

## **Andere Länder – andere Sitten? Feldnagermanagement in tropischen Entwicklungsländern**

Jacob, J.

Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst, Wirbeltierforschung, Topphedeweg 88, 48161 Münster, E-Mail: jens.jacob@jki.bund.de

### **Zusammenfassung**

Feldnager können bei hoher Populationsdichte erhebliche Schäden an Kulturpflanzen verursachen, Infrastruktur schädigen und Krankheitserreger auf den Menschen übertragen. In vielen tropischen Entwicklungsländern sind die Auswirkungen von Schadnagern dramatisch. Vorernte- und Vorratsschäden durch Schadnager wirken sich direkt auf die Versorgung mit Nahrungsmitteln aus und Ernteverluste durch Nager können den Übergang von der Selbstversorgung zur Vermarktung der Überschussproduktion behindern. Durch Nagetier-übertragene Krankheiten, die in Industriestaaten schnell erkannt und erfolgreich behandelt werden, können in Entwicklungsländern dramatische Auswirkungen haben.

Die ökologische Situation in tropischen Agro-Ökosystemen ist komplex und die Anbauverfahren reichen von ausgedehnten Monokulturen (Reis) bis zu kleinräumigen Mischkulturen. In vielen Fällen ist über die Dynamik der Kleinnagerzönose wenig bekannt. Die traditionellen Managementstrategien sind zum Teil von Mythen geprägt und wenig effektiv.

In den letzten 10 Jahren wurde Dank umfangreicher Untersuchungen in Nassreiskulturen Südostasiens ein Managementsystem entwickelt, das ökologischen und ökonomischen Kriterien gerecht wird. Damit können die Probleme durch Feldnager im Vergleich mit dem traditionellen Herangehen in vielen Teilen Südostasiens sowohl umweltfreundlicher als auch kostengünstiger verringert werden.

In anderen tropischen Regionen wie z.B. im Südpazifik ist vergleichsweise wenig über den ökologischen Hintergrund von Problemen mit Schadnagern bekannt und es existieren fast keine Kenntnisse darüber, mit welchen Methoden sich Probleme mit Schadnagern nachhaltig effektiv minimieren lassen. Außerdem erschwert die schlecht entwickelte Infrastruktur isolierter pazifischer Inselgruppen den Zugang für Landwirte und Fachleute aus dem Bereich Pflanzenschutz zu Informationen und Ausrüstung für das Schadnagermanagement. Deshalb sind Schulungen im Bereich Schadnagerökologie und -management wichtig und Managementverfahren müssen sich im Wesentlichen auf Methoden stützen, für die einheimische Materialien zur Verfügung stehen.

An Beispielen aus den Regionen Südostasien und Südpazifik wird in diesem Beitrag dargelegt, welche Feldnager vorkommen und Schäden verursachen. Es wird gezeigt, wie der derzeitige Stand bei der Entwicklung nachhaltiger Nagermanagement-Konzepte unter Einbeziehung der ökologischen, sozialen und ökonomischen Bedingungen ist. Soweit verfügbar, wird auf die Ergebnisse von Managementexperimenten eingegangen und dargestellt, wie Nagetierschäden in tropischen Entwicklungsländern vermindert und das Ökosystem entlastet werden können.

**Stichwörter:** Agro-Ökosystem, Pflanzenschutz, Population, Nager-Management, Regulierung, Rodentizid

### **1. Einleitung**

Etwa 42% aller Säugetierarten gehören zu den Nagetieren. Sie sind die individuen- und biomassereichste Gruppe der Säugetiere, morphologisch und ökologisch hochdivers und sie besiedeln nahezu alle Lebensräume. Nagetiere kommen weltweit auch in Agro-Ökosystemen vor und können bei hohen Populationsdichten erhebliche Schäden hervorrufen. Dazu gehören neben z.T. dramatischen Ernteaussfällen (Caughley and Croft 1994; Mwanjabe et al. 2002; Myllymäki 1977; Singleton 2003) auch Infrastrukturschäden durch die Nage- und Grabaktivitäten der Nagetiere, die zu Schäden an Gebäuden, elektrischen Anlagen sowie Dämmen und Deichen führen können. Zusätzlich bergen viele Nagetierarten Gesundheitsrisiken für den Menschen und seine Haus- und Nutztiere, weil sie Krankheiten wie z.B. Pest, Leptosirose, Hantavirusinfektionen und Tularämie übertragen können (Gratz 1994). Die ökonomischen Auswirkungen Nagetier-übertragener Zoonosen sind nicht bekannt, haben jedoch klare negative Effekte

auf die ökonomischen Verhältnisse von der betroffenen Einzelperson bis hin zur nationalen Ebene (Bonney et al. 2008). Invasive Nagetierarten können im Naturschutz Probleme bereiten, wenn sie einheimische Pflanzen und Tiere verdrängen (Buckle and Fenn 1992).

In Entwicklungsländern besitzen die negativen Auswirkungen von Schadnagern im Pflanzen-, Natur- und Gesundheitsschutz besondere Bedeutung. Dort sind die Nager direkte Nahrungskonkurrenten des Menschen und können zu beträchtlichen Einschränkungen in der Versorgung mit Nahrungsmitteln führen. Auch das Problem der Übertragung von Krankheiten von Nagern auf den Menschen macht sich in Entwicklungsländern wegen unzureichender medizinischer Versorgung besonders bemerkbar. Weitere Folgen starker Nageschäden sind die Erweiterung der Anbaufläche – oft durch die Umwandlung einheimischer Vegetation in Kulturland – und die Schwierigkeiten beim Übergang von der Selbstversorgerwirtschaft zum kommerziellen Anbau von Kulturpflanzen.

Wenn Schäden durch Nager auftreten oder zu befürchten sind, werden die Nagetiere meist mit Rodentiziden oder Fallen bekämpft (Singleton et al. 2007). Beide Methoden sind unspezifisch und nicht-Zielarten können zu Schaden kommen. Mangelnde Spezifität von Management-Techniken ist auch problematisch, weil nicht alle Nager Schädlinge und manche Nagetierarten selten und gefährdet sind. Bis auf wenige Ausnahmen sind in Landwirtschaftsgebieten weltweit nur etwa 5-10% der vorkommenden Nagetierarten für erhebliche Ernteschäden verantwortlich (Singleton et al. 2007).

Selbst Schadarten haben wichtige Funktionen im Agro-Ökosystem. Sie sind die Hauptnahrung für viele Prädatoren wie z.B. die Schleiereule *Tyto alba* und tragen zur Bodenbelüftung, -düngung und Samenverbreitung bei (Boye 1996; Dickman 1999). Die verlassenen Baue der Nagetiere werden von anderen Tieren als Unterschlupf genutzt (Boye 1996).

