

## تأثیر فراوری سطحی کاه گندم با عامل جفت کننده آمینوسیلان بر خواص تخته خرده کاه ساخته شده با رزین های آمینوپلاستیک

علیرضا محمدی<sup>۱\*</sup>، تقی طبرسا<sup>۲</sup> و محمد تسوجی<sup>۳</sup>

\*- مسئول مکاتبات، کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان  
پست الکترونیک: mahli33azer@yahoo.com

۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۸۹

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۸۹

### چکیده

هدف از این تحقیق بررسی تأثیر عامل جفت کننده آمینوسیلان بر بهبود ویژگیهای تخته کاه گندم ساخته شده با چسب اوره فرمالدهید و ملامین فرمالدهید بود. عامل جفت کننده آمینوسیلان به صورت آبکافت شده (سیلانول) بر روی ذرات ریز کاه گندم اسپری شد. ذرات سیلان دار شده پس از چسب زنی با رزین های اوره و ملامین فرمالدهید در ساخت تخته استفاده شد. نتایج بدست آمده از آزمون تخته ها نشان داد که افزودن سیلان تأثیر معناداری در بهبود ویژگیهای فیزیکی و مکانیکی تخته ها داشت به طوری که با افزودن آمینوسیلان به میزان ۲ و ۵ درصد، مقاومت اتصال داخلی تخته ها به طور معناداری افزایش یافت. همچنین افزودن آمینوسیلان تا سطح ۲ درصد واکنش پذیری ضخامت تخته ها را به طور معناداری کاهش داد ولی در بالاتر از این مقدار تأثیر معناداری مشاهده نشد. بهبود ویژگیهای فیزیکی و مکانیکی تخته ها می تواند به دلیل فراوری سطحی ذرات کاه گندم با استفاده از عامل جفت کننده آمینوسیلان و در نتیجه، بهبود اتصال پذیری ذرات کاه با رزین باشد. مصرف آمینوسیلان تأثیر معناداری در افزایش مقاومت خمشی تخته ها نداشت در صورتی که رزین ملامین فرمالدهید به دلیل دارا بودن گروه های آمین بیشتر در ساختار نسبت به رزین اوره فرمالدهید، باعث بهبود مقاومت خمشی و واکنش پذیری ضخامت شد.

واژه های کلیدی: آمینوسیلان، تخته خرده کاه، اوره فرمالدهید، ملامین فرمالدهید، فراوری سطحی، اتصال پذیری.

### مقدمه

کاربردهای این پسماندها در ساخت و تولید کامپوزیت ها می باشد به طوری که کاه گندم یکی از منابع سلولوزی تجدید پذیر می باشد که به فراوانی یافت می شود و توان کاربرد در زمینه های مختلف را دارد (یو و همکاران، ۲۰۰۷).

به دلیل کاهش منابع جنگلی، رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای محصولات مانند تخته خرده چوب و MDF، در سالهای اخیر پسماندهای کشاورزی به عنوان مکمل منابع چوبی جنگلی اهمیت ویژه ای پیدا کرده است. یکی از

تخته در شرایط رطوبتی مختلف با افزایش سیلان و با فراوری اتانول-بنزن افزایش یافت و فراوری اتانول-بنزن در مقایسه با سیلان مؤثرتر بود (هان و همکاران، ۲۰۰۱).

به علاوه افزایش خواص تخته‌خرده‌های نی و کاه گندم ساخته شده با چسب اوره‌فرمالدهید و با استفاده از عوامل جفت‌کننده سیلان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که ذرات ریز برای ساخت تخته مناسب‌تر از ذرات درشت هستند. همچنین از سه نوع عامل جفت‌کننده سیلان، به میزان ۲ درصد (وزن خشک چسب) استفاده شد. نتیجه-گیری‌ها نشان داد که افزودن ۲ درصد عامل جفت‌کننده سیلان باعث بهبود تمام ویژگی‌های تخته می‌شود و برای تخته‌خرده‌کاه عامل جفت‌کننده آمینوسیلان مناسبترین گزینه است (هان و همکاران، ۱۹۹۸).

