

**SOCIETÀ ITALIANA PER LA RICERCA SULLA FLORA INFESTANTE
S.I.R.F.I.**

atti

**Infestanti emergenti e riduzione di
disponibilità di erbicidi**

a cura di

FRANCESCO VIDOTTO, FERNANDO DE PALO e ALDO FERRERO

BARI, 16 OTTOBRE 2018

Convegno organizzato in collaborazione con le “Giornate Fitopatologiche” e con l’Associazione Regionale Pugliese dei Tecnici e Ricercatori in Agricoltura (ARPTRA)

BIOLOGIA E GESTIONE DI *CYPERUS ESCULENTUS* NELLE DIVERSE COLTURE AGRARIE

MILAN M.¹, VIDOTTO F.¹, SCARABEL L.², FERRERO A.¹

1 DISAFA, Università di Torino

2 Istituto di Biologia Agroambientale e Forestale (IBAF) - CNR, Legnaro (PD)

E-mail: marco.milan@unito.it

Riassunto

C. esculentus è una specie infestante caratterizzata da una crescente diffusione negli areali agricoli italiani, in particolare in quelli padani. La notevole plasticità adattiva di questa ciperacea, insieme alla sua forte invasività, garantiscono a questa specie un elevato adattamento a diverse tipologie di suoli, così come a condizioni di siccità, di asfissia e di limitate risorse nutritive. In queste condizioni, la gestione di questa specie deve necessariamente basarsi sull'impiego combinato dei diversi strumenti di contenimento disponibili (agronomici, fisici, meccanici e chimici).

Il controllo chimico rappresenta la tecnica attualmente più utilizzata per la sua capacità di unire all'efficacia, la rapidità di azione. Tuttavia, le poche sostanze attive efficaci nei confronti di *C. esculentus* sono autorizzate per l'impiego su un numero esiguo di colture ed inoltre la maggior parte di esse appartiene al gruppo degli ALS-inibitori, caratterizzato da un elevato rischio di insorgenza di fenomeni di resistenza. Nella gestione di *C. esculentus* è quindi fondamentale mettere in atto tutte le pratiche che consentono di prevenire l'introduzione della malerba ed intervenire prontamente per eliminarla quando essa inizia ad insediarsi, ricorrendo preferibilmente ai prodotti in grado di devitalizzarla completamente, anche negli organi sotterranei di propagazione.

Parole chiave

Tuberi; Zigolo dolce; Specie perennante; Strategie di lotta; Resistenza.

Summary

C. esculentus is a weed species characterized by an increasing spread in Italian agricultural areas, especially in the Po Valley. The strong adaptive plasticity of this species results in a high adaptation to different soil types and pedoclimatic conditions. The management of this species should be based on the combined use of the various available tools (agronomic, physical, mechanical and chemical). Chemical control represents the most used technique for its ability to combine efficacy and rapidity of action. However, only few active substances, currently available on the market, are effective against *C. esculentus*. In addition, they are authorized for use only on a limited number of crops and most of them belong to the ALS-inhibitors group, which is characterized by a high risk of development of herbicide-resistance. Considering all this, to manage *C. esculentus* it is therefore essential to implement all the available practices to prevent the weed settlement, and promptly eliminate them when new infestation patches appear within the fields, preferably by using non-selective herbicide in order to devitalize all the vegetative system of the plant.

Keywords

Tubers; Yellow nutsedge; Invasive weeds; Perennial weed; Control strategies; Resistance.

Introduzione

In molte colture il raggiungimento di adeguati risultati produttivi è strettamente legato alla corretta gestione della flora infestante. La competizione esercitata dalle malerbe può infatti determinare una sensibile contrazione delle rese, con inevitabili effetti sfavorevoli sulla redditività aziendale (Oerke, 2006). In colture come il mais o la soia l'ampia disponibilità di erbicidi a largo spettro di azione, unitamente al ricorso a buone pratiche agronomiche consente generalmente di controllare efficacemente le infestazioni (Ferrero, Pozzi et al., 2016). La lotta meccanica, eseguita mediante interventi di sarchiatura, rincalzatura o strigliatura, può rappresentare in contesti quali quello dell'agricoltura biologica, l'unica anche se non sempre efficace, soluzione percorribile, mentre nell'agricoltura convenzionale, può costituire una valida integrazione al mezzo chimico.

Tra le criticità emergenti nel campo della lotta alle piante infestanti delle colture agrarie, è certamente da annoverare la rapida e crescente diffusione di nuove specie infestanti, molte delle quali caratterizzate da un elevato grado di invasività. Tra queste è da segnalare *Cyperus esculentus* L., ciperacea perenne in rapida diffusione anche nel nostro paese.

Cyperus esculentus o zigolo dolce è una specie a distribuzione subtropicale, ora diffusa anche nelle zone temperato-calde. In Italia, è presente in numerose regioni, lungo il Po, la costa Tirrenica e in zone di pianura dell'Italia del sud (Pignatti, 1982). *C. esculentus* è una specie invasiva lungo le rive del delta del Po dove colonizza terreni umidi, ambienti fluviali e dune di sabbia (Pellizzari e Verloove, 2017). La sua presenza è stata osservata anche nelle aree coltivate, rimanendo però confinata ai margini della coltura o lungo i canali irrigui. Solo recentemente, *C. esculentus* ha iniziato ad espandersi all'interno degli appezzamenti coltivati diventando, in alcuni casi, la specie prevalente della comunità di malerbe e destando pertanto grande preoccupazione.

La presenza di questa infestante in alcuni areali agricoli del Nord Italia ha ormai assunto una dimensione tale da determinare serie ripercussioni sulla produttività agricola, in particolare in colture fortemente penalizzate dalla competizione esercitata dalle infestanti, quali ad esempio le orticole. Secondo uno studio condotto da Keeley (1987), *C. esculentus* può provocare nelle colture agrarie perdite di produzione prossime anche al 90% (Figura 1). La diffusione di questa malerba nelle aree coltivate della Pianura Padana è stata anche favorita dalla limitata efficacia dei programmi di diserbo comunemente adottati dagli agricoltori per contenere lo sviluppo, in particolare in colture come il mais e la soia.

C. esculentus è una specie perenne, geofita, estiva con ciclo fotosintetico C₄. La maggior efficienza fotosintetica delle piante C₄ rispetto alle piante C₃ fornisce un vantaggio in condizioni di stress idrico, alte temperature ed elevate intensità luminose come accade ad es. nei terreni sabbiosi. La riproduzione di questa specie avviene per impollinazione incrociata (allogama). Alle nostre latitudini, si ritiene che

il ruolo dei semi nella diffusione di questa specie sia piuttosto limitato (Holm et al., 1977): le piante producono un numero variabile di semi e spesso questi sono poco fertili, generando delle plantule poco vigorose che non sono in grado di sopravvivere in pieno campo. Al contrario, la moltiplicazione vegetativa attraverso i tuberi ipogei riveste un'importanza notevole. Germogliando, ogni tubero emette nuovi rizomi che formano, alle loro estremità, nuovi tuberi e quindi nuovi germogli. Durante una stagione vegetativa, pertanto, centinaia di nuovi tuberi di dimensione compresa tra 0,5 e 2 cm possono essere prodotti ed infestare così un campo coltivato. Le condizioni ambientali influiscono sul momento d'inizio della formazione dei tuberi (Follak et al., 2016). In autunno, gli organi superficiali delle piante e i rizomi muoiono e i tuberi, appena formati, devono svernare per poter poi germinare a fine primavera, quando le temperature del suolo aumentano e superano i 12 °C e il terreno è sufficientemente umido. I tuberi possono persistere nel terreno per alcuni anni (si stima attorno ai 4 anni) e sono in grado di tollerare periodi di siccità ma sono suscettibili alle basse temperature durante la stagione invernale (Follak et al., 2016). Per la sua aggressività dovuta all'alta scalarità e densità di emergenza e per la persistenza dei suoi tuberi nel terreno è stata inserita nella lista delle specie invasive più pericolose dell'*European and Mediterranean Plant Protection Organization* (EPPO, 2018).