Viele Faktoren spielen bei der Populationsentwicklung von Nagetieren, ihrem Effekt auf Kulturpflanzen und bei der Auswahl von Managementansätzen eine Rolle. Zu diesen Faktoren gehört die Klimazone, weil wichtige Rahmenbedingungen für das Ökosystem durch die klimatischen Bedingungen bestimmt werden. So ist das Angebot an Nahrung und Futter für Nagetiere von der Entwicklung der Vegetation abhängig und das Nahrungsangebot wiederum hat starken Einfluss auf die Reproduktion und damit auf die Populationsdynamik. Daneben wirken sich agronomische, sozio-kulturelle und politische Aspekte auf den Managementansatz aus. Für die Entwicklung, Testung und Etablierung eines optimalen Nagermanagements im Sinne des nachhaltigen Schadnagermanagements müssen diese Umstände beachtet und zusätzlich zu den Kenntnissen über die Biologie und Ökologie von Ziel- und potenziell betroffenen nicht-Zielarten berücksichtigt werden.

In tropischen Regionen sind Probleme mit Schadnagern permanent hoch. Im Gegensatz zu den gemäßigten Klimazonen kommt es nicht zu Schwankungen in Populationsdichten mit temporären Massenvermehrungen. Einzige Ausnahme sind die Massenvermehrungen bestimmter Bambusrattenarten während der Bambusblüte (Douangboupha and Aplin 2003; Nag 1999). Je nach Bambusart können zwischen diesen Ereignissen viele Jahrzehnte liegen.

Im Folgenden werden Probleme und Lösungsansätze beim Schadnagermanagement in den Tropen dargestellt. An Beispielen aus Südostasien und dem Pazifik wird gezeigt, wie nachhaltiges Nagermanagement in verschiedenen Landwirtschaftssystemen Schäden vermindern und zu Vorteilen für die Ökosystemgesundheit führen kann. Die Betrachtung dieser Beispiele bietet die Möglichkeit, die Suche nach verbesserten Methoden zur Regulation von Nagetierpopulationen voranzutreiben und Forschungsprioritäten zu identifizieren.

## 2. Feldnagermanagement in Südostasien

Reis ist die wichtigste Kulturpflanze in Asien, weil die asiatische Bevölkerung einen Großteil ihres Energiebedarfs durch Reis deckt. Deshalb wird auf andere Kulturen, wie z.B. Ölpalmen und Kokosnüsse, die ebenfalls von Nagetieren in Südostasien geschädigt werden, nicht eingegangen.

Die wichtigsten Feldnagerarten in Südostasien sind Vertreter der Gattung *Rattus* wie z.B. die Reisfeldratte (*R. argentiventer*) sowie der Gattung *Bandicota* einschließlich *Bandicota indica*. In Indonesien dominiert die Reisfeldratte die Kleinsäugerzönose in Reisfeld-Monokulturen (Jacob et al. 2003a) während sich in gemischten Anbausystemen auch andere Arten, wie *R. losea* finden (Brown and Tuan 2005).

In komplexeren Agro-Ökosystemen, z.B. im Hochland von Laos und in Myanmar, finden sich weitere Arten, die große Probleme im Pflanzenschutz verursachen (Singleton et al. 2007).

## 2.1 Nagerschäden in Südostasien

Ernteschäden an Nassreis (bewässerte Reiskulturen) Asiens betragen 30-60 Millionen t im Jahr (Singleton 2003). Dies entspricht einem monetären Verlust von 18-36 Milliarden US\$. Die Schäden sind meist chronisch, und können lokal katastrophal sein, so dass sie unter Umständen zum finanziellen Ruin der betroffenen Landwirte führen. Über die Höhe der Vorratsschäden durch Schadnager in Asien ist fast nichts bekannt, es wird aber davon ausgegangen, dass diese Schäden ähnlich hoch wie die Ernteschäden sind. Ein Indiz dafür bietet Mustaq-Ul-Hassan (1992), nach dessen Angaben jährlich 330 Millionen Tonnen Reis, Mais und Weizen in Pakistan durch Hausratten (*Rattus rattus*) gefressen bzw. verunreinigt werden.

Vorernteverluste durch Reisfeldratten betragen im indonesischen Reisanbau 17% (Geddes 1992). Nur wenig darunter liegen die Werte für China, Laos, die Philippinen und Vietnam (Singleton 2003). Für die meisten Länder Südostasiens liegen zwar keine genauen Schadensschätzungen auf nationaler Ebene vor, jedoch wird von Landwirten und staatlichen Stellen immer wieder betont, dass Nager einer der wichtigsten Landwirtschaftsschädlinge sind. Außerdem gehen die Landwirte davon aus, dass Schadnager die Schädlinge sind, über die sie am wenigsten Kontrolle haben (z.B. Schiller et al. 1999).

Neben den eigentlichen Ernteverlusten und den Vorratsschäden ist ein weiterer Aspekt zu berücksichtigen. Wenn die Anzahl der Pflanzperioden von 2 auf 3 ausgeweitet wird, steigen die Nagerschäden stark an, weil die Brachezeit zwischen den Pflanzperioden zu kurz wird, um den Schadnagerbefall durch Nahrungsentzug/Räuberdruck spürbar absinken zu lassen. Deshalb wird von den Landwirten häufig auf die dritte – technisch mögliche Pflanzperiode – verzichtet. Dieser Verlust wird in der Regel bei Schadensschätzungen nicht berücksichtigt.

## 2.2 Nagermanagement in Südostasien

Die Überhandnahme von Nagetierpopulationen wird in Südostasien in der Regel mit Rodentiziden und Fallenfang reguliert. Die größeren Schadnagerarten werden bejagt und die Baue geflutet oder mit Schwefeldämpfen begast (Abbildung 1a). Kommen Rodentizide zur Anwendung, werden sowohl von den Regulierungsbehörden anerkannte Mittel als auch illegale Wirkstoffe und selbst produzierte Köder benutzt. Die Landwirte sind über die fachgerechte Auswahl und Anwendung von Rodentiziden meist nicht informiert, weshalb die Rodentizide erhebliche Risiken für nicht-Zielarten, die Umwelt und den Menschen darstellen können.

