

Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Mainz

## Untersuchung der Belagsbildung an morphologisch unterschiedlichen Salatsorten im Hinblick auf die Bewertung von Pflanzenschutzmittelrückständen

Effects of morphological differences of varieties of lettuce on spray deposits with respect to the evaluation of pesticide residues

Von Heribert Koch, Peter Weißer, Lutz Gündel und Reinhard Schietinger

### Zusammenfassung

Pflanzenschutzmittelrückstände werden im Rahmen der Zulassungsprüfung untersucht und üblicherweise auf das Frischgewicht des Erntegutes bezogen. Demgegenüber erfolgt die Pflanzenschutzmitteldosierung auf die Behandlungsfläche bezogen. Beim Vergleich der Initialbeläge an *Lactuca sativa* var. *capitata* (Kopfsalat) und *Lactuca sativa* var. *crispa* (Lollo Rosso) zeigten sich deutliche Unterschiede bezüglich der Relation zwischen Frischgewicht und Projektionsfläche. Das Frischgewicht einzelner Pflanzen von *L.s.* var. *crispa* war ca. 40% niedriger im Vergleich zu *L.s.* var. *capitata*, während die Projektionsfläche annähernd gleich war. Diese Unterschiede führen generell zu rechnerisch höheren Rückstandswerten bei *L.s.* var. *crispa*. Die Ergebnisse zeigen eine enge Korrelation zwischen der Aufwandmenge/ha und dem Initialbelag bezogen auf die Projektionsfläche. *L.s.* var. *crispa* kann im Sinne einer „worst-case-Betrachtung“ stellvertretend für Salat in Rückstandsversuchen verwendet werden. Da Salat eine Lückenindikation ist, kann dies zur Reduzierung von Kosten bei den für eine Zulassungserweiterung erforderlichen Rückstandsuntersuchungen beitragen.

**Stichwörter:** Spritzbelag, Rückstände, Salat, Dosis, Applikation, Behandlungsfläche

### Abstract

The magnitude of pesticide deposits on crops is for registration purposes estimated as residue and related to the fresh weight. Thus, pesticide application is based on an area related dosing procedure. Lettuce varieties *Lactuca sativa* var. *capitata* and *Lactuca sativa* var. *crispa* were investigated in order to measure spray deposit, fresh weight and ground area covered by individual plants. Results show a clear correlation between applied dose per unit area sprayed and unit area covered by the crop. Fresh weight of individual plants of *Lactuca sativa* var. *crispa* was found to be about 40% lower and covered ground area was similar in comparison to *Lactuca sativa* var. *capitata*. This different relation results in generally higher calculated residues for *L.s.* var. *crispa*. This variety consequently can be used as a worst case consideration and as representative for lettuce in residue trials relevant for registration. Since lettuce is a minor crop alienation of residue results to comparable crops is essential in order to reduce costs of registration.

**Key words:** Spray deposit, residue, lettuce, dose, application, area sprayed

### Einleitung

Salat (*Lactuca* ssp. und *Cichorium* ssp.) ist ein Gemüse, das unmittelbar nach der Ernte ohne wesentliche Verarbeitung verzehrt wird. Lediglich wenige, die Vermarktung störende, äußere Blätter werden entfernt und der Kopf vor der Küchenzubereitung gewaschen.

Alle Salatformen müssen mehr oder weniger mit Pflanzenschutzmitteln gegen Pilze oder Schädlingsbefall behandelt werden. In den Gebrauchsanleitungen und bei der Zulassung wird meist nur Kopfsalat genannt, der als wichtigster Salat in der Regel zur Erarbeitung der Zulassungsdaten verwendet wird. Im Hinblick auf die Gebotsindikationen ist zweifelhaft, ob eine Erweiterung des Anwendungsgebietes auf andere Formen der Gattungen *Lactuca* und *Cichorium* möglich ist. Auch ist die Frage offen, ob zu Kopfsalat mit eher geschlossener Wuchsform ausgewiesene Mittel sich an anderen Salaten, wie Lollo Rosso mit stark gekräuselten Blättern, bezüglich der Rückstände gleich verhalten.

