



DGCI

DGIS

SOMMAIRE - INHOUD - SUMARIO

ARTICLES ORIGINAUX/OORSPRONKELIJKE ARTIKELS/ARTICULOS ORIGINALES

Preliminary Investigation into Tree Dryness and Latex Parameters in <i>Hevea brasiliensis</i> (Wild. ex ADR. De Juss) Muell. Arg. by Path Analysis of Tree Dryness and Latex Parameters Etude préliminaire du tarissement de l'encoche de saignée chez <i>Hevea brasiliensis</i> (Wild. ex ADR. De Juss) Muell. Arg. par établissement de régressions linéaires entre les paramètres du tarissement des arbres et de la production de latex Preliminaire studie van het droogvallen <i>Hevea brasiliensis</i> (Wild. ex ADR. De Juss) Muell. Arg. door regressie analyse van droogvallen en latex productie parameters Estudio preliminar de la desecación de la entalladura de sangría del <i>Hevea brasiliensis</i> (Wild. ex ADR. De Juss) Muell. Arg. por establecimiento de regresiones lineales entre los parámetros de sequedad de los árboles y de producción de látex K.O. Omokhame 1	1
Evaluation of Sweet Potato Clones for Resistance to <i>Cylas puncticollis</i> Boheman (Coleoptera : Apionidae) in Sierra Leone Evaluation de la résistance des clones de patate douce à <i>Cylas puncticollis</i> Boheman (Coléoptère : Apionidae) au Sierra Leone Evaluatie van de weerstand van klonen van de zoete aardappel tegen <i>Cylas puncticollis</i> Boheman (Coleopterus : Apionidae) in Sierra Leone Evaluación de la resistencia de clones de patata dulce a <i>Cylas puncticollis</i> Boheman (Coleoptera: Apionidae) en la Sierra Leone A.M. Alghali & W.W. Munde 5	5
Etude comparée des performances pondérales des chèvres naines de Guinée supplémentées au <i>Leucaena leucocephala</i> , au <i>Gliricidia sepium</i> ou au tourteau de coton dans l'Ouest Cameroun Vergelijkende studie van de gewichtsgroei van Guineese dwerggeiten in West-Kameroen bijgevoeders met <i>Leucaena leucocephala</i> , <i>Gliricidia sepium</i> , en katoenzaadschroot Estudio comparado de resultados ponderados de cabras enanas de Guinea suplementado al <i>Leucaena leucocephala</i> , au <i>Gliricidia sepium</i> o al borujo de algodón en el oeste del Camerún E. Tedonkeng Pamo, T.B.A. Kennang & M.V. Kangmo 10	10
Strategy of Utilization of Locally Available Crop Residues and By-Products for Livestock Feeding in Tunisia Stratégie d'utilisation des résidus de récolte et des sous-produits locaux pour l'alimentation des ruminants en Tunisie Gebruiksstrategie van oogstresiduen en lokale bijproducten in de voeding van herkauwers in Tunesië Estrategia de utilización de residuos de cosecha y de subproductos locales para la alimentación de rumiantes en Túnez Aziza Moujahed-Raach, N. Moujahed & C. Kayouli 15	15
An Assessment of Some Fertilizer Recommendations under Different Cropping Systems in a Humid Tropical Environment Evaluation de quelques recommandations d'engrais sous divers systèmes de cultures dans un milieu tropical humide Evaluatie van enkele voorschriften van meststoffen in verschillende teeltsystemen in een vochtig milieu Evaluación de algunas recomendaciones de utilización de abonos en diferentes sistemas de cultivos en medio húmedo. E.Y. Fondufe, A. E. Eneji, A.A. Agboola, S. Yamamoto & T. Hon 21	21
Plantes sauvages à usages artisanaux chez les Pygmées Mbuti de la forêt de l'Ituri (République Démocratique du Congo) Wilde planten met ambachtelijk gebruik bij Mbuti Pygmeeën van het Ituriwoud (Democratische Republiek Congo) Plantas salvajes a usos artesanales dentro de los Pigmeos Mbuti de la selva del Ituri (República Democrática del Congo). M. Kahindo, J. Lejoly & M. Mate 28	28
Rhipicephalus appendiculatus burdens on Cattle in Relation to Age and Sex of the Host Charges de Rhipicephalus appendiculatus en fonction d'âge et sexe de l'hôte bovine Rhipicephalus appendiculatus aantallen op runderen in functie van leeftijd en geslacht van de gastheer Cargas de Rhipicephalus appendiculatus en función de la edad y sexo del huésped bovino H. Chungu, N. Speybroeck, R.G. Pegram & D.L. Berkvens 34	34
Etude de comportement de sept variétés et trois lignées de piment (<i>Capsicum annum</i> L.) cultivées en serre froide : Tendence à la parthénocarpié Studie van het gedrag op zeven variëteiten en drie geslachten van peper (<i>Capsicum annum</i> L.) in koude serres : neiging tot parthenocarpié Estudio de comportamiento de siete variedades y tres especies de pimiento piment (<i>Capsicum annum</i> L.) cultivadas en invernaderos fríos : tendencia a la partenocarpié N. Tarchoun 37	37
NOTES TECHNIQUES/TECHNISCHE NOTA'S/NOTAS TECNICAS	
Microgreffage de quatre espèces ligneuses sahéliennes (<i>Acacia senegal</i> , <i>Faidherbia albida</i> , <i>Tamarindus indica</i> et <i>Ziziphus mauritiana</i>) en vue de leur rajeunissement Micro-enting van vier ligninerijke Sahel species (<i>Acacia senegal</i> , <i>Faidherbia albida</i> , <i>Tamarindus indica</i> et <i>Ziziphus mauritiana</i>) met het oog op verjonging Micro-injertos de cuatro especies leñosas saheléneas (<i>Acacia senegal</i> , <i>Faidherbia albida</i> , <i>Tamarindus indica</i> et <i>Ziziphus mauritiana</i>) con miras a su rejuvenecimiento P. Danthu, B. Hane, M. Touré, P. Sagna, M. Sagna, S. Bâ, Marie-Anne de Troyer & P. Soloviev 43	43
BIBLIOGRAPHIE/BOEKBESPREKING/BIBLIOGRAFIA 48	48

