

ダイズを不耕起栽培すると一年生イネ科雑草の優占度が高まる

東北農業研究センター畑地利用部 小林浩幸

はじめに

不耕起栽培は土壌浸食防止、有機物含有量の増加などに伴う地力の維持、水分保持、省力、省コストなど、多くの利点から注目されている (Froud-Williams *et al.* 1983). さらに、除草剤耐性ダイズの普及もあり (James 2003), 世界的には不耕起栽培は増加の一途をたどっている。しかし、日本では平成14年に不耕起播種されたダイズは445haと、ごくわずかである (農林水産省生産局農産振興課 2004)。日本では土壌浸食が深刻な問題となっているわけではなく、また、ダイズ栽培の経営規模が大きいいため、不耕起栽培の大きな利点である省力や省コストについても生かしきれない状況にないためと考えられる (金沢 1995)。しかし、不耕起栽培にはこれ以外にも作業性の向上や、それに伴う輪作体系確立の可能性など多くの利点があり、今後の社会情勢の変化や技術の進展に伴って、将来的に広く普及する可能性を秘めている。日本における不耕起栽培の可能性について金沢 (1995) は、「加速度的に肥沃な土壌が消え去り、わが国でも農業の生産コストの低減とエネルギー利用効率の向上が叫ばれている今、わが国独自の省資源・環境保全型農業としての不耕起栽培法の構築を真剣に考える時期にきている」と論じている。

日本で不耕起栽培がなかなか普及しない技術

上の要因の一つとして雑草防除の問題があげられる。日本のダイズ栽培では慣行栽培でさえ雑草害が大きな生産阻害要因となっており、不耕起栽培ではそれが更に顕著になるのではないかと考える向きもある。除草剤耐性ダイズは雑草防除の有力なツールとなり得るが、日本の世論や農政の方向を考えると、普及は当分難しい。したがって、不耕起栽培の普及のためには、耕種防除技術を中心として、除草剤を合理的に使用する栽培体系の開発が求められる。そのためには、不耕起栽培を行う場合に問題となる雑草はどのような種類で、どのような生態的特性を有しているのかを明らかにしなくてはならない (Staniforth & Wiese 1985)。本稿では、その端緒として、ダイズの不耕起栽培で優占する傾向のある雑草の種類とその優占のメカニズムについて、主として私たちがこれまでに得た調査結果から考察したい。

海外での調査研究例

これまでに海外で行われた調査研究によって、不耕起畑作物栽培では多年生雑草 (Cussans 1975; Froud-Williams *et al.* 1983; Gebhardt *et al.* 1985; Herron *et al.* 1971; Koskinen & McWhorter 1986; Staniforth & Wiese 1985) や風散布型の雑草 (Derkksen *et al.* 1993; Froud-Williams *et al.* 1981, 1983) が増加し、

作物の雑草化 (Cussans 1975; Thomas & Frick 1993) が問題になることが明らかになっている (小林 2004)。一般的には、攪乱が全く加えられなければいずれ陽樹の群落に変化していくが、攪乱が加えられる場合には遷移の進行が止められ、その強度に応じて特定の植生が維持される。丁寧な管理が継続された耕起畑では多年生雑草はほとんど見られず、一年生雑草主体の群落となる (伊藤・森田 1999)。不耕起畑であっても機械除草や除草剤の処理などの管理作業は常に加えられるが、耕起栽培に比べれば攪乱の強度は小さいため、一年生雑草が残存しながら一定量の多年生雑草が機会的に侵入し、定着することとなる。また、風散布型の雑草は一般に大きな埋土種子集団を形成しないので、偶然飛来して発芽した実生が定着する機会の多い不耕起畑で増加するものと考えられる。しかし、個別の報告例を拾ってみると、調査された地域に関わらず、生活環については多年生雑草よりも一年生雑草、特にイネ科の一年生雑草が優占する (Froud-Williams *et al.* 1984; Tuesca *et al.* 2001; Streit *et al.* 2003) という報告がむしろ多くみられる。しばしば不耕起で優占したことが報告されるイネ科一年生雑草としては、エノコログサ (*Setaria*) 属 (Buhler 1992, 1996; Buhler & Oplinger 1990; Cardina *et al.* 1991; Schreiber 1992; Stahl *et al.* 1999; Teasdale & Daughtry 1993; Thomas & Frick 1993) やメヒシバ (*Digitaria*) 属 (Herron *et al.* 1971; Koskinen & McWhorter 1986; Swanton *et al.* 1999; Thomas & Frick 1993) があげられる。日本でも、転換畑でセイタカアワダチソウ (伊藤ら 1989) など風散布型のキク科多年生雑草が問題となったという報告がある一方、夏作ではイネ科一年生雑草が問題となったという報告

