

## **ADDITION® - Das breit wirksame Herbizid für ein sinnvolles Resistenzmanagement**

*ADDITION® – The broad efficient herbicide for a reasonable resistance management*

Ewald Schenke

Feinchemie Schwebda GmbH, Edmund-Rumpler-Straße 6, D-51149 Köln

Ewald.Schenke@fcs-feinchemie.com

DOI: 10.5073/jka.2012.434.072

### **Zusammenfassung**

Der Einsatz von Getreideherbiziden schon im Herbst ist auf vielen Standorten eine pflanzenbaulich sinnvolle Maßnahme. ADDITION® mit den bekannten Wirkstoffen Diflufenican (40 g/l) und Pendimethalin (400 g/l) ist eine neu zugelassene Kombination zur Unkrautbekämpfung in Winterweichweizen, Wintergerste, Winterroggen und Wintertriticale. Die Anwendung von 2,5 l/ha erfolgt praxisorientiert im frühen Nachauflauf und bietet bisher nicht genutzte Vorteile: Die uneingeschränkte Verträglichkeit unter stark schwankenden Einsatzbedingungen gilt für alle genannten Getreidearten und -sorten. Das breite Wirkungsspektrum gegen zweikeimblättrige Unkräuter deckt in hohem Maße den Bedarf. Die Besonderheit von ADDITION® liegt in einem sich ergänzenden und überlappenden Wirkungsspektrum. Innerhalb dieses überlappenden Wirkungsspektrums wirken Diflufenican und Pendimethalin auf dieselben Unkrautarten mit unterschiedlichen Wirkungsmechanismen an unterschiedlichen Wirkorten. Die HRAC-Einstufung ordnet Diflufenican in die Gruppe F1 und Pendimethalin in die Gruppe K1 ein. Diese unterschiedlichen Wirkungsmechanismen bilden die Grundlage eines artenspezifischen Resistenzmanagements für die von beiden Wirkstoffen erfassten Zielpflanzen. Damit ist ADDITION® aus der Sicht des zunehmend diskutierten Themas Unkrautresistenz ein starker Baustein beim Aufbau langfristig erfolgreicher Abwehrstrategien. Günstige Anwendungsaufgaben ermöglichen eine breite Anwendung von ADDITION®.

**Stichwörter:** Diflufenican, Getreide, Pendimethalin, Resistenzmanagement, Unkrautbekämpfung

### **Summary**

Early autumn herbicide application in winter cereals is in many areas a reasonable agronomic procedure. ADDITION® with the well-known active ingredients diflufenican (40 g/l) and pendimethalin (400 g/l) is a new combination for weed control in winter wheat, barley, rye and triticale. Early post emergence application of 2.5 l/ha includes these advantages: unrestricted selectivity to various application conditions for all kinds and varieties of winter cereals and wide efficacy spectrum to broad-leaved weeds. The specific feature of ADDITION® is a complementary and overlapping efficacy spectrum. Within the overlapping spectrum diflufenican and pendimethalin affect the same weed varieties with different modes and on different sites of action. HRAC rates diflufenican to group F1 and pendimethalin to group K1. These different modes of action are the basis for variety specific resistance management. According to increasing discussions of weed resistance, ADDITION® is a strong partner to set up a successful long term resistance management. Favorable restrictions are allowing a wide application range of ADDITION®.

**Keywords:** Cereals, diflufenican, pendimethalin, resistance management, weed control

### **1. Einleitung**

In den Ackerbauregionen Europas ist die Anwendung von Getreideherbiziden eine unverzichtbare Pflegemaßnahme zur Sicherung von Qualität und Quantität des Ertrages. Dazu steht eine bis heute kontinuierlich gestiegene Zahl von Wirkstoffen und Produkten zur Verfügung. Diese Vielfalt erfährt seit einigen Jahren wiederum unerwartete Einschränkungen durch neu auftretende Unkrautresistenzen. Der Auf- und Ausbau von Resistenzstrategien ist aktuell ein wichtiges Werkzeug, Wirkstoffvielfalt und damit die Wirksamkeit des einzelnen Wirkstoffes zu erhalten und zu sichern. Vor diesem Hintergrund bietet die Neukombination altbekannter Wirkstoffe die Möglichkeit, Resistenzstrategien effektiv zu unterstützen. Mit der Zulassung von ADDITION® (Zul.-Nr: 006840-00) steht der Praxis eine solche neue Kombination bewährter Wirkstoffe zur Verfügung.