English contents on back cover

The opinions expressed, and the form adapted are the sole responsibility of the author(s) concerned
Les opinions émises et la forme utilisée sont sous la seule responsabilité de leurs auteurs
De geformuleerde stellingen en de gebruikte vorm zijn op de verantwoordelijkheid van de betrokken auteur(s)
Las opiniones emitidas y la forma utilizada conciernen únicamente la responsabilidad de los autores

ARTICLES ORIGINAUX

OORSPRONKELIJKE ARTIKELS

ORIGINAL ARTICLES

ARTICULOS ORIGINALES

Preliminary Investigation into Tree Dryness in *Hevea brasiliensis* (Wild. Ex Adr. De Juss) Muell. Arg. by Path Analysis of Tree Dryness and Latex Parameters.

K. O. Omokhame*

Keywords: Hevea – Tree dryness – Latex parameters



Summary

The correlative path analysis between tree dryness and four latex parameters was studied in eleven clones of *Hevea brasiliensis*. The latex parameters used for evaluation were initial volume, initial flow rate, final volume and plugging index with tree dryness as the dependent factor. Estimates of direct and indirect effects of each of the latex parameters on tree dryness were calculated through linear correlation and path analysis.

The correlation coefficient between initial volume and initial flow rate was 1.00 and both characters had the same correlation coefficients with other latex parameters and tree dryness. This implies that initial volume and initial flow rate are alternatives for evaluation of correlation between latex parameters and tree dryness.

There was significant correlation between initial volume, initial flow rate and tree dryness at $r = -0.52$ and high indirect effect of initial volume and initial flow rate through final volume. In addition, despite the low correlation coefficient of $r = -0.20$ between final volume and tree dryness, the direct effect of final volume on tree dryness was high at 0.812. Final volume is therefore an important factor in the incidence of tree dryness.

Résumé

Etude préliminaire du tarissement de l'encoche de saignée chez *Hevea brasiliensis* (Wild. Ex Adr. De Juss) Muell. Arg. par établissement de régressions linéaires entre les paramètres du tarissement des arbres et de la production de latex

Cette étude évalue les corrélations, établies par régression linéaire entre le tarissement des arbres (facteur dépendant) et quatre composantes du rendement en latex (volume initial, taux de saignée initial, volume final et l'index d'obturation de l'encoche) chez onze clones d'*Hevea brasiliensis*. Les résultats obtenus montrent que le coefficient de corrélation entre le volume initial et le taux de saignée initial s'élevait à 1. Ces deux paramètres ont donné les mêmes coefficients de corrélation avec les autres paramètres relatifs à la production du latex et au tarissement de l'encoche de saignée. Le volume initial et le taux de saignée initial constituent donc des alternatives pour l'évaluation de corrélations entre les composantes du rendement en latex et le tarissement de l'encoche de saignée. Une corrélation négative ($r = -0,52$) a été observée entre, d'une part, le volume initial, le taux de saignée initial, le dessèchement de l'encoche de saignée, et d'autre part, le volume initial, le taux de saignée initial et le volume final. Bien que le coefficient de corrélation entre le volume final et le tarissement de l'encoche de saignée ne soit pas élevé ($r = -0,20$), un effet direct a été observé entre le volume final et le tarissement de l'arbre avec un coefficient de corrélation de 0,812. Le volume final constitue donc un facteur important pour l'évaluation du tarissement de l'encoche de saignée.

Introduction

Hevea brasiliensis (Wild. Ex Adr. De Juss) Muell. Arg. is valued mainly for natural rubber which is obtained by wounding the bark of the tree in a process called tapping. Natural rubber is valued for the production of heat resistant plastic products such as tyre, tube and bearings. It is possible to obtain natural rubber also called

latex, from the tree in a period of thirty years through conventional tapping system of alternate daily, half spiral tapping frequency ($\frac{1}{2}S, d/2$). However, it is often observed that the rubber tree could become dry such that latex will not be produced even with several tapping cuts (4). This situation is referred to as tree dryness.

* Rubber Research Institute of Nigeria, P.M.B. 1049, Benin City, Nigeria.
Received on 04.02.99 and accepted for publications on 19.04.00.

