神奈川県におけるミズガヤツリの種内変異と防除上の特性に関する研究

米倉正直* 神奈川県農業総合研究所

Masanao YONEKURA : Intraspecific Variations of *Cyperus serotinus* ROTTB.
in Kanagawa Prefecture and Their Effect on Weed Control

はじめに

雑草の適切な防除技術の確立には、雑草の生理生態特性の解明が重要な意味を持つことは周知されている。これまで、その生理生態解明の対象は雑草の種を単位として行われてきた。我々が防除対象の最終単位と考えている種は、遺伝的形質の変異による多様な生理生態的性質をもつ個体群を内包し、同一種内に系統、生態型などの分化が認められている場合が多い。また、除草剤のめざましい普及がみられる近年においては、防除対象雑草種内に除草剤抵抗性系統が出現し、系統、生態型等の種以下のレベルでの生理生態的あるいは生化学的特性の究明が必要となっている。

我が国各地域の水田に分布するミズガヤツリ (*Cyperus serotinus* ROTTB.) の防除試験研究は、1962年ころより全国的規模で実施され、数多くの防除剤の開発や生態的防除法の解明が行われたが、その効果のふれがしばしばみられた。種々の観察過程を通して、他家受精との関連による種内分化が防除効果変動の一原因と考えられるにいたった。そこで、本件の主要水田地域に自生する各地域産個体（以下系統と呼称）の形質特性を解明し、防除上重要な生態・形態および生理特性の系統間差異と防除技術の関係を究明しようとして、1971年から1984年にわたり本研究を実施した。

1. ミズガヤツリ系統の生態的・形態的特性の変異

1971年~73年にかけて、本県の主要水田地域の18地区から採集した20系統を、1977年に水田枠内で均一栽培し、塊茎萌芽期や出穂期、さらに茎葉、花穂及び塊茎等に関する20形質を調査した結果、全形質について1%の有意水準で系統間差異が認められ

た。またこれらの20形質の主成分分析により、供試20系統を7類型に類別することができた（第1図）。このような系統の形質特性の顕著な差異と統計的手法による類別整理、あるいは大場達之博士の鑑定等から、これら7系統群はミズガヤツリの種内変異系統と推察した⁵⁾。さらに、この7類型中のI、III、IV及びV群は相互に諸特性の隔りが大きいグループであると考えられた。

本県のように気象条件の大きな違いがない狭い県内に、防除上特に関係がある生態・形態特性に著しい差異を示す系統が自生することはきわめて興味あることであり、ミズガヤツリの種内変異とその多様性を示す一つの証左⁹⁾と考えられる。

2. 系統の塊茎形成期と塊茎萌芽特性

ミズガヤツリの塊茎形成開始期は、一般的には8月下旬~9月中旬といわれ、暦日上の地域差がある

第1図 主成分分析による20系統のスコア散布図⁹⁾
(第1, 第2主成分)

* Agricultural Research Institute of Kanagawa Prefecture

第2図 7系統群の特徴表現模式図⁵⁾

注) 6形質の中心点からの長さは全系統の平均値に対する代表系統値の比率を示す。

HT…出穂始期, SL…花径長, LL…葉長, SN…そう果数, TN…塊基数, TW…塊基個体重

第3図 各系統の出穂始期・塊基形成始期とその間隔⁷⁾

注) ○出穂始期, ●塊基形成始期, ○—●両者の間隔日数, 図中数字は系統No

と考えられる。また、生育ステージとの関連では、出穂後に塊茎形成が開始されるとしながらも詳細な報告がない。前期の20系統に2系統を加えた22系統について塊茎形成始期を調査し、第3図の結果を得た。系統間の塊茎形成開始日は9月5日～9月25日の間に分布し、同一自然条件においても、系統により著しい形成期の早晚差があることが明らかとなった⁷⁾。また、いずれの系統も出穂後に塊茎形成が開始されたが、出穂始期から塊茎形成始期までの日数は系統により異なり、6日～38日ときわめて変異が大きかった。この塊茎形成期の早晚は出穂始期の早晚とは関係がなかった。これらのことから、ミズガヤツリの塊茎形成には地理的要因だけでなく、水稻の栽培条件や土壌条件が複雑に関与し、狭い地域範囲の中でもその形成の早晚が幅広く分化していることが推察された⁹⁾。

塊茎の出穂期は、3月1日起算の積算平均気温で

第4図 神奈川県内産系統の塊茎出芽始期と積算気温
注) 積算気温：3月1日からの積算平均気温 (1978年)
図中数字は系統No.

