زیست سامانه، بیولوژی ساختگی و گیاهان الکترونیکی

احسان زنگنه[1]، مژگان ترکمان مومنی[1]، علی مسعودی نژاد*[1]

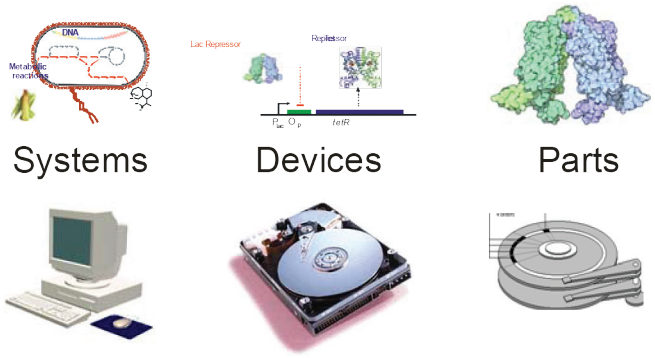
چکیده

اگر علم شناخت زیست سامانه را سیستم بیولوژی بنامیم، علم ساخت سامانه های زیستی که موجودات زنده جدیدی را به منظور تامین نیازهای انسان می سازد را بیولوژی ساختگی(سینتتیک بیولوژی) می نامند. به منظور ایجاد موجودات زنده جدیدی که خارج از فرآیند تکامل بوجود آمده است در ابتدا می باید سیستم های زیستی به خوبی شناخته شود. بدین منظور ابزارهای متعددی وجود دارد که به سرعت در حال گسترش هستند. از گذشته تحقیقات در برخی از موجودات مانند گیاهان نسبت به دیگران پیشی گرفته و برخی دیگر از این تحقیقات حتی تصورشان در حوزه جانوری دور از ذهن می باشد، مانند تعدد سطوح پلوییدی و آنیوپلوییدی ها در گیاهان که به خاطر تحمل بالای گیاهان، این فرصت به محققان این حوزه ها داده شده تا علومی چون ژنتیک گیاهان شاهد پیشرفت های چشم گیرتری باشد. گیاهان الکترونیکی ابزار جدیدی برای مطالعه سیستم های زیستی به نحوی آسان تر از گذشته قابل دسترس شده اند. ریشه، ساقه، برگ و ارتباطات آوندی گیاهان عالی مسئول انتقال پیام های شیمیایی تنظیم کننده رشد و فعالیت های گیاهی هستند. به واسطه حضور چنین مدارات مجتمعی در گیاهان می توان تعداد زیادی از کاربردها شامل ضبط دقیق رویدادها و تنظیمات فیزیولوژیکی، برداشت انرژی فتوسنتز و جایگزین برای اصلاح ژنتیکی و شناخت دقیق تر اجزای سیستم های گیاهی را متصور شد.

واژگان کلیدی: گیاه الکترونیک، زیست سامانه، بیولوژی ساختگی، مدارات زیستی، ژل های محلول رسانا.

* نشانی الکترونیکی: amasoudin@ibb.ut.ac.ir ، شماره تماس : ۶۶۴۰۹۵۱۷(۹۸۲۱+)

. آزمایشگاه سیستم بیولوژی و بیوانفورماتیک (LBB)، مرکز تحقیقات بیوشیمی و بیوفیزیک، دانشگاه تهران.



تصویر ۱- مقایسه قطعات، دستگاهها و سیستم های ساخت انسان و طبیعی

بیولوژی ساختگی[1]

طراحی و ساخت قطعات، دستگاه ها و سیستم های زیستی را بیولوژی ساختگی (سینتیک بیولوژی) می نامند (تصویر ۱) و قطعا طراحی مجدد سیستم های زیستی فعلی ارزشمندترین منابع برای این علم می باشند.