The onset of tree dryness is marked by dry portions of the tapping cut which eventually spread through the entire tapping cut.

Tree dryness in *Hevea brasiliensis* has been attributed to over-exploitation and influence of genetic factors. Over-exploitation is either in the form of high frequency of tapping or the use of stimulants (9, 10). In the case of genetic factors, there is clonal variation in incidence of tree dryness (2, 4).

Despite clonal variation among cultivated clones of *H. brasiliensis*, no single clone has been found to have genetic resistance to tree dryness; rather intra-clonal variation is a common occurrence in many field trials (5). Further studies on the influence of genetic factors revealed low heritability of tree dryness (6). With low heritability of tree dryness, improvement in genetic tolerance can be aided by combined breeding and selection for other characters that are closely associated with tree dryness. A number of characters has been proposed for studies in association with tree dryness (5). Among such characters are latex parameters, leaf and soil nutrient status and enzyme activity with latex parameters as primary indicators. This study was therefore conducted to determine the direct and indirect effects of latex parameters that are closely associated with tree dryness.

Material and methods

Survey of tree dryness was carried out in Rubber Research Institute of Nigeria (RRIN) experimental station at Etche, Rivers State, Nigeria. The plantation was established in 1979 with ten Nigerian clones (RRIN C-clones) and a Malaysian clone (RRIM 600). The ten RRIN C-clones were coded as follows: C76, C83, C143, C145, C150, C154, C159, C162, C163, C202. The plantation was opened for tapping in 1989 at $\frac{1}{2}$ S, d/2 tapping frequency without stimulation. Tapping was carried out with the conventional tapping knife between 6.00 hours and 8.00 hours of each tapping day. Evaluation for tree dryness and latex parameters was carried out in 1994 on tree basis as prescribed in the procedure for studies on tree dryness (3). During data collection, the condition of each tree was recorded as the tapping cut was opened on each tapping day. Incidence of tree dryness was scored as M1 with dryness on 20% of the cut, M2 with dryness on 20-80% of the cut and M3 with dryness on >80% of the cut. Trees without dryness were scored as normal trees (N). The incidence of tree dryness was converted to percentage and transformed using arc-sine transformation to conform with the rules of analysis of variance (1).

Four latex parameters viz initial volume of latex five minutes after opening the cut (V1), volume of latex at cessation of flow of latex (V2), initial flow rate (IFR) and

Table 1
Analysis of variance of incidence of tree dryness (M1, M2, and M3) in RRIN C-clones and RRIM 600

Source of variation	df	ss	ms
Clone	10	163.25	16.33*
Dryness	2	107.66	58.83**
Error	20	135.77	6.79

*, **: Significant at $p = 0.05$ and $p = 0.001$ respectively (F-test).

Table 2
Analysis of variance of tree dryness (M1 and M2) in RRIN C-clones and RRIM 600

Source of variation	df	ss	ms
Clone	10	200.86	20.09*
Dryness	1	57.45	57.45*
Error	10	65.95	6.60

*, **: Significant at $p = 0.05$ (F-test).

Table 3
Mean percent incidence of tree dryness

Clone	Partial dryness			Total dryness
	M1	M2	(M1 + M2)*	(M1 + M2 + M3)*
C 83	26.09	13.04	39.13 a	43.98 a
C 162	18.52	7.41	25.93 ab	25.93 ab
C 143	12.50	6.25	18.75 bc	24.76 ab
C 76	12.50	0.00	12.50 bc	12.50 bc
C 159	8.11	3.70	11.81 bc	11.81 bc
C 154	9.10	0.00	9.10 bc	13.62 bc
C 163	4.55	4.55	9.10 bc	9.10 bc
C 202	8.33	0.00	8.33 bc	16.45 bc
RRIM 600	0.00	7.69	7.69 bc	7.69 bc
C 150	4.55	0.00	4.55 c	4.55 bc
C 145	0.00	0.00	0.00 c	0.00 c
$\bar{X}$	9.48	3.88	13.35	15.49
Lsd	-	-	19.83	23.04

*, Means followed by different letters in each column are significantly different at $p = 0.05$ (LSD).

Table 4
Analysis of variance of latex parameters in RRIN C-clones and RRIM 600 with M1 and M2 levels of dryness

Source of variation	df	Mean squares			
		V1	IFR	V2	PI
Clone	10	35.84	1.43	645.65	19.10
Dryness	1	209.32	8.37	330.42	103.12*
Error	10	59.52	2.37	936.54	14.63

*, Significant at $p = 0.05$ (F-test)

Table 5
Analysis of variance of latex parameters in RRIN C-clones with M1 and M2 levels of dryness

Source of variation	df	Mean squares			
		V1	IFR	V2	PI
Clone	9	39.79	1.59	620.17	17.98
Dryness	1	343.29*	13.73*	1571.06	129.49*
Error	9	38.35	1.53	632.53	12.73

*, Significant at $p = 0.05$ (F-test)

Table 6
Analysis of variance of latex parameters in RRIN C-clones with N, M1 and M2 levels of dryness

Source of variation	df	Mean squares			
		V1	IFR	V2	PI
Clone	9	40.79	1.63	596.77	12.15
Dryness	2	402.39**	16.10**	2035.80*	91.17**
Error	18	31.05	1.24	476.53	10.78

