

ら、もう雑草だらけになる。ブッカケ屋とばかにされるが、育種事業と同様、事業としてやってゆかねばならない。土壌処理は不安定な面があるので、DCPAのような茎葉処理剤の開発が必要と考えられる。もし、日本で売れなければ、外国に売ればよい。

はしがきにもどるが、どうも、ウイスキーを

のんではねる私にはキザはにあわなかったようである。もう1、2カ月居られたら、あのあけびろげのアメリカ人と同様に、キザを意識しないキザな男になれたかもしれない。

書きなぐりの原稿、まちがいやご意見がありましたら、お手紙下さい。

水田雑草種子の休眠・発芽・出芽

農林省農事試験場作物部雑草防除第1研究室 古谷勝司

雑草防除技術を確立する上で、雑草の生態的特性の解明が重要なことは言うまでもない。本稿では多年生雑草をも含めて、水田雑草種子の休眠・発芽・出芽などの特性について、既往の研究成果を概観してみたい。

1. 休 眠

雑草は程度の差こそあれ、大部分の種子が休眠性を持っている。休眠の期間は種の遺伝的特性と環境条件によって決まり、数週間のものもあれば、もっと長いものもある。

(1) 一次休眠

種子の一次休眠は成熟後日数の経過とともに浅くなっていく。荒井ら¹⁾は、発芽条件と発芽率との関係からタイヌビエ種子の一次休眠覚醒の段階を第1表のような5段階に分類した。そして、第1期は種子の落下後の地温が発芽温度内で、休眠の覚醒がほとんど進行していない段階であり、晩秋から冬にかけて気温が低下し、地温が発芽温度以下になると休眠の覚醒が進行する。この進行は気象条件と土壌水分条件によ

って異なり、低温条件が長い条件や土壌水分の多い条件では、冬季間に休眠が完全に覚醒し、第5期まで進み、春には種子は環境休眠の状態で存在する。しかし、冬季の低温期間が短い条件や土壌水分が少ない条件では、休眠覚醒の進行は遅く、種子は第2～4期の状態にとどまる。そして春からの温度上昇に伴う変温や稲作の開始に伴う湛水すなわち低酸素条件で、種子は完全に休眠から覚める。

ケイヌビエの休眠覚醒段階については、高橋²⁾は次の4段階に分類している。①深い休眠段階——条件のいかんにかかわらず発芽しない。②

第1表 タイヌビエ種子の一次休眠覚醒の段階

一次休眠覚醒の段階	炉紙上の発芽		凍結処理による休眠覚醒	湛水土中埋没処理による休眠覚醒
	30℃	変温		
第1期	なし	なし	なし	なし
第2期	なし	なし	なし	覚 醒
第3期	ほとんどなし	ほとんどなし	大部分覚醒(変温をと) もなつて	〃
第4期	わずかに発芽	大部分発芽	〃	〃
第5期	発芽	発芽	——	——

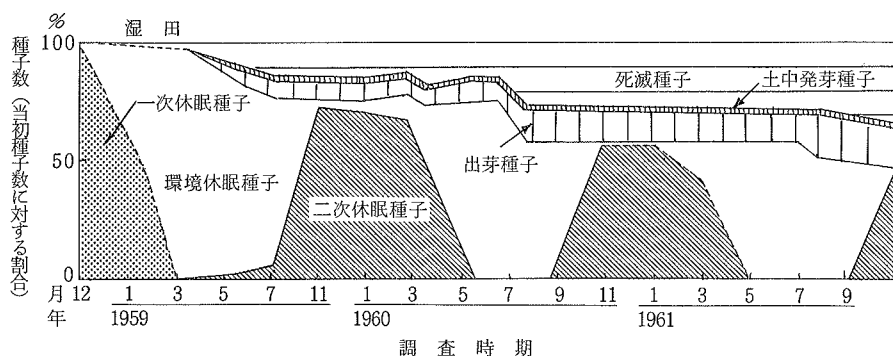
覚醒初期段階——高温下吸水条件の処理で一時的に二次休眠の現象が起こる。③覚醒後期段階——変温条件下で発芽する。④覚醒完了段階——恒温条件下で発芽する。①から④の段階に至るまでは不可逆的に進行し、④の種子は再び休眠に入ることなく、発芽環境によって発芽するが、環境条件が満たされなければ、ある期間を経て発芽力を失なう。

