

# Diversität statt Monokultur für eine gesunde Zukunft

Maria Renate FINCKH und Martin Stuart WOLFE, Gruppe Phytopathologie, Institut für Pflanzenwissenschaften, ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich

**Die gegenwärtige landwirtschaftliche Produktion basiert weitgehend auf dem grossflächigen Anbau nur weniger Arten. Innerhalb jeder Art werden nur wenige Sorten angebaut, die meist nach nur wenigen Jahren ihre Resistenzen einbüßen und ersetzt werden müssen. Eine Reihe von Massnahmen innerhalb der bestehenden Produktionssysteme und auch zusätzliche neue und alte Produktionssysteme können massgeblich zur Erhaltung der genetischen Vielfalt und gleichzeitig zur Eindämmung von Krankheiten und Schädlingen beitragen. Diese Massnahmen fördern die Nachhaltigkeit und erlauben die Beibehaltung hoher Produktivität.**

Die Landwirtschaftspolitik der vergangenen Jahrzehnte war fast ausschliesslich produktionsorientiert, und es wurde nur wenig Wert auf die Rolle der Landwirtschaft in bezug auf die Landschaftspflege und die Erhaltung der Artenvielfalt gelegt. Die Produktion grossflächiger Monokulturen ist das Ergebnis verschiedener von aussen einwirkender Kräfte, wie zum Beispiel die Anforderungen der verarbeitenden und vermarktenden Industrie an den Zeitpunkt, die Menge und die Einheitlichkeit der Produkte.

## Genetische Basis der Nutzpflanzen extrem schmal

Züchter haben heutzutage Zugang zu praktisch dem ganzen Zuchtmaterial auf dem internationalen Markt. Dies verleitet auf den ersten Blick zu der Annahme, dass damit die genetische Basis unserer Nutzpflanzen sehr breit angelegt ist, da ja auch viele verschiedene Sorten auf dem Markt sind. Es besteht jedoch die Tendenz, die gleichen Kreuzungseltern in vielen Züchtungsprogrammen zu verwenden, da diese sich bewährt haben. So wird zum Beispiel die Weizensorte Cappelle Desprez als Elter in fast allen europäischen Zuchtprogrammen verwendet, und 28 Winterweizensorten auf der deutschen Liste 1980 basierten auf verschiedenen Kreuzungen von nur vier Elternsorten (Fischbeck 1981). Auch bei der Wintergerste verhält es sich ähnlich. Hier stellen ein paar deutsche Sorten den Hauptteil der Kreuzungseltern in ganz Europa. Die durch Gentechnologie möglicherweise neu in den Genpool der Kulturarten eingeführten Gene könnten zur Erweiterung der genetischen

Basis beitragen. Allerdings besteht das Risiko, dass die wenigen transformierten Sorten noch verstärkt als Eltern in Zuchtprogrammen eingesetzt werden, was dann noch zur genetischen Verarmung («Erosion») beitragen würde.

Nicht nur ist die genetische Basis unserer Kulturpflanzen häufig nun europaweit fast identisch, sondern zusätzlich werden auch viel weniger Arten genutzt als früher. Weizen, Gerste, Mais, Kartoffeln, Raps und Zuckerrüben dominieren die Produktion. An Stelle kleinerer Felder verschiedener Kulturen, die mit regional angepassten Sorten bebaut werden, sind heute oft riesige zusammenhängende Flächen derselben Kultur und meist sehr weniger nah verwandter Sorten getreten. Derselbe Trend herrscht in noch verstärktem Masse auch im Obst- und Gemüsebau vor. Auch viele andere Kulturpflanzen auf der Welt, wie zum Beispiel die Banane, der Kaffee und der Kakao, haben bereits eine extrem schmale genetische Basis (Fowler and Mooney 1990).

## Krankheiten gefährden uniforme Pflanzen

Die genetische Verarmung unserer Kulturpflanzen hat zu einer schweren Gefährdung derselben durch Krankheiten und in der Folge zu vermehrter Abhängigkeit von regelmässigen Pestizideinsätzen geführt (Adams *et al.* 1971).