*, **: Significant at $p = 0.05$ and $p = 0.001$ respectively (F-test)

Table 7
Mean values of latex parameters of dry trees in (M1 and M2)
and (N, M1 and M2) for RRIN C-clones

Dryness	(M1 and M2)*				(N, M1 and M2)*			
	V1 (ml)	IFR (ml/min)	V2 (ml)	PI	V1 (ml)	IFR (ml/min)	V2 (ml)	PI
N	-	-	-	-	16.18 a	3.24 a	43.43 a	8.45 a
M1	12.00 a	2.40 a	32.93	8.19 a	12.00 a	2.40 a	32.93 ab	8.18 a
M2	3.72 b	0.74 b	24.40	3.09 b	3.09 b	0.74 b	15.20 b	3.09 b
Isd	6.17	1.23	-	3.56	5.64	1.13	26.84	3.32

*, **: Means followed by different letters in each column are significantly different at $p = 0.05$ (Isd).

Table 8
Correlation coefficients of latex parameters and
tree dryness (TD)

	V1	V2	IFR	PI
TD	-0.52*	-0.20	-0.52*	-0.26
V1		0.80**	1.00**	-0.01
V2			0.80**	-0.52*
IFR				-0.01

*, **: Significant at $p = 0.05$ and $p = 0.001$ respectively (t-test)

Table 9
Modified table of correlation coefficients of latex parameters
and tree dryness

	V1, IFR	V2	PI
TD	-0.52*	-0.20	-0.26
VI, IFR		0.80**	-0.01
V2			-0.52*

*, **: Significant at $p = 0.05$ and $p = 0.001$ respectively (t-test)

Table 10
Direct (diagonal) and indirect (off diagonal) effects
of latex parameters on tree dryness.

	V1, IFR	V2	PI	√TD
V1, IFR	-1.168	0.650	-0.002	-0.52
V2	-0.934	0.812	0.078	-0.20
PI	0.012	-0.422	0.150	-0.26
Residual factors	-	-	-	0.77

plugging index (PI) were recorded for each tree in all the clones. IFR and PI were calculated as follows (3):

$$\text{IFR} = \frac{V1}{5} \text{ (ml/min)}$$

$$\text{PI} = \frac{\text{IFR} \times 100}{V2}$$

The clones were evaluated for incidence of tree dryness and latex parameters using analysis of variance, correlation and path analysis. For the purpose of correlation analysis, tree dryness was scored as N = 0, M1 = 1 and M2 = 2.

Results

There was significant variation in incidence of tree dryness ranging from zero incidence in C145 to 43.98% in C83 and population mean incidence of 15.49% (Tables

1, 2 and 3). At the M3 level of tree dryness, the latex produced coagulated on the tapping cut such that it was difficult to obtain latex through dripping.

Tree dryness in RRIM 600 was observed at M2 with zero incidence at M1 (Table 3). This made it difficult to obtain a trend of latex parameters from M1 to M2 (Table 4). Following analysis of variance of experimental clones developed in RRIN, there was significant variation in latex parameters of N, M1 and M2 levels of dryness (Tables 5 and 6) with significant reduction in latex parameters from N to M2 (Table 7).

The correlation between V1 and IFR was 1.00 with uniform correlation with other latex parameters (Table 8). The correlation table was therefore modified with significant correlation coefficient of -0.52 between V1, IFR and tree dryness. The correlation coefficients of 0.80 between V1, IFR and V2 and -0.52 between V2 and PI were also significant (Table 9).

The path analysis of correlation between latex parameters and tree dryness revealed appreciable effect of V2 with positive direct effect of 0.812 on tree dryness. Also, the indirect effect of V1 and IFR on tree dryness via V2 was relatively high at 0.650. The highest effect of PI on tree dryness was through V2 at -0.422 to mask the direct positive effect of PI on tree dryness (Table 10). The direct effect of V1 and IFR on tree dryness which was negative and higher than unity was reduced considerably by the positive indirect effect on tree dryness via V2. The effect of residual factors was relatively high at 0.77 (Table 10).

Discussion

Clonal variation in incidence of tree dryness, as in previous reports (2, 4) was obtained in this study. The population mean incidence of tree dryness of 15.49% falls within the range of tree dryness in high yielding clones (8). The RRIN C-clones are among the high yielding clones developed in Nigeria (7). This level of incidence of tree dryness in less than ten years of tapping will lead to loss of revenue.

At the level of M3 tree dryness, it was difficult to collect latex for determination of volume related latex parameters. Hence, the evaluation of latex parameters only at the level of M1 and M2 tree dryness. Other latex parameters that are not based on volume of latex will be considered in subsequent studies to determine the relationship between such latex parameters and tree dryness at M1, M2 and M3 levels of tree dryness.

The reduction in latex production due to the incidence of tree dryness is evident with significant reduction in bulk

volume of latex from 43.43 ml in normal trees to 15.20 ml in M2 dry trees. This accounts for the immense loss of revenue as a result of tree dryness (8).

