



بررسی همدم‌های جذب و دفع رطوبت ساقه و برگ یونجه درو شده

محسن قاسمی^۱، امین اله معصومی^۲ و مرتضی صادقی^۲

۱-۲- بترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیاران گروه ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه

صنعتی اصفهان.

masoumi@cc.iut.ac.ir

چکیده

در موقع برداشت با ماشین بسته بند علوفه در طول ساعات میانی روز که هوا گرم و محتوای رطوبتی محصول کم می باشد، به نظر می رسد در صورتی که نوارهای علوفه درو و خشک شده یونجه مجدداً رطوبت دهی شود، تلفات آن کاهش و راندمان ماشین های برداشت افزایش یابد. به این منظور در تحقیق حاضر نحوه فرآیند جذب و دفع رطوبت ساقه و برگ یونجه مورد بررسی قرار گرفت. آزمایشات در دامنه فعالیت آبی ۰/۱۱ الی ۰/۸۴ در سه دمای ۳۰، ۴۰، و ۵۰ درجه سانتی گراد انجام و از محلول اشباع هفت نوع نمک جهت تامین رطوبت های نسبی مختلف استفاده گردید. برای بررسی اثرات رطوبت نسبی، دما و اجزاء یونجه بر محتوای رطوبت تعادلی جذب و دفع ساقه و برگ یونجه، طرح آماری کرت های خرد شده بر اساس طرح پایه کاملاً تصادفی انجام گرفت. اثر تیمارها و اثرات متقابل آنها بر مقادیر رطوبت تعادلی جذب و دفع، در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود. پدیده پسماند (هیستریزیس) بطور مشخص برای ساقه و برگ یونجه مشاهده نگردید.

واژه های کلیدی: یونجه، محتوای رطوبت تعادلی، رطوبت نسبی، منحنی های همدم

مقدمه

یونجه با نام علمی *Medicago Sativa* مهمترین گیاه علوفه ای است که در سراسر جهان می روید. یونجه به علت دارا بودن ذخایر غذایی غنی مانند مواد پروتئینی و معدنی مختلف از قبیل کلسیم و حتی انواع ویتامین های مختلف اهمیت خاصی پیدا کرده است [کریمی، ۱۳۶۹]. یونجه علاوه بر تغذیه دام و طیور، می تواند بعنوان دارو یا مکمل غذایی، مورد استفاده انسان نیز قرار گیرد. نیاز علوفه ای کشور برای احشام و طیور، ۳۱/۱ میلیون تن در سال می باشد که مجموع زراعت های تولید علوفه کشور معادل ۲۱/۶ میلیون تن و مجموع تولیدمراعات و محصولات ثانویه ۵/۳ میلیون تن می باشد. سطح زیر کشت یونجه در سال زراعی ۸۱-۸۰ در ایران ۵۳۷ هزار هکتار و میزان تولید آن ۴۰۶۸ هزار تن بوده است [کمال زاده، ۱۳۸۴]. نظر به اهمیت زیاد این محصول، باید در جهت افت تلفات آن کوشید. افت یونجه در مرحله برداشت، ناشی از خرد شدن یونجه توسط تیغه دروگر، شسته شدن مواد غذایی یونجه در اثر بارندگی و ادامه تنفس گیاه، همچنین افت های مکانیکی ایجاد شده، بویژه در برگ گیاه در حین ساقه

کوبی، جارو زدن و بلند کردن آن از سطح زمین می باشد [Wilkinson, 1981]. افت برگ یونجه در مراحل مختلف برداشت تا تغذیه آن، تا ۴۴ درصد گزارش شده است [Buckmaster, et al., 1990]. با توجه به غنی تر بودن برگ یونجه از نظر ارزش غذایی، اهمیت کاهش این تلفات، روشن تر می گردد. خشک بودن محصول یونجه حین بسته بندی، باعث افت و ریزش بیشتر آن می گردد. بنابراین مدیریت برداشت، جهت به حداقل رساندن تلفات محصول، ایجاب می کند که بسته بندی یونجه در ساعات اولیه و انتهایی روز که درصد رطوبت محصول به دلیل وجود شبنم مناسب است، انجام گیرد. این شیوه باعث می شود که ساعات مفید عملیات برداشت و بسته بندی محدود گردیده و عملاً به ۲-۳ ساعت در روز محدود گردد. طولانی تر شدن زمان برداشت و در نتیجه افت بیشتر محصول و عدم استفاده از ظرفیت کامل ماشین های برداشت از معایب این روش می باشد. با توجه به مطالب فوق، باید روشی اتخاذ گردد که بتوان در رطوبت های کم (ساعات میانی روز) که رطوبت ناشی از شبنم از بین رفته است نیز بتوان عملیات برداشت را انجام داد. به نظر می رسد در صورتی که بتوان محصول یونجه درو شده و خشک شده در شرایط محیطی مزرعه را مجدداً رطوبت دهی^۱ کرد، بتوان تلفات محصول، بخصوص برگ های یونجه را کاهش داده و با برداشت در ساعات میانی روز، از ظرفیت ماشین های برداشت نیز استفاده بهینه را بعمل آورد.

