شبیه سازی تغییرات رطوبتی و تاثیر دما بر پاسخ منحنی تعادل هیگروسکوپیکی بذر دو رقم سویا

نبی خلیلی اقدم*[۱]، فرشید قادری فر[۲]

۱. دانشجوی دکتری بذر دانشگاه علوم کشاورزی منابع طبیعی گرگان
۲. استادیار زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰٤/۲۷

چکیده

منحنی‌های هیگروسکوپیکی یا منحنی‌های هم دمای جذب در بررسی تبادلات رطوبتی بذر با محیط اطراف حایز اهمیت هستند و از آن می‌توان در کاهش صدمات وارده به بذر در طی دوره آب کشیدکی، جوانه‌زنی و از آن مهم‌تر برای انبارداری صحیح و مناسب بذر بهره جست. برای رسم این منحنی‌ها بذور دو رقم سحر و دی‌پی‌ایکس سویا در روی توری‌هایی درون ظروف دربسته حاوی آب مقطر و محلول‌های نمکی اشباع حاوی کلرید سدیم، کلرید پتاسیم، کلرید لیتیم، کلرید منیزیوم و برومید سدیم در معرض تیمارهای دمایی ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷ روز در انکوباتور قرار گرفتند تا به تعادل رطوبتی با هوای داخل ظرف برسند. سپس محتوی رطوبتی بذر مطابق دستورالعمل ISTA اندازه گیری شد. درصد روغن نیز با روش سوکسله تعیین گردید. برای مدلسازی تغییرات رطوبتی بذر نیز از معادلات تجربی مبتنی بر تنها رطوبت نسبی در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد استفاده شد. نتایج نشان داد که دما تاثیر چندانی بر منحنی‌های هم دمای جذب ندارد، ولی سبب افزایش ارتفاع منحنی پاسخ در فاز دوم و سوم جذب یا از دست داده آب می‌شود. در دماهای پایین میزان جذب رطوبتی بذر از محیط کمتر از دماهای بالا بود. درصد روغن رقم سحر و DPX به ترتیب ۲۰/۷۲درصد و ۲۳/۲٦ درصد بدست آمد. نقطه چرخش منحنی هیگروسکوپیکی (حد بین آب پیوندی و آب نیمه آزاد) در رقم سحر بالاتر از رقم دی‌پی‌ایکس شد و این ارتباط مستقیمی با درصد روغن بذر داشت. هرچه درصد روغن بذر بیشتر باشد تبادلات رطوبتی بذر با محیط اطراف در رطوبت‌های پایین بذر و محیط کمتر بوده ولی با افزایش درصد رطوبت نسبی محیط سرعت تبادلات رطوبتی بذر با درصد روغن بیشتر، بالاتر از بذر با درصدروغن کمتر بود و این ارتباط مستقیمی با وقوع فرآیند زوال در بذر دارد. شبیه سازی تغییرات محتوی رطوبتی بذر دو رقم سویا نیز نشان داد که مدل نمائی از نوع درجه دوم با مقدار ضریب تبیین بالاتر در هر دو رقم بهتر از مدل‌های دی آرکی وت (DAW) سوکورو (SOC) عمل کرده‌است. نتایج بطور کلی نشان داد که از منحنی‌های رطوبتی بذر می‌توان برای انبارداری صحیح بذر، شناخت چگونگی پاسخ بذور با توجه به ترکیب بذر از نظر درصد روغن و تعیین حد پایین رطوبتی بذر استفاده نمود.