Die Nutzung natürlicher Feinde für die Schadnagerbekämpfung ist problematisch, weil die Vielfalt und Populationsdichte der in Frage kommenden Prädatoren in Landwirtschaftsgebieten gering ist und größere Arten in der Regel intensiv bejagt werden. Im Fall der Bekämpfung schädlicher *Rattus* und *Bandicota* Arten in Thailand ist der Einsatz des Parasiten *Sarcocystis singaporensis* ähnlich effektiv wie konventionelles Management, aber mit einem besseren Kosten-Nutzen Verhältnis verbunden (Jäkel et al. 2006). Der Parasit kann gezüchtet und in Ködern ausgebracht werden und führt bei den Nagern zum Tod. Durch das Anbringen von Nistboxen kann die Schleiereulenpopulation in Reisanbaugebieten unterstützt werden, was möglicherweise positive Auswirkungen auf den Befall mit Schadnagern hat. Dieser potenzielle Effekt wurde jedoch bisher nicht schlüssig nachgewiesen. Es ist unbekannt, ob es tatsächlich zu einer Schadensvermeidung und Ertragsverbesserung kommt, wenn Schleiereulen oder andere Prädatoren gefördert werden (Wood and Chung 2003).

In Indonesien und den Philippinen spannen manche Landwirte stromführende Drähte in Reisplantagen knapp über der Wasseroberfläche. Schwimmen Ratten durch das Reisfeld, erleiden sie einen Stromschlag. Gelegentlich werden Breitbandpestizide mit Altöl vermischt in die Felder gegeben (Abbildung 1b). Wenn sich Schadnager das Fell mit dieser Mischung kontaminieren und anschließend putzen, nehmen sie das Gift auf und verenden. Diese verzweifelten Versuche das Schadnagerproblem in den Griff zu bekommen, zeigen, wie prekär die Situation für Landwirte sein kann und dürften erhebliche Risiken für nicht-Zielarten darstellen.



**Abb. 1** Bekämpfung von Schadnagern im Reisanbau. (a) Begasen von Bauen mit Schwefeldämpfen und (b) Spuren der Anwendung von Pestizid-Altölgemischen zur Bekämpfung von Schadnagern an Reispflanzen.

Im Mekong Delta Südvietnams werden jährlich ca. 3.500 t Ratten durch professionelle Rattenjäger gefangen. Die Verarbeitung der Kadaver und die Vermarktung für den menschlichen Verzehr erfolgt durch Familienbetriebe (Khiem et al. 2003) Auch in Laos und anderen Ländern Südostasiens werden Nager für den menschlichen Verzehr verkauft (Abbildung 2). In Gebieten, in denen Nager für die menschliche Ernährung Verwendung finden, ist besonders darauf zu achten, dass die Tiere nur dort gefangen werden, wo keine Anwendung von Rodentiziden erfolgt.



**Abb. 2** Verkauf von lebenden Nagern der Gattung *Rhizomys* für den menschlichen Verzehr auf einem Markt in Laos.

### 2.3 Nachhaltiges Nagermanagement in Südost-Asien

Nachhaltiges Nagermanagement stützt sich auf fundierte Kenntnisse biologisch-ökologischer und agronomischer Zusammenhänge, auf Umweltbewusstsein und auf soziokulturelle Aspekte, die die Auswahl und Kombination von Managementtechniken maßgeblich beeinflussen. Diese Techniken beinhalten zum Beispiel die Minimierung von Nahrung und Refugien, Fallen- und Barriersysteme, biologische Schädlingsregulation, Repellentien und die fachgerechte Anwendung von Rodentiziden zu bestimmten Zeiten in Schlüsselhabitaten (Jacob et al. 2003b).

Habitatmanagement wird von Landwirten in Südostasien besonders in Refugialhabitaten wie z.B. Feldrändern, den Ufern von Bewässerungskanälen und Wegböschungen genutzt, um Schädnerprobleme zu verringern. Die Anwendung erfolgt im Verbund mit anderen Maßnahmen u.a. der Begasung von Rattenbauen. Eine wichtige Methode im Reisanbau ist die strikte Größenbegrenzung der Erdwälle, die als Abgrenzung zwischen den Reisfeldern konstruiert werden. Bei einer Breite der Wälle von weniger als 30 cm können die Ratten keine Baue anlegen und werden dadurch an der Besiedlung weiter Teile der Anbaufläche gehindert (Singleton et al. 2001).

Das Entwickeln und Erproben optimaler Management-Techniken für die Regulierung von Nagerpopulationen erfordert einen hohen Forschungsaufwand. Dieser Aufwand wurde v.a. in den Reisanbaugebieten Indonesiens, Vietnams und in Laos aber auch in anderen Ländern betrieben (Singleton et al. 1999, Singleton et al. 2003). In Indonesien und in Vietnam kam ein Fangzaun zum Einsatz, der innerhalb der Anbaufläche eine Köderreisepflanzung von etwa 400 m<sup>2</sup> umschließt, die ca. zwei Wochen vor der eigentlichen Anbaukultur gepflanzt wurde (Lam 1988) (Abbildung 3). Der Köderreis ist dadurch weiterentwickelt und für die Ratten attraktiver als die Anbaukultur in der Umgebung. Am Zaun werden die Ratten mit mehrfachfängigen Lebendfallen gefangen. Dadurch können nicht-Zielarten entnommen und freigelassen werden. Die Fangzäune schützen die Reiskultur für die gesamte Vegetationsperiode. Nach der Ernte können die Landwirte die Bestandteile des Zaunsystems rückstandsfrei entfernen und in der folgenden Pflanzzeit wieder verwenden.



**Abb. 3** Barriersystem aus Kunststoffolie zum Fang von Reisfeldratten in Nassreis. Innerhalb der umzäunten Fläche ist eine Köderreisepflanzung angebaut, die zeitig ausreift (gelbe Pflanzen links unten) und Ratten aus der eigentlichen Anbaufläche anzieht. Am Zaunboden sind Löcher, die zu Lebendfallen an der Innenseite des Barriersystems führen, in denen die Ratten gefangen werden (rechts).

Die Anwendung des Fangzauns in Kombination mit anderen Methoden wie Feldhygiene und dem Management von Refugialhabitaten führte in Indonesien zu einem reduzierten Befall von Reisfeldern mit Reisfeldratten. In einer mehrjährigen Untersuchung nahm der Schaden am Reis um 50% ab und die Ernte konnte um 380 kg/ha pro Anbauperiode gesteigert werden (Singleton et al. 2005). Außerdem bewirkten die nachhaltigen Maßnahmen eine deutliche Verringerung der Anwendung von Giften zur Schädnerbekämpfung (Jacob et al. 2005). Das Kosten-Nutzen Verhältnis war im Durchschnitt 1:25 (Streuung von 1 bis 2 - 63) (Singleton et al. 2005).

In einer Parallelstudie in Vietnam konnten die Auswirkungen dieses nachhaltigen Nagermanagements bezüglich der Schäden am Reis und beim Reisertrag nicht reproduziert werden. Es zeigte sich jedoch, dass nachhaltiges Nagermanagement nicht aufwändiger als konventionelles Management ist und sich durch diese Methode die Anwendung von Rodentiziden um ca. 50% vermindern lässt (Brown et al. 2006). Allerdings ist nicht klar, welche Einzelmaßnahmen besonders gut wirken. Deshalb ist es möglich, dass bestimmte Einzelmaßnahmen durchgeführt werden, aber keinen Beitrag am Bekämpfungserfolg haben.

