

## **Kurz- und längerfristige Stickstoffwirkung nicht separierter und separierter Biogasgärreste zu Weidelgras nach einmaliger und wiederholter Düngung**

S. von Tucher<sup>1</sup>, S. Fouda<sup>1</sup>, F. Lichti<sup>2</sup>, U. Schmidhalter<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Lehrstuhl für Pflanzenernährung TU München, Freising, <sup>2</sup>Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising

### **1. Einleitung**

Eine nachhaltige und umweltschonende Erzeugung von Biogas erfordert den effizienten und verlustarmen Einsatz der Biogasgärreste (BGR) im landwirtschaftlichen Produktionsprozess. Von besonderer Bedeutung sind dabei Kenntnisse über die Wirkung des enthaltenen Stickstoffs. Die chemische Zusammensetzung von BGR kann allerdings sehr variabel sein.

Die Angaben zur N-Düngewirkung von BGR sind widersprüchlich. Das Spektrum reicht von einer fehlenden Ertragswirkung ausgebrachter BGR im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle (Ross et al., 1989) über eine nur leicht über den  $\text{NH}_4\text{-N}$  Anteil hinausgehenden N-Wirkung (Gunnarsson et al., 2010), bis hin zu einer der Mineraldüngung vergleichbaren N-Wiederfindung bei BGR aus Schweinegülle und Reststoffen aus der Lebensmittelindustrie (de Boer, 2008). Im Vergleich zu unvergorener Gülle wird häufig angenommen, dass die N-Wirkung von BGR größer ist, da deren  $\text{NH}_4\text{-N}$  Gehalt höher, deren Gehalt an organischem Kohlenstoff jedoch geringer ist (z. B. Gutser et al., 1987; de Boer, 2008). Zunehmend häufiger werden BGR mechanisch separiert, wodurch sich die Zusammensetzung wie die Gehalte an Trockensubstanz und Kohlenstoff verändern (Bauer et al., 2009).

Die Ausbringung organischer Dünger kann mittel- und langfristig zur Anreicherung von organischem Boden-N führen (Gutser et al., 2005), dessen Mineralisierbarkeit in der Düngung zu berücksichtigen ist.

Da bisher noch kaum Untersuchungen über die kurz- und insbesondere die längerfristige N-Wirkung von BGR unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung aus landwirtschaftlicher Biogasproduktion vorliegen, ist dies Gegenstand der folgenden Untersuchungen.

## 2. Material und Methoden

Es wurden Gefäßversuche (12-L-Ahrgefäße) in drei Böden (Marktschwaben und Dürnast Lu, Mühlfeld Ls) mit Weidelgras (*Lolium perenne* (L.) 'Belcampo' bzw. 'Ivanna') angelegt, das in 5 Wachstumszyklen (je 1-3 Aufwüchse) über etwa 11 bzw. 13 Monate kultiviert wurde. Die Düngung mit den BGR, die zur Vermeidung von  $\text{NH}_3$ -Verlusten sofort eingearbeitet wurden, erfolgte auf der Basis gleicher  $\text{NH}_4^+$ -N-Mengen (300 mg  $\text{NH}_4^+$ -N/Gefäß und Düngung) zu Beginn eines jeden der 5 Wachstumszyklen. Zum Vergleich dienten eine ungedüngte Kontrolle und eine Variante mit 300 mg N als Mineraldünger ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) und im Sortiment 1 eine Rindergülle (RG).

Untersucht wurden in getrennten Experimenten jeweils eine Auswahl an 7 nicht separierten BGR (Sortiment 1: BGR 1 bis 7) bzw. an 7 Dünnsparaten (DS) und den dazugehörigen 7 Feststoffen (FS) nach der Separierung von BGR (Sortiment 2: DS 1 bis 7; FS 1 bis 7). Die BGR stammten aus der Vergärung unterschiedlicher Substrate sowohl durch Cofermentation von Energiepflanzen mit tierischen Ausscheidungen (BGR 1, 3, 5, 7; DS+FS 7) als auch aus der ausschließlichen Vergärung von Energiepflanzen (BGR 2, 6, 8; DS+FS 1 bis 6). Die Hauptsubstratbestandteile im Sortiment 1 waren tierische Ausscheidungen 0-86 %, Maissilage 14-71 %, Klee/Gras 0-100 % und im Sortiment 2 tierische Ausscheidungen 0 bzw. 67 %, Maissilage 15-98 %, Grassilage 0-80 %. Alle BGR stammten aus Anlagen, die in Versuchsprogrammen von der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft betreut werden.

