

دیدگاه‌های آموزشی و پژوهشی شیمی سبز

دکتر سید مرتضی مستشاری *

چکیده

در این مقاله با بیان چشم اندازهای آموزشی شیمی سبز در مقاطع گوناگون تحصیلی، بویژه در شاخه های تخصصی آن، تلاش شده است تا دیدگاه‌های واقعی این تحول و شاخه های وابسته به آن در آموزش عالی شناسانده شوند. بدین منظور گنجاندن عناوین مورد نظر در سرفصل‌های درسی و نیز انجام دوره های پژوهشی، نظیر بازدیدهای علمی از کارخانه ها و مؤسساتی که به نحوی از انحا با مواردی از شیمی سبز سروکار دارند، توصیه گردیده است. تحریر گزارش و تنظیم مقالاتی برای رفع معضلات محیط زیستی در قالب فعالیت های تحقیقاتی، نظیر گذراندن دوره های تابستانی، تمرین پژوهش و تألیف رساله های پژوهشی نیز از جمله راهکارهای مفید پیشنهادی اند.

کلید واژه

شیمی سبز، کاهش ضایعات، گردش پذیری مجدد، زیست بوم.

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۲/۷/۵

تاریخ دریافت: ۱۳۸۱/۹/۲۷

* استادیار شیمی محیط زیست، گروه شیمی دانشکده علوم، دانشگاه گیلان.

سرآغاز

به‌رغم آموزش‌های تخصصی انجام شده، واژه شیمی سبز جایگاه ویژه‌ای در اذهان عمومی به خود اختصاص نداده است. به طوری که برخی افراد تحصیلکرده آن را فرایندی پرهزینه و فاقد بهره‌وری تلقی می‌کنند (Clark, 1999 and Mostashari, 2002). فارغ از اینکه اگر هم مخارجی صرف جمع‌آوری و جذب ضایعات آلاینده و تبدیل آنها به فرآورده‌های کم‌خطر، یا مفید بشود، مقادیر عمده‌ای از این هزینه باز یافت خواهد شد. از همه مهم‌تر در مخارج درمانی ناشی از پراکندگی عوامل مضر و بیماری‌زا که ارقام چشمگیری از بودجه کشورها را به خود اختصاص می‌دهد، صرفه‌جویی به عمل خواهد آمد و از شیوع تلفات انسانی و نیز امکان ایجاد جهش‌های نامطلوب توارثی (ژنتیکی) Mutation روی موجودات زنده، بویژه انسان که عواقب ناگوار آن حتی به نسل‌های آینده نیز ممکن است سرایت کند، جلوگیری به عمل خواهد آمد.

این گونه پیامدهای ناگوار با معیارهای اقتصادی و مادی قابل سنجش نیستند، از این رو تربیت متخصصان کارآمد در مقاطع مختلف آموزشی می‌تواند گام مؤثری در پیشبرد اهداف شیمی سبز به شمار آید.

تحول شیمی سبز صرفاً یک رشته علمی منفرد محسوب نمی‌شود بلکه از به‌هم‌پیوستگی علوم و فن‌آوری‌های وابسته به شیمی و مهندسی شیمی به منظور اعتلای اهداف محیط‌زیستی تشکیل گردیده است (Matlack, 1999). از این رو می‌توان به تلفیق دیدگاه‌های سایر علوم و فن‌آوری‌های ذی‌ربط چون:

حفاظت و ایمنی، بهداشت محیط، مبانی زیست‌شناسی و بوم‌شناسی، اصول زیست‌شیمی، اقتصاد تولید و مصرف با توجه به اصول توسعه پایدار، مکانیک کاربردی در طراحی نو ماشین‌آلات صنعتی، بویژه در خودروها و صنایع شیمیایی و ...

برای توجیه اهداف محیط‌زیستی و انجام پژوهش‌های مربوط به آن مبادرت کرد.

