

植物発育論 第13回 障害・ストレスと発育 その1 ストレスの概念と生物学的ストレス

予習1. ストレスということばはいまや日常でふつうに使われることばになっているが、もともとは医学用語である。

① ストレスと聞いて（辞書やインターネットは使わないで）思いつくことを自由に書け。箇条書きではなく、できる限り、ストーリーのある文章（個人的なことでもよい）を書くのがよい。

物理学用語として応力。物体が加重を受けたとき、加重に応じて物体の内部に生じる抵抗力。現れ方により、圧力、張力、ずれ応力などがある

② ホームページにいくつかの文献からストレスの定義を引用した。このストレスの定義を読んで、①で書いたことと比較してどう考えたかを書け。

ストレスは「物体に圧力を加えることで生じる歪み」を意味する物理学のことばであったが、1936年カナダの生理学者セリエがストレス学説をネーチャーに発表。外界の刺激に対する生体の反応すべてをストレスという。

広辞苑では、医学用語として、「種々の外部刺激が負担として働くとき、心身に生ずる機能変化。ストレスの原因となる要素（ストレッサー）は寒暑・騒音・化学物質など物理化学的なもの、飢餓・感染・過労・睡眠不足など生物学的なもの、精神緊張・不安・恐怖・興奮など社会的なものなど多様である。」と説明されている。さらに「俗に、精神的緊張をいう ストレスがたまる」という説明もある。

ストレスとは、生物学的には何らかの刺激によって生体に生じた歪みの状態を意味している。元々は材料力学上の言葉で例えばスプリングを引き伸ばしたり、ゴム球を押し縮めたりした時にその物質の内部に生じた応力の事を言う。起源

生物学辞典（岩波書店）では

[1] 広く生物の個体あるいは群れにおいて、多少とも圧迫・傷害的な外力によっておこされる歪的状态。植物では乾燥ストレスなど、動物では捕食などによるストレスがある。

[2] 動物体に有害な作用因によりひき起される非特異的・生物学的な緊張、すなわちひずみ(stress)のかかった状態。その作用因をストレッサーとよび、寒冷にさらされた場合の生体の反応からこの概念がつけられた。H. セリエ(1936)がストレス説として提唱。ストレスは炎症のように局部的であることもあり、汎適応症候群のように全身的であることもあるが、どの場合にも作用因の種類によらず、つねに同一である生体の反応であり、本来適応的な意味をもつと解される。しかし、ストレスが動物体にとって破壊的に働く面も現われうる。この状態を適応病という。ストレスの際には、視床下部 - 下垂体 - 副腎皮質系の活動が高まり、これらの器官によるホルモン分泌が増大する(→ストレス説)。また免疫系にも影響を与え、したがって生体防御機構などにも変動をおよぼす。

何らかの刺激（ストレッサー）によって生体に生じる生理的なひずみとこれに対する非特異的な生体の反応をいう。寒冷、暑熱、薬品、炎症、感染、疲労、不安などさまざまな刺激がストレッサーになりうる。（百科事典マイペディア）

1. ストレスとは？

① ストレスの定義

日常生活では精神的な緊張をストレスという。しかし、もともとは応力（英語で **stress**）という物理学の概念をもとにセリエという生理学者がストレス学説を提唱したことに始まる。

種々の外部刺激が負担として働くとき、心身に生ずる機能変化。ストレスの原因となる要素（ストレッサー）は寒暑・騒音・化学物質など物理化学的なもの、飢餓・感染・過労・睡眠不足など生物学的なもの、精神緊張・不安・恐怖・興奮など社会的なものなど多様である

生物学では、広く生物の個体あるいは群れにおいて、多少とも圧迫・傷害的な外力によっておこされる歪的状态。植物では乾燥ストレスなど、動物では捕食などによるストレスがある。
(岩波生物学辞典)

