

## Short Communications / Kort Mededelings

### Laboratoriumondersoek na optimum behandelingskondisies vir enkelvoudige- en kombinasiebehandeling van koringstrooi met ureum en bytsoda

A.A. Brand en S.W.P. Cloete\*

Elsenburg Landbousentrum, Privaatsak, Elsenburg 7607, Republiek van Suid-Afrika

J. Coetzee

Departement Skaap- en Wolkunde, Universiteit van Stellenbosch, Stellenbosch 7600, Republiek van Suid-Afrika

Gedeelte van M.Sc.-tesis aangebied by die Universiteit van Stellenbosch deur AAB

\* Outeur aan wie korrespondensie gerig moet word

Ontvang 4 Januarie 1988; aanvaar 25 Augustus 1988

**Laboratory investigation into optimal conditions for the treatment of wheat straw with urea and caustic soda, exclusively or in combination.** The effect of treating wheat straw with 55 g urea and 45 g caustic soda (exclusively and in combination) per kg straw was investigated in a  $3 \times 2 \times 6$  factorial experiment. The design also included moisture levels of 250 and 400 g  $\text{kg}^{-1}$  straw and treatment periods of 0,  $\frac{1}{2}$ , 1, 2, 4, and 8 weeks. Values for total nitrogen, urea, cell wall constituents (CWC) and *in vitro* organic matter digestibility (IVOMD) were determined. The urea treatment resulted in a fast hydrolysis of urea during the first two weeks, after which the rate of hydrolysis gradually decreased. The combined treatment substantially reduced the rate of urea degradation, probably owing to the inclusion of caustic soda. The rate of urea hydrolysis in the urea and combined treatment was accelerated by the higher moisture level, resulting in a more efficient treatment. The IVOMD of the combined treatment increased sharply during the first week after treatment, whereas the IVOMD of urea ammoniated straw gradually increased over the entire treatment period. The IVOMD of the combined treatment was substantially higher than that of the urea and NaOH treatments. The IVOMD of the caustic soda treated straw peaked immediately after treatment, after which the IVOMD appeared to decline up to and including 8 weeks of treatment. Cell wall constituents of the treated straw decreased as the treatment period increased up to 8 weeks.

Die effek van enkelvoudige- en kombinasiebehandeling van koringstrooi met 55 g ureum en 45 g bytsoda per kg strooi is in 'n  $3 \times 2 \times 6$ -faktoriaaleksperiment ondersoek. Benewens die drie chemiese behandelings het die ontwerp vogpeile van 250 en 400 g  $\text{kg}^{-1}$  strooi en behandelingsperiodes van 0,  $\frac{1}{2}$ , 1, 2, 4, en 8 weke ingesluit. Totale stikstof-, ureum- en selwand(SW)-inhoud sowel as die *in vitro* verteerbare organiese materie-inhoud (IVOMV) van die monsters is bepaal. 'n Vinnige hidrolise van ureum gedurende die eerste twee weke van behandeling is by die enkelvoudige ureumbehandeling verkry waarna die persentasie onveranderde ureum geleidelik afgeneem het. By kombinasie-behandelde strooi is 'n opmerklik stadiger afbraak van ureum waargeneem wat dui op 'n onderdrukking van die ureumhidrolise deur bytsoda. Die tempo van hidrolise van ureum by die

ureum- en kombinasiebehandeling is versnel deur die hoër vogpeil, met 'n gevolglike doeltreffender behandeling. Die IVOMV van die kombinasie-behandelde strooi het skerp gestyg tot 1 week na behandeling waarna dit min of meer konstant gebly het tot by 8 weke na behandeling, terwyl die IVOMV van ureum-behandelde strooi oor die hele behandelingstydperk geleidelik toegeneem het. Die IVOMV van die kombinasie-behandelde strooi was opmerklik hoër as by die enkelvoudige ureum- en bytsodabehandelings. Die IVOMV van die bytsoda-behandelde strooi het direk na behandeling 'n maksimum bereik, waarna dit geneig het om te verswak tot en met 'n behandelingsperiode van 8 weke. Die SW-inhoud van die behandelde strooi het afgeneem met 'n toename van die behandelingsperiode tot 8 weke.

