

# فناوری ترموسید

رامین سلطانی

کارشناس مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال

تکثیر گیاهان زراعی اغلب از طریق بذر انجام می‌شود. برخی عوامل بیماری‌زا که هر ساله خسارت هنگفتی بر محصولات زراعی وارد می‌آورند، همراه با بذر منتقل و منتشر شده و موجب شیوع بیماری در مزارع می‌گردند. کنترل و مدیریت این دسته از پاتوژن‌ها که در اصطلاح عوامل بیماری‌زای بذرزاد نامیده می‌شوند، بدلیل همراهی با بخش زنده‌ی بذر (روبان) از اهمیت بیشتری برخوردار است زیرا در صورت هرگونه کم‌توجهی در اعمال تیمارهای مدیریتی و یا مدیریت نادرست اعم از شیمیایی یا هر تیمار دیگر، اصلی‌ترین خسارت بر بذر وارد شده و آن را از ارزش خواهد انداخت. تیمار بذر به روش‌های گوناگون در جهت مدیریت بذر در برابر این دسته از عوامل بیماری‌زا از دیرباز اهمیت داشته است. به عنوان مثال تیمارهایی همچون گرما، تیمار دمای پایین، پوشش‌دار کردن بذر با استفاده از مواد شیمیایی یا حتی ضدعفونی کردن بذر با استفاده از سموم تدخینی و دود، از جمله روش‌های معمول در این زمینه بوده‌اند که هنوز هم در نقاط مختلف جهان کاربرد داشته و اعمال می‌شوند.

قدیمی‌ترین روش تیمار بذر پیش از کاشت که گویا در دوران باستان نیز رایج بوده، خیساندن بذر در آب است. علاوه بر آب از مواد دیگری نیز برای تیمار بذر استفاده شده مثلاً در یونان باستان بذر کدو را برای افزایش جوانه زنی، پیش از کاشت برای مدتی در آب یا شیر و عسل قرار می‌دادند. از حدود چهل سال قبل فرایند پیش تیمار بذر با استفاده از مواد مختلف برای افزایش سرعت و یکنواختی

سبز شدن در تعدادی از بذور سبزیجات، گل‌ها و گیاهان زراعی رشد روزافزونی داشته است. افزایش کیفیت بذور اغلب فرایندی کاملاً پیچیده بوده و نیازمند تجهیزات ویژه از قبیل روش‌های پیشرفته برای کنترل حرارتی، کنترل دقیق آبیگری و معمولاً هوادهی برای جلوگیری از صدمات ناشی از جذب آب و استفاده از شبکه مواد جامد و کنترل جذب آب می‌باشد. از نکات مورد توجه محققان در حوزه تکنولوژی بذر، جستجوی راهکارهای مناسب برای افزایش درصد و سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی بذر در مزرعه است.

در صنعت بذر آنچه امروزه تحت عنوان تکنولوژی ترموسید<sup>۱</sup> شناخته می‌شود، در واقع یک روش ابداعی منحصربه‌فرد تیمار بذر با استفاده از بخار هوای مرطوب و داغ برای کنترل مؤثر عوامل بیماری‌زای بذرزاد است. این روش در دهه نود میلادی در کشور سوئد توسعه و تکامل یافته و هم‌اینک در برخی از کشورهای اروپایی از جمله سوئد و فنلاند و چند کشور دیگر برای تیمار بذور غلات کاربرد گسترده داشته و تبدیل به غالب‌ترین روش تیمار بذوری شده که برای تولید بذر ارگانیک مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۱). با استفاده از این روش پاتوژن‌ها و عوامل بیماری‌زای موجود در سطح و بیرون بذر بدون ایجاد خطر برای قوه نامیه و بنیه بذر کنترل می‌شوند. با این تیمار بذوری با ضریب سلامت بالا و قوه نامیه و عملکرد محصول بهینه تولید می‌گردد. منحصربه‌فرد بودن تکنولوژی ترموسید حاصل



شکل ۱- از سال ۱۹۹۹ در ده کشور اروپایی از تکنولوژی ترموسید برای تیمار بذور غلات استفاده می‌شود.