## 2. Material und Methoden

Als Material für diese Arbeit dienen Versuchsergebnisse der Feinchemie Schwebda GmbH. Diese Ergebnisse wurden in Wintergetreide im Rahmen der Zulassung erarbeitet, für ADDITION® in den Jahren 2007 und 2008 anhand von 54 Versuchen und für ACTIVUS® in den Jahren 2001 bis 2004 anhand von 52 Versuchen. Solo-Diflufenican Produkte sind in Deutschland derzeit nicht zugelassen. Als Datenquelle wurden hierzu das Biologische Assessment Dossier (2010) zu HURRICANE® und Ergebnisse einer späteren Versuchsserie (vier Versuche 2011) von Makhteshim Agan (U.K.) Ltd. verwendet und teilweise ergänzt durch Daten des von Makhteshim Agan France für LEGACY® erstellten Biologischen Assessment Dossiers (2011).

## 3. Ergebnisse

### 3.1 Mehrjährige Versuchsergebnisse zur Kulturverträglichkeit

Alle im Rahmen der Zulassungsversuche in unkrautfreien Beständen durchgeführten Versuche attestieren ADDITION® bei sachgerechter Anwendung eine sehr gute Kulturverträglichkeit in Wintergetreidearten. Die Qualität und Quantität der gemessenen Erträge und Qualitätsparameter wurde nicht beeinträchtigt.

**Tab. 1** Erträge der Selektivitätsversuche – Mittelwert/Jahr für 2,5 und 5,0 l/ha ADDITION® und Vergleichsmittel, Deutschland 2006 und 2007.

**Tab. 1** Yield Quantity [dt/ha] of phytotoxicity trials – means per year. Effects of 2.5 and 5.0 l/ha ADDITION® and Standard product. Germany 2006 and 2007.

| Jahr | Ertrag  | U a) | T [l/ha] b) |      | V [l, kg/ha] c) |    | n d) |
|------|---------|------|-------------|------|-----------------|----|------|
|      |         |      | 2,5         | 5,0  | 0,5             |    |      |
| 2006 | [dt/ha] | 68,7 | 69,7        | 69,4 | 70,0            | 12 |      |
|      | [%]     |      | 101         | 101  | 102             |    |      |
| 2007 | [dt/ha] | 65,5 | 68,6        | 68,5 | 69,2            | 8  |      |
|      | [%]     |      | 105         | 105  | 106             |    |      |
| Ø e) | [dt/ha] | 67,4 | 69,3        | 69,1 | 69,7            | 20 |      |
|      | [%]     |      | 103         | 102  | 103             |    |      |

a) U = Unbehandelt. b) T = Test-Produkt. c) V = Vergleichsmittel. d) n = Anzahl der Versuche. e) Ø = Mittelwert.

**Tab. 2** Tausendkorngewicht (g) der Selektivitätsversuche – Mittelwert / Jahr für 2,5 und 5 l/ha ADDITION® und Vergleichsmittel, Deutschland 2006 und 2007.