第5図 水道水と煮沸水中の塊茎萌芽率の比較⁶⁾
注) 1区20塊茎 3区平均値、置床後26日調査

第 1 表 全系統の萌芽及び初期生育の統計量

	水 道 水 中							煮 沸 水 中						
	萌芽 開始日 (日)	平均萌 芽日数 (日)	平均萌 芽数 (本/塊茎)	全茎 草丈 (cm/塊茎)	茎葉 生体重 (mg/塊茎)	根 部 生体重 (mg/塊茎)	幼芽伸 長速度 (mm/塊茎/日)	萌 芽 開始日 (日)	平均萌 芽日数 (日)	平均萌 芽 数 (本/塊茎)	全茎 草丈 (cm/塊茎)	茎 葉 生体重 (mg/塊茎)	根 部 生体重 (mg/塊茎)	幼芽伸 長速度 (mm/塊茎/日)
最 大	12	17.6	3.6	49.5	839	777	24.8	21	19.5	2.4	21.9	299	205	11.0
最 小	6	8.5	1.5	9.0	109	83	5.1	6	5.8	0.1	0.1	2	0.0	0.1
有意差	***	***	***	***	***	***	***	**	***	***	***	***	***	***

注) 全草丈：塊茎当たりの全出芽茎の合計草丈，調査日：処理後21日，有意差：**=1%水準で有意，***=0.1%水準で有意

300℃に達するころとの報告がある。前記20系統を水田で均一栽培し，翌春の塊茎形成出芽期を調査した結果，3月29日～4月10日の出芽分布を示し，系統間のレンジは，同積算平均気温で120℃，出芽始期日数で12日間と大きく，系統による出芽の早晚差が著しかった（第4図）。

還元条件における各系統塊茎の萌芽力を見るために低酸素水中での萌芽実験を行い，第5図のように，水道水，煮沸水中ともに1%の有意水準で萌芽率に系統間差異が認められた。塊茎萌芽率の系統間レンジは，水道水中で47%，煮沸水中では80%で，酸素溶存量の少ない煮沸水中での系統間差異がより大きかった⁹⁾。

また，第1表のように，塊茎萌芽開始日や平均萌芽日数，あるいは幼根・幼芽の生育量及び生育速度などの初期防除と関係の深い形質が，系統間で著しく異なることが認められた⁶⁾。

これらの系統間に見出される塊茎萌芽率及び初期生育の差は，塊茎の大きさと萌芽率及び幼芽伸長速度との相関が低いことや休眠覚醒塊茎を供試している等の点から，単なる系統間の塊茎の大きさや休眠程度の差によるものでなく，塊茎の内部的質的差異が関係し，系統別塊茎の酸素濃度に対する反応差によるものと推察される⁹⁾。

以上の塊茎に関する諸特性の系統間差異は，塊茎の生理生態実験や防除法^{1,2)}の研究において十分考慮を払う必要を示唆している。具体的にみれば，還元下の萌芽特性と初期生育の変異は，代かきによる残存率の差²⁾や発生初期処理剤の殺草効果の変動に関与することが想定される。その他これらの変異は，初期繁茂度と雑草害の様相⁹⁾などの視点からも重要な特性であると考えられる。

3. 主要な系統の遮光反応と光合成能力

水稻群落中で生育するミズガヤツリは常に水稻との光競合の状態におかれている。この競合の度合い

第 6 図 遮光処理が各系統の LAI・LAR・CGR に及ぼす影響

は草種の違いによって著しく異なることが指摘されている。そこで生態形態特性の異なる5系統について，60%，70%遮光下での生育反応，乾物生産力などについて検討した。