جدول ۱- نحوه و میزان کنترل عوامل بیماری‌زای بذرزاد غلات در بذور تولید شده با تکنولوژی ترموسید

نوع محصول	پاتوزن	نوع و میزان تاثیر	
گندم (بهاره و زمستانه)	<i>Tilletia caries</i>	سیاهک معمولی +	
	<i>Stagonospora nodorum</i>	سیتوریوز خوشه +	
	<i>Ustilago tritici</i>	سیاهک آشکار -	
	<i>Fusarium spp.</i>	کپک برفی +	
	<i>Fusarium nivale</i>	+	
	<i>Fusarium culmorum</i>	+	
	جو	<i>Drechslera graminea</i>	لکه نواری +
		<i>Drechslera teres</i>	لکه قهوه ای +
		<i>Bipolaris sorokiniana</i>	+
		<i>Fusarium spp.</i>	سیاهک آشکار +*
<i>Ustilago nuda</i>		سیاهک پنهان -	
چاودار	<i>Drechslera avenae</i>	لکه برگي +	
	<i>Ustilago avenae</i>	سیاهک آشکار +	
برنج	<i>Magnaporthe grisea</i>	+	
	<i>Cochliobolus miyabeanus</i>	+	
	<i>Gibberella fujikuroi</i>	+	

+ = تاثیر معادل تیمار شیمیایی - = تاثیر محدود \* = آزمایش منحصر به بذور شدت آلوده

جدول ۲- نحوه و میزان کنترل عوامل بیماری‌زای بذرزاد در محصولات مختلف غیر از غلات در بذور تولید شده با تکنولوژی ترموسید

محصول	عامل بیماری‌زا	کنترل بیماری <sup>۱</sup>	تاثیر بر عملکرد	محل آزمایش
کلم	<i>Alternaria brassicicola</i>			گلخانه
				مزرعه
	<i>Xanthomonas campestris</i>			آزمایشگاه
هویج	<i>Alternaria radicina</i>			گلخانه
	<i>Alternaria dauci</i>			آزمایشگاه
	<i>Alternaria spp.</i>	C+		مزرعه
	<i>Xanthomonas campestris pv. carotae</i>			گلخانه
	<i>Phoma valerianellae</i>			گلخانه
پیاز	<i>Botrytis aclada</i>			آزمایشگاه
	<i>Stemphylium</i>			آزمایشگاه
جعفری	<i>Septoria petroselinii</i>	C+	C+	مزرعه
اسفناج	<i>Verticillium spp.</i>			آزمایشگاه
	<i>Cladosporium</i>			آزمایشگاه
	<i>Stemphylium</i>			آزمایشگاه
	<i>Alternaria</i>			آزمایشگاه
	<i>Fusarium</i>			آزمایشگاه
گوچه فرنگی	<i>Pseudomonas syringae pv. tomato</i>	<sup>۲</sup>		گلخانه
	<i>Xanthomonas campestris pv. vesicatoria</i>	<sup>۲</sup>		گلخانه
نخود فرنگی	<i>Ascochyta pisi</i>			آزمایشگاه
لوبیا	<i>Colletotrichum indemuthianum</i>			مزرعه
شیدر قرمز	<i>Phoma medicaginis var. pinodella</i>	C+	C+	مزرعه
	<i>Magnaporthe grisea</i>	C+	C+	مزرعه
برنج	<i>Cochliobolus miyabeanus</i>	C+	C+	مزرعه
	<i>Gibberella fujikuroi</i>	C+	C+	مزرعه

۱. بهتر از تیمار نشده || تاثیر مناسب ||| از بین بردن کامل ۱) بدون تاثیر منفی بر جوانه زنی یا خروج گیاهچه ۲) میزان بسیار اندک کنترل آلودگی

