مجله پژوهش علف‌های هرز
جلد۱، شماره۱، بهار ۱۳۸۸
صفحات ۹۵-۷۷

مروری از تکنیک‌های " بایواسی" در تحقیقات علفکش‌ها

A Review of Bioassay Techniques in Herbicide Investigation

حسین موسوی نیا[۱]

چکیده :

روش‌های " بایواسی " که در مطالعات علف‌کش‌ها بکار می روند بر اساس عکس العمل اورگانیسم‌های انتخاب شده – گیاهان عالی یا میکروارگانیسم‌ها – نسبت به مواد شیمیایی هستند. روش‌های مختلف ارزیابی بکار می رود: جوانه زنی، وزن یا اندازه قسمت‌های گیاه، تغییرات در فعالیت‌های فیزیولوژیکی نظیر فتوسنتز و تعرق، و علائم شاخص. چندین "بایواسی" خاص تشریح گردید. روابط دز- عکس العمل تحت تأثیر سن گیاه شاخص و شرایط محیطی رشد قرار می گیرند. نتایج می تواند بصورت صوری یا توسط اندازه گیری‌های واقعی محاسبه گردد، برای تفسیر صحیح میبایست شاهدها و استانداردهای مناسب در هر آزمایش شامل گردد. مثالهائی از روش های "بایواسی" داده شده است تا جنبه های مختلف رفتار علف‌کش‌ها تحقیق گردد: اثرات خاک روی علف کش‌ها، ناپدید شدگی علف‌کش‌ها از سطح خاک، حرکت علف‌کش‌ها در خاک، تجزیه و دوام علف‌کش ها.

مقدمه

کنترل گیاهان هرز در مزرعه توسط ترکیبات شیمیایی بر این اساس است که علف‌کش‌ها از خاک آلوده به داخل گونه‌های گیاهی حرکت خواهند کرد. یک کشاورز یا مزرعه‌دار، که تناوب‌های زراعی بکار می برد، می بایست بداند که خواص گیاه کشی (فیتوتاکسیک) یک ترکیب از خاکی که از قبل تحت کاربرد علف‌کش قرار گرفته است ناپدید گردیده است پیش از آنکه او یک گیاه زراعی حساس را در آن کشت نماید؟ یک "بایواسی"، با استفاده از یک نبات زراعی حساس در خاک آلوده بعنوان محیط رشد، می‌تواند اطلاعات مفیدی در این زمینه بدست دهد (Lavy and Santelmann, 1986).

در عمل، رشد گونه‌های حساس در خاک‌های محتوی مقادیر بسیار کم علف‌کش می‌تواند یک روش آزمایش ساده، سر راست، و به آسانی قابل استفاده باشد. علیرغم پیشرفت‌هایی که در روش‌های " آنالتیکی " بعمل آمده است، "بایواسی " ها همچنان یک وسیله عمده برای تعیین کیفی و کمی علف‌کش‌ها باقی می‌مانند (Horowitz, 1976).

مزایا و محدودیت‌های بایواسی‌ها قبلاً توصیف شده‌اند (Behrren,1970 و Santelmann, 1972). دلایل اصلی برای کاربرد وسیع بایواسی‌ها در تحقیقات علف‌کش‌ها احتمالاً سادگی نسبی و قابلیت تغییر آنها است.

۱- دانشگاه شهید چمران اهواز

هدف این مقاله نشان دادن این نکات، با مرور روش‌های مختلف ارزیابی و با ارائه مثال‌هائی از کاربردهای بایواسی‌ها در تحقیقات علف‌کش-هاست.

روش‌های ارزیابی:

انتخاب اورگانیسم‌های شاخص (گونه‌های بایواسی) : اثرات علف‌کش روی گیاهان، عموماً، خاص نیست، و بنابراین اورگانیسم‌های مختلف می توانند بعنوان یک شاخص برای یک علف-کش معین بکار روند و بر عکس، بسیاری علف-کش‌ها، گاهی اوقات حتی متعلق به گروه‌های شیمیایی مختلف، می توانند توسط یک اورگانیسم آزمایش شوند. شاخص مناسب می بایست نسبت به مقادیر بسیار کم علف‌کش حساس باشد و توسط علائم واضح، به آسانی قابل مشاهده و قابل اندازه‌گیری، عکس العمل نشان دهد. میکرو-ارگانیسم‌ها در بعضی بایواسی‌ها بکار رفته اند (Thomas et al., 1973) ولی اکثر بایواسی-های علف‌کش گیاهان عالی را بکار می‌برند.

یولاف (*Avena sativa*) احتمالاً متداول-ترین گیاه آزمایشی مورد استفاده است. زیرا نسبت به بسیاری از علف‌کش‌ها دارای حساسیت مشخص است و به آسانی رویانده می شود. "کرافتس " (Crafts, 1935) یک " بایواسی " برای مطالعه رفتار " آرسنیت سدیم " و "کلرات سدیم" در خاک‌های کالیفرنیا نشان داد. تعدادی گونه‌های دیگر بطور وسیع برای بیش از یک گروه از علف‌کش‌ها بکار رفته اند.

پارامترهای ارزیابی:

عکس‌العمل گیاه شاخص نسبت به علف-کش‌ها می تواند به طرق مختلف ارزیابی گردد.

۱- آزمایش جوانه زنی: بسیاری از علف کش-ها به شدت از جوانه‌زنی گونه‌های حساس جلوگیری می کنند ولی آزمایش‌های قلیلی بر اساس صرفاً تعداد جوانه‌زنی صورت گرفته است. غلظت‌های " سابلتال " [1] غالباً باعث بازداری طویل شدگی " رادیکل " [2] یا "شوت " [3] می شوند. حوزه غلظت‌ها به قدر کافی بزرگ گرفته می شود تا اندازه‌گیری‌های معتبر را اجازه دهد. بطور شاخص، طویل شدگی ریشه یا "شوت" بعد از یک "انیکوباسیون" [4] ۹۶-۲۴ ساعت مشاهده می-شود (Horowitz, 1969). آزمایش‌های بایواسی بازداری طویل شدگی ریشه در سال‌های ۱۹۴۰ برای کشف سریع 2,4-D و با استفاده از ذرت (Swanson, 1946) و خیار (Ready and Grand, 1942) صورت گرفته است.

دراین آزمایش‌ها از " پتریدیش " استفاده شده است. " بایواسی " های پتریدیش ساده، سریع، و برای تعیین غلظت‌های علف‌کش در محلول آبی یا در خاک مفید هستند (Lavy and Santelmann, 1986).

اندازه گیری طویل شدگی ریشه برای علف-کش‌هایی غیر از 2,4-D نیز گزارش شده است، از آن جمله برای " کاربامات‌ها " [5] (Roberts and Wilson, 1962) و " دای نایتروانیلین‌ها"[6] (Beckie et al., 1990، Camper and Carter, 1974، Jacques and Harvey, 1974). پارکر (Parker, 1966) در تکنیکی

[1]- Sublethal
[2]- Radicle
[3]-Shoot
[4]- Incubation
[5]- Carbamates
[6]- Dinitroanilines

که بکار برده است، پتریدیش‌هائی را که در آنها "سورگوم " کاشته شده بود در وضع ایستاده، تا حدی کج قرار دارد. این وضع سبب گردید که ریشه‌ها و شوت‌ها در امتداد سرپوش شفاف رشد نمایند، و بدین طریق طویل شدگی می‌تواند به آسانی در ماسه یا خاک دنبال گردد. (شکل ۱)

اثرات "اللوپاتیکی"[1] عصاره‌های گیاهی روی جوانه‌زنی بذور را نیز می‌توان توسط "بایواسی‌های" پتریدیش تعیین نمود (Barnes et al., 1986 و Smith, 1989).

مزیت خاص در آزمایش‌های جوانه‌زنی سرعت و امکان نگهداری سرتاسر سیستم یعنی، علف‌کش، محیط کشت، گیاه شاخص- محصور شده تحت شرایط ثابت است (Horowitz, 1976). بنابراین، این آزمایش برای ترکیبات فرار نظیر "پبولیت" [2] (Horowitz, 1966) یا علف‌کش‌هائی که به آسانی نشت می شوند نظیر " دایفن- امید" [3] (Horowitz and Hulin, 1971a) بکار رفته است.

