

## Trinity® – die innovative Kombination von drei herbiziden Wirkstoffen zur Nachauflaufanwendung im Getreide

Trinity® - the innovative mixture of three herbicidal ingredients for post-emergence application in cereals

Jürgen Bontenbroich  
Feinchemie Schwebda GmbH, Edmund-Rumpler-Str. 6, D-51149 Köln  
Juergen.Bontenbroich@FCS-Feinchemie.com

DOI: 10.5073/jka.2012.434.059

### Zusammenfassung

Trinity ist ein neues Getreideherbizid zur Bekämpfung von Gemeinem Windhalm, Einjährigem Rispengras und dikotylen Unkräutern im Herbst. Die Zulassung umfasst die Anwendung in Wintergerste, -weizen, -roggen sowie in Wintertriticale im Nachauflauf (Herbst, BBCH 10-13) mit einer Aufwandmenge von 2,0 l/ha. Trinity besteht aus der erstmals in Deutschland zugelassenen Wirkstoffkombination von Diflufenican (40 g/l), Pendimethalin (300 g/l) und Chlortoluron (250 g/l). Alle drei Wirkstoffe besitzen einen unterschiedlichen Wirkungsmechanismus und sind verschiedenen HRAC-Klassen zugeordnet: F1 (Diflufenican), K1 (Pendimethalin) und C2 (Chlortoluron). Die einzigartige Kombination dieser Wirkstoffe führt zu einem sehr breiten Wirkungsspektrum und erfasst neben *Apera spica-venti* und *Poa annua* eine Vielzahl dikotyler Unkräuter. Gegen schwer bekämpfbare Unkräuter wie *Papaver rhoeas*, *Centaurea cyanus* und *Geranium* spp. werden ebenfalls hohe Wirkungsgrade erzielt. Aufgrund der optimal abgestimmten Wirkstoffanteile in Trinity wird zudem eine sehr gute Kulturverträglichkeit in allen Getreidearten erreicht. Günstige Auflagen runden das Profil der neuen 3er-Kombination ab. Dieser Beitrag zeigt, anhand von mehrjährigen deutschen Versuchsergebnissen, das Wirkungsspektrum und die Kulturverträglichkeit von Trinity.

**Stichwörter:** Chlortoluron, Diflufenican, Herbizid, Pendimethalin, Unkrautbekämpfung

### Summary

Trinity is a new herbicide for the control of silky-bent grass, annual meadow grass and annual dicotyledonous weeds in cereals in autumn. The registration covers the use in winter barley, winter wheat, winter rye and winter triticale at a maximum dose rate of 2.0 l/ha Trinity as a post-emergence application (autumn, GS 10-13). Trinity is the first registered three-way mixture of the three established ingredients diflufenican (40 g/l), pendimethalin (300 g/l) and chlortoluron (250 g/l). All ingredients have a different mode of action according to HRAC classification: F1 (diflufenican), K1 (pendimethalin) and C2 (chlortoluron). This unique three-way mixture in Trinity leads to a very high efficacy against *Apera spica-venti* and *Poa annua* and against a broad spectrum of dicotyledonous weeds including less sensitive weeds like *Papaver rhoeas*, *Centaurea cyanus* und *Geranium* spp.. Due to the optimal balanced amount of ingredients, Trinity has also a very good selectivity in all registered cereals. Furthermore, the advantageous regulatory restrictions of Trinity increase the attractiveness for practical use. Based on the results of multi-annual German field trials, this paper shows the efficacy and the selectivity of Trinity.

**Keywords:** Chlortoluron, diflufenican, herbicide, pendimethalin, weed control

### 1. Einleitung

Seit mehreren Jahrzehnten bilden die Wirkstoffe Diflufenican, Pendimethalin und Chlortoluron eine solide Basis zur Unkrautbekämpfung in Getreide im Herbst. Daher finden sich diese Wirkstoffe in zahlreichen Kombinationen mit anderen herbiziden Wirkstoffen wieder. Der Wirkstoff Diflufenican ist derzeit in Deutschland nicht als Einzelwirkstoff zugelassen, sondern nur in Kombination mit anderen herbiziden Wirkstoffen, wie z.B. mit Flufenacet im Handelsprodukt Herold® SC, einsetzbar. Für Pendimethalin und Chlortoluron stehen sowohl Handelsprodukte mit den Einzelwirkstoffen als auch Kombinationen mit maximal einem weiteren Wirkstoff zur Verfügung. Mit der 2010 erteilten Zulassung für Trinity (Zulassungsnummer: 006797-00; Zulassungsanfang: 22.12.2010) wurden die drei bewährten Wirkstoffe Diflufenican, Pendimethalin und Chlortoluron erstmalig in einer Fertigformulierung vereint.