Die BGR wurden auf die Parameter pH-Wert, Gehalt an Trockensubstanz,  $\text{NH}_4$ -N und N<sub>i</sub> (Destillation nach Kjeldahl vor und nach dem Aufschluss mit  $\text{H}_2\text{SO}_4$  konz.) sowie  $C_{\text{org}}$  aus der Differenz zwischen  $C_i$  (Dumas-Verfahren nach Gefriertrocknen) und  $\text{CO}_3$ -C (VDLUFA Methode III, 9.1) untersucht. Für das geerntete Weidelgras wurden der Trockenmasseertrag und der Gehalt an Gesamt-N (Dumas-Verfahren) bestimmt.

## 3. Ergebnisse und Diskussion

### 3.1 Chemische Zusammensetzung der Biogasgärreste

Die chemische Zusammensetzung der BGR wies eine große Streubreite auf (Tab. 1). In den nicht separierten BGR (Sortiment 1) schwankten die Gehalte an

TS zwischen 5,2 und 12,2 %, an  $N_t$  zwischen 0,36 und 0,75 %, an  $NH_4-N$  zwischen 0,20 und 0,51 % und an  $C_{org}$  zwischen 1,77 und 4,75 %, die  $C_{org}:N_{org}$  Verhältnisse lagen zwischen 8,5 und 13,8. Dabei zeigten sich durch die große Schwankungsbreite innerhalb einer Gruppe keine wesentlichen Unterschiede zwischen rein pflanzlichen BGR und solchen aus der Cofermentation mit tierischen Ausscheidungen. Auch innerhalb der DS und innerhalb der FS (Sortiment 2) zeigte sich eine erhebliche Variabilität. Beispielsweise lag der  $N_t$  Gehalt der DS bei den rein pflanzlichen BGR mit 0,53-0,76 genauso hoch wie der der FS. Der  $NH_4-N$ -Gehalt schwankte in den DS zwischen 0,27 und 0,47 % und in den FS zwischen 0,20 und 0,62 %, also fast im gleichen Bereich. Erwartungsgemäß waren die  $C_{org}:N_{org}$  Verhältnisse der FS mit 16,8 bis 30,3 deutlich höher als die der DS mit 6,9 bis 9,8.

Tab. 1: Chemische Zusammensetzung der Biogasgärreste

<b>Sortiment 1: nicht separiert</b>		<b>pH</b>	<b>TS<sup>1</sup></b>	<b><math>N_t</math><sup>1</sup></b>	<b><math>NH_4-N</math><sup>1</sup></b>	<b><math>C_{org}</math><sup>1</sup></b>	<b><math>C_{org}:N_{org}</math></b>	<b><math>NH_4-N/N_t</math></b>
100% Energiepflanzen <sup>2</sup>	min.	8,1	5,2	0,48	0,27	1,77	8,9	0,52
	max.	8,4	12,2	0,72	0,37	4,75	13,8	0,60
Cofermentation	min.	8,1	5,7	0,36	0,20	1,87	8,5	0,55
	max.	8,4	7,4	0,75	0,51	2,15	13,5	0,69
<b>Sortiment 2: separiert</b>								
<b>Dünnseparate</b>								
100% Energiepflanzen <sup>2</sup>	min.	7,7	5,4	0,53	0,27	1,59	6,9	0,44
	max.	8,1	10,2	0,76	0,41	3,46	9,8	0,57
Cofermentation		8,2	7,6	0,51	0,47	1,77	-	0,92
<b>Feststoffe</b>								
100% Energiepflanzen <sup>2</sup>	min.	7,7	22,4	0,53	0,20	9,31	30,3	0,38
	max.	8,8	30,3	0,76	0,36	11,41	27,4	0,48
Cofermentation		7,8	29,9	1,08	0,62	7,56	16,8	0,57

