

# Mit Bio-Züchtung gegen Mehltau?

## Neue Strategien zur Salatzüchtung in der Zusammenarbeit von Kultursaat e.V. und Julius-Kühn-Institut

Dipl. Ing. Ulrike Behrendt, biologisch-dynamische Pflanzenzüchterin, Betriebsleiterin der Oldendorfer Saatzeit, arbeitet zusammen mit dem Zuchtverein Kultursaat e.V., [ulrikebehrendt@freenet.de](mailto:ulrikebehrendt@freenet.de), [kontakt@kultursaat.org](mailto:kontakt@kultursaat.org)



Dr. Ute Gärber, wissenschaftliche Mitarbeiterin im Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst am Julius-Kühn-Institut (JKI), [ute.gaerber@jki.bund.de](mailto:ute.gaerber@jki.bund.de)



Der ökologische Salatanbau wird insbesondere bei den Kopfsalaten zunehmend zu einem wirtschaftlichen Risiko. Verursacht wird dieses durch eine sich verändernde Umwelt und den damit einhergehenden erhöhten Krankheitsdruck. Der Falsche Mehltau an Salat ist eine der gefürchtetsten Krankheiten und geht meist mit hohen Ertragsverlusten her. Die Veränderung in den Klimabedingungen mit zunehmend extremer Witterung bewirkt einen wachsenden Druck durch Pflanzenkrankheiten. Bei Salat brechen häufig ganze Sätze durch Falschen Mehltau zusammen. Resistente Sorten bieten seit Jahren keinen ausreichenden Schutz mehr.

### Aggressiver Erreger mit breiter Virulenz

Der Erreger *Bremia lactucae* ist äußerst variabel und bildet eine Vielzahl an physiologischen Rassen. Derzeit sind 32 Rassen offiziell gelistet. Darüber hinaus kommen lokal unzählige weitere Erregerformen vor, die zum größten Teil wie die gelisteten Rassen hoch aggressiv sind. Im Rahmen der Projekte wurden umfangreiche Untersuchungen zur Rassenanalyse von

*B. lactucae* von vier Standorten in Deutschland durchgeführt. Dabei konnten von den 92 untersuchten Isolaten lediglich vier einer offiziell gelisteten Rasse zugeordnet werden. Alle anderen Isolate unterschieden sich in einem oder mehreren Virulenzgenen. Am Versuchstandort Kleinmachnow mit weitaus geringerem Salatanbau wurde ein weniger breites Virulenzspektrum nachgewiesen. An den Praxisstandorten mit intensivem Salatanbau wie Holste und Überlingen wies der Erreger ein breites Virulenzspektrum auf (Tab. 1).

An einem Standort treten meist mehrere Erregerformen auf. Auch wurden lokal gravierende Veränderungen im Erregerspektrum von einem Jahr zum anderen nachgewiesen (Abb. 1). Das kann ein verändertes Resistenzverhalten von Sorten gegenüber Falschem Mehltau zur Folge haben. Bei Salat beruht die Sortenresistenz vorrangig auf rassenspezifischer, monogener vererbter Resistenz nach dem Genfür-Gen-Konzept. In der Züchtung werden möglichst viele Resistenzgene in einer Sorte vereint. Diese Sorten gelten in der Praxis allgemein als vollresistent. Diese Resistenz ist jedoch weder vollständig, noch ist sie in der Regel von großer Dauer. Aufgrund des sich ständig anpassenden Erregers werden monogene, rassenspezifische Resistenzen immer wieder und immer schneller durchbrochen. Im Sinne einer nachhaltigen biologischen Pflanzenzüchtung kann es kein Ziel sein, mit in den immerwährenden Kreislauf aus Mutationsbildung

beim Erreger und monogener Resistenzzüchtung einzusteigen.