茎葉等の栄養器官及び花穂，塊茎等の繁殖器官の

弱光に対する生育反応度は系統により異なり、著しい生育抑制を受ける系統と比較的少ない影響度に止まる系統があることが明らかとなった⁹⁾。

乾物生産効率に関係する葉面積指数 (LAI)、葉面積比率 (LAR)、乾物増加量 (CGR)、相対成長率 (RGR) 及び純同化率 (NAR) 等は、本来的に大きな系統間差異があったが、弱光下においてもその値が系統により異なった (第6図)。また、弱光下での茎葉切除後の再生力は系統によりかなり異なることが示され、弱光と切除という複数の生育抑制要因に対する反応度も系統間で相違することが推察された。

生長の基本となる光合成特性の究明は、雑草の農耕地環境への適応と作物との競争力や種の再生力の究明の点からも重要と考えられる。そこで、生態的、形態的特性が著しく異なる主要な系統について光合成特性を調査した (第7図)。出穂前と出穂後 (データ未掲載) の個葉の光合成速度はともに系統により著しい差が認められ、2時期の測定とも、和田原系統>新吉田系統>上郷系統の光合成速度が示された⁹⁾。

この光合成能力や葉面積の展開力の系統による差異は、体内炭水化物の蓄積量の多寡に大きく影響し、乾物生産効率や切除後の再生量の違いをもたらした

第7図 ミズガヤツリ系統の光-光合成曲線 (出穂前上位第3葉)

注) 測定日 8月21日 (新吉田, 上郷, 和田原, 鉄系統)
8月22日 (真土, 吉田島系統)

第8図 ミズガヤツリ・水稻の生体重及びミズガヤツリ LAIの垂直分布⁹⁾

注) □…水稻生体重 ▨…ミズガヤツリ生体重 ▩…ミズガヤツリ LAI

ものと推察される。

4. 系統の差異が水稻の生育・収量に及ぼす影響

雑草草種の違いが作物の生育に及ぼす影響については多くの研究があるが、雑草種内系統の違いと雑草害との関係を論じた報告はきわめて少ない。一見草種の違うほどの生態的形態的特性差のあるミズガヤツリ3系統を供試して、圃場条件下で2年間乾田直播水稻の生育と収量に及ぼす影響を検討したと

第9図 各系統繁茂田における水稻収量^{a)}
注) S…新吉田産系統, K…上郷産系統, W…和田原産系統
*, **, *** はそれぞれ5, 1, 0.1%水準で有意

ころ、系統によりその影響が著しく異なった^{b)}。

第1年目においては、第9図に示したように、1㎡当たり塊茎2, 8および16個のいずれの植え付け密度条件でも、和田原系統区>上郷系統区>新吉田系統区の収量順位が、高い有意差をもって認められた。各系統は出芽期や初期生育に遅速があり、水稻群落内の生育、すなわち草丈、茎葉重、葉面積及び塊茎生産量などが著しく異なった。特に第8図のように、各系統は草型や層位別葉面積が顕著に異なり、これが水稻の1㎡当たり穂数や全穂数の減少程度に著しい影響差をもたらしたものと考えられる。