تأثیر عامل جفت‌کننده آمینوسیلان بر خواص تخته-خرده‌کاه ساخته شده با رزین‌های آمینوپلاستیک مورد بررسی قرار گرفت. محلول آمینوسیلان و متانول خالص بر روی ذرات کاه اسپری شد. نتایج نشان داد که افزودن سیلان به میزان ۲ درصد، تأثیر معناداری در بهبود ویژگی‌های تخته، از قبیل مقاومت خمشی، مقاومت اتصال داخلی و واکنشیدگی ضخامت نداشت. به دلیل عدم وجود آب در محلول سیلان-متانول و کم بودن رطوبت کاه گندم سیلان به سیلانول آبکافت نشد و در نتیجه، آمینوسیلان پیوند مؤثری با گروه‌های هیدروکسیل فلزی موجود در سطح کاه (مانند سیلیس) برقرار نکرد، بنابراین افزایش معناداری در مقاومت‌ها مشاهده نشد (محمدی و همکاران، ۱۳۸۷).

به طور کلی عامل جفت‌کننده سیلان برای بهبود چسبندگی بین مواد معدنی و آلی بکار می‌رود. این ماده شامل دو گروه واکنش‌دهنده است و در هر مولکول سیلان حداقل دو گروه عاملی وجود دارد.

(Ro)<sub>3</sub>SiR

علاوه بر این امتیازات مشکلاتی برای پسمانده‌های کشاورزی وجود دارد که شامل فصلی‌بودن، انبارکردن، پراکنده‌بودن و اتصال‌پذیری ضعیف است. از بین این عوامل، اتصال‌پذیری یک مشکل بزرگ تکنیکی است که هنوز به صورت حل‌نشده باقی مانده است، خصوصاً زمانی که از رزین اوره‌فرمالدهید استفاده شود این مشکل نمایان‌تر می‌شود زیرا به دلیل سطح مومی کاه، رزین‌های اوره و فنل‌فرمالدهید چسبندگی خوبی با کاه برقرار نمی‌کنند (بوکیلون، ۲۰۰۴).

از این رو، تأثیر عامل جفت‌کننده سیلان و مواد استخراجی بر ترشوندگی نی و کاه گندم مورد بررسی قرار گرفت. ترشوندگی ذاتی نی و کاه گندم پایین است، اما می‌توان آن را با استفاده از عامل جفت‌کننده سیلان به طور معناداری بهبود بخشید. برای این کار از عوامل جفت‌کننده سیلانی متفاوتی استفاده شد و نتایج نشان داد که شدت بهبود عوامل جفت‌کننده سیلانی متفاوت است. به طوری که در این تحقیق تجزیه شیمیایی کاه گندم و نی با استفاده از اسپکتروسکوپ الکترونی (ESCA) نشان داد که سیلیس زیادی در لایه بیرونی و درونی ساقه نی و لایه بیرونی کاه گندم وجود دارد (هان و همکاران، ۱۹۹۹).

تأثیر عامل جفت‌کننده سیلان و فراوری اتانول-بنزن بر خواص تخته‌های ساخته شده از کاه گندم و نی با استفاده از چسب اوره‌فرمالدهید مورد مطالعه قرار گرفت. به نحوی که در این مطالعه برای ذرات کاه از آمینوسیلان و برای ذرات نی از اپوکسی سیلان استفاده شد. نتایج نشان داد که در هر دو نوع کاه (نی و گندم) مقاومت اتصال داخلی و واکنشیدگی ضخامت با افزودن ۵ درصد سیلان به طور معناداری بهبود یافت اما مصرف بیش از ۵ درصد باعث افزایش بهبود این خواص نگردید. میزان مصرف سیلان بر مقاومت خمشی تخته‌ها تأثیر کمی داشت. همچنین ثبات ابعادی هر دو نوع

### مواد و روشها

کاه گندم خردشده از شرکت‌های جمع‌آوری‌کننده کاه در استان گلستان خریداری شد. ذرات کاه بوسیله غربال بزرگ دستی با اندازه سوراخ ۲۰ مش غربال شد و ذرات ریز عبورکرده از این غربال جمع‌آوری و در ساخت تخته مورد استفاده قرار گرفتند. در این تحقیق از دو نوع چسب اوره و ملامین‌فرمالدهید استفاده شد. مشخصات آمینو-سیلان بکاررفته در جدول ۱ آمده است.