Die Entnahme von Ratten mit den Zaunsystemen ist zumindest bei niedriger Populationsdichte selektiv. In Indonesien wurden vor allem bei geringer Populationsgröße meist junge dispergierende Individuen gefangen, die weniger reproduktive Aktivität als die residenten Tiere in der Umgebung der Fangzäune zeigten (Jacob and Wegner 2005). Dies könnte die weite Schwankung in der Effektivität mit Kosten-Nutzen Verhältnissen von 1:-2 bis 63 erklären. In Vietnam (Brown and Tuan 2005) schien es bei der gleichen Methode jedoch keine Selektivität zu geben. In jedem Fall waren klare Auswirkungen der Anwendung der Zaunsysteme auf die Qualität der Ratten in der Umgebung (Körpergewicht, Reproduktionsaktivität) zu verzeichnen (Brown et al. 2006; Brown and Tuan 2005; Jacob unveröffentlicht), was für einen deutlichen Effekt auf die residente Population spricht.

Damit steht den Landwirten für den Schutz von Nassreis vor Nagerschäden eine simple und umweltfreundliche Technik zur Verfügung. Die Anwendung nachhaltigen Nagermanagements hat in den letzten Jahren in südostasiatischen Ländern wie Myanmar, Indonesien, Vietnam und Laos Eingang in die staatlichen Richtlinien zum Nagermanagement gefunden. Kenntnisse über die wichtigsten Aspekte der o.g. Methoden wurden und werden in Schulungen und durch Broschüren in den jeweiligen Landessprachen sowohl Mitarbeitern der Pflanzenschutzdienste als auch direkt den Landwirten zugänglich gemacht. In Zukunft wird angestrebt, ähnliche Systeme für andere Anbausysteme wie Reisanbau im Streusaatenverfahren und Gemüseulturen zu entwickeln.

Unabhängig von der Methode, die zum Nagermanagement angewendet wird, können Vorhersagemodelle wertvolle Hinweise über die räumliche und zeitliche Notwendigkeit von Gegenmaßnahmen geben. Solche Modelle zielen zum einen auf die Populationsentwicklung der betreffenden Nagerart ab, um beispielsweise die Überschreitung von Schadschwellen vorherzusagen. Zum anderen können auch ökonomische Parameter zur Wirtschaftlichkeit eingehen und die Kosten und Nutzen von Gegenmaßnahmen berücksichtigen. Im Idealfall würden sich Gegenmaßnahmen dann räumlich, zeitlich und wirtschaftlich auf das notwendige Maß beschränken lassen.

### 3. Feldnagermanagement im tropischen Pazifik – am Beispiel des Königreich Tonga

Wie auf den meisten bewohnten südpazifischen Inseln ist die Landwirtschaft auch in Tonga eine der wichtigsten Einkommensquellen (Tabelle 1). Dabei kommt kommerzieller Landwirtschaft gegenüber der Selbstversorgerwirtschaft zunehmend mehr Bedeutung zu. Die wichtigsten Anbaukulturen für die Selbstversorgerwirtschaft sind Obst und Gemüse, im besonderen Knollengemüse (Yams, Manjok, Taro, Süßkartoffeln) und Kokospalmen. Im kommerziellen Anbau werden außerdem z.B. Melonen, Ananas und Squash kultiviert.

**Tab. 1** Übersicht über die Inselgruppen Tongas (MAF Tonga 2002)

Inselgruppe	Fläche (km <sup>2</sup> )	Einwohnerzahl	Haushalte mit Landwirtschaft (%)
Tongatapu	260	66.000	54
Ha'apai	110	8.150	83
'Eua	87	5.000	90
Vava'u	160	16.000	83
Niuas	70	2.500	90

Als Schadnager ist die Polynesische Ratte (*R. exulans*) weit verbreitet. Die Wanderratte (*R. norvegicus*) und die Hausratte (*R. rattus*) kommen ebenfalls auf fast allen Inselgruppen vor (Tabelle 2). Möglicherweise existieren Vorkommen der Hausmaus (*Mus domesticus*) auf einigen Inseln (Gill 1990). Alle auf Tonga vorkommenden Nagetierarten sind als gebietsfremd einzustufen. Alle Arten wurden vom Menschen nach Tonga eingeschleppt. Die Polynesische Ratte gelangte mit der Besiedlung der isolierten pazifischen Inselgruppen durch den Menschen nach Tonga und auf alle anderen Inselgruppen Ozeaniens (Roberts 1991). Dies geschah im Fall von Tonga vermutlich vor etwa 3.000 Jahren (Roberts 1991) während die Besiedlung Neuseelands durch die Polynesische Ratte vor ca. 1.000 Jahren stattfand (Wilmhurst et al. 2008). Die anderen Nagerarten gelangten erst mit der Entdeckung der südpazifischen Inseln durch die Europäer nach Tonga.

**Tab. 2** Vorkommen von Nagetierarten in Tonga

	<i>R. exulans</i>	<i>R. norvegicus</i>	<i>R. rattus</i>	<i>M. musculus</i>
Tongatapu	1	1	1	2
‘Eue’iki	3			
‘Eua	2	1	1	
Ha’apai	4	4	4	
Vava’u	1	1	1	
Mananita	1			
Taula	1			
Lualoli				
Hunga	1	1	1	
Niuatoputapu		1		

1 – (Twibell 1973); 2 – (Gill 1990); 3 – (Rinke et al. 1992); 4 – (Jacob 2008)

Sowohl die Polynesische Ratte (Tabelle 3), als auch *R. rattus* und *R. norvegicus* können die Kleinsäugerzönose dominieren (Twibell 1973). Die drei Arten haben unterschiedliche Habitatansprüche und Konkurrenzstärke (Harper et al. 2005; Yom-Tov et al. 1999), weshalb Anbautyp und Landschaftsfragmentierung die Dominanzverhältnisse dynamisch gestalten.