<sup>1</sup> Gehalte in % der Frischmasse

<sup>2</sup> Hauptsubstrate anlagenabhängig: Silomais, Getreideganzpflanzen, Klee/Gras, Körnermais, Getreideschrot, Sudangras

### 3.2 Kurzfristige N-Verfügbarkeit nach einmaliger Ausbringung

Die N-Aufnahme von Weidelgras als Summe der drei Aufwüchse nach einer einmaligen Düngung mit nicht separierten BGR und RG war in beiden untersuchten Böden mindestens so hoch wie die mit mineralischem N Dünger (Abb. 1). Im Boden Marktschwaben lag die N-Aufnahme für die BGR 1, 3 und 7 signifikant über der der Mineraldüngung; im Boden Dürnast traf dies nur für BGR 7 zu. Nicht separierte BGR besaßen also mindestens eine ihrem  $\text{NH}_4\text{-N}$  Gehalt entsprechende kurzfristige N-Verfügbarkeit, was sich mit Ergebnissen von Gunnarsson et al. (2010) und de Boer (2008) deckt.

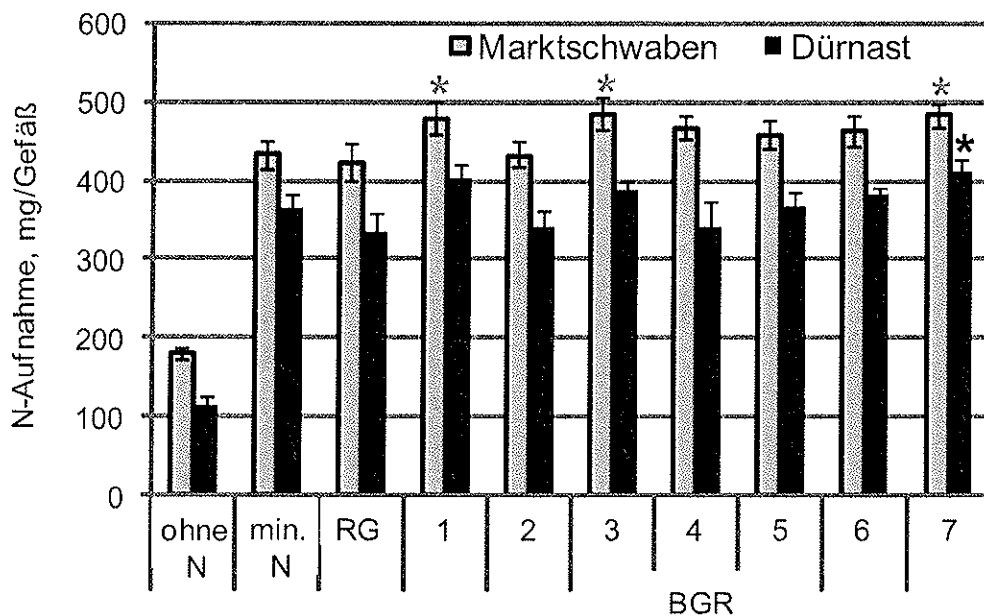


Abb. 1: N-Aufnahme von Weidelgras (3 Aufwüchse) nach der ersten Düngung mit nicht separierten Biogasgärresten (BGR) und Rindergülle (RG) in den Böden Marktschwaben (Lu) und Dürnast (Lu); Fehlerbalken: Standardabweichung, \*: statistisch gesicherter Unterschied ( $p \leq 0,05$ ) zur Mineraldüngervariante (min. N) im jeweiligen Boden

Ein prinzipiell ähnliches Bild zeigten die DS dargestellt im Boden Mühlfeld (Abb. 2). Sie wirkten nach der ersten Ausbringung mindestens wie die Mineraldüngung d. h. entsprechend ihrem  $\text{NH}_4\text{-N}$  Anteil, jedoch nur in einem Fall (DS 2) signifikant besser als diese. Die N-Aufnahme nach der Düngung mit den FS blieb

mit Ausnahme von FS 2 und 7 signifikant unter dem Niveau der Mineraldüngung. Ausgebrachter  $\text{NH}_4\text{-N}$  stand den Pflanzen kurzfristig also nicht zur Verfügung. Im Boden Dürnast zeigte sich ein vergleichbares Bild (nicht dargestellt), wobei die Immobilisierung im Fall der FS eher höher ausfiel.