منحنی های همدمای علاوه بر عملیات دوباره مرطوب سازی، اطلاعات مهمی را در خصوص انبار مانی، تعیین زمان و سرعت افت رطوبت و در نتیجه برآورد ظرفیت خشک کن ها، همچنین صرفه جویی در زمان و مصرف انرژی طی مرحله خشک کردن به ما می دهد [Brooker, et al., 1992]. منحنی های همدمای^۲ رطوبت تعادلی، نشان دهنده رابطه بین محتوای رطوبت تعادلی ماده (EMC) و رطوبت نسبی تعادلی (ERH)^۳ محیط اطراف آن ماده در یک دمای معین می باشد [Moreira, et al., 2005]. منحنی های رطوبت تعادلی را به سه روش رطوبت سنجی، فشار سنجی و وزن سنجی می توان بدست آورد [Stencl, and Homola, 2000]. زمردیان و توکلی (۱۳۸۲) منحنی های همدمای سه رقم پسته ایرانی را به روش وزن سنجی دینامیکی با استفاده از محلول نمک های اشباع به دست آوردند. [Beheshti et al., 2008]، همدمای جذب بادام را به روش وزن سنجی استاتیکی و در چهار دمای ۵، ۱۵، ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی گراد و دامنه فعالیت آبی ۰/۱۱ الی ۰/۸۸ با استفاده از ۸ محلول نمک اشباع بدست آوردند. نمونه ها در داخل ظروف شیشه ای سربسته، در مجاورت محلول نمک های اشباع و برای دماهای مختلف داخل انکوباتور قرار گرفتند. برای جلوگیری از فساد و کپک زدگی نمونه ها، مقداری تولوئن در مجاورت نمونه ها قرار داده شد [Beheshti et al., 2008]. همدمای جذب رطوبت بامیه، توسط (Gögüs and Maskan, 1999) بررسی گردید و روش وزن سنجی استاتیکی و استفاده از محلول نمک های اشباع برای ایجاد رطوبت های نسبی لازم به کار رفت. آزمایشات که در سه دامنه حرارتی ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درجه سانتی گراد انجام گردید، نشان داد منحنی های جذب بدست آمده از نوع سوم (مقعر) بودند. همدمای جذب رطوبت برگ های نوعی چای در سه دمای ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درجه توسط محققین بدست آمد. در این تحقیق از محلول اشباع ۶ نوع نمک برای تامین رطوبت های

Rewetting

Isotherm curves

Equilibrium relative humidity

نسبی مختلف استفاده شد. در محدوده این آزمایشات، پدیده پسماند به طور مشخص مشاهده نگردید [Jamali et al., 2006].

هدف از طرح حاضر بررسی منحنی های همدمای جذب و دفع رطوبت ساقه و برگ یونجه می باشد که به منظور آگاهی از روند جذب و دفع رطوبت ساقه و برگ یونجه در دماها و رطوبت های نسبی مختلف ضروری می باشد.

مواد و روش ها

جهت انجام آزمایشات، به یک محفظه کنترل شرایط محیطی (دما و رطوبت) نیاز بود. به این منظور، محفظه ای از جنس نئوپان، به ضخامت ۱/۵ سانتی متر ساخته شد. این محفظه به ابعاد ۵۰×۵۰×۶۵ سانتی متر بود که فضای لازم برای قرار دادن تجهیزات مورد نیاز و همچنین ظروف نمونه ها را تامین می کند. در وجه روبرویی محفظه، دریچه ای به ابعاد ۳۰×۳۰ سانتی متر جهت دسترسی به نمونه ها و محلول نمک های اشباع در نظر گرفته شد. در وجه بالایی محفظه دریچه ای شیشه ای به ابعاد ۲۰×۴۰ سانتی متر جهت بازبینی مواد و تجهیزات داخلی از جمله نمونه ها، دماسنج ها، رطوبت سنج، محلول نمک اشباع و منبع حرارتی تعبیه گردید.

