ダイズ作における一年生広葉夏畑雑草のベンタゾン感受性の種間差

澁谷知子*・浅井元朗*・與語靖洋**

キーワード: ベンタゾン, 広葉雑草, 種間差, 殺草スペクトル

Keywords: bentazon, broadleaved weed, interspecific response, herbicidal spectrum

緒 言

ベンタゾンに対するダイズの感受性は品種によって異なり, 葉害の発生程度に大きな差がある^{5, 7, 9, 11~14)}。一方, 広葉雑草の感受性も種によって異なり, ベンタゾン液剤の使用上の注意事項にはアカザ科, ヒユ科, トウダイグサ科の雑草には効果が劣ることが記されている。日本植物調節剤研究協会の適用性試験成績における草種別効果のまとめでは, アメリカセンダングサ, カヤツリグサ, スベリヒユ, タデ類等が感受性が高く, イヌビユ, エノキグサ, シロザ, ハキダメギクは感受性が低い⁹⁾。これまで, 東北地方^{12, 13)}や中国地方⁷⁾の試験報告, 北米においても同様の結果が報告された¹⁾。また, 北米ではアサガオ類^{2, 6)}やイヌホオズキ類⁹⁾中での感受性の種間差が報告されている。

ベンタゾン液剤をダイズ作で効果的に使用するには, 我が国のダイズ作で問題となる雑草のベンタゾンに対する感受性を明らかにする必要がある。そのため, 圃場試験にて自然発生した数種畑雑草に対する効果を検討するとともに, 近年日本に侵入してきた外来雑草を含む一年生広葉夏畑雑草30種の感受性をポット試験にて検討した。

材料および方法

1. 圃場試験

茨城県つくば市の中央農業総合研究センター観音

* 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センター
tshibuya@affrc.go.jp

** 現・独立行政法人農業環境技術研究所
〒305-8666 茨城県つくば市観音台3-1-1

Tomoko Shibuya, Motoaki Asai and Yasuhiro Yogo:
Differential interspecific responses of broadleaved weeds to bentazon. National Agricultural Research Center, 3-1-1 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8666, Japan
(2006年5月8日受付, 2006年6月17日受理)

台圃場(淡色黒ボク土)にて2002年と2003年に圃場試験を実施した。両年ともに耕起栽培で, 基肥は化成肥料(N, P₂O₅, K₂Oそれぞれ3, 10, 10%)を100kg/10a施用, ダイズ(品種:エンレイ)を播種(畦間70cm, 株間20cm)し, 1株1本立てとした。試験区は3.0m×2.5m(ダイズ5畦)とした。

2002年は播種を6月19日, ベンタゾン処理を7月11日に行い, 薬量をベンタゾンナトリウム塩40%液剤の製品量として150ml/10a(有効成分量60g a.i./10a), 300ml/10a, 600 ml/10aの3水準とした。2反復で試験した。2003年は播種を6月17日, ベンタゾン処理を7月16日, 7月24日, 7月28日の3時期とし, 薬量を150ml/10aのみとした。4反復で試験した。両年ともにイネ科雑草を防除するため, ベンタゾン処理の同日あるいは翌日にセトキシジム20%液剤を製品量として200ml/10aを処理した。除草剤処理は全て空気加圧式噴霧器(7個ノズル付き, 50cm間隔)を使用し, 散布水量を100L/10a, 散布圧を0.35Mp, 地上からの高さ50cmで散布した。雑草を全く防除しない無除草区, 土壌処理剤と手取り除草によって雑草を完全に防除した完全除草区を設けて比較対照とした。

2002年は9月2日, 2003年は8月26日に最終調査として試験区の中央部から, ダイズについては15本(5本/畦, 3畦)を採取して主茎長, 節数, 生体重を, 雑草については畦間(70cm×70cm)の個体を全て採取して草種別本数と生体重を測定した(2002年は1ヶ所, 2003年は2ヶ所)。