Figura 1. Infestazione di *Cyperus esculentus* in mais (a) e in soia (b). L'ingresso di questa malerba nei campi coltivati prende avvio generalmente dai margini degli stessi e si propaga progressivamente verso l'interno grazie alle lavorazioni meccaniche.

Strategie di lotta agronomica

Il controllo delle infestazioni di *C. esculentus* può essere realizzato facendo ricorso a diverse pratiche agronomiche, nell'ambito delle quali il diserbo chimico gioca un ruolo fondamentale sia nel breve che nel lungo termine. I migliori risultati nella gestione di questa malerba possono essere raggiunti mediante l'adozione di strategie integrate basate sull'applicazione combinata di misure preventive e strumenti diretti di contenimento. I principali aspetti legati alle colture che possono influenzare l'invasività del *C. esculentus* sono:

- Azione competitiva della coltura;
- Varietà;
- Rotazione colturale;
- Densità della coltura;
- Data di semina;
- Fertilizzazione;
- Periodo di assenza di infestazione;
- Modalità di insediamento della coltura (Trapianto/semina diretta).

C. esculentus è una specie tendenzialmente eliofila, e di conseguenza il suo sviluppo, espresso in termini di biomassa epigeica e ipogeica (tuberi e rizomi), può subire significative riduzioni in presenza di elevato ombreggiamento (Ghafar e Watson, 1983; Patterson, 1982). La velocità con la quale la biomassa epigeica delle colture si sviluppa ed intercetta la luce è indubbiamente influenzata dalle pratiche agronomiche adottate e dalle condizioni ambientali (Keeley e Thullen, 1978). Tuttavia colture in grado di sviluppare rapidamente una densa "canopy" nelle settimane successive alla semina, intercettando gran parte della PAR riducono sensibilmente lo sviluppo di *C. esculentus* (Keeley e Thullen, 1978). Il maggiore vigore competitivo di *C. esculentus* in presenza di colture caratterizzate da una ridotta "canopy" è indicato anche da Cherry (1973). In uno studio condotto negli Stati Uniti da Keeley e Thullen (1978) tra il 1974 e il 1975, le colture caratterizzate dai più elevati livelli di intercettazione luminosa e quindi quelle che hanno manifestato una più importante azione competitiva e soppressiva nei confronti del cipero sono risultate l'erba medica, l'orzo, il mais, la patata e il cartamo. In una coltura come il mais in presenza di una buona gestione colturale, il semplice ombreggiamento determinato dalla biomassa della coltura può assicurare un adeguato controllo dell'infestazione di *C. esculentus* (Johnson e Mullinix, 1997).

Anche in relazione al livello di infestazione iniziale, l'azione soppressiva di queste colture non si esplica certamente in una sola stagione colturale ma si deve protrarre per almeno 2-5 anni. L'erba medica, in particolare, è la coltura con il potenziale soppressivo più interessante (Keeley e Thullen, 1978; Keeley et al., 1979). A differenza delle altre colture citate, l'erba medica è una specie poliennale, capace di assicurare una buona copertura vegetale lungo tutto l'arco della stagione

colturale. La disponibilità luminosa aumenta significativamente solo nelle prime settimane successive agli sfalci. Nelle altre colture, invece, la copertura offerta dalla biomassa vegetale è determinante nelle fasi centrali del breve ciclo colturale (es. in mais e patata). In queste condizioni la sola azione soppressiva esercitata dalle colture può non essere sufficiente e si rende necessario un intervento di contenimento con un prodotto erbicida in post-emergenza (Keeley e Thullen, 1978).

Per alcune colture il periodo critico di competizione può estendersi per buona parte del ciclo colturale. È questo il caso delle liliacee, come ad esempio la cipolla, dove la ridotta biomassa sviluppata dalla coltura non rappresenta un limite allo sviluppo della ciperacea. L'effetto competitivo si traduce non solo in una riduzione della resa totale per ettaro di superficie, ma anche in una ridotta dimensione dei bulbi, aspetto che nel caso della cipolla o di altre liliacee costituisce un elemento fondamentale di valutazione merceologica (Keeling et al., 1990). Alcuni studi hanno altresì ben evidenziato la diversa durata della competizione tollerata nei confronti di *C. esculentus* in diverse colture. Secondo Patterson et al., (1980), nel caso della coltivazione del cotone non irriguo gli interventi di controllo di *C. esculentus* devono protrarsi per almeno 10 settimane dopo la semina.

Alcuni studi hanno valutato anche gli effetti allelopatici indotti da *C. esculentus* in alcune colture. Drost e Doll (1980) hanno studiato gli effetti di estratti di tuberi e foglie di *C. esculentus* sullo sviluppo del mais e della soia. A parità di concentrazione le maggiori riduzioni di sviluppo sono state osservate nella soia, mentre per quanto riguarda la tipologia di estratto, quello proveniente dai tuberi ha fatto rilevare una maggiore azione allelopatica rispetto a quello derivato dalle foglie. Anche la tipologia di substrato e la relativa prossimità degli estratti ai semi delle colture in germinazione sono risultati fattori in grado di favorire il potenziale allelopatico (Drost e Doll, 1980).

La scelta varietale, oltre che facilitare o rendere meno dispendiosa la difesa fitosanitaria, può in alcuni casi rappresentare una strategia di contrasto dell'infestazione di *C. esculentus*. Le varietà caratterizzate da una rapida emergenza e dalla capacità di formare e mantenere a lungo una fitta biomassa sono meno soggette all'azione competitiva da parte di *C. esculentus* e talvolta sono anche in grado di esercitare un'azione soppressiva (Keeley, 1987).

Come per le altre specie infestanti, anche la gestione della fertilizzazione può avere un ruolo importante nello sviluppo della malerba. Stati di carenza nutrizionale possono talvolta favorire lo sviluppo delle infestanti, che generalmente sono più abili della coltura a sfruttare le risorse nutritive. In contesti specifici, quali ad esempio i tappeti erbosi, un'elevata dotazione azotata favorisce lo sviluppo delle graminacee, che risultano quindi più competitive nei confronti del cipero (De Datta e Jereza, 1976; Tweedy et al., 1975).