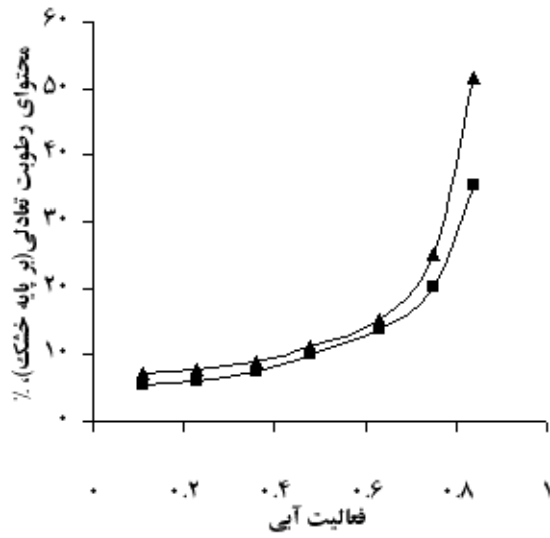
وجوه داخلی محفظه جهت عایق بندی رطوبتی، با یک لایه فویل آلومینیومی پوشیده گردید. جهت فراهم ساختن دماهای مورد نیاز، از یک مولد حرارت الکتریکی (هیتر) ۵۰۰ وات استفاده گردید. یک فن (دمنده) گریز از مرکز ۲۳۰۰ دور در دقیقه مدل VPH-10S2S تک فاز جهت به گردش در آوردن هوای داخل محفظه و یکنواخت سازی دما و رطوبت داخل محفظه به کار رفت. برای کنترل دمای هوای درون محفظه از یک ترموستات دیجیتالی مدل SU-105IP ساخت شرکت SAMWON که استفاده گردید که سنسور (حسگر) آن قابلیت تشخیص دمای از ۵۰- تا ۱۵۰ درجه سانتی گراد را دارا می باشد. سنسور ترموستات، روی شبکه سیمی و در کنار نمونه ها قرار داده شد تا قطع و وصل شدن هیتر، توسط ترموستات، بر اساس تغییرات دمای اطراف نمونه ها باشد. روی شبکه سیمی داخل محفظه، یک رطوبت سنج عقربه ای مدل TFA ساخت کشور آلمان و دو عدد دماسنج جیوه ای با دامنه سنجش ۱۰- الی ۱۱۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت که یکی از آنها دمای خشک و دیگری دمای تر را برای تعیین رطوبت نسبی داخل محفظه نشان می داد. یک لامپ اعلان کننده ۱۵ وات، بصورت موازی با هیتر و پس از ترموستات بر روی تابلو برق محفظه قرار داده شد، تا وضعیت خاموش یا روشن بودن هیتر و صحت کار ترموستات را نمایش دهد. دمای داخل محفظه با دقت ± 1 درجه سانتی گراد توسط ترموستات، جهت انجام آزمایشات همدمای تثبیت گردید. آزمایشات در سه دمای ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درجه سانتی گراد در دامنه رطوبت نسبی ۰/۱۱ الی ۰/۸۵ انجام و برای تثبیت رطوبت های نسبی مختلف از محلول اشباع نمک های: کلرید لیتیم، استات پتاسیم، کلرید کلسیم، نیتريت پتاسیم، نیتريت منیزیم، نیتريت سدیم، کلرید سدیم و نیتريت پتاسیم استفاده گردید [Nurhan, and Togrul, 2006]. تمامی نمک های فوق تولید شرکت مرک آلمان بود. نمونه های آزمایش به روش ذیل تهیه گردیدند: مقداری محصول یونجه از یونجه درو شده چین سوم مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان تهیه گردید. برگ

های یونجه را از ساقه های آن جدا کرده تا در شرایط آب و هوایی مزرعه، خشک گردد. ساقه های کامل یونجه که برگ های آن جدا گردیده بود را بصورت خم کرده در آورده و اجازه داده شد تا در شرایط آب و هوایی مزرعه خشک گردند. آماده سازی نهایی نمونه ها برای آزمایشات جذب و دفع به شرح زیر بود :

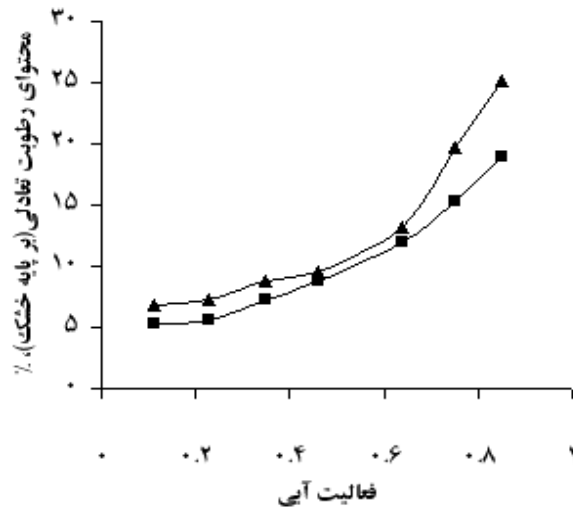
(۱) برای آزمایشات جذب : ساقه ها و برگ های جدا شده و خشک شده در شرایط مزرعه را به مدت ۵ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد داخل آون گذاشته، تا رطوبت آن به حدود ۰.۵٪ بر مبنای خشک برسد. نمونه های تهیه شده به این روش در پلاستیک های سربسته نگهداری می شدند. (۲) برای آزمایشات دفع: مقداری از ساقه ها و برگ های خشک شده در شرایط مزرعه، در یک ظرف شیشه ای در بسته (دسیکاتور) به مدت یک هفته در مجاورت آب مقطر قرار داده شد برای جلوگیری از فساد نمونه ها، داخل دسیکاتور، محلول ۵ گرم در لیتر کربوکسین تیرام ریخته شد. آزمایشات به روش وزن سنجی دینامیکی و در سه تکرار ساقه و سه تکرار برگ صورت گرفت. نمونه های داخل محفظه به فواصل زمانی معین (هر ۳ ساعت یک بار) توسط ترازوی دقیق توزین می شدند. عمل توزین طی ۱۵ الی ۲۰ ثانیه انجام می شد [Moreira et al., 2005 and ASAE(S358.2)]. ترازوی به کار رفته، ترازوی دقیق دیجیتال مدل GF 400 با دقت ۰/۰۰۱ گرم بود. عمل توزین نمونه ها تا زمان به تعادل رسیدن نمونه ها یعنی زمانی که بین سه دور توزین متوالی نمونه ها، اختلافی در حدود ۰/۰۰۱ گرم (برابر با دقت ترازو) باشد ادامه می یافت. سپس، محتوای رطوبتی نمونه ها توسط آون آزمایشگاهی مکانیکی ساخت شرکت بهداد و استاندارد (2) ASAE(S358, 2) به دست آمد [ASAE, 1999]. برای بررسی اثرات رطوبت نسبی، دما و اجزاء یونجه و اثرات متقابل آنها بر محتوای رطوبت تعادلی جذب و دفع ساقه و برگ یونجه، طرح آماری کرت های خرد شده بر اساس پایه کاملاً تصادفی انجام گرفت. داده های آزمایشی توسط نرم افزار SAS و MSTATC تحلیل و کلیه نمودارهای مورد نیاز در نرم افزار Excel 2003 رسم و مقایسه میانگین ها توسط آزمون LSD انجام گردید.