خیار، سورگوم، و یولاف گونه‌های اصلی هستند که در آزمایش‌های جوانه‌زنی بکار می‌روند ولی آنها در آن مرحله نسبت به ترکیبات باز دارنده فتوسنتزی حساس نیستند (Kratky and Warren, 1971). در میان گونه‌های دیگری که برای جوانه‌زنی در "بایواسی‌های" "پتریدیش" بکار رفته اند می توان کتان برای "اندوتال " [4] (Hiltibran, 1962)، هفت بند برای "پرونامید"[5] (Roberts and Ricketts, 1973)، لولیوم برای "دایکلوبنیل"[6] (Horowitz, 1966)، کاهو برای " پیکلورام " [7] (Reid and Hurtt, 1969)، و کاهو برای "ای پی تی سی " [8] (Donald, 1981) را نام برد.

۲- ارزیابی از روی گیاهان: تعیین وزن متداول‌ترین ارزیابی است که در " بایواسی‌ها " بکار می‌رود. معمولاً قسمت‌های هوایی وزن می شوند چون جداسازی ریشه‌ها از خاک کار دشواری است. مشاهدات بر اساس وزن تر (تازه) و وزن خشک صورت می گیرد (Peek et al., 1989، Rogers et al., 1986) و معمولاً نتایج مشابه می دهند (Dubey and Freema, 1963، Santelmann et al., 1971) و بنابراین تعیین وزن خشک اغلب ضرورت ندارد.

برای بسیاری از مواد بازدارنده فتوسنتز رشد "شوت " قبل از ظهور علائم آسیب کاهش می‌یابد. از این رو اندازه‌گیری طول برگ یا ارتفاع گیاه می‌تواند بدون بر هم زدن وضع طبیعی گیاه به کرات صورت گیرد، و بدین ترتیب ایجاد یک ارزیابی از فعالیت علف‌کشی یک علف‌کش می‌کند که ممکن است ارزیابی وزنی را تأیید یا جایگزین آن گردد. هنگامی که اندازه گیری‌های مکرر صورت می‌گیرد یا داده‌های یادداشت شده در سنین مختلف مقایسه می‌شوند تغییرات آشکار از لحاظ حساسیت با سن گیاه می بایست مورد توجه قرار داده شود (Horowitz, 1976). در-

1 - Allelopathic effects
2 - Pebulate
3 -Diphenamid
4 - Endothal

5 -Pronamide
6 -Dichlibenil
7 -Picloram
8 -EPTC

حالیکه طول برگ روی گیاهان گراس به آسانی اندازه‌گیری می‌شود، روی گونه‌های دیگر اندازه-گیری‌های دیگری می تواند مورد توجه واقع شود، مثلاً، طول دمبرگ اولین برگ سه برگچه ای در لگوم ها.

مشاهدات وزن تر (تازه)، وزن خشک، و طول گیاه معمولاً نتایج مشابهی ایجاد می کنند (Crafts, 1935، Dubey and Freema, 1963، Horowitz, 1976، Lynd et al., 1966، Santelmann et al., 1971). هر چند در مورد علف‌کش‌هایی که ایجاد ناهنجاری در " شوت " می کنند، ارقام ارتفاع می بایست با دقت بکار روند. برای مثال، در مورد "تایوکاربامات‌ها"[1] گزارش شده است که کاهش در ارتفاع بیشتر از کاهش در وزن بوده است (Koren et al., 1968). یادداشت هر دو ارزیابی در آزمایش‌هایی که انواع مختلف علف-کش بکار می رود مفید است (Horowitz and Blumenfled, 1973).

بعضی محققین سیستم درجه بندی صوری تخمین رشد نسبی گیاه یا تخمین شدت آسیب ارزیابی می‌شود (Day et al., 1961، Horowitz and Blumenfled, 1973، Scifres et al., 1972). لازم است که یک گروه تیمار نشده یا صفر دز از گیاهان در " بایواسی " شامل گردد تا هر عکس العمل طبیعی نسبت به شرایط محیط تعیین شود. یک چنین سیستم درجه بندی صوری می تواند همراه با وزن خشک " شوت " در یک شاخص رشد برای "بایواسی" بکار رود (Lavy and Phillips, 1959، Santelmann, 1986).

۳- اثرات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی: تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی، و ساختمانی گیاهان که توسط علف‌کش‌های " اترازین"[2] و "مونورون"[3] ایجاد می شود، مرور گردیده است (Ashton, 1965). بعضی از این اثرات با میزان دز مربوط است و بنابراین می توانند برای ارزیابی " بایواسی" بکار روند.

کاهش فعالیت فتوسنتزی توسط علف‌کش-های باز دارنده فتوسنتز روی دیسک‌های برگ (Eshel, 1969) یا روی گیاه دست نخورده (Van Oorschot, 1970) اندازه‌گیری گردید. تبادل co2 بعد از فقط چند ساعتی که دیسک‌ها یا گیاه دست نخورده در معرض علف‌کش قرار گرفت بطور قابل ملاحظه ای کاهش یافت.

کلروسیس ممکن است توسط تعیین مقدار کلروفیل به طریق " اسپکتروفتومتری "[4] (Shea et al., 1983) یا بطریق صوری (Parker, 1965، Rogers et al., 1986) ارزیابی گردد.

سانتلمان و همکاران (Santelmann et al., 1971) نشان دادند که مصرف آب گیاهان که در محیط کشت آلوده به " پرومترین "[5] رویانده شدند چندین روز پیش از ظهور علائم آسیب تقلیل یافت و ارزیابی "تاکسیسیتی"[6] بر اساس مصرف آب حساستر از ارزیابی استنتاج شده از داده های وزن یا طول بود.

[1] -Thiocarbamate

[2]- Atrazine
[3] -Monuron
[4] -Spectrophotometry
[5] -Prometryn
[6] -Toxicity

٤- علائم: علائم و نشانه هایی که شاخص یک گروه معین از علف‌کش‌ها یا یک ترکیب معین هستند می تواند برای یک " بایواسی" کیفی بکار روند و اگر شدت علائم با دز مربوط باشد، می تواند برای نتایج کمی نیز بکار رود. "اپیناستی"[1] و بد شکلی ساقه‌های گوجه فرنگی (Leasure, 1958) و نقص شکل برگ‌های پنبه (Leonard et al., 1962) علائمی هستند که برای ارزیابی 2,4-D بکار رفته اند. علائم "فیتو تاکسیتی" " پیکلورام" روی لوبیا و سویا ارزیابی حساس‌تری از ارزیابی‌های وزن و ارتفاع هستند (Scifres et al., 1972). مشخصه سفید شدگی اولیه لپه های خردل که توسط "فلوئومتورون"[2] ایجاد می گردد به طریق "اسپکتروفتومتری" اندازه گیری گردید و برای ارزیابی‌های کمی کار رفته است (Horowitz, 1976).

٥- تکنیک‌های خاص: "پارکر" (Parker, 1965) یک "بایواسی" سریع برای کشف علف‌کش های بازدارنده فتوسنتز بوجود آورد، که بر اساس "آنتاگونیسم" آنها با "پاراکوات" بود.

جلبک‌ها، و مخصوصاً Chlorella، برای بسیاری علف‌کش‌های بازدارنده فتوسنتز و تنفس مفید هستند. عکس العملشان توسط روش‌های مختلف اندازه گیری گردید، از آن جمله تعیین رشد به طریق "توربیدیمتری"[3] (Addison and Bardsley, 1968) و به طریق "هموسیتومتری"[4] (Hess, 1980)، تعیین کلروفیل به طریق "اسپکتروفتومتری" (Hess, 1980، Kratky and Warren, 1971)، آزاد سازی o2 (Kratky and Warren, 1971)، و اندازه گیری یا تخمین صوری ناحیه بازداری (Helling et al., 1971، Templeton and Hurtt, 1973) را می‌توان ذکر نمود.

هلینگ و همکاران (Helling et al., 1971) در روش خود با استفاده از سوسپانسیون Chlorella حرکت علف‌کش‌ها را روی صفحات "کروماتوگرافی لایه- نازک"[5] مشاهده نمودند. توماس و همکاران (Thomas et al., 1973) دیسک‌های کاغذی کوچک محتوی ترکیبات آزمایش شده را روی صفحات آگار که روی آنها *Chlorella pyrenoidosa* و *Bacillus subtilis* کشت شده بود، قرار دادند و ناحیه بازداری را اندازه گیری نمودند.