Anche la tipologia di sistema colturale adottato può influenzare la diffusione e l'impatto competitivo di *C. esculentus*. Sistemi culturali caratterizzati dalla presenza di specie con un elevato potenziale

competitivo nei confronti delle malerbe come il mais, l'orzo o l'erba medica, possono sfavorire o comunque limitare fortemente le ricadute produttive legate alle infestazioni di *C. esculentus* (Keeley et al., 1979; Johnson e Mullinix, 1997). L'effetto del sistema colturale deve comunque essere valutato nel lungo periodo, e non certamente nell'arco di una sola stagione (Keeley et al., 1979).

Anche la densità di semina della coltura può esercitare una certa influenza in termini di pressione di infestazione da parte di *C. esculentus*. A questo riguardo le colture seminate a file strette riuscendo a chiudere prima le file presentano indubbiamente un vantaggio competitivo (Choudhary, 1981).

Per alcune colture anche la scelta del momento di semina può influenzare l'abilità competitiva della coltura nei confronti della malerba. In talune situazioni può essere opportuno ritardare la semina della coltura allo scopo di porla nelle condizioni climatiche più favorevoli ad un suo rapido insediamento. A questo proposito, in alcune colture la tecnica del trapianto può favorire un più rapido insediamento della coltura, consentendo parallelamente di pianificare un adeguato controllo della flora infestante nel periodo che precede la sua messa a dimora.

Un aspetto infine da non trascurare è legato agli effetti della competizione interspecifica. In presenza di un'infestazione multispecifica, l'azione competitiva di *C. esculentus* risulta meno importante, grazie alla competizione interspecifica per lo spazio e le risorse nutritive che si stabilisce tra le diverse malerbe (Bendixen e Stoube, 1977). L'azione competitiva di *C. esculentus* può anche essere sostenuta dalla pressione selettiva esercitata dai ripetuti interventi con erbicidi selettivi o poco efficaci nei confronti del cipero.

In molte aree del nord-America interessate dalla coltivazione di colture geneticamente modificate resistenti ai diserbanti, la diffusione di questa ciperacea è stata favorita dall'impiego ripetuto di erbicidi a largo spettro di azione, quali ad esempio il glifosate e il glufosinate (Culpepper, 2006). Le pratiche agronomiche sopra descritte possono indubbiamente contribuire a mantenere il livello di infestazione su livelli relativamente modesti, ma non risultano in genere risolutive.

Strategia di lotta chimica

Nell'agricoltura convenzionale il ricorso al mezzo chimico rappresenta la tecnica attualmente più utilizzata per la sua capacità di unire all'efficacia una rapidità di azione. L'impiego degli erbicidi risulta spesso particolarmente difficile per la limitata disponibilità di prodotti in grado di devitalizzare gli organi di moltiplicazione sotterranei, e al contempo selettivi per le colture a ciclo estivo.

A seconda del sistema colturale adottato, il controllo di *C. esculentus* può avvenire attraverso il ricorso a trattamenti eseguiti in presenza o in assenza della coltura, impiegando sostanze attive ad azione totale o selettiva nei confronti della coltura. In sistemi colturali tradizionali, l'impiego di

sostanze attive ad azione totale può essere pianificato all'interno di una più ampia strategia di controllo delle malerbe che prevede il ricorso ad interventi effettuati in pre-semina (falsa semina) o in post-raccolta della coltura. Con la tecnica della falsa semina si stimola l'emergenza delle infestanti prima della semina effettiva o del trapianto della coltura, provvedendo alla loro eliminazione con specifici interventi, chimici e non chimici (erpature, pirodiserbo) (Caldwell e Mohler, 2001). Nel caso del ricorso al mezzo chimico, la soluzione economicamente più efficace è quella basata sull'utilizzo della sostanza attiva glifosate. Anche nei periodi di intercoltura il controllo chimico delle infestazioni di *C. esculentus* presenta poche opzioni alternative all'uso del glifosate, in ragione dell'assenza di formulati attivi contro le ciperacee registrati per uso su falsa semina o in pre-semina. L'efficacia del glifosate nei confronti di *C. esculentus* è dimostrata da diversi studi (Clewis et al., 2006; Nelson e Renner, 2002), anche se in taluni casi il controllo può risultare non completo a causa delle emergenze scalari da parte della ciperacea e delle difficoltà di penetrazione e traslocazione dell'erbicida (Fabbri et al., 2016; Ferrero, Pozzi et al., 2016; Fischer e Harvey, 2002).

Le opzioni chimiche applicabili in pre-emergenza ed in post-emergenza della coltura sono numericamente superiori, ma limitate a poche colture. I principali erbicidi caratterizzati da una accertata attività nei confronti delle ciperacee appartengono alla famiglia delle sulfoniluree, benzotiazinoni, cloroacetamidi, piridinici, idrossibenzonitrili e imidazolinoni.

Il riso è la coltura che in assoluto può contare sul maggior numero di formulati efficaci nei confronti di *C. esculentus* e di altre ciperacee, data l'ampia diffusione di queste specie negli ambienti acquatici. La maggior parte dei formulati utilizzabili per la lotta alle ciperacee nel riso appartiene alla famiglia delle sulfoniluree (Fabbri et al., 2016; Günnigmann e Becker, 2016).

Nelle applicazioni di pre-emergenza, l'unica sostanza attiva capace di assicurare un certo controllo della malerba è l'S-metolaclo (Tabella 1). L'efficacia delle cloroacetamidi nei confronti delle ciperacee, comprese quelle non più sul mercato (alaclo, acetoclo, R-metolaclo), è nota da parecchi decenni (Boyd, 2015; Dixon et al., 1980; Grichar et al., 1996; Miller e Dittmar, 2014; Obrigawitch et al., 1980).

In post-emergenza delle colture di mais e soia è possibile ricorrere a formulati a base di bentazone, halosulfuron-metile, bensulfuron-metile. L'azione di questi prodotti nei confronti delle ciperacee può essere migliorata dall'aggiunta del bromoxinil.

Nella coltura del girasole è possibile utilizzare un formulato a base di imazamox, ma solo impiegando varietà Clearfield®. Molte di queste sostanze attive presentano una potenziale selettività nei confronti di molte altre colture principali e minori (es. halosulfuron nelle cucurbitacee, S-metolaclo e bentazone su cipolla) (Derr et al., 1996; Fischer e Harvey, 2002; Stoller et al., 1975), ma la mancata autorizzazione all'uso su queste colture ne preclude l'utilizzo nel nostro paese.

Tabella 1: Sostanze attive con azione erbicida nota nei confronti di *C. esculentus* utilizzabili in Italia.

Sostanza Attiva	Periodo di applicazione	Colture	Impiego
Glifosate	Falsa semina, pre-semina, post-raccolta	Tutte	Agricolo, extra-agricolo
Bentazone	Post-emergenza	Mais, riso, soia, frumento	Agricolo
Halosulfuron-metile	Post-emergenza	Riso, mais	Agricolo
Flazasulfuron	Post-emergenza	Aree non coltivate, vite, agrumi, olivo	Agricolo, extra-agricolo
Bensulfuron-metile	Post-emergenza	Riso	Agricolo
Azimsulfuron	Post-emergenza	Riso	Agricolo
Sulfosulfuron	Post-emergenza	Frumento	Agricolo
Triclopyr	Post-emergenza	Riso	Agricolo + aree incolte
Imazamox	Post-emergenza	Riso, girasole	Agricolo
Bromoxinil	Post-emergenza	Riso, mais, sorgo, frumento	Agricolo
S-metolaclor	Pre-emergenza	Mais, soia, barbabietola, girasole, fagioli (con o senza baccello), pomodori	Agricolo

Esperienze di lotta chimica a *C. esculentus* nel nord Italia

Come già evidenziato in precedenza, in Italia le infestazioni di *C. esculentus* hanno assunto carattere di criticità solo in tempi relativamente recenti. Questa situazione è stata favorita nella maggior parte delle colture, in particolare in mais e soia, dalla limitata disponibilità di prodotti autorizzati in grado di contenere la diffusione delle malerbe. In questo quadro si ritiene utile richiamare i risultati di alcune sperimentazioni condotte nell'ultimo quinquennio in due areali agricoli del nord Italia.