筆者ら³⁾が、畑水分条件で経過した野生ヒエの休眠覚醒時期について比較してみると、イヌビエ有芒種（別名ケイヌビエ）はヒメイヌビエやタイヌビエより1～2カ月早く休眠から覚醒するようである。

タマガヤツリでは休眠が浅く、5～30℃、湿润～風乾のいずれの貯蔵条件でも成熟後短期間のうちに斉一に発芽可能となった。また、コナギ・キカシグサ・アゼナなども5℃、湿润では比較的短期間で休眠の覚醒がみられた⁴⁾。

なお、畑雑草のメヒシバ種子では、休眠が覚醒するにしがたって、まず明下・変温で発芽が可能となり、次いで明下・定温でも発芽し、さらに暗下・変温、そして休眠から完全に覚醒すれば暗下・定温でも発芽可能となる⁵⁾。このような休眠覚醒段階をたどる雑草は水田雑草にもあると思われるが、明らかにされていない。

(2) 二次休眠



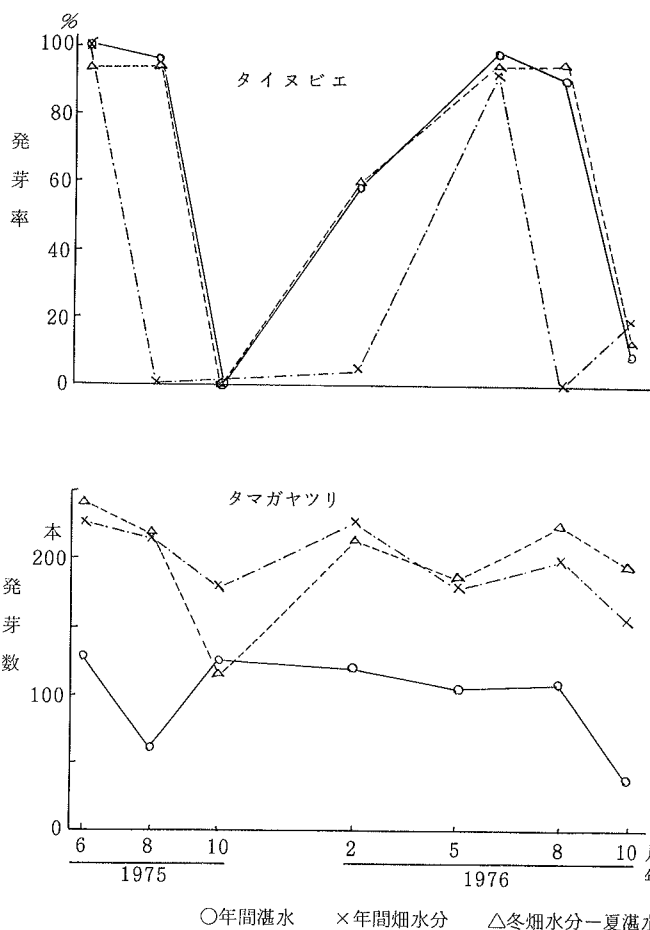
第1図 湿田におけるタイヌビエ種子の生存状態

一次休眠から覚醒した種子が発芽に不適な環境下にあると二次休眠に入る場合がある。宮原によると、タイヌビエ種子では夏季の高温・湛水条件によって二次休眠に入り、一次休眠と同様に、秋から春の間に低温と稲作の開始に伴う湛水によって覚醒する。この休眠と休眠覚醒の繰り返しは種子の寿命のある限り続くものと考えられる（第1図）。ヒメイヌビエ⁷⁾では二次休眠が認められているが、ケイヌビエ²⁾では認められていない。タマガヤツリ（第2図）・コナギ・キカシグサなどでは二次休眠はないか、あっても極めて浅いものと考えられる。なお、タイヌビエ⁶⁾やヒメイヌビエ⁷⁾の二次休眠の覚醒時期は畑水分条件では一次休眠の覚醒時期より早い傾向にある。

(3) 休眠の人為的覚醒方法

休眠を人為的に覚醒させる方法の究明は休眠の作用機構の解明、発芽可能な実験材料の確保、ひいては休眠の人為的コントロールによる雑草防除法の確立に役立つものと考ええる。タイヌビエ⁶⁾、ケイヌビエ²⁾、ヒメイヌビエ³⁾、イヌホタルイ⁹⁾、コナギ⁴⁾などで明らかにされているように、これらの夏雑草の種子は5℃前後の湿润処理によって、いずれも休眠から覚醒する。なお、湿润処理の場合、タイヌビエ⁶⁾のように湛水でも畑水分でもよいものと、イヌホタルイ⁹⁾