Aus der Sicht eines Krankheitserregers, vor allem, wenn er windverbreitet ist, wie zum Beispiel der Getreidemehltau oder Rost, sind die Veränderungen zur einheitlichen Grossflächigkeit ideal. Verringerte oder gar eliminierte Abstände zwischen «In-

seln» von anfälligen Sorten, die vorher oft nur schwer zu überwinden waren, haben dazu geführt, dass die Krankheiten sich nun nicht nur regional, sondern häufig europaweit rasant ausbreiten können. Ein Beispiel dafür ist die Durchbrechung der Mehltreurensistenz bei Gerste, die das Resistenzgen *Mla13* trug. Diese Resistenz wurde 1980 erstmals eingeführt und schnell in viele Sorten eingekreuzt, die in ganz Europa angebaut wurden. 1983/84 wurde die Resistenz in der Tschechei erstmals durchbrochen, und es dauerte nur drei bis vier Jahre, bis sie auch in anderen Teilen Europas und in England durchbrochen war. Mit Hilfe von molekularbiologischen Methoden konnten Wissenschaftler der ETH in diesem konkreten Fall nachweisen, dass es tatsächlich die Einwanderung des *Mla13*-virulenten Mehltreus aus der ehemaligen Tschechoslowakei war, die den Durchbruch in anderen Gegenden und auch in der Schweiz verursachte (Wolfe *et al.* 1992). Ähnlich wie beim Mehltreus in Europa verhält es sich beim Schwarz- und Braunrost in Nordamerika, die sich alljährlich praktisch ungehindert von Mexiko bis Kanada ausbreiten.

Obwohl Pflanzzüchter ständig neue Resistenzen einführen, werden diese meist weiträumig eingeführt, wie zum Beispiel die oben erwähnte *Mla13*-Resistenz gegen den Gerstenmehltau. Damit bieten sie den Krankheitserregern optimale Bedingungen, sich auszubreiten, sobald die neue Resistenz durchbrochen ist. So geht die Wirksamkeit der genetischen Vielfalt sehr schnell verloren. Die nun anfällige Sorte muss entweder mit Pestiziden geschützt oder durch andere Sorten ersetzt werden.

## Nachhaltige Ansätze müssen gefunden werden

Solch ein Sorten-, und damit auch Resistenzgenverbrauch ist offensichtlich nicht nachhaltig, sowohl in Bezug auf die Umwelt als auch auf den Verbrauch der nur begrenzt verfügbaren Resistenzgene.

Auch die Kosten und der Zeitaufwand für jede Neuzüchtung sind immens. In einigen Fällen ist es gelungen, eine **dauerhafte Resistenz** in die Kulturen zu züchten. Von dauerhafter Resistenz spricht man, wenn eine Resistenz über viele Jahre bei grossflächiger Nutzung nicht durchbrochen wird (Jones und Clements 1993). Es ist jedoch unmöglich, im voraus festzustellen, ob eine neu eingeführte Sorte dauerhafte Resistenz besitzen wird, und gegen die meisten Krankheiten sind bisher auch keine oder nur wenige dauerhaften Resistenzen bekannt. Es werden deshalb dringend Lösungen gebraucht, die nachhaltiger sind, die genetischen Ressourcen schützen und gleichzeitig aber auch weiterhin hohe Produktivität garantieren. Einige Lösungsansätze zu diesen Problemen sind in der Tat schon lange bekannt und werden vor allem in der integrierten Produktion und im biologischen Landbau routinemässig angewendet. An erster Stelle stehen hier die **Fruchtfolgen** in Raum und Zeit, die die bodenbürtigen Krankheiten unter Kontrolle halten helfen. Die Effektivität der Fruchtfolgen zur Krankheitskontrolle und Ertragsstabilisierung kann auch nicht durch den verstärkten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln ersetzt werden (Panse *et al.* 1994). Fruchtfolgen bedingen ein Mindestmass an Kulturenvielfalt, die ja auch in der IP und im Bio-Landbau vorgeschrieben sind. Aber auch wenn mehrere Kulturen verwendet werden, muss auch innerhalb einer jeden Kultur auf Vielfalt geachtet werden und nicht nur eine Sorte angebaut werden. Es wurde schon oben erwähnt, dass verschiedene Sorten oft sehr nah verwandt sind und dieselben Resistenzen tragen. Deshalb muss bei der Sortenauswahl auf die Verschiedenheit der benutzten Resistenzen geachtet werden.