نتایج و بحث

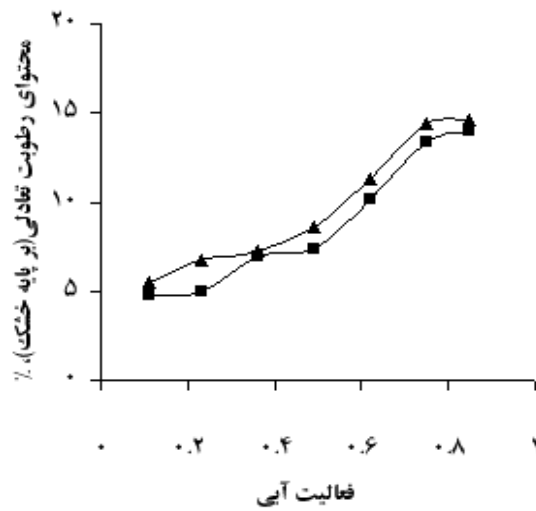
کلیه منحنی های همدمای جذب و دفع رطوبت ساقه و برگ یونجه از نوع سیگمائییدی (S شکل) بودند که مشابه منحنی های همدمای برای بیشتر مواد بیولوژیک می باشد. جداول تجزیه واریانس نشان داد، اثرات دما، رطوبت نسبی و اجزاء یونجه، بعلاوه اثرات متقابل آنها بر محتوای رطوبت تعادلی جذب و دفع در سطح احتمال ۱٪ معنی دار می باشد. شکل های ۱ الی ۳ بترتیب، نمودارهای جذب رطوبت ساقه و برگ را در دماهای ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درجه سانتی گراد نشان می دهد.



شکل ۱- نمودار جذب رطوبت ساقه و برگ در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد: (▲)؛ برگ و (■)؛ ساقه



شکل ۲- نمودار جذب رطوبت ساقه و برگ در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد: (▲)؛ برگ و (■)؛ ساقه



شکل ۳- نمودار جذب رطوبت ساقه و برگ در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد: (▲)؛ برگ و (■)؛ ساقه

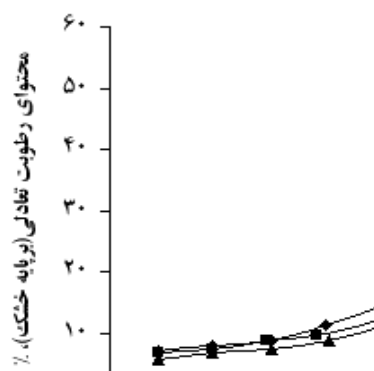
جدول ۱ مقایسه میانگین اثرات متقابل دما نسبت به اجزاء یونجه و رطوبت نسبی را بر محتوای رطوبت تعادلی جذبی به همراه انحراف معیار میانگین ها نشان می دهد. اثرات رطوبت نسبی بر محتوای رطوبت تعادلی نشان می دهد بین میانگین های محتوای رطوبت تعادلی اختلاف معنی دار وجود دارد. بیشترین مقدار محتوای رطوبت تعادلی مربوط به رطوبت نسبی ۰/۸۵ و کمترین آن مربوط به رطوبت نسبی ۰/۱۱ می باشد. به طور کلی با کاهش مقادیر رطوبت نسبی، مقادیر محتوای رطوبت تعادلی نیز کاهش یافت. همان گونه که جدول نشان می دهد اثر دما بر میانگین های فوق، معنی دار می باشد. با افزایش دما، محتوای رطوبت تعادلی کاهش یافته است. مقایسه میانگین اثرات اجزاء یونجه (ساقه و برگ) نشان دهنده تفاوت معنی دار اجزاء یونجه در جذب رطوبت می باشد و همچنین مشخص می کند که بیشترین میانگین محتوای رطوبت تعادلی مربوط به برگ و کمترین آن مربوط به ساقه می باشد. از آنجا که ساقه و برگ یونجه از نظر مواد و اجزاء تشکیل دهنده متفاوت می باشند، به نظر می رسد علت این تفاوت به علت اختلاف مواد و اجزاء تشکیل دهنده و همچنین نازکی دیواره سلولی ساقه نسبت به برگ می باشد.