も散見される (井上 1999; 佐合・中川 1999)。しかし、上述の報告では、不耕起栽培で一年生雑草、特にイネ科雑草が問題となるということはしばしば簡単に触れられるが、総説の中で明確に記述された例はなく、その原因も明らかになっていない。このようにイネ科雑草の優占が明確に認識されていないのは、現時点で参照しうる多くのデータが栽培試験のかたわらで得られた少数の優占種についてのものであり、雑草植生全体を調査対象とした研究が限られていることが原因の一つとして考えられる。そこで私たちは、初めに、ダイズ栽培畑を含む複数の畑圃場で雑草の種構成と現存量を調べ、栽培方法との関連を分析することにした。

雑草の現存量

2000年8月に福島市西部にある東北農研畑地利用部内にある畑圃場19か所で雑草の被度と草高を調べ、次により乗算優占度を算出した。

乗算優占度 ($\text{m}^3 \text{m}^{-2}$) 被度 ($\text{m}^2 \text{m}^{-2}$) $\times$ 草高 (m)
単位を見て分かるとおり、これは雑草の単位面積当たりの空間占有体積の指標であり、地上部

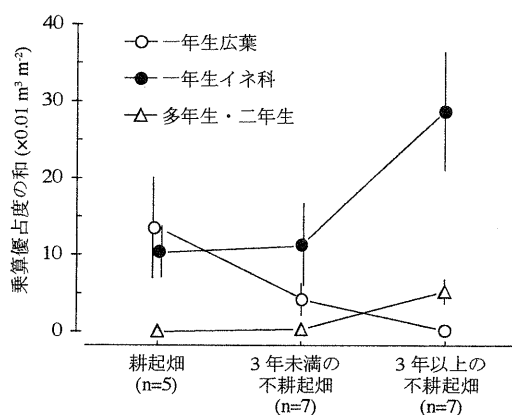


図1 不耕起年数が異なる19か所の畑圃場における雑草植生 (Kobayashi *et al.* (2003)より作図)
調査は2000年8月下旬に行った。調査圃場を不耕起年数に応じて3つのグループに分けて平均値を算出した。誤差線は標準誤差。

の乾物重 (g m^{-2}) との相関が高い (定ら 1999; 小林・渡邊 2000)。

乗算優占度は種毎に算出されるが、それを一年生広葉雑草、一年生イネ科雑草と多年生・二年生雑草にまとめ、耕起畑、3年未満の不耕起畑、3年以上の不耕起畑についてそれぞれ乗算優占度の平均値を示したのが図-1である (Kobayashi *et al.* 2003)。不耕起年数が長くなると多年生、二年生雑草が増える傾向が見られるが、量的に多いのは不耕起畑であっても一年生雑草であることが見てとれる。さらに、一年生雑草のなかでは、不耕起年数が長くなるとイネ科雑草が増加し、広葉雑草が減少することがわかった。不耕起畑で特に多いイネ科雑草はメヒシバ、次いでイヌビエであった。

この調査では、調査時点における作目は大豆、トウモロコシ、野菜など様々で、休閑畑も含まれる。また、除草剤散布など除草方法も様々であった。そこで次に、耕耘と除草剤散布の有無を組み合わせた4処理区からなる圃場試験を計

