

PRESS RELEASE (2023/04/12)

植物の根の成長方向をかく乱させる物質の開発に成功

雑草を枯らさない「抑草剤」の開発に期待

ポイント

- ① 雑草を枯らさず成長を抑制する毒性のない抑草剤の開発は環境保全の観点からも重要である。しかし従来の抑草剤は枯死を伴う除草剤の作用を減弱したものがほとんどである。
- ② 植物の根に対する成長抑制や枯死を伴わない強力な重力屈性阻害剤の開発に初めて成功した。
- ③ 雑草の根張りを浅くして養分・水分の吸収を抑制することによる抑草剤の開発に繋がり、環境調和型の緑化調整が可能となる。

概要

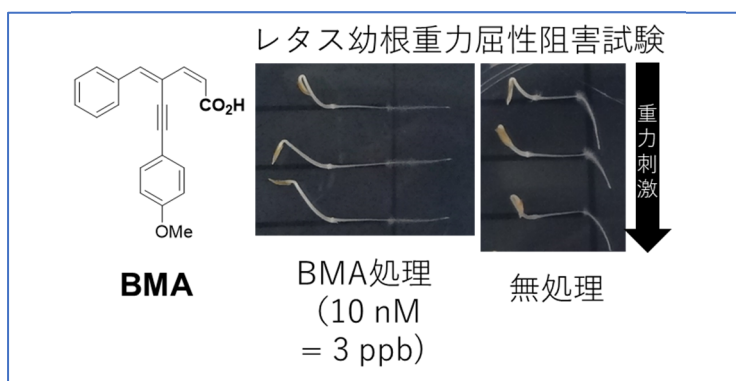
雑草の管理は農地のみならず、宅地、線路、土手、道路法面、河川敷など多方面で課題となっています。雑草の刈り取りには多大なコストが発生し、除草剤による枯死は、景観悪化だけでなく地盤の軟弱化、保水力低下など環境問題を招きます。したがって適度な緑化を維持しつつ雑草の増殖を抑制することが望まれますが、従来の抑草剤は除草剤を減弱させたものにすぎず、根本的な解決に至っていません。

本研究では植物の根が成長する方向を攪乱させる化合物 BMA の開発に成功しました。BMA は成長抑制を伴わず、きわめて低濃度で重力方向に向かって成長する能力を低下させます。

九州大学先導物質化学研究所の新藤充教授、岩田隆幸助教、基礎生物学研究所の森田（寺尾）美代教授、西村岳志助教、および東京農工大学大学院農学研究院の藤井義晴教授、和佐野直也博士（当時）の研究グループは、アレロケミカル（※1）の研究過程でシス桂皮酸（※2）の成長制御抑制作用を発見し、この化学構造を変換して、成長抑制を伴うことなく根が重力方向へ向かう活性を阻害する化合物 BMA の開発に成功しました。さらに作用機構解析から、BMA は植物ホルモンであるオーキシンの制御に影響を与えるが、従来の（成長に対する毒性も伴う）オーキシン関連の阻害剤とは作用機構が異なることを突き止めました。

BMA によって根は地中深く潜らず根張りが浅くなると考えられ、養分や水分の吸収が抑えられると予想されます。一方で根の成長は抑制されないため、環境調和型抑草剤としての利用が期待されます。さらに、水分吸収の抑制で甘みを増す野菜類の成長調節剤としての活用も期待できます。学術的には、重力の方向へ向かって成長する機構の解明に役立つ化学ツールとして利用価値があると考えられます。

本成果は Springer Nature 社の OA 誌である Scientific Reports に 2023 年 3 月 30 日に掲載されました。



BMA による重力屈性阻害

寒天培地上にレタスを発芽させ、横倒しにすることで重力方向を変化させると、根は重力方向に向かって成長方向を変化させる（根の重力屈性）。BMA を含む培地では 10 nM という低濃度でも屈性しない。ここで 10 nM とは 3 ppb（1 ppb は 10 億分の 1）であり、水 1 L に BMA を 0.003 mg 溶かした濃度に相当する。

【研究の背景と経緯】

雑草の管理は農地のみならず、宅地、線路、土手、道路法面、河川敷、など多方面で課題となっています。雑草の刈り取りには多大な労力と費用が発生するため除草剤により完全に駆除することが多い状況です。しかし雑草を枯死させることで完全に除去すると、景観悪化だけでなく地盤の軟弱化、保水力低下など環境問題を招きます。したがって適度な緑化を維持しつつ雑草の繁茂を抑制することが望ましいですが、従来の抑草剤は除草剤を減弱させたものにすぎず、用量を誤ると枯死に繋がり、根本的な解決に至っていません。

九州大学先導物質化学研究所の新藤充教授、岩田隆幸助教、基礎生物学研究所の森田（寺尾）美代教授、西村岳志助教、および東京農工大学大学院農学研究院の藤井義晴名誉教授、和佐野直也博士（当時）の研究グループは、ユキヤナギ由来のアレロケミカルの研究過程でシス桂皮酸およびその誘導体が根の成長抑制作用を示すことを見出していました。その作用機構解析研究の過程で、蛍光基をもつシス桂皮酸誘導体が幼根の先端にあるコルメラ細胞付近に集積する様子が観察されました。コルメラ細胞は重力屈性に関わる重要なセンサーの役目をしていることから、重力屈性にもシス桂皮酸は影響を与えると考え、各種植物試験を行ったところ、わずかに重力屈性阻害作用を示しました。そこで、有機合成化学によりシス桂皮酸の構造変換を行い、10 μM で重力屈性阻害作用のみを示す化合物 ku-76 を見出し 2020 年に発表しました (Shindo et al., *Phytochemistry* **2020**, *172*, 112287)。