Ro گروه آبکافت‌شونده است و این گروه می‌تواند متوکسی، اتوکسی و یا استوکسی باشد. R گروه عاملی آلی مانند آمینو، متاکریلوکسی، اپوکسی و غیره است (ویتوکی و همکاران، ۱۹۹۳).

تعیین روش مناسب استفاده از سیلان در فراورده‌های لیگنوسلولزی، بررسی تأثیر میزان مصرف این ماده بر ویژگیهای تخته‌خرده‌کاه و همچنین بررسی تأثیر نوع رزین بر ویژگیهای تخته‌خرده‌کاه سیلان‌دارشده از اهداف این پژوهش بودند.

جدول ۱ - مشخصات آمینوسیلان

وزن مولکولی (kDa)	وزن مخصوص	نقطه جوش (سانتی‌گراد)
۲۲۱/۴	۰/۹۴	۲۱۷

آمینوسیلان

سطح ذرات، ابتدا سیلان به سیلانول آبکافت و بعد بر روی ذرات اسپری شد. برای آبکافت سیلان به سیلانول، از محلول ۳۰ به ۷۰ آب به اتانول، استفاده شد. پس از اضافه کردن سیلان، محلول به مدت ۱۰ دقیقه هم‌زده شد و به مدت یک ساعت جهت تکمیل فرایند آبکافت در دمای اتاق قرار گرفت. سیلان آبکافت‌شده (سیلانول)، بر روی ذرات کاه اسپری شد و بعد داخل اجاق خشک‌کنی (دمای ۶۰ درجه) به مدت یک ساعت قرار گرفتند. ذرات کاه سیلان‌دارشده داخل چسب‌زن قرار گرفته و چسب‌زنی شدند. ذرات چسب‌خورده داخل قالب ریخته و پیش‌پرس شد. کیک با شرایطی که در بالا گفته شد تا ضخامت ۱۰ میلی‌متر پرس گردید، بعد از پرس، تخته‌ها کلیماتیزه شدند. بعد از کناره‌بری ابعاد نهایی تخته ۱۰ × ۳۰۰ × ۳۰۰ (ضخامت × پهنا × طول) میلی‌متر بود. برای آزمون‌های خمش،

میزان مصرف چسب ۱۲ درصد (براساس وزن خشک کاه) و میزان مصرف سیلان ۲ و ۵ درصد (براساس وزن خشک چسب) تعیین شد. از کلروآمونیم به میزان ۲ درصد (براساس وزن خشک چسب) به‌عنوان سخت‌کننده استفاده شد. دمای پرس در ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و زمان پرس در ۱۰ دقیقه تنظیم گردید و فشار پرس در سه مرحله بدین طریق اعمال شد: ۶ دقیقه در فشار ۳۰ بار، ۲ دقیقه در فشار ۱۵ بار و ۲ دقیقه در فشار ۱۰ بار تخته‌ها با در نظر گرفتن دانسیته نهایی ۰/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب و ضخامت ۱۰ میلی‌متر ساخته شدند. ذرات ریز کاه تا رسیدن به رطوبت ۳ درصد در دمای ۲ ± ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد، داخل اجاق خشک‌کنی قرار گرفتند.

از سیلان به‌عنوان عامل جفت‌کننده، به‌صورت روش فراوری سطحی استفاده شد. در این روش برای فراوری

دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد به کمک نرم افزار SPSS انجام گرفت.