ترولاو و همکاران (Truelove et al., 1974) یک "بایواسی" دیسک لپه برای بازدارنده های فتوسنتز توصیف نمودند که هم حساس است و هم سریع. روش مزبور بر اساس توانائی دیسک-ها قرار دارد که در محلول‌های شاهد در نور شناور مانده و در تاریکی فرو می روند، در حالیکه در حضور علف‌کش‌هایی که روی آزاد سازی اکسیژن تأثیر می‌کنند، دیسک‌ها در نور و در تاریکی فرو می‌روند. از همین روش داسیلوا و همکاران (DaSilva et al., 1976) برای آزمایش چندین علف‌کش با نحوه‌های عمل متفاوت استفاده نمودند.

1 -Epinasti
2 -Fluometuron
3 -Turbidimetry
4 -Hemocytometry
5 -Thin-layer chromatography (TLC)

اندازه گیری "فلورسنس"[1] کلروفیل تکنیک دیگری است که در "بایواسی" علف‌کش‌های بازدارنده فتوسنتز بکار می رود. این تکنیک، که در آن از یک "فلورومتر"[2] استفاده می شود، بر این واقعیت قرار دارد که علف‌کش‌های بازدارنده فتوسنتز فلورسنس کلروفیل را می افزایند. این تکنیک برای تعیین پتانسیل بازداری بعضی " ترای آزین ها"[3] روی کلروپلاست‌های جدا شده نخود فرنگی (Brewer et al., 1979)، برای تعیین "بیوتیپ های" [4] مقاوم به علف‌کش‌های "ترای آزین" (Ahrens et al., 1981)، و تأثیر علف‌کش‌های "بوتیدازول"[5] و "اترازین" روی بعضی واکنش‌های نوری فتوسنتز در جلبک *Chlorella vulganris* (Devlin et al., 1983) بکار رفته است. این تکنیک هم سریع است و هم معتبر است.

اثرات خاص متفاوتی که توسط علف‌کش‌ها ایجاد شده اند یادداشت شده است. این اثرات می توانند بصورت "بایواسی های" کمی توسعه یابند. برای مثال "امیترول"[6] باعث از بین رفتن زمین گرائی و تغییر شکل توسعه تار کشنده ریشه در نشاهای پنبه می گردد (Counts, 1961). رشد بافت "کالوس"[7] غیر فتوسنتزی توتون در تاریکی توسط چندین علف‌کش بازدارنده فتوسنتز کاهش می یابد (Jordan et al., 1966) و چند "ترای آزین" متقارن جوانه‌زنی بذور کاهو و بازشدن قلاب "هایپوکوتیل"[8] پنبه را، بعد از اینکه بذور از قبل در معرض نور ضعیف قرمز (۱۰ لوکس) قرار گرفتند، تحریک می‌کنند (Pillai and Davis, 1973).

شرایط آزمایش و توضیح نتایج

لازم است که در هر سری "بایواسی"، تیمارهای علف‌کش با شاهدی بدون علف‌کش که تحت شرایط مشابه نگهداری شدند، مقایسه گردد (Behrren, 1970، Anderson et al., 1968، Lavy and Santelmann, 1986). داده‌های آزمایشی متعدد دال بر این است که شرایط محیطی که روی رشد و نمو گیاهان مورد آزمایش اثر می‌کنند، می‌توانند در توضیح فعالیت علف کش تأثیر نمایند.

فاکتورهایی که روی "فیتوتاکسیسیتی" اثر می کنند شامل شدت نور (Ashton, 1965، Houseworth and Tweedy, 1971، Lynch and Sweet, 1971، Minshall, 1957، Ridley, 1977، Stanger and Appleby, 1972، Van Oorschot, 1970)، طول روز (Horowitz, 1966، Horowitz, 1966)، حرارت (Burt et al., 1976، Houseworth and Tweedy, 1971، Mulder and Nalewaja, 1978، Van Oorschot, 1970، Wilson et al., 1976، Wu et al., 1974)، مقدار آب محیط رشد (Dao and Lavy, 1978، Horowitz, 1966، Horowitz and Hulin, 1971a، Houseworth and Tweedy, 1971،

[1]- Fluorescence
[2]- Fluorometer
[3]- Triazines
[4]- Biotypes
[5]- Buthidazole
[6]- Amitrol
[7]-Callus
[8]- Hypocotyl

Mulder ،Kratky and Warren, 1973 Nelson et al,, ،and Nalewaja, 1979 1983، Wu et al., 1974)، رطوبت نسبی اتمسفر (Lynch and Sweet, 1971، Van Oorschot, 1970)، نوع خاک (Harrison et al., 1976، Mapplebeck and Parochetti, 1973 ،Waywell, 1983، Rahman and Mattews, 1979، Upchurch et al., 1966)، pH خاک Ladlie et al., ،Colbert et al., 1975) 1976، Weber et al., 1968، Weber et al., 1969) و تراکم گونه‌های گیاهی (Burrill and Appleby, 1978، Hoffman and Lavy, 1978) هستند. محیط رشد اثر قابل ملاحظه‌ای روی "فیتوتاکسیسیتی[1]" دارد، اما فاکتورهایی نظیر فشردگی خاک (Horowitz, 1966) یا محل قرار گرفتن علف کش در خاک (Appleby et al., 1968، Dawson, 1963، Knake et al., 1967، Nelson et al,, 1983، Nishimoto et al., 1969، Parker, 1966) نیز ممکن است اثرات مهمی اعمال کنند، فاکتورهای دیگری که دارای تأثیر قابل ملاحظه‌ای است سن یا مرحله رشد گیاه تحت آزمایش می باشد (Holly and Roberts, 1963، Horowitz, 1976). هنگامیکه نتایج آزمایش بطور صوری تخمین زده می شوند، مهم است که دو منتهی الیه سطح درجه بندی به روشنی تعریف شوند. سیستم عدد نویسی در میان محققین فرق می کند، معمولاً سطح اندازه گیری از صفر یا ۱ تا ۵ یا ۱۰، رو به بالا یا رو به پائین تغییر می‌کند. هر گیاه یا گلدان که تشکیل یک تکرار می‌دهد، می‌بایست در تیمارها و در شاهد بطور انفرادی درجه‌بندی گردد و محاسبه بر حسب میانگین یادداشت شده صورت پذیرد.

اندازه‌گیری‌های واقعی (وزن، طول، آزادسازی اکسیژن، و غیره) تیمارها عموماً بر حسب درصد شاهد مشابه توصیف می‌شوند. محاسبات اضافی بستگی به هدف و طرح آزمایش دارد. برای تعیین کمی علف کش، لازم است یک سری غلظت‌های استاندارد تحت شرایط محیطی مشابه تهیه گردد. هر چند، اگر هدف آزمایش مطالعه فاکتورهائی باشد که روی رفتار علف‌کش ها تأثیر می‌کنند، ممکن است مقایسه اثرشان روی ارگانیسم‌های شاخص بسنده باشد.

ارقام کاهش رشد، بر حسب درصد شاهد، برای بررسی نتایج یک آزمایش تحت شرایط استاندارد با ارزش هستند. هر چند، برای مقایسه بین فاکتورهائی که روی رشد اورگانیسم شاخص اثر می‌کنند (نظیر قسمت‌های تشکیل‌دهنده خاک)، یا مقایسه بین سری آزمایش‌ها (در مطالعات دوام علف‌کش‌ها در خاک)، استفاده از "ارقام فعالیت مشابه" بهتر است. ارقامی از ED50، GR50، ID50 (یعنی، دز علف‌کش مورد نیاز که به ترتیب ایجاد یک اثر ۵۰ درصد، یک کاهش رشد ۵۰ درصد، یک بازداری ۵۰ درصد در مقایسه با شاهد تیمار نشده نماید) غالباً در این نوع آزمایش بکار رفته است (Behrren, 1970، Finney, 1964، Lavy and Santelmann, 1986، Santelmann et

[1]- Phytotoxicity

Templeton and Hurtt, ،al., 1971 .(1973

کاربرد "بایواسی ها" در تحقیقات علف‌کش‌ها

روش‌های "بایواسی" به کار رفته‌اند تا بسیاری جنبه‌های علمی رفتار علف‌کش در محیط تحقیق گردد. مونه‌هایی از روش‌ها و برخوردها در تحقیقات علف‌کشی که بر اساس "بایواسی" قرار دارند در بخش‌های زیر خلاصه می شوند.