**Keywords:** Caustic soda, *in vitro* digestibility, moisture level, N content, treatment period, urea ammoniation.

Bytsoda en ammoniak is die chemikalieë wat meestal aangewend word vir die opgradering van laegraadse ruvoere. Die belangrikste tekortkoming by bytsoda-teenoor ammoniakbehandeling is dat dit slegs die verteerbare energie-inhoud van ruvoer verhoog, terwyl ammonisering die verteerbare energie- en N-inhoud verhoog. Droë bespuitingsmetodes word meestal vir bytsodabehandeling gebruik (Jackson, 1977). Homb (1984) en Wanapat, Sundstøl & Garmo (1986) het egter bevind dat die deurweking van strooi in 'n oplossing wat 'n kombinasie van bytsoda en ureum bevat, 'n verdere voordelige effek op die voedingswaarde van strooi kan hê.

Die belangrikste faktore wat die doeltreffendheid van ammoniakbehandeling beïnvloed is ammoniakpeil, vogpeil, temperatuur en die behandelingsperiode (Sundstøl & Coxworth, 1984). Dit is egter nie bekend of die optimum behandelingskondisies vir ureumbehandeling ook van toepassing sal wees by die bytsoda- en ureum/bytsoda-kombinasiebehandeling nie. Teen hierdie agtergrond is behandeling van koringstrooi met bytsoda en ureum (afsonderlik en in kombinasie) ondersoek.

Verteenwoordigende strooimonsters is vooraf deur 'n 18mm-sif gemaal. Die monsters is hierna met 'n ureum-oplossing, 'n bytsoda-oplossing en 'n ureum/bytsoda-oplossing behandel om onderskeidelik 55 g ureum  $\text{kg}^{-1}$  strooi, 45 g NaOH  $\text{kg}^{-1}$  strooi en 55 g ureum + 45 g bytsoda  $\text{kg}^{-1}$  strooi te bewerkstellig. Benewens die drie chemiese behandelings is vogpeile van 250 en 400 g  $\text{kg}^{-1}$  strooi ingesluit. Monsters van 200 g elk van die behandelings is na behandeling lugdig verseël in 2000 ml plastiese houers en behandel vir 0,  $\frac{1}{2}$ , 1, 2, 4, en 8 weke. Elkeen van die behandelings is verteenwoordig deur twee duplikate in 'n  $3 \times 2 \times 6$ -faktoriaaleksperiment.

Die monsters is na behandeling tot 'n konstante massa by 59°C gedroog. Die totale stikstof(N)-inhoud (AOAC, 1970), ureuminhoud (Technicon Auto Analyser, 1977), selwand(SW)-inhoud (Van Soest & Wine, 1967) en *in vitro* organiese materiaal verteerbaarheid (IVOMV) (Engels & Van der Merwe, 1967) van die onderskeie monsters is bepaal.

Standaard statistiese analises vir 'n faktoriaalontwerp is gebruik (Snedecor & Cochran, 1967). Weens betekenisvolle interaksies tussen die onafhanklike verander-