2. ポット試験

淡色黒ボク土を充填した1/10,000aワグネルポットに化成肥料(N, P₂O₅, K₂Oそれぞれ8%)を1g施肥し, 低温湿潤処理した各種の一年生広葉夏畑雑草種子を2004年5月17日(アメリカセンダングサのみ5月27日)に播種した。ヒルガオ科雑草は種皮傷つけ処理後6月22日に播種した。播種後1週間はガラス室, その後は屋外で栽培した。供試雑草種子は, 予め各地の圃場から採種したものを中央農業総合研究センター畑雑草採種・見本園にて栽培し, 採種したものを

使用した(第4表)。

ベンタゾン処理は雑草の3～4葉期と6～7葉期にそれぞれ行い、薬量をベンタゾンナトリウム塩40%液剤を製品量として150ml/10aとした。処理は空気加圧式噴霧器(単頭ノズル)を使用し、散布水量100l/10a相当、散布圧0.3Mp、ポット土壌面からの高さ50cmで散布した。比較対照はベンタゾン無処理区とした。2～4反復で行った。処理7日後と21日後に草丈と葉齢を調査し、それを基に達観にて生育量を対無処理区比として表した。緑葉部分の減少は生育量の減少とした。供試種によってベンタゾンに対する反応の個体間差があったため、最小値と最大値を記して評価した。

結 果

1. 圃場試験

2002年試験におけるベンタゾン処理時のダイズの葉齢は3～4葉期、タデ類(ハルタデ、イヌタデ)、ヒユ類(ホソアオゲイトウ、ホナガイヌビユ、イヌビユ)は4～6葉期であった。

最終調査時点(9月2日)の残草量を第1図に示す。ヒユ類の残草量は150ml/10a処理区では無除草区と同程度、300ml/10a処理区では無除草区の約10%、600ml/10a処理区では完全枯死に至った。タデ類は150～600ml/10a処理区全てで完全枯死に至った。スベリヒユとザクロソウの残草量は150ml/10a処理区ではそれぞれ約80 g/m²、約20g/m²、300ml/10a処理区ではそれぞれ約3 g/m²、約8g/m²であった。

ダイズの初期薬害症状は、150ml/10a処理区では少数の軽微な斑点のみで、300ml/10a処理区では斑点と縮葉、600ml/10a処理区では部分的な褐変と縮葉が認められた。しかし、いずれの処理区においても処理後に展開した葉には全く影響は認められなかった

第1図 ベンタゾンの処理薬量と残草量の関係

(2002年圃場試験)

* ベンタゾン処理薬量 (ml/10a)

ベンタゾン処理区はセトキジギム(200ml/10a)も処理し、イネ科雑草を防除した。

(データ略)。最終調査の主茎長、節数、生体重は完全除草区と大きな差は認められなかった(第1表)。

2003年試験におけるベンタゾン処理時のダイズの雑草の葉齢は、7月16日処理時ではダイズは5葉期、ヒユ類、タデ類が最も進み7葉期、次にカヤツリグサ、スベリヒユで6葉期であった。7月24日以降は全草種で6葉期を越え、最も進んでいるものはタデ類で7月28日に14葉期であった(第2表)。

最終調査時点(8月26日)の残草量を第2表に示す。ヒユ類の残草量は7月16日処理区では無除草区の約30%であったが、7月24日処理区では約60%であり、7月28日処理区では全く生育抑制はなかった。タデ類(いずれの処理時期においても完全枯死に至った。スベリヒユの残草量は7月28日処理区で約60g/m²、ザクロソウの残草量は10～30 g/m²であった。

ダイズの初期薬害症状はいずれの処理時期におい

第1表 ベンタゾン処理薬量の違いによるダイズの生育* (2002年圃場試験)

ベンタゾン処理薬量 (ml/10a)	主茎長 (cm)	対完全除草区比 (%)	節数 (個)	対完全除草区比 (%)	生体重 (g)	対完全除草区比 (%)
150	46.4	(107.7)	11.7	(98.3)	237.2	(96.9)
300	45.3	(105.1)	11.7	(98.3)	255.7	(104.4)
600	43.9	(101.9)	11.6	(97.5)	251.8	(102.8)
無除草区	51.7	(120.0)	11.9	(100)	115.3	(47.1)
完全除草区	43.1	(100)	11.9	(100)	244.9	(100)