Der Wirkstoff Diflufenican wird durch den keimenden Spross über das Hypokotyl und die Keimwurzeln aufgenommen. Bei aufgelaufenen Unkräutern und Ungräsern erfolgt die

Wirkstoffaufnahme auch über das Blatt. Der Wirkstoff greift in die Carotinoid-Biosynthese ein (Bleaching-Effekt), was zu einem verstärkten Chlorophyll-Abbau führt.

Pendimethalin hingegen hemmt die Zellteilung und Zellstreckung. Die Wirkstoffaufnahme erfolgt sowohl über das Blatt, die Wurzel als auch über die Koleoptile und das Hypokotyl.

Chlortoluron wird von den Pflanzen ebenfalls über das Blatt und die Wurzel aufgenommen. Im Nachauflauf wird Chlortoluron von Ungräsern vornehmlich über die Wurzel und von dikotylen Unkräutern über das Blatt aufgenommen und führt in der Pflanze zur Hemmung der Photosynthese (Lichtreaktion II).

Aufgrund der beschriebenen Stoffeigenschaften wirkt Trinity zum größten Teil über den Boden und nur in geringem Anteil über das Blatt, so dass bei feuchten Bodenverhältnissen die höchsten Wirkungsgrade erreicht werden. Die Entwicklung der Wirkstoffkombination in Trinity hatte zum Ziel, ein anwenderfreundliches Produkt mit breitem Wirkungsspektrum, guter Kulturverträglichkeit und günstigen Auflagen für die Praxis zu schaffen. Das Ziel der nachfolgend beschriebenen Feldversuchsprogramme war die Prüfung des Wirkungsspektrums und der Kulturverträglichkeit dieser innovativen Fertigmischung.

## **2. Material und Methoden**

### **2.1 Mehrjährige Feldversuche zur Wirksamkeit**

Das als Suspensionskonzentrat (SC) formulierte Getreideherbizid Trinity wurde in den aufgezeigten Versuchen mit seiner maximal zugelassenen Aufwandmenge von 2,0 l/ha in allen zugelassenen Getreidearten eingesetzt. Dies entspricht einer Gesamtwirkstoffmenge pro Hektar von 80 g Diflufenican, 600 g Pendimethalin und 500 g Chlortoluron. Die Applikationen fanden entsprechend des zugelassenen Anwendungszeitpunktes im Nachauflauf des Getreides (Herbst, BBCH 10-13) statt. Die zugrundeliegenden Versuche wurden als randomisierte Blockanlage mit jeweils (3-) 4 Wiederholungen und einer jeweiligen Parzellengröße von 24-30 m<sup>2</sup> angelegt. Die Endboniturwerte, die im nachfolgenden als prozentuale Wirksamkeit im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle aufgeführt sind, wurden 27-33 Wochen nach der Applikation ermittelt. Das Vergleichsmittel war ein Fertigprodukt aus 250 g/l Flurtamone und 120 g/l Diflufenican, das im Zeitraum der Versuchsanlegungen als Standardprodukt bzw. -maßnahme in der Praxis zum Einsatz kam.