画し、2001年から2003年の3年間にわたって雑草植生の追跡調査を行った (Kobayashi *et al.* 2004)。3年間の乗算優占度の推移を示したのが図-2である。不耕起栽培を3年継続しても量的に多いのはやはり一年生雑草であり、不耕起栽培では特にイネ科雑草が多い傾向があった。一方、耕起畑では広葉雑草が多い傾向があった。こうした傾向は、除草剤散布の有無に関わらず、不耕起・除草剤区の1年目を除き、3年間、安定して認められた。不耕起栽培でもっとも多くみられたイネ科雑草はメヒシバであり、次いでイヌビエであった。耕起栽培で多くみられた広葉雑草はシロザやホソアオゲイトウであった。さらに、大豆の栽植様式 (畦幅) を変えて同じように雑草植生を調べてみても、やはり不耕起栽培ではイネ科雑草が多く、広葉雑草が少ない傾向は変わらなかった (小林ら 未発表)。以上から、日本でも大豆の不耕起栽培ではイネ科雑草の優占度が高まる傾向のあることが判明した。

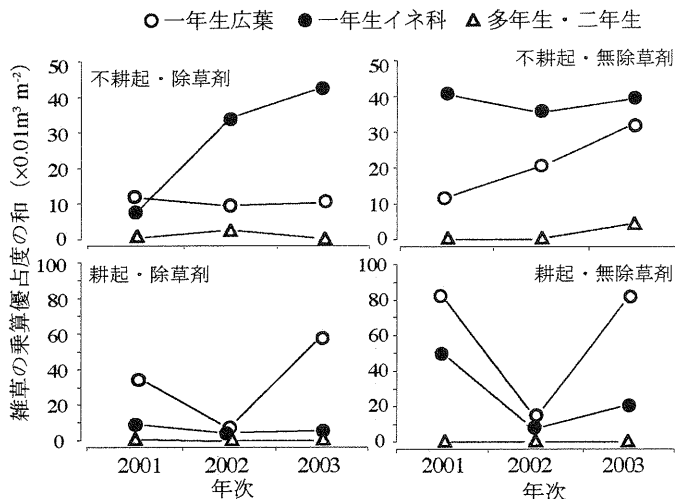


図-2 ダイズ栽培において耕耘と除草剤散布が雑草植生に及ぼす影響 (Kobayashi *et al.* (2004)より作図)
除草剤区では不耕起区、耕起区ともに土壌処理剤を散布した。
不耕起・除草剤区ではそれに加えて非選択性の茎葉処理剤を散布した。
調査は毎年8月下旬に行った。3反復の平均値。

一年生雑草の出芽個体数

さて、一般に雑草の現存量は雑草害の度合いと密接な関係があるが、それは個体密度 (単位面積あたり個体数; m^{-2}) と個体サイズ (g または m^3) で決まる。不耕起畑でイネ科雑草の優占度が高まるのは、そもそも出芽個体数が多いためなのか、あるいは出芽後の生育が旺盛で大きく育つからなのか、どちらであろうか。この問題は不耕起畑での雑草防除を考える上で重要である。すなわち、出芽個体数が多いのであれば第一に出芽抑制を

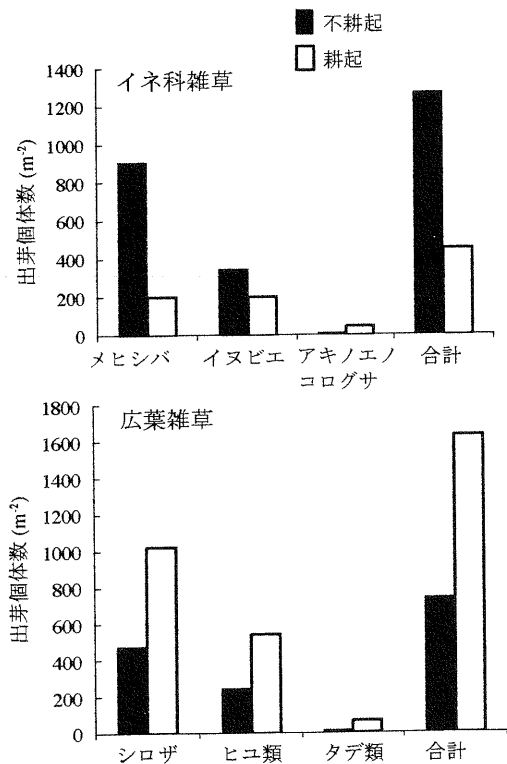


図-3 ダイズの不耕起および耕起栽培における一年生のイネ科雑草と広葉雑草の出芽個体数(Kobayashi et al. (2004)より作図)
2002年と2003年のデータの平均値で、3反復の平均値。ヒユ類はホソアオゲイトウとイヌビユ、タデ類はオオイヌタデ、ハルタデとイヌタデ。