植物の外からの圧迫的・傷害的な刺激（**ストレス因子**，**ストレッサー**）によって、植物が何らかの反応を示した状態を（**ストレス**）と呼ぶ。

② ストレスの経過

図1：ストレス条件下の植物はいくつかの特徴的なフェーズを示す。（**驚動**）期はストレスがかかり、植物が不安定になり、機能が低下した時期である。ストレスに反応し、植物がそれに対抗できるようになると（**抵抗**）期に入る。植物がストレスの原因に適応できるようになることを（**順化**）という。ストレスが長すぎると、植物は末期的な疲弊した状態となり、これを（**病弊**）期という。ストレスの原因が除かれるあるいは軽減されるとストレスから徐々に回復していき、これを（**再生**）期という。

図1 ストレスに応答して起こるべきごとのフェーズモデル。ストレスによって機能が低下する驚動期、この低下が補償される補償期、補償機能以上のレベルのストレス耐性が備わる順化期、さらにストレスが続くと植物は病弊期に入り、不可逆的な傷害を受ける。

③ ストレスの程度と回復

図2: ストレスの程度が弱いあるいは短期間であるとストレスの原因が除かれると回復する。しかし、ストレスの程度が強いあるいは長期間にわたるとストレスの原因が除かれても元のレベルまで機能を回復できなくなる。

マラソンランナーに例えると一時的なストレスは途中しばらく走る速度が落ちるが、再びもとの速度で走れること、慢性的なストレスはもとの速度では走れなくなったことに対応する。走る速度を植物の一日あたりの光合成量などに対応させることができる

αに植物
αに回復
α)が,

④ ストレスと植物の応答・反応

図3: 植物のストレスへの応答・反応に関わる要因は多数あり、しかもそれらが複雑に関係し合っている。ストレスの(**激しさ**), (**継続性**), (**暴露される回数**), ストレスの(**組み合わせ**)はそれぞれ植物に与える影響が異なる。さらにストレスに遭遇したのがどの器官あるいは組織であるのか、いつの発育段階なのか、遺伝子型はどうかによって植物の反応はさらに異なる。それらの総合された結果、植物がストレスに対して耐性を示すことができれば、生存し、さらに成長することもできる。一方、ストレスに対して十分な抵抗性を示すことができない(感受性があるともいう)ならば、植物は衰え、枯死することになる。

⑤ ストレス抵抗性の種類

植物のストレスに対する抵抗性は大きく分けると2つある。この両者は厳密に区別できるものではない。また、両者が効果的に組み合わせられたときにもっともストレスに対する抵抗性が発揮できる。

ストレス（**回避**）性

環境ストレスが発生しても、植物自身はストレスを受けないようにする性質である。乾燥条件下においても植物自身は水不足に陥らないようにするには、根を深くはる性質、気孔を効果的に開閉して水の損失を防ぐ性質などが考えられる。あるいは高温や低温に遭遇したら、温度条件の好適な時期まで開花させない性質などもストレス回避性に相当する。

ストレス（**耐**）性

環境ストレス自体に耐える能力である。植物内の水が不足したときに体内の浸透圧を高めて、細胞の膨圧を維持する能力などである。

細胞選抜

病原菌の毒素を入れたり、高い塩分濃度にした培地に放射線や変異誘発物質によって突然変異を起こした植物細胞群を培養し、生き残った細胞から再生個体を得る育種選抜方法を細胞選抜という。この方法でトマト青枯病抵抗性の個体を作成した例もある一方、ほとんどの場合、細胞選抜で得られた抵抗性のある細胞は、再生個体になると真の抵抗性を見せなかった。特に耐塩性、耐冷性の個体を選抜しようと、細胞選抜してもよい結果はほとんど得られなかった。

細胞選抜ではストレスに対する抵抗性のうち、耐性しか選抜できない。さらにストレスは特定の発育段階にもっとも強く影響することが多いので、未分化の細胞を選抜する細胞選抜では特定の発育段階での耐性が強いかどうかまではわからない。

ストレスに抵抗のある植物を育種する上では最終的には実際の現場で抵抗性があるかを検定する必要がある。

2. 植物はどれだけストレスにさらされるか?

① ストレスの種類

大きく分けると以下の2つにストレスを分類できる.