LUNDEHN et al. (1990) hatten bereits Untersuchungen zur Vergleichbarkeit von Rückstandsdaten durchgeführt mit dem Ziel einer statistischen Analyse der Rückstandswerte verschiedener Wirkstoffe an mehreren Kulturen. Ein applikationstechnischer Zusammenhang war nicht hergestellt worden.

Welche Belagsmassen entstehen und welche Faktoren (z. B. Wasseraufwandmenge) die Belagsbildung verbessern können, ist nur im Ansatz untersucht (SIEBERS et al., 1984).

Aus Rückstandsuntersuchungen ist bekannt, daß der krausköpfige Lollo Rosso (*Lactuca sativa* var. *crispa*) gegenüber dem Kopfsalat (*Lactuca sativa* var. *capitata*) stets höhere Rückstandswerte aufweist (Tab. 1).

Sollte eine begründete Erklärung nachgewiesen werden können, wäre Lollo stellvertretend für Salat in Rückstandsversuchen verwendbar. Im Zulassungsverfahren ist es üblich, Rückstandsbewertungen auf vergleichbare Pflanzenarten/-sorten, zu übertragen, wenn es möglich ist Kosten einzusparen, ohne Einbußen der Bewertungssicherheit hinnehmen zu müssen.

### Rückstandsuntersuchungen an Kopfsalat und Lollo Rosso (1994 und 1995)

Abbaureihen und Ernteproduktuntersuchungen mit verschiedenen Präparaten und für den Salatanbau relevanten fungiziden und insektiziden Wirkstoffen aus den Anbaujahren 1994 und 1995 waren Anlaß für applikationstechnische Untersuchungen zur Belagsbildung. 1994 schoßte Lollo infolge extrem heißer Witterung vorzeitig. Dennoch liegen die Rückstandswerte bei Lollo im Vergleich zu Kopfsalat an den meisten vergleichbaren Terminen höher (Tab. 1)

1995 wurden nur Ernteproduktuntersuchungen durchgeführt. Sie ergaben bei Lollo einheitlich höhere Werte als bei Kopfsalat (Tab. 1) und bestätigen die aus den 1994er-Ergebnissen vermuteten Unterschiede zwischen Lollo und Kopfsalat. Die in beiden Versuchsjahren gefundenen Rückstände sind zwar unterschiedlich bei den un-

**Tab. 1. Rückstandswerte an Salat, 1994 und 1995 (Kopfsalat und Lollo Rosso). Freilandversuche: Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz. Analytik: LUFA Speyer**

| Wirkstoff        | AS kg/ha | Jahr | Wartezeit in Tagen | Kopfsalat mg/kg | Lollo mg/kg | zugelassene Höchstmenge in mg/kg |
|------------------|----------|------|--------------------|-----------------|-------------|----------------------------------|
| Metalaxyl        | 0,239    | 1994 | 0                  | 8,97            | 6,64        | 0,1                              |
|                  |          |      | 10                 | 0,036           | 0,133       | 0,1                              |
|                  |          |      | 28                 | 0,027           | 0,01        | 0,1                              |
|                  | 0,24     | 1995 | 21                 | 0,013           | 0,014       | 0,1                              |
| Oxydemetonmethyl | 0,158    | 1994 | 0                  | 4,74            | 3,85        | 0,5                              |
|                  |          |      | 10                 | 0,746           | 0,898       | 0,5                              |
|                  |          |      | 14                 | 0,025           | 0,248       | 0,5                              |
|                  | 0,176    | 1995 | 14                 | 0,086           | 0,133       | 0,5                              |
| Iprodion         | 1,58     | 1994 | 0                  | 54,5            | 56,9        | 10                               |
|                  |          |      | 10                 | 7,27            | 11,14       | 10                               |
|                  |          |      | 14                 | 0,272           | 2,76        | 10                               |
|                  | 1,76     | 1995 | 14                 | 0,498           | 1,30        | 10                               |
| Pirimicarb       | 0,154    | 1994 | 0                  | 1,61            | 1,95        | 1                                |
|                  |          |      | 3                  | 0,20            | 0,283       | 1                                |
|                  |          |      | 7                  | 0,019           | 0,011       | 1                                |
|                  | 0,150    | 1995 | 7                  | 0,240           | 0,394       | 1                                |
| Deltamethrin     | 0,013    | 1994 | 0                  | 0,280           | 0,380       | 0,5                              |
|                  |          |      | 2                  | 0,130           | 0,250       | 0,5                              |
|                  |          |      | 5                  | 0,075           | 0,110       | 0,5                              |
|                  | 0,013    | 1995 | 5                  | 0,069           | 0,272       | 0,5                              |