Strategie di lotta chimica a C. esculentus nella soia e nel mais

Sperimentazioni di Olmo (Lodi)

Le sperimentazioni sono state condotte nel biennio 2016-2017 presso un appezzamento dell'azienda agricola Valsecchi, sita nel comune di Olmo (LO), su un suolo di natura franco-limoso. Gli studi, realizzati nell'ambito di una collaborazione tra il Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari dell'Università di Torino ed il Centro di Saggio di Agricola 2000, Società di servizi e sperimentazione in agricoltura, hanno avuto l'obiettivo di individuare le migliori strategie di controllo chimico di *C. esculentus* in soia e mais, basate sull'impiego di erbicidi attualmente disponibili sul mercato italiano. Il confronto ha riguardato strategie di intervento che comprendevano interventi di pre-emergenza, post-emergenza, e varie combinazioni di pre- e post-. I formulati impiegati sono stati scelti tra quelli comunemente impiegati nell'areale padano e caratterizzati da una potenziale azione nei confronti della ciperacea.

I risultati ottenuti nella sperimentazione condotta sulla soia hanno permesso di evidenziare che sono già disponibili sul mercato dei prodotti erbicidi in grado di controllare efficacemente le infestazioni di *C. esculentus*. Le applicazioni di pre-emergenza contenenti l'erbicida S-metolaclof hanno dimostrato di rappresentare una valida opzione per il controllo della malerba, ma la loro efficacia è risultata fortemente influenzata dal livello di umidità del suolo al momento del trattamento e nei giorni immediatamente successivi. La strategia basata sulla combinazione di trattamenti di pre-emergenza, seguiti da applicazioni di post-emergenza contenenti l'erbicida bentazone, ha fornito, in entrambi gli anni, il miglior controllo dell'infestazione di *C. esculentus*. L'aggiunta di coadiuvanti alle miscele erbicide applicate in post-emergenza ha dimostrato di migliorare l'efficacia complessiva della miscela. Tra i coadiuvanti impiegati la migliore azione sinergica è stata ottenuta impiegando l'eptametiltrisilossano, un coadiuvante organo-siliconico.

Nel caso del mais, la sperimentazione condotta nel corso delle due campagne agrarie ha permesso di individuare alcune linee operative, nell'ambito di strategie di pre-emergenza e di post-emergenza, in grado di controllare efficacemente l'infestazione di *C. esculentus*. Come già evidenziato per la soia, anche in questa coltura l'azione degli interventi con prodotti di pre-emergenza può risultare risolutiva

solo in presenza di un andamento climatico favorevole all'attivazione degli stessi prodotti. A questo riguardo va segnalato il comportamento dell'S-metolaclo, sostanza attiva che nella campagna 2016 aveva manifestato, anche sinergicamente con altre sostanze attive, una buona azione nei confronti della ciperacea, ma che nel 2017, in considerazione dell'assenza di precipitazioni primaverili ha fatto rilevare risultati del tutto insoddisfacenti. L'efficacia dell'S-metolaclo nei confronti di *C. esculentus* è stata confermata anche da altri studi (Boyd, 2015; Grichar et al., 1996, 1996; Miller e Dittmar, 2014). In entrambe le campagne, gli interventi di pre-emergenza seguiti da applicazioni di post-emergenza non hanno garantito un soddisfacente controllo dell'infestazione di *C. esculentus*. I risultati ottenuti nel corso dei due anni di sperimentazione hanno permesso di evidenziare che la strategia di post-emergenza rappresenta probabilmente la scelta più ragionevole in termini di efficacia di controllo della malerba nel mais. A questo riguardo, i migliori risultati sono stati ottenuti con le miscele contenenti la sostanza attiva halosulfuron metile, la cui attività nei confronti del ciperò è ben nota (Günnigmann e Becker, 2016), ed in particolare dalla miscela costituita da halosulfuron-metile + tiencarbazono-metile + isossafutolo. In questo caso l'efficacia della sulfonilurea è stata ben coadiuvata dall'attività del tiencarbazono-metile, la cui azione nei trattamenti di post-emergenza è stata favorita, in entrambe le campagne sperimentali, dalle buone condizioni di umidità del terreno.

Esperienze preliminari di lotta chimica alle ciperacee

Sperimentazioni di Lagosanto, Val Giralda e Mesola (Ferrara)

Le prove, condotte nel 2015 presso aziende della provincia ferrarese su suoli incolti e sabbiosi, hanno avuto l'obiettivo di verificare l'efficacia erbicida di diversi formulati ad azione totale, di contatto o residuali, addizionati o meno con coadiuvanti nei confronti di infestazioni di *C. esculentus* e *C. glaber*.

Tra gli erbicidi ad azione totale presi in esame, il glifosato è risultata essere la sostanza attiva caratterizzata dalla maggiore attività erbicida nei confronti di *C. esculentus*. L'aggiunta di coadiuvanti in grado di migliorare la penetrazione e la traslocazione dell'erbicida nella pianta ha permesso di incrementare sensibilmente l'efficacia complessiva. Per quanto riguarda le applicazioni di post-emergenza, le sostanze attive che hanno fatto rilevare la migliore efficacia nel controllo di *C. esculentus* e *C. glaber* sono risultate l'halosulfuron-metile ed il sulfosulfuron. Per quanto riguarda le miscele estemporanee, risultati soddisfacenti sono stati osservati impiegando la miscela bentazono+linuron+metribuzin+olio minerale. Sostanze attive che in ambiente di risaia manifestano una certa attività nei confronti delle ciperacee, quali MCPA, triclopir e penoxsulam, nelle condizioni sperimentali della prova e quindi in presenza di suoli asciutti non hanno fornito risultati soddisfacenti. Un aspetto importante emerso nel corso delle prove è legato al potenziamento dell'efficacia erbicida

derivante dall'aggiunta di coadiuvanti alla miscela fitoiatrice. I migliori risultati sono stati osservati impiegando l'olio minerale e l'eptametiltrisilossano.