(**生物**) 的ストレス (biotic stress)

微生物による病害, 昆虫による食害, 雑草害など

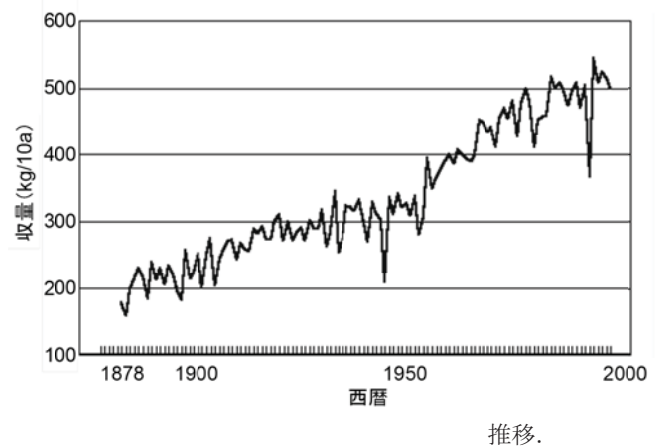
(**非生物**) 的ストレス (abiotic stress)

乾燥, 高温, 低温, 冠水, 強風, 塩(えん), 重金属, 酸性土壌, 強い光, 紫外線, 酸素不足, オゾン, 放射線など

自然界でもストレスは植物の生育に大きく影響する. しかし, 作物生産は大きくストレスによって制約されている.

② ストレスはどれだけ農業生産に影響しているか?

日本の場合, 水稲では冷害, 台風, 洪水などによる気象災害によるものが多いが, 気象災害に病虫害が複合した場合, 甚大な被害が発生する. 1つのストレスが単独で作物の収量を低下させることも多いが, 複数のストレスが複合した場合, 著しい減収を受けることがある (水稲における冷害の時のいもち病の発生)



さらに現実には農薬で減収や品質の低下を抑えているが、農薬を使用しなければ果樹などはほとんど出荷金額がなくなってしまう。

③ 特定の発育段階にストレスに弱い

ストレスは植物の特定の発育段階にとくに大きな影響を与える。多くの作物では（**発芽**）・（**出芽**）,（**開花**）のときにストレスに弱い。

ダイズの場合、鳥の食害、風害、冠水害などさまざまな障害・ストレスが出芽期に起こる。

苗を作ることによって回避する場合も多い

開花

開花期には種々のストレスを受けやすい。花粉の形成は温度（高温、低温）による障害を受けやすい。種子の形成時には微生物や害虫、鳥の被害も受けることも多い。さらにイネ科では穂についたままの種子が雨や倒伏などで発芽する穂発芽も起こる。

図7：温度障害は特定の発育段階で起こる。イネの場合、出穂・開花期に35℃以上の高温に遭遇すると深刻な影響がある。

3. 生物的ストレス

① 微生物によるストレス (病気)

ウイルス, 細菌, 糸状菌などの微生物によって病気が起こる. 植物の発育段階によって, 発生しやすい病気がある. 農業においては収穫対象の部位に病気が発生すると収量が大きく低下するばかりでなく, 収穫物の品質も大きく損なわれる.

イネのいもち病

穂イモチは大きな被害を起こす.

コムギの赤カビ病

略

赤かび病は穂に起こる病気である. マイコトキシン(かび毒)を作るので検査がきわめて厳しい

② 虫害 (昆虫などによる障害・ストレス)

昆虫と食性 (吸汁性と咀嚼性)

昆虫はその食性によって, 口器を始め, 消化器などを適応させている場合が多く, 食性の幅が小さいことも多い. 植物において栄養価の高いところは葉もしくは師管中を流れる液であり, 葉を食べるものは咀嚼できるように, 液を吸うものは師管に口を差し込めるようになっている.

葉に含まれる栄養は植物によって大きく変わらないので, 昆虫がどの植物の葉を好んで食べるかはむしろ, 植物の葉に含まれる有毒物質などを昆虫が解毒できるかといったようなことで決まっているらしい (キャベツのシニグリンを好むモンシロチョウの幼虫).