のよう
に湛水
より畑
水分の
方がよ
いもの
がある。
以上
のほか、



第2図 発芽数の季節的推移

タヌキビエでは、採種後間もない時期の休眠の極めて深いものを除いて、30℃の湛水土中埋没処理で休眠は1～2週間後には覚醒される。しかし、この状態を1カ月も続けると再び休眠に入ってしまう。一方、前述の低温の湿潤条件では休眠の覚醒は緩やかであるが、そのままの状態に保っておいても、数カ月間は休眠から覚醒した状態にある。また、野生ヒエは30～45℃の乾燥条件でも休眠から覚醒する。とくにケイヌビエ²⁾やヒメイヌビエ³⁾で効果が高い。

2. 発 芽

発芽に及ぼす環境要因の影響については、お

およそ次のような点が明らかにされている。

(1) 温 度

種子の発芽には最低温度・最適温度・最高温度があって、これは種特性として植物の種類によって異なる。第2、3表は主な水田雑草の発芽の最低温度、最適温度などを示したものである。水田一年生夏雑草で低温発芽性のものはタヌキビエ・イボクサ・タデ類など、多年生雑草ではマツバイ・ミズガヤツリなどであり、これらの発生時期は早い。野生ヒエについて比較してみると、イヌビエ有芒種やヒメイヌビエの発芽最低温度は10℃で、タヌキビエの13℃より低かった(第3図)。これに伴ない発生始期も畑水分状態ではタヌキビエが前二者よりやや遅い傾向にある。

タヌキビエについて温度の発芽

日数との関係を見ると、25～40℃では置床1日後に発芽するが、発芽最低温度に近い15℃では6日後に発芽が始まり、2週間後まで続く¹²⁾。ケイヌビエでは、発芽適温の30～33℃では発芽が斉一であったが、20℃より低温の場合には発芽が不斉一で長期間を要したい²⁾。

休眠から完全に覚めていない種子では定温より変温で発芽率が高くなるものが多いようである^{1, 2, 13)}。発芽率を高める変温条件としては、ヒメイヌビエでは変温域の下限が5～15℃の場合には、10℃以上の変温幅が必要であった¹³⁾。

種子の発芽適温域は休眠から完全に覚めていない種子とか、古い種子では狭くなる傾向にあ

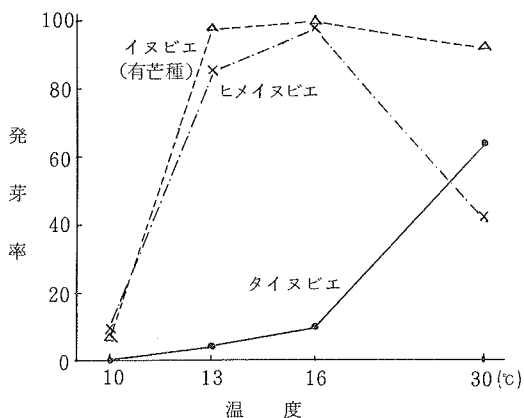
第2表 水田雑草の種子・栄養繁殖器官の発芽温度¹⁰⁾

雑 草 名	最低温度	最適温度	最高温度	研 究 者
タイヌビエ	10～15℃	30～35℃	40～45℃	荒井ら(1962)
ケイヌビエ	10	30～33	42	高 橋(1974)
マツバイ(根茎)	5前後	30～35	40～45	下 島(1967)
ウリカワ(塊茎)	10	25～30	30～35	小島ら(1972)
ミズガヤツリ(塊茎)	10	30	40～45	山 岸(1974)

第3表 水田雑草の出芽始期温度¹¹⁾

雑 草 名	気 温	水 温	積 算 温 度*	
			気 温	水 温
ミズハコベ, ヘラオモダカ, イボクサ	8℃	13℃	83.5 (4/30～8/2)	105.2℃ (5/10～8/2)
タイヌビエ, コウガイゼキショウ, キクモ, マツバイ, キカシグサ, チョウジタデ	9～10	14～15	139.4 (5/10～8/2)	168.6 (5/10～8/2)
ヒロハイヌノヒゲ, ハリイ, ミゾハコベ, アゼナ, オモダカ	11～12	16～17	144.8 (5/10～8/2)	174.2 (5/10～8/2)
タマガヤツリ, サワトウガラシ	13～14	18	166.7 (5/10～6/10)	215.7 (5/10～6/10)
コナギ, アゼトウガラシ	15～16	19	155.3 (5/20～8/2)	185.3 (5/20～8/2)

注) (1) 播種4月20日, 気温, 水温は出芽始めを含む前5日間の平均温度.
 (2) *出芽の遅延がみられなくなる時期以降の積算温度の平均値.
 () 内はその期間を示す.
 (3) ——— 多年生雑草.