مقایسه با تیمار شیمیایی: C معادل تیمار شیمیایی C+ بهتر از تیمار شیمیایی

## ویژگی‌ها

آنچه این روش را در مقایسه با دیگر روش‌ها متمایز می‌سازد، دقت و کارایی بسیار بالای آن است به نحوی که به نظر می‌رسد از تیمار شیمیایی بسیار کارآمدتر باشد. همچنین از

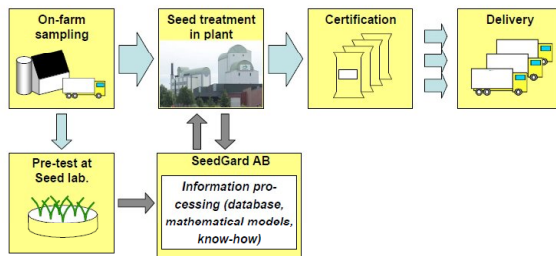
ترکیب هنرمندانه مهندسی فرآیند، بیولوژی بذر و تکنولوژی فرآوری بذر می‌باشد. فرآیند تحریک شده جوانه‌زنی در این روش منجر به تولید گیاه قوی‌تر با بنیه افزایش یافته می‌شود. رطوبت و دما مؤلفه‌های اصلی این روش هستند که شدت، مدت و زمان اعمال تیمار بخار، عوامل تعیین‌کننده در کاهش میزان آلودگی‌های بذرزاد به شمار می‌روند (شکل ۲). پس از اعمال تیمار بخار و فرآوری بذر (بوجاری، پاکت‌گیری) و پس از آن خنک و خشک شدن، بذور بدون از دست دادن بنیه و قوه نامیه برای طولانی مدت قابلیت نگهداری دارند.

ادعا می‌شود که تکنولوژی ترموسید بدون استفاده از مواد شیمیایی به صورت موثری عوامل بیماری‌زای بذرزاد را کنترل می‌کند. با توجه به تاثیر آن در بهبود بنیه بذور تیمار شده، این تکنولوژی با تیمار شیمیایی بذور برای مبارزه با عوامل بیماری‌زای بذرزاد غلات به شدت رقابت کرده و ادعا شده است که در برخی آزمایش‌ها نسبت به تیمار شیمیایی تا حدودی برتری نشان داده است (جدول ۱). بعلاوه این روش در خصوص طیف وسیعی از سایر محصولات مثلاً تولید بذر سبزیجات در سطح وسیع و نیز بر علیه قارچ‌ها، نماتدها و آفات در بذور، کارآمد و مؤثر است (جدول ۲).

در این روش مقادیر تیماری که بر روی هر پارت و توده بذری اعمال می‌شود، بر اساس وضعیت هر توده بذری تعیین می‌شود به این معنی که هر پارت بذری پیش از اعمال تیمار، به دقت در آزمایشگاه مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد و بر اساس نتایج دقیق ارزیابی‌های آزمایشگاهی، پارامترهای مورد نیاز برای تیمار هر توده بذری تعیین و اعمال می‌گردد. آزمون‌های پیش از تیمار و تنظیم پارامترها با دقت استثنایی برای رسیدن به حداکثر تأثیرگذاری انجام می‌شوند.



شکل ۳- مقایسه‌ی بذور تیمار شده با استفاده از سموم شیمیایی و بذور ترموسید



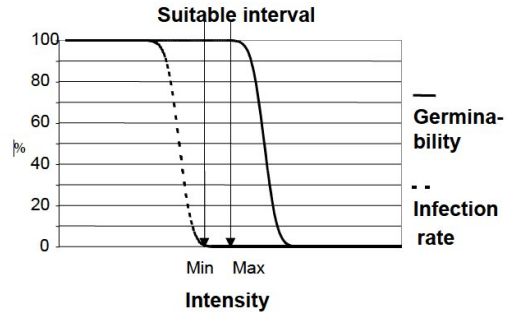
شکل ۴- شمایی از خط فرآوری و تیمار بذور از مزرعه‌ی تولید بذور تا مصرف کنندگان

تیمار آنها، تأثیر منفی بر آب‌های زیرزمینی یا بوم‌نظام‌های زیستی و کشاورزی ندارد.