第10図 系統の玄米収量への影響の年次変動
注) S…新吉田系統 K…上郷系統 W…和田原系統

第2表 各系統に対するピラゾレートの殺草効果

系 統 No.	健 全 個体率 (%)	白 化 個体率 (%)	枯 死 個体率 (%)	平 均 草 丈 (cm)	同左対 無処理 区比%	全茎数 (本)	同左対 無処理 区比%	主茎数 (本)	分枝数 (本)	地 下 茎 数 (本)	茎 葉 乾物重 (g)	同左対 無処理 区比%	地下部 乾物重 (g)
2	10.0	56.7	33.3	4.9	14.2	3.3	9.7	3.3	0	0	0.06	1.5	0
3	93.3	0	6.7	19.6	74.8	42.3	112.3	22.7	19.7	6.3	1.75	55.6	0.11
8	6.7	66.7	26.7	4.5	12.3	6.3	15.6	6.3	0	0	0.13	2.7	0
9	6.7	56.7	36.7	3.4	9.3	4.3	10.0	4.0	0.3	0	0.06	1.2	0
11	3.3	56.7	40.0	1.9	5.2	1.7	4.3	1.7	0	0	0.03	0.7	0
13	16.7	43.3	40.0	5.1	15.4	7.0	24.1	5.7	1.3	1.0	0.16	5.0	0.01
14	6.7	33.3	60.0	3.8	14.8	4.7	19.9	4.3	0.3	0	0.10	4.1	0.01
16	93.3	0	6.7	23.9	79.1	31.7	79.9	16.3	18.7	5.3	1.81	51.4	0.12
17	86.7	6.7	6.7	21.8	54.5	37.0	83.5	17.0	20.0	4.7	2.16	36.8	0.10
18	90.0	3.3	6.7	22.4	57.4	37.0	76.6	16.0	20.7	3.3	2.03	34.2	0.16
20	0	60.0	40.0	2.6	6.9	3.3	8.0	3.3	0	0	0.09	1.3	0
22	33.3	36.7	30.0	8.9	23.0	9.7	24.3	4.3	5.3	1.7	0.20	4.7	0.02
有意差	***	***	*	***	***	***	***	***	***	—	***	***	**

注) 処理後33日における残存個体の生育量、草丈を除く調査項目の実数値は1区(10塊茎)当たり、平均草丈は各個体最高茎長の平均値、対無処理区比率はそれぞれの系統の無処理区に対する比率を示す。
有意水準 *……5% **……1% ***……0.1%

第2年目の継続圃場における系統区間の収量順位は、新吉田系統区>上郷系統区>和田原系統区で、第1年目とは傾向を異にし、新吉田系統区と和田原系統区の順位が入れ替わった。第2年目は、前年生産塊茎数160~900個/㎡と言う超高密度からの出発で、生育初期の増殖速度の差異よりも、前年の塊茎生産数や生存数の系統間差異の影響が大きく関係し、これに高密度条件に対する適応力の系統間差異が働いた結果と思われる⁹⁾。

このように供試3系統は、生態・形態特性と塊茎繁殖力が異なり、群落内での水稻生育との相対関係が著しく相違し、雑草害の程度に顕著な差異を示したものである。

現今では雑草害の論理的解析が困難で、事例的研究すなわち各論の集積によらざるをえない面が多いとされるが、その各論の構築過程で重要なことは、対象とする雑草種サンプルの吟味である。今後雑草

害研究を進めるうえで、また雑草防除の診断技術確立の面で、系統による生育特性差、繁殖特性差のあることを十分認識してその実験を実施することが大切である⁹⁾。

5. 系統の除草剤に対する感受性の差異

1960年以降、雑草の種内変異個体間で除草剤に対する反応度が著しく異なる報告がしばしばみられるようになり、最近では、ヒユ類やシロザあるいはハルジオン等のように営農上大きな問題となっている事例が増えている。このような背景を考慮して、生理生態及び形態的特性が異なる12系統を供試して、土壌処理剤ピラゾレートに対する感受性を検討した。

塊茎の萌芽始期にピラゾレート粒剤4kg/aを処理し、第2表の結果を得た。

処理33日後における健全個体率と白化個体率は

第11図 ミズガヤツリにおける種内変異特性と防除技術との関係

0.1%の有意水準で、また枯死個体率は有意水準5%で系統間有意差が認められた。各無処理区に対する残存茎葉重比率は0.1%の有意水準で系統間有意差があり、その最大と最小の差は80倍に達し、大きな抵抗性の差異が認められた⁴⁾。このピラゾレートに対する各系統の感受性の違いは、供試12系統の整一な出芽状態や系統内での均一なクロロシスの発生状態、あるいは系統本来の初期生育量とは無関係な殺草性などから、萌芽の遅速や形態の大きさなどの生態的・形態的差異によるものではなく、薬剤の吸収量の差か、系統体内における解毒過程の違いなどの生理生化学的差異によるものと推察される⁹⁾。