- CLOETE, S.W.P. & KRITZINGER, N.M., 1985. A laboratory assessment of various treatment conditions affecting the ammoniation of wheat straw by urea. 2. The effect of physical form, moisture level and prolonged treatment period. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 15, 137.
- ENGELS, E.A.N. & VAN DER MERWE, F.J., 1967. Application of an *in vitro* technique to South African forages, with special reference to the effect of certain factors to the results. *S. Afr. J. agric. Res.* 10, 983.
- FAHMY, S.T.M. & ØRSKOV, E.R., 1984. Digestion and utilization of straw. 1. Effect of different chemical treatments on degradability and digestibility of barley straw by sheep. *Anim. Prod.* 28, 69.
- GROTHER, M.D., GROSS, D.L. & GRIMES, L.W., 1985. Effect of ammonia level and time of exposure to ammonia on nutritional and preservatory characteristics of dry and high-moisture Coastal Bermuda grass hay. *Anim. Feed Sci. Technol.* 14, 55.
- HOMB, T., 1984. Wet treatment with sodium hydroxide. In: Straw and other fibrous by-products. Eds. Sundstøl, F. & Owen, E., Elsevier, Amsterdam, p. 106.
- HORTON, G.M.J., 1981. Composition and digestibility of cell wall components in cereal straws after treatment with anhydrous ammonia. *Can. J. Anim. Sci.* 61, 1059.
- JACKSON, M.G., 1977. Review: The alkali treatment of straws. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2, 105.
- KIANGI, E.M.I., KATEGILE, J.A. & SUNDSTØL, F., 1981. Different sources of ammonia for improving the nutritive value of low quality roughages. *Anim. Feed Sci. Technol.* 6, 377.
- KRITZINGER, N.M. & FRANCK, F., 1981. Die effek van ureuminkuiling op die *in vitro* verteerbaarheid van koringstrooi. *Els. J.* 5, 15.
- OJI, U.I. & MOWAT, D.N., 1979. Nutritive value of thermo-ammoniated and steam-treated maize stover. 1. Intake, digestibility and nitrogen retention. *Anim. Feed Sci. Technol.* 4, 177.
- SHAH, F.H., ZIA-UR-RHEMAN, S.F.H., KHAN, A.D.B. & FIRDOS, T., 1981. Effect of sodium hydroxide and aqueous ammonia on the *in vivo* digestibility of wheat straw. *Pakistan J. Sci. Res.* 24, 111.
- SNEDECOR, G.W. & COCHRAN, W.G., 1967. Statistical methods (6th edn.). The Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.
- SUNDSTØL, F. & COXWORTH, E.M., 1984. Ammonia treatment. In: Straw and other fibrous by-products. Eds. Sundstøl, F. & Owen, E., Elsevier, Amsterdam, p. 196.
- TECHNICON AUTO ANALYSER, 1977. Industrial method no. 334-74 W/B Tarrytown, New York.
- VAN SOEST, P.J. & WINE, R.H., 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell wall constituents. *J. Assoc. Off. Agric. Chem.* 50, 50.
- WANAPAT, M., SUNDSTØL, F. & GARMO, T.H., 1986. A comparison of alkali treatment methods to improve the nutritive value of straw. I. Digestibility and metabolizability. *Anim. Feed Sci. Technol.* 12, 295.
- WILLIAMS, P.E.V., INNES, G.M. & BREWER, A., 1984. Ammonia treatment of straw via the hydrolysis of urea. II. Addition of soyabean (urease), sodium hydroxide and molasses; effects on the digestibility of urea-treated straw. *Anim. Feed Sci. Technol.* 11, 115.
- WILKINSON, J.M., 1984. Ensiling with sodium hydroxide. In: Straw and other fibrous by-products. Eds. Sundstøl, F. & Owen, E., Elsevier, Amsterdam, p. 181.

likes (Tabel 1) is die verskille tussen die gemiddeldes nie vir betekenisvolheid getoets nie. Die statistiese model het meer as 98,6% van die variasie in totale N- en ureuminhoud verklaar, en dus word die betekenisvolle driefaktor-interaksies vir totale N- en ureuminhoud minder belangrik geag, en nie bespreek nie. Daar word gekonsentreer op betekenisvolle tweefaktor-interaksies, en veral die interaksie tussen tipe behandeling en behandelingsperiode, wat grafies voorgestel word vir totale N-, ureum- en IVOMV-inhoud.

**Tabel 1** Aantal vryheidsgrade (Vg), gemiddelde som van kwadrate (GSK) en peil van betekenisvolheid van die statistiese ontleding van totale N-, ureum-, IVOMV- en SW-inhoud van behandelde strooi