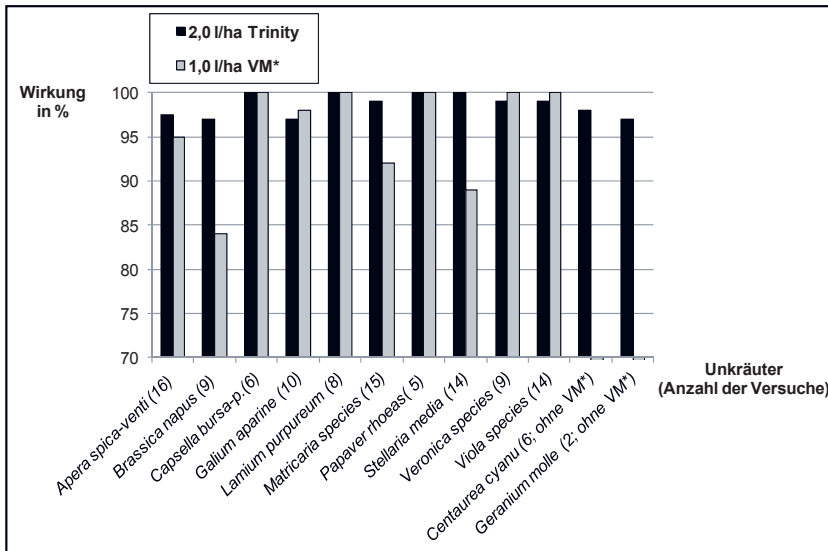
### **2.2 Mehrjährige Feldversuche zur Kulturverträglichkeit**

Zur Beurteilung der Kulturverträglichkeit von Trinity wurden mehrjährige Feldversuchsergebnisse aus Wirksamkeitsversuchen von 2005-2007 (n = 24: 2005 (9), 2006 (10), 2007 (5)) mit der zugelassenen Aufwandmenge von 2,0 l/ha nach visueller Kultur-Phytotoxizität und Ertrag im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle ausgewertet. Als Vergleichsprodukte dienten 1,0 l/ha des Fertigprodukts aus 250 g/l Flurtamone und 120 g/l Diflufenican sowie 0,5 l/ha Herold SC (400 g/l Flufenacet; 200 g/l Diflufenican). Die Versuche wurden in allen zugelassenen Getreidearten durchgeführt. Entsprechend des zugelassenen Anwendungszeitpunktes fanden die Applikationen im Nachauflauf des Getreides (Herbst, BBCH 10-13) statt. Die zugrundeliegenden Versuche wurden als randomisierte Blockanlage mit jeweils (3-) 4 Wiederholungen angelegt und verfügten über eine Parzellengröße von 24-30 m<sup>2</sup>. Es wurden zu verschiedenen Terminen Bonituren auf Chlorosen, Nekrosen, Aufhellungen, Wachstumsverzögerungen und Ausdünnung durchgeführt. Für die u. a. Versuchsauswertung wurde die erste Bonitur (2-4 Wochen nach der Applikation) auf Chlorosen und Nekrosen ausgewertet. Die Ergebnisse der Selektivitätsversuche sind anhand von Symptomklassen gemäß EPP0-Richtlinie (PP1/135 (3), 2006) in Prozent (%) zur unbehandelten Kontrolle dargestellt. Zur statistischen Absicherung wurden folgende Methoden angewendet: Student-Newman-Keuls ( $\alpha = 0,05$ ), Duncan' New MRT ( $\alpha = 0,05$ ) oder F-Test.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Wirksamkeit

Die Wirksamkeit der zugelassenen Aufwandmenge von 2,0 l/ha Trinity ist in Abbildung 1 dargestellt. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass Trinity sowohl hohe Wirkungsgrade gegen *Apera spica-venti* als auch gegen ein breites dikotylen Unkrautspektrum erzielt. Neben *Brassica napus*, *Matricaria spp.*, *Galium aparine* u. a. dikotylen Unkräutern werden auch Unkräuter wie *Papaver rhoeas*, *Centaurea cyanus* und *Geranium molle* erfasst, die von einigen bisher zugelassenen Produkten nicht ausreichend bekämpft werden.