tersuchten Salatformen, liegen jedoch immer weit unter den in der Höchstmengenverordnung festgesetzten Werte.

Die Probenahmetermine wurden entsprechend der mit der Zulassung ausgewiesenen Wartezeit gewählt. Bei Metalaxyl wurden 21 Tage angenommen. Grundsätzlich erfolgte die Versuchsdurchführung unter Einhaltung der Grundsätze der Guten Laborpraxis (GLP), so daß die ausgebrachten Wirkstoffaufwandmengen mit der angegebenen Genauigkeit belegt sind.

### Material und Methoden (Initialbelagsbildung)

Auf dem Versuchsfeld der Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz wurden zwei Parzellen mit den beiden genannten Varietäten als Spätsätze am 15. August 1995 bepflanzt.

Die Beete waren 20 m lang und 2 m breit. Die Pflanzen standen in 25 cm Reihenabstand (30 cm in der Reihe), so daß je Parzelle 530 Pflanzen standen. Die Applikation wurde mit einem tragbaren Parzellenspritzgestänge durchgeführt, mit einer Wasseraufwandmenge von 600 l/ha. Nach der Ausbringung erfolgte die genaue Bestimmung durch Rückklitern.

Appliziert wurde Natrium-Fluorescein als fluoreszierender Tracer an drei Behandlungsterminen in variierten Aufwandmengen. Um die Projektionsfläche jeder einzelnen Pflanze ermitteln zu können, war es erforderlich, nach dem Antrocknen der Spritzflüssigkeit jeweils 20 Köpfe mit weißem Papier von beiden Seiten zu unterlegen. Damit konnte durch Fotografie von oben ein Bild jeder Pflanze mit ausreichendem Kontrast der Salatpflanze zum Hintergrund erzeugt werden (Abb. 1).

Die Fotos dienten zur späteren Messung der Projektionsfläche der Pflanzen, in dem jedes Bild in einen PC eingescannt und über eine Software ausgewertet wurde.

Erst nach dem Fotografieren konnten die Pflanzen geerntet werden, um die Frischmasse zu bestimmen und die angelagerte Stoffmenge abzuwaschen. Am 3. Termin trocknete der Salat witterungsbedingt nicht ganz ab. Im Fluorometer Perkin Elmer LS 3 wurde die

Farbstoff-Konzentration in der Abwaschflüssigkeit bestimmt (Excitation 484 nm, Emission 512 nm).

Aus diesen Werten ließ sich dann die Belagsmasse je Pflanze, die Belagsmasse je g Frischmasse sowie die Belagsmenge je cm<sup>2</sup> Projektionsfläche errechnen.

### Ergebnisse

Abbildung 2 zeigt die Entwicklung der Projektionsflächen beider Salatsorten, aufgetragen über der Zeit in Tagen nach der Pflanzung. Im Untersuchungszeitraum wurde der anfängliche Unterschied zwischen der mittleren Projektionsfläche geringer. Kopfsalat und Lollo erreichten zum letzten Applikationstermin durchschnittlich etwa 530 cm<sup>2</sup> je Pflanze.