دستاوردی که از به‌هم‌پیوستگی‌های فوق در اختیار شیمی نو قرار می‌گیرند، به صورت نوآوری‌های بدیع در قالب شیمی سبز تجلی می‌نمایند و نتایج مثبتی چون: تکوین واکنش‌ها به سوی کاستن مواد اولیه مصرفی، رسیدن به حداکثر بازدهی، کوتاه‌کردن مسیر واکنش‌ها و حذف فعل و انفعالات چند مرحله‌ای منجر به تولید فرآورده‌های جانبی و ناخواسته، گردآوری بهداشتی آلاینده‌ها و ضایعات و تبدیل آنان به محصولات مفید و قابل مصرف و مصون از اتلاف و پیامدهای ناهنجار پراکندگی و انبارداری و ... را به ارمغان می‌آورند (مستشاری، ۱۳۸۱)

شیوه‌های برخورد با گروه‌های تحت تعلیم با توجه به گروه‌های سنی و سطوح علمی و فرهنگی آنان کاملاً متفاوت است، از این رو به هنگام برنامه‌ریزی‌های آموزشی می‌توان امکانات رسانه‌ای و ترویج اهداف شیمی سبز را به وسیله کارشناسان مربوط به سایر افراد جامعه مدنظر قرارداد و از این طریق به بسط و توسعه عمومی دیدگاه‌های محیط‌زیستی همت گماشت.

آموزش تخصصی شیمی سبز

رسالت عظیم مؤسسات فرهنگی اعم از ابتدایی، متوسطه و عالی در شکوفایی کلی خلاقیت‌ها و هدایت استعداد‌های نهفته به سوی اهداف موردنظر کاملاً مشهود است، از این رو چنانچه اصول آموزشی شیمی سبز به طور فراگیر در مقاطع تحصیلی اعمال گردد، می‌توان انتظار داشت که دانش‌آموختگان علاقه‌مند به اهداف این تحول وارد اجتماع شوند. بدین منظور برنامه‌ریزی‌های صحیح و گنجانیدن اهداف محیط‌زیستی در کلیه مقاطع تحصیلی و نیز آموزش آن به صورت بخش‌های مستقل و انجام بازدیدهای علمی از کارخانه‌ها، مؤسسات و کشتگاه‌هایی که اهداف مربوط را رعایت می‌کنند به همراه

گزارش نویسی بعدی به منظور ارائه راه‌حلی برای بهبود اوضاع محیط‌زیستی می‌تواند در شکوفایی استعدادها و نهفته‌های کارساز باشد.

از اهداف مهم آموزشی- پژوهشی شیمی سبز ابداع مسیرهای نویسی است که به تولید فرآورده‌های مفید و موردنظر بینجامد، به شیوه‌ای که به تشکیل ضایعات کمتر (Allen, 1999 and Clift, 1999)، یا حذف ضایعات، بویژه گونه‌های سمی آنها منجر شود.

برای تدوین رساله‌های تحقیقاتی، به دانشجویان توصیه می‌شود که در آغاز از واکنش‌های شناخته شده استفاده کنند، آنگاه امکان‌پذیری واکنشی را که به وسیله دیگران انجام نگرفته بررسی و به آن مبادرت نمایند.

به منظور تهیه گزارش و نتیجه‌گیری‌های پژوهشی می‌بایست به همسویی مسیرهای پیشنهادی به دنبال اهداف شیمی سبز توجه کافی مبذول شود، به شیوه‌ای که به استفاده کمتری از انرژی و مواد اولیه، بخصوص انواع سمی بینجامد. دیدگاه‌های بنیادی شیمی سبز در تبیین برنامه‌های آموزش عالی و تحقیقاتی (Cintas and Liuche, 1999) به شرح زیر هستند:

الف) مطالعه امکان‌پذیری مسیر واکنش در جهت‌های نو و مطلوب.