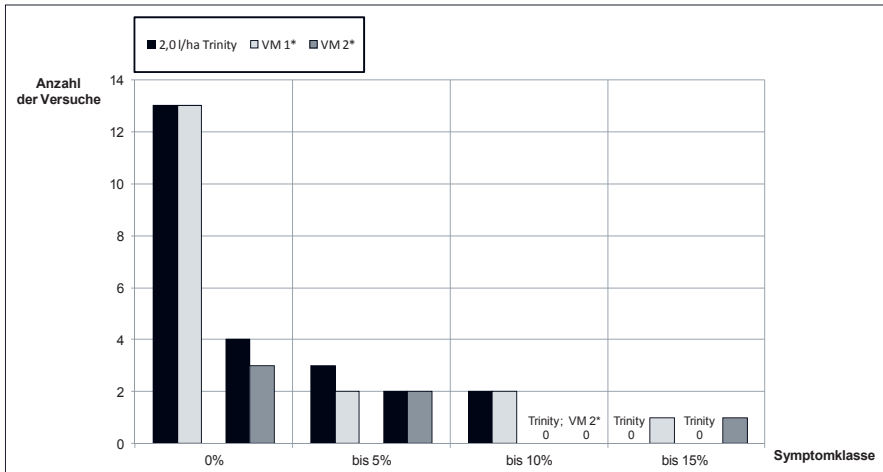
\* 1,0 l/ha VM: 250 g/l Flurtamone und 120 g/l Diflufenican

**Abb. 1** Wirkung von 2,0 l/ha Trinity vs. Vergleichsmittel.

**Fig. 1** Efficacy of 2.0 l/ha Trinity vs. standard product.

#### 3.2 Kulturverträglichkeit

In Abbildung 2 ist der Selektivitätsvergleich der maximal zugelassenen Aufwandmengen von Trinity mit 2,0 l/ha zur unbehandelten Kontrolle und zu zwei Vergleichsmitteln nach Symptomklassen dargestellt. Von den insgesamt 24 Feldversuchen traten in 17 Versuchen keine Kulturreaktionen nach der Anwendung von Trinity auf. In fünf Versuchen waren sehr geringe Symptome (< 5%) zu verzeichnen und in zwei Versuchen gab es leichte Kulturreaktionen bis 10%. In den Symptomklassen 11-15% war Trinity nicht vertreten. Auch bei der Gegenüberstellung zu den Resultaten der getesteten Vergleichsmittel weist Trinity eine sehr gute Kulturverträglichkeit auf.

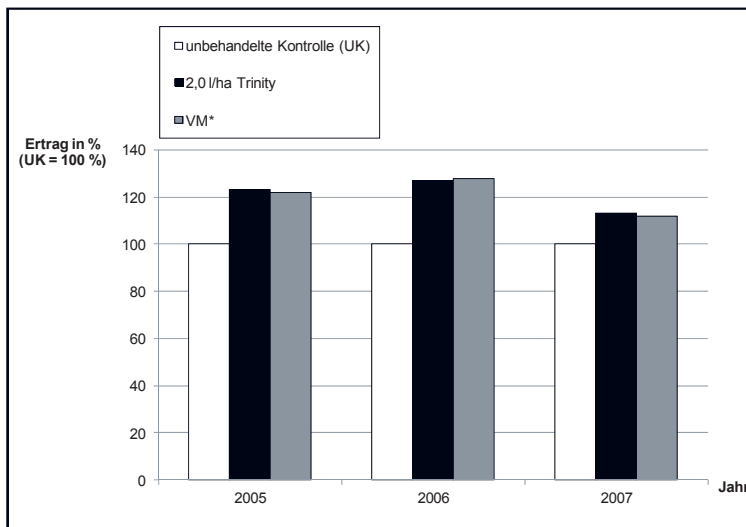


\* VM 1: 250 g/l Flurtamone und 120 g/l Diflufenican (1,0 l/ha; n=18); VM 2: Herold SC (0,5 l/ha; n=6):

**Abb. 2** Verträglichkeit von 2,0 l/ha Trinity vs. Vergleichsmittel.

**Fig. 2** Selectivity of 2.0 l/ha Trinity vs. standard product.

Die Betrachtung der Ertragsergebnisse zu den oben aufgeführten Wirksamkeitsversuchen zeigte sowohl beim Einsatz von Trinity als auch beim Einsatz der Vergleichsprodukte signifikante Ertragssteigerungen im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle (Abb. 3). Der Herbizideinsatz brachte im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle einen durchschnittlichen Mehrertrag von 20 %. Bei den sieben Versuchen mit leichten Kulturreaktionen nach dem Herbizideinsatz, konnten bei keinem der getesteten Produkte signifikante Ertrags- oder Qualitätsunterschiede festgestellt werden. Weiterhin wurde im Rahmen der Zulassung separat in insgesamt 19 Versuchen die Selektivität bei der dreifachen Aufwandmenge, d. h. 6,0 l/ha Trinity geprüft. Es konnten keine signifikanten Unterschiede bzgl. Ertrag und Qualität im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle festgestellt werden.