به جرات می توان گفت یکی از مهمترین و در عین حال حساس ترین علومی که آینده انسان را تحت تاثیر قرار خواهد داد بیولوژی ساختگی است. به طور کلی سه کاربرد برای سینتیک بیولوژی می توان متصور شد:

الف) موجودات زنده برنامه ریزی شده

ب) مواد هوشمند

ج) کاربردهای پزشکی

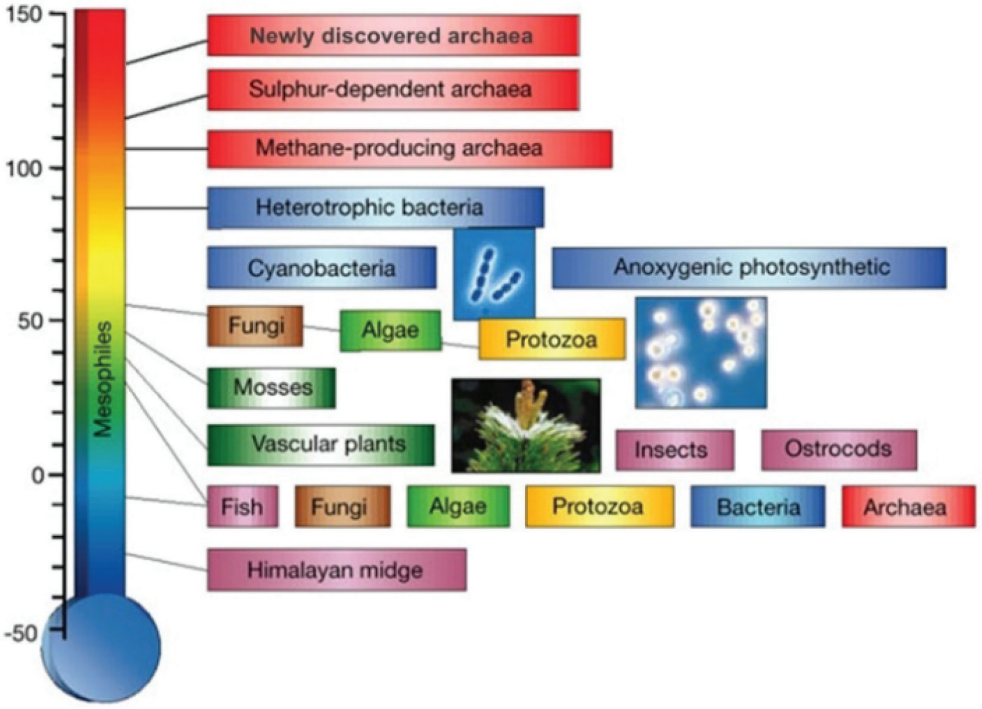
همانطور که می دانیم موجودات زنده با منشاء تکاملی بر اساس شرایط زیستگاه های خود در گستری دمایی تقریبا مشخصی مشغول به فعالیت های حیاتی خود هستند (تصویر ۲) به عنوان مثال موجودی زنده را تصور کنید که در شرایط دمایی غیر از دمای مطلوب یا سازگارش به آن نیاز دارید تا از دیگر خصوصیات مفید آن موجود در محیط های دیگر نیز بهره مند شوید، در چنین شرایط می توانید ژن های موجودات زنده نزدیک و سازگار با شرایط جدید را به موجود موردنظر پیوست کنید، مثل ژن هایی که در هایپر ترموفیلوس‌های وابسته به سولفور با عوض کردن لیپیدهای غشایی از ذوب شدن غشاء جلوگیری می کنند.

اولین موجود زنده خلق شده به روش بیولوژی ساختگی سینتیا نام دارد. منشاء سینتیا باکتری مایکوپلاسما جنیتالیوم[2] است که در اندام جنسی انسانی یافت می شود، این باکتری جدید توسط کریگ وینتر[3] و تیمش در سال ۲۰۰۸ ساخته شد. بخشی از ژنوم مایکوپلاسما جنیتالیوم حذف شده بود و برای اولین بار واژه حداقل ژنوم و سپس sDNA بوجود آمد[۱].