ب) بررسی بهسازی‌های نو، به شیوه‌ای که به افزایش بازدهی، کاهش ضایعات و بهبود سرعت و صرفه‌جویی در مقادیر انرژی و مواد شیمیایی منجر شود.

ج) مطالعه استفاده از واکنش‌های غیرمتداول به کمک شرایط غیرعادی، نظیر امکان‌انجام سنتزهای شیمیایی بدون استفاده از حلال، استفاده از آب به عنوان حلال در واکنش‌های شیمی‌آلی (McCluskey, 1999 and Seddon, 1999)، بررسی انجام‌پذیری واکنش‌ها در حالت فوق‌بحرانی دی‌اکسید کربن (Rayner et al., 1999; Jia, 1999;

Cooper, 1999 و Haberman et al., 1999)، انجام واکنش‌ها به کمک توده‌های حیاتی (Green Chem, 1999) و فن‌آوری زیستی (Ruecroft and Taylor, 2002)، استفاده از پرتوهای اولتراسونیک (Cintas and Liuche, 1999) و میکروویو (Trauss, 1999)، استفاده از کاتالیست‌های ناهمگن (Cintas and Liuche, 1999) و ...

آموزش تخصصی شیمی سبز در سطوح عالی از ویژگی‌های خاصی برخوردار است. در برخی دانشکده‌ها، شاخه‌های محیط‌زیست و مهندسی محیط‌زیست به طور اختصاصی تدریس می‌گردند و دانش‌آموختگان متخصص در مقاطع کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری به جامعه عرضه می‌شوند. حال آنکه در برخی دیگر از دانشکده‌ها، دروس مربوط به صورت شیمی محیط‌زیست، اکولوژی (بوم‌شناسی) و ... به عنوان دروس اختیاری (انتخابی) به دانشجویان ارائه می‌گردند. متأسفانه ایجاد اشتیاق کافی در تمامی دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی برای تشویق دانشجویان یکسان نیست، به طوری که در برخی دانشکده‌ها به دلیل انتخابی بودن این رشته، آن را با دروس دیگری چون شیمی دارویی، شیمی معدنی پیشرفته، شیمی آلی فلزی و ... جایگزین می‌کنند. گاهی اوقات نیز وجود استادان مجرب و معروف در سایر شاخه‌ها موجب تحت‌الشعاع قرار دادن مکان واقعی این رشته و جایگزینی آن با دروس دیگر شده است! از این رو برای تحکیم اصول آموزشی موردنیاز، می‌توان به گنجاندن مبانی نظری و کاربردی آنها در دروسی که به نحوی از انحا با اهداف شیمی سبز مرتبط کند اقدام کرد. در همین راستا، تصویب سرفصل‌های ویژه شیمی سبز در رشته‌های اختصاصی و نیز تعیین سرفصل‌های عمومی راجع به آن که می‌بایست در خلال تدریس و پژوهش‌های دروس دیگر ارائه شوند، کمال مطلوب خواهد بود.

حشرات و علف‌های هرز به منظور حذف و تحدید مصارف بی‌رویه سموم شیمیایی.