**Tab. 3** Vorkommen von Schadnagerarten bei Schlagfallenfängen auf 3 tonganischen Inseln im April 2008  
\*Sichtbeobachtung

	<i>R. exulans</i>	<i>R. rattus</i>	<i>R. norvegicus</i>
Tongatapu	78 (94%)	1 (1%)	4 (5%)
Hunga	32 (84%)	4 (11%)	2 (5%)*
Lifuka	34 (77%)	10 (23%)	0

### 3.1 Nagerschäden in Tonga

Auf allen Inselgruppen verursachen Nager erhebliche Schäden in der Landwirtschaft (Pierce 1971; Whelan and Whelan 1971). Landwirte sehen Schadnager als die problematischste Schädlingsgruppe an, weil sie keine wirksamen Bekämpfungsmöglichkeiten zur Verfügung haben (Áli and Kaituú 2008; Jacob 2002). Besonders große chronische Schäden treten auf kleineren Inseln wie Hunga (Vava’u Gruppe) auf. Alle *Rattus* Arten sind auch wichtige Vorratsschädlinge in Tonga. Es gibt Angriffe von Ratten auf Haushühner und zahlreiche Berichte, dass Ratten Kleinkinder in der Nacht beißen. Eine systematische monetäre Quantifizierung von Schäden wurde bisher nicht durchgeführt.

Bisher existieren keine Informationen über die Prävalenz Nagetier-übertragener Krankheiten in Tonga. Gelegentlich treten Fälle von Leptospirose und Angiostrongylose auf (‘Akau’ola 2000), was darauf hindeutet, dass Nager in Tonga Krankheiten auf Menschen und Nutztiere übertragen.

Schadnager in Tonga gefährden die Existenz einheimischer Pflanzen- (Fall et al. 2007; McConkey et al. 2004; Meehan et al. 2005; Wisner et al. 2002) und Tierarten (Houston 2002; Rinke et al. 1992).

Weil die Koprproduktion in der Vergangenheit eine wichtige Einnahmequelle war, beschäftigten sich umfangreiche Erhebungen mit dem Effekt von Schadnagern auf Kokospalmen. Besonders die Polynesische Ratte und die Hausratte schädigen die Kokosnüsse, sobald die Nüsse an den Palmen reif werden (Abbildung 4).



**Abb. 4** Nageschäden an Kokosnüssen.

Schadenserhebungen in diesen Projekten kamen zu dem Schluss, dass Rattenschäden an Kokosnüssen zu bis 80% Verlust führen können (Canter-Visscher 1957; Halafihi 1985). Schäden an Süßkartoffel, Mais und Wassermelone betragen etwa 30% (Twibell 1969). Von ähnlichen Schadenswerten wird auch heute berichtet, wobei die größten Schäden an Kokosnüssen, gefolgt von Wurzelgemüsen und Fruchtbäumen auftreten (Jacob 2008) (Tabelle 4).

**Tab. 4** Ergebnisse einer Umfrage bei Landwirten, Pflanzenschutzberatern und Dorfältesten zu Art und Umfang von Problemen durch Schadnager nach Jacob (2008)

Insel (-gruppe)	Ernteschaden	Vorratsschaden	sonstige Schäden	Management	Wichtigste Schäden
Ha'apai	Kokosnuss	Yams	Verkaufsläden	Schlagfallen (Stadt)	Pflanzenkrankheiten
	Süßkartoffel, Maniok, Erdnuss, Banane, Wassermelone	Ananas, Wassermelone	Handarbeit, Kinder werden gebissen	Rodentizid, Abbrennen von Unkraut	Nager problematisch
Niuatoputapu	Kokosnuss, Ananas, Süßkartoffel, Süße Yams	Süße Yams	Handarbeit, Kinder werden gebissen	Katzen, gelegentlich Fallen	Nager
Niuafu'ou	Kopra, Obst, Taro/giant Taro		Malau ( <i>Megapodius pritchardii</i> ) Küken, Eier, Haushühner, Nahrungsmittel	Fallen, gelegentlich Rodentizide	Nager
Vava'u	Kokosnuss, Süßkartoffel, Maniok, Erdnuss, Ananas	Süßkartoffel, Yams, Wassermelone, Ananas	Feuer in Gebäuden durch Kabelschäden	Rodentizide, Fallen, Giftköder (Fischgift)	
	Hunga	Kokosnuss, Süßkartoffel, Maniok, Paw Paw, Mango	Handarbeit, Kinder werden gebissen, Handarbeit, Infrastrukturschäden an Wohngebäuden	gelegentlich Fallen selten, Rodentizide, Katzen	Nager
'Eua	Kokosnuss, Süßkartoffel, Maniok, Erdnuss, Ananas, Taro	Squash	Handarbeit, Feuer in Gebäuden durch Kabelschäden	Rodentizide, Katzen	Nager problematisch
Tongatapu Central	Kokosnuss, Süßkartoffel, Maniok, Ananas, Kürbis, Mais, Squash		Kinder werden gebissen, Handarbeit, Feuer in Gebäuden durch Kabelschäden	Rodentizide, Fallen, Katzen	Pflanzenkrankheiten
	Tongatapu West	Kokosnuss, Süßkartoffel, Maniok, Ananas, Banane, Squash, Kürbis	Kinder werden gebissen, Handarbeit	Rodentizide, Fallen, Katzen	Pflanzenkrankheiten



### 3.2 Nagermanagement in Tonga

Seit den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts wurden in Tonga etwa alle 10 Jahre von der Regierung Programme durchgeführt, die aus Mitteln der Entwicklungshilfe finanziert wurden (Canter-Visscher 1957; Halafihi 1985; Keyserlingk et al. 1983; Smythe and Bianchi 1966; Twibell 1969; Yamada 1973). In diesen Studien wurden meist Rodentizide angewendet, um Nagerschäden zu minimieren.

Da es in Tonga keine einheimischen terrestrischen Säuger gibt, sind potenzielle Gefahren für nicht-Zielarten nicht so ausgeprägt wie in Südostasien. Das ist auch der Grund, warum die koordinierte Anwendung von Rodentiziden bei einem Programm zur Ausrottung von Ratten auf Maninita Island mit 0,002% Brodifacoum Ködern (Houston 2002) angemessen war. Ziel der Kampagne auf Maninita Island war der Schutz der Brutvogelgelege vor Prädation durch die Pazifische Ratte. Dort, wie auch auf vielen anderen pazifischen Inseln, wurden die eingeschleppten invasiven Nager wegen ihrer negativen Auswirkungen auf endemische Tier- und Pflanzenarten mit Rodentiziden erfolgreich ausgerottet (Howald et al. 2007; Veitch and Clout 2002).

Die GTZ etablierte in den 1980er Jahren ein Projekt, in dem Coumatetralyl (0,0375%) Wachsblockköder weitgehend aus heimischen Rohstoffen durch das Landwirtschaftsministerium Tongas hergestellt wurden. Die Abgabe an Landwirte erfolgte zum Selbstkostenpreis, da importierte Präparate für fast alle Landwirte unerschwinglich sind. Nach Projektende wurde die Produktion jedoch eingestellt.