### نتایج

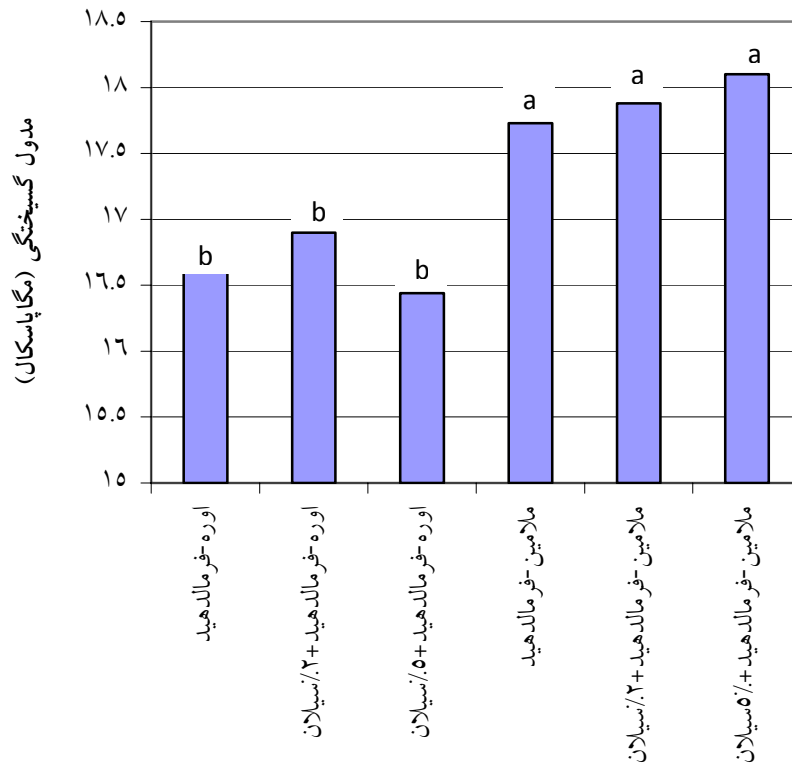
در جدول ۲ میانگین نتایج آزمونهای فیزیکی و مکانیکی آمده است.

نتایج بدست آمده از شکل ۱ نشان می دهد که استفاده از آمینوسیلان تأثیر معناداری بر روی مقاومت خمشی تخته ها نداشت در صورتی که استفاده از رزین ملامین فرمالدهید مقاومت خمشی تخته ها را به طور معناداری افزایش داد.

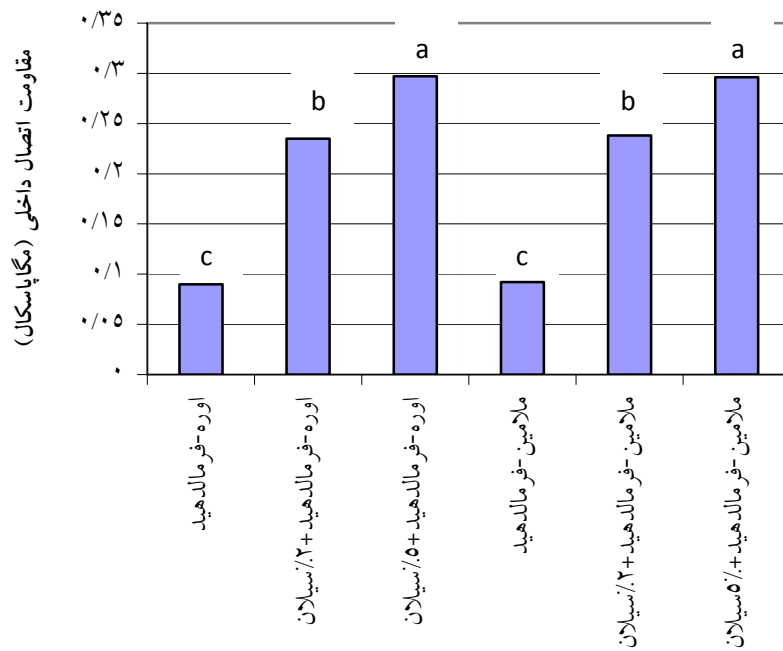
اتصال داخلی و واکشیدگی ضخامت (۲ و ۲۴ ساعت)، از استانداردهای EN-310، EN-319 و EN-317 استفاده شد. نمونه های خمشی و اتصال داخلی با استفاده از دستگاه آزمون مکانیکی Schenck، در آزمایشگاه مکانیک چوب دانشکده جنگل داری و فناوری چوب دانشگاه منابع طبیعی گرگان اندازه گیری شدند. واکشیدگی ضخامت با قرار دادن نمونه ها در آب ۲۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲ و ۲۴ ساعت اندازه گیری شد. آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی به - عنوان طرح آماری انتخاب شد. بعد از انجام تجزیه واریانس، مقایسه میانگین داده ها با استفاده از آزمون