Il rischio di comparsa di popolazioni di ciperacee resistenti agli erbicidi

Secondo l'*International Survey of Herbicide Resistant Weeds*, nel mondo sono stati individuati 495 casi unici di resistenza (specie × sito di azione) che coinvolgono un totale di 255 specie. Le specie infestanti hanno sviluppato resistenza nei confronti di 23 dei 26 diversi meccanismi di azione oggi presenti e a 163 differenti erbicidi. La maggior parte delle specie infestanti resistenti appartiene alla famiglia delle poacee e riguarda le colture di frumento, mais e riso. Per quanto riguarda il sito di azione, il più elevato numero di casi resistenza riguarda gli erbicidi appartenenti al Gruppo B, quello degli ALS inibitori. Nella famiglia delle ciperacee negli ultimi anni sono stati segnalati diversi casi di resistenza in particolare in specie quali *C. difformis* e *C. iria*. La quasi totalità dei casi di resistenza segnalati su ciperacee nel mondo fa riferimento ad erbicidi appartenenti alla classe delle sulfoniluree, quindi con meccanismo di azione ALS-inibitore. Questo aspetto è ovviamente da tenere in giusta considerazione poiché la maggior parte delle sostanze attive attualmente disponibili per il controllo chimico di *C. esculentus* appartiene alla famiglia delle sulfoniluree o comunque ha un meccanismo di azione ALS-inibitore. Il rischio di comparsa di popolazioni di *C. esculentus* resistenti appare pertanto concreto. In *C. esculentus* allo stato attuale sono stati segnalati solo tre casi di resistenza, uno in Arkansas (USA) e due in Italia. Le popolazioni di ciperacee italiane sono state individuate in risaie della provincia di Pavia e Vercelli tra il 2015 ed il 2017 e sono state oggetto di uno specifico screening. Lo studio è stato condotto in serra, utilizzando le due popolazioni presunte resistenti (15-1 e 17-2) ed una popolazione suscettibile (17-3) come riferimento. Le piante sono state trattate allo stadio di 3-4 foglie con Permit® (halosulfuron-metile, 30 g s.a./ha) e Gulliver® (azimsulfuron, 22.5 g s.a./ha) alla dose di campo riportata in etichetta. Gli erbicidi sono stati impiegati con gli specifici bagnanti utilizzando uno specifico banco irroratore con una portata di 300 L/ha, ad una pressione di esercizio di 215 KPa ed una velocità della barra di 0.75 m/s. La popolazione suscettibile (17-3) è stata pienamente controllata dai 2 erbicidi inibitori dell'ALS testati (Figura 2). Nessuna pianta è sopravvissuta al trattamento con halosulfuron e azimsulfuron. Al contrario più dell'80% delle piante delle due popolazioni presunte resistenti sono invece sopravvissute al trattamento con i due erbicidi. Ambedue le popolazioni testate sono risultate altamente resistenti ad halosulfuron e altamente cross-resistenti ad azimsulfuron. Questi risultati confermano il rischio di insorgenza di resistenza in popolazioni di *C. esculentus* a seguito dell'impiego di erbicidi ALS-inibitori. La progressiva diffusione di questa malerba in areali non prettamente risicoli e il conseguente impiego di erbicidi ALS-inibitori per il suo controllo in altre colture come il mais, può favorire l'insorgenza di altri casi

di resistenza. Per tali ragioni appare fondamentale pianificare una strategia di lotta al *C. esculentus* non esclusivamente basata sul mezzo chimico, in quanto ad oggi ancora troppo dipendente sull'uso delle sulfoniluree.

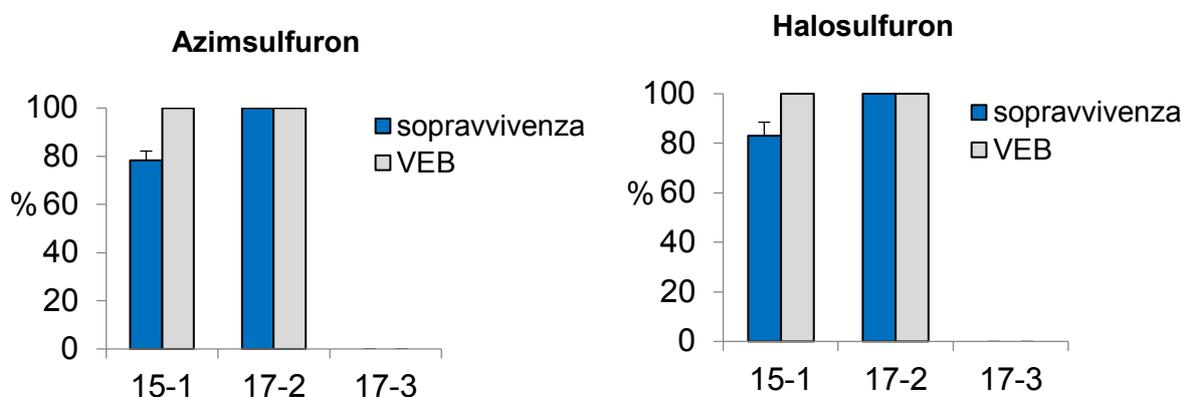


Figura 2. Sopravvivenza (%) e stima visiva della biomassa (VEB) delle popolazioni di *Cyperus esculentus* trattate con erbicidi inibitori dell'ALS dopo 28 giorni dal trattamento. L'errore standard è rappresentato dalle barre verticali.

Fumigazione del terreno

Le tecniche di fumigazione del terreno possono essere utilmente impiegate per controllare infestazioni causate da funghi, nematodi, insetti e piante infestanti. Per oltre 50 anni la sostanza maggiormente impiegata a livello mondiale per la fumigazione del terreno è stata il bromuro di metile, un prodotto che oltre a manifestare una potente azione nematocida e fungicida, ha dimostrato avere anche una buona efficacia erbicida. A seguito dell'applicazione del Protocollo di Montreal nel 1977, l'impiego del bromuro di metile è stato bandito, dapprima nei paesi sviluppati (2005), quindi in quelli in via di sviluppo (2015). Tra le specie infestanti controllate dal bromuro di metile era annoverato anche il *C. esculentus*. Il bando di questa sostanza ha portato all'individuazione di tecniche o prodotti alternativi capaci comunque di assicurare un buon controllo delle avversità. In Europa il metam-sodio e l'1,3 dicloropropene (1,3 D) sono le sostanze attive attualmente impiegate per la fumigazione del terreno. Mentre l'efficacia del metam-sodio nei confronti di *C. esculentus* è verificata da diversi studi (Johnson e Mullinix, 2007; Santos, 2009; Santos e Gilreath, 2007), l'azione dell'1,3 dicloropropene è stata spesso osservata in applicazioni congiunte con la cloropicrina (Chase et al., 2006; Hochmuth, 2002; Motis et al., 2002; Santos, 2009), sostanza attiva che tuttavia non è più autorizzata nel territorio dell'Unione Europea. L'azione erbicida dell'1,3 dicloropropene non in combinazione con altre sostanze è favorevolmente influenzata dalle tecniche colturali successive all'applicazione del prodotto, quali ad esempio la copertura del terreno con film plastici.