### Neue innovative Lösungen

Die Problematik mit Falschem Mehltau in Salatkulturen verlangt neue Denkansätze in der Resistenzzüchtung. In zwei im BÖLN geförderten Projekten ging es zum einen darum, Wege aufzuzeigen, um eine dauerhafte Krankheitsresistenz gegenüber Falschem Mehltau zu erhalten und zum anderen die Sortenentwicklung für den ökologischen Anbau insgesamt zu forcieren. An neue Sorten werden hohe Leistungsanforderungen gestellt, insbesondere in Hinblick auf eine sparsame Nutzung natürlicher Ressourcen und der Anpassung an sich verändernde klimatische Bedingungen. Ziel der beiden Projekte war es, Sorten und Linien mit deutlich verbesserten Eigenschaften zu entwickeln. Dabei ging es in erster Linie um eine gute Pflanzengesundheit, verbesserte Stresstoleranz bei gutem Nährstoffverwertungsvermögen und guten Geschmack. Dafür wurden für den Salatanbau neue Lösungswege geprüft und evaluiert. Die vom Bundesprogramm Ökologischer Landbau (BÖL) geförderten Projekte wurden von 2011 bis 2014 durch Ulrike Behrendt/Oldendorfer Saatzeit von Kultursaat e.V. und dem Institut für Pflanzenschutz im Gartenbau beim JKI gemeinsam durchgeführt.

Das Projekt zu *dezentraler Salatzüchtung* hatte zum Ziel, durch

| Virulenzfaktoren an verschiedenen Standorten |        |              |          |            |
|--|--------|--------------|----------|------------|
| Jahr   | Holste | Kleinmachnow | Müllheim | Überlingen |
| 2011   | 21     | 16           | 15       | 15         |
| 2012   | 17     | 16           | 18       | 19         |
| 2013   | 16     | 10           | –        | 17         |
| 2014   | 18     | 16           | 20       | 19         |

Tabelle 1: Anzahl nachgewiesener Virulenzfaktoren von *B. lactucae* an den einzelnen Standorten in den Jahren 2011 bis 2014. Testung am EU-B Differential-sortiment mit 22 Testpflanzen

die Standortanpassung während der Züchtungsphase stabile Lokalsorten zu züchten, die feldresistente Eigenschaften gegenüber dem Falschen Mehltau aufweisen.

Im Projekt zu *neuen Züchtungsstrategien* bei Salat ging es darum, den Salat in seiner Reaktion auf Stressfaktoren variabler und damit gesünder werden zu lassen.

### Standortanpassung durch dezentrale Züchtung

Zur Erprobung dieser Züchtungsstrategie wurden parallel zueinander weitgehend homogene Linien durch Individualauslese an vier Standorten in Deutschland selektiert und neue Kreuzungen durchgeführt. Die Anpassung an den Standorten wurde über drei Vegetationsjahre erprobt. 2014 wurden die lokal am besten angepassten Sorten bzw. Linien im Vergleich zu



Behrendt

ihrem Ursprungssaatgut aus 2011 am jeweiligen Standort verglichen. Dabei zeigte sich, dass die Sorten bzw. Linien weniger flexibel auf die lokalen Gegebenheiten reagierten als erwartet (Tab. 2: grüne Punkte in der Tabelle bedeuten eine flexible Reaktion der Sorten und somit eine gute Anpassung). Es konnte jedoch herausgearbeitet werden, welche der geprüften Sorten/Linien

für den ökologischen Anbau an welchen Standorten besonders gut geeignet sind. So z. B. war die Linie V 42 aus der Oldendorfer Saatzücht in Holste und Überlingen stabiler im Anbau als in Kleinmachnow. Rolando zeigte an den Standorten in den Jahren sehr unterschiedliche Anbauergebnisse, die offensichtlich sehr stark von den jährlich vorkommenden Witterungsbedingungen abhängen.

Feldbestand in Holste aus verschiedenen Zuchtlinien

| Standortanpassung und Resistenz |              |              |          |            |            |              |          |            |
|---------------------------------|--------------|--------------|----------|------------|------------|--------------|----------|------------|
| Sorte / Linie                   | Frühjahrsatz |              |          |            | Herbstsatz |              |          |            |
|                                 | Holste       | Kleinmachnow | Müllheim | Überlingen | Holste     | Kleinmachnow | Müllheim | Überlingen |
| Ardeola                         | ●            | ●            | ●        | ●          | ●          | ●            | ●        | ●          |
| Rolando                         | ●            | ●            | ○        | ○          | ●          | ●            | ○        | ○          |
| Linie 92                        | ●            | ●            | ○        | ○          | ●          | ●            | ○        | ○          |
| Cindy                           | ●            | ○            | ●        | ●          | ●          | ○            | ●        | ●          |
| Linie 42                        | ●            | ○            | ●        | ●          | ●          | ○            | ●        | ●          |
| Linie 63                        | ●            | ○            | ○        | ○          | ●          | ○            | ○        | ○          |
| Linie 20                        | ●            | ●            | ○        | ●          | ●          | ●            | ○        | ●          |
| Linie 24                        | ●            | ○            | ●        | ○          | ●          | ○            | ●        | ○          |
| Linie 22                        | ●            | ●            | ●        | ●          | ●          | ●            | ●        | ●          |