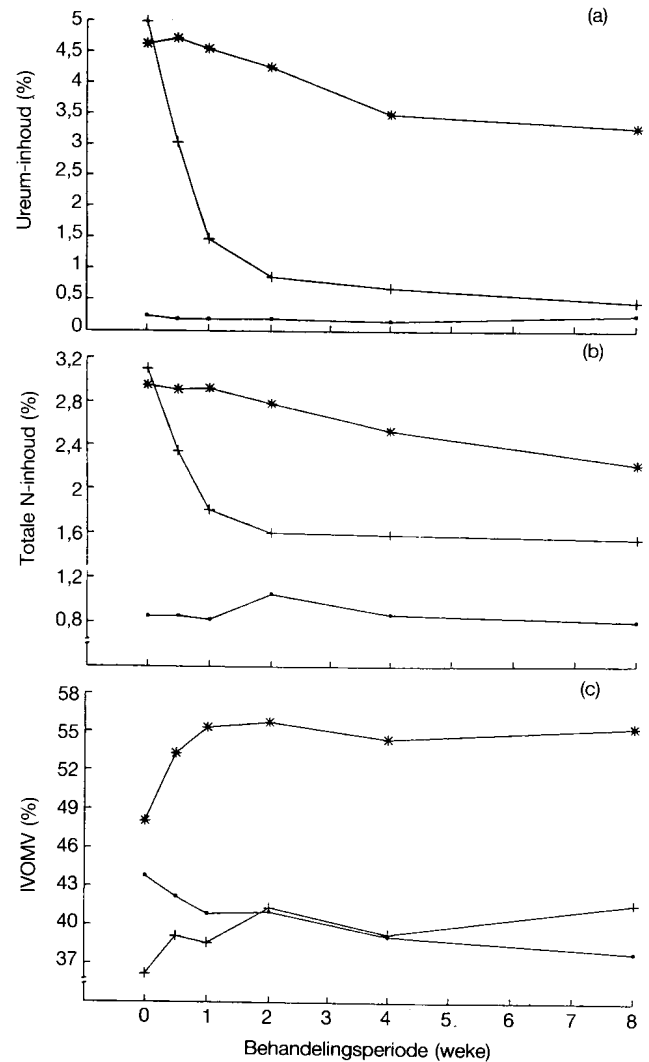
Bron	Vg	Totale N	Ureum	IVOMV	SW
Onafhanklike veranderlikes:					
		GSK	GSK	GSK	GSK
Behandeling (B)	2	20,59 **	93,66 **	1488,89 **	545,29 **
Vogpeil (V)	1	1,13 **	7,93 **	34,65 **	45,95 **
Behandelingsperiode (P)	5	0,91 **	6,77 **	14,69 **	14,66 **
Interaksie:					
B × V	2	0,13 **	2,69 **	79,27 **	3,49
B × P	10	0,48 **	3,61 **	26,15 **	1,79
V × P	5	0,07 *	0,35 **	7,34 *	5,89 *
B × V × P	10	0,09 **	0,57 **	3,29	1,57
Fout	36	0,02	0,03	2,93	2,31

\*  $P \leq 0,05$ .

\*\*  $P \leq 0,01$ .

Tipe behandeling, vogpeil en behandelingsperiode het 'n hoogs betekenisvolle ( $P \leq 0,01$ ) effek op die totale N- en ureuminhoud gehad. Totale N-inhoud van bytsoda-, ureum- en ureum/bytsoda-behandelde koringstrooi was onderskeidelik 0,86, 3,10 en 2,95% direk na behandeling (oor vogpeile). Die tweefaktor-interaksies van tipe behandeling en behandelingsperiode vir die totale N- en ureuminhoud word grafies voorgestel in Figuur 1. Omdat bytsoda geen N bevat nie, het die totale N- en ureuminhoud van die bytsoda-behandelde koringstrooi onveranderd gebly met toename van behandelingsperiode. Die skerp daling in die persentasie totale N en onveranderde ureum (vanaf 3,09 tot 1,6% en 5,0 tot 0,86%, onderskeidelik) gedurende die eerste twee weke na ureumbehandeling, dui op 'n vinnige hidrolise van ureum oor dié periode. Hierdie afbraak van ureum binne die eerste twee weke van behandeling by die ureum-behandelde koringstrooi is in ooreenstemming met die resultate van Kritzinger & Franck (1981) en Williams, Innes & Brewer (1984). Totale N- en ureuminhoud het hierna vanaf 2- tot 8-weke-behandeling 'n geringe verdere daling getoon (vanaf 1,6 tot 1,5% en vanaf 0,86 tot 0,48%, onderskeidelik). By die kombinasiebehandelde koringstrooi is 'n opmerklik stadiger afbraak van ureum waargeneem tot 8 weke na behandeling, wat weerspieël word in 'n geleidelike verlaging in

totale N en ureum. Die totale N-inhoud is vanaf 0 tot 8 weke verlaag vanaf 2,95 tot 2,21%. Dit blyk dus dat die tempo van hidrolise van ureum deur bytsoda vertraag is en dat die hoë N-inhoud van die strooi wat met ureum en bytsoda in kombinasie behandel is, grootliks aan onafgebroke ureum toegeskryf moet word.