## Sortenmischungen und Krankheitsprobleme

Ausser dem Anbau verschiedener Sorten nebeneinander ist der Anbau von Sortenmischungen in letzter Zeit auch in der Schweiz vor allem in der IP und im Biolandbau immer populärer geworden. Für eine Sortenmischung werden Sorten mit derselben Qualität (Weizenklasse etc.), die agronomisch zusammenpassen (Erntetermin etc.), aber verschiedene Resistenzen in bezug auf die am Ort wichtigen Krankheiten (und Schädlinge) besitzen, gemischt angebaut. In solch einer Mischung wird ein Krankheitserreger, der eine der verwendeten Sorten anfallen kann, an der schnellen Verbreitung gehindert, da die andere Sorte wie eine Barriere wirkt und viele Sporen auf eine resistente Sorte fallen. Zusätzlich sind in letzter Zeit von verschiedenen Forschungsteams nachgewiesen worden, dass Pflanzen, die avirulenten Krankheitserregern ausgesetzt werden, häufig dann später eine «induzierte» (= ausgelöste) Resistenz gegen eigentlich virulente Erreger aufweisen, analog einer Impfung bei Mensch und Tier, nur dass bei Pflanzen die Wirkungszeit und der -ort kurz und lokal begrenzt sind. Induzierte Resistenzen könnten unter Umständen auch mit Chemikalien ausgelöst werden, welche bereits getestet werden (Bioskop 1995). Sortenmischungen haben in der Praxis bereits bewiesen, dass sie massiv zur Reduktion des notwendigen Fungizideinsatzes beitragen können. So wurde in der ehemaligen DDR zwischen 1984 und 1990 praktisch der gesamte Sommergerstenanbau (Malzgerste) auf Mischungsanbau umgestellt, und dabei konnten 80 % der vorher benötigten Fungizide gegen Mehltau eingespart werden (Abb. 1). Leider ist der

Mischungsanbau seit der Wiedervereinigung fast verschwunden, da keine Förderung der gemischten Saatgutproduktion mehr stattfindet (und auch keine raren Devisen mehr notwendig sind, um Fungizide zu kaufen). Aber Sortenmischungen werden in immer grösserem Masse in Polen, (1995 etwa 60 000 ha Gerstensortenmischungen gegen Mehltau und Netzflecken) im Nordwesten der USA (1995 mehr als 100 000 ha Weizensortenmischungen gegen Gelbrost) und in der Schweiz (Abb. 2) angebaut.

## Die Schweiz und die Mischungsentwicklung

Auch wenn mitunter das Gegenteil behauptet wird, ist der praktische Anbau von Sortenmischungen und der Verkauf gemischten Saatgutes vollkommen legal. Allerdings muss das Saatgut genau gekennzeichnet sein, das heisst es muss angegeben werden, wie hoch der Anteil der jeweiligen Sorten ist. Auch sind die Abnehmer mitunter sehr zurückhaltend, wenn es um Sortenmischungen geht. Es hat sich aber gezeigt, dass Müller und Brauer durch praktische Erfahrung durchaus von der Qualität der Produkte überzeugt werden können. So war DDR-Bier europaweit genauso populär wie anderes Bier, und die DDR exportierte grosse Mengen an Malz nach Westeuropa, ohne dass es deshalb Klagen gab. Was die Erträge betrifft, stimmen Erfahrungen in der ehemaligen DDR, USA, Polen und auch in der Schweiz überein, dass Sortenmischungen generell **stabilere Erträge** und über das langjährige Mittel 1 bis 3 % höhere Ernten einbringen im Vergleich zu den jeweiligen Reinbeständen. Die Eignung von Sorten für Sortenmi-