اثرات خاک: اثر فاکتورهای خاک روی فعالیت علف‌کشی می تواند توسط "بایواسی" با همبسته کردن "فیتوتاکسیسیتی" با مشخصات فیزیکی و شیمیائی مناسب خاک تعیین گردد (Groves et al., 1985، Harris and Sheets, 1965، Horowitz and Hulin, 1971a، Knake et al., 1967، Rogers et al., 1986، Rogers et al., 1986، Upchurch, 1958). "بایواسی‌ها" همچنین می توانند روی پرپاراسیون‌های مصنوعی خاک بکار روند (Coffey and Warren, 1969، Doherty and Warren, 1969 Eshel and Warren, 1967، Horowitz et al., 1974، Lynd et al., 1966). چون رشد گیاه مورد آزمایش ممکن است طور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر قسمت‌های تشکیل دهنده خاک قرار گیرد، روش "پات"[1] دو جنبه‌ای توسعه یافته است، که در آن شبکه درهم بافته ریشه گیاه که در خاک یکنواخت رویانده شده است فقط برای زمان کوتاهی (۲ تا ۳ هفته) در معرض محیط کشت (خاک) آلوده قرار داده می‌شود (Lavy Tompkin et ،and Santelmann, 1986 .(al., 1968

ناپدید شدگی از سطح خاک: "بایواسی" هائی در آزمایش‌هایی که با فرایند ناپدیدشدگی سر و کار دارند بکار رفته است. در مطالعات مربوط به تبخیر علف‌کش‌ها، یک "منبع"[2] و یک "مقصد"[3] برای بخارات علف‌کش می‌تواند در یک محفظه بسته بر قرار گردد، یا خاک تیمار شده (آلوده) می‌تواند در معرض یک جریان هوا قرار گیرد. غلظت علف‌کش که باقی می‌ماند یا از طریق بخار شدگی منتقل می‌گردد، توسط "بایواسی" اندازه-گیری می‌شود (Burnside et al., 1961، Leasure, 1958 ،Horowitz, 1966، Swann and Behrens, 1972، Talbert et al., 1971). (شکل های ۲ و ۳)

تجزیه نوری می‌تواند از طریق آزمایش توسط روشن سازی علف‌کش‌ها در محلول، روی سطح مصنوعی یا روی خاک، با لامپ‌های "ماوراء بنفش" یا نور خورشید ایجاد گردد. فعالیت علف-کشی، بعد از در معرض‌گذاری و مقایسه با تیمارهایی که در معرض نور قرار نگرفته اند، توسط "بایواسی" اندازه گیری می‌گردد (Comes and Timmons, 1965، Parochetti and Hein, 1973، Sheets, 1963، Taylorson, 1966، Weldon and Timmons, 1961، Wright and Warren, 1965). در آزمایش‌هایی که روی مجموعه اثرات در معرض‌گذاری در هوای آزاد انجام می‌شود عموماً تشخیص بین فاکتورهای

[1]-Pot

[2]- Sink
[3]- Source

درگیر مشکل است، و شاهدها می بایست با دقت طرح شوند. اثرات تابش "گاما" روی علف‌کش‌ها در محلول آبی و در خاک، نیز توسط "بایواسی" ارزیابی گردید (Horowitz and Horowitz and Blumenfled, 1973، Hulin, 1971b).

حرکت در خاک: روش‌های "بایواسی" مختلفی برای مطالعه حرکت علف‌کش‌ها در خاک توسعه یافت. در آزمایش‌های مزرعه‌ای، بدنبال باران طبیعی یا مصنوعی نمونه‌های خاک ممکن است از عمق‌های مختلف گرفته شده، آزمایش گردند (Braverman et al., 1986، Burnside et al., 1961، Weber et al., 1982، Weber et al., 1982). در مطالعات نشت آزمایشگاهی با استفاده از ستون‌های خاک، روش‌های مختلفی بکار رفته است تا حرکت علف‌کش‌ها ارزیابی گردد. ستون خاک ممکن است به صورت بخش‌هایی قاش گردد (Anderson et al., 1968، Crafts, 1935، Hurtt et al., 1958، Jacques and Harvey, 1974)، (شکل ۴)، ممکن است شیار یا شکاف‌هایی در آن ایجاد گردد و در آن شیارها گونه‌های آزمایش می توانند کاشته شوند (Lambert et al., 1956، Talbert et al., 1971)، یا طولاً بریده شوند (Weber et al., 1986) (شکل ۵). روش دیگر این است که "لیچیت"[1] جمع آوری و تحت "بایواسی" قرار گیرد (Day et al., 1961، Eshel and Warren, 1967، Weber et al., 1982)، (شکل‌های ۴ و ۵ تکنیک‌های "بایواسی" ای نیز توسعه یافت تا حرکت رو به بالا و جانبی علف‌کش‌ها (Ashton, 1961، Harris, 1964) و نشت از فرمولاسیون گرانول (Horowitz, 1966) آزمایش شوند.

مطالعات مقایسه‌ای حرکت علف‌کش‌ها بر اساس حرکت رو به بالا در ستون‌ها در اثر آبیاری از زیر (Harris, 1967) یا بوسیله "کروماتوگرافی لایه نازک" (Chapman et al., 1970، Helling et al., 1971) بوده است. تکنیک‌های مختلف نشت خاکی با یکدیگر مقایسه شده است (Wu and Santelmann, 1975).

تجزیه و دوام علف‌کش: اساساً در تحقیقات دوام علف‌کش در خاک سه برخورد وجود دارد:

(الف) علف‌کش در مزرعه بکار می رود و بعد از دوره‌های مختلف، نمونه‌های خاک برای "بایواسی" در آزمایشگاه از عمق‌های مختلف گرفته می‌شود (Barrett et al., 1984، Burnside et al., 1963، Harris, 1964، Holly and Roberts, 1963، Isensee et al., 1973، Rogers et al., 1986). روشی مشابه بکار رفته است تا ناپدید شدگی علف کش-ها در آب دنبال گردد (Hiltibran, 1962). برای مطالعات اثرات عمق، ظروف محتوی خاک آلوده را می‌توان در نقاط مختلف پروفیل خاک قرار داد و بعد از یک دوره معین برای "بایواسی" از زیر خاک خارج نمود.

(ب) برای مطالعات آزمایشگاهی، روشی که توسط "کرافتس" (Crafts, 1935) توسعه یافت

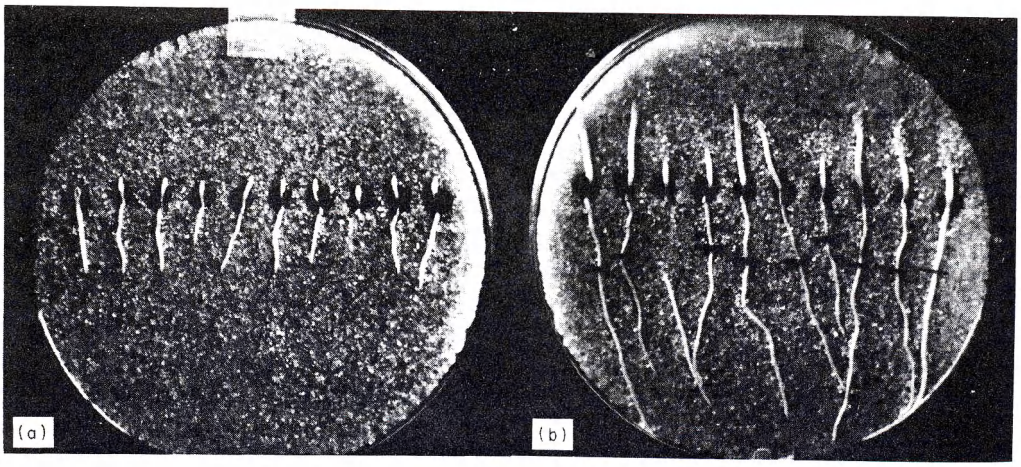
[1]- Leachate

بوسیله بسیاری از محققین دنبال گردید. در خاک-های آلوده شده با علف‌کش مورد آزمایش یک گیاه شاخص رویانده می‌شود و بعد از اندازه گیری عکس العمل (مثلاً در تحقیق "کرافتس" – ارتفاع و وزن تر (تازه) گیاهان یولاف ۱- ماهه که در سطح خاک قطع شدند) مواد گیاهی به خاک برگردانده می‌شوند. خاک را گذاشته تا خشک شود، سپس مخلوط نموده، برای یک دوره دیگر رشد مجدداً با گیاه شاخص کشت می‌نمایند. دوام علف‌کش توسط تعداد دفعاتی که ایجاد علائم "فیتوتاکسیک" می‌کنند تخمین زده می‌شود (Day et al., 1961، Rauser and Switzer, 1962). در تحقیقاتی که "هورووویتز" (Horowitz, 1969) و "هورووویتز" و "هرزلینگر" (Horowitz and Herzlinger, 1973) به عمل آوردند، همین روش با تغییر جزئی بکار رفت. بدین معنی که بدون برگرداندن مواد گیاهی، خاک با یا بدون مخلوط کردن در فواصل بین کشت، بسته به هدف آزمایش، مجدداً با گیاه شاخص کشت گردید.