**Figuur 1** Ureuminhoud (a), totale N-inhoud (b), en IVOMV (c) van ureum(+—+)-, NaOH(●—●)- en ureum + NaOH(\*—\*)-behandelde koringstrooi by toenemende behandelingsperiodes.

Daar is geen ooreenstemmende resultate in die literatuur om die huidige resultate mee te vergelyk nie. Geen voor-die-handliggende oorsaak vir die stadiger afbraak van ureum in die kombinasiebehandeling is tans bekend nie.

Soos voorheen ondervind (Cloete & Kritzinger, 1984; 1985), was hidrolise van ureum op die hoër vogpeil vinniger en meer doeltreffend, wat in 'n betekenisvolle vogpeil × behandelingsperiode-interaksie gereflekteer word (Tabel 1). Uit die interaksie van tipe behandeling met vogpeil blyk dit dat die vogpeil by die bytsoda-behandeling, om verstaanbare redes, geen effek gehad het op ureum- asook N-inhoud nie. Tempo van ureumhidrolise is by die ureum- en kombinasiebehandeling

versnel by die hoër vogpeil. Die vinniger en meer doeltreffende ammoniseringsreaksie by hoër vogpeile is in ooreenstemming met meeste bronne in die literatuur (Cloete & Kritzing, 1984; Williams, *et al.*, 1984).

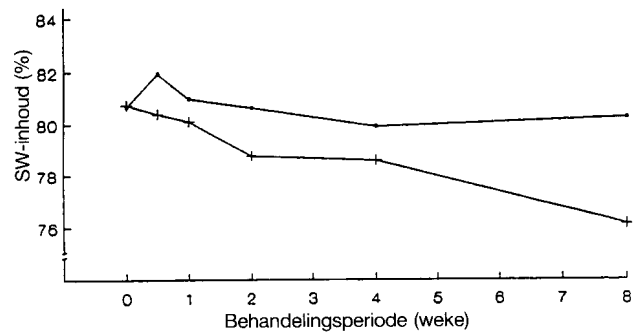
Doeltreffendheid van ammonisering is betekenisvol ( $P \leq 0,01$ ) beïnvloed deur tipe behandeling, vogpeil en behandelingsperiode. Die gemiddelde IVOMV van bytsoda-, ureum- en kombinasie-behandelde koringstrooi na 8-weke-behandeling was onderskeidelik 12,7, 19,5 en 59,0% hoër as by die onbehandelde koringstrooi (34,6%). Ten opsigte van bytsoda- en ureumbehandelde strooi is hierdie waardes laer as die verwagte waardes. By die bytsoda-behandelde strooi het die strooi na 2-weke-behandeling tekens van muf getoon, wat moontlik die IVOMV kon verlaag het.

Die tipe behandeling  $\times$  behandelingsperiode-interaksie ( $P \leq 0,01$ ; Tabel 1) aangedui in Figuur 1, toon dat 'n doeltreffender behandeling verkry is waar die koringstrooi gelyktydig met ureum en bytsoda behandel is. Die IVOMV van die kombinasie-behandelde strooi het skerp gestyg tot een week na behandeling waarna dit konstant gebly het tot agt weke na behandeling. Die additiewe behandelingseffek wat verkry is by die kombinasie-behandeling is ooreenstemmend met die resultate van Shah, Zia-ur-Rehman, Khan & Firdos (1981) en Fahmy & Ørskov (1984) in laboratoriumstudies. Die verlaging van IVOMV van die bytsoda-behandelde strooi by 'n langer behandelingsperiode is in teenstelling met die mening van Wilkinson (1984) dat doeltreffendheid van bytsodabehandeling sal verbeter indien die behandelingsperiode verleng word. Afname in IVOMV van die bytsodabehandeling kan toegeskryf word aan die muf van die strooi, wat toegeneem het met 'n toename in behandelingsperiode. By die ureum-behandelde koringstrooi is 'n meer geleidelike verhoging van die IVOMV met tyd verkry.