Neben der Anwendung von Rodentiziden wird versucht, in Kokosnussplantagen durch die Beweidung des Unterwuchses Refugien für Ratten zu beseitigen. So wurde schon von Pierce (1971) darauf hingewiesen, dass Nagerschäden bei beweideten Pflanzungen kleiner als bei nicht beweideten Pflanzungen sind. Durch die Umstellung von reinen Kokosnussplantagen auf ein System mit gleichzeitigem Anbau von Kokosnusspalmen und einer zweiten Kultur (Süßkartoffel, Taro) ist dieses Vorgehen jedoch oft nicht mehr möglich.

Speziell zum Schutz von Kokospalmen vor Nagerschäden eignen sich Metallmanschetten, die an den Stämmen angebracht werden und den Ratten den Zugang zu den Kokosnüssen unmöglich machen (Abbildung 5). Diese Manschetten halten mehrere Jahrzehnte und verhindern nachhaltig Nageschäden (Pierce 1971).



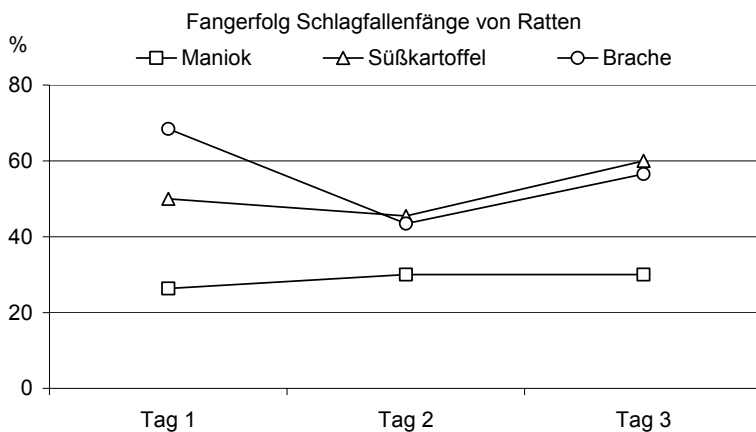
**Abb. 5** Manschetten aus Aluminiumblech an Kokospalmen zur Abwehr von Schadnagern auf dem Gelände der königlichen Residenz Tau'akipulu auf Lifuka, Tonga.

Gelegentlich wenden Landwirte Fallen an oder setzen auf die biologische Bekämpfung mit Hauskatzen (s.a. Tabelle 4). Für beide Methoden ist unbekannt, ob sich Populationseffekte und Auswirkungen auf die Schadensvermeidung ergeben.

### 3.3 Nachhaltiges Nagermanagement in Tonga

In Tonga, wie in den meisten südpazifischen Inselnationen, ist nur wenig über die Biologie und Ökologie der dort vorkommenden Nagetiere bekannt. Die Wissensbasis muss gestärkt werden, um die richtigen Entscheidungen bei der Entwicklung eines nachhaltigen Managementkonzeptes zu treffen.

Die Bewirtschaftung für die Selbstversorgung erfolgt kleinräumig und die Kulturflächen liegen häufig in einer Matrix aus dichtem Wald, der den *Rattus*-Arten als Refugium dient. Wohl deshalb treten *Rattus*-Arten gleichermaßen in Brachen und anderen bodendeckenden Kulturen wie Süßkartoffeln auf, während in Maniok-Pflanzungen mit geringem Unterwuchs weit weniger Ratten vorkommen (Abbildung 6). Rattenschäden sind oft auf wenige Palmen konzentriert, die am Rande der Pflanzungen oder in der Nähe von Obstbäumen wachsen. Diese Umstände sprechen für verbesserte Bedingungen für die Ratten bei hoher Vegetation. Eine Regulierung der Vegetationshöhe ist aber wegen des Anbausystems (gleichzeitiger Anbau von Kokosnusspalmen und Zweitkultur) und der erwähnten Kleinräumigkeit kaum möglich. Deshalb muss auf diesen wichtigen Baustein des nachhaltigen Managements, wie er in Südostasien angewendet wird, in Tonga verzichtet werden.



**Abb. 6** Fangerfolg (% belegte Schlagfallen) für Fänge von *Rattus*-Arten auf Landwirtschaftsflächen Tongatapus (nach Jacob 2008).

Ein wichtiges, weil umweltfreundliches und effektives Element, ist der Schutz von Kokosnusspalmen durch Manschetten um die Palmenstämme. Hier ist staatliches Engagement gefragt, um die Landwirte bei der Anfangsinvestition für Metall und Nägel zu unterstützen oder Möglichkeiten zu finden, die Manschetten aus leicht verfügbaren Materialien (leere Getränkedosen) herzustellen. Das gleiche gilt für die koordinierte Anwendung von geeigneten Rodentizidködern in Köderboxen, die nicht-Zielarten weitgehend ausschließen müssen. Sowohl Rodentizidköder als auch Köderboxen sollten so weit möglich aus preiswerten Komponenten bestehen, die im Land verfügbar sind. Dazu gehören z.B. Maismehl und getrocknete Kokosnuss als Köderbasis und Kokosnüsse sowie die Blattbasen der Palmwedel als Köderboxen. Abgesehen davon, dass diese Bestandteile nicht importiert werden müssen, sind die Ratten mit solchen Materialien vertraut und die Gefahr der Köderscheu gering.

Momentan werden in Tonga mit Unterstützung der FAO sowohl Pflanzenschutzexperten als auch Landwirte geschult und Freilandversuche zur Erprobung der o.g. Managementoptionen durchgeführt. Ähnliche Bestrebungen gibt es in weiteren Inselnationen der Region (Kiribati, Tokelau). Die Ergebnisse dieser Studien werden eine wichtige Grundlage zur Entwicklung nationaler Management-Strategien bei der Eindämmung von Schädnerproblemen in der Landwirtschaft südpazifischer Inseln sein.

#### 4. Fazit

In den letzten Jahren sind beim nachhaltigen Management von Schadnagern in Entwicklungsländern Südostasiens enorme Fortschritte erzielt worden. Dank intensiver Forschungsarbeit und großzügiger Finanzierung v.a. durch Einrichtungen der Entwicklungshilfe konnte ein wirksames Management System für Schadnager in Nassreis entwickelt und getestet werden. Die positiven Auswirkungen dieses Systems (Barriersysteme, Habitatmanagement, gezielte Rodentizidanwendung) auf die Reisproduktion und die Umwelt führten dazu, dass die Verfahren in Ländern wie Indonesien, Vietnam und Laos breite Verwendung finden. In Zukunft sollte der Managementansatz für weitere Kulturen und Anbausysteme angepasst und die Anwendung der Methoden durch frühzeitige Prognosen des Managementbedarfs räumlich-zeitlich optimiert werden.