- ۸- مطالعه مواد شیمیایی کاربردی در کشاورزی نو و توسعه تولید کودهای ترکیبی آلی از زباله Compost به منظور جایگزینی و مقابله با استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی.
- ۹- بررسی امکان استفاده از گاز حاصل از تجزیه و تخمیر مواد آلی Biogas به منظور سوخت و نیز مصرف توده‌های حیاتی حاصل از واکنش‌های زیستی Biomass (Ruecroft and Taylor, 2002) به عنوان کود و سایر مقاصد ممکن.
- ۱۰- استفاده از فن‌آوری‌های ژنتیکی به منظور اصلاح نژاد که به مقاوم‌سازی گونه‌های گیاهی و جانوری در مقابل بیماری‌ها و آفات منجر می‌شوند و در مصرف مواد شیمیایی کمکی، در امور کشاورزی صرفه جویی می‌کند.
- ۱۱- نگرش اقتصادی به توسعه پایدار با استمرار و دسترسی به مواد اولیه و تداوم دسترسی به آنان و بررسی تمایل جامعه به مصرف محصولاتی که با رعایت اهداف شیمی سبز تولید می‌شوند.
- ۱۲- تبیین استانداردهایی برای فرآورده‌های فوق و معرفی برچسب‌های تصویری استاندارد، به منظور تأکید اهداف شیمی سبز و تشویق عمومی به مصرف این گونه فرآورده‌ها.
- ۱۳- مطالعه و پیگیری آثار مواد شیمیایی و فرآورده‌های حاوی آنان بر زیست‌بوم پس از استعمال طولانی و بررسی امکان تأثیرگذاری آنها در ایجاد جهش‌های توارثی Mutation، به رغم بی‌خطر بودن ظاهری آنها.
- ۱۴- انجام بررسی‌های بهداشتی، فیزیکی و شیمیایی بر روی مواد بازیافتی و مطالعه روش‌هایی برای بهبود کیفیت آنها.
- ۱۵- بررسی نقش محورهای انرژی و ارائه طریق برای استفاده از انواع انرژی پاک به منظور جایگزینی با سوخت‌های فسیلی.
- ۱۶- فعال‌سازی هر چه بیشتر صنایع شیمیایی و فن‌آوری‌های

سرفصل‌های سابق‌الذکر به سطوح علمی فرهنگی دانش پژوهان و موضوعات مورد تدریس کاملاً بستگی دارند.

ضمناً مطرح کردن عناوین زیر در سرفصل‌های واحدهای تمرین پژوهش و نیز در رساله‌های تحقیقاتی توصیه می‌شوند:

- ۱- مطالعه روشهای حذف آلاینده‌هایی که از نشت مواد سمی آلی، معدنی، بیولوژیکی و رادیواکتیو سرچشمه می‌گیرند و زیست‌بوم را می‌آلیند؛ این راهکارها اغلب از جنبه‌های فیزیکوشیمیایی نظیر استفاده از روش‌های تعویض یونی، اسمز معکوس، کاربرد پرتو اولتراسونیک و... بهره می‌گیرند.
- ۲- بررسی نقش شیمی تجزیه در شناسایی کمی و کیفی آلاینده‌ها و راهکارهایی که برای حذف آلاینده‌ها ارائه می‌گردند.
- ۳- بررسی اشکال گوناگون ورود آلاینده‌ها به محیط زیست و ارائه شیوه‌هایی برای پیشبرد اهداف شیمی سبز، به نحوی که فرآورده‌های سمی و آلاینده کمتر تولید و حذف شوند، یا لاقلاً به انواع کم‌ضررتری تجدید ساختار دهند.
- ۴- امکان کاربرد کاتالیست‌های جامد در پیشبرد اهداف شیمی آلی و بررسی انجام‌پذیری واکنش‌ها بدون استفاده از حلال‌های آلی به شیوه‌ای که پس از مصرف پیامدهای ناهنجار پراکندگی آنها در محیط زیست رخ ندهند.
- ۵- مطالعه تأثیرات سوء فلزات سنگین در زیست‌بوم و شیوه‌های مقابله آنها.
- ۶- مطالعه روش‌های صحیح جداسازی فرآورده‌های موردنظر از آلاینده‌هایی که به صورت مخلوط با آنها تولید می‌شوند، به همراه شیوه‌های علمی جمع‌آوری و انباشت آلاینده‌ها، مصون از پیامدهای ناهنجار محیط زیستی.
- ۷- نگرشی به نقش فن‌آوری‌ها در Green Chem, 1999 و کاتالیست‌های حیاتی در تکوین واکنش‌های زیست‌شیمیایی و بررسی امکان مبارزه بیولوژیکی با آفات گیاهی،

به دیدگاهها و نوآوری های آموزشی، و فن آوری های شیمی سبز
ارج نهاده و در شکوفایی اهداف آن کوشا باشند.