زیست سامانه

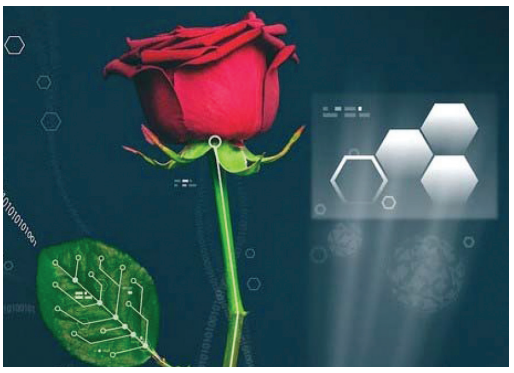
با توجه به تعریف بیولوژی ساختگی ابتدا می بایست بوسیله زیست سامانه یعنی علم مطالعه رفتارهای زیست سامانه ها که نمی توان مجموع را از جمع خطی تک تک اعضاء بدست آورد این سیستم‌ها را مطالعه کنیم. به عبارت دیگر زیست سامانه که یک رویکرد کلی نگر به پیچیدگی های زیست سامانه ها است کلید ورود به دنیا بیولوژی ساختگی است. ابزارهای اینگونه مطالعات محدود و بسیار پر هزینه هستند و محققین برای کشف ارتباط بیشتر و دقیق تر میان اجزاء سیستم های زیستی نیازمند اطلاعات بیشتری هستند که از ابزارهای سریعتر و در دسترس تری به دست می آیند. یکی از این ابزارها که به تازگی مقاله ای نیز توسط محققان سوئدی دانشگاه لینکوپینگ

1. Synthetic Biology
2. Mycoplasma genitalium
3. Craig Venter



تصویر ۲- نمایشی کلی از گستره دمای مطلوب حیات موجودات زنده با منشاء تکامل

برای معرفی آن به دنیای علوم منتشر گردیده گیاه الکترونیکی (تصویر ۳) اســت که شــاید بتوان در حال حاضر شاخص های مد نظر در آن را نوعی نشــانگر زیستی[1] دانســت که عمدتا به کمک خصوصیات الکتریسیته اندازه گیری می شوند[۳] [۲].



تصویر ۳ – گیاه الکترونیکی مدل (گل روز حاوی مواد رسانا)

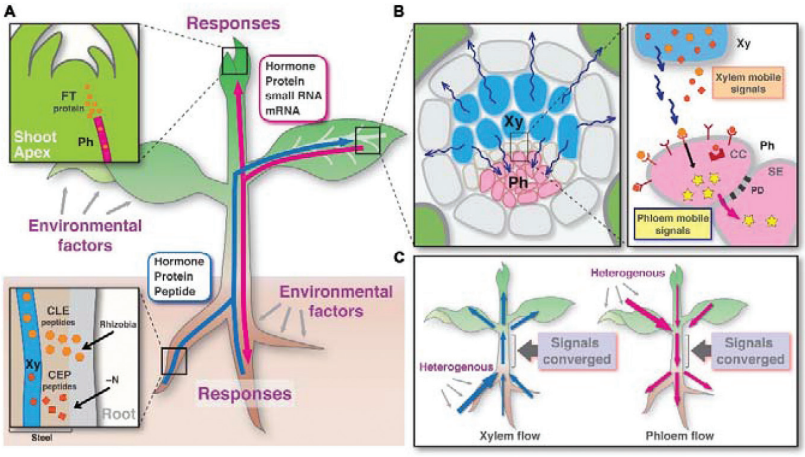
گیاه الکترونیک[2]

موتور محرکه رشد و عملکرد گیاهان فتوسنتز است و هماهنگ کننده آن هورمون ها و مواد مغذی هســتند که خود نیز تحت تاثیر محرک های محیطی، فیزیکی و شیمیایی هستند. این پیام ها مسیرهای طولانی را در طول مدار آوندهای چوبی و آبکش می پیمایند تا به طور انتخابی فرآیندی را شروع یا تحریک کنند (تصویر شماره ٤).

علاوه بــر این ها امــروزه دســتکاری تنظیمات فرآیندهــای گیاهی بواســطه‌ی در معرض مواد شــیمیایی خاصی قــرار دادن یا تغییرات ژنتیکی مقدور است.

با این حــال به خاطر کمبود فناوری هایی که قادر باشــند تا فعالیت های گیاهان را در وضعیت زنده به صورت دقیق مطالعه و تنظیم کنند ســوالات فراوانی وجود دارد که همچنان بی پاسخ مانده اند. بنابراین ضبط، مکان یابی و تنظیم فعالیت های گیاهی مســتقل یا وابســته به دیگر فعالیت ها (حتی در مقیاس تک سلولی) در سیستم های پیچیده

1. Bio-Marker
2. Electronic Plant



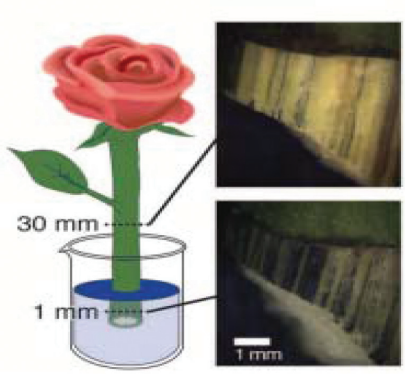
تصویر شماره ٤ – نحوه عملکرد پاسخ به محرک های خارجی و مسیر های کلی انتقال پیام درون گیاه

یک نیاز اساسی محسوب می شود. و در ادامه به واسطه دستیابی به چنین اطلاعاتی مسایل پیچیده تری نیز مطرح خواهند شد[۳].