* 9/2調査 15個体の平均値

第2表 ベンタゾン処理時の雑草とダイズの生育および処理時期が残草量に及ぼす影響 (2003年圃場試験)

草種	ベンタゾン処理時の生育状況*						残草量 (8/26調査)			
	月/日						生体重 (g/m ²)			
	7/16		7/24		7/28					
	葉期	草高** (cm)	葉期	草高 (cm)	葉期	草高 (cm)	7/16処理	7/24処理	7/28処理	無除草
イネ科***	6	19	7	23	8	33	15	12	37	138
カヤツリグサ	6	10	7	15	10	25	1	0	1	9
ヒユ類	7	6	12	17	14	35	293	622	1494	1078
タデ類	7	6	10	13	14	48	0	0	0	154
スベリヒユ	6	4	8	13	12	12	0	0	57	62
エノキグサ	3	2	6	8	—	—	0	2	—	3
ザクロソウ	5	3	8	7	7	7	32	11	12	5
その他広葉雑草							10	7	4	2
ダイズ	5	24	7	35	8	40				

* 平均値。—は処理区に草種がなかったこと、空欄は調査していないことを示す。

** ダイズについては主茎長。

*** ベンタゾン処理区 (150ml/10a) はセトキシジム (200ml/10a) も処理した。

でも軽微な斑点と縮葉が認められたのみで、処理後に展開した葉には全く影響は認められなかった(データ略)。最終調査の主茎長と節数はいずれの処理時期ともに完全除草区と差はなく、生体重は完全除草区の75～85%であった(第3表)。

2. ポット試験

一年生広葉夏雑草30種に対して3～4葉期と6～7葉期にベンタゾンを処理した7日後と21日後の生育量を対無処理区比として第4表に示した。

カヤツリグサ、タデ科の4草種、スベリヒユは、3～4葉期処理、6～7葉期処理ともにほとんどが7日後に緑葉部分は全く無くなり、完全枯死に至った。

キク科では、アメリカカサブプロウは3～4葉期処理では7日後、6～7葉期処理では21日後に完全枯死に至った。アメリカセンダングサは3～4葉期処理で

は7日後に完全枯死に至ったが、6～7葉期処理では21日後も枯死に至らず無処理区の約50%の生育量となった。ブタクサは3～4葉期処理の21日後では完全枯死から30%の生育量まで個体間差があった。6～7葉期処理では7日後に50%であったが、21日後には70～95%となり、回復傾向が認められた。ハキダメギクは、3～4葉期処理で21日後に70%であり、6～7葉期処理では両調査日ともにほとんど生育抑制はなかった。

ナス科では、イヌホオズキとホソバフウリンホオズキは3～4葉期処理で7日後に完全枯死に至ったが、6～7葉期処理ではイヌホオズキは21日後に完全枯死するものから30%の生育量まで、ホソバフウリンホオズキは50%から生育抑制のないものまで個体間差があった。オオイヌホオズキ、ヒロハフウリンホオズキ

第3表 ベンタゾン処理時期の違いによるダイズの生育* (2003年圃場試験)

ベンタゾン処理薬量 処理日	主茎長 (cm)	対完全除草区比 (%)	節数 (個)	対完全除草区比 (%)	生体重 (g)	対完全除草区比 (%)
7/16	52.0	(97.9)	12.4	(96.9)	208.8	(85.4)
7/24	52.6	(99.1)	12.4	(96.9)	185.4	(75.8)
7/28	54.6	(102.8)	12.6	(98.4)	198.4	(81.1)
無除草区	53.6	(100.9)	12.8	(100.0)	198.7	(81.3)
完全除草区	53.1	(100)	12.8	(100)	244.5	(100)

* 8/26調査 15個体の平均値

はいずれの処理時期でも21日後ではほとんど生育抑制はなかった。

ヒユ科は他種と比較して3～4葉期処理における7日後と21日後の生育量の差が大きく、ホナガイヌビユ、ホソアオゲイトウ、ホソバツルノゲイトウは処理7日後では無処理区の約5%、イヌビユは20～60%と強く生育抑制されていたが、21日後にはホソアオ