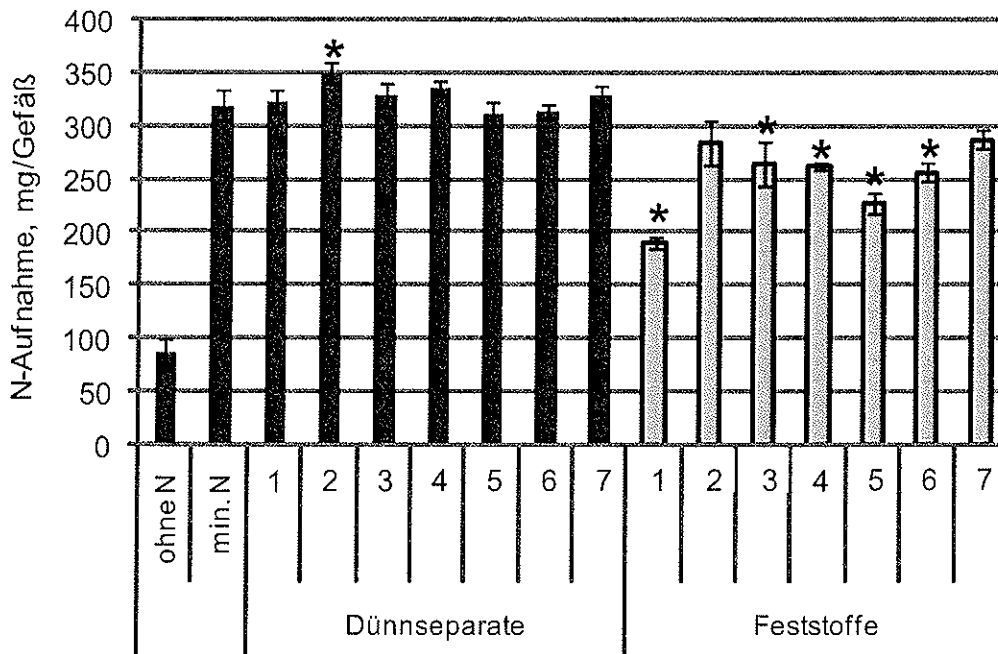


Abb. 2: N-Aufnahme von Weidelgrass (3 Aufwüchse) nach der ersten Düngung mit separierten Biogasgärresten (BGR) im Boden Mühlfeld (Ls); Fehlerbalken: Standardabweichung, \*: statistisch gesicherter Unterschied ( $p \leq 0,05$ ) zur Mineraldüngervariante (min. N)

Nach der ersten Ausbringung bestand eine enge negative Korrelation zwischen der N-Aufnahme von Weidelgrass und dem  $C_{org}:N_{org}$  Verhältnis der BGR. Dies galt jeweils in beiden untersuchten Böden für die nicht separierten BGR ( $r = -0,78^*$  Marktschwaben;  $r = -0,85^{**}$  Dürnast) wie für die separierten BGR ( $r = -0,85^{**}$  Dürnast;  $r = -0,88^{**}$  Mühlfeld). Ähnliche Beziehungen wurden, ebenfalls für BGR, von de Boer (2008) gezeigt.

### 3.3 Längerfristige N-Effekte nach wiederholter Ausbringung

Nach wiederholter, insgesamt fünfmaliger Ausbringung der BGR wies die N-Aufnahme für die meisten BGR zunehmend deutlichere Unterschiede zur der Mine-

raldüngung auf. Als Ursache dafür kommt eine Nachlieferung aus dem organischen N-Anteil der BGR in Frage.

Die scheinbare N-Nachlieferung aus dem  $N_{org}$ -Anteil der organischen Dünger lag nach der 1. Düngung mit nicht separierten BGR zwischen etwa 0 (z. B. BGR 2 und 4) bis 35 % (BGR 7) des ausgebrachten organischen N im Mittel der beiden Böden (Abb. 3). Nach fünfmaliger Düngung stieg die scheinbare  $N_{org}$ -Nachlieferung auf etwa 10 bis 50 % an, wobei diese Zunahme von der 1. zur 5. Düngung für BGR 4 und 6 sowie für die Rindergülle statistisch signifikant war. Die Nachlieferung aus BGR 7 verblieb auf dem hohen Anfangsniveau.