Demgegenüber unterscheiden sich die Frischmassen deutlich (Abb. 3). Lollo hat ein erheblich geringeres Frischgewicht als Kopfsalat und erreicht in diesem Versuch nur 110 g gegenüber 150 g bei Kopfsalat zum letzten Behandlungstermin. Die für Praxisbedingungen geringen Gewichte sind auf ungünstige Witterungsverhältnisse im Untersuchungszeitraum zurückzuführen, sind aber für die hier untersuchte Frage nicht entscheidend. Allerdings ist das Erntegewicht von Lollo in der Praxis ebenfalls nur etwa halb so groß wie bei Kopfsalat.

Die sortentypischen Unterschiede – geringes Frischgewicht von Lollo bei ähnlicher Projektionsfläche – führen bei den Bezugsgrößen Frischmasse und Projektionsfläche logischerweise zu unterschiedlichen Relationen.

In Abbildung 4 sind die angelagerten Belagsmassen in Abhängigkeit von der ausgebrachten Stoffaufwandmenge dargestellt. Bei Bezug auf die Frischmasse zeigt Kopfsalat stets deutlich niedrigere Werte. Am dritten Termin (höchste Aufwandmenge) sind die gewichtsbezogenen Werte deutlich reduziert. Dies kann dadurch erklärt werden, daß die Pflanzen an diesem Tag nicht vollständig abtrockneten und das Frischgewicht durch anhaftendes Wasser verfälscht war. Trotz der vermuteten Überschätzung und nicht korri-