جدول ۲- میانگین نتایج آزمونهای فیزیکی و مکانیکی

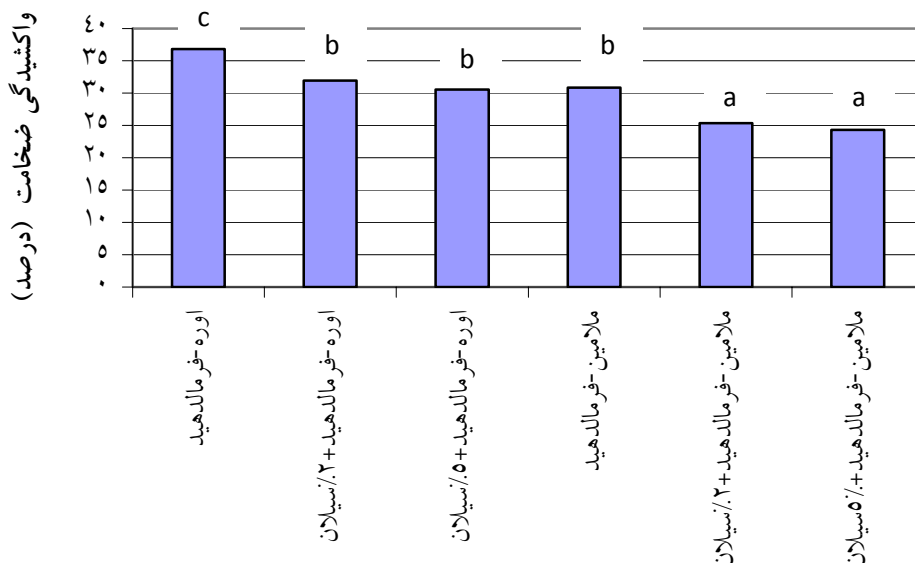
نوع فرآوری	مقاومت خمشی (مگاپاسکال)	اتصال داخلی (مگاپاسکال)	واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت (درصد)	واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت (درصد)
اوره فرمالدهید	۱۶/۰۶۳	۰/۰۹	۳۶/۸۵	۴۷/۰۱
اوره فرمالدهید+۲/سیلان	۱۶/۰۹	۰/۲۳۵	۳۱/۹۱	۳۸/۷۴
اوره فرمالدهید+۵/سیلان	۱۶/۴۴	۰/۲۹۷	۳۰/۵۲	۳۷/۹۱
ملامین فرمالدهید	۱۷/۷۳	۰/۰۹۲	۳۰/۸۶	۴۰/۱۴
ملامین فرمالدهید+۲/سیلان	۱۷/۸۸	۰/۲۳۸	۲۵/۳۵	۳۱/۲۷
ملامین فرمالدهید+۵/سیلان	۱۸/۱۰	۰/۲۹۶	۲۴/۳۰	۳۰/۰۶