جدول ۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل رطوبت نسبی \times دما \times اجزاء یونجه بر محتوای رطوبت تعادلی جذبی

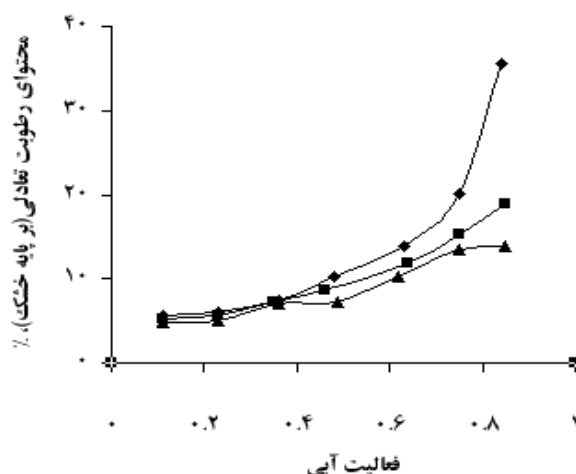
دما		۳۰		۴۰		۵۰	
اجزاء							
رطوبت نسبی	ساقه	برگ	ساقه	برگ	ساقه	برگ	برگ
۰/۱۱	۵/۶۲ ^{rst} \pm ۰/۴۱	۷/۱۱ ^q \pm ۰/۶۶	۵/۳۰ ^t \pm ۰/۲۶	۶/۸۳ ^{qrs} \pm ۰/۳۹	۴/۷۳ ^t \pm ۰/۵۷	۵/۵۰ st \pm ۰/۲۶	
۰/۲۳	۵/۶۹ ^{rst} \pm ۰/۲۸	۷/۹۱ ^{opq} \pm ۰/۰۸	۵/۶۶ ^{rst} \pm ۰/۴۸	۷/۳۳ ^{pq} \pm ۰/۳۰	۵/۰۲ ^t \pm ۰/۵۰	۶/۷۲ ^{qrs} \pm ۰/۲۳	
۰/۳۶	۷/۳۸ ^{pq} \pm ۰/۳۸	۸/۸۶ ^{mno} \pm ۰/۳۲	۷/۲۵ ^{pq} \pm ۱/۰۲	۸/۷۴ ^{no} \pm ۰/۳۶	۶/۹۴ ^{qr} \pm ۰/۴۲	۷/۲۷ ^{pq} \pm ۰/۲۰	
۰/۴۹	۱۰/۲۳ ^{kl} \pm ۰/۴۷	۱۱/۳۰ ^{jk} \pm ۰/۷۳	۸/۷۴ ^{no} \pm ۰/۱۹	۹/۴۷ ^{lmn} \pm ۰/۲۵	۷/۳۱ ^{pq} \pm ۰/۳۰	۸/۶۰ ^{nop} \pm ۰/۳۶	
۰/۶۲	۱۳/۹۰ ^{fgh} \pm ۰/۳۴	۱۵/۳۹ ^e \pm ۰/۲۴	۱۱/۹۲ ^{ij} \pm ۰/۵۴	۱۳/۱۵ ^{hi} \pm ۰/۲۱	۱۰/۱۸ ^{klm} \pm ۰/۴۶	۱۱/۳۷ ^{jk} \pm ۰/۵۴	
۰/۷۵	۲۰/۰۵ ^d \pm ۰/۵۷	۲۵/۱۳ ^c \pm ۱/۳۵	۱۵/۲۵ ^{ef} \pm ۰/۷۰	۱۹/۷۱ ^d \pm ۱/۲۳	۱۳/۳۸ ^{gh} \pm ۱/۲۱	۱۴/۴ ^{efgh} \pm ۱/۱۵	
۰/۸۵	۳۵/۶۲ ^b \pm ۱/۰۵	۵۱/۶۱ ^a \pm ۰/۵۸	۱۸/۹۴ ^d \pm ۰/۹۸	۲۵/۱۹ ^c \pm ۱/۶۴	۱۳/۹۶ ^{fgh} \pm ۰/۶۶	۱۴/۵۹ ^{efg} \pm ۰/۵۸	

میانگین های با حروف کوچک مشابه، بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ می باشد.