カメムシと斑点米

イネの実りつつある種子を吸汁するカメムシは斑点米の原因となる. イネが出穂・開花するまで, これらのカメムシはイネ科雑草などの穂を吸汁している.

③ 雑草害

雑草とは？

雑草の定義の仕方は2つあり、ひとつは人間側の価値判断に基づく定義で、「人が望まないところに生える植物」、「作物生産などの人間の活動を妨害する植物」というもの。

もうひとつは雑草の植物としての特性に焦点を当てた定義で、「人間の活動などによって攪乱された土地に生える植物」などである。

雑草性には、種子が多い、種子に休眠がある、発芽が不斉一、種子の散布機能、栄養繁殖能力など

雑草をまったく防除しないと作物の収量は大きく減少する。苗を移植することによって比較的雑草害を受けにくい水稲移植栽培でも（20～40）%減収し、水稲の直播栽培では（70～90）%減収すると試算されている。

雑草の繁殖方法によって、（一）年生雑草は頻りに耕起されるような条件で強く、（多）年生雑草は果樹園など耕起の少ない条件で多い。近年、休耕田が増加し、多年生雑草が増加している。

作物の（初期）生育時は草丈が低いので、雑草と光を競合するため、雑草害を受けやすい。

図10 雑草害発生の仕組み。ここでは直接的な雑草害についてのみ示した。雑草の発生による作物の生育環境の悪化（地温の低下、通風の悪化など）による雑草害は除いてある。

さらに植物におけるストレスについて基礎的なことを学びたい人は

植物の生化学・分子生物学 22章 非生物ストレスに対する植物の応答 学会出版センター P1053～1092

植物生態生理学 6章 ストレスと植物 シュプリンガー・フェアラーク東京 P233～333

生物的ストレスをさらに学びたい人は

稲の病害 第I章 総説 P35～139 全国農村教育協会

雑草学総論 II. 雑草 P13～P125, III. 雑草害 P126～177 養賢堂

原色雑草の診断 雑草の診断と防除の基礎知識 P100～125 農山漁村文化協会

生物資源科学部の講義には植物病理学概論、天敵学、総合防除学などたくさんの講義ありますので、ぜひ聴講することをおすすめします。

生物と生物の化学物質を介した関わりに興味を持った人は

化学生態学 ハルボーン 文永堂

生物たちの不思議な物語 深海浩 化学同人

小テスト (5分) (学生番号)

(氏名)

1. 次の () を適当な語句で埋め, { } は適切な語句を選べ.

① 植物へのストレスは大きく分けると (**生物**) 的ストレスと (**非生物**) 的ストレスに分けられる. 前者の例として微生物によるストレス, (**昆虫**) によるストレス, 雑草によるストレスなどがある. 後者の例として, (**乾燥**), (**高温**) などがある.

② 植物は, { いつでも同じように ・ **特定の発育段階にとくに** ・ きまぐれに } ストレスの影響を受ける. 特にストレスを受けやすい発育段階として, 例えばダイズでは鳥の食害, 風害, 冠水害を { 収穫期 ・ 開花期 ・ **出芽期** } に受けやすい.

③ ストレスに対する抵抗性は大きく分けると 2 つに分けられる. ひとつは環境ストレスに自体に耐える能力であるストレス (**耐性**) であり, もうひとつは環境ストレスが発生しても, 植物自身はストレスを受けないようにする性質であるストレス (**回避性**) である.

2. 授業に対する意見・感想・要望などがあれば書いてください.

次回の予習課題（学生番号）

（氏名）

予習課題は正解かどうかは採点しません。自分でじっくり考えて書いていれば内容が間違っていたとしてもかまいません。

ホームページ（<http://www.ipc.shimane-u.ac.jp/food/kobayasi/sub7.html>）も参考にしてください。

1. 作物の生産において、環境ストレスは大きな制約要因となっている。砂漠化、塩類集積、地球温暖化などのニュースを新聞、雑誌、インターネットなどから探してきて、その内容を簡単に要約し、次にその記事を読んで考えたことを自由に書け（400字以上で）。

出典元：

をみて