Strategie di lotta fisica

Solarizzazione

La solarizzazione è una tecnica sostenibile di disinfestazione del terreno adottata in molte aree del mondo come alternativa alle tradizionali tecniche di fumigazione con prodotti chimici (Stapleton e DeVay, 1986). Questa tecnica si basa sull'azione devitalizzante del calore che si sviluppa al di sotto di un film plastico steso sulla superficie del suolo. La solarizzazione può manifestare un'azione devitalizzante anche nei confronti delle malerbe (Horowitz et al., 1983; Jacobsohn et al., 1980; McSorley e Gill, 2010; Rubin e Benjamin, 1983, 1984). Tale azione è tanto maggiore quanto più elevato è il livello di umidità del suolo e quanto più a lungo il suolo rimane coperto dal film plastico. I migliori risultati si ottengono generalmente con film plastici trasparenti (Horowitz et al., 1983). L'adozione su larga scala di questa tecnica è tuttavia condizionata dalla localizzazione geografica, in quanto non a tutte le latitudini possono essere raggiunte nel terreno temperature tali da determinare un'azione devitalizzante nei confronti di patogeni o erbe infestanti. L'efficacia devitalizzante della solarizzazione nei confronti delle malerbe è fortemente influenzata dalle temperature raggiunte dal terreno alle diverse profondità, ma anche dalla tipologia di organo da devitalizzare. Maggiore è la profondità alla quale si trovano i semi ed i propaguli, più elevato è il rischio che sfuggano all'azione devitalizzante della temperatura. La devitalizzazione dei semi viene raggiunta in genere più velocemente rispetto ad altri organi di conservazione delle specie infestanti quali rizomi o bulbi. Tuberi di *C. rotundus* sono in grado di resistere nel terreno anche a temperature di 60°C, mantenendo livelli di germinazione elevati (Rubin e Benjamin, 1984). Secondo Horowitz et al. (1983), la solarizzazione ha effetti devitalizzanti sui tuberi di *C. esculentus* solo entro i primi 10 cm di profondità del suolo; i tuberi che si trovano al di sotto di tale profondità sono invece stimolati a svilupparsi. I rizomi che emergono al di sotto di film trasparenti si sviluppano rapidamente in fusti, i quali restando intrappolati sotto il film sono soggetti a ustioni solari e conseguenti disseccamenti. Per questa ragione Rubin e Benjamin (1983) suggeriscono una durata della solarizzazione di almeno 8-10 settimane. Johnson et al., (2007) hanno evidenziato una significativa riduzione della densità di tuberi di *C. esculentus* presenti nel suolo a seguito di un intervento di solarizzazione realizzato nel periodo estivo (da maggio a settembre). I film trasparenti sono anche meno suscettibili alla penetrazione da parte dei rizomi, in quanto la radiazione luminosa e il calore presente sotto il film stimolano la differenziazione degli stessi e la formazione di fusti e foglie. L'oscurità determinata dai film opachi non induce una fotodifferenziazione dei rizomi che quindi possono premere contro il film fino a forarlo (Chase et al., 1998).

Pacciamatura

La pacciamatura è una tecnica che prevede la copertura del terreno con materiali organici (paglia, corteccia, lapilli) o con film plastici biodegradabili e non biodegradabili al fine di contenere lo sviluppo delle infestanti e ridurre l'evaporazione dell'acqua dal suolo (Saario e Voipio, 1997). Secondo Webster (2005), la pacciamatura del terreno con film plastici pacciamanti neri o opachi può contenere lo sviluppo di *C. esculentus*. Altri autori hanno tuttavia evidenziato che la tipologia di film può influenzare la capacità di perforazione del film da parte dei fusti del ciperò. I fusti che sviluppano al di sotto del film trasparente hanno minori possibilità di perforare il film pacciamante rispetto a quelli opachi (Chase et al., 1998; Johnson e Mullinix, 2008). L'azione soppressiva della pacciamatura con film plastici oltre che essere influenzata dalla natura trasparente o opaca del film è anche da porre in relazione al tempo intercorso tra la stesura del film pacciamante ed il trapianto. Se la posa del film avviene il giorno del trapianto o entro la prima settimana, l'efficacia soppressiva raggiunge livelli del 90% (Johnson e Mullinix, 2008). La pacciamatura con film plastici biodegradabili o fotodegradabili può rappresentare un'opzione da valutare nel caso di una gestione in biologico. È necessario tuttavia verificare la resistenza del film alla perforazione da parte dei fusti emergenti. Occorre inoltre considerare che i film biodegradabili vanno incontro ad un progressivo deterioramento che può limitare l'azione fisica di contenimento delle malerbe a partire da un certo periodo della stagione colturale. La pacciamatura con materiali organici o inerti trova una scarsa applicabilità in considerazione della facilità con la quale i fusti sono in grado di attraversare lo strato organico e/o inerte pacciamante.

Controllo di *C. esculentus* nei frutteti

La presenza di *C. esculentus* nei frutteti sta crescendo parallelamente alla rapida diffusione di questa specie negli areali agricoli italiani. I problemi legati alle infestazioni di questa malerba nei frutteti derivano soprattutto dal suo difficile controllo sulla fila. La non completa suscettibilità al glifosate di *C. esculentus* favorisce infatti il diffondersi dell'infestazione. Inoltre la pressione selettiva esercitata dagli stessi trattamenti con glifosate pongono il *C. esculentus* in una condizione di dominanza ecologica, essendo assente o comunque estremamente limitata la competizione interspecifica. Nell'interfila, la presenza del ciperò provoca minori preoccupazioni, in particolare in presenza di un inerbimento polifita e quindi in un quadro di rapporti più equilibrati tra le diverse specie erbacee. Una sostanza attiva il cui uso è autorizzato in frutteto è l'MCPA. La sua efficacia è tuttavia modesta limitandosi a provocare disseccamenti della vegetazione senza però effettivamente devitalizzare le piante colpite (Ferrero, Massobrio et al., 2016). Tra le sulfoniluree è da citare il flzasulfuron, sostanza attiva che manifesta un'azione nei confronti di alcune ciperacee, quali *C. rotundus* e *C.*

brevifolia (Nieto e Simonetta, 2006), e che quindi potrebbe esercitare un'analoga azione anche nei confronti di *C. esculentus*. L'eventuale azione erbicida nei confronti di *C. esculentus* resta tuttavia da verificare in campo.

Gestione di *C. esculentus* nei sistemi colturali biologici

Nell'agricoltura biologica il contenimento delle piante infestanti costituisce uno degli aspetti più critici dell'intera gestione colturale. La scarsa disponibilità di prodotti ad azione erbicida impiegabili su larga scala rende infatti difficoltoso il controllo delle piante infestanti, il quale si basa quasi esclusivamente su interventi di natura agronomica, meccanica e fisica. A questo riguardo, la gestione delle infestazioni di *C. esculentus* deve necessariamente fare ricorso alle rotazioni colturali, all'impiego delle colture di copertura e ad alcune lavorazioni meccaniche ad azione devitalizzante sui tuberi. L'efficacia delle rotazioni colturali è legata in particolare alla presenza di colture capaci di assicurare un'elevata copertura vegetale in grado di sopprimere lo sviluppo del cipero. Analogamente, anche nei periodi di intercoltura potrebbe essere utile l'inserimento di cover-crop ad azione soppressiva. In presenza di infestanti perennanti, il ricorso alle lavorazioni meccaniche favorisce, in genere, la diffusione dei propaguli all'interno del campo coltivato e pertanto è spesso sconsigliato. Nel caso di *C. esculentus*, alcuni studi hanno però fatto rilevare che l'esecuzione ripetuta di interventi meccanici capaci di portare in superficie i propaguli esponendoli all'azione disseccante del sole può contribuire ad abbassare significativamente i livelli di infestazione (Glaze, 1987; Johnson et al., 2007; Keeley et al., 1983).