Für die separierten BGR belief sich die scheinbare  $N_{org}$ -Nachlieferung nach einmaliger Düngung von DS auf 0 bis etwa 10 %, nach fünfmaliger Düngung stieg sie auf etwa 30 % des aktuell ausgebrachten  $N_{org}$ . Für die FS lag die scheinbare  $N_{org}$ -Nachlieferung nach einmaliger Düngung im negativen Bereich, nach der 5. Düngung war nur für die FS 4 und 5 eine signifikante Zunahme zu verzeichnen; nur FS 4 erreichte einen positiven Wert von etwa 5 %.

Die Nachlieferung aus dem ausgebrachten  $N_{org}$  schwankte also erheblich je nach BGR und erhöhte sich im Laufe wiederholter Ausbringung z. T. deutlich (z. B. nicht separierter BGR 6), was im Einklang mit den Ergebnissen von Gutser et al. (2005) steht.

#### **4. Zusammenfassende Schlussfolgerungen**

Die Zusammensetzung von Gärresten erwies sich als sehr variabel. Es war kein eindeutiger Bezug zur Zusammensetzung der Ausgangssubstrate erkennbar.

In den unter weitgehender Vermeidung von N-Verlusten durchgeführten Gefäßversuchen wirkten nicht separierte Gärreste und Dünnsparate kurzfristig mindestens entsprechend ihrem  $NH_4$ -N-Gehalt; bei Ausbringung auf der  $N_i$ -Basis ist daher ein hoher Anteil  $NH_4$ -N/ $N_i$  vorteilhaft.