ゲイトウの枯死した個体を除き、4種とも生育量は増加し、回復の大きかった個体では無処理区の70～90%となった。6～7葉期処理では、7日後、21日後ともにホナガイヌビユでは20～30%となる個体もあったが、その他の種は80～95%で、ほとんど生育抑制はなかった。

アカザ科ではゴウシュウアリタソウは3～4葉期処

第4表 一年生広葉夏畑雑草に対するベンタゾン処理時期と処理後の生育量の変化*

科	雑草種名	生育量** (%)			
		3～4葉期処理		6～7葉期処理	
		7日後	21日後	7日後	21日後
カヤツリグサ	カヤツリグサ	0	0	0-5	0-5
タ デ	イヌタデ	0	0	0	0
	オオイヌタデ	0	0	0	0
	オオハルタデ	0	0	0	0
	ハルタデ	0	0	0-5	0
スベリヒユ	スベリヒユ	0	0	0	0
キ ク	アメリカタカサブロウ	0	0	10	0
	アメリカセンダングサ	0	0	60	50
	ブタクサ	0-50	0-30	50	70-95
	ハキダメギク	40-60	70	100	95-100
ナ ス	イヌホオズキ	0	0	0-10	0-30
	ホソバフウリンホオズキ	0	0	30-70	50-100
	オオイヌホオズキ	70-80	100	80	100
	ヒロハフウリンホオズキ	95	100	100	100
ヒ ユ	ホナガイヌビユ	0-5	0-90	30-90	20-80
	ホソアオゲイトウ	5	30-70	90	90
	イヌビユ	20-60	50-80	90	80-95
	ホソバツルノゲイトウ	5	80	90	90-95
ア カ ザ	ゴウシュウアリタソウ	20	60	40-50	70-90
	シロザ	50-80	40-90	90	70-90
ヒ ル ガ オ	ホシアサガオ	20-30	50	50-80	70-90
	マルバルコウ	20-40	50-60	90-95	100
	マルバアサガオ	20-100	20-100	95-100	100
	マメアサガオ	90	95-100	90-95	100
	マルバアメリカアサガオ	70-100	90-100	95-100	100
ク ワ	クワクサ	50-60	90-95	30-95	70-100
ザク ロ ソウ	ザク ロ ソウ	30-50	70	95	100
トウ ダイ グ サ	エノキグサ	100	100	100	100
	オオニシキソウ	100	100	100	100
マ メ	ツルマメ	100	100	100	100

* 2004年ポット試験 ベンタゾン薬量150ml/10a

** 生育量(%)は達観調査による無処理区に対する生育量比。最小-最大で表示。

理で7日後に20%であったが、21日後には60%となった。シロザは3～4葉期処理で21日後に40～90%であった。両種ともに6～7葉期処理では21日後に70～90%となった。

ヒルガオ科は3～4葉期処理では、ホシアサガオとマルバルコウの生育量が7日後に20～40%であったが、21日後には両種ともに約50%となった。マルバアサガオは7日後と21日後ともに20～100%の生育量で個体間に差があった。マメアサガオ、マルバアメリカアサガオは生育抑制はほとんどなかった。6～7葉期処理では5種ともに生育抑制はほとんどなかった。

クワクサとザクロソウの生育量は3～4葉期処理では7日後に30～60%であったが、21日後には70～95%になり、6～7葉期処理ではクワクサで7日後に30%となった個体があったもののその他は生育抑制はほとんどなかった。トウダイグサ科のエノキグサ、オオニシキソウ、マメ科のツルマメはいずれの処理時期、調査日においても生育抑制は認められなかった。

考 察

ベンタゾンはイネへの安全性が高いことから日本では水稲作で1970年代から使用が始まった。主たる作用機作は光合成阻害であり、感受性の差異は主にベンタゾンの代謝の違いによるとされる⁹⁾。また、感受性の高いオナモミの類 (*Xanthium pensylvanicum* Wallr.) は感受性の低いダイズより体内のベンタゾンの移行性が大きい¹⁴⁾。