همانگونه که مشاهده می گردد بیشترین میانگین محتوای رطوبت تعادلی مربوط به جزء برگ یونجه در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد و در رطوبت نسبی ۰/۸۵ و کمترین آن مربوط به جزء ساقه یونجه در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۰/۱۱ می باشد. در یک دمای ثابت برای ساقه یا برگ، با افزایش رطوبت نسبی، محتوای رطوبت تعادلی افزایش یافته است. این روند به علت اختلاف فشار بخار آب بین ماده و محیط می باشد. همچنین با ثابت بودن رطوبت نسبی برای ساقه یا برگ و افزایش دما، میانگین محتوای رطوبت تعادلی کاهش یافت. شکل های ۴ و ۵ نتایج فوق را با توجه به منحنی های همدمای نشان می دهد.



شکل ۴- منحنی های همدمای جذب رطوبت برگ یونجه در سه دما: (◆)؛ ۳۰ درجه، (■)؛ ۴۰ درجه و (▲)؛ ۵۰ درجه



شکل ۵- منحنی های همدمای جذب رطوبت ساقه یونجه در سه دما: (◆)؛ ۳۰ درجه، (■)؛ ۴۰ درجه و (▲)؛ ۵۰ درجه

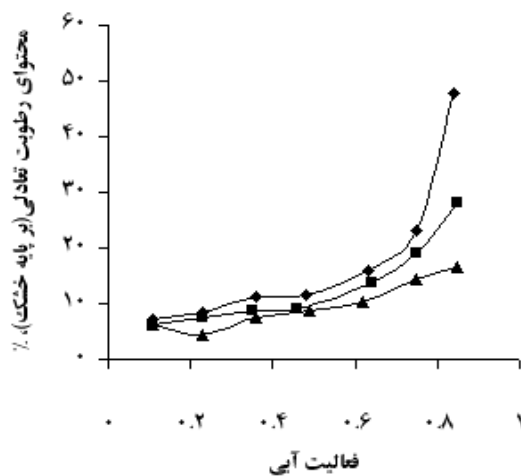
جدول ۲ مقایسه میانگین اثرات متقابل رطوبت نسبی نسبت به دما و اجزاء یونجه را بر رطوبت تعادلی دفعی نشان می دهد که مشتمل بر کلیه اثرات متقابل می باشد. جدول فوق نشان می دهد که میانگین های رطوبت تعادلی در رطوبت های نسبی مختلف، با یکدیگر اختلاف معنی دار دارند. در یک دمای ثابت برای ساقه یا برگ با افزایش رطوبت نسبی محتوای رطوبت تعادلی دفعی افزایش می یابد. به عبارت دیگر فشار جزئی بخار آب به فشار بخار آب اشباع نزدیک تر شده و بین نمونه و محیط، اختلاف فشار کمتری وجود دارد در نتیجه رطوبت کمتری از دست می رود، پس محتوای رطوبت تعادلی افزایش می یابد. همچنین برای یک جزء ثابت (ساقه یا برگ) و در یک رطوبت نسبی معین با افزایش دما محتوای رطوبت تعادلی کاهش یافت. در سه دمای آزمایش نیز اختلاف معنی داری بین محتوای رطوبت تعادلی مشاهده گردید. بین میانگین رطوبت تعادلی ساقه و برگ یونجه نیز اختلاف معنی دار بود که این تفاوت می تواند بعلت تفاوت مواد و اجزاء ساختاری ساقه و برگ یونجه باشد.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل رطوبت نسبی × دما × اجزاء یونجه بر محتوای رطوبت تعادلی دفعی

