mean Comparison of seed maize germination and seedling growth

صفت	Control	pH6	pH5	pH4	pH3	pH2
درصد جوانه‌زنی	84a	80a	96a	96a	92a	00.0b
Germin. Percentage سرعت جوانه‌زنی	5.69ab	5.49b	7.24a	6.78ab	6.42ab	00.0c
Germination Rate انرژی جوانه‌زنی	78.66ab	74.66b	89.33ab	93.33a	88ab	00.0c
Germination Energy شاخص جوانه‌زنی	0.785a	0.67a	0.895a	0.996a	0.793a	00.0b
Germination Index شاخص بنیه گیاهچه	3.78a	3.73a	4.1a	4.03a	3.86a	00.0b
Seedling Index نسبت ریشه به ساقه	5.33ab	4.82bc	6.07a	4.98ab	3.85c	00.0d
R/S شاخص بازدارندگی ساقه	00.0c	8.15b	15.12b	16.84b	18.51b	100.00a
II Shoot شاخص بازدارنگی ریشه	00.0c	15.16b	-3.068b	19.72b	63.37a	100.00a
II Root میزان مصرف مواد ذخیره ای	37.56ab	45.52a	37.00ab	29.2b	28.24b	0.00c
SRLR میزان تبدیل مواد ذخیره شد بذر	48.31a	50.36a	41.97ab	34.89b	32.86b	0.00c
SRTR						

– در هر سطر بین تیمارهایی که دارای حرف مشابه هستند بر اساس آزمون چند دامنه دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری وجود ندارد.

- in each row means followed by similar letters are not significantly different($p>0.05$) using duncan test.

طول ساقه‌چه و ریشه‌چه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس این آزمایش، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه دارای اختلاف معنی داری در سطح احتمال حداکثر ممکن بود(جدول۲). نتایج مقایسه میانگین نیز مشخص کرد از نظر طول ساقه‌چه بین تیمار اسیدیته ۲ با سایر تیمارها اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ وجود داشت، ولیکن سایر تیمارها با یکدیگر تفاوت معنی داری نداشتند(شکل۲). بر این اساس بیشترین طول ساقه‌چه در اسیدیته ۶ و بیشترین طول ریشه‌چه در اسیدیته ۵ بدست آمد(به ترتیب ۴/۶ و ۲۵/۸۸ سانتی متر). سینگ و آگراوال(Singh and Agrawal, 2008) در تحقیق خود نشان دادند طول ساقه‌چه و ریشه‌چه دو رقم گندم تحت شرایط باران‌های اسیدی طی یک روند نزولی کاهش پیدا کرد و در اسیدیته ۳ به حداقل خود رسید. نتایج برخی محققین از جمله وفا و ال تایسان و حکیم و همکاران(Hakim *et al,* 2010; Wafa Al-Taisan, 2010) نشان می دهد شوری آب آبیاری بصورت نزولی باعث کاهش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه می‌شود. اما در تحقیق حاضر مشخص شد طول ریشه‌چه در اسیدیته ۶ و اسیدیته ۵ نسبت به شاهد افزایش داشته و