مواد آلی الکترونیکی بر پایه ملکول ها و پلیمرهایی هستند که دو خاصیت اساسی هدایت و فرآوری جریان الکتریکی (الکترون ها) و یونی (کاتیون – آنیون) را دارند. بر اساس این دو خاصیت یک مدار الکترونیکی و الکتروشیمیایی آلی می تواند پیام های الکترونیکی مشخص را به پیام های بسیار اختصاصی و پیچیده ی تحویل مواد شیمیایی و بر عکس تبدیل کند تا بدین وسیله فعالیت ها و فرآیندهای زیستی را تنظیم و بررسی کند. چنین مواد آلی بیوالکتریکی در زمینه های پزشکی و طراحی حسگرها مثل رهایش دارو، داروهای احیا کننده، اتصالات نورونی و موارد تشخیصی وجود دارند. این مواد که عمدتا به شکل ژل نرم وجود دارند می توانند در هر قالبی حتی فضاهای موجود در اندام های زنده تزریق شوند. پلیمر هدایت کننده الکتریکی poly (ethylenedioxythiophene-۳,٤) یا (PEDOT) یکی از مواد معروف در این حوزه می باشد که از هدایت الکتریکی و یونی بالایی در محیط های آبی برخوردار است و نحوه عملکردش شبیه به ترانزیستورهای آلی الکتروشیمیایی، الکترودها، حسگرها، ابر خازن ها، مبدل ها و سلول نمایشگرهای الکترو کرومیک است. PEDOTدر ارتباط با سلول، بافت یا اندام بسیار سازگار و پایدار است به ویژه زمانی که حکم مترجم میان جریان الکتریکی و جریان یونی را بازی می کند مانند کار مشابه محرک های عصبی، به طور کلی رفتار ژل مذکور همانند گیت های NOR در مدارات الکتریکی منطقی می باشد [۳] [٤] [٥] .

در پروژه مطالعاتی با نام گیاه الکترونیک از یک گل رز معمولی[1] به انواع گیاه مدل استفاده کردند. پخش پایینی ساقه بریده شد و در محلول آبی حاوی PEDOT-S:H به مدت ٢٤ تا ٤٨ ساعت قرار داده شد. در طی این مدت ژل مذکور حدودا به طول ۱۰ سانتیمتر در تمامی سیستم های آوندی آبکش و برگ ها گسترده شد که توسط میکروسکوپ الکترونی و نوری تایید شده است [٤][۳] (تصویر ٥).

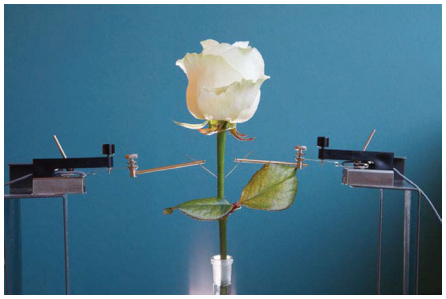
در نهایت الکترودی در انتهای آوند آبکش حاوی ژل مذکور قرار داده شد و یک درگاه منطقی در میانه راه قرار داده شد تا اولین ترانزیستور الکتروشیمیایی یا سوییچ آلی که توسط الکتریسیه داخلی گیاه تامین شده است ساخته شود [۳] (تصویر ٦).



تصویر ٥ – گیاه مدل در تحقیق پیش رو

محققان متوجه شدند که با کمک این سامانه و افزودن نانوسلولز به ژل حاضر در برگ و با توجه به فضای اسفنجی در این اندام می توانند گستره رنگی[2] برگ های گیاه را تغییر دهند و نوعی سلول نوری[3] بسازند که به واسطه حضور یا عدم حضور الکتریسیته روشن و یا تیره می شود[٦][۷].