第3図 野生ヒエの温度と発芽率との関係

る。タイヌビエの場合, 休眠から完全に覚醒した種子では, 30℃で約100%, 15℃でも2週間で約50%の発芽率であった¹²⁾のに対し, 休眠か

ら完全に覚醒しておらず, 30℃で約60%の発芽率であった種子では, 16℃2週間で10%以下の発芽率で, 低温域で発芽率が著しく低下した³⁾。

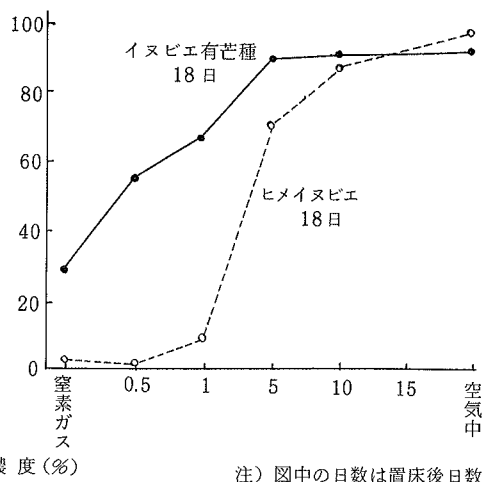
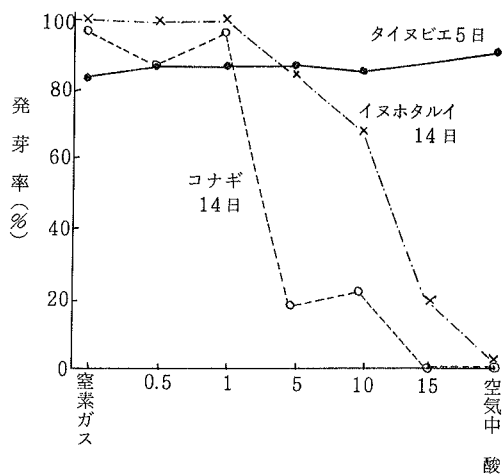
(2) 土壌水分と酸素濃度

荒井ら¹⁴⁾は主要な耕地雑草を土壌水湿適応性によって分類しているが, これによるとタイヌビエ・

カヤツリグサなどのように畑水分状態から湛水状態まで発芽できるような土壌水湿適応性の大きいものもあれば, コナギやミゾハコベのように湛水状態でしか発芽できないものもある。宮原¹⁵⁾によると, タイヌビエの発芽は土壌水分が容水量の70～95%の比較的土壌水分が多い畑状態で最も良好であり, それ以下の土壌水分で発芽が著しく不良となる。また, 容水量の100%以上では水分過多による酸素欠

乏で発芽が抑制される。

水田雑草の中には高土壌水分下で発生するものが多いが, これらは低酸素濃度下で発芽することが知られている。片岡ら¹⁶⁾によると, 第4図のように, タイヌビエは酸素がほとんどなくても大気中と大差ない高い発芽率を示した。コナギでは新しい種子を用いると酸素濃度0～1%で発芽率が高く, 酸素5%以上では発芽率が著しく低下した。イヌホタルイは酸素濃度0～10%で発芽率が高く, 15%以上になると低下した。一方, イヌビエ有芒種とヒメイヌビエは酸素がほとんどない条件では発芽率が低く, 酸素濃度が5%以上にならないと高い発芽率とならなかった。特に, イヌビエ有芒種よりヒメイヌビエの方が発芽時の酸素要求度が高かった。千坂ら⁴⁾



第 4 図 酸素分圧と発芽率との関係

も、コナギについては上記と同じような傾向を認めており、また、タマガヤツリ・アゼナ・キカシグサなどは酸素濃度 0% では発芽せず、5~10% で高い発芽率を示した。大気中ではタマガヤツリは高い発芽率を示したが、アゼナ・キカシグサは酸素濃度 5~10% より大気中で発芽率が低かった。