1. Post Germination

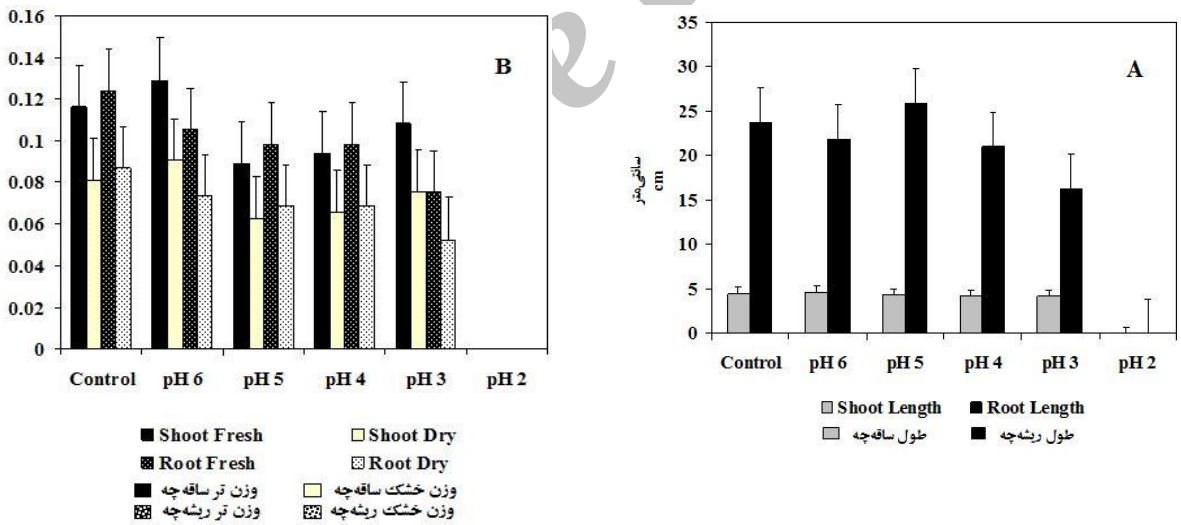
Archive of SID

www.SID.ir

سپس روند کاهشی پیدا کرد و نهایتاً در اسیدیته ۲ به صفر رسید. احتمال دارد ریشه‌چه ها برای این که از شرایط تنش فرار کنند اندوخته غذایی بیشتری به خود اختصاص داده و در نتیجه از رشد بالاتری نسبت به اندام های هوایی برخوردار می شوند، اما در اسیدیته‌های پایین به دلیل افزایش غلظت مواد محلول در آب و همچنین افزایش پتانسیل اسمزی، میزان جذب آب توسط ریشه‌چه ها کاهش یافته که نتیجه آن کاهش رشد ریشه‌چه و بالطبع کاهش رشد ساقه‌چه را به دنبال دارد.

وزن تر و وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد تنش باران اسیدی بر اوزان تر و خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه اثر معنی داری در سطح احتمال حداکثر ممکن داشت(جدول۲). شرایط تنش باعث افزایش وزن تر ساقه‌چه در اسیدیته ۶ نسبت به شاهد شد که این مُبین افزایش جذب آب است، ولیکن وزن خشک ساقه‌چه شاهد نسبت به سایر تیمارها بطور معنی داری بیشتر بود(شکل۲). همچنین وزن تر و خشک ریشه‌چه چه اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ را نشان داد، با این وجود تیمار شاهد داری بیشترین وزن تر و خشک ریشه‌چه چه بود(به ترتیب ۰/۱۲۴ و ۰/۰۹۷ گرم). کاهش وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه در تیمارهای باران اسیدی بیانگر تاثیر منفی این تنش در رشد اولیه گیاه هدف است.



شکل۲- مقایسه طول ساقه‌چه و ریشه‌چه چه(A) و مقایسه اوزان تر و خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه چه تیمارهای مختلف بذر ذرت(B)