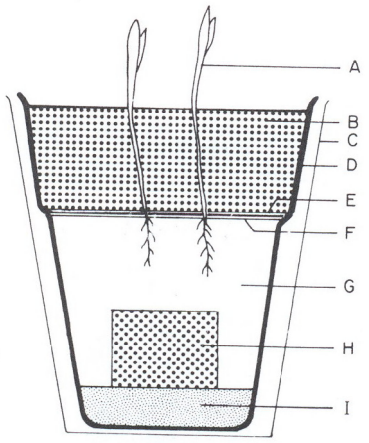
(ج) خاک آلوده به علف‌کش ممکن است تحت شرایط کنترل شده متفاوتی قرار گیرد و غلظت با شاهد مقایسه گردد (Braverman et al., 1986، Burnside et al., 1961، Burschel and Freed, 1959، Corbin and Upchurch, 1967، Horowitz, 1966، Jacques and Harvey, 1974).

استنتاج

محدودیت‌هایی در استفاده از "بایواسی‌ها" وجود دارد که می بایست مورد بررسی قرار گیرند (Santelmann, 1972 ،Behrren, 1970). " بایواسی‌ها " برای تعیین علف‌کش‌ها در عصاره-های مواد بیولوژیکی کاملاً مناسب نیستند، زیرا وجود مواد تشکیل دهنده این عصاره‌ها قادر به دخالت در عکس‌العمل هستند. در "بایواسی" هائی که دارای زمان عکس العمل طولانی می-باشند، قسمتی از علف‌کش ممکن است قبل از ظهور عکس العمل ناپدید شود. نسبتاً فقط حوزه-های باریکی از غلظت می‌تواند مستقیماً توسط تکنیک‌های غلظت‌سازی "بایواسی" آزمایش گردد و تکنیک‌های رقیق سازی یا اغلب غیر عملی یا غیر قابل اطمینان هستند. هنگامی که محیط رشد کسری از علف‌کش را رونشین می-سازد، "بایواسی" فقط مقدار قابل دسترس اورگانیسم مورد آزمایش را اندازه‌گیری می‌کند و نه مقدار کل علف‌کش را که واقعاً وجود دارد. بر عکس، عکس العمل "بایواسی" بین ترکیب اصلی و مشتقات "بایواکتیو" تفاوتی قائل نمی شود (Horowitz, 1976). علیرغم این محدودیت-ها، "بایواسی‌ها" تنها روش‌های مناسب برای تحقیق در فعالیت‌های بیولوژیکی علف‌کش‌ها هستند.

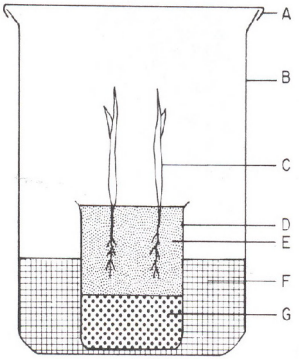


شکل ۱- زیست سنجی رشد ریشه Sorghum؛ (a) نشاها بعد از ۱۸ ساعت، هنگامیکه موقعیت نوک ریشه ها علامتگذاری شد، (b) بعد از ۲۴ ساعت بیشتر هنگامیکه گسترش اندازه گیری شد.



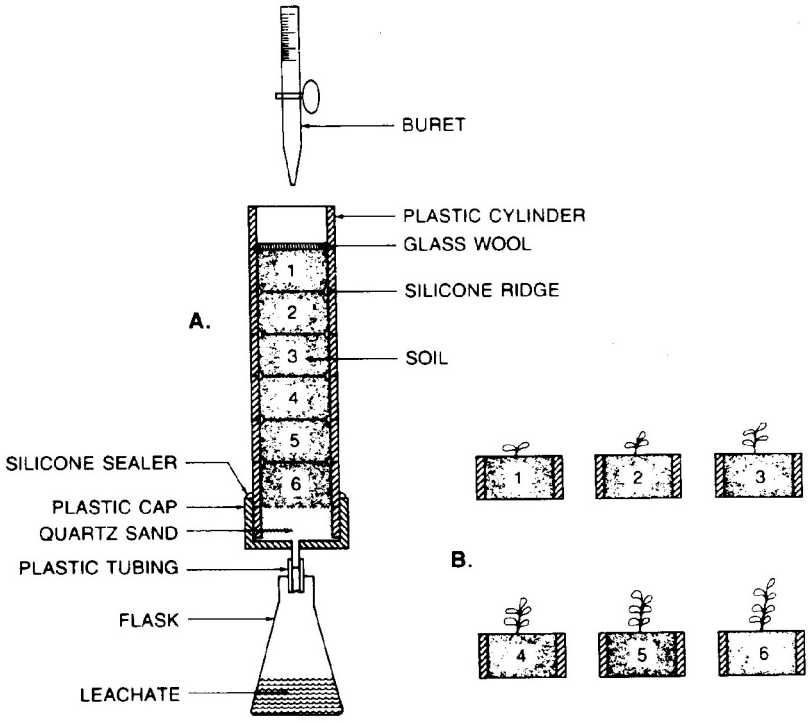
A. نشاهای گراس
B. خاک تیمار نشده
C. کارتن پوشیده شده با فویل آلومینیم
D. بشر ۴۲۰ میلی لیتری
E. پشم شیشه
F. توری ۳ میلیمتری گالوانیزه
G. فضای هوا
H. قوطی با خاک تیمار شده یا نشده
I. شن اشباع شده با آب

شکل ۲- طرحی از یک واحد بکار رفته برای ارزیابی اثر گیاه کشی بخار ترایفلورالین به ریشه ها

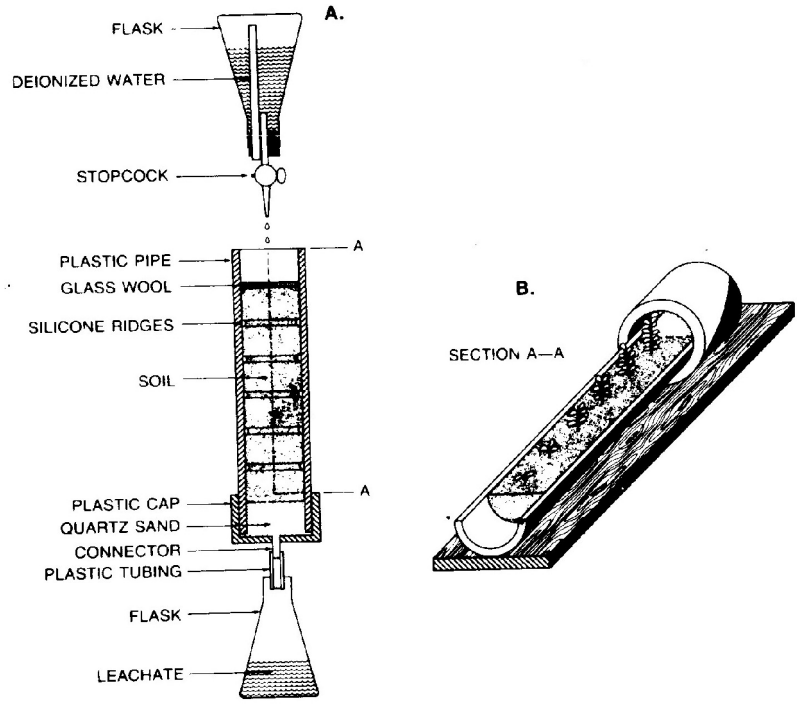


A. فویل آلومینیم
B. بشر ۱۰۰۰ میلی لیتری
C. نشاهای گراس
D. بشر ۱۰۰ میلی لیتری
E. خاک تیمار نشده
F. خاک تیمار شده یا نشده
G. ورمیکولایت

شکل ۳- طرحی از یک واحد بکار رفته برای ارزیابی اثر گیاه کشی بخار ترایفلورالین به شاخ و برگ



شکل ۴- مقطع عرضی ستون خاک (head packed) با استفاده از استوانه های متصل به هم. دستگاه برای افزایشهای اضافی آب در مطالعات جریان اشباع شده/ اشباع نشده مستقر می شود(A). استوانه ها با silicon و نوار پلاستیکی بهم متصل می شوند. بعد از نشست، استوانه ها بر حسب عمق خاک بطور انفرادی زیست سنجی می شوند(B).



