

# Ascophyllum nodosum (L.) Le Jolis, a Pivotal Biostimulant toward Sustainable Agriculture: A Comprehensive Review

持続可能な農業に向けた重要なバイオスティミュラント:アスコフィラム・ノドサム 包括的レビュー  
(Le Jolis とは、学名を命名した植物学者の名です。)

## 論文の要旨(日本語)

### 1. アスコフィラム・ノドサム海藻エキス(AnE)の概要

アスコフィラム・ノドサムは、北欧に自生する海藻であり、その成分を抽出したエキス(以下「AnE」と表記します: Ascophyllum nodosum Extract)は、豊富な成分を含み、植物や土壌に対する様々な機能を持つため、バイオスティミュラントとして非常に高い価値を持っています。特に持続可能な農業を実現する上で、化学肥料よりも環境に優しい、または化学肥料にはない植物の成長促進作用がある革新的な選択肢として注目されています。AnE は植物の成長を促進し、収量や品質の向上、ストレス耐性の強化、病害抵抗性の改善に貢献します。

### 2. 内容成分の詳細

AnE には、オーキシン、サイトカイニン、ジベレリンなどの植物ホルモン、アルギン酸、フコイダン、マンニトール、ラミナリンといった多糖類、さらにはマンニトール、ポリフェノールなどのバイオアクティブな有機化合物が含まれています。またミネラル、アミノ酸、ビタミンなど多種成分を含有します。これらの成分が、複雑に影響し、植物の成長、ストレス耐性、病害抵抗性を強化する役割を果たしています。

なお、バイオスティミュラントとは、欧州連合(EU)規則 2019/1009 によれば、「製品の栄養素含有量とは関係なく、①栄養素の利用効率②非生物学的ストレス耐性③品質④土壌または根圏内で制限された栄養素の利用可能性の4つのいずれかにおいて、植物または植物根圏の特性を改善することを唯一の目的とする製品」と定義されています。AnE は、世界中で最も利用され、また注目されているバイオスティミュラントです。

AnE は、世界中の研究機関において研究され、その機能性が数多く報告されています。以下に、公表された論文に基づき、科学的に実験され、確認された事例を要約、抜粋します。

### 3. 収量と品質を向上させた研究報告

AnE の使用により、発芽率が大幅に向上し、側根の成長が増加し、水と栄養素の利用効率が向上します。さらには抗酸化活性が増加、フェノールおよびフラボノイド含有量の増加、クロロフィル(葉緑素)および作物内の栄養素の増加が確認されています。その結果として、農作物の収量と品質が向上します。

以下は、AnE の適用によって収量や品質が向上した報告事例です。(抜粋。不明点は空欄)

品目	施用方法	結果	論文参照 No
ハウレンソウ	葉面散布	収量増加	77
トマト		クロロフィルの顕著な増加	78
トウガラシ		収量および品質の向上	79
温州ミカン		成熟促進	80
ユリ	葉面散布	茎葉の伸長、重量の増加	81
マリーゴールド	播種前土壌施用	根・茎葉の伸長、早期開花	82

キウイ	開花後1回葉面散布	果実重増加、成熟促進	83
ブドウ	葉面散布	収量増加、品質向上、着果量増加、葉内栄養素の増加	84、61、26、124、125
スイカ		収量増加、著しい品質向上	86
ブルーベリー	葉面散布	収量15%増加、果実肥大	87
オレンジ	出芽時葉面散布	発芽促進、満開になるとジベレリン含有量増加、収量8~15%増加	21
リンゴ	土壌灌水	クロロフィル増加、糖度増加、隔年結果改善	88
イチゴ		収量増加、品質向上、鉄キレートとして作用	89、126
リンゴ	葉面散布	着花増加、栄養生長促進、収量増加、品質向上	90
オリーブ	満開前葉面散布	収量増加、オイル品質向上	91
トマト	灌水及び葉面散布	クロロフィル増加、茎葉伸長、収量増加	92、73
ハウレンソウ		収穫後品質、棚もちの改善、収量増加、栄養価向上	93、94、127
キャベツ		抗酸化作用向上、フェノール含有量増加	95、103
サヤエンドウ	葉面散布	ベタイン、クロロフィル増加	92
ポテト	葉面散布	3品種において著しい収量増加、デンプン価の増加	96、97、130
コムギ、オオムギ、トウモロコシ	灌水	クロロフィル増加	92
オオムギ	種子処理	発芽率の向上、酸素利用向上、微生物86%減少	98
ナタネ		成長促進、栄養吸収向上	108
アーモンド	葉面散布	成長促進、カリウム吸収増加	109
クワ(桑)		収量と品質の著しい向上	110
ナシ(梨)		果実肥大、重量の増加、収量増加、果実細胞の緻密化	111
マンゴー		葉面積増加、N,P,K,Mg,Fe,Mn,Znの葉内含有量の増加、果実重量の増加、収量・糖度の増加、果肉の打ち身・変色防止、果実棚もちの向上(pH、酸度、可溶性固形物、糖度の保持)	112、116
ナス	葉面散布	収量増加、早期収穫、抗酸化作用増進、株あたりの果実数増加、ミネラル含有量の増加	113、121
トウガラシ		伸長、茎直径の肥大、葉数・葉面積増加、クロロフィル増加、地上部・地下部の生重量・乾燥重量増加	115