شکل ۱ - میانگین مقاومت‌های خمشی



شکل ۲ - میانگین اتصال داخلی



شکل ۳- میانگین واکسیدگی ضخامت بعد از ۲ ساعت

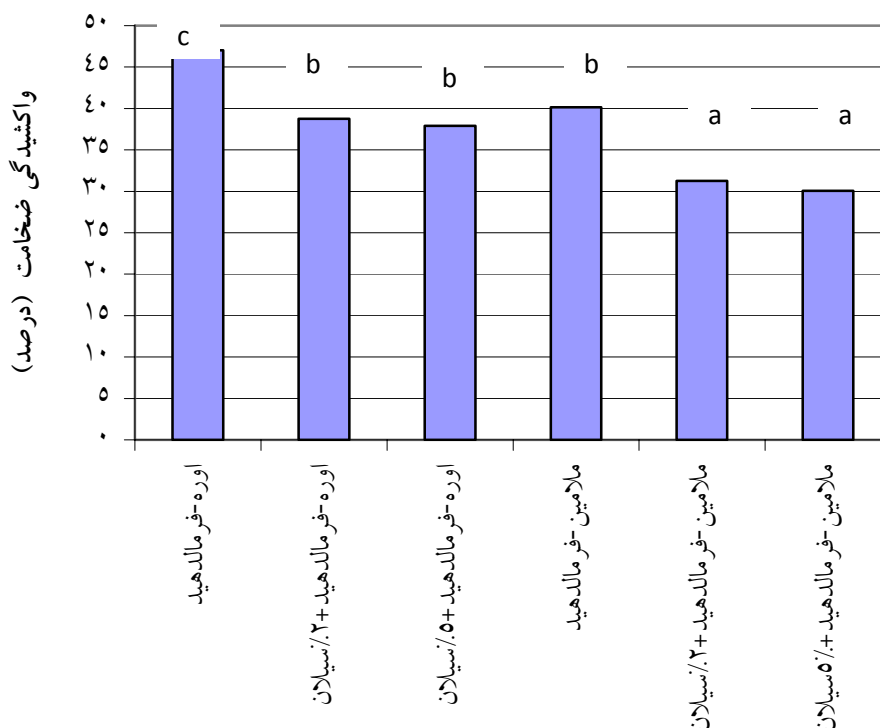
رزین اوره و ملامین فرمالدهید، مصرف سیلان تا میزان ۲ درصد واکسیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری را کاهش داد ولی در بالاتر از این مقدار اختلاف معنادار نبود. همچنین واکسیدگی ضخامت تخته‌های ساخته شده با رزین ملامین فرمالدهید، اختلاف معناداری با تخته‌های ساخته شده با رزین اوره فرمالدهید داشت که در نتیجه آن حتی با افزودن ۲ و ۵ درصد آمینوسیلان به تخته‌های ساخته شده با اوره فرمالدهید، اختلاف معناداری بین این تخته‌ها و تخته‌های ساخته شده با ملامین فرمالدهید مشاهده نشد.

### بحث

نتایج حاصل نشان داد که استفاده از سیلان در سطوح مختلف تأثیر معنی‌داری بر مقاومت خمشی تخته‌ها ندارد (هان و همکاران، ۲۰۰۱).

همان‌طور که شکل ۲ نشان می‌دهد، استفاده از سیلان تأثیر معناداری بر افزایش مقاومت اتصال داخلی داشت. از سوی دیگر افزایش مقدار مصرف سیلان نیز باعث افزایش معنادار مقاومت اتصال داخلی شد به طوری که با هر دو رزین اوره و ملامین فرمالدهید، مصرف سیلان به میزان ۵ درصد در مقایسه با مصرف ۲ درصدی آن، مقاومت اتصال داخلی را به طور معناداری بهبود بخشید. نوع رزین مصرفی تأثیر معناداری در بهبود عملکرد سیلان نداشت و بنابراین با مصرف سیلان اختلاف معناداری بین مقاومت اتصال داخلی رزین‌های اوره و ملامین فرمالدهید مشاهده نشد.