Tabelle 2: Erntefähigkeit von Sorten / Linien nach dreijähriger Anpassung an den Standort (Referenz) im Vergleich zum Ausgangsmaterial (Ursprung) im Frühjahr- und Herbstsatz

- Referenz besser als Ursprung
- kein Unterschied zwischen Referenz und Ursprung
- Referenz schlechter als Ursprung
- Erntefähigkeit insgesamt zu niedrig für Aussage
- nicht untersucht

Bei Salaten aus dem *Kopfsalatbereich* basiert die Resistenz vorwiegend auf rassenspezifischen, monogenen Resistenzen. Bei Veränderungen im Virulenzspektrum von *B. lactucae*, wie sie in den Jahren 2011 zu 2012 bzw. 2013 zu 2014 am Standort Holste nachgewiesen wurden, wurde ein völlig gegensätzliches Resistenzverhalten von Sorten/Linien am Standort festgestellt (Abb. 3). So z. B. zeigten die Linien V 92 und V 42 im Herbstanbau in den Jahren 2011 bis 2014 entweder keine bzw. nur äußerst geringe oder aber sehr starke Ertragsausfälle durch Falschen Mehltau.

Die *Bataviasalate* (Linien V 20 und V 22) mit polygen bedingten Resistenzmechanismen waren dagegen weitaus stabiler. Aufgrund ihrer guten Wüchsigkeit können

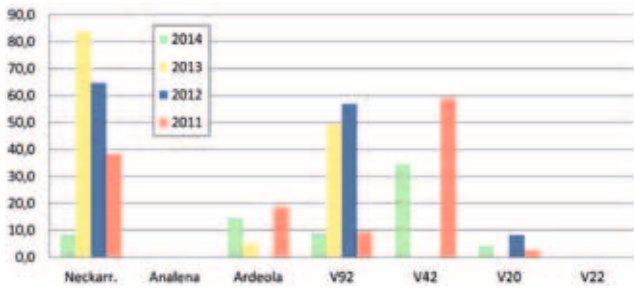


Abb. 3: Mehltauinduzierte Ausfallquote von Sorten/Linien Kopfsalate (Ardeola, V 92) und Batavia (V 20, V 22) im Vergleich zur anfälligen (Neckarriesen) und resistenten Standardsorte (Analena) am Standort Holste 2011 bis 2014

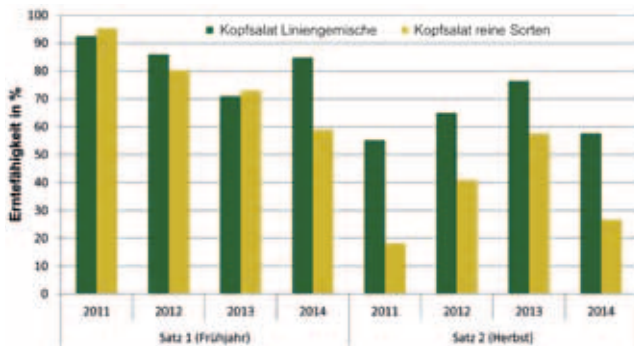


Abb. 4: Prozentualer Anteil erntefähiger Kopfsalate im Vergleich Liniengemische zu reinen Sorten im Frühjahr- und Herbstsatz, Holste 2011 bis 2014 (Mittelwertvergleich)

Bataviasalate dem Befall mit Falschem Mehltau regelrecht davonwachsen, so dass der Befall auf die unteren Blätter begrenzt bleibt. Somit wird die Marktfähigkeit nicht beeinflusst.