شکل ۵- مقطع عرضی سیستم نشست ستون خاک طبیعی. دستگاه برای مطالعه یک جریان اشباع شده مداوم مستقر می شود. بعد از نشت خاک می بایست برای ارزیابی علفکش از ستون خارج گردد.

گونه های "بایواسی"	Alchalor	Amiben	Atrazine	Bentazon	Bromacil	CDEC	Chlorpropham	Clorsulfuron	Clopyralid	Dalapon	Dicamba	Dinodeb	Diphenamid	Diuron	EPTC	Ethalfluralin	Fluazifop-butyl	Fluchloralin	Fluometuron	Haloxyfop	Imazethapyr	Linuron	Metolachlor	Metribuzin	Metriflurazon	Monuron	Norflurazon	Ozidiazon	Paraquat	Pendimethalin	Picloram	Prometryn	Sethoxydim	Simazine	Triallate	Trifluralin	2,4-D
Ipomoea sp.											*																									
Lactuca sativa															*																*					
Lemna minor														*								*						*								
linum usitatissimum									*																											
Leptochloa filiformis																											*									
Lolium perenne													*	*	*				*			*														
Lycopersicum esculentum													*																							
Medicago sativa								*																												
Oryza sativa																			*			*														
Panicum miliaceum										*																										
Phaseolus vulgaris											*																		*		*					
Sesbania exaltata																															*					
Setaria faberi		*																																		
Setaria italica																							*													
Setaria viridis			*																																	
Sorghum bicolor											*							*	*			*	*	*		*				*						
Triticum aestivum																			*			*		*						*	*					
Vicia faba									*																						*					
Zea mays	*			*		*		*				*					*			*												*			*

Reference **فهرست منابع**

Addison, D. A. and C. E. Bardsley. 1968. Chlorella Vulgaris. Assaay of the activity of soil herbicides. Weed Sci. 16: 427-429.

Ahrens, W. H., L.M. Wax, and E. W. Stoller. 1981. Identification of triazine- resistant Anaranthus spp. Weed Sci. 29: 345-348.

Anderson, R. N. 1981. Increasing herbicide tolerance of soybean (*Glycine max*) by increasing seeding rates. Weed Sci. 29: 336-338.

Anderson, W. P., A. B. Richards, and J. W. Whiteworth. 1968. Leaching of trifluralin, benefit, and nitralin in soil columns. Weed Sci. 16: 165-169.

Appleby, A. P., W. R. Furtick, and S. C. Fang. 1968. Soil placement studies with EPTC and other carbamate herbicides on Avena Sativa. Weed Res. 5: 115-122.

Ashton, F. M. 1961. Movement of herbicides in soil with simulated furrow irrigation. Weeds 9: 612-619.

Ashton, F. M. 1965. Physiological, biochemical, and structural modification of plants induced by atrazine and monuron. Proc. South. Weed Control Conf. 18: 596-602.

Ashton, F. M. 1965. Relationship between light and toxicity symptoms caused by atrazine and monrun. Weeds 13: 164-169.

Barnes, Jane P. and Alan R. Putnam. 1986. Evidence for allelopathy by residues and aqueous extracts of rye (*Secale cereale*). Weed Sci. 34: 384-390.

Barrett, Michael R. and Terry L. Lavy. 1984. Effects of soil water content on oxidiazon dissipation. Weed Sci. 32: 697-701.

Backie, Hugh J. and Robert B. Mckercher. 1989. Soil residual properties of DPX-A7881 under laboratory conditions. Weed Sci. 37: 412-418.

Beckie, Hugh, F. Friesen, Ken M. and Ian N. Morrison. 1990. Rapid bioassay to detect trifluralin-resistant green foxtail (*Setaria viridis*). Weed Technol. 4: 505-508.

Behrren, R. 1970. Quantitative determination of triazine herbicides in soil by bioassay. Residue Rev. 32: 355-369.

Braverman, Michael P., terry L. Lavy, and Clyde J. Barnes. 1986. The degradatio and bioactivity of metolachlor in the soil. Weed Sci. 34: 479-484.

Brewer, P. E., C. J. Arntzen, and F. W. Slife. 1979. Effects of atrazine, cyanazine, and procyazine on the photochemical eractions of isolated chloroplasts. Weed Sci. 27: 300-308.

Burnside, O. C., E. L. Schmidt, and R. Behrens. 1961. Dissipation of simazine from the soil. Weeds 9: 477-484.

Burnside, O. C., C. R. Fenster, and G. A. Wicks. 1963. Dissipation and leaching of monuron, simazine, and atrazine in Nebraska soils. Weeds 11: 209- 213.

Burrill, L. C. and A. P. Appleby. 1978. Influence of Italian ryegrass density on efficacy of diuron herbicide. Agron. J. 70: 505-506.

Burschel, P. and V. H. Freed. 1959. The decomposition of herbicides in soils. Weed 7: 157-161.

Burt, G. W. and A. D. Akinosorotan. 1976. Factors affecting thiocarbamate injury to corn. I. temperature and soil moisture. Weed Sci. 24: 319-321.

Camper, N. D. and G. E. Carter, Jr. 1974. Biological activity of several dinitroan-iline herbicides in bioassay tests. Proc. South. Weed Sci. Soc. 27: 359.

Chapman, T. P. A. Gabbott, and S. M. Osgerby. 1970. Technique for measuring movement of herbicides in soil water leaching conditions. Pestic. Sci. 1: 56-58.

Coffey, D. L. and G. F. Warren. 1969. Interaction of herbicides by activated carbon and other adsorbents. Weed Sci. 17: 16-19.

Colbert, F. O., V. V. Volk, and A. P. Appleby. 1975. Sorption of atrazine, terbut-ryn, and Gs-14254 on natural and limeamended soils. Weed Sci. 23: 390-394.

Comes, R. D. and F. L. Timmons. 1965. Effect of sunlight on the phytotoxicity of some phenylurea and triazine herbicides on soil surface. Weeds 13: 81-85.

Corbin, F. T. and R. P. Upchurch. 1967. Influence of PH on detoxification of her herbicides in soil. Weeds 15: 370-377.

Counts, b. 1961. Loss of geotropism and modification of root hair development by amitrol. Weeds 9: 329-330.

Crafts, A. S. 1935. The toxicity of sodium arsenite and sodium chlorate in four California soils. Hilgardia 9: 461-498. In " Weed Control ", chapt. 17, by A. S. Crafts and W. W. Robbins. McGraw-Hill Book Company, 1962.

Dao, T. H. and T. L. Lavy. 1978. Atrazine adsorption on soil as influenced by Temperature, moisture content and electrolyte concentration. Weed Sci. 26: 303-308.

DaSilva, J. F., R. O. Fadayomi, and G. E. Warren. 1976. Cotyledon disc bioassay For certain herbicides. Weed Sci. 24: 250-252.

Dawson, J. H. 1963. development of barnyardgrass seedlings and their response to EPTC. Weeds 11: 60-67.

Day, B. E., L. S. Jordan, and R. T. Hendrixon. 1961. The decomposition of amitrol in California soils. Weeds 9: 441-456.

Devlin, Robert M., Antoni J. Mukowski, Irena I. Zbiec, Stanislaw J. Karczmarz-yk, and Elizabeta M. Skorska. 1983. Influence of buthidazole, diuron, and atrazine on some light reactions of photosynthesis. Weed Sci. 31: 879-883.

Doherty, P. J. and G. F. Warren. 1969. The absorption of four herbicides by different types of organic matter and a bentonite clay. Weed Res. 9: 20-26.