واژگان کلیدی: منحنی هیگروسکوپیکی، محلول نمکی، حد رطوبتی، سویا

www.SID.ir

E-mail:nkhaliliaqdam@yahoo.com

مقدمه

منحنی‌های تعادل رطوبتی که بعنوان هم دماهای جذب نیز نامیده می‌شوند رابطه بین محتوی رطوبت بذر و رطوبت نسبی محیط را در یک دمای ثابت نشان می‌دهند. این منحنی را با اندازه گیری مقدار رطوبت از دست رفته و یا جذب شده در رطوبت‌های نسبی مختلف تعیین می‌کنند و از آن می‌توان در پیش بینی میزان رطوبت بذر در هر رطوبت نسبی استفاده کرد (Akram-ghaderi, 2008) رابطه بین رطوبت بذر و رطوبت نسبی هوا از تابع درجه سوم تبعیت می‌کند و استفاده زا این منحنی ها در کاهش صدمات وارده به بذر در طی دوره آب کشیدکی بسیار حایز اهمیت است. اوسبرتی و گومز (۱۹۹۸) گزارش دادند که چنانچه رطوبت بذر بادام زمینی به زیر ٤ درصد کاهش پیدا کند باید نهایت دقت و مراقبت را در طی فرآیند جابجائی بذر برای کاهش خسارت به بذر بعمل آورد. Arnosti et al (1999) در بررسی تعیین بهترین تابع توصیف کننده رابطه بین رطوبت نسبی و رطوبت بذر، رابطه هندرسون–تامپسون را گزینش کردند. مطالعه .Mai-Hong et al (2003) روی بذر گیاه *Peltophorum pterocarpum* تا حد رطوبتی ۱۵ درصد و پایین تر نشان داد که یک رابطه لگاریتمی منفی بین سختی بذر با محتوی رطوبتی بذر وجود دارد. همچنین اوسبرتی و همکاران (۲۰۰٦) با رسم منحنی‌های هم دمای بذر پنبه بیان داشتند که بطور میانگین حد رطوبتی ۳/٦ درصد نقطه چرخش این منحنی بوده و مرز بین آب پیوندی و آب نیمه آزاد در پنبه به شمار می‌آید. از چنین تابعی در گونه‌های مختلف تیره *Meliceae* (Hong and Ellis, 1998)، *Metarhizium flavoviride* (Hong et al.1997) و سه نوع گیاه داروئی گاو زبان، کدوی تخم کاغذی و سیاه دانه (Akram-ghaderi, 2008) و *Bracharia brizantha* (Usberti, 2007) برای مطالعه رابطه بین محتوی رطوبتی بذر با رطوبت نسبی محیط استفاده شده‌است. با توجه به تبادلات دائمی رطوبتی بذر با محیط انبار و فضای بیرون و تاثیر این فرآیند بر شروع زوال و خسارت به بذر در طی فرآیند آب کشیدگی، مطالعه حاضر برای شناخت تفاوت دو رقم مهم سویا از لحاظ نحوه تبادلات رطوبتی با محیط، بررسی نوع روابط ریاضی حاکم بر این تبادلات و تاثیر ترکیب بذر براین فرآیند و نهایتا زوال بذر، باجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

۱. رسم منحنی تعادل هیگروسکوپیکی

برای رسم منحنی‌های تعادل هیگروسکوپیکی از محلول‌های نمکی مندرج در جدول (۱) استفاده شد (Mc-Donald and Copland, 1996). بدین صورت که محلول‌های نمکی مورد نظر در۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شدند تا زمانی‌که به حالت اشباع برسند. سپس این محلول‌ها در داخل جعبه‌های پلاستیکی مخصوص زوال (واکیوم) ریخته شدند و بذور روی توری درون ظروف جای گرفتند. این جعبه ها در تیمارهای دمایی ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد بمدت ۷ روز در انکوباتور قرار داده شدند. پس از سپری شدن یک هفته، بذرها از ظروف خارج و پس از قرار گیری در دسیکاتور برای به تعادل رسیدن با دمای محیط، وزن شدند. پس از توزین، بذور برای تعیین درصد رطوبت پس از قرار گیری در داخل پاکت کاغذی، دردمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۷ ساعت در آون خشک شدند و سپس وزن خشک آن‌ها یادداشت شد (ISTA, 2009). درصد رطوبت بذر در هر محلول نمکی از رابطه زیر محاسبه شد:

$$M = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

رابطه (۱)

که در آن، M: رطوبت بذر برمبنای وزن تر(درصد)، W_1: وزن بذر قبل از خشک شدن (میلی‌گرم)، W_2: وزن بذر پس از خشک شدن (میلی‌گرم) است. تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز با استفاده از نرم افزار آماری SAS صورت گرفت (Soltani, 2007).

www.SID.ir

جدول ۱: مقدار تقریبی رطوبت‌های نسبی ایجاد شده توسط محلولهای مختلف.

محلول	رطوبت نسبی محیط حاوی محلول(درصد)
آب مقطر	۱۰۰
KCl	۸۸
NaCl	۷۵
NaBr	۵۵
$MgCl_2$	۳۲
LiCl	۱۲