考えるのが自然だし、個体サイズが大きいのであれば出芽後の生育抑制を考えるべきである。図-3は、大豆の不耕起栽培と耕起栽培における主要な一年生イネ科雑草と広葉雑草の出芽数を調べた結果を要約したものである(Kobayashi et al. 2004)。これによれば、調査地点で主要な一年生のイネ科雑草であったメヒシバとイヌビエの出芽個体数は不耕起栽培で多く、耕起栽培で少ない傾向がある。一方、主要な広葉雑草であったシロザ、ヒユ類、タデ類の出芽個体数は逆に耕起栽培で多く、不耕起栽培で少ない傾向がある。この調査結果から、不耕起畑でイネ科雑草が優占するのは、出芽個体数が多いこと

と関係のあることがわかった。なお、この調査ではイネ科のアキノエノコログサは不耕起畑でも耕起畑でも同じように発生が見られたが、出芽個体数が少なかったため、不耕起栽培でイネ科が優占する、という全体的な傾向には影響が少なかった。

一年生雑草の埋土種子の動態と種子の寿命

それでは、不耕起栽培でイネ科雑草の出芽が多いのはなぜだろうか。不耕起栽培と耕起栽培の本質的な違いは土壌が攪拌されるか否かにある。土壌の攪拌が雑草に与える影響には、出芽個体の生育を抑制、または死亡させることと、種子の埋土を助長する一方で埋土された種子を掘り起こし、出芽を促進することの2つが考えられる(伊藤 1993)。もっとも、不耕起栽培であっても、出芽してしまった雑草については、普通はそれを取り除く努力が払われるので、出芽後の生育抑制については不耕起栽培と耕起栽培で本質的に違いがあるとは思われない。そこで私たちは、不耕起栽培と耕起栽培における雑草の出芽個体数の違いは土壌の攪拌の有無による埋土種子の消長の違いによってもたらされている、という仮説を設定し、それを実証するために、不耕起畑で優占する傾向のあるメヒシバを例にとり、不耕起畑と耕起畑で埋土種子の消長を調べた(Kobayashi & Oyanagi 2005)。試験区は2000年の夏作にダイズを均一栽培(耕起栽培)した後に設定した。すなわち、スタートは両区とも同じである。図-4はその結果の一部を示したものである。

第一に注目したいのは、両区とも、新たな種子が散布される直前の夏には、上層(0~5cm)、下層(5~10cm)ともに埋土種子がほとんどなくなるということである。普通、耕地雑草は大き