## Neue Züchtungsstrategien

Der Salat ist als Selbstbefruchter genetisch homozygot, d. h. reinerbig, und kann dementsprechend wenig variabel auf Veränderungen

in der Umgebung eingehen. Hat er im Züchtungsgang erst einmal seine Form gefunden, ist er darauf festgelegt und kommt in eine gewisse Starre gegenüber den sich verändernden Umgebungsbedingungen, die mit dem Klimawandel einhergehen können. Schadorganismen wie der Erreger des Falschen Mehltaus sind demgegenüber sehr beweglich und anpassungsfähig. Die Grundidee für das Projekt „Neuer Züchtungsstrategien im Salatbau“ ist es, den Salat variabler zu machen und ihm somit ein lebendigeres Zusammenspiel mit seiner Wuchsumgebung zu ermöglichen. Die Erhöhung der Variabilität wurde durch zwei Lösungsansätze verfolgt.

- Der erste sieht den Anbau von Liniengemischen aus 8 bis 10 reinen Linien vor. Hier wird der Bestand auf dem Feld durchmischt, während die einzelnen Linien reinerbig bleiben.
- Ein zweiter Ansatz besteht darin, Salatlinien im Verlauf des Züchtungsganges in einer noch teilheterozygoten Phase abzufangen und schon in der F4-Generation für den Anbau als Kreuzungspopulationen zu verwenden. In dem Fall sind die einzelnen Linien noch nicht ganz reinerbig und könnten dadurch lebendiger reagieren.

Ziel im Kopfsalatbereich war es, phänotypisch möglichst ähnliche

Gemische zusammenzustellen, die eine einheitliche Abernte erlauben und eine erhöhte Ertragssicherheit bieten. Bei den Bataviasalaten wurde die Zusammensetzung bewusst vielfältig angestrebt (Abb. 1), um über die neue Vermarktungsstrategie „bunte Kiste“ in den Verkauf zu gelangen.

## Liniengemische

Es zeigte sich, dass bei den Liniengemischen der Nachbau im Ramschverfahren, d. h. über mehrere Generationen ohne Selektion, nicht zu empfehlen ist, da sich innerhalb eines Gemisches über die Jahre kein Gleichgewicht hinsichtlich ihrer Zusammensetzung einstellt und die Entwicklung somit unkontrollierbar wird. Liniengemische, die jährlich frisch zusammengestellt wurden, waren dagegen sehr stabil und widerstandsfähig gegenüber Krankheiten, insbesondere gegenüber dem Falschen Mehltau. Die Ertragsfähigkeit der Liniengemische war im Vergleich zu der der reinen Sorten/Linien deutlich höher, wie hier am Beispiel des Standortes Holste dargestellt (Abb. 4). So konnte im Vergleich der Mittelwerte aller geprüften Liniengemische zu den der reinen Sorten festgestellt werden, dass im 1. Satz die Erntefähigkeit der Liniengemische etwa gleich oder besser und im 2. Satz im Herbst sogar im Durchschnitt um 28 % ± 8 % besser war. Die Ertragsfähigkeit war bei den

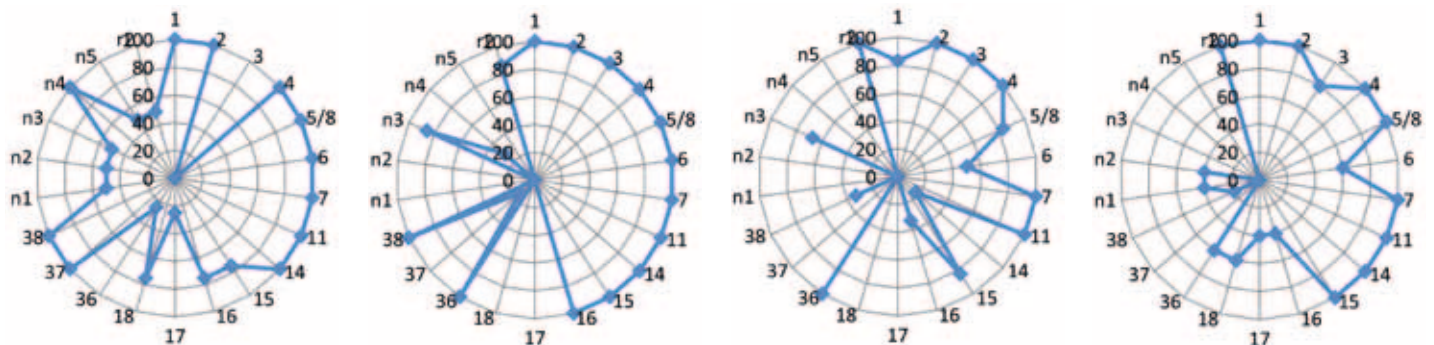


Abb. 5: Prozentuale Häufigkeit der Virulenzfaktoren von *B. lactucae* am Standort Holste in den Jahren 2011 bis 2014 (radiäre Achse: Häufigkeit von 0 % bis 100 % der Virulenzfaktoren, aufgetragen am Außenkreis als 1 bis r2, Testung am EU-B Differentialsortiment)