このような除草剤抵抗性は子孫に遺伝する場合が多く、ミズガヤツリのような栄養繁殖性の雑草では確実に次代に伝えられると考えられる。今後は、雑草の除草剤感受性における種内変異と抵抗性発現機構の研究が重要であり、それとともに、除草剤の作用機作や殺草効果に関連する試験研究の実施にあたっては、供試材料の吟味を十分行うことが大切と思われる⁹⁾。さらに、従来は同一除草剤に対する効果のふれを環境条件の変異のみに関連づけていた傾向があったが、系統の萌芽と初期生育特性あるいは除草剤感受性等の差異をも念頭において考察することが必要と思われる。

6. 系統の変異特性と防除技術との関係

上述した系統の変異特性と防除技術との関係を第11図にまとめた。調査した各系統の特性の変異を類別すると、形態的変異と生態的変異及び生理的変異に3大別できる。第11図から、系統間の種々の形質特性の変異が、総合防除体系確立のうえで、雑草害診断法や耕種的防除法あるいは科学的防除法などの究明と如何に重要な関係を持っているかが理解できる。

上述の結果を一般雑草に適用して論述すれば、防除上関係のある諸特性が異なる種内系統の存在は、防除効果の変動原因究明や雑草害診断技術の確立、あるいは雑草の生理生態実験や各種防除実験の実施の面で、ひいては総合防除技術体系樹立の上で、種の変異性や多様性という今までとは違った視点からの検討の必要性を示唆するものと考えられる⁹⁾。

おわりに

本研究は、神奈川県内と言う狭い範囲内でのミズガヤツリの種内変異特性と防除との係わりについて

検討したものである。防除と関連して新しい視点からの変異特性に関して一つの知見が得られたが、その生理生化学的的特性についてはさらに究明を要する点が残されている。今後、諸兄姉のこの面での研究を待つところが大きい。

本研究の取りまとめに際しては京都大学名誉教授植木邦一博士より懇切なご指導をいただき、また神戸大学教授松中昭一博士、京都大学教授草薙得一博士、同大学助手小林央往博士、農林水産省技術会議事務局藤巻広博士、農業研究センター中谷敬子技官及び神奈川県立博物館大場達之博士などの各位には、実験の実施と解析において多大の御援助と御激励を賜った。さらに当研究所山本実元技術研究部長をはじめ作物科諸氏から絶大なご協力をいただいた。これら各位に対し衷心より感謝の意を表する次第である。

発表論文

- 1) 米倉正直 (1974): ミズガヤツリの生態と春季防除に関する研究 (第1報). 神奈川県農研報 114, 1~9.
- 2) 米倉正直 (1976): ミズガヤツリの生態と春季防除に関する研究 (第2報). 神奈川県農研報 116, 1~11.
- 3) 米倉正直・増山幸三 (1980): 神奈川県下各地域産ミズガヤツリの特性の差異に関する研究, 第5報, 雑草研究 25 (別), 97~98.
- 4) 米倉正直 (1981): ミズガヤツリ系統の特性の差異に関する研究, 第7報, 雑草研究 26 (別), 63~64.
- 5) 米倉正直 (1983): 神奈川県におけるミズガヤツリの種内変異と防除上の特性に関する研究, 第1報, 雑草研究 28 (1), 12~24.
- 6) 米倉正直 (1983): 神奈川県におけるミズガヤツリの種内変異と防除上の特性に関する研究, 第2報, 雑草研究 28 (4), 271~279.
- 7) 米倉正直 (1983): 神奈川県におけるミズガヤツリの種内変異と防除上の特性に関する研究, 第3報, 雑草研究 28 (4), 280~284.
- 8) 米倉正直 (1985): 神奈川県におけるミズガヤツリの種内変異と防除上の特性に関する研究, 第4報, 雑草研究 30 (3), 213~218.
- 9) 米倉正直 (1988): ミズガヤツリの種内変異と防除上の特性に関する研究. 神奈川県農研報 130, 1~84.
(1988年8月1日受理)