以上のように、タイヌビエ・コナギ・イヌホタルイなどは低酸素濃度下で発芽するが、酸素濃度が 1% 以下では発根が悪く、また幼芽は緑化しない¹⁶⁾。

タイヌビエの湛水土壤中での発芽は酸素の供給程度により変化し、 Eh_6 が 300~400mV 以上では発芽が良好であるが、それ以下になると Eh_6 の低下に伴ってほぼ直線的に発芽歩合が低下する。その程度は種子の土壤中における位置や温度などによって多少変化する。一般に土壌表層の種子は Eh_6 の低下に伴う発芽率の低下の程度が小さい。そして、 Eh_6 が 100mV 以下になるとほとんど発芽しなくなる (第 5 図)。

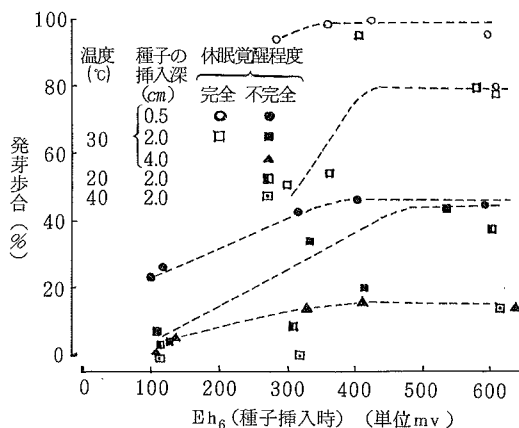
低酸素濃度下でしか発芽しない種子の発芽方法としては、攪拌した湛水土壤の表面または表層に播種するか、インキュベーションチューブ

のような容器に種子を入れ、気泡の入らないように水を満たして密栓をしておく⁴⁾。

(3) 光

一般に、発芽が光によって高まるのは、休眠の項で述べたように、休眠が完全に覚醒されていない場合である。

水田雑草で暗下より明下で発芽率が高いこと



第 5 図 土壌の Eh_6 がタイヌビエの発芽に及ぼす影響¹²⁾

が明らかにされた雑草はコナギ・キカシグサ・タマガヤツリ⁴⁾・ケイヌビエ²⁾・ヒメイスビエ¹³⁾・タイヌビエ³⁾ などである。古谷ら³⁾ によると、野生ヒエの場合、明下と暗下で発芽率の差が最

も大きかったのはヒメイヌビエで、次いでイヌビエ有芒種、タイヌビエの順であった。ヒメイヌビエとイヌビエ有芒種では16, 23, 30℃のいずれの温度でも暗下より明下で発芽率が高かったが、特に、低温の16℃でその差が大きかった。タイヌビエでは23, 30℃では明下と暗下で差がなく、16℃で暗下より明下で発芽率がわずかに高かった。一般に、渡辺ら¹³⁾も畑雑草について報告しているように、明下と暗下の発芽率の差は低温下で大きいようである。

さて、光要求性のある種子の場合、どの程度の光量が必要であるのか。ヒメイヌビエでは660.5nm・40μワット・1分間照射で発芽率が著しく高まり¹⁷⁾、また、ケイヌビエでは1分間自然光照射で暗下より発芽率が高まった²⁾。光に対する感應程度は、畑雑草のメヒシバ⁵⁾で明らかにされているように、一般に種子の状態によって異なり、休眠から覚醒した種子ほど短時間または少量の光で感應するものと考えられる。

光質についてみると、一般に赤一橙一黄のような波長の長い光線が発芽を促進するといわれている。ヒメイヌビエは単色光の作用スペクトルをみた結果、660.5nmで発芽が促進された¹⁷⁾。

3. 出 芽

種子が発芽し、それに引き続いて幼芽が土中伸長して地表に達すると出芽に至る。発芽した種子の出芽に及ぼす要因については次のような知見が得られている。

(1) 種子 重

雑草の出芽深度が種子重と密接な関係を持っていることは容易に推測できる。まず、種子の出芽深度と関係が深いとみられる幼芽の暗所伸長量をみると、タイヌビエでは最高13~14cm、平均8~10cmであった¹⁸⁾。