ベンタゾンに対する一年生広葉雑草の感受性についてはこれまで多くの試験がなされ、我が国ではアメリカセンダングサ、カヤツリグサ、スベリヒユ、タデ類等は感受性が高いこと^{7, 9, 12, 13)}、北米ではイチビ、タデの類 (*Polygonum pensylvanicum* L.)、オナモミの類 (*Xanthium pensylvanicum* Wallr.) は感受性が高いこと¹⁾、この他アサガオ類の感受性の種間差^{2, 6)}やイヌホオズキ類の感受性の種間差と種内変異^{3, 8)}等が報告されている。

ヒユ類、タデ類等が発生する圃場にて2002年と2003年にベンタゾンの薬量と処理時期が雑草の生育に及ぼす影響について検討した。その結果、薬量に関しては2002年試験で、ダイズ播種3週間後のベンタゾン処理において150ml/10a処理区ではヒユ類の生育を抑制しなかったが、それ以外の広葉雑草を約70%抑制し、処理薬量を300ml/10a、600ml/10aに増加するとヒユ類を含む雑草を90%以上抑制した。この

ことから、薬量が高めることにより感受性の低いヒユ類も生育抑制できる可能性が考えられた。

処理時期に関しては2003年試験で、7月16日処理(ダイズ播種4週間後、薬量150ml/10a)ではイネ科雑草を除く雑草が約70%生育抑制され、残草のほとんどはヒユ類であった。7月24日処理では約40%の生育抑制にとどまり、残草のほとんどはヒユ類(処理時12葉期)であった。7月28日処理ではヒユ類(処理時14葉期)の生育は全く抑制されなかった。一方、タデ類は7月28日処理時に14葉期になっていたものの完全枯死に至り、防除可能期間が長いと考えられた。

2002年と2003年試験において、コニシキソウ、ザクロソウ、エノキグサは無除草区の発生がほとんどなかったため、ベンタゾンに対する感受性は評価できなかった。

また、2003年試験におけるベンタゾン処理区のダイズ生体重については、7月28日処理では主として雑草害、7月24日処理および7月16日処理では雑草害に加えて圃場の地力差と虫害によるもので、薬害による影響はほとんどないと考えられた。

以上の結果から、関東地域においてダイズ播種直後から雑草が萌芽する条件で、ベンタゾン液剤の薬量150ml/10a以内では、播種後3～4週間の処理効果が高いと考えられる。また、2002年試験ではダイズ(品種：エンレイ)は薬量600ml/10a処理において薬害は問題にならなかったことから、処理薬量が高めることで感受性の低いヒユ類を防除できる可能性があると考えられる。

ポット試験において雑草種間のベンタゾン感受性を比較すると、供試したタデ類4種は7葉期までの処理で完全に枯死し、感受性が高い種群と考えられた。しかし、ヤナギタデ等、ダイズ圃場に発生する他のタデ科雑草の感受性についてはさらに確認する必要がある。

ナス科はイヌホオズキとオオイヌホオズキ、ホソバフウリンホオズキとヒロハフウリンホオズキという同属内で感受性が異なり、特に3～4葉期処理においては3週間後に完全枯死するものと生育抑制が全くないものというように大きな感受性の差が認められた。イヌホオズキ類の同定は難しいため、現地で混同されていることも考えられる。また、北米においてイヌホオズキが採種地によって感受性が異なることが報告されていたが³⁰⁾、鳥取県内の転換畑に発生するイヌホオズキ、オオイヌホオズキ、テリミノイヌホオズキの感受

性が種内で異なることが確認された³⁾。

ヒユ類は3～4葉期処理における7日後と21日後の生育量の差が今回供試した雑草種の中で最も大きかった。特にホソアオゲイトウは7日後に5%の生育量であったにもかかわらず、その後枯死せずに21日後に70～90%の生育量になり、回復が速い種群と考えられた。このように感受性の評価には回復速度も考え合わせる必要があると考えられた。同じヒユ科のホソバツルノゲイトウは乾田直播栽培の乾田期間に発生して問題となったことからベンタゾン感受性が調査され、6葉期処理では薬量700ml/10aの処理で生育抑制は大きかったものの完全枯死には至らなかった¹⁰⁾。