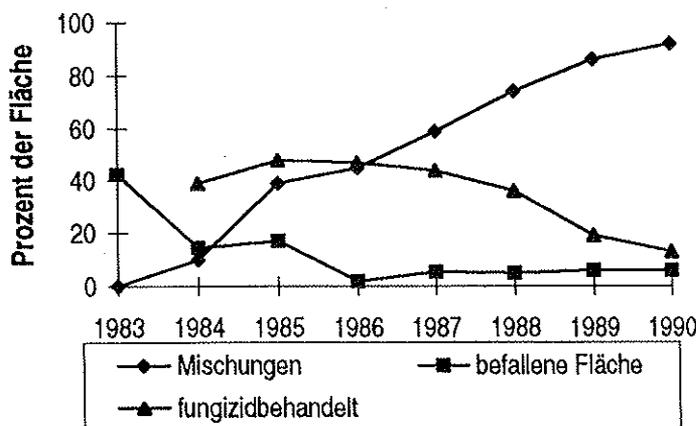


Abb. 1. Produktion von Sommergerstenmischungen in der ehemaligen DDR, Anteil der Felder mit mehr als 20 % mit Mehltau befallener Blattfläche und Anteil der Felder, die mit Fungizid behandelt wurden (Daten von Skadow 1990).

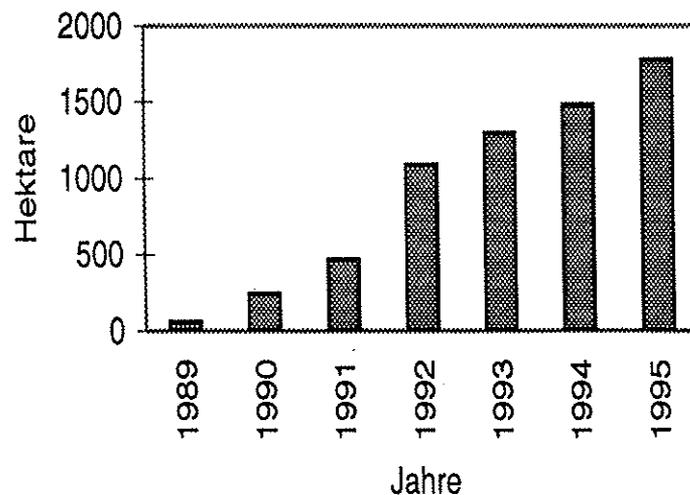


Abb. 2. Fläche von Wintergerstenmischungen in der Schweiz.

schungen muss jeweils experimentell festgestellt werden, entweder in den Forschungsanstalten oder von den Landwirten selbst. Viele Merkmale sind für den Mischungsanbau wichtig. So sollte eine Sorte gut auf andere Sorten in einer Mischung reagieren, das heisst sie sollte soviel oder mehr Ertrag geben, wie im Reinbestand. Gleichzeitig aber sollte die Sorte zu den anderen Mischungsnachbarn nicht in Konkurrenz stehen, damit diese keine Ertragseinbussen haben. Bei der Reinsortenzucht wird auf solche Merkmale nicht geachtet, weshalb nun seit einigen Jahren in der Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL) in Reckenholz gezielt an der Zucht von **Vielliniensorten** gearbeitet wird (Fried *et al.* 1991). Dies sind Sorten, die aus mehreren agronomisch kaum unterscheidbaren Zuchtlinien bestehen, die jeweils verschiedene Resistenzen gegen die wichtigen Krankheiten enthalten. Um diese Zucht zu erleichtern, die grösstmögliche Vielfalt in den Neuzüchtungen zu ermöglichen und die Erhaltung vielfältiger Landsorten zu erleichtern, wurde deshalb im Dezember 1994 die «Verordnung über die Produktion und das Inverkehrbringen von Getreidesaatgut» vom Eidgenössischen Volkswirtschaftsdepartement verabschiedet (Verordnung Nr. SR 916.151.1). Durch diese Verordnung ist es ausdrücklich erlaubt, nicht-homogene Materialien zu verkaufen und vermehren, um die Vielfalt zu erhalten. Zusätzlich können Zuchtlinien registriert werden, die ausschliesslich für die Produktion von Vielliniensorten genutzt werden sollen. Linienmischungen und ihre Komponenten werden seither in den nationalen Katalog aufgenommen. Diese Verordnung ist bisher einzigartig auf der Welt und hat die Schweiz zum Pionier auf diesem Gebiet gemacht.