۲. اندازه‌گیری درصد روغن

برای اندازه‌گیری درصد روغن ارقام سویا از روش سوکسله استفاده شد. این روش یکی از متداول‌ترین روش‌ها در اندازه-گیری روغن در دانه‌های روغنی محسوب می‌شود (AOAC، ۲۰۰۵) در این روش ابتدا بذور بخوبی در هاون خرد شده و بمدت ۱۷ ساعت در دمای ۱۰۳ درجه قرار داده شدند. پس از آن نمونه خشک شده و بالن‌های مورد استفاده (خشک شده در دمای ۷۰ درجه بمدت ۲ ساعت) توزین شدند. نمونه خشک شده بذر ضمن پیچیدن در کاغذ صافی در قسمت اکستراکتور دستگاه قرار گرفت. پس از سیری شدن ۱۲ساعت، بالن‌های محتوی روغن و پترولیوم اتر از دستگاه جدا گردید و بمدت۲۰-۱۰ دقیقه در داخل بن ماری قرار داده شد. سپس بالن‌ها به مدت چند ساعت در آون ۸۰-۷۰ درجه قرار گرفت و سپس توزین شدند. در پایان درصد روغن از رابطه زیر محاسبه شد:

$$\frac{(\text{وزن اولیه بالن} - \text{وزن ثانویه بالن})}{\text{گرم نمونه خشک شده بذر}} \times ۱۰۰$$

۳- مدل‌های تجربی مورد استفاده

تاکنون مدلهای تجربی زیادی برای پیش بینی تغییرات محتوی رطوبتی بذر در پاسخ به تغییرات رطوبت نسبی محیط (انبار) ارائه شده اند. مدلهای DAW[1] و SOC[2] ازجمله مدلهای اخیر ارائه شده (مبتنی بر رطوبت نسبی) در مطالعات بذر محسوب می‌شوند (Soccoro Garcia et al., 2010):

$$DAW - C^* = \frac{KK'(RH)}{1+K(RH)} + c(RH) + \frac{KK'(RH)}{1-K(RH)} \qquad (۱)$$

$$SOC - C^* = C_{50} - \frac{1}{\lambda}\left[\frac{1}{RH} - 1\right] \qquad (۲)$$

که در آن $K, K', c, C_{50}, \lambda$ ضرایب مدل و RH رطوبت نسبی محیط (درصد) است. برای استخراج ضرایب معادلات از رویه nlin در محیط نرم افزار SAS (Soltani, 2007) استفاده شد و سپس شبیه سازی انجام گرفت. کلیه عملیات صورت گرفته مربوط به مدل‌ها روی داده‌های رطوبت بذر در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد است. برای مطالعه درجه تاثیر هر یک از متغیرهای دما و رطوبت نسبی بر محتوی رطوبتی بذر نیز از روش گزینش متغییر استفاده شد.