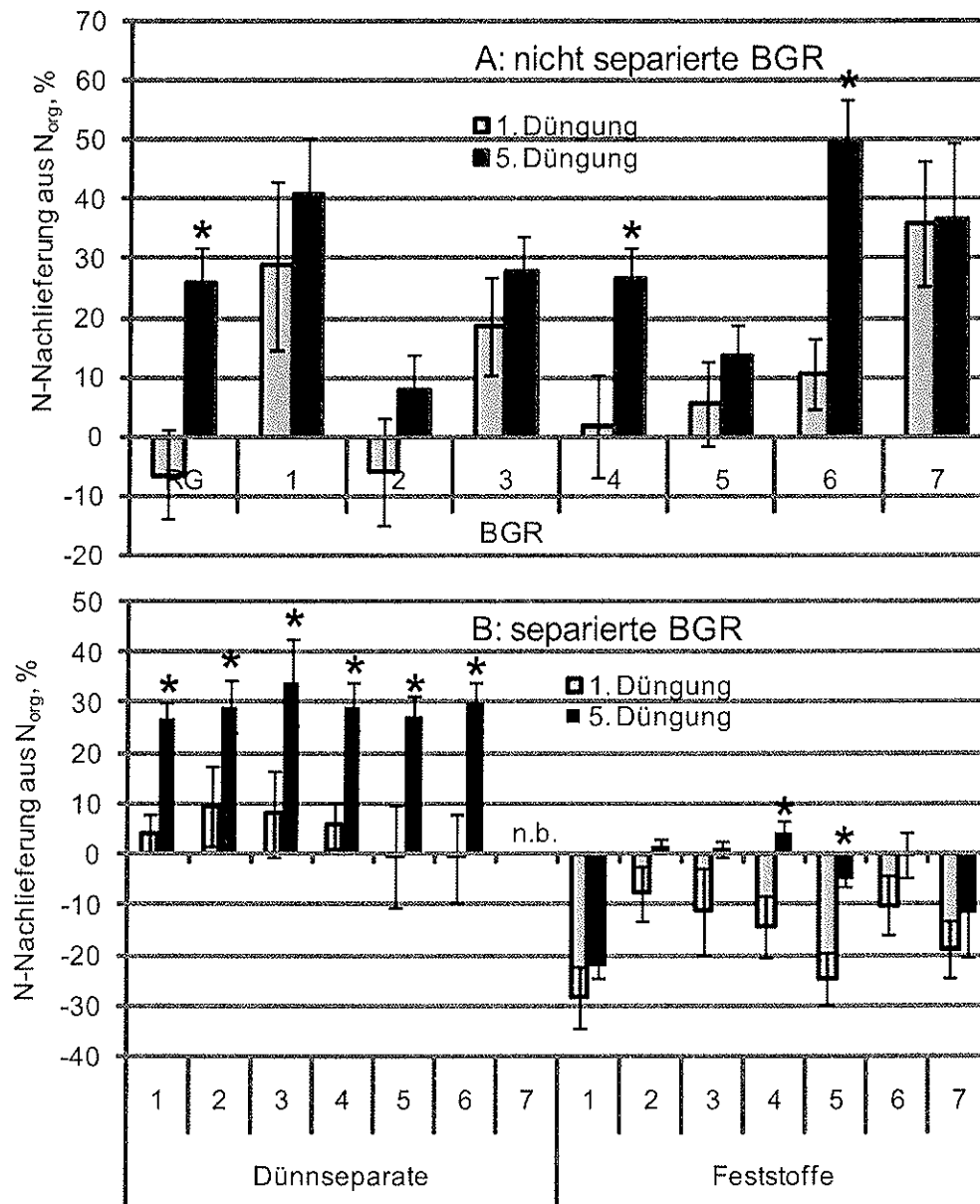


Abb. 3: Scheinbare N-Nachlieferung aus dem ausgebrachten organischen N nach der 1. und 5. Düngung mit nicht separierten und separierten BGR, Mittelwerte der Böden Marktschwaben und Dürnast (A) bzw. Dürnast und Mühlfeld (B);

Fehlerbalken: Standardabweichung, \*: statistisch gesicherter Unterschied ( $p \leq 0,05$ ) zwischen 1. und 5. Düngung, (Scheinbare N-Nachlieferung aus  $N_{org}$ , % =  $(N\text{-Aufnahme}_{org} - N\text{-Aufnahme}_{min}) / N_{org\text{gedüngt}} * 100$ )

Darüberhinaus ließ sich die kurzfristige N-Wirkung mit gewissen Unsicherheiten über das Verhältnis  $C_{\text{org}}:N_{\text{org}}$  der BGR beschreiben. Die kurzfristige N-Freisetzung aus dem organischen N-Anteil war stark abhängig vom Gärrest, konnte aber erheblich sein. Nach der Ausbringung von Feststoffen aus der Separierung kann es zu einer teilweisen Immobilisation des enthaltenen  $\text{NH}_4\text{-N}$  kommen.

Nach wiederholter Anwendung war die N-Freisetzung aus zugeführtem und angereichertem  $N_{\text{org}}$  ebenfalls stark abhängig vom Gärrest (v. a. bei nicht separiertem). Auch Gärreste mit geringerer Anfangswirkung waren zum Teil in der Lage, verstärkt N nachzuliefern.

## 5. Literatur

- Bauer, A., Mayr, H., Hopfner-Sixt, K., Amon, Th., 2009: Detailed monitoring of two biogas plants and mechanical solid-liquid separation of fermentation residues. *Journal of Biotechnology* 142, 56-63.
- De Boer, H.C., 2008: Co-digestion of animal slurry can increase short-term nitrogen recovery by crops. *J. Environ. Qual.* 37, 1968-1973.
- Gunnarsson, A., Bengtsson, F., Caspersen, S., 2010: Use efficiency of nitrogen from biodigested plant material by ryegrass. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 173, 113-119.
- Gutser, R., Amberger, A., Vilsmeier, K., 1987: Wirkung unterschiedlicher Aufbereitung von Gülle im Gefäßversuch zu Hafer und Weidelgras. *VDLUFA-Schriftenreihe* 23, Kongressband, 279-296.
- Gutser, R., Ebertseder, Th., Weber, A., Schraml, M., Schmidhalter, U., 2005: Short-term and residual availability of nitrogen after long-term application of organic fertilizers on arable land. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 168, 439-446.
- Ross, D.J., Tate, K.R., Speir, T.W., Stewart, D.J., Hewitt, A.E., 1989: Influence of biogas-digester effluent on crop growth and soil biochemical properties under rotational cropping. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 17, 77-87.