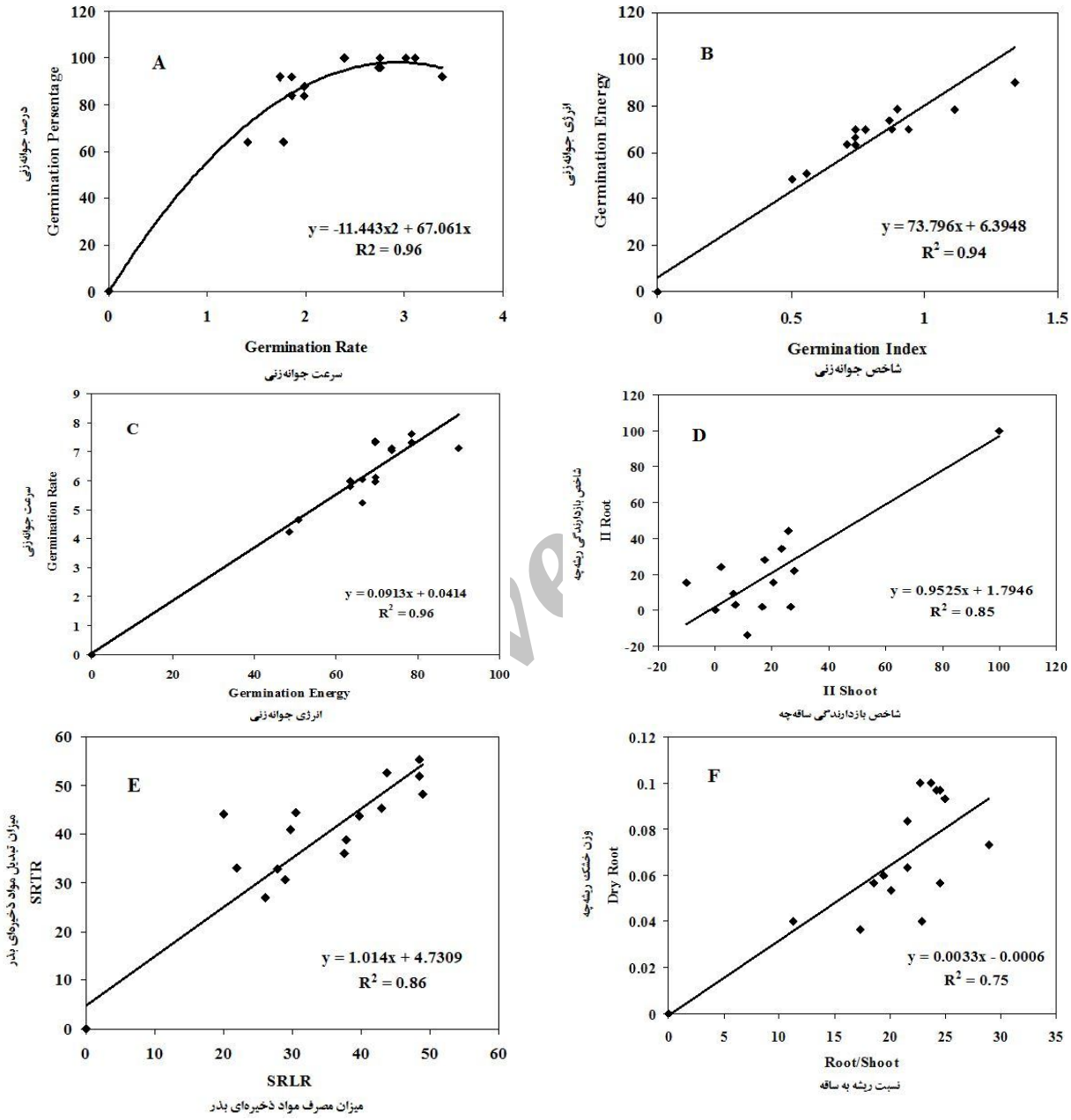
Figure 2, Comparison of shoot (root) length (A) and dry weight of shoot and root (B)

نسبت ریشه به ساقه (R/S)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، بین تیمارها در نسبت R/S اختلاف معنی داری در سطح حداکثر ممکن حاکم بود(جدول۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد اسیدیته ۵ بالاترین نسبت و اسیدیته ۲ حائز کمترین نسبت R/S بود(به ترتیب ۶/۷۳ و صفر). نسبت R/S ذرت در شرایط عادی۱/۴۵ و در شرایط تنش ۵/۷۹ اعلام شده است(Marchner, 2003). رشد حداکثری ریشه‌چه به هنگام بروز تنش یک واکنش فیزیولوژیکی برای توسعه شبکه ریشه‌ها است(Alizadeh, 2006). برخی محققین از جمله شارپ و دیویس و تایلور و همکاران(Sharp and

www.SID.ir

(Davies, 1979; Taylor *et al*, 1982) معتقدند در شرایط تنش، دهیدراسیون و کاهش حجم سلولی در اندام هوایی بیشتر از ریشه‌ها به وقوع می‌پیوندد. چنین بنظر می‌رسد نسبت ساقه به ریشه یک شاخص کاربردی برای تشخیص پسابیدگی ناشی از افزایش اسیدیته آب آبیاری باشد.