1. Rosa floribunda
2. HUE
3 . Pixel



تصویر ٦ – اولین ترانزیستور الکتروشیمیایی آلی گیاهی

تصویر ۷ – بر خلاف پروژه سوخت زیستی این تصویر نماینگر تولید الکتریسته مستقیما از گیاهان زنده می باشد

نتیجه‌گیری

تنهـا یک جنبه عمومی پروژه گیـاه الکترونیکی که نفوذ الکتریکی به مدارات آوندی گیاهان است خود نوید بخش یک دستاورد عظیم است که قادر اسـت بحران تامین انرژی الکتریکی و آلودگی محیط زیست را برای همیشـه حل کند. این مطلب به واسطه دسترسی الکتریکی به نیروگاه های درون گیاهای است یعنی توانایی برداشت انرژی حاصل از فتوسنتز گیاهان و برخی فرآیندهای پیچیده بیوشیمیایی(تصویر ۷).

شاید در حال حاضر با وجود پیشرفت هایی نظیر بیولوژی ساختگی و هدایت‌الکتریسیته گیاهی ایده‌ساخت نیروگاه‌های گیاهی مخصوص تولید الکتریسیته دور از ذهن نباشد. قرار دادن حسگر هایی در گیاهان جدیدی با میزان بیشتر کلروپلاست و بهره مند شدن از انرژی الکتریکی ساخته شده توسط آنها میسر شود. یکی از امید بخش ترین کاربردهای فناوری فوق کمک به راهی برای تولید اطلاعات براساس شرایط فیزیولوژیکی و محلی می باشـد، به عنوان مثال اندازه گیری الکتریسیته ساخته شده در گیاه به طور جزی تری در اندامی خاص در طی زمان های مختلف یا حتی رفتار الکتریکی سلول خاصی در طول زمان های مختلف مقدور است. یعنی استخراج اطلاعات سری های زمانی ایجاد شده از سنجش رفتار الکتریکی بخش و مقایسه آن با بخشی دیگر از همان گیاه یا گونه ای دیگر در محلی دیگر و ضبط الگوهای حاوی اطلاعاتی که به کمک آن می توان در فرآیند تحلیل سیستم با یک جز معلوم دیگر پیشرفت داشت. شاید بتوان از این پس به میزان الکتریسـیته گیاهی در مقاطع مختلف به چشم یک صفت پیچیده[3] با تعداد نا متنهی فنوتیپ نگریست و در گزینش‌ها از وجود آن بهره‌مند شد. درنهایت اینکه در آینده، بیشتر شاهد درهم آمیختن و ترکیب سلول و یا موجودات زنده با مواد غیر زنده و مصنوعی برای حصول یک فرآیند خواهیم بود. به عبارت دیگر در آینده امکان دارد موجودات زنده ساختگی مستقل داشته باشیم چرا که به نظر نویسندگان این مقاله در آینده شـاهد بوجودآمدن بیشتر قطعات[4] ترکیبی از اجزای زنده و غیرزنده در یک سیستم خواهیم بود.

Websites visited in this paper:

[1](http://www.liu.se/forskning/forskningsnyheter/1.660308?l=en)
[2](http://lbb.ut.ac.ir)
[3](http://thenewstack.io/researchers-create-plant-cyborg-enhanced-rose)
[4](http://www.jcvi.org/cms/home)
[5](https://www.ted.com/talks/craig_venter_unveils_synthetic_life?language=en)

منابع و مآخذ:

[1].Cameron, D. (2014). "A brief of synthetic biology", Nature Reviews Microbiology, Vol.12, PP.381-390.

[2].Najafi, A. (2014). "Genome Scale Modeling in Systems Biology: Algorithms and Resources", Current Biology, Vol.15, No.2, PP.130-159.

[3].Stavrinidou, E. (2015). "Electronic Plant, Science Advances", Vol.1, No.10, PP.1-8.

[4].Leger, M. (2008). "Organic electronics: The ions have it", Advanced Materials, Vol.20, PP. 837-841.

[5].Wang, X. (2004). "Visualizing ion currents in conjugated polymers." Advanced Materials,
Vol.16, No.18, PP. 1605-1609.

[6].Raven, P. (2005).""Biology of Plants", 7th Ed, Freeman, New York.

[7].Buchanan, B. (2015). "Biochemistry & Molecular Biology of Plants", 2nd Ed, Wiley, Hoboken,NJ.

1. Complex Traits
2. Devices