از لحاظ تکنولوژی و فرآوری و مدیریت بذور هیچ فرآورده‌ای به بذور مورد استفاده اضافه نمی‌شود، ضمن اینکه بقایا و ضایعات شیمیایی محسوب نمی‌شوند که در صورت عدم احراز شرایط و استانداردهای لازم بذور باید امحا شده و از بین بروند. یعنی می‌توان از بذور مصرف نشده و سنواتی و ضایعات بذور حتی به عنوان غذای انسان و دام استفاده کرد. از طرف دیگر نگهداری بذور تیمار شده به صورت توده‌ای و بدون کیسه‌گیری نسبتاً سهل است.

از لحاظ مدیریت محصول برداشت شده با استفاده از بذوری که با استفاده از این تکنولوژی تولید شده‌اند، می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- افزایش ارزش افزوده محصولات زراعی
- توانایی مشارکت برای کاهش سطوح میزان مایکوتوکسین DON<sup>۲</sup> در دانه
- تیمار مؤثر پس از برداشت برای آلودگی‌زدایی دانه‌ها بر علیه آفات انباری مانند *Sitophilus granaries*
- امروزه در کل دنیا بذور غلات با استفاده از مواد شیمیایی برای



شکل ۲- رابطه‌ی بین شدت اعمال تیمار و کاهش میزان آلودگی و درصد جوانه‌زنی

لحاظ پایین بودن هزینه، قابل رقابت با تیمار شیمیایی است. در حال حاضر هزینه تیمار شیمیایی هر تن بذور در حدود ۲۵-۴۵ یورو برآورد می‌شود در حالیکه تیمار و پاستوریزه کردن یک تن بذور با استفاده از بخار هوای داغ در کشورهای اسکانديناوی در حدود ۳۵ یورو هزینه دارد.

بازده بالای عملیاتی از جمله دیگر مزایای این روش است که در واقع تکنولوژی پیشرفته کنترل فرایند بشمار می‌رود.

## مزایا و دستاوردها

محصول بدست آمده با استفاده از این تکنولوژی در سطح مزرعه می‌تواند به عنوان جایگزین قابل رقابت برای تیمار شیمیایی بذور در کشاورزی رایج به‌شمار رود. بر علیه عوامل بیماری‌زا تا حد زیادی مؤثر بوده و میزان افزایش عملکرد محصول مورد انتظار بیش از تیمار شیمیایی بذور و یا حداقل برابر با آن ارزیابی می‌شود. بذور به صورت کاملاً مؤثر تیمار می‌شوند. همچنین می‌توان استفاده از محصول این فرایند را حرکت به سمت کشاورزی ارگانیک و بدون استفاده از نهاده‌های شیمیایی قلمداد کرد. از دیگر مزایای این روش اینکه بر علیه عوامل بیماری‌زای بذورزاد در غلات از کارایی بالایی برخوردار است (جدول ۱)، بنیه گیاهچه‌های سبز شده حاصل از این روش بالاتر بوده و از طریق افزایش تعداد بوته‌های سالم در مزرعه و کاستن هزینه‌ها برای کشاورزان سودآوری مناسبی دارد (شکل ۶).

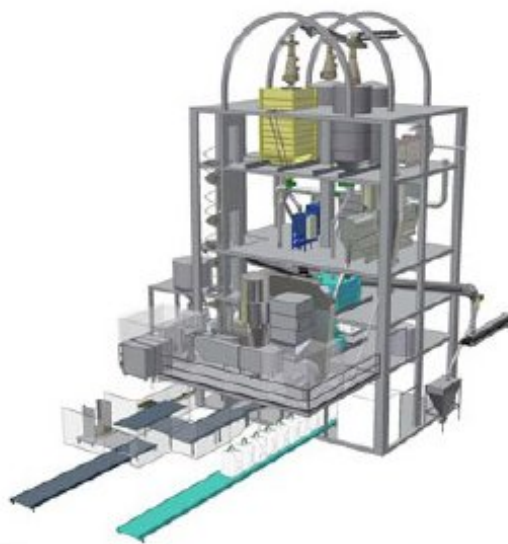
از لحاظ زیست محیطی هیچ گونه تأثیر نامطلوب بر طبیعت ندارد. روشی مناسب جهت مشارکت در کشاورزی پایدار و تولید غذا به‌شمار می‌رود. موجب افزایش امنیت غذایی شده و ریسک تولید ضایعات مواد غذایی را به حداقل می‌رساند. می‌توان امیدوار بود که با استفاده از این روش محیط زیست بدون قرار گرفتن در معرض مواد شیمیایی، مورد محافظت نسبی قرار داشته و به درستی نقش و کارکرد خود در چرخه زندگی انسان و دیگر موجودات را ایفا نماید. محصولات بدست آمده از این روش با توجه به عدم استفاده از مواد شیمیایی در