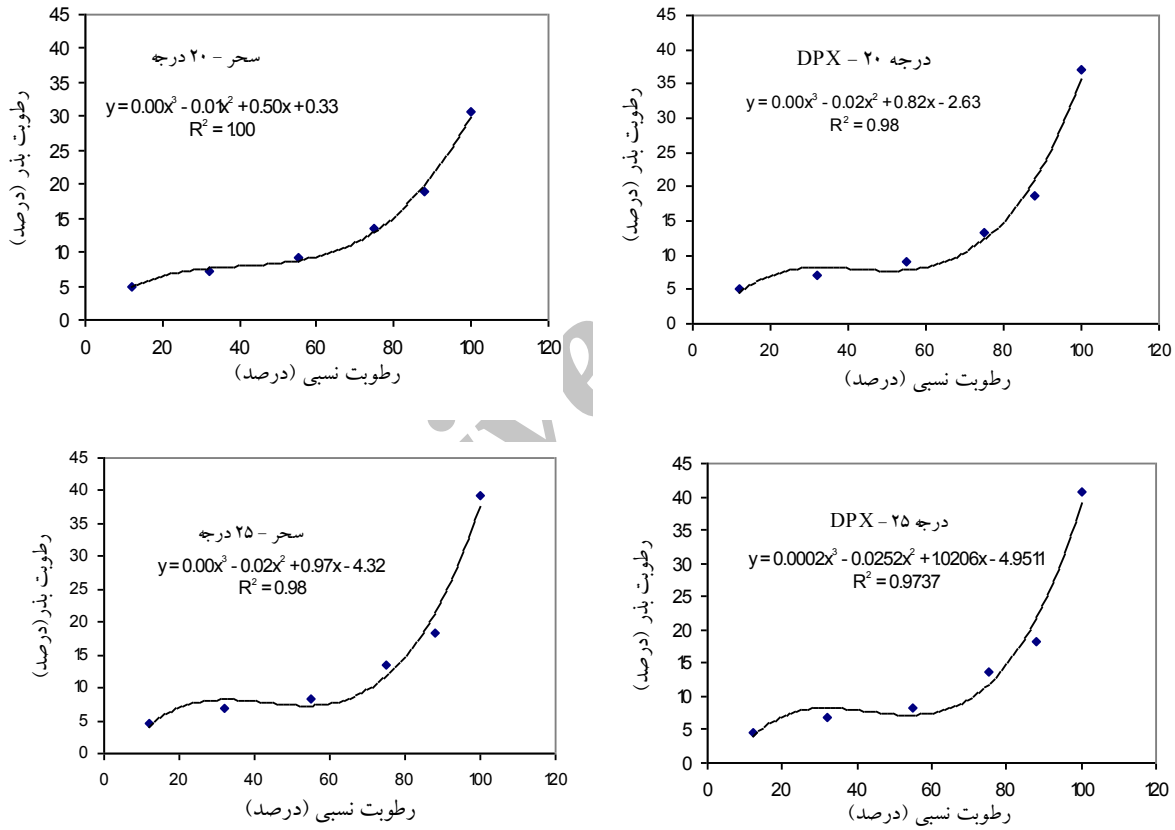
[1]. D Arcy-Watt
[2]. Soccoros

Archive of SID
www.SID.ir

نتایج و بحث

تاثیر دما بر پاسخ منحنی هیگروسکوپیک

منحنی تعادل رطوبت هیگروسکوپیکی (شکل ۱) دو رقم سویا از یک تابع سیگموئیدی درجه سوم تبعیت می‌کند. این منحنی دارای سه مرحله نمایانگر مراحل جذب یا از دست دادن آب است. در مرحله اول با افزایش کمی در رطوبت نسبی، رطوبت بذر به شدت افزایش می‌یابد (آب در پیوند محکم با ساختارهای شیمیائی بذر قرار دارد). در مرحله دوم شیب افزایش در میزان رطوبت بذر پائین است به عبارتی آب در پیوند سست‌تری با اجزاء بذر نسبت به مرحله اول قرار دارد. در مرحله سوم آب در قالب پیوندهای خیلی ضعیف و بصورت آب آزاد در فضای بین سلولی و بین بافتی وجود دارد که براحتی در ضمن خشک کردن بذر خارج می‌گردد و همین آب عامل اصلی زوال بذر در ضمن انبارداری شناخته شده‌است که باید خارج گردد.