**Tab. 2** Thousand grain weight [g] – means per year. Phytotoxicity trials. Effects of 2.5 and 5.0 l/ha ADDITION® and Standard product. Germany 2006 and 2007.

| Year | TKG e) | U a) | T [l/ha] b) |      | V [kg/ha] c) |    | n d) |
|------|--------|------|-------------|------|--------------|----|------|
|      |        |      | 2,5         | 5,0  | 0,5          |    |      |
| 2006 | [g]    | 42,4 | 42,2        | 42,8 | 42,5         | 12 |      |
|      | [%]    |      | 100         | 101  | 101          |    |      |
| 2007 | [g]    | 43,1 | 43,7        | 44,5 | 44,9         | 8  |      |
|      | [%]    |      | 101         | 103  | 104          |    |      |
| Ø f) | [g]    | 42,7 | 42,8        | 43,5 | 43,4         | 20 |      |
|      | [%]    |      | 100         | 102  | 102          |    |      |

a) U = Unbehandelt. b) T = Test-Produkt. c) V = Vergleichsmittel. d) n = Anzahl der Versuche: e) TKG = 1000-Korn-Gewicht (g). f) Ø = Mittelwert.

### 3.2 Mehrjährige Versuche zur herbiziden Wirksamkeit

#### 3.2.1 ADDITION® - Wirkungsspektrum und Wirkungsgrad

Die im Rahmen der Zulassung durchgeführten Wirksamkeitsprüfungen zeigen das Wirkungsspektrum von ADDITION® und den durchschnittlichen Wirkungsgrad für die bekämpfbaren Unkrautarten wie z.B. Acker-Stiefmütterchen, Ehrenpreis, Hirtentäschel, Kamille, Klettenlabkraut, Taubnessel, Vogelmiere etc..

**Tab. 3** ADDITION®, Wirkungsspektrum und Wirkungsgrad.

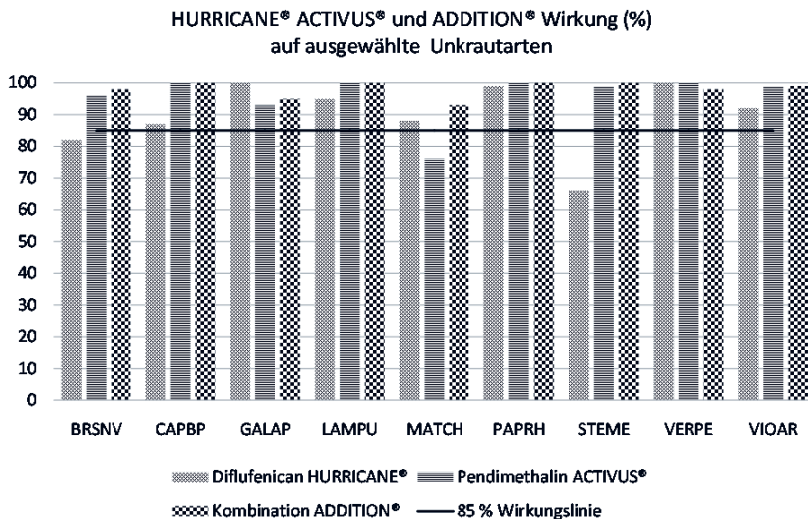
**Tab. 3** ADDITION®, weed spectrum and efficacy level.

| Deutscher Pflanzename        | EPPO CODE | Ø Wirkungsgrad | n  |
|------------------------------|-----------|----------------|----|
| Ausfallraps                  | BRSNN     | 98             | 6  |
| Hirtentäschel                | CAPBP     | 100            | 4  |
| Gemeine Besenrauke           | DESSO     | 100            | 1  |
| Klettenlabkraut              | GALAP     | 95             | 14 |
| Stengelumfassende Taubnessel | LAMAM     | 99             | 1  |
| Rote Taubnessel              | LAMPU     | 100            | 8  |
| Echte Kamille                | MATCH     | 93             | 13 |
| Duftlose Kamille             | MATIN     | 88             | 1  |
| Klatschmohn                  | PAPRH     | 100            | 4  |
| Gemeines Kreuzkraut          | SENUV     | 100            | 1  |
| Acker-Gänsedistel            | SONAR     | 100            | 1  |
| Kohl-Gänsedistel             | SONOL     | 100            | 1  |
| Vogelmiere                   | STEME     | 100            | 10 |
| Acker-Hellerkraut            | THLAR     | 100            | 1  |
| Efeublättriger Ehrenpreis    | VERHE     | 100            | 4  |
| Persischer Ehrenpreis        | VERPE     | 100            | 5  |
| Acker-Stiefmütterchen        | VIOAR     | 99             | 12 |