Na aanleiding van die interaksie van tipe behandeling met vogpeil ( $P \leq 0,01$ ; Tabel 1) het vogpeil geen effek gehad op die doeltreffendheid van bytsodabehandeling nie. Verhoging van die vogpeil vanaf 250 tot 400 g kg<sup>-1</sup> strooi by ureum- en kombinasie-behandelde strooi het 'n verhoging in die doeltreffendheid van ammonisering teweeggebring. 'n Meer doeltreffende ammonisering by hoër vogpeile word algemeen in die literatuur gerapporteer (Oji & Mowat, 1979; Kiangi, Kategile & Sundstøl, 1981; Cloete & Kritzing, 1984; Sundstøl & Coxworth, 1984).

Volgens Tabel 1 is die SW-inhoud hoogs betekenisvol ( $P \leq 0,01$ ) beïnvloed deur tipe behandeling, vogpeil en behandelingsperiode. Selwandinhoud toon 'n verlaging by die drie tipes behandelde strooi in vergelyking met onbehandelde strooi van onderskeidelik 7,6, 3,5, en 11,3%. Die meeste navorsers is dit eens dat die SW-inhoud verlaag met ammonisering (Oji & Mowat, 1979; Horton, 1981).

Die interaksie tussen vogpeil en behandelingsperiode was betekenisvol ( $P \leq 0,05$ ) t.o.v. SW-inhoud. Volgens Figuur 2 is die SW-inhoud van strooi behandel by 40% vog verlaag tot by 8-weke-behandeling, terwyl daar nie 'n opmerkbare afname by die strooi was wat by 25% vog



**Figuur 2** SW-inhoud van behandelde koringstrooi behandel by vogpeile van 250 g kg<sup>-1</sup> (●—●) en 400 g kg<sup>-1</sup> (+—+) strooi by toenemende behandelingsperiodes.

behandel is nie. Hierdie resultate is in ooreenstemming met die resultate van Cloete & Kritzing (1984; 1985). Grotheer, Gross & Grimes (1985) rapporteer ook dat die SW-inhoud van geammoniseerde Bermudagrass-hooi met 'n hoër voginhoud laer was as by die droë hooi.

Vanuit die IVOMV-resultate blyk dit dat koringstrooi wat teen die peile in die onderhawige ondersoek met 'n kombinasie van ureum en bytsoda behandel word, reeds na 'n betreklik kort behandelingsperiode van een week gereed is vir gebruik. Behandeling teen die 40% vogpeil het 'n besliste voordeel ingehou bo die 25% peil. Die IVOMV van die kombinasie-behandelde koringstrooi was na 8-weke-behandeling onderskeidelik 33,1 en 41,1% hoër as by die enkelvoudige ureum- en NaOH-behandelings. Die voordelige effek van die kombinasie-behandeling bo albei enkelvoudige behandelings is verkry ten spyte van 'n oënskynlike onderdrukking in die hidrolise van ureum. Vertraging van hidrolise van ureum kan egter voordelig wees wanneer behandeling oor 'n baie lang periode toegepas word en voortdurende beskikbaarheid van NH<sub>3</sub> vir preservering noodsaaklik is. Toepassing van die kombinasiebehandeling in die praktyk sal afhang van die behandelingsvoordeel wat verkry word teenoor die ekstra behandelingskoste. Verdere navorsing is nodig waar die twee chemikalieë teen lae peile in kombinasie gebruik word, en die moontlikheid ondersoek word om 'n goedkoper en steeds doeltreffender behandeling te verkry as met 'n enkelvoudige ureum- of bytsodabehandeling.

Die outeurs spreek hul opregte dank uit teenoor Mnr F. Franck en sy laboratoriumpersoneel vir die voorbereiding en ontleding van monsters.

### Verwysings

- AOAC, 1970. Official methods of analysis (11th edn.). Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- CLOETE, S.W.P. & KRITZINGER, N.M., 1984. A laboratory assessment of various treatment conditions affecting the ammoniation of wheat straw by urea. 1. The effect of temperature, moisture level and treatment period. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 14, 55.