タマネギ		栄養生長促進、収量増加、発芽促進、苗の育成に効果的	117
スイカ		地上部・地下部の生重量・乾燥重量増加、根長の増加	118
トウモロコシ		根系の発達、栄養価の増加	120
ダイズ		栄養価を損なうことなく成長と収量を増加	128

#### 4. ストレス耐性を向上させた研究報告

**AnE** は、植物の非生物性ストレス耐性を向上させることが確認されています。非生物性ストレスとは、病害虫を除く要因によって引き起こされるストレスのことであり、具体的には、高温、乾燥、紫外線、日照不足、塩類濃度、低温、寒波、水分過多、強風などによるものです。**AnE** に含まれるアルギン酸、フコイダン、ラミナリン、マンニトール、ベタイン、ポリフェノールなどの多糖類やフェノール性物質等が、ストレス耐性を向上させます。

特にベタイン(グリシンベタイン)やマンニトールは、浸透圧を調整する機能を高め、干ばつ・乾燥に対するストレス耐性を高めます。ラミナリンという多糖類は、細胞内の水溶性β-D-(1-3)グルカン及びβ-D-(1-3)オリゴグルカンであり、ファイトアレキシンの誘導因子として知られています。

**AnE** の施用が、さまざまなストレス応答遺伝子を刺激し発現することを確認しました。これにより防御系の植物ホルモンであるジャスモン酸やサリチル酸、アブシジン酸、およびエチレンなどの生成と代謝が調節され、塩、低温、乾燥、熱ストレスなどに対応します。

ストレスは、植物体内で活性酸素種(ROS: Reactive Oxygen Species)の生成を引き起こします。ROSには、スーパーオキシドアニオン、過酸化水素、ヒドロキシルラジカル、一重項酸素などが含まれます。ROSは、タンパク質、脂質、炭水化物、DNAの構造を損傷し、植物の生育を阻害します。

**AnE** の施用は、ROSの除去に関連するSOD、APX、CAT、GR、GPX\*などの酵素的および非酵素的な抗酸化物質の生成を促進し、ROSの除去、クロロフィルの増加、プロリン生合成の増強などを通じて、ストレス耐性を高めます。

(※SOD:スーパーオキシドジスムターゼ、APX:アスコルビン酸ペルオキシダーゼ、CAT:カタラーゼ、GR:グルタチオンリダクターゼ、GPX:グルタチオンペルオキシダーゼ)

以下は、**AnE** の適用によってストレス耐性が向上した報告事例です。(抜粋。不明点は空欄)

品目	施用方法	結果	論文参照 No
インゲンマメ		ROSの除去、脂質過酸化の誘導、CAT活性の向上、プロリン増加により干ばつ耐性が改善	157
シロイヌナズナ		気孔閉鎖の誘導、水分利用効率の向上、葉内水分保持、アブシジン酸応答および抗酸化システム経路に関連する遺伝子発現レベルの変化により干ばつ耐性が向上	151、153
シロイヌナズナ		根の成長が58%増加、凍結耐性が向上	63、143
シロイヌナズナ		グルタチオン-S-トランスフェラーゼの発現が誘導され、塩分ストレスによる酸化損傷が軽減	177、169
オオムギ		耐寒性の向上	176
ハウレンソウ		葉内水分保持、膨圧維持、気孔調整により、干ばつ耐性向上	145
オレンジ		干ばつストレス耐性を大幅に向上	140