The significant negative correlation between initial volume, initial flow rate and tree dryness is consistent with results obtained in previous evaluation (6). However, path analysis revealed that the significant correlation between initial volume, initial flow rate and tree dryness is influenced by variation in final volume of latex. This was such that the positive indirect effect of initial volume and initial flow rate on tree dryness via final volume had a significant impact on the negative direct effect of initial volume and initial flow rate of tree dryness. This means that in order to harness the significant correlation between initial volume, initial flow rate and tree dryness for the purpose of improvement, final volume should be considered relevant. In addition, the direct effect of final volume on tree dryness was positive and very high in comparison with the direct effects of other latex parameters on tree dryness. These results show the importance of the effect of final volume on tree dryness.

The high effect of residual factors on tree dryness suggests an increase in the number of potential causal factors that will be investigated in subsequent studies. Some of such potential factors are dry rubber content, total sugars, inorganic phosphorus, leaf nutrient analysis and several other factors (3).

Initial flow rate is directly proportional to initial volume (3). Thus, for data analysis based on variance, initial volume and initial flow rate will produce identical results. Hence, initial volume and initial flow rate have same correlation coefficients with other characters. For variance based analysis, therefore, one of them can be used instead of using the two at the same time.

In conclusion, initial volume and initial flow rate can be considered as alternative characters for evaluation of correlation between latex parameters and tree dryness. Despite the low correlation between final volume and tree dryness, final volume is relevant to the occurrence of tree dryness. This is due to the high direct effect of final volume on tree dryness and the high indirect effect of initial volume and initial flow rate on tree dryness through final volume.

Literature

1. Bartlett M.S., 1947. The use of transformations. *Biometrics* 3(1): 39-52.
2. Commere J., Eschbach J.M. & Serres E., 1989. Tapping panel dryness in Côte d'Ivoire. IRRDB Workshop on tree dryness, Penang, Malaysia.
3. IRRDB, 1993. Protocol for TPD field studies. International Rubber Research and Development Board, England, UK.
4. Olapade E.O. & Igeleke C.L., 1989. Situation report on tapping panel dryness in Nigeria. IRRDB Workshop on tree dryness, Penang, Malaysia.
5. Olapade E.O., Igeleke C.L. & Omokhaye K.O., 1990. Studies on tapping panel dryness in *Hevea brasiliensis*. Rubber Research Institute of Nigeria, Benin City, Nigeria.
6. Omokhaye K.O. & Aniamaka E.E., 1997. Heritability estimates of tree dryness and correlation with latex parameters in *Hevea brasiliensis*. Rubber Research Institute of Nigeria, Benin, Nigeria.
7. RRIN, 1996. Final reports on Priority Research Projects. Rubber Research Institute of Nigeria, Benin City, Nigeria.
8. Sethuraj M.R., 1992. Proposals for the international net-work research programme on tapping panel dryness. IRRDB meetings, Jakarta, Indonesia.
9. Vijayakumar K.R., Sulochanamma S., Thomas M., Sreelatha S., Simon S.P. & Sethuraj M.R., 1990. The effect of intensive tapping on induction of tapping panel dryness and associated biochemical changes in two clones of *Hevea*. IRRDB symposium on physiology and exploitation of *Hevea brasiliensis*, Kunming, China.
10. Zainab H. & Sivakumaran S., 1996. Nutrient status in relation to tree dryness. IRDDB symposium on agronomy aspects of cultivation of *Hevea brasiliensis*. Beruwala, Sri Lanka.

Evaluation of Sweet Potato Clones for Resistance to *Cylas puncticollis* Boheman (Coleoptera: Apionidae) in Sierra Leone.

A. M. Alghali & W. W. Munde

Keywords : Potato - *Cylas puncticollis* -Evaluation - Tuber characters - Groups.

Summary

A study to evaluate fifteen clones of sweet potato for their resistance to the weevil *Cylas puncticollis* was undertaken over two cropping seasons. The clones were mostly advanced breeding lines or materials released to farmers in Sierra Leone. Numbers of weevils recovered from the different clones and damage levels were significantly different. However, there was a lack of correlation between damage levels and insect counts, despite significant differences for these two sets of criteria among the clones. This suggests that suitability for infestation by the weevil may be different from susceptibility to damage. Clones that suffered least damages had white fleshed tubers and skins which were elongated and dispersed in formation. Other characters for the least damaged clones include deep tuber placement and higher dry matter contents. The clones were however categorised into four groups with varying levels of susceptibility/resistance. The tuber characters are identified as conferring resistance to weevil attack and the most resistant clones are recommended for utilization in breeding programmes as indices or parents or directly as planting materials in farmers fields.

Résumé

Evaluation de la résistance des clones de patate douce à *Cylas puncticollis* Boheman (Coléoptère: Apionidae) au Sierra Leone.