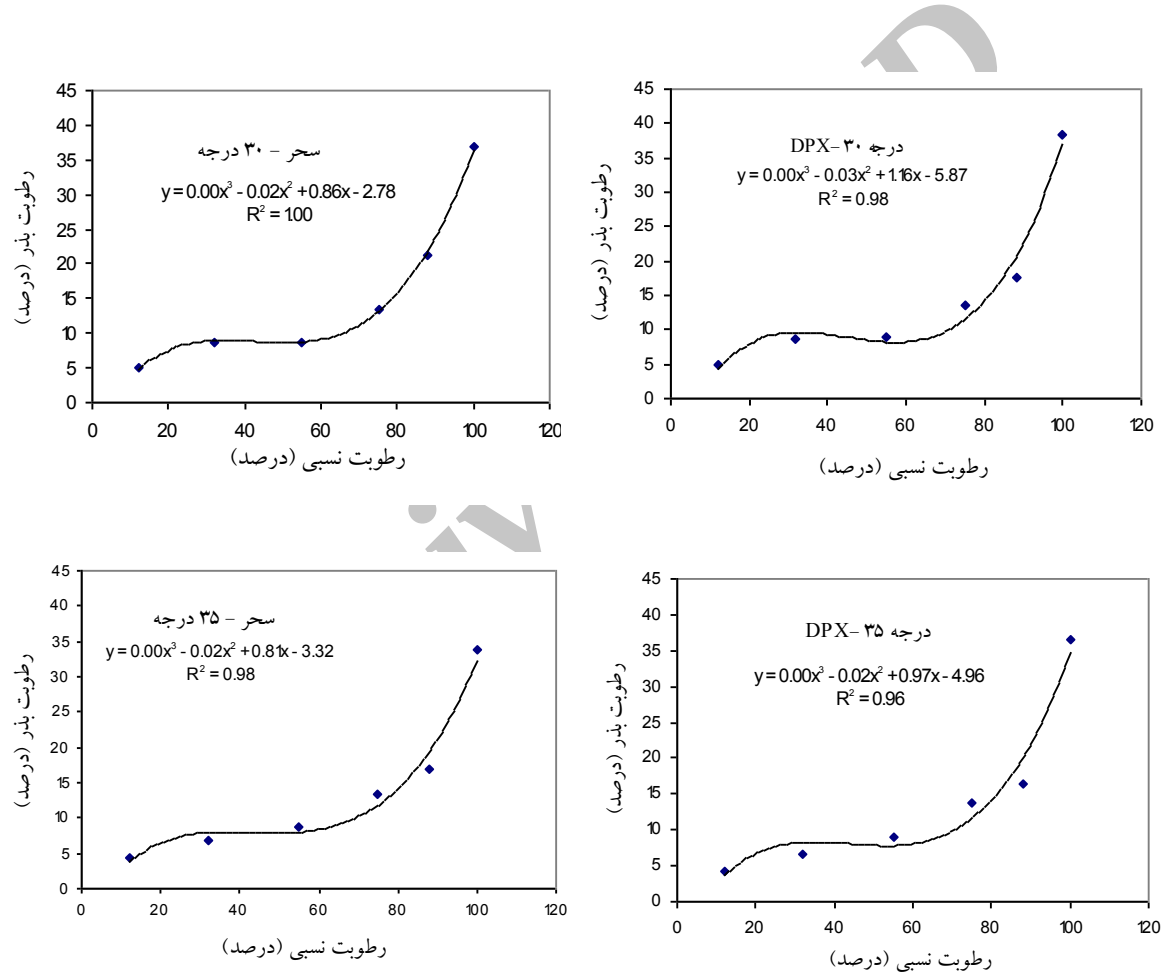


شکل ۱: تغییرات درصد رطوبت بذر در تعادل با سطوح مختلف رطوبت نسبی محیط در دمای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتیگراد دورقم سویا.

در این مرحله با افزایش کمی در رطوبت نسبی هوا، رطوبت بذر با سرعت بالائی افزایش پیدا می‌کند (Usberti and Gomez,1998). چرخش منحنی در رقم دی‌پی‌ایکس در اطراف رطوبت ۷/۹ درصد و در رقم سحر در رطوبت ۸/۳ درصد است. این نقطه بیانگر حد اختلاف رطوبت در مرحله اول و دوم جذب آب است و بعبارتی همان حد بحرانی رطوبت بذر محسوب می‌شود. Ellis et al., 1989 نشان دادند که یک رابطه منفی بین میزان درصد روغن و خصوصیات جاذب

www.SID.ir

هیگروسکوپیکی بذر با حد بحرانی رطوبت بذر وجود دارد و درصد روغن را یک فاکتور مهم و تاثیر گذار بر روابط بین محتوی رطوبت بذر و رطوبت نسبی محیط ارزیابی نمودند. درصد روغن بذر در رقم سحر و دی‌پی‌ایکس به ترتیب ۲۰/۷۲درصد و ۲۳/۲۶ درصد بود و از همین رو رقم سحر در رطوبت‌های نسبی پایین دارای نقطه تعادل رطوبتی بالاتری نسبت به دی‌پی‌ایکس بود (شکل ۱و۲)، اما با افزایش رطوبت نسبی محیط، محتوی رطوبتی رقم دی‌پی‌ایکس بیشتر فزونی یافت. به بیان دیگر در مرحله اول و دوم جذب آب در یک حد رطوبتی خاص از محیط رقم سحر همواره دارای درصد رطوبت بالاتری نسبت به رقم دی‌پی‌ایکس بود و به همین دلیل شروع فرآیند زوال در رقم سحر زودتر از رقم دی‌پی‌ایکس اتفاق می‌افتد. Dickie et al., 1990 نیز نشان دادند که درصد روغن بر ارتباطات رطوبتی بذر با محیط اطراف خود تاثیر گذار است.



شکل ۲: تغییرات درصد رطوبت بذر در تعادل با سطوح مختلف رطوبت نسبی محیط در دمای ۳۰ و ۳۵ درجه سانتیگراد دورقم سویا.

تاثیر تیمارهای دمائی بر منحنی تعادل هیگروسکوپیکی بر ارتفاع فاز دوم و سوم جذب یا از دست دادن آب است (Usberti et al., 2006). نتایج نشان داد که با افزایش دما از ۲۰ تا ۳۵ درجه سانتیگراد ارتفاع جذب آب افزایش پیدا کرد (شکل ۱ و ۲). بعبارت بهتر با افزایش دما سرعت (شیب منحنی) در مرحله دوم و سوم جذب آب افزایش پیدا کرد. این موضوع نشان می‌دهد که رژیم دمایی حاکم بر محیط قرارگیری بذر می‌تواند بر نحوه تبادلات رطوبتی بذر با محیط اطراف

www.SID.ir

تاثیر گذار باشد. با کمک معادلات بدست آمده در جدول ۲ می‌توان بهترین سطح رطوبتی محیط برای انبارداری، ممانعت از آسیب مکانیکی و از همه مهمتر زوال بذر را تعیین کرد.