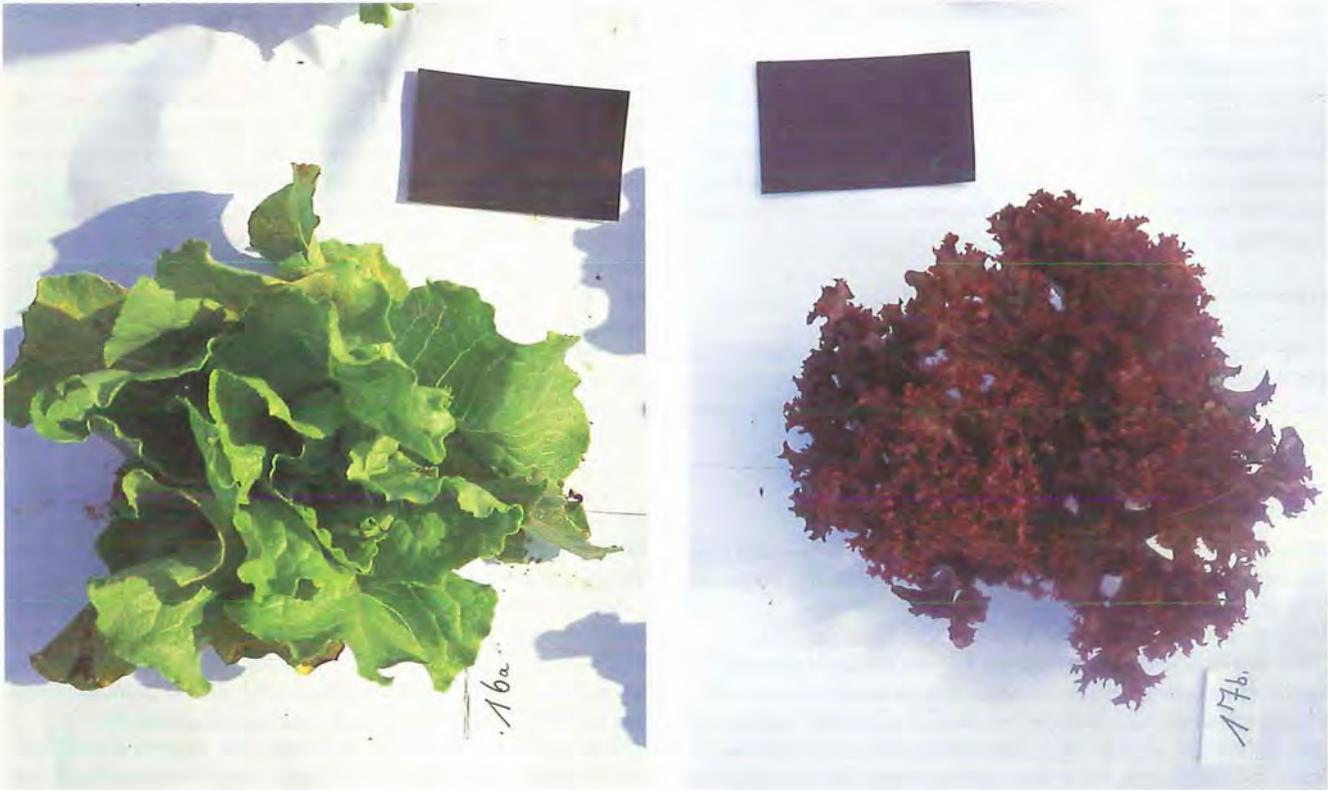


Abb. 1. Fotografie der Projektionsfläche von Kopfsalat und Lollo Rosso vor weißem Hintergrund. Das schwarze Rechteck ist als Standardfläche mitfotografiert, um die reale Projektionsfläche nach dem Einscannen berechnen zu können.

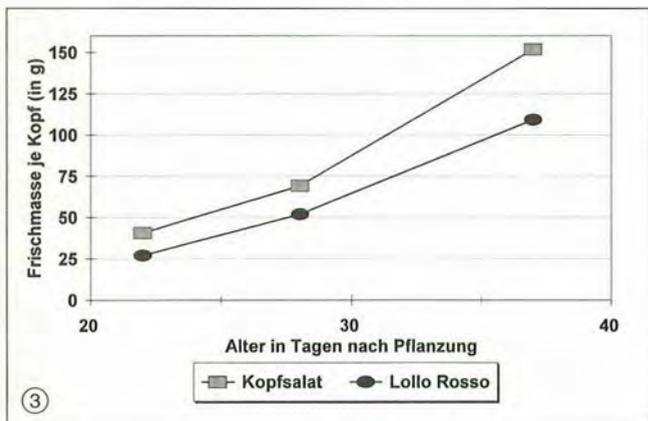
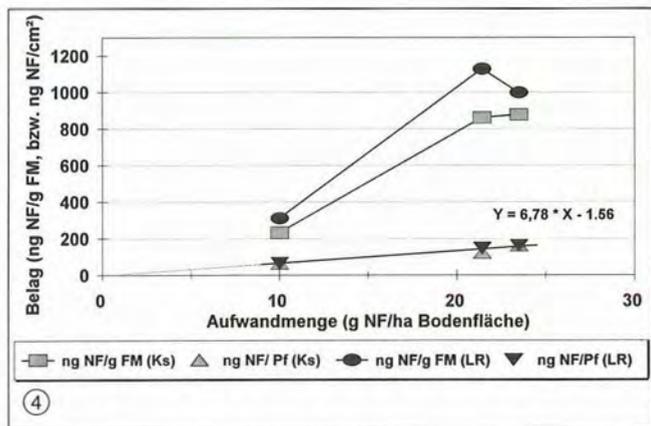
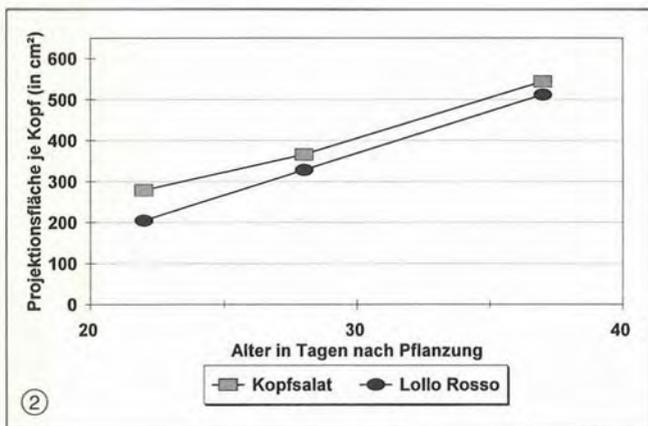


Abb. 2. Die zeitliche Entwicklung der Projektionsfläche bei den untersuchten Salatsorten (Kopfsalat und Lollo Rosso).