ヒルガオ科の中では種によって感受性が異なり⁹⁾、マルバルコウが感受性が高いこと²⁾が報告されているが、本試験においても供試した種の中ではマルバルコウとホシアサガオの感受性が高かった。

以上の結果から、概して現在転換畑で問題となっているタデ類やアメリカセンダングサ等はベンタゾンに対する感受性が高く、近年ダイズ畑に侵入して問題化しているナス科、ヒルガオ科、ヒユ類の雑草は感受性が低かった。今後ベンタゾン液剤の普及に伴い、感受性の低い雑草種が蔓延する危険があると考えられる。

ダイズ作においてベンタゾンを効果的に使用するためには、感受性の高い雑草種が優占する圃場で使用することが重要であり、雑草種間あるいは種内のベンタゾン感受性の差異について、さらにデータの蓄積と共有が必要であると考えられる。また、感受性の高い雑草種でも葉齢が進むと効果が低下するため、適切な時期に処理することが重要である。処理方法としては局所処理が北米で検討され、ダイズ生育後期における2,4-DBの局所処理は全面処理と比較してダイズの葉害が減少して収量が確保され、さらにマルバアサガオ等の防除効果が高まった²⁾。ベンタゾンにおいても畦間処理等の局所処理方法の開発や普及と連動して薬量の拡大が可能になれば、ダイズへの安全性を維持しつつ雑草防除効果が向上すると考えられる。

引用文献

- 1) Andersen, R. N., W. E. Lueschen, D. D. Warnes and W. W. Nelson 1974. Controlling broadleaf weeds in soybeans with bentazon in Minnesota. *Weed Science* **22**, 136-142.
- 2) Barker, M. A., L. Thompson, Jr. and F. M. Godley. 1984. Control of annual morningglories(*Ipomoea* spp.) in soybean(*Glycine max*). *Weed Science* **32**, 813-818.
- 3) 福見尚哉・瀧谷知子・浅井元朗 2006. 鳥取県の転換畑大豆作に発生するイヌホオズキ類の種類とベンタゾンに対する感受性. *雑草研究* **51** (別), 72-73.
- 4) 日詰圭 1993. 除草剤解説(12) Bentazon. *雑草研究* **38**, 124-125.
- 5) 工藤純・加藤明治 1979. 寒冷地大豆作に対する茎葉処理除草剤の利用. *植調* **13**(5), 2-11.
- 6) McClelland, M. R., L. R. Oliver, W. D. Mathis and R. E. Frans 1978. Responses of six morningglory (*Ipomoea*) species to bentazon. *Weed Science* **26**, 459-464.
- 7) 中野尚夫 1995. 大豆の無培土栽培に対応したベンタゾン利用の除草技術. 近畿中国地域における新技術 **28**, 54-58.
- 8) Ogg, A. G., Jr. 1986. Variation in response of four nightshades(*Solanum* spp.) to herbicides. *Weed Science* **34**, 765-772.
- 9) 岡本浩一郎 2004. ダイズに対する広葉雑草対象生育期茎葉処理剤開発の現状と普及上の問題点. 東北の雑草 **4**, 22-26.
- 10) 住吉正・小荒井晃・大段秀記 2002. 帰化雑草「ホソバツルノゲイトウ」の発生・生育特性と除草剤の殺草効果. 九州沖縄農業研究成果情報 **18**(上巻) 37-38.
- 11) 橘雅明・中山壮一・渡邊寛明 2006. 東北地方におけるダイズ品種のベンタゾンに対する反応. *雑草研究* **51**(1), 19-27.
- 12) 平智文・吉田修一 2004. ベンタゾン Na 塩液剤が宮城県の主要大豆品種の生育に与える影響と除草効果. *東北農業研究* **57**, 95-96.
- 13) 高橋伸夫・佐藤忠士・高橋康利 1978. 大豆に対するベンタゾンの作用性について. *東北農業研究* **23**, 69-70.
- 14) Wills, G. D. 1976. Translocation of bentazon in soybean and common cocklebur. *Weed Science* **24**, 536-540.