Cette étude, effectuée chez des fermiers au Sierra Leone durant deux saisons culturales, évalue la résistance de 15 clones de patate douce (lignées ou matériel diffusé par un institut de recherche) au charançon *Cylas puncticollis*. Les résultats obtenus montrent que ces clones ont manifesté différentes sensibilités en tenant compte du nombre de charançons et du niveau de dégâts. Au sein de chaque clone, aucune corrélation n'a été observée entre le nombre de charançons et le niveau de dégâts. Ceci démontre que la susceptibilité à l'infestation de la patate douce par les charançons n'est pas nécessairement liée à leur sensibilité aux dégâts. Les clones tolérants étaient caractérisés par des tubercules de forme allongée à chair et peau blanches. Ces tubercules se formaient de manière dispersée en profondeur dans le sol et présentaient une haute teneur en matière sèche. Ces clones ont été classés en quatre catégories suivant leur sensibilité/résistance à l'attaque des charançons. Les clones les plus résistants à l'attaque des charançons sont à recommander dans les programmes de croisements. Ils peuvent être utilisés comme témoins, servir de parents ou être directement utilisés comme matériel de plantation chez les fermiers.

Introduction

Sweet potato is a pan tropical crop grown for human consumption and livestock feed in many countries. In Sierra Leone, the tubers are the third most important staple after rice and cassava. In addition the leaves are eaten as some sort of spinach and constitute one of the most important sources of vegetable proteins, minerals, and vitamins. However, tuber yields are low, ca. 2.6 t/ha compared with averages for Africa and the world of ca. 9.6 t/ha and ca. 15.9 t/ha respectively (7). Tuber yields of over 40 t/ha have been reported in some African countries (9). The constraints attributed to the dismally low tuber yields in Africa include diseases, insect and vertebrate pests, weed infestation, soil nutrient deficiencies, poor crop husbandry practices and socio - economic

factors (1, 9, 18). Of these, insect pests are considered one of the most limiting, with the *Cylas* spp. complex being the most widely distributed and destructive (5, 12). Damages to tubers by *Cylas* spp. in the field and in storage are usually severe and yield losses in the region of 12 - 90% have been reported (4, 12, 13).

Efforts at controlling the pest in Sierra Leone are minimal and rely mostly on cultural practices such as hand picking of pests, weeding or brushing around farms and the application of insecticidal materials (1). These control methods are ineffective and at times labour intensive. Therefore, there is a need to develop appropriate and effective control measures for the weevils. The identification of resistant cultivars is one approach.

Resistant cultivars are environmentally friendly as they leave no toxic chemical residues in the soil and water ways. They are effective, simple, cheap and easy to adopt. Once resistant cultivars are identified they can easily be made available to farmers, who only need to plant the materials to obtain/attain some measure of pest control. This study, therefore, is an attempt to identify sweet potato clones that show some levels of resistance to the weevil *Cylas puncticollis* Boheman.

Material and methods

This experiment was planted over two cropping seasons, each time to coincide with the main sweet potato growing period in Sierra Leone (September to January). Fifteen sweet potato clones were used in this study. The clones were : Njala white, 84/16, 87/06, 82/123 (Red), 84/17, 82/123 (white), 87/131, Madam, Tis 2532, Ropot 2, 93/04, 82/144, Njala wonder, 87/37 and 93/03. Some characteristics of these clones are given in Table 1. These materials were mostly advanced breeding lines (F5/F6) or released clones obtained from the Institute of Agricultural Research, Njala, Sierra Leone. Apical cuttings, ca. 30 cm long, of these clones were planted separately into single row plots, 4.8 m in length. There were four replications for each clone. The clones Njala white and 82/123 (Red) were used as susceptible and resistant checks respectively. Cuttings were planted at spacings of 30 cm within rows and 1 m between rows which were ridged. Hand weeding was done one month after planting and this was followed immediately by band placement of 15 - 15 -15 N-P-K fertilizer at the rate of

270 kg/ha.

For each clone, the following data were collected fifteen weeks after planting :

- a) length of tuber neck
- b) depth of tuber placement in the soil
- c) tuber length
- d) tuber width
- e) weight of damaged and undamaged tubers
- f) skin and flesh colours
- g) cortex thickness of tubers
- h) number of larvae
- i) number of adult weevils
- j) dry matter content of tubers

Except for skin and flesh colours and dry matter contents, each of the above parameters was obtained from 10 randomly selected plants per clone per replication. Tuber neck lengths and placement depths were measured at harvest while the tubers were still submerged in the soil. Tuber placement depth measurements were from the soil surface to the upper part of the tubers embedded in the soil. Tuber lengths and widths were measured using vernier calipers after harvesting. Assessment of the number of damaged and undamaged tubers was done by visual examination of the tubers after harvest. The cortex thickness was also measured using vernier calipers. The skin and flesh colours were determined by visual examination and with the aid of a Munsell chart. Adults and larvae of the weevils were extracted from the tubers by chipping them into small bits to facilitate removal and counting. For each clone, a 100 g sample from freshly harvested

Table 1
Some characteristics of the different sweet potato clones.