Donald, William W. 1981. EPTC effects in the lettuce (*Lactuca Sativa*) hypocotyl bioassay for gibberellins. Weed Sci. 29: 490-499.

Dowler, C. C. 1969. A cucumber bioassay test for the soil residues of certain herbicides. Weed Sci. 17: 309-310.

Dubey, H. D. and j. F. Freeman. 1963. Bioassay of diphenamid and linuron in Soil. Bot. Gaz. 124: 388-392.

Eshel, Y. 1969. Effect of pyrazon on photosynthesis of various species. Weed Res. 9: 167-172.

Eshel, Y. and G. F. Warren. 1967. A simplified method for determing phytotoxicity, leaching, and adsorption of herbicides in soils. Weeds 15: 115-118.

Finney, D. J. 1964. Statistical Method in Biological Assay. Charles Griffi.

Gallandt, Eric R., Peter K. Fay, and William P. Inskeep. 1989. Clomazone dissipation in two Montana soils. Weed Technol. 3: 146-150.

Grover, Kent E. M. and R. K. Foster. 1985. A corn bioassay technique for measuring chlorsulfuron level in three Saskachewan soils. Weed Sci. 33: 825- 828.

Groves, Kent E. M. and R. K. Foster. 1985. A corn bioassay technique for measuring chlorsulfuron level in three Saskachewan soils. Weed Sci. 23: 529-532.

Harris, C. I. 1964. Movement of disamba and diphenamid in soils. Weeds 12: 112-115.

Harris, C. I. 1967. Movement of herbicides in soil. Weeds 15: 214-216.

Harris, C. I. and T. J. Sheets. 1965. Influence of soil properties on adsorption and phytotoxicity of CIPC, diuron, and simazine. Weeds 13: 215-219.

Harrison, G. W., J. B. Weber, and J. V. Baird. 1976. Herbicide phytotoxicity as affected by selected properties of North Carolina soil. Weed Sci. 24: 120-126.

Helling, C.S., D. D. Kaufman, and C. T. Dieter. 1971. Algae bioassay detection of pesticide mobility in soil. Weed Sci. 19: 685-690.

Hess, F. D. 1980. A Chlamydomonas algal bioassay for detecting growth inhibitor herbicides. Weed Sci. 28: 515-520.

Hiltibran, R. C. 1962. Duration of toxicity of endothal in water. Weeds 10: 17-19.

Hoffman, D. W. and T. L. Lavy. 1978. Plant competition for atrazine. Weed Sci. 26: 94-99.

Hollist, R. L. and C. L. foy. 1971. Trifluralin interaction with soil constituents. Weed Sci. 19: 11-16.

Holly, K. and H. A. Roberts. 1963. Persistence of phytotoxic residues of triazine herbicides in soil. Weed Res. 3: 1-10.

Horowitz, M. 1966. A rapid bioassay for PEBC its application in volatilization and adsorption studies. Weed Res. 6: 22-36.

Horowitz, M. 1966. Experiments with granules of dichlobenil under glasshouse conditions. Weed Res. 6: 91-103.

Horowitz, M. 1966. Breakdown of endothal in soil. Weed Res. 6: 168-171.

Horowitz, M. 1969. Evaluation of herbicide persistence in soil. Weed Res. 9: 314- 321.

Horowitz, M. 1976. Application of bioassay techniques to herbicide investigations. Weed Res. 16: 209-215.

Horowitz, M. and T. Blumenfled. 1973. Effect of gamma radiation on the bioactivity of herbicides. Weed Sci. 21: 281-284.

Horowitz, M. and G. Herzlinger. 1973. Interaction between residual herbicides at low concentrations. Weed Res. 13: 367-372.

Horowitz, M. and N. Hulin. 1971. A rapid bioassay for diphenamid and its application in soil studies. Weed Res. 11: 143-149.

Horowitz, M. and N. Hulin. 1971. Effect of gamma on radiation on soil and diphenamid. Weed Res. 19: 294-296.

Horowitz, M. T. Blumenfled, G. Herzlinger, and N. Hulin. 1974. Effect of repeated application of ten soil-active herbicides on population residue accumulation on nitrification. Weed Res. 14: 97-109.

Houseworth, L. D. and B. G. Tweedy. 1971. Interactions of light, Temperature, and moisture on terbutryn toxicity. Weed Sci. 19: 732-734.

Hurtt, W., J. A. Mead, and P. W. Santelmann. 1958. The effect of various factors on the movement of CIPC in certain soils. Weeds 6: 425-431.

Isensee, A. R., W. C. Show, W. A. Gentner, C. R. Swanson, B. C. Turner, and E.A. Woolson. 1973. Revegetation following massive application of selected herbicides. Weed Sci. 21: 409-412.

Jacques, G. L. and R. G. Harvey. 1974. A simple bioassay technique for dinitroaniline herbicides in soils. North Cent. Weed Control Conf. 29: 93.

Jordan, L. S., T. Murashige, J. D. Mann, and D. E. Day. 1966. Effect of photosynthesis inhibiting herbicides on nonphotosynthetic tobacco callus tissue. Weeds 14: 134-136.

Knake, E. L., A. P. Appleby, and W. R. Furtick. 1967. Soil incorporation and site of uptake of preemergence herbicides. Weeds 15: 228-232.

Koren, E., C. Foy. And F. M. Ashton. 1968. Phytotoxicity and persistence of four thiocarbamates in five soil types. Weed Sci. 16: 172-175.

Kratky, B. A. and G. F. Warren. 1971. The use of three simple, rapid bioassay on forty-two herbicides. Weed Res. 11: 257-262.

Kratky, B. A. and G. F. Warren. 1971. A rapid bioassay for photosynthetic and respiratory inhibitors. Weed Sci. 19: 658-661.

Kratky, B. A. and G. F. Warren. 1973. Water-soil-plant interactions with terbacil. Weed Sci. 21: 451-454.

Ladlie, J. S., W. F. Meggitt, and D. Penner. 1976. Effect of PH on metribuzin activity in the soil. Weed Sci. 24: 505-507.

Lambert, S. M., P. E. Porter, and R. H. schieferstein. 1956. Movement and sorption of chemical applied to the soil. Weeds 13: 185-190.

Lavy, T. L. and P. W. Santelmann. 1986. Herbicide bioassay as a research tool. Pages 201-217 in N. D. Camper (ed.) Research Methods in Weed Science, (3rd edition). South Weed Sci. Soc.

Leasure, J. K. 1958. A study of some bioassay methods for herbicide volatility. Weeds 6: 310-314.

Leonard, O. A., R. J. Weaver, and B. L. Kay. 1962. Bioassay method for determining 2,4-D in plant tissue. Weeds 10: 20-22.

Lynch, M. R. and R. D. Sweet. 1971. Effect of environment on activity of diphenamid. Weed Sci. 19: 332-337.

Lynd, J. Q., C. E. Rick, and P. W. Santelmann. 1966. Soil components determining bensulide phytotoxicity. Agron. J. 58: 508-510.

Mapplebeck, L. and C. Waywell. 1983. Detection and degradation of linuron in organic soils. Weed Sci. 31: 8-13.

Minshall, W. H. 1957. Influence of light on the effect of 3-p-(chlorophenyl)-1, 1-dimethylurea on plants. Weeds 5: 29-33.

Mulder, C. E. G. and J. D. Nalewaja. 1978. Temperature wffect on phytotoxicity of soil-applied herbicides. Weed Sci. 26: 566-570.

Mulder, C. E. G. and J. D. Nalewaja. 1979. Influence of soil moisture on soil-inc-orporated diclofop. Weed Sci. 27: 83-87.

Nelson, J. E., W. F. Meggitt, D. Penner, and J. S. Ladlie. 1983. The influence of environmental factors on oryzalin activity. Weed Sci. 31: 752-758.

Nishimoto, R. K., A. P. Appleby, and W. R. Furtick. 1969. Plant response to herbicide placement in soil. Weed Sci. 17: 475-478.

Ogle, R. E. and G. F. Warren. 1959. Fate and activity of herbicides in soils. Weeds 3: 357-373.

strowsky, J. and R. J. Hance. 1973. The influence of the method of application of promoton to the soil on its toxicity to white mustard. Weed Res. 13: 355- 358.

Parker, C. 1965. A rapid bioassay method for detection of herbicides which inhibit photosynthesis. Weed Res. 5: 181-184.