شبیه سازی تغییرات رطوبتی بذر

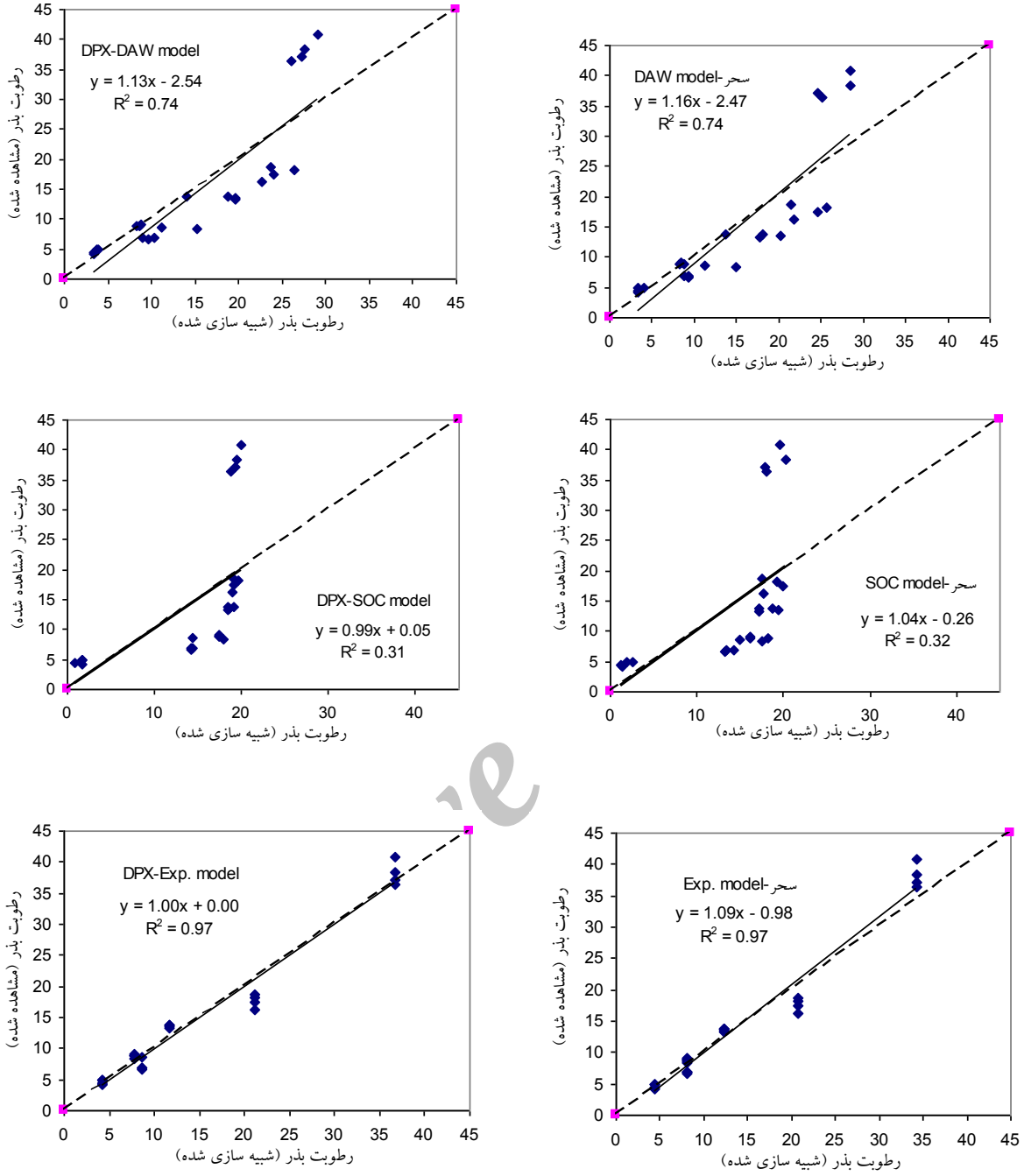
از آنجائی که دما تاثیر چندان زیادی روی شکل منحنی هیگروسکوپیک نداشت بنابراین برای مدلسازی تنها از روابطی استفاده شد که مبتنی بر پارامتر رطوبت نسبی هستند. در همین رابطه Borges et al. (2009) نشان دادند که دقت مدلهای مبتنی بر تنها دما بالاتر از مدلهای مبتنی بر دما و رطوبت نسبی است و حتی افزودن ترم‌های دمائی به معادلات پیش بینی کننده تغییرات رطوبتی بذر، از دقت آن کاسته‌است. گزینش متغیر دو پارامتر دما و رطوبت نسبی نیز نشان داد که رطوبت نسبی محیط دارای اثر معنی‌داری بر محتوی رطوبتی بذر است (P>۰/۰۰۱)، اما تاثیر دما بر تغییرات رطوبتی بذر معنی‌دار نشد (P>۰/۰۵). نتایج شبیه سازی تغییرات محتوی رطوبتی بذر دو رقم سویا نشان داد که مدل تجربی دی آرکی وت (DAW) با مقدار ضریب تبیین بالاتر (۰/۷٤ در برابر ۰/۳۲) در هر دو رقم بهتر از مدل سوکورو (SOC) عمل کرده‌است. پراکنش مقادیر شبیه سازی شده و مشاهده شده درصد رطوبت بذر حول خط یک به یک نیز موید کارائی بالاتر مدل DAW نسبت به مدل SOC است (شکل ۳).