Conclusioni

C. esculentus è una specie infestante caratterizzata da una crescente diffusione negli areali agricoli italiani, in particolare in quelli padani. Il successo nello sviluppo di questa malerba è in gran parte da attribuire alle specifiche caratteristiche biologiche che ne favoriscono l'invasività e alla limitata disponibilità di prodotti chimici in grado di contenerne lo sviluppo. In queste condizioni, la gestione di questa specie deve necessariamente basarsi sull'impiego combinato dei diversi strumenti di contenimento disponibili (agronomici, fisici, meccanici e chimici). Le poche sostanze attive efficaci nei confronti di *C. esculentus* sono infatti autorizzate per l'impiego su un numero esiguo di colture ed inoltre la maggior parte di esse appartiene al gruppo degli ALS-inibitori, caratterizzato da un elevato rischio di insorgenza di fenomeni di resistenza. Nella gestione di *C. esculentus* è comunque fondamentale mettere in atto tutte le pratiche che consentono di prevenire l'introduzione della

malerba ed intervenire prontamente per eliminarla quando essa inizia ad insediarsi, ricorrendo preferibilmente ai prodotti in grado di devitalizzarla completamente, anche negli organi sotterranei di propagazione.

Bibliografia

- Bendixen L.D., Stoube E.W. (1977). Yellow and purple nutsedge: Two weed species of worldwide significance. *Weeds Today*, pagg. 9–15.
- Boyd N.S. (2015). Evaluation of Preemergence Herbicides for Purple Nutsedge (*Cyperus rotundus*) Control in Tomato. *Weed Technology*, 29: 480–487. doi:10.1614/WT-D-14-00133.1
- Caldwell B., Mohler C.L. (2001). Stale Seedbed Practices for Vegetable Production, 36: 703–705.
- Chase C.A., Stall W.M., Simonne E.H., Hochmuth R.C., Dukes M.D., Weiss A.W. (2006). Nutsedge control with drip-applied 1,3-dichloropropene plus chloropicrin in a sandy soil. *HortTechnology*, 16: 641–648.
- Chase Carlene A., Sinclair T.R., Donn G. Shilling, James P. Gilreath, Salvatore J. Locascio. (1998). Light Effects on Rhizome Morphogenesis in Nutsedges (*Cyperus* spp.): Implications for Control by Soil Solarization. *Weed Science*, 46: 575–580.
- Cherry M. (1973). Problems and progress in controlling nutgrass. *SPAN Agricultural Review*, 16: 77–79.
- Choudhary A.H. (1981). Effects of Population and Inter-Row Spacing on Yields of Maize and Control of Weeds with Herbicides in the Irrigated Savanna. *Experimental Agriculture*, 17: 389–397. doi:10.1017/S0014479700011844
- Clewis S.B., Wilcut J.W., Porterfield D. (2006). Weed Management with S-Metolachlor and Glyphosate Mixtures in Glyphosate-Resistant Strip- and Conventional-Tillage Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Weed Technology*, 20: 232–241. doi:10.1614/WT-05-030R.1
- Culpepper A.S. (2006). Glyphosate-Induced Weed Shifts. *Weed Technology*, 20: 277–281. doi:10.1614/WT-04-155R.1
- De Datta S.K., Jereza H.C. (1976). The use of cropping systems and land and water management to shift weed species. *Philipp. J. Crop Sci*, 1: 173–178.
- Derr J.F., Chandran R.S., Ward W.D. (1996). Preemergence and Postemergence Yellow Nutsedge (*Cyperus esculentus*) Control with MON 12000 in Nursery Crops. *Weed Technology*, 10: 95–99. doi:10.1017/S0890037X00045772
- Dixon G.A., Stoller E.W., McGlamery M.D. (1980). Acetanilide Herbicides for Yellow Nutsedge (*Cyperus esculentus*) Control in Corn (*Zea mays*). *Weed Science*, 28: 593–598. doi:10.1017/S0043174500061294
- Drost D.C., Doll J.D. (1980). The Allelopathic Effect of Yellow Nutsedge (*Cyperus esculentus*) on Corn (*Zea mays*) and Soybeans (*Glycine max*). *Weed Science*, 28: 229–233. doi:10.1017/S004317450005517X
- EPPO (2018) EPPO Lists of Invasive Alien Plants. Disponibile: <http://www.eppo.int> (ultimo accesso 25 Settembre 2018).
- Fabrizi M., Vecchiattini M., Campagna G., Galli F., Zago A. (2016). Esperienze preliminari per il controllo chimico delle ciperacee (Vol. 1, pagg. 601–610). Presentato alle Giornate Fitopatologiche,

- Chianciano Terme, 8-11 marzo 2016: CLUEB (Cooperativa libreria universitaria editrice), Bologna, Italy.
- Ferrero A., Massobrio V., Vittone G., Bontà M. (2016). *Cyperus esculentus* nei frutteti piemontesi. *L'informatore agrario*, 61–62.
- Ferrero A., Pozzi T., Fogliatto S., Vidotto F., Milan M. (2016). Efficacia di diverse strategie di gestione delle infestanti nel mais (Vol. 1, pagg. 571–580). Presentato alle Giornate Fitopatologiche, Chianciano Terme, 8-11 marzo 2016: CLUEB (Cooperativa libreria universitaria editrice), Bologna, Italy.
- Fischer D.W., Harvey R.G. (2002). Yellow Nutsedge (*Cyperus esculentus*) and Annual Weed Control in Glyphosate-Resistant Field Corn (*Zea mays*). *Weed Technology*, 16: 482–487. doi:10.1614/0890-037X(2002)016[0482:YNCEAA]2.0.CO;2
- Follak S., Belz R., Bohren C., De Castro O., Del Guacchio E., Pascual-Seva N., ... Essl F. (2016). Biological flora of Central Europe: *Cyperus esculentus* L. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 23: 33–51. doi:10.1016/j.ppees.2016.09.003
- Ghafar Z., Watson A.K. (1983). Effect of Corn (*Zea mays*) Population on the Growth of Yellow Nutsedge (*Cyperus esculentus*). *Weed Science*, 31: 588–592. doi:10.1017/S0043174500070016
- Glaze N.C. (1987). Cultural and Mechanical Manipulation of *Cyperus* Spp. *Weed Technology*, 1: 82–83. doi:10.1017/S0890037X00029183
- Grichar W.J., Colburn A.E., Baumann P.A. (1996). Yellow Nutsedge (*Cyperus esculentus*) Control in Peanut (*Arachis hypogaea*) as Influenced by Method of Metolachlor Application. *Weed Technology*, 10: 278–281. doi:10.1017/S0890037X00039956
- Günnigmann A., Becker D. (2016). Permit – A new herbicide for control of *Cyperus esculentus* in maize. *Julius-Kühn-Archiv*, 452: 347–354. doi:https://doi.org/10.5073/jka.2016.452.046
- Hochmuth R.C. (2002). Evaluating nutsedge control (*Cyperus esculentus* Spp.) with various formulations and rates of 1,3-dichloropropene chemigated using drip tpe under two polyethylene mulches (Vol. 115, pagg. 195–196). Presentato al Proceedings of the annual meeting of the Florida State Horticultural Society.
- Holm L.R.G., Plucknett D.L., Pancho J.V., Herberger J.P. (1977). *The world's worst weeds. Distribution and biology*. Honolulu, Hawaii: University Press of Hawaii.
- Horowitz M., Regev Y., Herzlinger G. (1983). Solarization for Weed Control. *Weed Science*, 31: 170–179. doi:10.1017/S0043174500068788
- Jacobsohn R., Greenberger A., Katan J., Levi M., Alon H. (1980). Control of Egyptian Broomrape (*Orobanche aegyptiaca*) and Other Weeds by Means of Solar Heating of the Soil by Polyethylene Mulching. *Weed Science*, 28: 312–316. doi:10.1017/S0043174500055351
- Johnson W.C., Davis R.F., Mullinix B.G. (2007). An integrated system of summer solarization and fallow tillage for *Cyperus esculentus* and nematode management in the southeastern coastal plain. *Crop Protection*, 26: 1660–1666. doi:10.1016/j.cropro.2007.02.005
- Johnson W.C., Mullinix B.G. (2007). Yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*) control with metham-sodium in transplanted cantaloupe (*Cucumis melo*). *Crop Protection*, 26: 867–871. doi:10.1016/j.cropro.2006.08.010
- Johnson W.C., Mullinix B.G. (2008). Cultural control of yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*) in transplanted cantaloupe (*Cucumis melo*) by varying application timing and type of thin-film mulches. *Crop Protection*, 27: 735–739. doi:10.1016/j.cropro.2007.10.008