\* VM: 2005, 2006: 1,0 l/ha VM: 250 g/l Flurtamone und 120 g/l Diflufenican; 2007: 0,5 l/ha VM: Herold SC

**Abb. 3** Erträge (dt/ha) von 2,0 l/ha Trinity vs. Vergleichsmittel im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle (100 %).

**Fig. 3:** Yield quantity (dt/ha) of 2.0 l/ha Trinity vs. standard product and untreated variant.

Nicht aufgeführt in diesem Beitrag sind die Feldversuchsergebnisse, die speziell die Kulturverträglichkeit in verschiedenen Weizensorten aufzeigen. Hintergrund dieser Versuchsfrage war, dass es bei einigen Weizensorten beim Einsatz derzeit zugelassener Chlortoluron-haltiger Produkte zu starken Kulturreaktionen kommen kann, weshalb die Hersteller diese Sorten vom Einsatz ausschließen. Mit den derzeit zugelassenen Chlortoluron-haltigen Produkten – mit Ausnahme von Trinity – werden beim Einsatz der maximal zugelassenen Aufwandmengen 1500 – 2100 g Chlortoluron/ha ausgebracht. Die maximal mögliche Chlortoluron-Menge beim Trinity-Einsatz beträgt demgegenüber nur 500 g/ha. Aus diesem Grund wurden seit 2009 Versuche mit den Chlortoluron-empfindlichsten Weizensorten mit drei Wiederholungen angelegt, die Weizenpflanzen auf Kulturverträglichkeit bonitiert und beerntet. Dies erfolgte sowohl für die maximal zugelassene Aufwandmenge von 2,0 l/ha Trinity (500 g Chlortoluron/ha) als auch für die doppelte Aufwandmenge von 4,0 l/ha (1000 g Chlortoluron/ha). Ergebnis dieser Versuche war, dass es selbst bei der doppelten Aufwandmenge von 4,0 l/ha Trinity bei keiner Sorte zu signifikanten Ertragsunterschieden im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle kam. Die Versuche werden zukünftig weiter fortgeführt und ggf. an anderer Stelle veröffentlicht.

#### 4. Diskussion

Zur Unkrautbekämpfung in Getreide im Herbst bilden die Wirkstoffe Diflufenican, Pendimethalin und Chlortoluron seit mehreren Jahrzehnten eine zuverlässige Basis und finden sich in zahlreichen Produkten in unterschiedlichen Kombinationen wieder. Vor der Zulassung von Trinity hat es weder die Wirkstoffkombination Diflufenican, Pendimethalin und Chlortoluron noch die Kombination Diflufenican und Pendimethalin als zugelassene Fertigformulierung gegeben. Mit der Zulassung von Trinity steht somit erstmals diese innovative Wirkstoffkombination im Getreidebau zur Verfügung.

Die vorliegenden Ergebnisse zur Wirksamkeit von Trinity zeigen, dass die Kombination von Diflufenican (40 g/l), Pendimethalin (300 g/l) und Chlortoluron (250 g/l) ein sehr breites Unkrautpektrum abdeckt. Sowohl *Apera spica-venti* als auch eine Vielzahl bedeutender dikotyler Unkräuter werden beim Einsatz von 2,0 l/ha Trinity zuverlässig erfasst. Neben *Brassica napus*, *Matricaria spp.*, *Galium aparine* u. a. dikotylen Unkräutern werden auch gegen Unkräuter wie *Papaver rhoeas*, *Centaurea cyanus* und *Geranium molle*, die von einigen bisher zugelassenen Produkten nicht ausreichend bekämpft werden, hohe Wirkungsgrade erreicht. Auch im Vergleich zum getesteten Standardprodukt überzeugt Trinity durch sein großes Wirkungsspektrum und hohes Wirkungsniveau.