Bei der Entwicklung nachhaltiger Managementverfahren für Schadnager im Südpazifik besteht in vielen Inselgruppen Forschungsbedarf, um die lokalspezifische Befallsdynamik verschiedener Nagetierarten in unterschiedlichen Kulturen und die daraus resultierenden Schadbilder besser zu verstehen. Die erheblichen Vorernteschäden sowie die Schäden in Lagern und an der Infrastruktur rechtfertigen auf vielen südpazifischen Inseln Engagement beim Schadnagermanagement. Neben dem o.g. Forschungsbedarf ist es notwendig, simple Verfahren zu entwickeln, die mit vor Ort verfügbaren Materialien umzusetzen sind. Dabei müssen Wege gefunden werden, lokale Interessensgruppen und Vertreter der Pflanzenschutzdienste zu schulen und zu motivieren, auch nach der externen Förderung von Maßnahmen Programme zum Nagermanagement selbständig weiterzuführen. Grundlage dafür kann beispielsweise die Fertigung von Schlagfallen, Blechmanschetten und Köderboxen durch lokale Kleinbetriebe sein.

Unregulierte Feldnagerpopulationen wirken nachteilig auf die Ernährungssituation und auf die Human- und Tiergesundheit in Entwicklungsländern. Außerdem können umweltschädliche Bekämpfungsmethoden unerwünschte Umweltwirkung entfalten. Der steigende Bedarf an Biomasse für die Produktion von Nahrungsmitteln und Biokraftstoffen führte in letzter Zeit zu enormen Preissteigerungen von landwirtschaftlichen Produkten. Deshalb wird auch in Entwicklungsländern dem Schutz von Kulturpflanzen vor Schäden durch Nagetiere in Zukunft erhöhte Bedeutung zukommen.

#### Danksagung

Ich danke den vielen Kollegen und Helfern in Indonesien und im Königreich Tonga, die sich an den Freilandarbeiten beteiligten. Die Studien in Indonesien wurden vom Australian Centre for International Agricultural Research und die Erhebungen im Königreich Tonga von der Food and Agricultural Organisation der UNO finanziert. Mein besonderer Dank gilt dem Landwirtschaftsministerium des Königreichs Tonga, das mir die Veröffentlichung der Daten aus den Erhebungen im Jahr 2008 gestattete. A. Esther und S. Walde gaben wertvolle Hinweise zur Verbesserung des Manuskripts.

#### Literatur

- 'Akau'ola, S. (2000). Human leptospirosis in Tonga - case reports. unpublished report.
- Áli, K., Kaituú, S. (2008). Results of the participatory rural appraisal workshops in the islands of Nuapapu and Hunga, Vavaú. SPC/DSAP report, MAFFF, Tonga.
- Bonnefoy, X., Kampen, H., Sweeney, K. (2008). Public health significance of urban pests. WHO, Copenhagen 1-569.
- Boye, P. (1996). Die Rolle von Säugetieren in mitteleuropäischen Ökosystemen. Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 46, 11-18.
- Brown, P.R., Nguyen, P.T., Singleton, G.R., Phi Thi, T.H., Phung, T.H., Dao, T.H., Tran, Q.T., Nguyen, V.T., Jacob, J., Muller, W.J. (2006). Ecologically based rodent management in the real world: applied to a mixed agroecosystem in Vietnam. *Ecological Applications* 16, 2000-2010.
- Brown, P.R., Tuan, N.P. (2005). Compensation of rodent pests after removal: control of two rat species in an irrigated farming system in the Red River Delta, Vietnam. *Acta Oecologica* 28, 267-279.
- Buckle, A.P., Fenn, M.G.P. (1992). Rodent control in the conservation of endangered species. In: Borrecco, J. E., Marsh, R. E., 15. Davis, California, University of California.
- Canter-Visscher, T.W. (1957). A survey on rat damage to coconuts and its effect on yields. Report, Department of Agriculture Tonga.
- Caughley, J., Croft, J.D. (1994). A survey of the MIA mouse plague. *IREC Farmers Newsletter* 144, 28-33.

- Dickman, C.R. (1999). Rodent-ecosystem relationships: a review. In: Singleton, G. R., Hinds, L. A., Leirs, H., Zhang, Z.: Ecologically-based Rodent Management. 113-133.
- Douangboupha, B., Aplin, K. (2003). Rodent outbreaks in the uplands of Laos: analysis of historical patterns and the identity of nuu khii. In: Singleton, L. A. H., Hinds, L. A., Krebs, C. J., Spratt, D. M.: Rats, mice and people rodent biology and management. 103-111.
- Fall, P.L., Drezner, T.D., Franklin, J. (2007). Dispersal ecology of the lowland rain forest in the Vava'u island group, Kingdom of Tonga. *New Zealand Journal of Botany* 45, 393-417.
- Geddes, A.M.W. (1992). The relative importance of pre-harvest crop pests in Indonesia. *Natural Resources Institute Bulletin* 47, 1-70.
- Gill, B. J. (1990). Records of wildlife from Tonga, especially Vava'u. *Records of the Auckland Institute and Museum* 27, 165-173.
- Gratz, N.G. (1994). Rodents as carriers of disease. In *Rodent pests and their control*. A. P. Buckle and R. H. Smith (Eds.), 85-108.
- Halafihi, M. (1985). Report on rat damage survey at the Vava'u group. report, Tongan Department of Agriculture 1-12.
- Harper, G.A., Dickinson, K.J.M., Seddon, P.J. (2005). Habitat use by three rat species (*Rattus* spp.) on Stewart Island/Rakiura, New Zealand. *New Zealand Journal of Ecology* 29, 251-260.
- Houston, D.M. (2002). Eradicating rats from Maninita Island, Vava'u, Kingdom of Tonga. Report to New Zealand Agency for International Development, Tonga Visitors Bureau, Ministry of Land, Survey and Natural Resources, Department of Environment, Kingdom of Tonga, 1-13.
- Howald, G., Donlan, C.J., Galvan, J.P., Russell, J.C., Parkes, J., Samaniego, A., Wang, Y.W., Veitch, D., Genovesi, P., Pascal, M., Saunders, A., Tershy, B. (2007). Invasive rodent eradication on islands. *Conservation Biology* 21, 1258-1268.
- Jacob, J. (2002). Assessment of rodent damage to food crops in the Kingdom of Tonga. Technical report to FAO, 1-22.
- Jacob, J. (2008). Consultancy report - Ecologically-based management of rodents in agro-ecosystems. Report to the Kingdom of Tonga, 1-40.
- Jacob, J., Brown, P.R., Singleton, G.R. (2005). Effectiveness of ecologically based rodent management in southeast Asian rice fields. *Proceedings of the 5th European Vertebrate Pest Management Conference*, 5.-8. September 2005, Budapest, 68.
- Jacob, J., Nolte, D., Hartono, R., Subagja, J., Sudarmaji (2003a). Pre- and post-harvest movements of female ricefield rats in West Javanese ricefields. In: Singleton, L. A. H., Hinds, L. A., Krebs, C. J., Spratt, D. M.: Rats, mice and people rodent biology and management. *ACIAR Monograph Number 96*. 277-280.
- Jacob, J., Sudarmaji, Singleton, G.R. (2003b). Ecologically-based management of ricefield rats on a village scale in West Java experimental approach and assessment of habitat use. In: Singleton, L. A. H., Hinds, L. A., Krebs, C. J., Spratt, D. M.: Rats, mice and people rodent biology and management. *ACIAR Monograph Number 96*. 191-196.
- Jacob, J., Wegner, R. (2005). Does continuous removal of individuals separate high and low quality ricefield rats? *Journal of Wildlife Management* 69, 821-826.
- Jäkel, T., Khoprasert, Y., Promkerd, P., Hongnark, S. (2006). An experimental field study to assess the effectiveness of bait containing the parasitic protozoan *Sarcocystis singaporensis* for protecting rice crops against rodent damage. *Crop Protection* 25, 773-780.
- Keyserlingk, N., Hildebrandt, A. von, Scholz, E. (1983). Assessment of rat damage to coconuts in Tonga and the viability of control. *Pacific Science Congress Proceedings* 15, 246-247.
- Khiem, N.T., Le Q.C., Ho, V.C. (2003). Market study of meat from field rats in the Mekong Delta. In: Singleton, L.A.H., Hinds, L.A., Krebs, C.J., Spratt, D. M.: Rats, mice and people rodent biology and management. *ACIAR Monograph Number 96*, 543-547.
- Lam, Y. M. (1988). Rice as a trap crop for the rice field rat in Malaysia. In: Crabb, A.C., Marsh, R.E.: *Proceedings of the 13<sup>th</sup> Vertebrate Pest Management Conference*. 123-128.
- McConkey, K.R., Drake, D.R., Franklin, J., Tonga, F. (2004). Effects of Cyclone Waka on flying foxes (*Pteropus tonganus*) in the Vava'u Islands of Tonga. *Journal of Tropical Ecology* 20, 555-561.
- Meehan, H.J., McConkey, K.R., Drake, D.R. (2005). Early fate of *Myristica hypargyraea* seeds dispersed by *Ducula pacifica* in Tonga, Western Polynesia. *Austral Ecology* 30, 374-382.