### 3.2.2 Wirkungsvergleich

Für einen Wirkungsvergleich mit den in Tabelle 4 angegebenen Aufwandmengen wurden aus den vorliegenden Versuchsergebnissen alle Unkrautarten ausgewählt, für die gemeinsame und für ADDITION® mindestens drei Ergebnisse vorliegen.

Der Wirkungsvergleich zeigt klar eine Überlappung der Wirkungsspektren von Diflufenican und Pendimethalin. Die gefundenen Wirkungsgrade von HURRICANE®, ACTIVUS® und ADDITION® sind in Abbildung 1 wiedergegeben:



**Abb. 1** HURRICANE®, ACTIVUS® und ADDITION®, Wirkung (%) auf ausgewählte Unkrautarten.

**Fig. 1** HURRICANE®, ACTIVUS® and ADDITION®, efficacy level (%) on selected weeds.

Die Tabelle 4 gibt einen Überblick über die Zahl der Versuche, aus denen die jeweiligen Wirkungsgrade als Durchschnittswerte errechnet wurden. Für ADDITION® liegen dazu für jeden Wert

mindestens drei Ergebnisse vor.

**Tab. 4** Zahl der Versuche zur Berechnung der Wirkungsgrade.

**Tab. 4** *Number of trails for efficacy level calculation.*

|       | <b>Diflufenican<br/>HURRICANE®</b> | <b>Pendimethalin<br/>ACTIVUS®</b> | <b>Kombination<br/>ADDITION®</b> |
|-------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| BRSNV | 2                                  | 2                                 | 6                                |
| CAPBP | 2                                  | 1                                 | 4                                |
| GALAP | 2                                  | 22                                | 14                               |
| LAMPU | 2                                  | 1                                 | 8                                |
| MATCH | 3                                  | 13                                | 13                               |
| PAPRH | 4                                  | 1                                 | 4                                |
| STEME | 4                                  | 19                                | 10                               |
| VERPE | 1                                  | 2                                 | 5                                |
| VIOAR | 4                                  | 13                                | 12                               |

Die gefundenen Wirkungsgrade erlauben eine Einteilung der Unkrautarten in zwei Bereiche:

1. Beide Einzelwirkstoffe erreichen unabhängig voneinander > 85 % Wirkung
2. Dies gilt für: CAPBP, GALAP, LAMPU, PAPRH, VERPE und VIOAR.
3. Die Wirkung nur eines Wirkstoffes erreicht > 85 % Wirkung,
4. der 2. Wirkstoff zeigt eine Teilwirkung:
5. Dies gilt für: BRSNN, MATCH und STEME.

Als Ergebnis bleibt aus dem vorliegenden Datenmaterial festzuhalten: Die Unkrautarten BRSNN, MATCH und STEME werden nur von einem Wirkstoff oder der Kombination sicher erfasst. Im Gegensatz dazu besteht gegenüber CAPBP, GALAP, LAMPU, PAPRH, VERPE und VIOAR eine hohe Wirksamkeit für beide Wirkstoffe unabhängig voneinander.