## Sortenmischungen helfen nicht immer

Obwohl Sortenmischungen und Vielliniensorten die Vielfalt innerhalb der Kulturarten fördern, sind jedoch auch diese nicht vor allen Krankheiten sicher. Zum Beispiel kann die Schwarzbeinigkeit (durch *Gaeumannomyces graminis* f.sp. *tritici* verursacht) des Weizens so nicht bekämpft werden, da gegen diese keine Resistenzen bekannt sind und deshalb keine Vielfalt der Resistenzen ausgenutzt werden kann. Hier hilft nur die Fruchtfolge. Obwohl keine spezifischen Resistenzen gegen *Septoria nodorum*-Blatt- und Spel-

zenbräune bekannt sind, können Sortenmischungen hier jedoch trotzdem wirksam sein (Jeger *et al.* 1981). Aber auch wenn zum Mischen nutzbare Resistenzen vorhanden sind, zum Beispiel Resistenz A und B, so besteht die Gefahr, dass sich die meisten Krankheitserreger über kurz oder lang an die neue Situation anpassen, indem sie die Doppelvirulenz *ab* entwickeln und dann beide Resistenzen anfallen können. Dem kann durch eine regelmässige Veränderung der Mischungszusammensetzung («Fruchtfolge») entgegengewirkt werden. So kann in einem Jahr die Mischung A+B, im nächsten C+D und wieder im nächsten A+D usw. angebaut werden. Auch können in verschiedenen Feldern verschiedene Mischungen angebaut werden.

## Artenmischungen sind oft noch effektiver

Noch wirksamer als diese Taktik ist aber die Verwendung von Artenmischungen. Krankheitserreger können sich zwar meist an neue Resistenzen innerhalb einer Art anpassen, es sind aber nur sehr wenige Fälle bekannt, in denen ein Erreger sich an eine neue Art angepasst hat (dies geschieht nur, wenn die beiden Wirtsarten extrem nah verwandt sind wie z.B. Weizen und Triticale).

Artenmischungen sind natürlich auch keine Neuheit in der Landwirtschaft und werden nicht nur wegen der Krankheitsbekämpfung genutzt. Futtergras- und Kleemischungen werden unter anderem aus Gründen des Ertrags, der Ertragsstabilität und der Ausgewogenheit der Nährstoffe für die Tiere angebaut. Getreidemischungen mit Ackerbohnen und anderen Leguminosen waren bis in die fünfziger Jahre in ganz Europa populär. Auch Futtergetreidemischungen wie Gerste/Hafer oder Gerste/Weizen/Hafer sind in der Landwirtschaft altbekannt. In Polen werden derzeit über 1,4 Mio ha Futtergetreidemischungen angebaut mit zunehmender Tendenz (Abb. 3). Für die polnischen Landwirte spielen Ertragsstabilität und Kontrolle des Gerstenmehltaus und anderer Krankheiten eine zentrale Rolle bei der Entscheidung, Artenmischungen anzubauen.

Neben diesen altbewährten Systemen von Artenmischungen sind in den letzten Jahren mehrere Feldbausysteme neu entwickelt oder wieder aufgenommen worden, die sich sowohl positiv auf die Artenvielfalt als auch auf Krankheiten und Schädlinge aus-

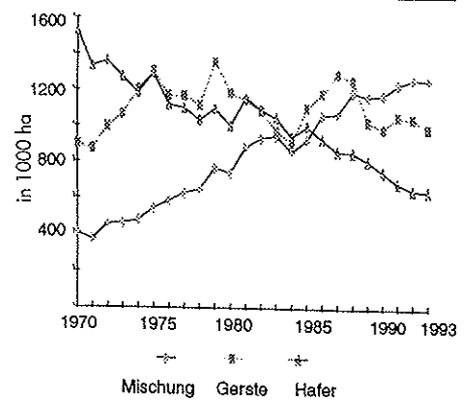


Abb. 3. Anbau von Sommergerste-Hafermischungen und Reinbeständen in Polen (von Czembor und Gacek 1996).