با توجه به شکل‌های ۳ و ۴، مصرف سیلان اثر معنی‌داری بر کاهش واکسیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری داشت ولی مستقل از نوع رزین، با افزایش مصرف سیلان اختلاف معناداری مشاهده نشد به نحوی که در هر دو نوع تخته ساخته شده با



شکل ۴ - میانگین واکسیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت

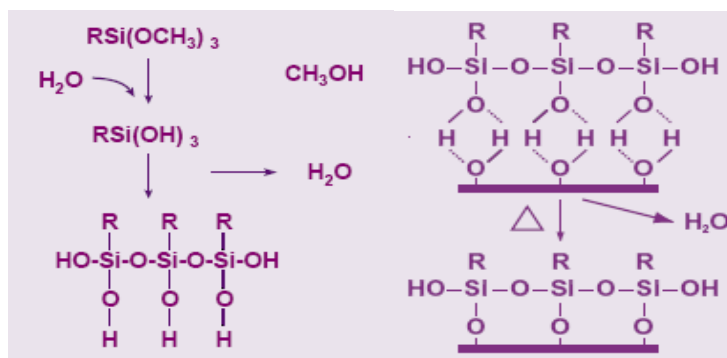
گروه‌های هیدروکسیل فلزی موجود در سطح مواد معدنی (سیلیس کاه) پیوند برقرار کنند و بعد در نتیجه حرارت و خروج آب به پیوند کوالانسی (Si-O) تبدیل شوند (ویتوکی و همکاران، ۱۹۹۳)، که این موضوع می‌تواند دلیل بهبود اتصال بین رزین و ذرات کاه باشد و باعث افزایش مقاومت اتصال داخلی تخته‌ها شود، در صورتی که عدم وجود آب در محلول سیلان-حلّال و یا کم بودن رطوبت ماده اولیه مانعی برای آبکافت سیلان به سیلانول بود و باعث شد که سیلان نتواند نقش جفت‌کننده را بین ذرات کاه و رزین ایفا کند (محمدی و همکاران، ۱۳۸۷). شکل ۵ مراحل آبکافت آلکوکسی سیلان و پیوند آن با گروه‌های هیدروکسی را نشان می‌دهد (ویتوکی و همکاران، ۱۹۹۳).

افزایش معنی‌دار مقاومت خمشی تخته‌های حاصل از رزین ملامین‌فرمالدهید در مقایسه با تخته‌های حاصل از رزین اوره‌فرمالدهید، به دلیل وجود گروه‌های آمین بیشتر در رزین ملامین‌فرمالدهید است (زانتی و پیزی، ۲۰۰۴).

افزودن سیلان باعث بهبود معنادار مقاومت اتصال داخلی تخته‌ها شد و بین سطوح مختلف سیلان نیز افزایش مقاومت اتصال داخلی تخته‌ها معنادار بود. گروه‌های آلکوکسی بر روی اتم سیلیس در سیلان با اضافه کردن آب یا در نتیجه تماس با آب اضافی موجود در سطح مواد به سیلانول‌ها آبکافت می‌شوند. هیدروژن موجود در سیلانول بسیار الکترون‌دوست و واکنش‌پذیر می‌باشد. سیلانول‌ها می‌توانند به شکل پیوند هیدروژنی با

(۲۰۰۱). البته وجود گروه‌های آمین بیشتر در ترکیب رزین ملامین‌فرمالدهید (زانتی و پیزی، ۲۰۰۴) می‌تواند در کاهش واکنش‌دهی ضخامت مؤثر باشد.

مستقل از نوع رزین، استفاده از سیلان باعث کاهش معنادار واکنش‌دهی ضخامت شد که این امر می‌تواند به دلیل ایجاد پیوند قویتر بین ذرات کاه و رزین، بر اثر تیمار سطحی ذرات کاه با سیلان باشد (هان و همکاران،



شکل ۵ - مراحل آبکافت آلکوکسی سیلان و پیوند آن با گروه‌های هیدروکسیل

منابع طبیعی گرگان به خاطر همکاری صمیمانه سپاسگزاریم.

### منابع مورد استفاده

- محمدی، ع. طبرسا، ت. تسوجی، م. ۱۳۸۷. بررسی اثر عامل جفت‌کننده آمینوسیلان بر روی خواص تخته‌خرده کاه‌های ساخته شده از رزین‌های آمینوپلاستیک. کتابچه خلاصه مقالات اولین همایش ملی تأمین مواد اولیه و توسعه صنایع چوب و کاغذ کشور: ۲۲.