### 3.3 Wirkstoffmengen

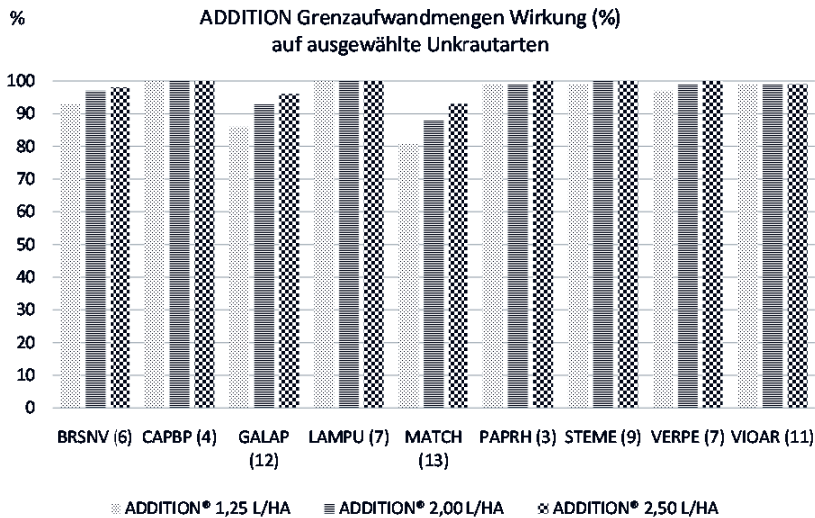
Die angewendeten Wirkstoffmengen in den zugelassenen Feldaufwandmengen ausgehend von den Soloprodukten im Kombinationsprodukt ADDITION® liegen im Bereich gebräuchlicher Aufwandmengen.

**Tab. 4** Vergleich der Wirkstoffmengen zugelassener Feldaufwandmengen.

**Tab. 4** *Comparison of active ingredients amount on approved field rates.*

| <b>Produkt</b> | <b>Zugelassene Aufwandmenge</b> |                              |                               |
|----------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
|                | <b>l/kg/ha</b>                  | <b>Diflufenican<br/>g/ha</b> | <b>Pendimethalin<br/>g/ha</b> |
| HURRICANE®     | 0,20                            | 100                          | -                             |
| ACTIVUS®       | 4,00                            | -                            | 1600                          |
| ADDITION®      | 2,50                            | 100                          | 1000                          |

Die ADDITION® Wirkstoffmengen wurden anhand von Grenzaufwandsversuchen geprüft. Die Wirksamkeitsergebnisse für die ausgewählten Unkrautarten sind in der Abbildung 2 dargestellt:



**Abb. 2** ADDITION®, Grenzaufwandmengen Wirkung (%) auf ausgewählte Unkrautarten.

**Fig. 2** ADDITION®, efficacy level (%) of reduced field rates on selected weeds.

Die geprüften Unkrautarten reagieren unterschiedlich auf Grenzaufwandmengen und lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Unkrautarten mit klar erkennbarer Wirkungs dosisbeziehung:  
BRSNN, GALAP, MATCH und VERPE.
2. Unkrautarten mit schwacher oder nicht erkennbarer Wirkungs dosisbeziehung:  
CAPBP, LAMPU, PAPRH, STEME und VIOAR.

### 3.4 Wirkstoffklassifikation nach HRAC

Ein entscheidender Vorteil der Wirkstoffkombination liegt in den völlig verschiedenen Wirkungsmechanismen der beiden Einzelwirkstoffe. Das zeigt die Einstufung des Herbicide Resistance Action Committees (HRAC):

**Tab. 5** Zuordnung von Herbiziden nach Wirkungsort.

**Tab. 5** Classification of herbicides according to site of action.

| HRAC Gruppe | Wirkungsmechanismus  | Chemische Familie   | Wirkstoff     | WSSA Gruppe |
|-------------|--|---------------------|---------------|-------------|
| F1          | Bleaching: Inhibition of carotenoid biosynthesis at the phytoene desaturase step (PDS) | Pyridinecarboxamide | Diflufenican  |             |
| K1          | Microtubule assembly inhibition  | Dinitroaniline      | Pendimethalin | 3           |

Diflufenican ist der Gruppe F1 zugeordnet. Diese Herbizide greifen in Lichtprozesse ein und hemmen die Pigmentsynthese. Die Wirkung auf die betroffenen Zielpflanzen ist durch das ausgelöste „Bleaching“ erkennbar. Pendimethalin ist der Gruppe K1 zugeordnet. Diese Herbizide behindern den Zellbildungsprozess; sie unterdrücken den Aufbau der Microtubuli und damit die Zellbildung. Diese Mechanismen werden nach HRAC als gering bzw. gering bis mittel resistenzgefährdet eingestuft.