Abb. 3. Die zeitliche Entwicklung der Frischmassen bei den untersuchten Salatsorten (Kopfsalat und Lollo Rosso).

Abb. 4. Angelagerte Stoffmengen mit Bezug zum Frischgewicht (FM) (ng/g) sowie zur Projektionsfläche (PF) (ng/cm²) in Abhängigkeit von der je ha ausgebrachten Stoffaufwandmenge (g/ha). Kopfsalat (KS), Lollo Rosso (LR).

gierten Frischmasse bleiben die beschriebenen unterschiedlichen Relationen bestehen.

Demgegenüber liegen die auf die Projektionsfläche bezogenen Belagsmassen sortenunabhängig dicht beieinander. Die Belagsmassen je Projektionsflächeneinheit sind demnach weder von der Art, Blattstruktur und Form des Salates, noch vom Entwicklungsstadium beeinflusst, sondern allein abhängig vom Stoffaufwand je Behandlungsflächeneinheit. Eine lineare Regression führt zu folgender Gleichung:

$$Y(\text{ng/cm}^2) = 6,78 * X(\text{g/ha}) - 1,56$$

Die Regression geht praktisch durch den Koordinatenursprung, was das Konzept der behandlungsflächenbezogenen Dosierung bestätigt und keine weiteren, sonstigen nennenswerten Einflußgrößen vermuten läßt (Bestimmtheitsmaß:  $R^2 = 0,956$ ).

## Diskussion

Wenngleich die Ergebnisse nur auf der Basis einer Versuchsreihe mit drei Behandlungsterminen interpretiert werden und eine nicht ganz praxisingerechte Pflanzenentwicklung festzustellen ist, so haben sie doch Modellcharakter und lassen prinzipielle Erklärungen zu.

Die Versuchsreihe zeigt, daß die bei der Pflanzenschutzmittelapplikation angelagerten Initialbeläge, wie sie bei Rückstandsuntersuchungen unmittelbar nach der Applikation untersucht werden, direkt abhängig sind von der je Behandlungsflächeneinheit ausgebrachten Stoffmenge. Salat wird üblicherweise mit einem Feldspritzgerät behandelt, das nach dem Prinzip der behandlungsflächenbezogenen Dosierung arbeitet (KOCH und WEISSER, 1995).

Bereits 1972 haben HOERGER und KENAGA diesen Zusammenhang dargestellt. Das Prinzip gilt, solange es nicht zum Abfließen (run off) wegen überhöhter Wasseraufwandmengen kommt. Eine allgemeingültige Darstellung der Anlagerung bei Überschreiten der Retentionskapazität an Zielobjekten gaben KOCH u. WEISSER (1994). Zweiter wesentlicher Parameter für die angelagerte Stoffmenge ist bei praktisch auf dem Boden aufliegenden Zielobjekten die Projektionsfläche, die in dieser Applikationssituation mit einem Ausschnitt der Behandlungsfläche identisch ist. Bei größerer Projektionsfläche wird mehr Präparat angelagert, unabhängig vom Frischgewicht des Zielobjektes.

Kopfsalat hatte zum ersten Behandlungstermin eine um ca. 40 % größere Projektionsfläche als Lollo. Gegen Ende des Versuches war dieser Unterschied auf vergleichsweise wenige Quadratzentimeter zusammengeschrumpft. Die ebenfalls um ca. 40 % höhere Frischmasse konnte in ähnlicher Größenordnung auch zum letzten Behandlungstermin festgestellt werden.

In den Versuchen konnte gezeigt werden, daß die sich ändernden Relationen von Frischmasse zu Projektionsfläche zu rechnerisch höheren Initialbelagsmassen im Bezug zur Frischmasse bei Lollo (*Lactuca sativa* var. *crispa*) führen. Das Verhältnis von Frischgewicht zu Projektionsfläche ist bei Kopfsalat größer und nimmt im Untersuchungszeitraum schneller ab, als dies bei Lollo der Fall ist. Dies kann als formentypisch angesehen werden.