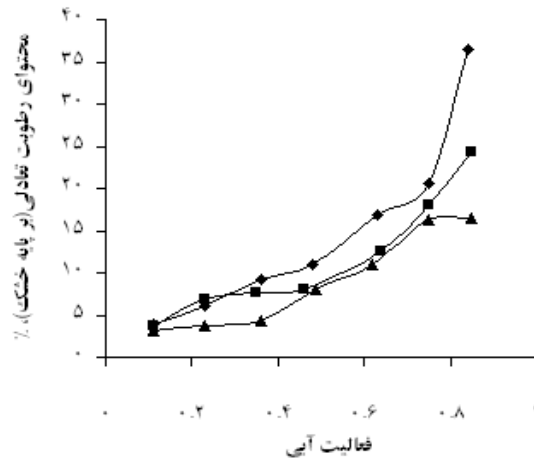
۵۰		۴۰		۳۰		دما
اجزاء						
برگ	ساقه	برگ	ساقه	برگ	ساقه	رطوبت نسبی
۶/۲۹ ^{tu} ± ۰/۱۱	۳/۱۱ ^v ± ۱/۱۵	۶/۱۱ ^u ± ۰/۳۹	۳/۷۵ ^v ± ۰/۳۸	۷/۱۴ ^{rstu} ± ۱/۰۸	۴/۰۱ ^v ± ۰/۶۵	۰/۱۱
۴/۴۲ ^v ± ۱/۱۴	۳/۷۵ ^v ± ۱/۰۲	۷/۳۶ ^{qrst} ± ۰/۵۷	۶/۹۰ ^{stu} ± ۰/۴۰	۸/۳۰ ^{opqr} ± ۱/۰۴	۶/۰۳ ^u ± ۰/۷۵	۰/۲۳
۷/۵۰ ^{qrst} ± ۱/۱۷	۴/۲۳ ^v ± ۰/۷۵	۸/۸۶ ^{op} ± ۰/۶۲	۷/۵۸ ^{pqrst} ± ۱/۲۵	۱۱/۳۱ ^{klm} ± ۱/۲۹	۹/۱۲ ^{no} ± ۰/۷۲	۰/۳۶
۸/۶۴ ^{opq} ± ۰/۵۹	۸ ^{opqrs} ± ۰/۴۵	۹/۱۶ ^{no} ± ۰/۴۷	۸/۰۶ ^{opqrs} ± ۰/۳۰	۱۱/۶۹ ^{kl} ± ۰/۵۵	۱۱ ^{lm} ± ۰/۴۱	۰/۴۹
۱۰/۲۷ ^{mn} ± ۰/۵۷	۱۰/۹۸ ^{lm} ± ۰/۸۷	۱۳/۷۴ ^{ij} ± ۱/۰۲	۱۲/۵۹ ^{jk} ± ۰/۸۹	۱۶/۰۷ ^h ± ۱/۰۵	۱۶/۷۸ ^{gh} ± ۱/۱۴	۰/۶۲
۱۴/۴۷ ⁱ ± ۰/۵۴	۱۶/۳۲ ^h ± ۰/۹۵	۱۹/۱۳ ^f ± ۰/۷۷	۱۷/۹۶ ^{fg} ± ۰/۶۳	۲۳/۰۷ ^d ± ۰/۵۰	۲۰/۶۵ ^c ± ۰/۴۰	۰/۷۵
۱۶/۵۸ ^h ± ۰/۳۷	۱۶/۵ ^h ± ۰/۰۳	۲۸/۱۷ ^c ± ۰/۳۰	۲۴/۲۶ ^d ± ۱/۱۸	۴۷/۶۹ ^a ± ۰/۴۶	۳۶/۴۸ ^b ± ۱/۰۲	۰/۸۵

میانگین های با حروف کوچک مشابه، بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ می باشد.

شکل ۶ و ۷ نمودارهای همدمای دفعی ساقه و برگ یونجه را در دماهای مختلف نشان می دهد.

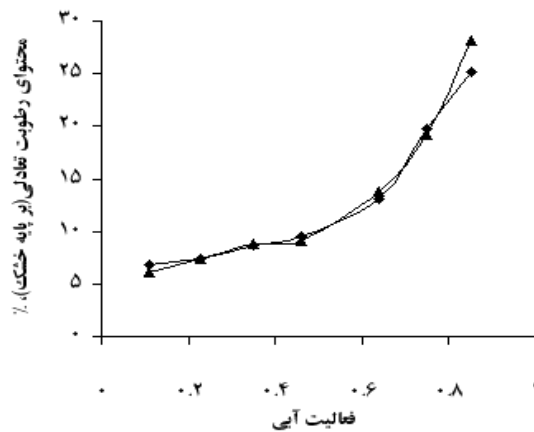


شکل ۶- منحنی های همدمای دفع رطوبت برگ در سه دما: (◆)؛ ۳۰ درجه، (■)؛ ۴۰ درجه و (▲)؛ ۵۰ درجه

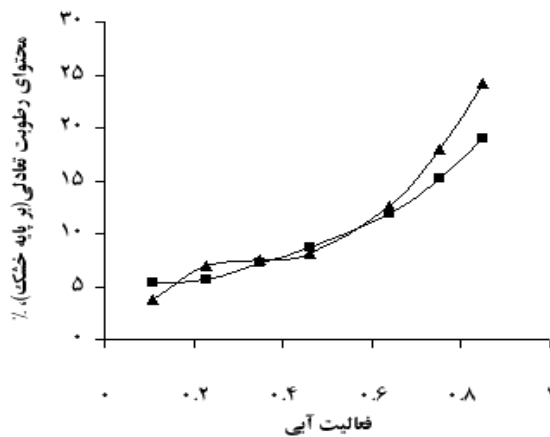


شکل ۷- منحنی های همدمای دفع رطوبت ساقه در سه دما: (◆)؛ ۳۰ درجه، (■)؛ ۴۰ درجه و (▲)؛ ۵۰ درجه

بررسی نمودارهای جذب و دفع رطوبت ساقه و برگ، نشان داد که پدیده پسماند (هیستریزیس) برای برگ و ساقه وجود داشت ولی این تفاوت، در سطح احتمال ۵ درصد معنادار نبود. به عبارت دیگر، پدیده پسماند به طور مشخص مشاهده نگردید. برای نمونه شکل ۸ پدیده پسماند را در برگ یونجه و شکل ۹ این پدیده را در ساقه یونجه در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد نشان می دهد.