شکل ۶- مقایسه دو توده گندم آلوده به فوزاریوم و تیمار شده با ترموسید

اصل اساسی در تکنولوژی ترموسید تأثیر انتخابی تیمار است. عوامل بیماری‌زای بذرزاد نسبت به تیمار بسیار حساس‌تر از بذور می‌باشند. این تکنولوژی نسبت به تیمار آب داغ که از اوایل قرن بیستم تا حدود سال‌های ۱۹۶۰ مورد استفاده بود، بسیار پیشرفته‌تر می‌باشد. به هر حال روش آب داغ چندان مناسب نبوده است زیرا هم باید با دست انجام می‌شد و هم نیاز به مصرف انرژی بالایی داشت. به علاوه از دقت نسبتاً پایینی برخوردار بود که موجب عدم کارایی آن می‌شد یا قدرت جوانه‌زنی را کاهش می‌داد. تکنولوژی ترموسید براساس ایده‌های نوین، تحقیقات دامنه‌دار و تکنولوژی پیشرفته فرآوری توسعه و تکامل یافته است. دقت بسیار بالای این تکنولوژی میزان آلودگی‌زدایی را به حداکثر رسانده و علاوه بر آن از کلیه مضرات تیمار آب داغ اجتناب می‌گردد.

آیا می‌توان از این تکنولوژی در شرایط اقلیمی و زراعی کشوری مثل ایران برای تیمار بذور تولید شده استفاده کرد؟ کشور ایران در منطقه خشک و نیمه خشک واقع شده و میانگین بارش سالیانه آن در حدود ۲۵۰ میلی‌متر و توزیع بارندگی عموماً در فصل‌های پاییز و بهار به صورت باران و در فصل زمستان در مناطق سرد و کوهستانی به صورت برف است. خاک مناطق کشاورزی ایران قلیایی بوده و اغلب از pH بالایی برخوردار هستند. میزان مواد آلی این خاک‌ها پایین و در حدود ۰/۱ درصد برآورد شده است. از میزان دقیق آلودگی خاک‌های زراعی مناطق زراعی ایران به عوامل بیماری‌های بذرزاد اطلاعات دقیقی در دست نیست ولی اینقدر هست که همه ساله خسارت گسترده‌ای بر مزارع وارد می‌شود. این شرایط اقلیمی با شرایط اقلیمی معتدل سرد و مرطوب اروپا کاملاً متفاوت است. در تیمار شیمیایی بذور سم مورد استفاده برای تیمار بذور علاوه بر مدیریت و تیمار عوامل بیماری‌های بذرزاد قرار گرفته بر روی بذور، به عنوان محافظی در برابر عوامل