- Mustaq-Ul-Hassan, M. (1992). Population dynamics, food habits, and economic importance of house rat (*Rattus rattus*) in villages and farm houses of central Punjab (Pakistan). Thesis, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan. 1-174.
- Mwanjabe, P.S., Sirima, F.B., Lusingu, J. (2002). Crop losses due to outbreaks of *Mastomys natalensis* (Smith, 1834) Muridae, Rodentia, in the Lindi Region of Tanzania. *International Biodeterioration and Biodegradation* 49, 133-137.
- Myllymäki, A. (1977). Outbreaks and damage by the field vole, *Microtus agrestis* (L.), since the World War II in Europe. *EPPO Bulletin* 7, 177-207.
- Nag, S. (1999). Bamboo, rats and famines: famine relief and perceptions of British paternalism in the Mizo hills (India). *Environment and History* 5, 245-252.
- Pierce, H. (1971). A preliminary report on rat damage to coconuts on Tongatapu. report, MAFF Tonga, 1-33.
- Rinke, D.R., Onnebrink, H., Curio, E. (1992). Miscellaneous bird notes from the Kingdom of Tonga. *Notornis* 39, 201-315.
- Roberts, M. (1991). Origin, dispersal routes, and geographic distribution of *Rattus exulans*, with special reference to New Zealand. *Pacific Science* 45, 123-130.
- Schiller, J.M., Boupha, B.D., Bounaphol, O. (1999). Rodents in Agriculture in the Lao PDR - a Problem with an Unknown Future. In: Singleton, G.R., Hinds, L.A., Leirs, H., Zhang, Z.: *Ecologically-based Rodent Management*. 372-387.
- Singleton, G., Hinds, L., Leirs, H., Zhang, Z. (1999). *Ecologically-based Rodent Management*. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia.
- Singleton, G.R. (2003). Impacts of rodents in rice production in Asia. *IRRI Discussion Paper Series* 45, 1-30.
- Singleton, G.R., Brown, P.R., Jacob, J., Aplin, K., Sudarmaji (2007). Unwanted and unintended effects of culling – a case for ecologically-based rodent management. *Integrative Zoology* 2, 247-259.
- Singleton, G.R., Hinds, L.A., Krebs, C.J., Spratt, D.M. (2003). *Rats, mice and people: rodent biology and management*. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia.
- Singleton, G.R., Sudarmaji, Jacob, J., Krebs, C.J. (2005). An analysis of the effectiveness of integrated management of rodents in reducing damage to lowland rice crops in Indonesia. *Agriculture Ecosystems and Environment* 107, 75-82.
- Singleton, G.R., Sudarmaji, Nguyen, V.T., Boupha, B.D. (2001). Non-chemical control of rodents in lowland irrigated rice crops. *ACIAR Research Notes* 26 9/01, 1-8.
- Smythe, F.A., Bianchi, W.R. (1966). Report on crop damage on Tongatapu. Institute for Technical Interchange.
- Twibell, J. (1969). Rat damage reports at various locations. Report, Tonga Department of Agriculture.
- Twibell, J. (1973). The ecology of rodents in the Tonga Islands. *Pacific Science* 27, 92-98.
- Veitch, C.R., Clout, M.N. (2002). Turning the tide: the eradication of invasive species. In: Proceedings of the international conference on eradication of island invasives. Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission No.27.
- Whelan, P., Whelan, C. (1971). Rodent control research, Vava'u. report, Tongan Department of Agriculture 1-164.
- Wilmhurst, J.M., Anderson, A.J., Higham, T.F.G., Worthy, T.H. (2008). Dating the late prehistoric dispersal of Polynesians to New Zealand using the commensal Pacific rat. *PNAS* 105, 7676-7680.
- Wiser, S.K., Drake, D.R., Burrows, L.E., Sykes, W.R. (2002). The potential for long-term persistence of forest fragments on Tongatapu, a large island in western Polynesia. *Journal of Biogeography* 29, 767-787.
- Wood, B.J., Chung, G.F. (2003). A critical review of the development of rat control in Malaysian agriculture since 1960s. *Crop Protection* 22, 445-461.
- Yamada, R. (1973). Rodent control final report 1972-1973. report, Tongan Department of Agriculture 1-42.
- Yom-Tov, Y., Yom-Tov, S., Moller, H. (1999). Competition, coexistence, and adaptation amongst rodent invaders to Pacific and New Zealand islands. *Journal of Biogeography* 26, 947-958.