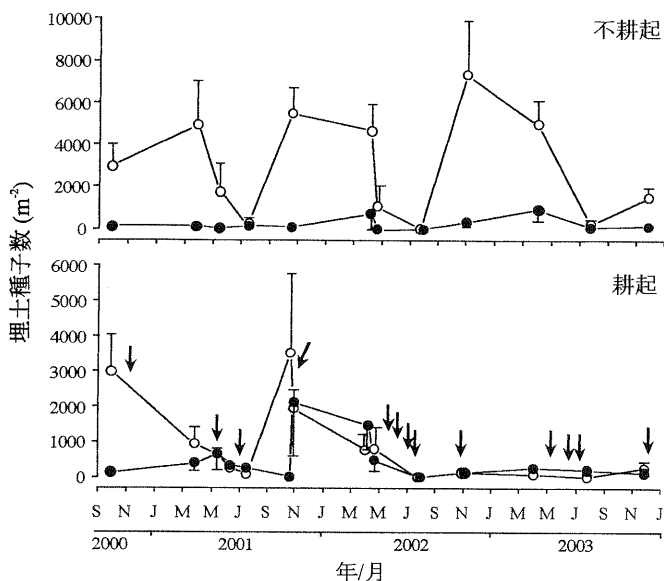


図４ ダイズの不耕起および耕起栽培におけるメヒシバの埋土種子数の消長(Kobayashi & Oyanagi (2005)を一部改変)
○：表層～5 cmの土層，●：5～10cmの土層中のメヒシバ種子数。
データはいずれも3反復の平均値と標準誤差。
下向きの矢印は、耕起(中耕を含む)。

な埋土種子集団を形成し、それが雑草のしぶとさの原因の一つであると考えられているが、どうやらメヒシバにはそれはあまり当てはまらない。このように、毎年夏には埋土種子がほとんど底をつくため、土壌が攪拌されない不耕起畑では新たに種子が散布されると表層付近にだけ集中分布するようになる。これは、メヒシバの埋土種子が極めて短命であることによる(露崎・中川 1987; Kobayashi & Oyanagi 2005)。一方、耕起畑では耕耘によって埋土種子の垂直分布は均一になるが、土中に残存する種子はわずかなため、浅い層の種子は薄められて減少する。ところで、メヒシバの出芽深度は比較的浅く、1 cm程度までの浅い層からの出芽が大半である(小林ら 2002)。すなわち、メヒシバの場合、耕耘は深い層の埋土種子を地表付近に掘り起こし、あるいは埋土種子量を増大させる効果よりも、地表付近にある出芽可能な種子を埋め込み、

出芽数を減少させる効果の方が卓越する。逆に種子の寿命が長く、土中に膨大な埋土種子集団を形成する雑草の場合には、耕耘は埋土種子を掘り起こして出芽数を増加させ、あるいは新たな埋土種子の形成を助長する効果が卓越すると考えられる。

メヒシバに限らず、一般に、日本における主要なイネ科の夏畑雑草は、シロザなど主要な広葉雑草に比べて種子が短命なものが多い(高林・中山 1978; 渡辺泰 1978; 山本 1987; 鈴木1994)。このことが、上に述べたような耕起の効果を通

じて、不耕起畑でイネ科雑草が優占する原因の一つとなっていると考えられる。もちろん、イネ科雑草の中にも種子の寿命が比較的長いものがあるし、また、埋土種子の寿命は土壌条件や気候によっても異なり、それに応じて、耕起に対する反応も異なることが予想される。例えば、アキノエノコログサは私たちが試験を行った福島市の黒ボク土壌では比種子の寿命が比較的長く、必ずしも不耕起畑で多くみられるわけでもなかった(図-1)。しかし日本の大豆栽培で最も問題となるイヌビエやメヒシバは、ほとんどの報告で種子の寿命が短いとされているので、全体としてみれば、不耕起栽培でイネ科雑草が増えるという現象は、多くの圃場で再現すると考えられる。

おわりに

このように、大豆の不耕起栽培ではおそらく

埋土種子の寿命の関係からイネ科雑草が優占する傾向があるが、広葉雑草もふくめた雑草の総量が増加するわけでは必ずしもない。こうした雑草の生態を踏まえて合理的な防除体系を考えることこそが重要であり、不耕起栽培だから雑草防除が大変、と頭から決めてかかる必要はないということである。逆に、大豆の普通の耕起栽培では、除草剤の作用性との関係もあって広葉雑草が問題になることが多い。とすれば、不耕起では広葉雑草が少なくなることを利用して、不耕起栽培自体を広葉雑草の耕種的防除と考えることができないだろうか。広葉雑草の埋土種子が多く、栽培上問題となっている畑では、不耕起栽培により、できるだけ土を攪拌しないように注意することで、出芽個体数を大きく減らすことができる可能性がある。もちろん、出芽は減っても埋土種子が無くなるわけではないので、防除には長期的な展望をもってあたる必要があることは言うまでもない。