### 3.5 Resistenzsituation

**Tab. 6** Status der von HRAC für Europa angegebenen Resistenzen gegenüber einjährigen zweikeimblättrigen Unkräutern.

**Tab. 6** Status of HRAC listed resistances on annual broad-leaved weeds in Europe.

| EPPO Code | Land        | Jahr | n         | Wirkungsmechanismus               |
|-----------|-------------|------|-----------|-----------------------------------|
| STEME     | Deutschland | 1978 | unbekannt | Photosynthese-II-Inhibitor        |
| CAPBP     | Polen       | 1984 | 501-1000  | Photosynthese-II-Inhibitor (C1/5) |
| STEME     | Dänemark    | 1991 | 51-100    | ALS-Inhibitor (B/2)               |
| PAPRH     | Dänemark    | 2003 | 6-10      | ALS-Inhibitor (B/2)               |
| MATCH     | Deutschland | 2008 | 11-50     | ALS-Inhibitor (B/2)               |

Quelle: HEAP (2011)

## 4. Diskussion

Die erfolgreiche Anwendung von Herbiziden erfordert mehrere, positive Eigenschaften. Eine gute Kulturverträglichkeit ist unverzichtbar. ADDITION® ist bei sachgerechter Anwendung in den mehrjährig geprüften Wintergetreidearten Weichweizen, Gerste, Roggen und Triticale sehr gut kulturverträglich.

Ein Vergleich der Wirkungsspektren von Diflufenican und Pendimethalin im Bereich der einjährigen zweikeimblättrigen Unkräuter zeigt im Wesentlichen zwei Ergebnisse. Erstens überlappen sich die Wirkungsspektren (vgl. Abb. 1: CAPBP, GALAP, LAMPU, PAPRH, VERPE und VIOAR) und zweitens ergänzen sie sich (vgl. Abb. 1: BRSNN, MATCH und STEME). Das Wirkungsspektrum der Kombination beider Wirkstoffe, wie in Tabelle 3 aufgeführt, ist aufgrund der Ergänzung deutlich breiter als das der einzelnen Wirkstoffe. ADDITION® ist z.Zt. als einziges Produkt mit dieser Wirkstoffkombination zugelassen.

Ein weiterer Vorteil dieser Kombination besteht in voneinander unabhängigen Wirkungsmechanismen. Dadurch wird das Risiko neuer Resistenzen für alle Unkrautarten deutlich gesenkt, auf die beide Wirkstoffe gleichermaßen erfolgreich wirken. Von den geprüften Unkrautarten sind hier CAPBP, GALAP, LAMPU, PAPRH, VERPE und VIOAR betroffen. Für diese Unkrautarten besteht damit eine deutlich größere Sicherheit, sie gezielt auszuschalten und so hohe Wirkungsgrade abzusichern. Damit ist eine erfolgreiche Abwehr der von HRAC genannten Resistenzen zumindest für CAPBP und PAPRH möglich.

Die Resistenzabwehr basiert auch auf ausreichend hohen Wirkstoffmengen. Die Prüfung dieser Wirkstoffmengen weist zunächst eine für alle angegebenen Unkrautarten sichere Wirkung aus. Die Reduzierung dieser Aufwandmenge zeigt für die Unkrautarten BRSNN, GALAP, MATCH und VERPE (Abb. 2) klar eine Wirkungsdosisbeziehung. Diese lässt eine weitere Reduzierung der Aufwandmenge ohne Wirkungsgradverlust nicht zu. Um eine sichere Wirkung gegen Unkrautarten mit Wirkungsdosisbeziehung zu erzielen, sollte deshalb die volle Aufwandmenge eingesetzt werden.