Da ein Zusammen- bzw. Abfließen der Spritztropfen auf Salat erst deutlich oberhalb 750 l/ha beginnt, wie wir aus anderen Versuchen belegen können, wird bei der hier verwendeten Wasseraufwandmenge von 600 l/ha die gesamte auf die einzelne Salatpflanze kommende Spritzflüssigkeits- und damit Stoffmenge angelagert. Die Belagsmasse je Salatkopf ist deshalb nicht von der belegbaren Blattfläche abhängig, die bei Lollo auf Grund der gekräuselten Blätter wesentlich größer ist, sondern nur von der einem Ausschnitt der Behandlungsfläche gleichzusetzenden Projektionsfläche. Aus den unterschiedlichen gewichtsbezogenen Initialbelagsmassen der beiden Salatsorten lassen sich für Lollo stets höhere Rückstandswerte berechnen. Die Ergebnisse decken sich folglich mit den Ergebnissen aus vorliegenden Rückstandsuntersuchungen und erlauben eine applikationstechnische Erklärung der auf Grund morphologischer Unterschiede abweichenden Initialbeläge. Lollo Rosso könnte demnach im Sinne einer „worst-case-Betrachtung“ stellvertretend für andere Salatsorten in Rückstandsversuchen Verwendung finden.

Dies trägt ggf. zur Bewertungssicherheit bei. Da das Anwendungsgebiet Salat zu den Lückenindikationen zu rechnen ist, ist die Möglichkeit zur gesicherten Übertragung von Rückstandsergebnissen von zusätzlichem Interesse.

Aus der Sicht der Anbaupraxis ist es allerdings nicht wünschenswert, Anwendungsgebiete für „Kopfsalat“ oder „Kopfsalat und Endivie“ auszuweisen, sondern alle Salatformen zusammenzufassen. Für die *Lactuca*-Formen der Kopfsalatgruppe kann Lollo als worst-case für Rückstandsuntersuchungen herangezogen werden.

Ohne daß uns Meßwerte hierzu vorliegen, leiten wir für *Cichorium*-Formen der Endivien-Gruppe aus diesem Zusammenhang heraus ab, daß Frisee als worst-case-Betrachtung geeignet ist. In jedem Fall sollten Salatformen mit geringer Erntemasse auf ihre Eignung als Stellvertreter bei der Erarbeitung von Rückstandsdaten geprüft werden.

## Literatur

- HOERGER, F. and E. E. KENAGA, 1972: Pesticide Residues on Plants: Correlation of representative Data as a Basis for Estimation of their Magnitude in the Environment. Academic Press, New York.
- KOCH, H. und P. WEISSER, 1994: Retention und Initialbelag bei der Applikation von Pflanzenschutzmitteln. Z. PflKrankh. PflSchutz, **102**, 203–210.
- KOCH, H. und P. WEISSER, 1995: Aufwandmenge und Initialbelag – zwei Kenngrößen bei der Applikation von Pflanzenschutzmitteln. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz. **47**, 273–278.
- LUNDEHN, J.-R., H.-G. NOLTING, H. PARNEMANN, J. SIEBERS, J. ASSHAUER, B. KREBS, G. TIMME und H. F. WALTER, 1990: Untersuchungen zur Prüfung der Vergleichbarkeit des Rückstandsverhaltens von ausgewählten Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffen an verschiedenen Erntegütern. Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtsch. Berlin-Dahlem, Heft **263**, 815.
- SIEBERS, J., H.-G. NOLTING und W. D. WEINMANN (1984) Initialbeläge von Pflanzenschutzmitteln im Gemüsebau. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz. (Braunschweig) **36**, 182–189.

Kontaktanschrift: Dr. Heribert Koch, Landesanstalt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Essenheimer Str. 144, D-55128 Mainz