Clone	Petiole colour	Leaf colour (mature)	Mature leaf shape	Tuber shape	Tuber skin colour	Tuber flesh colour	Tuber formation
Njala white	Green	Green	Lobed	Elongated	White	Pink	Dispersed
84 / 16	Green with purple near leaf	Green	Lobed	Elongated	White	White	Open cluster
87 /06	Green with purple near leaf	Purple	Lobed	Ovate	Pink	White	Open cluster
82 /123 (Red)	green	Green	Elliptical	Elongated	White	Pale yellow	Closed cluster
84 / 17	Green with purple near leaf	Purple	Lobed	Elongated	White	White	Open cluster
82 /123 (White)	Green	Purple	Triangular	Elongated	White	White	Dispersed
87 / 131	Green	Purple	Triangular	Elongated	White	White	Open cluster
Madam	Green	Green	Triangular	Elongated	Reddish yellow	Reddish yellow	Open cluster
Tis-2532	Green	Green	Triangular	Elliptical	White	White	Open cluster
Ropot 2	Green with purple near leaf	Green with purple at edges	Lobed	Ovate	Pink	White	Open cluster
93 / 04	Green with purple near leaf	Purple	Lobed	Elongated	White	Yellow	Open cluster
82 / 144	Green with purple near leaf	Green	Triangular	Elliptical	Red	Yellow	Dispersed
Njala wonder	Green	Green	Lobed	Elongated	White	White	Open cluster
87 / 37	Green with purple near leaf	Purple	Lobed	Elliptical	Pink	White	Open cluster
93 / 03	Green with purple near leaf	Green	Lobed	Elliptical	White	White	Dispersed

tubers was cut into slices and the dry matter content was determined. The samples were initially sun - dried for two days and later oven dried to constant weight in a moisture extraction oven for 5 days at 80°C. The dry weights were recorded and the percentages dry matter determined as follows :

$$\text{Percent dry matter} = \frac{\text{dry weight of tubers}}{\text{fresh weight of tubers}} \times 100$$

The data collected were subjected to analyses of variance (ANOVA) and the means were separated by LSD. Regression analysis was run between percent damaged tubers and weevil counts for the clones tested.

Results

The differences in the numbers of larvae and adults recovered were highly significant among the clones (Table 2). Significantly more weevils were recorded from clones such as Madam, 87/37, 82/123 (Red) and 84/17. Clones with low weevil counts were 93/04, 93/03 and 82/123 (White). Similarly, the weights of tubers produced and damaged were highly significant for the different clones (Table 3). Clones like Madam, 82/123 (Red) and 87/37 had higher weights of damaged tubers with mean values of 0.58, 0.78 and 1.0 kg respectively, while 82/144, Tis 2532, Njala white, Njala wonder and 93/03 had lower weights of damaged tubers with values of 0.28, 0.26, 0.24, 0.18 and 0.16 kg respectively (Table 3). Percent tuber damages were highest in 87/37, 82/123 (Red) and Madam and lowest in 93/04, 93/03 and Njala white. The relationship between percent damaged tubers and number of weevils recorded was described by the equation $Y = 25.06 - 0.10X$ ($R^2 = 0.0021$; $P < 0.05$). Tubers yields were also variable for the clones tested (Table 3). The clones 87/37 and 87/06

had the highest yields of over 2 kg per 40 plants .

Tuber characteristics such as tuber neck lengths, placement depths, lengths and widths, cortex thicknesses, numbers of tubers per plant and dry matter weights were significantly different among the clones (Table 4). Njala white and 82/123 (Red) were clones with long tuber necks and having mean values of 7.6 and 9.3 cm respectively, while 87/06 and 87/37 had short necks with values of 3.2 and 3.3 cm respectively. Njala white and Njala wonder had deep tuber placements with mean values of 9.7 and 9.5 cm respectively. Conversely, 87/06, 84/16 and 82/123 (White) had short tuber placements with values of 5.5, 5.4 and 5.3 cm respectively. Clones with long tubers included 82/144, and 84/17 with mean values of 11.9 and 12.0 cm respectively, 93/04 and Madam had short tuber lengths with values of 8.2 and 8.1 cm respectively (Table 4). Tuber widths were highest in clones 87/37 and 87/06 with mean values of 4.7 and 5.4 cm respectively, while Njala wonder and Njala white had smaller widths with values of 3.0 and 2.9 cm respectively. Tuber cortex was thickest in 87/131 and thinnest in 93/03 with mean values of 8.7 and 1.2 mm respectively. Madam and 84/16 had the highest number of tubers per plant while Ropot 2 and 93/03 had the lowest (Table 4). Percent dry matter weights were high in 93/04, TIS 2532 and 93/03 with values of 36.9, 37.1 and 39.3 respectively and low for Madam with a value of 29.7 (Table 4). Tuber widths were highest in clones 87/37 and 87/06 with mean values of 4.7 and 5.4 cm respectively, while Njala wonder and Njala white had smaller widths with values of 3.0 cm and 2.9 cm respectively. Tuber cortex was thickest in 87/131 and thinnest in 93/03 with mean values of 8.7 mm and 1.2 mm. Madam and 84/16 had the highest number of tubers per plant with mean values of 6.0 and 6.7 respectively, Ropot 2 and 93/03 had the lowest with values of 2.8 and 2.2 respectively. Percent dry matter weight was higher in 93/04, Tis 2532 and 93/03 with