野田ら¹⁹⁾は、畑水分状態において種子重の重いケイヌビエやタイヌビエなどは軽いカヤツリグサなどより出芽深度が深く、種子重量と出芽深度との相関がかなり高いことを認めている。

因みに主要な水田一年生雑草の種子重は第4表のとおりで、野生ヒエを除いて小粒種が多い。

第4表 種子千粒重⁴⁾

雑 草 名	完熟風乾種子の千粒重
タ イ ヌ ビ エ	2,955.0 mg
タ マ ガ ヤ ツ リ	16.5
コ ナ ギ	165.6
キ カ シ グ サ	15.9
ア ゼ ナ	4.0
ア ブ ノ メ	5.7

(2) 土壌水分

発芽の土壌水分の項で述べたように、酸素濃度が低いと、発芽してもその後の生育が非常に悪いという現象がある。荒井ら²⁰⁾によると、タイヌビエは発芽適温の湛水土壤では発芽が良好であったが、土壌の還元化の進行が早いので出芽率が低くなった。低温条件では還元状態になるのが遅いので、出芽率は適温下より高かった。イヌビエ有芒種やヒメイヌビエなどは湛水中の土壤表面または極く表層では発芽するが、長期間湛水状態にあると枯死することが観察された。片岡ら²¹⁾は、湛水中の土壤表面下2~3cmでコナギやイヌホタルイが発芽して、出芽できない状態にあるのを認めている。

従来の出芽深度についての報告では、発芽しないのか、発芽して出芽しないのか不明であるが、片岡ら²²⁾によると、湛水下ではタマガヤツリ・キカシグサなどは地表下0.5cm以内からしか出芽しなかった。コナギでは地表下1cm前後から出芽した。湛水下においてタイヌビエ¹⁵⁾は地表下3cmくらいから出芽するが、ケイヌビエ²⁾では地表下1cmになると出芽はわずかであった。

畑水分条件ではタイヌビエ・イヌビエ有芒種・ヒメイヌビエは地表下8 cmぐらいからも出芽する²¹⁾。

(3) 土壌の硬度

湛水田の場合には土壌水分が高いので、土壌硬度が、出芽の阻害要因となっているとは考えにくい。乾田直播などでは大きな土塊の下で出芽できずに、出すくみ状態にあるのをしばしば見かけるが、土壌硬度と出芽との関係については明らかでない。

4. 出芽消長

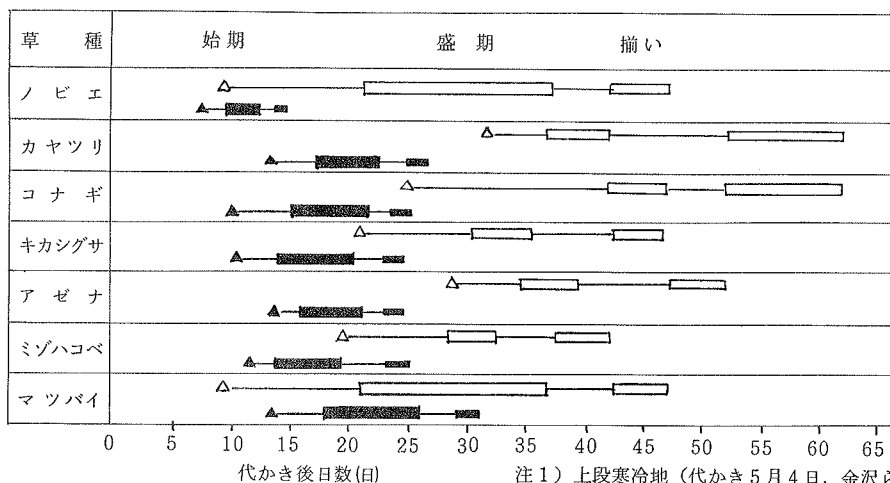
雑草の防除の困難な理由の一つとして、出芽がだらだら長期にわたることが上げられる。この出芽消長は種の生態的特性と温度、土壌水分、種子の土中分布、耕種法などの条件によって左右される。

第6図は寒冷地と温暖地の湛水直播における出芽消長を比較したものである。これによると、代かき後から雑草の発生始期までの日数および出芽始期から出芽揃までの期間が温暖地より寒冷地で著しく長いことが分かる。主要雑草の平