wirken. Dazu gehören die Maiswiese (siehe *Agrarforschung* 9/95), die Buntbrachenstreifen im Getreidebau, Klee- und Grasuntersaaten im Getreide, die Unkrautstreifen im Weinbau und die Land-Forstwirtschaft (*Agroforestry*; Abb. 4a,b). Diese Anbausysteme sind im engeren Sinne nicht nur Artenmischungen, sondern überlappende Fruchtfolgen. So wird zum Beispiel der Mais in die schon existierende Wiese gesät und die Wiese bleibt nach dem Mais bestehen. Neben stark reduzierten Erosionsproblemen wurden sowohl in den Maiswiesen (Bigler *et al.* 1995) als auch bei der Kleeuntersaat (Jones und Clements 1993) Reduktionen mehrerer Krankheiten, Schädlinge (Schnecken, Blattläuse, andere Insekten) und Unkräuter festgestellt. Auch die Buntbrachenstreifen tragen signifikant zur Vielfalt und Anzahl der Insektennützlinge im Feld bei (Lys *et al.* 1994).

In der Land-Forstwirtschaft werden Feldfrucht und Baumproduktion eng kombiniert, indem zum Beispiel Reihen von Bäumen zwischen Feldern angelegt werden (Abb. 4a,b). Auch Tier- und Baumproduktion werden häufig kombiniert (Silvipastoral). Diese Methode des Anbaus ist weltweit verbreitet (vor allem in den Tropen, aber auch in mediterranen Gebieten) und wird seit einigen Jahren auch für unsere mehr kühleren Zonen weiterentwickelt.

Artenmischungen sind jedoch nicht nur in bezug auf Krankheiten und Schädlinge von Nutzen, sondern wirken sich insgesamt positiv auf die Nachhaltigkeit, die Produktivität und die Nährstoffausnutzung des Systems aus. Dabei spielt die Anzahl der Arten, also die **Diversität**, eine entscheidende Rolle. Dies wurde erst kürzlich in einer eindrucklichen Studie von Tilman *et al.* (1996) in Minnesota, USA, demonstriert. Die Forschergruppe fand, dass mit zunehmender Artenvielfalt



Abb. 4. Land-Forst-Wirtschaft in England: Weizenernte in Alleen zwischen Bauholz (a) oder Hasel (b) (Foto: Martin Wolfe).

im Grasland die Produktivität zunimmt und die Stickstoffverluste durch Auswaschung abnehmen.

Die weitere oder gar verstärkte Produktion basierend auf Monokulturen wird unseres Erachtens in Zukunft weder die Produktivität steigern, noch kann sie nachhaltig sein. Im Gegensatz dazu könnte der gezielte Einsatz von genetischer Vielfalt in Kombination mit modernen Managementtechniken sowohl einen Beitrag zur Erhaltung unserer genetischen Ressourcen als auch zur hohen, stabilen und nachhaltigen Produktion leisten.

#### LITERATUR

- Adams M.W., Ellingboe A.H. and Rossman E.C., 1971. Biological uniformity and disease epidemics. *BioScience* 21, 1067-1070.
- Bigler F., Waldburger M. und Frei G., 1995. Vier Maisanbauverfahren 1990 bis 1993. Krankheiten und Schädlinge. *Agrarforschung* 2, 380-382.
- Bioskop, 1995. Ciba. Die sanfte Tour. *Bioskop* 5, 20.
- Czembor H.J. and Gacek E.S., 1996. The use of cultivar and Species Mixtures to Control Diseases and for Yield Improvement in Cereals in Poland. In: Integrated control of cereal mildews and rusts: towards co-ordination of research across Europe. Proc. Workshop COST 817, Zürich 5-10 Nov 1994, Kluwer, Dordrecht, in press.
- Fischbeck G., 1981. Der Wert der Genbanken - Perspektiven für die Pflanzenzüchtung. In: Die Verwendung genetischer Ressourcen im Pflanzenreich. UPOV Publication 336 (G), Genf. 17-29.
- Fowler C. and Mooney P.R., 1990. Shattering: Food Politics, and the Loss of Genetic Diversity. University of Arizona Press, Tucson, Arizona.
- Fried P.M., Winzeler H., Winzeler M., Weilenmann F. und Saurer W. 1991. Sortenmischungen: Stabilität von Ertrag und Qualität. *Landw. Schweiz* 4, 365-368.
- Jeger M.J., Jones D.G. and Griffiths E., 1981. Disease progress of non-specialized fungal pathogens in intraspecific mixed stands of cereal cultivars. II Field experiment. *Ann. Appl. Biol.* 98, 199-210.
- Jones L. and Clements R.O., 1993. Development of a low-input system for growing wheat (*Triticum vulgare*) in a permanent understorey of white clover (*Trifolium repens*). *Ann. Appl. Biol.* 123, 109-119.