観葉植物(シモツケ、ハナツゲ)		干ばつストレス耐性を向上、葉のガス交換パラメーター、葉の水ポテンシャル、相対含水率の向上により葉の数、乾燥重量、植物高を増加させた	147
芝生		塩ストレス条件下において、芝生の品質、光合成効率、根長、乾燥重量、総炭水化物・カリウム・カルシウム・プロリン含量の増加	15
アボカド		栄養吸収を促進し、Ca および K イオン含量を増加させ、塩ストレス耐性を向上	156
インゲンマメ		水ストレス条件下において、プロリン代謝に影響を与え、収量と栄養価が増加	157,158
芝生(ベントグラス)	葉面散布	抗酸化活性が向上し、成長が促進され、干ばつ耐性が向上 熱ストレス耐性の向上、品質向上	134,138,139
イチゴ	葉面散布	鉄欠乏に対する耐性が増加し、果実収量が著しく増加	89
柑橘類	葉面散布 及び土壌 灌水	成長促進、茎の水ポテンシャルが向上 乾燥条件下において、苗木の成長を促進	136,140
レタス、コショウ、 トマト、ペチュニア、 パンジー		水分ストレスの緩和、初期生育の促進	137
オレンジ		干ばつ耐性が強化され、苗木の成長が維持された	140
マツ	根の浸漬	春の発根を促進し、干ばつ耐性が向上	141
ハウレンソウ		干ばつ条件下での成長、品質、および栄養価が向上	145
ノリ(藻類)		成長を促進し、海藻栽培におけるエピバイオシス(外来生物の付着)を抑制、低温ストレス耐性が向上	148,149
トマト	葉面散布	ABA および MDA 含量を低下させ、干ばつストレスへの耐性が向上	163,152
トマト		乾燥ストレス耐性の向上 塩ストレス条件下において抗酸化物質、ミネラル、必須アミノ酸の蓄積が向上し、水分保持、硝酸の吸収改善、果実の品質特性が改善 鉄欠乏条件下において、抗酸化システムが活性化され、SOD および CAT 活性が向上	152,70,154 、 164
トマト		生殖段階における熱ストレス耐性の向上	161
レタス		カリウム欠乏の影響を軽減し、成長と貯蔵性を向上	159
ダイズ		塩ストレス耐性の向上	153
ブドウ		水ストレス耐性が向上	160

## 5. 病害抵抗性を向上させた研究報告

**AnE** は様々な作物に対して、葉および土壌由来の病原体を減少させるのに効果的であることがわかりました。[16,17] **AnE** に含まれるラミナリンが抗菌活性を示し、アスコフィランという有機化合物は抗菌活性および抗ウイルス活性を示し、アセトン抽出物は顕著な抗菌活性があることが確認されました。[196,197,198,199] また **AnE** が、他の海藻抽出物よりも E.coli(大腸菌)をより顕著に抑制することが報告されています。[200]

**AnE** による病害抵抗性の向上は、**AnE** 自体の抗菌活性のみならず、植物の病原体に対する防御反応を誘発することからも理解できます。**AnE** は、以前からウイルス、細菌および真菌を含む病原体感染による重症度を減少させることが報告されています。[183,184,185]

以下は、**AnE** の適用によって病害抵抗性が向上した報告事例です。(抜粋。不明点は空欄)