-Boquillon N, Elbez G, Schonfeld U. 2004. Properties of wheat straw particleboards bonded with different types of resin: J Wood Science. 50:230-235.

-Han G, Zhang Ch, Zhang D, Umemura K, Kawai Sh. 1998. Upgrading of Ureaformaldehyde-bonded reed and wheat straw particleboard using silane coupling agents. J Wood Science. 44:282-286.

در پایان می‌توان نتیجه‌گیری کرد که به منظور مؤثر بودن عامل جفت‌کننده سیلان در بهبود مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌خرده کاه، این ماده باید به صورت آبکافت‌شده مصرف شود. همچنین عامل جفت‌کننده آمینوسیلان بالاترین تأثیر را بر بهبود مقاومت اتصال داخلی دارد و با افزایش مصرف سیلان این ویژگی به طور معناداری افزایش می‌یابد. البته مقاومت خمشی و واکنش‌دهی ضخامت، مستقل از میزان مصرف سیلان تحت تأثیر نوع رزین هستند.

### سپاسگزاری

از شرکت چسب‌ساز ساری و آزمایشگاه فرآورده‌های چندسازه و مکانیک چوب دانشگاه علوم کشاورزی و



- Witucki G.1993. A silane primer: chemistry and application of Alkoxy Silanes. J Coating Technology. 65:57-60.
- Zanneti M ,Pizzi A. 2004. Dependence on the adhesive formulation of the upgrading of MUF particleboard adhesives and decrease of melamine content by buffer and additives: Holz Roh Werkst. 62:445-451.
- Yu H, Shen D, Wu Z , Huang Y. 2007. Arrangement of cellulose microfibrils in the wheat straw cell wall. J carbohydrate polymer. 72:122-127.
- Han G, Umemura K, Kawai Sh, Kajita H.1999.Improvement mechanism of bondability UF-bonded reed and wheat straw boards by silane coupling agent and extraction treatments. J wood science. 45:299-305.
- Han G, Umemura K, Wong E, Zhang M, Kawai Sh.2001.Effect of silane coupling agent level and extraction treatment on the properties of UF-bonded reed and wheat straw particleboards. J Wood Science. 47:18-23.
- Han G, Kawai Sh, Umemura K, Zhang M, Honda T.2001.Development of high-performance UF-bonded reed and wheat straw medium-density fiberboard. J Wood Science. 47:350-355.

## Effect of amino silane coupling agent on properties of amino plastic resin-bonded wheat straw boards

Mohamadi, A.<sup>1\*</sup> Tabarsa, T.<sup>2</sup> and Tasooji, M<sup>3</sup>

1\*- Corresponding author, M.Sc., Dept. of Wood and Paper Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. Email: mahli33azer@yahoo.com

2- Associate Prof., Faculty of Forestry & Wood Technology of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

3-M.Sc., Dept. of Wood and Paper Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: April, 2010

Accepted: Jan., 2011

### Abstract

The objective of this study was to investigate the effect of aminosilane coupling agent on properties of UF and MF-bonded wheat straw boards. The hydrolyzed silane coupling agent was sprayed on fine particles of wheat straw, and blended with UF and MF resins to produce the straw boards. The results showed that the aminosilane had significant effect on improvement of physical and mechanical properties of straw boards so that the internal bond strength was increased significantly by adding the aminosilane up to 2% and 5%. Also thickness swelling significantly decreased at up to 2% silane content, but significant effect was not observed at above 2%. The high-property boards could be contributed to the improvement of bondability between particles and resins for the surface treatment of wheat straw particles by silane coupling agent. The aminosilane had no significant effect on bending strength whereas the bending strength and thickness swelling of MF-bonded boards were improved significantly, because of higher amine groups in melamine formaldehyde resin compared to urea formaldehyde resin.

**Keywords:** aminosilane, straw particle board, urea formaldehyde, melamine formaldehyde, surface treatment, bondability.