شکل۳- روابط رگرسیونی پارامترهای جوانه‌زنی و صفات رشدی گیاهچه ذرت

Figure 3, Linear regression relationships of seed maize germination characteristics and seedling growth

نتیجه گیری کلی

جوانه‌زنی حساس ترین مرحله فنولوژیک گیاه به تنش های محیطی است و می‌تواند استقرار گیاهچه را تحت تاثیر قرار دهد. این احتمال وجود دارد که مشکلات ناشی از تنش های محیطی تا پایان دوره رویشی و زایشی با گیاه همراه باشد وگاهاً تغییرات

www.SID.ir

بیوشیمیایی و مورفولوژیکی در آن ایجاد کند. لذا تحقیق در فرایند جوانه‌زنی در شرایط تنش اجتناب ناپذیر است. کلیات نتایج این آزمایش نشان داد باران‌های اسیدی می‌تواند مانع جذب آب بخصوص در اسیدیته‌های پایین شود. کاهش و یا افزایش اسیدیته آب آبیاری می‌تواند بر نفوذ پذیری انتخابی غشاء بذر و در نتیجه بر فعالیت‌های متابولیکی سلول اثرگذار باشد. اسیدیته پایین و قرار گرفتن طولانی مدت بذر در این شرایط بر خصوصیات جوانه‌زنی آن تاثیر نامطلوب دارد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد گرچه جوانه‌زنی در اسیدیته ۴ و پایین‌تر بشدت تحت تاثیر باران‌های اسیدی قرار گرفت، ولیکن برخی پارامترهای جوانه‌زنی در اسیدیته های ۵ و۶ از وضعیت بهتری برخوردار بود. با این حال به‌نظر نمی‌رسد این وضعیت در استقرار گیاهچه نیز وجود داشته باشد. با نگاهی به نرخ رشد گیاهچه مشخص شد در طول مدت آزمایش رشد گیاهچه در تیمار شاهد از وضعیت مطلوبتری برخوردار بود. از جمیع نتایج این آزمایش استنباط می‌شود کاهش اسیدیته آب و مسمومیت ناشی از باران‌های اسیدی می‌تواند مانع جوانه‌زنی، رشد نمو و استقرار مناسب گیاهچه ذرت شود.

References

منابع

Abdul-baki, A.A. and J.D. Anderson. 1973. Vigor determination in soybean seed by multiplication. Crop Sci. 3: 630-633.

Agrawal, M. 2000. Reasearches on air pollution effects on vegetation in india: A Rev. J. Bot. 50:75–83.

Alizadeh, A. 2006. Soil, Water, Plant Relationship (5th ed.). Emam Reza Univ. Mashhad. Iran.

Alvaninejad, S., M. Tabari, M. Taghvae, K. Espahbodi and M. Hamzepour, 2009. Effect of desiccation on germination and vigour of Manna Oak (*Quercus brantii* Lindl.) acorns. (In Persian, with English Abstract) Iranian J. Forest and Poplar. 16(4); 574-582.

Bell, J. N. B. and M. Treshow. 2002. Air Pollution and Plant Life. Willy & Sons, LTD. New York.

Bhatti, N., Streets D.G. and W.K. Foell. 2006. Acid rani in Asia. Environ. Manag. 16(4): 541-562.

Copeland, L.O., and M.B. McDonald, 2001. Principles of seed science and technology (4thed.). Published by Springer Science+Business Media, LLC. New York.

Daneshmandi, M.SH. 2013. Identification of biophysical, biochemical and biological characteristics in Balangu seeds (*Lallemantia royleana*) and study of seed germination and seed vigour structures under environmental difficult conditions. M.Sc. Thesis. Islamic Azad Univ. Mashhad, Iran.

Environmental Protection Agency of US (EPA). 2011. [online]. Available at www.epa.gov. (accessed 13 May. 2012).

Evans, L., L. Dimitriadis, and D.A. Hinkley. 1984. Seed protein quantities of field growth soybeans exposed to simulated acid rain. New Phytol. 97:71-76.