- Johnson W.I.C., Mullinix B.G.J. (1997). Population Dynamics of Yellow Nutsedge (*Cyperus esculentus*) in Cropping Systems in the Southeastern Coastal Plain. *Weed Science*, 45: 166–171.
- Keeley P. E., Thullen R.J., Miller J.H., Carter C.H. (1983). Comparison of Six Cropping Systems for Yellow Nutsedge (*Cyperus esculentus*) Control. *Weed Science*, 31: 63–67. doi:10.1017/S0043174500068557
- Keeley Paul E. (1987). Interference and Interaction of Purple and Yellow Nutsedges (*Cyperus rotundus* and *C. esculentus*) with Crops. *Weed Technology*, 1: 74–81. doi:10.1017/S0890037X00029171
- Keeley P.E., Thullen R.J. (1978). Light Requirements of Yellow Nutsedge (*Cyperus esculentus*) and Light Interception by Crops. *Weed Science*, 26: 10–16. doi:10.1017/S0043174500032604
- Keeley P.E., Thullen R.J., Miller J.H., Carter C.H. (1979). Comparison of Four Cropping Systems for Yellow Nutsedge (*Cyperus esculentus*) Control. *Weed Science*, 27: 463–467. doi:10.1017/S0043174500044398
- Keeling J.W., Bender D.A., Abernathy J.R. (1990). Yellow Nutsedge (*Cyperus esculentus*) Management in Transplanted Onions (*Allium cepa*). *Weed Technology*, 4: 68–70. doi:10.1017/S0890037X00025008
- McSorley R., Gill H.K. (2010). Effects of Solarization against Weeds and Root-knot Nematodes Limited by Weather (Vol. 123, pagg. 298–301). Presentato al Proceedings of the annual meeting of the Florida State Horticultural Society.
- Miller M.R., Dittmar P.J. (2014). Effect of PRE and POST-Directed Herbicides for Season-Long Nutsedge (*Cyperus* spp.) Control in Bell Pepper. *Weed Technology*, 28: 518–526. doi:10.1614/WT-D-13-00181.1
- Motis T.N., Locascio S.L., Gilreath J.P. (2002). Efficacy of 1,3-dichloropropene + chloropicrin and metam-Na on yellow nutsedge tubers planted at varying growth stages (Vol. 115, pagg. 189–192). Presentato al Proceedings of the annual meeting of the Florida State Horticultural Society.
- Nelson K.A., Renner K.A. (2002). Yellow Nutsedge (*Cyperus esculentus*) Control and Tuber Production with Glyphosate and ALS-Inhibiting Herbicides. *Weed Technology*, 16: 512–519. doi:10.1614/0890-037X(2002)016[0512:YNCECA]2.0.CO;2
- Nieto J., Simonetta F. (2006). Use of low doses of flazasulfuron to control weeds on grapevine, citrus and olive (Vol. 1, pagg. 421–426). Riccione, 27-29 marzo 2006.
- Obrigawitch T., Abernathy J.R., Gipson J.R. (1980). Response of Yellow (*Cyperus esculentus*) and Purple (*Cyperus rotundus*) Nutsedge to Metolachlor. *Weed Science*, 28: 708–715. doi:10.1017/S0043174500061579
- Oerke E.- C. (2006). Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, 144: 31–43. doi:10.1017/S0021859605005708
- Patterson D.T. (1982). Shading Responses of Purple and Yellow Nutsedges (*Cyperus rotundus* and *C. esculentus*). *Weed Science*, 30: 25–30. doi:10.1017/S0043174500026102
- Pignatti S (1982). Flora d'Italia. Cyperacee, 692-695, Volume III. Edagricole Calderini, Bologna.
- Pellizzari M., Verloove F. (2017). The genus *Cyperus* in the eastern Po Plain (Italy): historical and recent data. *Webbia*, 72: 127–137. doi:10.1080/00837792.2017.1285524
- Rubin B., Benjamin A. (1983). Solar Heating of the Soil: Effect on Weed Control and on Soil-Incorporated Herbicides. *Weed Science*, 31: 819–825. doi:10.1017/S0043174500070806
- Rubin B., Benjamin A. (1984). Solar Heating of the Soil: Involvement of Environmental Factors in the Weed Control Process. *Weed Science*, 32: 138–142. doi:10.1017/S0043174500058653

- Saario M., Voipio I. (1997). Effects of mulching and herbicide on weediness and yield in cultivated lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.). *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 47: 52–57. doi:10.1080/09064719709362439
- Santos Bielinski M. (2009). Drip-applied metam potassium and herbicides as methyl bromide alternatives for *Cyperus* control in tomato. *Crop Protection*, 28: 68–71. doi:10.1016/j.cropro.2008.08.013
- Santos B.M., Gilreath J.P. (2007). Effects of water delivery volume, rates and concentrations of metam potassium on purple nutsedge emergence in mulched beds. *HortTechnology*, 17: 191–194.
- Stapleton J.J., DeVay J.E. (1986). Soil solarization: a non-chemical approach for management of plant pathogens and pests. *Crop Protection*, 5: 190–198. doi:10.1016/0261-2194(86)90101-8
- Stoller E.W., Wax L.M., Matthiesen R.L. (1975). Response of Yellow Nutsedge and Soybeans to Bentazon, Glyphosate, and Perfluidone. *Weed Science*, 23: 215–221. doi:10.1017/S0043174500052899
- Tweedy A., Turgen J., Balck D.V. (1975). Control of yellow nutsedge in turf (Vol. 30, pagg. 131–132). Presentato al North Central Weed Control Conference.
- Webster T.M. (2005). Patch expansion of purple nutsedge (*Cyperus rotundus*) and yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*) with and without polyethylene mulch. *Weed Science*, 53: 839–845. doi:10.1614/WS-05-045R.1