Für CAPBP, LAMPU, PAPRH, STEME und VIOAR ist innerhalb der geprüften Aufwandmengenreduzierung kaum bzw. keine Wirkungsdosisbeziehung erkennbar. Unter der Bedingung, dass nur diese Unkrautarten Zielorganismus sind, ist eine Reduzierung der Aufwandmenge grundsätzlich möglich.

Aus der Sicht der Resistenzabwehr ist eine Aufwandmengenreduzierung ein unnötiges Risiko, wenn nicht alle auftretenden Unkrautarten mit der reduzierten Aufwandmenge sicher bekämpft werden.

Eine Bestandsaufnahme der Landwirtschaftskammer Niedersachsen zeigt, dass Resistenzen für Ungräser in dieser Region Europas inzwischen verbreitet sind (WOLBER, 2011). Die Verbreitung von Resistenzen einjähriger zweikeimblättriger Unkräuter ist nach heutigem Stand innerhalb Europas vergleichsweise gering, wie aus der Tabelle 6 hervorgeht. Das Resistenzproblem gewinnt jedoch mit steigender Zahl betroffener Arten an Bedeutung und erfordert zunehmend ein Resistenzmanagement. Dieses Management benötigt pflanzenbauliche Grundsätze aber auch in der Wirkung zuverlässige und belastbare Herbizide. Die vorgestellte Wirkstoffkombination lässt sich hier sehr gut

einbinden: ADDITION® verfügt über ein breites Wirkungsspektrum im Bereich der einjährigen zweikeimblättrigen Unkräuter. Alle bisher durch HRAC dokumentierten Resistenzen einjähriger zweikeimblättriger Unkräuter in Europa betreffen andere Wirkstoffklassen als die von Diflufenican und Pendimethalin. Damit ist eine erfolgreiche Kontrolle auch dieser Unkrautarten mit ADDITION® sicher möglich. Darüber hinaus bietet ADDITION® aufgrund der Wirkstoffkombination eine zusätzliche Resistenzabwehr für die Unkrautarten CAPBP, GALAP, LAMPU, PAPRH, VERPE und VIOAR.

## Literatur

- BUNDESAMT FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT (BVL), 2011: ADDITION® ZULASSUNGSDETAILS WEBSITE, 12. OKTOBER 2011, [HTTPS://PORTAL.BVL.BUND.DE/PSM/JSP/](https://portal.bvl.bund.de/psm/jsp/).
- HEAP, I., 2011: INTERNATIONAL SURVEY OF HERBICIDE RESISTANT WEEDS. WEBSITE, 12. OKTOBER 2011, [HTTP://WWW.WEEDSCIENCE.ORG](http://www.weedscience.org).
- MAKHTESHIM AGAN U.K. (UK) LTD., 2010: HURRICANE LABEL, WEBSITE 12. OKTOBER 201, [HTTP://WWW.MAUK.CO.UK/DOCS.ASP?SEC=39&CON=39&LABELINTRO=FALSE](http://www.mauk.co.uk/docs.asp?sec=39&con=39&labelintro=false).
- HERBICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE (HRAC), 2011: CLASSIFICATION OF HERBICIDES ACCORDING TO MODE OF ACTION. WEBSITE, 12. OKTOBER 2011. [HTTP://WWW.HRACGLOBAL.COM/PUBLICATIONS/CLASSIFICATIONOFHERBICIDESITEOFACTION/TABID/222/DEFAULT.ASPX](http://www.hracglobal.com/publications/classificationofherbicidesiteofaction/tabid/222/default.aspx).
- WOLBER, D. M., 2011: HERBIZIDRESISTENZ UND HERBIZIDEMPFEHLUNGEN. GETREIDE MAGAZIN **16**, 16-26.
- HINWEIS: ® DIE AUFGEFÜHRTEN HANDELSNAMEN SIND REGISTRIERTE WARENZEICHEN DER HERSTELLER