ضرایب تصحیح شده برای هر مدل به تفکیک هر رقم نیز در جدول ۲ نشان داده شده است. اختلاف مقادیر شبیه سازی شده و مشاهده شده محتوی رطوبتی بذر در هرد و رقم در رطوبت‌های بالای محیط بیشتر از زمانی است که رطوبت نسبی محیط پایین است و این مورد بیانگر آن است که نتایج پیش بینی این مدل در شرایطی که رطوبت نسبی محیط پائین باشد، از دقت بالاتری برخوردار است (شکل ٤). مقادیر رطوبت بذر محاسباتی توسط مدل SOC بسیار متفاوت از مقادیر مشاهده شده بود. به عنوان مثال در دامنه رطوبتی بین ۳۰-٦۰ درصد رطوبت نسبی محتوی رطوبتی بذر برخلاف مقادیر مشاهده شده که در حال کاهش و یا در حد ثابتی است، در نتایج این مدل دارای روند افزایشی است و این از عیب‌های اصلی مدل به حساب می-آید (شکل ٤). نتایج Soccoro Garcia et al (2010) نیز موید کارائی بهتر مدل DAW نسبت به مدل SOC است.

جدول ۲: ضرایب معادلات DAW , SOC در دو رقم سویا

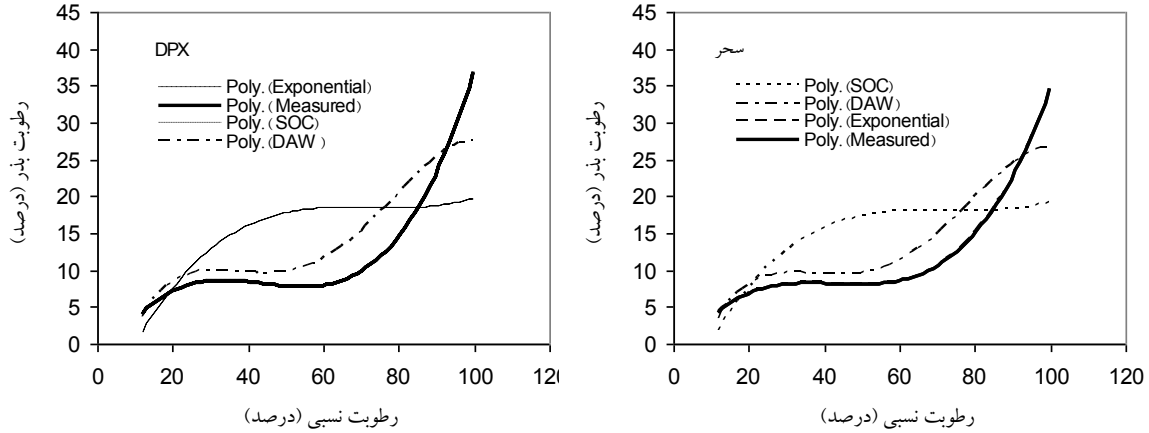
مدل	رقم	k	k'	c		R^2
DAW	DPX	۱/۹۸	۰/۰۰۵۹	۰/۲۸۱		۰/۷٤
	سحر	۲/۰۰٦	۰/۰۰۵۱	۰/۲۵٤		۰/۷٤
		C_{50}	λ			
SOC	DPX	۰/۱۹۳۱	٤۰/٦۵٤۵			۰/۳۲
	سحر	۰/۱۹۸۱	٤۲/۵۲۹۹			۰/۳۲
		a	b	c	d	
Exponential	DPX	۱/۸۳۱۵	-۲/٤۱٤۸	۰/۹۹۹٦	-۰/۰٤٦۷	۰/۹۸
	سحر	۱/٤۷۲٦	-۱/۸۹۲٦	۰/۷۹۰۵	۰/۰۲۵۸	۰/۹۷