品目	施用方法	結果	論文参照 No
キュウリ	葉面散布	キュウリ黒斑病菌 ( <i>Alternaria cucumerinum</i> )、斑点病菌 ( <i>Didymella applanata</i> )、つる割れ病菌 ( <i>Fusarium oxysporum</i> )、および灰色カビ病菌 ( <i>Botrytis cinerea</i> ) による真菌病原体の接種レベルが著しく減少	17
ニンジン	葉面散布	ニンジン黒斑病 ( <i>Alternaria radicina</i> ) および灰色カビ病菌 ( <i>B. cinerea</i> ) の真菌による感染率が顕著に低下	16
トウガラシ		疫病菌 ( <i>Phytophthora capsici</i> ) に対する葉の抵抗性を高める	179
キュウリ		きゅうり疫病菌 ( <i>Phytophthora melonis</i> ) の発生率が大幅に減少	18
ブロッコリー		根こぶ病菌 ( <i>Plasmodiophora brassicae</i> ) による感染が著しく抑制	186
シロイヌナズナ		菌核病菌 ( <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> ) に対する防御反応を誘発し、斑点病菌 ( <i>Pseudomonas syringae</i> ) に対するジャスモン酸依存性の全身抵抗性が誘導	187
トマト		根こぶ線虫 ( <i>M. incognita</i> ) に対する影響で、根瘤の数が減少し、感染した植物の成長が改善	188
キャベツ		ピシウム腐敗病菌 ( <i>Pythium ultimum</i> ) よりも他の有用微生物が活性化され、苗木における立枯病の頻度が低下	189
トマト、ピーマン	葉面散布	輪紋病菌 ( <i>Alternaria solani</i> ) および斑点細菌病菌 ( <i>Xanthomonas campteri</i> ) による病害の抑制率が増加し、果実収量が増加	190,14
コムギ		赤カビ病菌 ( <i>Fusarium graminearum</i> ( <i>Gibberella zeae</i> )) による赤カビ症状の重症度が低下	89
プラム		褐色腐敗病菌 ( <i>M.fructicola</i> , <i>M.laxa</i> , <i>M.frutigena</i> ) の発生率が50%減少	180
イチゴ		軟腐病菌 ( <i>Rhizopus stolonifer</i> ) の菌糸体成長を抑制し、軟腐病の発生率が最大 22.3%減少	192

## 6. **AnE** が植物の二次代謝物の生成および抗酸化活性を高める研究事例

植物の二次代謝物には、抗酸化能力を持つフェノール化学物質があります。たとえばフラボノイドは、植物における重要なフェノール化合物群を構成し、より強力な抗酸化活性を示します。このような物質が生成されることによ

り、植物は抗酸化活性が高まり、ストレスへの耐性や光合成能力、回復力が高まります。

以下は、AnE の適用によって二次代謝物の生成や抗酸化活性が向上した報告事例です。(抜粋。)

品目	結果	論文参照 No
牧草、芝生	SOD、GR、APX の活性、およびアスコルビン酸、β-トコフェロール、β-カロテンなどの非酵素抗酸化物質が増加	202
ハウレンソウ	フラボノイド合成が刺激され、全フェノール含有量 (TPC)、総フラボノイド含有量 (TFC)、および全抗酸化活性が増加し、栄養価が高まる	175
キャベツ	TPC および TFC が顕著に増加	103
ブドウ	アントシアニンの増加	125
イワシモツケ、レモンウッド	乾燥ストレス下でフェノールおよびプロリン濃度とフラボノイド含有量が増加	147
プラム	総フェノール含有量 (TPC) が増加	180
ブロッコリー	TPC、シナピン酸、およびケルセチンレベルが増加	208
オクラ	乾燥ストレス下でカロテノイド含有量が顕著に増加	172

## 7. 土壌への影響の研究報告

AnE は、土壌の保水力、塊状構造、通気性、毛細管現象を改善し、土壌微生物の活動を増加させ、またミネラルの利用可能性と同化作用を向上させることが確認されています。

以下は、AnE が土壌に与える影響の研究報告事例です。

項目	効果	論文参照 No
土壌構造	団粒構造の改善、通気性の向上	
土壌微生物	根圏微生物群集の多様性向上、マメ科植物の健康で機能的な根粒の形成促進	26,218,26
水分保持力	毛細管現象の改善 アルギン酸は、土壌中の金属イオンと結合し高分子量のポリマーを形成し、土壌の通気性と保水能力を向上させる	5,166,218,219

## まとめ

AnE (アスコフィラム・ノドサム抽出液) の適用は、持続可能な農業を実現するために重要な役割を果たすことが期待されています。これまでの研究結果は、AnE が植物の成長、収量、品質、ストレス耐性、病害抵抗性、そして土壌の健康に対して多大な貢献をすることを示しています。今後も研究が進められることで、さらなる有用性が確認され、農業分野での利用が拡大することが期待されます。

## 本資料について

本資料は、「Ascophyllum nodosum (L.) Le Jolis, a Pivotal Biostimulant toward Sustainable Agriculture: A Comprehensive Review」の日本語要約です。株式会社大地のいのち サンビオティック農業資材事業部 生田智昭が翻訳、作成しました。不明点または論文参照 No は、原論文にて確認してください。2024.8.30