最近、転換畑での大豆栽培がめだつようになってきたが、隣接する水田と大豆畑とで、これだけ雑草量が違うものかと驚かされることがしばしばである。今でも農業者のヒエ抜き之苦労があることは承知しているが、それでもやはり水稲作では除草剤とその散布技術がいに洗練されてきているかということを深く納得せずにはいられない。大豆栽培でも、不耕起、耕起にかかわらず、せめて普通の雑草を普通に防除できるようになるまで、除草剤だけでなく耕種的防除なども含めて、防除技術の向上を総合的に図る必要がある。そのための研究は緒についたばかりである。

参考文献

Buhler, D. D. (1992) Population dynamics

and control of annual weeds in corn (*Zea mays*) as influenced by tillage systems. *Weed Sci.* 40, 241-248.

Buhler, D. D. (1996) The effect of maize residues and tillage on emergence of *Setaria faberi*, *Abutilon theophrasti*, *Amaranthus retroflexus* and *Chenopodium album*. *Weed Res.* 36, 153-165.

Buhler, D. D. and E. S. Oplinger (1990) Influence of tillage systems on annual weed densities and control in solid-seeded soybean (*Glycine max*). *Weed Sci.* 38, 158-165.

Cardina, J., E. Regnier and K. Harrison (1991) Long-term tillage effects on seed banks in three Ohio soils. *Weed Sci.* 39, 186-194.

Cussans, G. W (1975) Weed control in reduced cultivation and direct drilling systems. *Outlook on Agriculture* 8, 240-242.

Derksen, D. A., G. P. Lafond, A. G. Thomas, H. A. Loepky and C. J. Swanton (1993) Impact of agronomic practices on weed communities: tillage systems. *Weed Sci.* 41, 409-417.

Froud-Williams, R. J., R. J. Chancellor and D. S. H. Drennan (1981) Potential changes in weed floras associated with reduced-cultivation systems for cereal production in temperate regions. *Weed Res.* 21, 99-109.

Froud-Williams, R. J., D. H. S. Drennan and R. J. Chancellor (1983) Influence of cultivation regime on weed floras of arable cropping systems. *J. Appl. Ecol.*

- 20, 187-197.
- Froud-Williams, R. J., R. J. Chancellor and D. H. S. Drennan (1984) The effects of seed burial and soil disturbance on emergence and survival of arable weeds in relation to minimal cultivation. *J. Appl. Ecol.* 21, 629-641.
- Gebhardt, M. R., T. C. Daniel, E. E. Schweizer and R. R. Allmaras (1985) Conservation tillage. *Science* 230, 625-630.
- Herron, J. W., L. Thompson and C. H. Slack (1971) Weed problems in no-till corn. *Proc. 24th Sth. Weed Sci. Soc.*, 170.
- 井上博道 (1999) デントコーン栽培における施肥法及び除草剤処理法と雑草の生育反応. 東北雑草研究99要旨集. 10.
- 伊藤一幸・木野内和夫・間谷敏邦・中島征夫 (1989) 麦跡大豆不耕起播種栽培における除草剤の効果と薬害. 雑草研究 34(別), 173-174.
- 伊藤操子 (1993) 「雑草学総論」. 養賢堂, 東京, pp244-246.
- 伊藤操子・森田亜貴 (1999) 「地下で広がる多年生雑草たち」. 京大大学院農学研究科雑草学分野, 京都, pp19-22.
- James, C. (2003) Global status of commercialized transgenic crops: 2003. ISAAA SEAsiaCenter, Manila.
- 金沢晋二郎 (1995) 持続的・環境保全型農業としての不耕起栽培 畑作物の収量と土壌の特性. 土肥誌 66, 286-297.
- Kobayashi, H., Y. Nakamura and Y. Watanabe (2003) Analysis of weed vegetation of no-tillage upland fields based on the multiplied dominance ratio. *Weed Biol. Manag.* 3, 77-92.
- Kobayashi, H. and A. Oyanagi (2005) *Digitaria ciliaris* seed banks in untilled and tilled soybean fields. *Weed Biol. Manag.* 5, 53-61.
- Kobayashi, H., S. Miura and A. Oyanagi (2004) Effects of winter barley as a cover crop on the weed vegetation in a no-tillage soybean. *Weed Biol. Manag.* 4, 195-205.
- 小林浩幸 (2004) 不耕起栽培における雑草発生の特徴と耕種防除. 農業技術 59, 251-255.
- 小林浩幸・三浦重典・小柳敦史 (2002) 不耕起畑における主要イネ科一年生雑草の出芽深度. 東北農業研究 55, 101-102.
- 小林浩幸・渡邊好昭 (2000) 不耕起刈取と耕耘が定期的に行われた畑における雑草量の季節消長の被度および草高による推定. 東北農業研究 53, 93-94.
- Koskinen, W. C. and C. C. McWhorter (1986) Weed control in conservation tillage. *J. Soil Water Cons.* 41, 365-370.
- 農林水産省生産局農産振興課 (2004) 「大豆に関する資料」. 農林水産省生産局, 東京.
- 定由直・三浦励一・伊藤操子 (1999) 被度と草高に基づく雑草バイオマス量推定の可能性について. 雑草研究 44 (別), 106-107.
- 佐合隆一・中川直美 (1999) 除草剤抵抗性ダイズへのヘアリベッチ被覆による不耕起栽培. 雑草研究 44(別), 190-191.
- Schreiber, M. M. (1992) Influence of tillage, crop rotation, and weed management on giant foxtail (*Setaria faberi*) population dynamics and corn yield. *Weed Sci.* 40,