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۳: رطوبت بذر (درصد) شبیه سازی شده و مشاهده شده در دو رقم سویا با استفاده از سه مدل سه مدل SOC،DAW و درجه سوم (Exponential) (داده‌های مجموع ٤ سطح دمائی)

www.SID.ir



شکل ٤: تغییرات رطوبت بذر (درصد) در مقابل مقادیر رطوبت نسبی محیط (درصد) در دو رقم سویا با استفاده از داده‌های خروجی سه مدل SOC،DAW، درجه سوم (Exponential) و مقادیر اندازه گیری شده در آزمایشگاه (داده‌های مجموع ٤ سطح دمائی)

نتیجه گیری نهایی

نتایج بطور کلی نشان داد که تبادلات رطوبتی بذر با محیط متاثر از رژیم دمائی محیط و درصد روغن بذر است و در داخل ارقام یک گونه شروع زوال در رقم با درصد روغن کمتر زودتر است، اما در مراحل بعدی تداوم و سرعت زوال در رقم با درصد روغن بیشتر بدلیل واکنش‌های زنجیره‌ای از جمله تخریب اسیدهای چرب بالاتر است. همچنین در استفاده از مدل‌های مختلف برای پیش بینی پاسخ محتوی رطوبتی بذر به تغییرات رطوبت نسبی باید ضرایب خاص هر رقم را ابتدا واسنجی نمود و سپس اقدام به پیش بینی نمود که به نظر می‌رسد دقت مدل‌های پیش بینی در مقادیر کم رطوبت نسبی هوا بیشتر از زمانی می‌باشد که رطوبت نسبی هوا بالاست. برای حصول اطمینان بیشتر در این خصوص انجام مطالعات بشتر به ویژه روی گیاهان مختلف ضروری به نظر می‌رسد.

References

Akram-Ghaderi, F., A. Soltani and H.R. Sadeghi-pour, 2009. The study of seed quality development, germination, longevity and deterioration in some medicinal plants: Pumpkin (*Cucurbita pepo*), Black cumin(*Nigella sativa*) and Borago(*Borago officinalis* L.), Ph.D. Thesis, Gorgan University of Agriculture Sciences and Natural Resources, Iran. p 86 (In persian)

AOAC. 2005. Official methods of analysis, 18th edition, Washington, DC., Association of afficial Analytic Chemists.

Arnosti, A., Freire, J.T., Sartori, D.J.M. and Barrozo, M.A.S. 1999. Equilibrium moisture content of Brachiaria brizantha, Seed Science and Technology, 27:273-282.

Borges, S., Borges, E.E.de L, Correa, P.C., and Brune, A. 2009. Hygroscopic equilibrium and viability of angico vermelho seeds under different storage environmental conditions, Sci. For. Piracicaba, 37:84. 475-481.

Dickie, J.B., Ellis, R.H., Karrak, H.L. and Ryder, K. 1990. Temperture and seed storage longevity, Annals of Botany, 65:197-204.

Ellis, R.H., Hongm T.D. and Robrts, E.H. 1989. A comparision of the low-mositure content limit to the logatuthmic relation between seed moisture and longenity in twelve species, Annals of Botany, 63:601-611.

Archive of SID
www.SID.ir

Hong, T.D. and Ellis, R.H. 1998. Contrasting seed srorage behaviour among different species of meliaceae. Seed Science and Technology, 26:77-95.

International Seed Testing Association (ISTA). 2009. Handbook of vigor test methods, 3rd. ed. Intl. Seed Testing Assoc., Zurich.

Mai-Hong, T., Hong, T.D., Hien, N.T. and ellis, R.H. 2003. Onest of germinability, dessication tolerance and hardseededness in developing seeds of Peltophorum pterocarpum (DC) K.Heyne (*Caesalpinioideae*). Seed Science REsearch, 13:323-327.

Mc Donald, M. B., and Copland. L. O. 1996. Seed production, principles and practices, International Thomson Publishing, 719p.

Soccoro Garcia, a., Vega Leon, M., and Calderon Pinar, S. 2010. Seed equilibrium moisture curves, water binding and its relationship with thermodynamic magnitudes, Int. Agrophys. 24:313-320.

Soltani, A., 2007. Application and using of SAS program in statistical analysis. Jihad- Daneshgahi; Press, Mashhsd, Iran, p 180. (In persian).

Usberti, R. 2007. Performance of tropical forage grass (*Brachiaria brizantha*) dormant seeds under controlled storage. Seed Science and Technology, 35:402-413.

Usberti, R. and Gomez, R.B.G. 1998. Seed viability constants for groundnut, Annals Botany, 82.691-694.

Usbrti, R., Roberts, E, H. and Ellis, e.H. 2006. Prediction of cottoseddd longevity, Pesq.agropec.bras., Brasilia, 41(9): 1435-1441.

Archive of SID

www.SID.ir