均出芽期間は寒冷地では24～31日であるのに対し、温暖地では13日であった。タイヌビエの出芽始期は寒冷地・温暖地とも他の草種より早いですが、出芽始期から出芽揃までの期間は温暖地では短く、10日以内であるのに対し、寒冷地では約40日であった。温暖地でもカヤツリ類・コナギ・キカングサなどは出芽揃までの期間が比較的長い。

野生ヒエについて出芽消長を比較してみると、畑水分状態ではイヌビエ有芒種はタイヌビエやヒメイヌビエより休眠から早く覚醒し、しかも低温発芽性なので、出芽が斉一となる傾向にあった。湛水して代かきすると3草種間の差が少なくなり、タイヌビエも出芽が斉一となった(第7図)。

種子が春の発芽温度になる時期までに完全に休眠から覚醒していないので、発芽に変温や光が必要な休眠覚醒段階にあるならば、種子は適当な変温に遭遇して発芽が促進されたり、耕起や代かきによって光を受けて発芽が促進されたりすることも考えられる。また、タイヌビエ⁶⁾のように、冬期間土壌が乾燥していて休眠覚醒

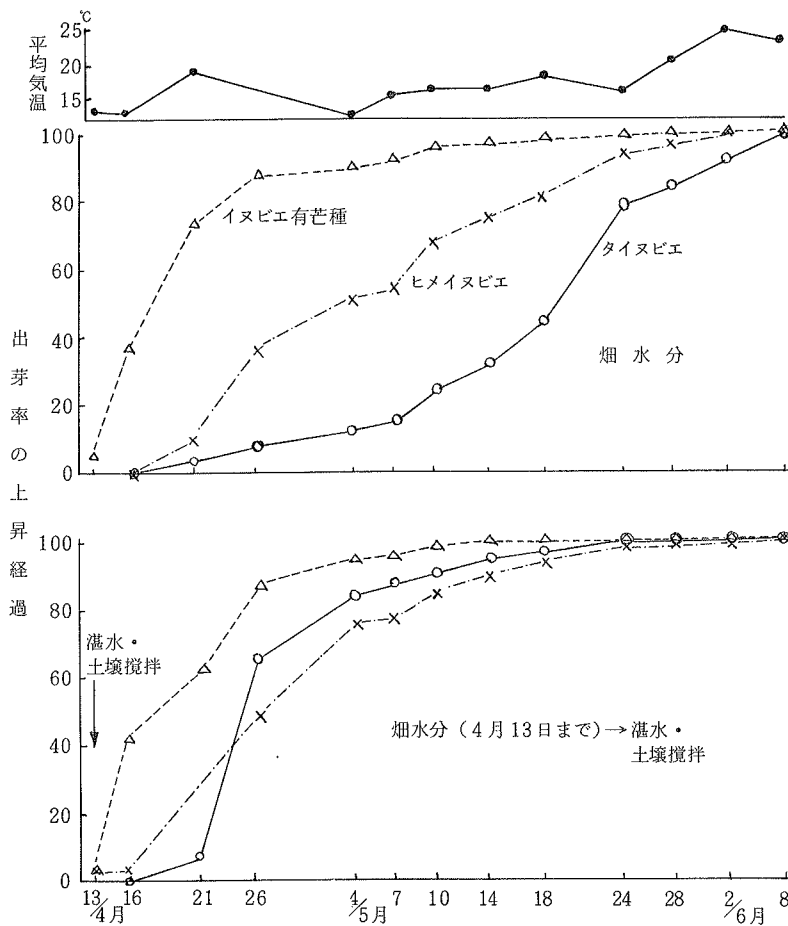


の進行が遅れ、これが田植のための湛水、代かきによって促進されて、発芽する場合もある。

休眠が春の発芽温度に達する時期までに完全に覚醒されている場合には、発芽

第6図 初期雑草の発生消長(湛水直播)

注1) 上段寒冷地(代かき5月4日, 金沢ら1966より作図)―青森県黒石市。
下段温暖地(代かき5月18日, 草薙ら1968より作図)―広島県福山市
2) ミゾハコベは寒冷地ではミズハコベを含む。



第7図 野生ヒエの土壌水分と出芽消長との関係³⁾

または出芽は温度の推移や土壌水分などに強く支配されているものと考えられる。例えば、コナギなどでは灌水、代かきによって低酸素条件が与えられて発芽が促されるものと考えられる。水深によっても出芽消長が支配される。荒井ら²⁾によると、深水条件ではタイヌビエやタマガヤツリの出芽数は少なくなり、コナギ・キサシグサなどでは水深の影響が比較的少なかった。

む す び

雑草の休眠・発芽・出芽を支配する要因としては温度、土壌水分、光、種子の土中分布、土

壌硬度などが考えられるが、草種によって各要因の関与程度が異なる。そこで主要雑草について休眠・覚醒から出芽に至る経過にどんな要因が関与しているかを究明し、発生を人為的にコントロールできるようにすることが、より効率的な雑草防除法の確立のために大切であろう。

引用文献

- 1) 荒井正雄・宮原益次：日作紀31 (1), 73~77 (1962).
- 2) 高橋 均：農事試験報告 21, 161~211 (1974).