- 645-653.
- Stahl, L. A. B., G. A. Johnson, D. L. Wyse, D. D. Buhler and J. L. Gunsolus (1999) Effect of tillage on timing of *Setaria* spp. emergence and growth. *Weed Sci.* 47, 563-570.
- Staniforth, D. W. and A. F. Wiese (1985) Weed biology and its relationship to control in limited-tillage systems. In: *Weed Control in Limited-Tillage Systems* (ed. by A. F. Wiese). The Weed Science Society of America, Illinois, 15-16.
- Streit, B., S. B. Rieger, P. Stamp and W. Richner (2003) Weed populations in winter wheat as affected by crop sequence, intensity of tillage and time of herbicide application in a cool and humid climate. *Weed Res.* 43, 20-32.
- 鈴木光喜 (1994) 25年間地中30cmに埋土した数種畑雑草種子の発芽力. *雑草研究* 39, 34-39.
- Swanton, C. J., A. Shrestha, R. C. Roy and S. Knezevic (1999) Effect of tillage systems, N, and cover crop on the composition of weed flora. *Weed Sci.* 47, 454-461.
- 高林実・中山兼徳 (1978) 主要畑雑草種子の土中における生存年限について. *雑草研究* 23, 32-36.
- Teasdale, J. R. and C. S. T. Daughtry (1993) Weed suppression by live and desiccated hairy vetch (*Vicia villosa*). *Weed Sci.* 41, 207-212.
- Thomas, A. G. and B. L. Frick (1993) Influence of tillage systems on weed abundance in southwestern Ontario. *Weed Technol.* 7, 699-705.
- 露崎浩・中川恭二郎 (1987) メヒシバ種子の休眠覚醒, 発芽特性および死滅に及ぼす埋土位置の影響. *雑草研究* 32, 209-216.
- Tuesca, D., E. Puricelli and J. C. Papa (2001) A long term study of weed flora shifts in different tillage systems. *Weed Res.* 41, 369-382.
- 山本泰由 (1987) 畑雑草種子の土壌中における生存年限. *農業技術* 42, 145-147.
- 渡辺泰 (1978) 北海道における畑作雑草に関する生理・生態学的研究. *北海道農誌研報* 123, 17-77.

牧草・毒草・雑草図鑑

定価 2,940円
(本体2,800円+税5%)

編著：清水矩宏・宮崎茂・森田弘彦・廣田伸七

B6判 288頁 カラー写真800点

牧草・飼料作物80種、雑草180種、有毒植物40種を収録した畜産のための植物図鑑

発行／社団法人 畜産技術協会

販売／全国農村教育協会 電話 03-3839-9160 FAX 03-3839-9172