شکل ۵- سایت فراوری بذر با استفاده از تکنولوژی ترموسید

مدیریت و کنترل عوامل بیماری‌های بذرزاد تیمار می‌شوند. نقطه مطلوب در کشاورزی رایج این است که هم به دلایل زیست محیطی و در راستای رفتار مناسب با طبیعت استفاده از تیمارهای شیمیایی در صنعت تولید بذر کاهش یابد. تیمار شیمیایی بذور در کشاورزی ارگانیک مجاز نیست ولی تاکنون دستیابی عملی به روش‌های مناسب جایگزین دارای محدودیت بوده است. در کشاورزی ارگانیک نیاز جدی به روش‌های مؤثر کنترل و مدیریت عوامل بیماری‌زای بذرزاد احساس می‌شود. با توجه به هزینه و میزان تأثیرگذاری، هم در کشاورزی ارگانیک و هم در کشاورزی رایج، تکنولوژی ترموسید با تیمار شیمیایی توانایی رقابت دارد. روش ترموسید مورد گواهی SUK (مؤسسه آزمون و گواهی بذر سوئد)<sup>۲</sup> و به عنوان روش مؤثر جایگزین پوشش‌دار کردن بذور غلات با استفاده از مواد شیمیایی مورد تصویب و تأیید قرار گرفته است.



بذور در ایران که بین ۲۵-۴۵ یورو برآورد شده، با این رقم قابل مقایسه بوده و در نتیجه قابلیت توجه دارد. اما باید به عاملی چون زمان هم توجه کرد که در برخی نقاط کشور از جمله مناطق سرد زمان چندانی وجود ندارد و بذور باید به سرعت فرآوری شده و در اختیار زارعین قرار گیرند. با توجه به موارد فوق و در سطح محدود شاید قابلیت استفاده از این تکنولوژی در مناطقی مثل ساحل دریای خزر و مغان وجود داشته باشد.

### پی نوشت

- 1- Thermosteed
- 2- Deoxynivalenol
- 3- Conventional Agriculture
- 4- The Swedish Seed Testing and Certification Institute

### منابع

- <http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.pdf>
- [http://www.vaxteko.nu/html/sll/slu/meddelande\\_sjfd/MSJ58/MSJ58Y.PDF](http://www.vaxteko.nu/html/sll/slu/meddelande_sjfd/MSJ58/MSJ58Y.PDF)
- <https://spinach.uark.edu/wp-content/uploads/sites/06/2017/310/ThermoSeed-TS-a-sustainable-way-to-control-pathogens-in-spinach-seed-Victor-Sanchez-Sava.pdf>
- <http://danseed.dk/fileadmin/danseed.9/pdf>

بیماری‌های خاکزاد هم عمل می‌کند، در حالیکه در بذور تیمار شده با تکنولوژی ترموسید، توجهی به عوامل بیماری‌های خاکزاد نمی‌شود. به همین دلیل معلوم نیست نوع رفتار این دسته از بذور در شرایطی مانند شرایط اقلیمی و خاکی ایران چگونه خواهد بود و تبیین این مسأله نیاز به انجام آزمایش‌های منطقه‌ای دارد تا کاملاً روشن شود در شرایط کشوری با خاک و اقلیم ایران، نوع واکنش بذور فاقد تیمار شیمیایی در برابر عوامل بیماری‌زا چگونه خواهد بود. به عنوان مثال می‌دانیم که در خصوص بیماری فوزاریوم به عنوان یکی از مهم‌ترین بیماری‌های محدود کننده تولید در بسیاری از مناطق تولید غلات کشور، علاوه بر آلودگی محدود بذور به عامل این بیماری، خاک‌های آلوده موجب انتقال بیماری و آلوده شدن بوته‌ها در سال بعد می‌شوند. به نظر می‌رسد در شرایط خاک و اقلیم کشور ما شاید الزامی برای پوشش‌دار کردن بذور حتی پس از تیمار بخار خشک وجود داشته باشد.

در حال حاضر روال کار این شرکت به این صورت است که فقط یک آزمایشگاه مرکزی شرکت واقع در کشور سوئد کلیه امور آزمایشگاهی و تعیین مقدار و کیفیت تیمار قابل اعمال بر روی توده‌های بذری را تعیین و اعلام می‌نماید. به همین دلیل باید از توده‌های بذری نمونه‌های کاری مورد نیاز تهیه و به آزمایشگاه مربوطه ارسال گردد. برآورد شده که هزینه تیمار هر تن بذر در اسکاندیناوی با استفاده از این تکنولوژی در حدود ۳۵ یورو است. البته هزینه تیمار شیمیایی