Liniengemischen mit über 55 % in allen vier Prüfjahren bei starkem Befallsdruck durch Falschen Mehltau konstant besser als bei den reinen Linien, deren Mittelwerte der Ertragsfähigkeit in den Prüfjahren zwischen 19 % und 58 % variierte. Totalausfälle wie bei den reinen Linien und Sorten war bei den Liniengemischen nicht zu verzeichnen.

Die Homogenität der Gemische ist zumindest für die Direktvermarktung und Einzelhandel im Habitus hoch genug. Die Homogenität der Erntereife kann durch die Zusammensetzung der Gemische vergleichbar mit reinen Linien erreicht werden.

Bei den Bataviagemischen waren die Anteile marktfähiger Exemplare insgesamt höher. Gegenüber dem Anbau einzelner Sorten war der Vorteil der Liniengemische geringer als bei den Kopfsalaten, da es beim Batavia eine recht zuverlässige Feldtoleranz gegenüber dem Falschen Mehltau gibt.

### Kreuzungspopulationen

Für den Kreuzungspopulationsversuch wurden 2011 im Gewächshaus der Oldendorfer Saatzucht neue Kreuzungen durchgeführt und in Ramschen weitervermehrt. 2013 und 2014 standen die Nachkommenschaften in der F2 bzw. F3 und wurden an allen drei Standorten in zwei Sätzen erprobt. Gegenüber

dem anfälligen Standard wurden bessere Ergebnisse erzielt (Abb. 6). Jedoch verhielten sich die Kreuzungspopulationen je nach Ausgangskreuzung und Standort unterschiedlich. Es zeichnet sich also gegenüber den Linienmischungen eine stärkere regionale Eignung ab. Dieses liegt in erster Linie an der weniger starken Durchmischung und dem regional unterschiedlichen Resistenzverhalten gegenüber *Bremia lactucae*. Daher ist es sinnvoll, die weitere Züchtung an verschiedenen Standorten weiterzuführen und auf regional angepasste Sorten auszurichten.

### Ausblick

Die neuen Züchtungskonzepte können in einem Folgeprojekt weiter verfolgt werden. Die bewährten Liniengemische werden an zwei Standorten in ihrer Zusammensetzung justiert und an vier Praxisstandorten erprobt. In Zusammenarbeit mit zwei Großhändlern wird das neue Konzept mit den bunten (Salat-)Kisten für den Einzelhandel eingeführt und auf die Akzeptanz am Markt überprüft. Die Methode der Kreuzungspopulationen wird weiter evaluiert und auf ihre Wiederholbarkeit überprüft.

### Resümee

Im Projekt zur dezentralen Züchtung konnte bei den Kopfsalatlinien

| Liniengemisch und Kreuzungspopulationen im Vergleich |        |      |      |      |              |      |      |      |
|--|--------|------|------|------|--------------|------|------|------|
| Standort   | Holste |      |      |      | Kleinmachnow |      |      |      |
|  | 2011   | 2012 | 2013 | 2014 | 2011         | 2012 | 2013 | 2014 |
| Linie / Jahr   |        |      |      |      |              |      |      |      |
| anfälliger Standard                                  | 15     | 18   | 11   | 46   | 85           | 3    | 0    | 0    |
| resistenter Standard                                 | 33     | 76   | 91   | 60   | 96           | 47   | 62   | 74   |
| Lg2  | 56     | 50   | 71   | 55   | 90           | 35   | 44   | 21   |
| Lg4  | 64     | 75   | 88   | 70   | 91           | 20   | 73   | 75   |
| Lg6  | 46     | 56   | 72   | 61   | 81           | 23   | 38   | 18   |
| Lg8, Batavia   | 49     | 81   | 91   | 75   | 69           | 39   | 51   | 84   |
| Lg10, Batavia  | 61     | 77   | 85   | 69   | 90           | 58   | 39   | 79   |
| Xpop58   |        |      | 74   | 29   |              |      | 62   | 68   |
| Xpop59   |        |      | 96   | 29   |              |      | 71   | 32   |
| Xpop60   |        |      | 60   | 25   |              |      | 24   | 17   |
| Xpop61, Batavia                                      |        |      | 87   | 53   |              |      | 69   | 74   |
| Xpop62, Batavia                                      |        |      | 66   | 41   |              |      | 44   | 70   |