شکل ۸- بررسی پدیده پسماند در برگ یونجه در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد: (◆)؛ جذب رطوبت و (▲)؛ دفع رطوبت



شکل ۹- بررسی پدیده پسماند در ساقه یونجه در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد: (■)؛ جذب رطوبت و (▲)؛ دفع رطوبت

منابع

- [۱] زمردیان، ع. و ر. توکلی. ۱۳۸۳. دستیابی به منحنی های همدمای تعادلی و پیشنهاد مدل ریاضی مناسب برای پیش بینی رطوبت تعادلی برای سه رقم پسته ایرانی. مجله علوم کشاورزی ایران. ۲: ۳۷۹-۳۹۲.
- [۲] کریمی، ه.، ۱۳۶۹. زراعت و اصلاح گیاهان علوفه ای. انتشارات دانشگاه تهران.
- [۳] کمال زاده، ع. ۱۳۸۴. صنعت خوراک دام در جهان. اولین همایش ملی گیاهان علوفه ای کشور، کرج.
- [4] ASAE Standard (S358.2), 1999, Moisture measurement – forages, St. Joseph, MI.
- [5] Beheshti, B., M. H. Khoshtaghaza, S. Minaee and B. M. Mirmahaleh. 2008. Determination of Moisture Sorption Isotherm for whole Almond and Estimate the Best Appropriate Model. Proceeding of the International Conference on Agricultural Engineering, 23-25 June, Greece
- [6] Brooker, D. B., F. W. Bakker-Arkema and C. W. Hall. 1992. Drying and storage of Grains and oilseeds. AVI pub., Van Nostrand, Reinhold.
- [7] Buckmaster, D. R., C.A. Rotz and J. R. Black. 1990. value of alfalfa losses on dairy farms. Trans. ASAE. 33: 351-360.
- [8] Göğüs, F. and M. Maskan. 1999. Water Adsorption And Drying Characteristics Of Okra. Drying Technology. 17: 883-894.
- [9] Jamali, A., M. Kouhila., L. Ait Mohamed., J. T. Jouhari., A. Idlimam. and N. Abdenouri. 2006. Sorption isotherm of Chenopodium ambrosioides leaves at three temperature. J. Food Eng. 72: 77-84.
- [10] Moreira, R., F. Chenlo, M. J. Vazques and P. Camean. 2005. Sorption isotherm of turnip top leaves and stems in the temperature range from 298 to 328 K. J. Food Eng. 71: 193-199.
- [11] Nurhan, A. and H. Togrul. 2006. The fitting of various models to water sorption isotherm of tea stored in a chamber under controlled temperature and humidity. J. Stored Products Research. 42: 112-135.
- [12] Stencl, J. and P. Homola. 2000. water sorption Isotherms of leaves and stems of Turifolium Pratense L. Grass and Forage science. 55: 159-165.
- [13] Wilkinson, J. M. 1981. Losses in the conservation and utilization of grass and forage crops. Ann. Boil. 98: 365-375.

Investigation of Moisture Sorption and Desorption Isotherms for Stems and Leaves of Harvested Alfalfa

Abstract

Alfalfa (*Medicago Sativa*) is the queen of forage plants. Harvesting the maximum amount of the leaves is a profitable way to produce alfalfa. To prevent losses, particularly leaves, when we harvest alfalfa by baler, during days and low moisture content, it seems when we rewett alfalfa swattes increase moisture content, hence the losses decrease and performance of baler increase. To know adsorption and desorption process of alfalfa leaves and stems, this project is defined. The adsorption and desorption moisture content of alfalfa leaves and stems were determined using the dynamic gravimetric method developed by the European cooperation project COST 90. Determination were made within a range of water activity of 0.11 to 0.84 at three different temperatures of 30°, 40° and 50° C. Seven saturated salts applied to provide relative humidities. Data from experiments were analyzed using non-linear regression techniques using SAS and MSTATC. In this study the effects of relative humidity, temperature and alfalfa components (leaves and stems) on sorption and desorption equilibrium moisture content (EMC) were investigated. The experiments were conducted by using split plot experimental design based on completely randomized design in three replications. The means comparison were performed by least significant difference (LSD). Results indicated that the effect of relative humidity, temperature and alfalfa components, as well as their interactions on sorption and desorption equilibrium moisture content were significant. Isotherm curves were sigmoidal in shape, which conformed to type II classification characteristic of most biological tissues. The sorption and desorption capacity of the leaves and stems decreased with an increase in temperature at constant relative humidity. Equilibrium moisture content increased with an increase in relative humidity at constant temperature. The hysteresis effect was not distinctly observed in the range of temperature tested.

Key words: Alfalfa, equilibrium moisture content, relative humidity, isotherm curves