Lys J.A., Zimmermann M. and Nentwig W., 1994. Increase in activity, density and species number of carabid beetles in cereals as a result of strip-management. *Entomol. Exp. Appl.* 73, 1-9.

Panse A., Maird F.X., Dennert J., Brunner H. and Fischbeck G., 1994. Yield formation in cereal rich crop rotations and monocultures in an extensive and intensive crop management system. *J. Agron. Crop Sci.* 173, 160-171.

Skadow K., 1990. Theoretische Grundlagen und praktische Nutzung der Sortenmischungsstrategie bei Sommergerste. PhD. Thesis, Humboldt University Berlin, GDR. 166 S.

Tilman D., Wedin D. and Knos J., 1996. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. *Nature* 379, 718-720.

Wolfe M.S., Braendle U.E., Koller B., Limpert E., McDermott J.M., Mueller K. and Schaffner D., 1992. Barley mildew in Europe: population biology and host resistance. *Euphytica* 63, 125-139.

#### RÉSUMÉ

##### Diversité en lieu et place de monocultures pour un avenir sain

Plusieurs dizaines d'années d'une agriculture orientée vers le rendement ont conduit à la monoculture de peu d'espèces et de variétés. L'utilisation d'un nombre réduit de variétés sur de grandes surfaces favorise en particulier le développement des agents pathogènes disséminés par le vent. Nous avons montré, par exemple, qu'un gène de résistance particulier utilisé chez l'orge dans différents pays européens avait été vaincu par de nouvelles espèces pathogènes d'oïdium disséminées à partir d'une source provenant de l'ancienne Tchécoslovaquie. Une solution consiste à utiliser des mélanges de variétés qui diffèrent pour leurs caractéristiques de résistance aux maladies. La valeur des mélanges de variétés a été bien mise en évidence en termes de contrôle de la maladie, d'amélioration des rendements et de leur stabilisation. Des difficultés pratiques demeurent pour l'introduction généralisée des mélanges, bien que la Suisse autorise maintenant l'inscription de variétés multilignées, leur multiplication et leur vente. Il y a aussi un intérêt croissant pour les mélanges

d'espèces, qui présentent des avantages supplémentaires, en particulier parce que la plupart des agents pathogènes ne peuvent s'adapter à plus d'une espèce hôte. Le million d'hectares de mélanges d'espèces céréalières en Pologne en est un exemple. D'autres recherches confirment la valeur des hauts niveaux de diversité au sein d'une culture et entre cultures pour améliorer à la fois la durabilité et la productivité; ceci constitue clairement une voie importante pour le contrôle des maladies.

#### SUMMARY

##### Diversity instead of monoculture for a healthy future

Decades of production-orientated agriculture have led to monoculture of few species and varieties. The use of few varieties over large areas favours particularly the evolution of pathogens spread by the wind. We have shown, for example, that a particular resistance gene used in barley in different European countries was overcome by new races of the mildew pathogen spread from one source in the former CSSR. One solution is to use mixtures of varieties that differ in their disease resistance characters. The value of variety mixtures has been well-proven in terms of disease control, yield gain and yield stability. Practical difficulties remain for the widespread introduction of mixtures, but Switzerland now permits registration of multiline varieties and their multiplication and sale. There is also growing interest in species mixtures, which have further advantages, particularly in that most pathogens cannot adapt to more than one host species. One example is the one million hectares of mixtures of cereal species in Poland. Other research confirms the value of high levels of diversity within and among crops for improving both sustainability and productivity; this is clearly an important way forward for disease control.

**KEY WORDS:** diversity, variety mixtures, species mixtures, genetic erosion, plant disease