منابع مورد استفاده

مستشاری، سیدمرتضی. ۱۳۸۱. شیمی محیط زیست. کتاب در
دست تألیف.

Allen, B. 1999. Green Chem. 1(3): G72-G74.

Cintas, P. and Liuche, J. 1999. Green Chem. 1(3):
115.

Clark, J. H. 1999. Green Chem. 1(1): 1,2,8.

Clift, R. 1999. Green Chem. 1(3): G69-G70.

Cooper, A. 1999. Green Chem. 1(6): G167-G168.

Anon. 1999. Green Chem. 1(3): G68.

Anon. 1999. Green Chem. 1(4): G44.

Haberman, J. X. et al. 1999. Green Chem. 1(6):
265-267.

Jia, L. et al. 1999. Green Chem. 1(2): 91-93.

Matlack, A. 1999. Green Chem. 1(1): G19-G20.

McCluskey, A. 1999. Green Chem. 1(3). 167.

Mostashari, S. M. 2002. The 10th Iranian Seminar
of Organic: Chemistry Bulletin. 10:111.

Rayner, C. et al. 1999. Chem Commun.: 247.

Ruecroft, G. and Taylor, S. 2002. Chem Br.
Sep:46.

Seddon, K. 1999. Green Chem. 1(3): G59.

Trauss, C. 1999. Green Chem. 1(4): G94-G96.

وابسته و طراحی ابزارهای جدید در پیشبرد نکات توصیه
شده به وسیله شیمی سبز، به طریقی که واکنش های
معمول و سنتی فعلی از مسیرهای کوتاهتری برخوردار
شوند، مصارف انرژی و مواد اولیه به حداقل برسند و بیشترین
بازدهی حاصل گردد. ضمناً تولید فرآورده های ناخواسته به
کمترین میزان ممکن رسیده، یا بکلی حذف شود.
علاوه بر رعایت نکات سابق الذکر در قالب سرفصل های
درسی و عناوین رساله های پژوهشی؛ وضع قوانین آموزشی
مبنی بر اخذ نظر خواهی های سازنده از دانشجویان اعزامی که
طی بازدیدهای گروهی، مشکلات اجرایی کارخانه ها و مؤسسات
ذی ربط را از حیث رعایت دیدگاه های شیمی سبز از نزدیک
مشاهده می نمایند، می تواند در شکوفایی خلاقیت ها و
استعدادهای نهفته آنها نقش بسیار مؤثری ایفا کند. به همین
ترتیب کارآموزی های انفرادی تابستانی و تحریر گزارش های
پژوهشی و تنظیم مقالاتی جهت ارائه راه حل های اصولی در بهبود
کیفیت، فرآوری و ... به پیشبرد اهداف شیمی سبز منجر گردیده
و گره گشای بسیاری از پیچیدگی های محیط زیستی خواهند بود.
تخصیص بودجه های ضروری و در اختیار نهادن وسایل و
امکانات لازم آموزشی و تحقیقاتی برای دانش پژوهان و
پژوهشگران شیمی سبز و ایجاد ارتباط و هماهنگی های هر چه
بیشتر مابین آنها از طریق برگزاری همایش های محیط زیستی و
تحکیم ارتباط مابین دانشگاهها و مؤسسات آموزش عالی با
صنایع می تواند در راهگشایی کلیه اهداف پژوهشی، بویژه
دیدگاه های شیمی سبز کارساز باشد.
دستاوردهای سبز حاصل از راهکارهای ارائه شده
پژوهشی و تبیین آنها طی دوره های گوناگون آموزشی، همگام
با کاربرد آنها در فرایندهای صنعتی به همراه طراحی های نو و
بازسازی طرح های گذشته در صنایع شیمیایی، نوید بخش آتیه
سبز برای همگان خواهند بود.
آینده درخشان در انتظار مدرسان و پژوهشگرانی است که