Parker, C. 1966. The importance of shoot entry in the action of herbicides applied to the soil. Weeds 14: 117-121.

Parochetti, J. V. 1973. Soil organic matter effect on activity of acetanilides, CDAA, and atrazine. Weed Sci. 21: 157-160

Parochetti, J. V. and E. R. Hein. 1973. Volatility and photodecomposition of trifLuralin, benefin, and nitralin. Weed Sci. 21: 469-473.

Peek, Daniel C. and Arnold P. Appleby. 1989. Effect of PH on phytotoxicity of Metribuzin and ethyl-metribuzin. Weed Technol. 3: 636-639.

Phillips, W. M. 1959. Residual herbicidal activity of some chloro- substituted benzoic acids in soil. Weeds 7: 284-294.

Pillai, C. G. P. and D. E. Davis. 1973. S-Triazine effects on seed germination and Hypocotyls opening. Weed Sci. 21: 461-464.

Rahman, A. and L. J. Mattews. 1979. Effects of soil organic matter on the phytotoxicity of thirteen s-triazine herbicides. Weed Sci. 27: 158-161.

Rauser, W. E. and C. M. Switzer. 1962. Factors contributing to the loss of amiben phytotoxicity in soils. Weeds 10: 62-64.

Ready, D. and V. Q. Grand. 1942. A rapid sensitive method for determination of low concentration of 2,4-D in aqueous solution. Bot. Gaz. 109: 39-44.

Reid, C. P. P. and W. Hurtt. 1969. A. rapid bioassay for simultaneous identification and quantitation of picloram in aqueous solution. Weed Res. 9: 136- 141.

Ridley, S. M. 1977. Interaction of chloroplast with inhibitors. Plant Physiol. 59: 724-732.

Roberts, H. A. and B. J. Wilson. 1962. Notes on the bioassay of chlorpropham in soil. Weed Res. 2: 60-65.

Roberts, H. A. and M. E. Ricketts. 1973. Comparative tolerance of some dicotyledons to pronamide and chlorpropham. Pest. Sci. 4: 83-87.

Rogers, C. Brent, Ronald E. Talbert, John D. Mattice, Terry L. Lavy, and Robert E. Frans. 1986. Risidual fluometuron levels in three Arkansas soils under continuous cotton (*Gossypium hirsitum*) production. Weed Sci. 34: 122-130.

Rogers, C. Brent, Ronald E. Talbert, and Robert E. Frans. 1986. Effect of cotton (*Gossypium hirsitum*) herbicides carry over on subsequent crops. Weed Sci. 34: 756-760.

Santelmann, P. W. 1972. Herbicide bioassay. Pages 91-101 in R. E. Wilkinson (ed.) Research Methods in Weed Science. South. Weed Sci. Soc. POP Enterprises, Inc. Atlanta, GA.

Santelmann, P. W., J. B. Weber, and A. F. Wiese. 1971. A study of soil bioassay technique using prometryne. Weed Sci. 19: 170-174.

Scifres, C. F., R. W. Bovey, and M. G. Markle. 1972. Variations in bioassay attributes as quantitative indices of picloram in soils. Weed Res. 12: 158-190.

Shea, Patrick J. and Jerome B. Weber. 1983. Effect of soil PH of fluoridone activity and persistence as determined by chlorophyll measurement.Weed Sci. 31: 347-350.

Sheets, T. J. 1963. photochemical alternation and inactivation of amiben. Weeds 11: 186-190.

Smith, Albert E. 1989. The potential allelopathic characteristics of bitter sneeze-weed I (*Helenium amarum*). Weed Sci. 37: 665-669.

Stanger, C. E. and A. P. Appleby. 1972. A proposed mechanism for diuron-induced phytotoxicity. Weed Sci. 20: 357-363.

Swann, C. E. and R. Behrens. 1972. Phytotoxicity of trifluralin vapors from soil. Weed Sci. 20: 357-363.

Swanson, C. P. 1946. A simple bioassay for determination of low concentration of 2,4-D in aqueous solutions. Bot. Gaz. 107: 507-509.

Talbert, R. E., D. R. Smith, and R. E. frans. 1971. Volatilization, leaching, and adsorption of prometryn in relation to selectivity in cotton. Weed Res. 19: 6-10.

taylorson, R. B. 1966. Decomposition of CDEC by far ultraviolet radiation. Weed 14: 155-157.

Tchan, Y. T., J. E. Roseby, and G. R. Funnell. 1975. A new rapid specific bioassay method for photosynthesis inhibiting herbicides. Soil Biol. Biochem. 7: 39-44.

Templeton, A. R. and W. Hurtt. 1973. A simple method for expressing the relative efficacy of plant growth regulators. Proc. N. East Weed Control Conf. 27: 127-135.

Thomas, Meirion, S. L. Ranson, and J. A. Richardson. 1973. Plant Physiology. Chapter 25. Longman Group Limited, London.

Thomas, V. M. Jr., L. J. Buckly, J. D. Sullivan Jr., and Ikawa Miyoshi. 1973. Effect of herbicides on growth of Chlorella and Bacilus using paper disk Method. Weed Sc. 21: 449-451.

Tompkin G. A., T. A. McIntosh, and E. P. Dunigon. 1968. Use of Stanford-De-Ment Bioassay to study atrazine-soil interactions. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 32: 373-377.

Truelove, B., D. C. Davis, and Larry R. Jones. 1974. A new method for detecting photosynthesis inhibitors. Weed Sci. 22: 15-17.

Upchurch, R. P. 1958. The influence of soil factors on the phytotoxicity and plant selectivity of diuron.

Upchurch, R. P., F. l. Selman, D. D. Mason, and E. J. Kamprath. 1966. The correlation of herbicidal activity with soil and climatic factors. Weeds 14: 42-49.

Van Oorschot, J. L. P. 1970. Effect of transpiration rate of been plants on inhibition of photosynthesis by some root-applied herbicides. Weed Res. 10: 230-242.

Walker, A., and H. A. Roberts. 1975. Effect of incorporation and rainfall on the activity of some soil-applied herbicides. Weed Res. 15: 263-269.

Weber, J. B., P. W. Perry, and K. Ibaraki. 1968. Effect of PH on the phytotoxicity of prometryne applied to synthetic soil media. Weed Sci. 16: 134-136.

Weber, J. B., S. B. Weed, and T. M. Ward. 1969. Adsorption of s-triazines by soil organic matter. Weed Sci. 17: 417-421.

Weber, Jerome B. and David M. Whitacre. 1982. Mobility of herbicides in soil columns under saturated- and unsaturated flow conditions. Weed Sci. 30: 579-584.

Weber, Jerome B. and Thomas F. Peeper. 1982. Mobility and distribution of buthidazole and metabolites in four leached soils. Weed Sci. 30: 585-588.

Weber, Jerome B., Len R. Swain, Harry J. Strek, and Jose L. Sartori. 1986. Herbicides mobility in soil leaching columns. Pages 189-200. In N. D. Camper (ed.) Research Methods in Weed Science, 3rd. Ed. South. Weed Sci. Soc.

Weidner, C. W. and T. L. Lavy. 1975. Use of an algae bioassay for determining trace amount of atrazine, alachlor, butylate, and picloram in water. Res. Rep. North Cent. Weed Control Conf. p. 41.

Weldon, L. W. and F. L. Timmons. 1961. Photochemical degradation of diuron and monuron. Weeds 9: 111-116.

Wilson, H. P., F. B. Stewart, and T. E. Hines. 1976. Effect of temperature on response of tomatoes to several dinitroaniline herbicides and phosphorus. Weed Sci. 24: 115-119.

Winkle, M. E., J. R. C. Leavitt, and O. C. Burnside. 1981. Effect of weed density on herbicide absorption and bioactivity. Weed Sci. 29: 405-409.

Witt, W., L. Evetts, J. M. Davidson, and P. W. Santelmann. 1970. Influence of herbicide application method on bioassay sensitivity. Proc. Weed Sci. Soc. 23: 338-342.

Wright, W. L. and G. F. Warren. 1965. Photochemical decomposition of trifluralin. Weeds 13: 329-331.

Wu, C., P. W. Santelmann, and J. M. Davidson. 1974. Influence of soil temperature and terbutryn activity and persistence. Weed Sci. 22: 571-574.

Wu, Chu-Huang and P. W. Santelmann. 1975. Comparison of different soil leaching techniques with four herbicides. Weed Sci. 23: 508-511.