Ghaderi-Far, F. and A. Soltani. 2011. Seed testion and control. Jahad-Daneshgahi Mashhad Press. Mashhad. Iran.

Hakim, M.A., A.S. Juraimi, M. Begum, M.M. Hanafi, M.R. Ismail and A. Selamat. 2010. Effect of Salt Stress on Germination and Early Seedling Growth of Rice(*Oryza sativa* L.). Afr. J. of Biotechnol. 9(13):1911-1918.

ISTA. 2009. International rules for seed testing. The International Seed Testing Association (ISTA) Press, Switzerland.

Kafi, M., A Borzoee, M Salehi, A Kamandi, A Masoumi, and J nabati. 2010. Physiology of environmental stress in plant. . Jahad-Daneshgahi Mashhad Press, Mashhad. Iran.

Li, W., and J.X. Gao, 2002. Acid deposition and integrated zoning control in china. Environ. Manage. 30:169-182.

Liu, H.S., Y.L, Li, and D.Q. Wang, 1999. Changes of physiological and biochemical characteristics of different S22 genetypes maize during seed germination. Plant Physiol. Commun. 35, 15-17 (in Chinese With English Abstract).

Majidi Heravan. L., and L. Yadlarlou, 2008. Evaluation of the effects of salinity and original plants on vigour. (In Persian, with English Abstract) Iranian J. field Crops Res. 6(1): 155-162.

Archive of SID

www.SID.ir

Marchner, H. 2003. Mineral nutrition of higher plants. (Second Edition) Academic Press. San Diego Ca.U.S.A.
Menza, F.C., and H.M. Seip, 2004. Acid rain in europe and the united states: An Update. Environ. Sci. and Policy. 7(4):253–265.
Mosavi-Nik, M., and R. Mobasser, 2008. Crop stress and collision (Translated). Shoara published, Tehran. Iran.
Nongaki, H., G.W. Bassel, and J.D. Bewley. 2010. Germination-still a mystery. Plant Sci. 179. 574-581.
Porteous, A. 2008. Dictionary of environmental science and technology (4ed). Wiley & Sons. UK.
Razagh Yadak, F., and R. Tavakkol Afshari. 2011. Effect of drought stress on seed embryo axis phosphatase activities during early stages of germination of two bread wheat (*Triticum aestivum*) cultivars. (In Persian, with English Abstract) Iranian J. of Field Crop Sci. 41(2): 385-393.
Ren, A.Z., and Y.B. Gao. 2000. Effects of single and combinative pollutions of lead, cadmium and chromium on the germination of *Brassica Chinensis* L. (in Chinese at English abstract) Chinese J. of Ecol. 19 - 19-22.
Sharp, R.E., and W.J. Davies. 1979. Solute regulation and growth by roots and shoots of water stressed maize plants. Planta. 147:43-49.
Singh, M., and M, Agrawal. 2004. Impact of simulated acid rain on growth and yield of two cultivars of wheat. Water, Air, and Soil Pollution 152: 71–80.
Song. X., H. Jiang, S. Yu, and G. Zhou. 2008. Detection of acid rain stress effect on plant using hyperspectral data in three gorges region China. Chinese Geograph. Sci.18(3): 249-254.
Taylor, A.G., J.E. Motes. and M.B. Kirkham. 1982. Osmotic regulation in germination tomato seedling. J. of Hortic. Sci. 107:387-390.
Verma, S.S., U. Verma. and R.P.S. Tomer. 2003. Studies on seed quality parameters in deterioration seeds in brassica (*Brassica campestris*). Seed Sci. Technol. 31:389-398.
Wafa, A. and A. Al-Taisan. 2010. Comparative effects of drought and salt stress on germination and seedling growth of *Pennisetum divisum*(Gmel.) Henr. American J. Appl. Sci. 7(5): 640-646.
Wang, L.H., and Q. Zhou. 2010. Responses of rice seed germination to acid rain stress. Seed Sci. Technol. 38: 26-35.
World Resources Staff. 2011. [online]. Available at www.earthtrends.wri.org/features.(accessed 25 Oct. 2011).

Archive of SID

www.SID.ir