Neben der sehr guten Wirksamkeit sichern die ausgewogenen Wirkstoffgehalte gleichzeitig eine sehr gute Verträglichkeit in allen zugelassenen Getreidearten. Im Vergleich zu den getesteten Standardprodukten konnten keine signifikanten Ertragsunterschiede festgestellt werden. Weiterhin wurde auf die bisher durchweg positiven Ergebnisse – speziell im Hinblick auf Chlortoluron-empfindliche Weizensorten - in diesem Beitrag hingewiesen. Dieses Versuchsprogramm wird zukünftig weiter fortgeführt und die Ergebnisse werden ggf. an anderer Stelle veröffentlicht.

Seit der Zulassung von Trinity steht deutschen Landwirten eine innovative anwenderfreundliche Fertigformulierung zur Verfügung, die aufgrund ihres ausgewogenen Wirkstoffverhältnisses ein sehr breites Wirkungsspektrum und eine sehr gute Kulturverträglichkeit besitzt. Zudem resultieren aus den genau aufeinander abgestimmten Wirkstoffgehalten günstige Auflagen, so dass z. B. im Gegensatz zu den bisherigen Chlortoluron-haltigen Produkten mit Trinity auch ein Einsatz auf drainierten Flächen möglich ist.

Hinweis: \* die aufgeführten Handelsnamen sind registrierte Warenzeichen der Hersteller.

#### Literatur

AGRICULTURE & ENVIRONMENT RESEARCH UNIT (AERU), 2011: UNIVERSITY OF HERTFORDSHIRE:  
[HTTP://SITEM.HERTS.AC.UK/AERU/FOOTPRINT/EN/REPORTS/151.HTM](http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/reports/151.htm), 2011.

BUNDESAMT FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT (BVL), 2011: PFLANZENSCHUTZMITTEL-VERZEICHNIS TEIL 1, 2000-2011.

BUNDESAMT FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT (BVL), 2011: [HTTPS://PORTAL.BVL.BUND.DE/PSM/JSP/](https://portal.bvl.bund.de/psm/jsp/), 2011.

BUNDESAMT FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT (BVL), 2011:  
[HTTP://WWW.BVL.BUND.DE/SHAREDDOCS/DOWNLOADS/04\\_PFLANZENSCHUTZMITTEL/01\\_ZULASSUNGSBERICHTE/006797\\_00\\_00.PDF?\\_\\_BLOB=PUBLICATIONFILE&v=2](http://www.bvl.bund.de/shareddocs/downloads/04_pflanzenschutzmittel/01_zulassungsberichte/006797_00_00.pdf?__blob=publicationfile&v=2), 2011.

BUNDESAMT FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT (BVL): [HTTPS://PORTAL.BVL.BUND.DE/PSM/JSP/](https://portal.bvl.bund.de/psm/jsp/), 2011.

EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION, 2006: EPPO-RICHTLINIE PP1/135 (3), PHYTOTOXICITY ASSESSMENT, 2006.

FEINCHEMIE SCHWEBDA GMBH, 2010: FIRMENEIGENE VERSUCHE, DEUTSCHLAND, 2005-2010.

HERBICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE (HRAC), 2011: [HTTP://WWW.WEEDSCIENCE.ORG/SUMMARY/MOASUMMARY.ASP](http://www.weedscience.org/summary/moasummary.asp), 2011.

KLEFFMANN GROUP, 2011: AGRARMARKTFORSCHUNGSSTUDIEN, 2005-2011.

LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN, 2011: EMPFEHLUNGEN 2011. PFLANZENBAU UND PFLANZENSCHUTZ, 187.

LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN, 2011: UNKRAUTBEKÄMPFUNG IM GETREIDE. RATGEBER PFLANZENBAU UND PFLANZENSCHUTZ, 184.

LÜTKE ENTRUP, N. UND J. OEHMICHEN, 2000: LEHRBUCH DES PFLANZENBAUES, BAND 2: KULTURPFLANZEN, 231-234.

THE PESTICIDE MANUAL, 1997: CHLORTOLURON, 229-231; DIFLUFENICAN, 397-399; PENDIMETHALIN, 937-939; ELEVENTH EDITION.