【研究の内容と成果】

本研究では有機合成化学を用いて ku-76 の化学構造をさまざまに変換し、1000 倍ほど強力な重力屈性阻害作用を示す BMA を開発することに成功しました。BMA は根の成長抑制や枯死を伴わず、きわめて低濃度でも重力屈性（※1）を阻害します。モデル植物のシロイヌナズナに対しては 1 μM で、レタスでは 10 nM（水 1 L に 0.003 mg）という極低濃度で阻害効果を示します。さらに BMA の分子生物学的実験から、これは植物ホルモンであるオーキシンの生体内分布に強く影響を与えることを突き止め、またそれが従来の（成長抑制も伴う）重力屈性阻害剤とは作用機構が異なることを明らかにしました。

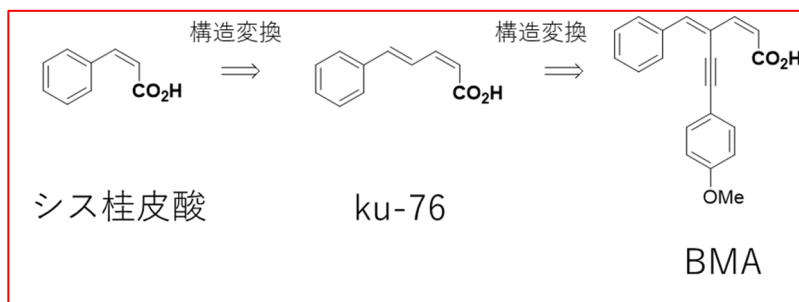


図1 シス桂皮酸から BMA への構造変換

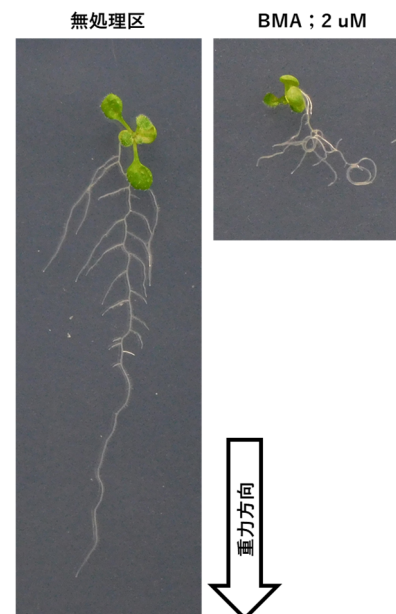


図2 シロイヌナズナを寒天培地上で発芽させ、根が成長する方向へ与える影響を評価した。BMA 処理区では、重力方向への根の伸長が阻害される。

【今後の展開】

今後、様々な植物に対する阻害作用を試験し、さらにポット試験、圃場試験、毒性試験、製剤化などを経ることで高性能な抑草剤の開発に繋がると考えられます。

さらに、水分抑制で品質が向上する農作物への適用も考えられます。例えばトマトは実の成熟過程において、水分を抑制すると甘くなることが知られています。

【用語解説】

(※1) アレロケミカル

植物から放出される天然化学物質が他の植物、微生物、動物、昆虫等に阻害、促進あるいはその他の何らかの影響を与える現象をアレロパシーと言い、その原因化合物をアレロケミカルという。

(※2) シス桂皮酸

植物（精油）成分によく含まれる桂皮酸の立体異性体。平館俊太郎博士（当時、農環研、現 九大院農教授）、藤井らはユキヤナギのアレロケミカルとしてシス桂皮酸配糖体を発見し、その活性本体がシス桂皮酸であることを突き止めた (*J. Chem. Ecol.* **2005**, *31*, 591)。

【謝辞】

本研究は JSPS 科研費 (No. JP22H02744, JP20K21198, JP20H04780, JP20K15283, JP18H04624, JP18H04418, JP16H01157, JP26293004, JP24106731, and JP22390002), 農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業、積水化学 自然に学ぶものづくり助成および物質デバイス領域共同研究拠点事業の支援を受けました。また九大院総理工の牧川早希修士、孫軍博士、九大先導研の児玉梢学士、杉山裕美修士、松本健司助教（現、鹿児島大教授）、狩野有宏准教授らの協力で達成された成果です。

【論文情報】

掲載誌：Scientific Reports

タイトル：Design and synthesis of strong root gravitropism inhibitors with no concomitant growth inhibition

著者名：Takeshi Nishimura, Saki Makigawa, Jun Sun, Kozue Kodama, Hiromi Sugiyama, Kenji Matsumoto, Takayuki Iwata, Naoya Wasano, Arihiro Kano, Miyo Terao Morita, Yoshiharu Fujii, Mitsuru Shindo

DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-32063-z>

【お問合せ先】

<研究に関すること>

九州大学 先導物質化学研究所 教授 新藤 充 (シンドウ ミツル)

TEL : 092-583-7802 FAX : 092-583-7803

Mail : shindo@cm.kyushu-u.ac.jp

<報道に関すること>

九州大学 広報課

TEL : 092-802-2130 FAX : 092-802-2139

Mail : koho@jimu.kyushu-u.ac.jp

基礎生物学研究所 広報室

TEL : 0564-55-7628 FAX : 0564-55-7597

Mail : press@nibb.ac.jp