- 3) 古谷勝司・片岡孝義：雑草研究 22, 別号 52~54 (1977).
- 4) 千坂英雄・片岡孝義：雑草研究 22, 別号 94~96 (1977).
- 5) 萩森福督：雑草研究 4, 28~33 (1965).
- 6) 宮原益次：農事試験報告 16, 1~63 (1972).
- 7) 渡辺 泰・広川文彦：雑草研究 19, 20~24 (1975).

植調第 11 巻第 7 号，巻頭言の訂正について

1 頁左段本文下から 3 目「とすれば，」の次に「前記 4 人の節減は」を入れる。（横山）

- 8) 千坂英雄・古谷勝司・片岡孝義：雑草研究 22, 別号 97～99 (1977).
- 9) 片岡孝義・金昭年：雑草研究投稿中.
- 10) 草薙得一：第5回雑草防除夏期研究会テキスト (1967).
- 11) 鈴木光喜・須藤孝久：雑草研究20 (3), 105～109 (1975).
- 12) 荒井正雄・宮原益次：日作紀 31 (4), 362～366 (1963).
- 13) 渡辺 泰・広川文彦：雑草研究 21(2), 56～60 (1976).
- 14) 荒井正雄・宮原益次・横森秀文：関東東山農試研報 8, 56～62 (1955).
- 15) 宮原益次：雑草研究 4, 11～19 (1965).
- 16) 片岡孝義・金昭年：雑草研究 22, 別号 100～102 (1977).
- 17) 渡辺 泰：雑草研究 22(2), 80～83 (1977).
- 18) 荒井正雄・宮原益次：日作紀 31(4), 367～370 (1963).
- 19) 野田健児・江口末馬：雑草研究 第8回講演要旨 77～79 (1969).
- 20) 荒井正雄・宮原益次：日本作物学会第137回講演会 (1964).
- 21) 片岡孝義・金 昭年：雑草研究投稿中.
- 22) 片岡孝義・千坂英雄・古谷勝司：雑草研究第13回講演要旨 27～29.
- 23) 荒井正雄・宮原益次：日作紀 24, 163～165 (1956).

ミカンの摘果剤について —最近供試した薬剤から—

農林省果樹試験場興津支場栽培研究室長 広瀬和栄

温州ミカン用摘果剤として開発した NAA(1-naphthaleneacetic acid) は、摘果効果が適度であり、肥大効果高く、隔年結果の防止効果も認められたために実用化され、約 30,000ha 程度の使用実績があった。しかし、昭和51年に再々登録を行なわなかったことから、農薬として登録が切れ、販売が停止された。

そこで、急きょ新摘果剤を開発する必要が生

第1表 J-455 の散布時期と濃度が温州ミカンの摘果効果および果実品質に及ぼす影響

薬 剤	散 布 日	濃 度	着 果 率	葉 果 比	平均果重	糖度計示度	クエン酸含量	落 葉 率
J-455	満開 日後 40	100 ppm	34.1 %	22.7	121.1 ^g	8.9	1.06 %	2.0 %
		200	32.2	23.4	124.4	9.6	1.04	0.3
		300	30.8	26.1	116.4	9.7	1.01	0.5
	50	100	18.6	40.4	117.2	9.9	1.08	2.2
		200	15.7	27.9	106.3	9.9	1.09	7.6
		300	15.5	58.4	106.7	9.8	1.13	0.6
	60	100	37.7	19.9	113.1	9.6	1.00	0.3
		200	34.6	23.0	114.9	10.0	1.12	0.8
		300	28.5	22.0	124.3	9.7	1.09	1.4
NAA	30	200	20.7	37.6	140.9	9.3	1.00	5.8
無 処 理	—	—	38.7	17.7	107.7	9.5	1.12	3.2