Abbildung 6: Erntefähigkeit in %, Herbstsatz 2011–2014

- Klasse 1: < 55 % Erntefähigkeit
- Klasse 2: 55–69 % Erntefähigkeit
- Klasse 3: 70–84 % Erntefähigkeit
- Klasse 4: 85–100 % Erntefähigkeit

Lg = Liniengemisch; Xpop = Kreuzungspopulation

keine stabile Feldresistenz gegen den Erreger des Falschen Mehltaus gefunden werden. Die Anpassungsleistung an lokale Bedingungen ist bei fertigen Linien wegen des geringen genetischen Spielraums niedrig. Bessere Möglichkeiten ergeben sich, wenn die Pflanzen bereits während des Züchtungsgangs an den Standorten selektiert werden können. Die Batavia-Salatformen sind genetisch gegenüber *Bremia* anfällig, zeigten jedoch eine physiologisch bedingte Feldresistenz, die zu relativ sicheren Erträgen führte. ●

### Abschlussberichte

GÄRBER, Ute und BEHRENDT, Ulrike (2015) Entwicklung von Salatsorten mit verbesserter Anpassungsfähigkeit durch dezentrale Züchtung. [Developing lettuce varieties with improved adaptability by decentral breeding.] Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst, D-Kleinmachnow und Kultursaat e.V., D-Echzell. (>><http://orgprints.org/28389/>) ● GÄRBER, Ute und BEHRENDT, Ulrike (2015) Neue Züchtungsstrategien bei Salat zur Anpassung an ökologische Anbaubedingungen und Verbesserung der Resistenz gegen *Bremia lactucae*. [New breeding strategies in lettuce for better adaptability to conditions of organic farming and improved resistance against *Bremia lactucae*.] Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst, D-Kleinmachnow und Oldendorfer Saatzucht, D-Holste. (>><http://orgprints.org/28390/>)

### Literatur

BRETSCHNEIDER, M. (1997): Sortenmischungen im Getreidebau, Verlag diplom.de, 100 Seiten, ISBN 3832401687, 9783832401689 ● FINCKH, Maria R. (2002): Sortenmischungen bei Getreide: Eine Chance für die ökologische Qualitätsproduktion. SÖL Beraterbrief 2/02(2):3–4 ● FINCKH, M. R., BUTZ, A., LÜTZENDORF, K., GREINER, E., SCHULZE-SCHILDDORF, G. (2005): Ertragsstabilität und Qualität von Weizensortenmischungen im Ökologischen Anbau. In: Hess J., Rahmann G. (Hrsg.): Ende der Nische, Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau. Kassel. ● FLAMM, C. (2009): Wirkung eines Mischanbaues von Weizensorten auf Anbaueigenschaften, Krankheiten, Ertrag und Qualität unter den Bedingungen des Biolandbaus. Tagungsbandes der 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Band 1. Zürich, 11.-13. Februar 2009 ● MAISONNEUVE, B, MARTIN, E., JEAN, L., POPE DE VALLAVIEILLE, C., PITRAT, M. (2012). Effects of lettuce cultivar mixtures, differing for resistance genes, on *Bremia lactucae* incidence. Plant resistance sustainability 2012. International conference, La Colle sur Loup, FRA (2012-10-16 – 2012-10-19). <http://prodir.inra.fr/record/216483> ● MICHELMORE, R.; WONG, J. (2008): Classical and molecular genetics of *Bremia lactucae*, cause of lettuce downy mildew. Eur J Plant Pathol, 122:19–30 ● SCHÄRER, H.J. (2005): The potential of variety mixtures in lettuce production. Ekologiskt lantbruk, Nr.45, S.37-38, ISSN 1102-6758, ISBN 91-576-6881-7