Table 2
Mean number of weevils recovered
from 40 plants for the different clones

Clone	Number of larvae	Number of adults	Total number of weevils
Njala white	52.3	2.5	54.8
84 / 16	53.0	1.8	54.8
87 / 06	41.8	3.8	45.5
82 / 123 (Red)	107.3	16.8	124.0
84 / 17	108.0	7.5	115.5
82 / 123 (White)	35.8	1.0	36.8
87 / 131	87.3	7.5	94.8
Madam	126.3	14.0	140.3
Tis - 2532	54.8	2.8	57.5
Ropot 2	71.5	0.8	72.3
93 / 04	23.8	4.0	27.8
82 / 144	78.3	9.5	87.8
Njala wonder	55.5	0.0	55.5
87 / 37	112.5	15.3	127.8
93 / 03	34.3	0.8	35.0
LSD (5%)	59.85	9.87	64.78
CV (%)	40.1	78.3	37.4

1. LSD = least significant difference for any two means in a given column.

2. CV = coefficient of variation for the means in a given column.

Table 3
Mean weights of tubers produced and damaged
per 40 plants for the different clones

Clone	Wt. of tubers produced (kg)	Wt. of damaged tubers (kg)	Wt. of damaged tubers (%)
Njala white	1.64	0.24	14.6
84 / 16	1.80	0.50	27.8
87 / 06	2.10	0.40	19.0
82 / 123 (Red)	1.98	0.78	39.4
84 / 17	1.74	0.44	25.3
82 / 123 (White)	1.50	0.30	20.0
87 / 131	1.16	0.36	31.0
Madam	1.58	0.58	36.7
Tis - 2532	1.36	0.26	19.1
Ropot 2	1.79	0.39	21.8
93 / 04	0.79	0.09	11.4
82 / 144	1.58	0.28	17.7
Njala wonder	0.88	0.18	20.5
87 / 37	2.20	1.00	45.5
93 / 03	1.16	0.16	13.8
LSD (5%)	0.24	0.13	5.58
CV (%)	27.1	60.0	41.5

1. LSD = least significant difference for any two means in a given column

2. CV = coefficient of variation for the means in a given column

Table 4
Morphometrics recorded for harvested tubers of the sweet potato clones used

Clones	Neck lengths (cm)	Depths (cm)	Lengths (cm)	Widths (cm)	Cortex thickness (cm)	No. of tubers / plant	Dry matter (%)
Njala white	9.3	9.5	11.6	2.9	1.8	4.5	32.1
84 / 16	4.5	5.4	11.0	4.1	1.8	6.7	34.8
87 / 06	3.6	5.6	8.6	5.4	1.6	3.4	32.4
82 / 123 (Red)	7.6	7.3	11.8	4.0	1.9	4.5	32.9
84 / 17	3.7	4.2	12.0	4.6	2.2	4.3	34.6
82 / 123 (White)	4.5	5.3	11.6	4.1	2.0	4.3	33.7
87 / 131	4.6	6.2	11.8	3.2	3.7	4.5	33.9
Madam	3.1	6.5	8.2	3.7	3.8	6.0	29.7
Tis 2532	4.1	4.6	9.5	3.7	1.7	4.6	37.1
Ropot 2	4.7	7.0	11.5	4.2	2.2	2.9	32.3
93 / 04	5.2	6.7	8.2	3.5	3.2	4.3	36.9
82 / 144	4.6	7.0	11.9	3.8	2.4	2.9	34.5
Njala wonder	5.1	9.7	11.0	3.0	1.5	4.1	36.2
87 / 37	3.3	6.7	10.9	4.7	2.4	4.7	33.4
93 / 03	5.7	8.4	8.8	3.9	1.2	2.2	39.3
LSD (5%)	0.43	0.43	0.64	0.43	-	1.07	2.79

LSD = least significant difference for any two means in a given column.

values of 36.9, 37.1 and 39.3 respectively and low for Madam with a value of 29.7 (Table 4). Based on the above data on weevil counts and percent tuber damage, the fifteen clones were classified into four categories with varying levels of resistance to the weevils. Group one includes 82/123 (Red), 82/123 (White), Madam, 84/17 and 87/131. These clones had high weevil counts above 70 weevils/40 plants and high tuber damage of above 25 percent. Group two are clones with high weevil counts (above 70 weevils/40 plants) and fairly high levels of damage (20 - 24%). Clones in this category include 87/37, Ropot 2 and 82/144. Group three includes 84/16, 87/06, Tis 2532, and Njala white and Njala wonder with moderate weevil counts i.e. 45 - 55 weevils/40 plants and between 17 - 28% tuber damage. Group four includes 93/04 and 93/03 with low weevil counts i.e. 27 - 37 weevils/40 plants and below 14% damaged tubers.

Discussion

There was lack of relationship between percent tubers damaged and weevil counts despite significant differences observed for these two sets of data among the clones tested. This indicates that factors making the clones attractive for attack are different from those rendering them susceptible to damage by the weevils. Stimuli attracting insects to a crop are usually visual and olfactory while those rendering the crop susceptible are tactile, phagostimulatory and nutritive (15). Therefore, though the weevils may find clones attractive enough for infestation, the rates of consumption may thus be different for the different clones. Similar observations have been made by several workers for different crop plants and insects (3, 19, 20). Thus clonal suitability for infestation appear to be different from clonal susceptibility for damage. Alghali and Osisanya (2) working on rice resistance to *Diopsis thoracica* made a similar observation. Feeding on a crop by insects is known to involve several phases of response triggering mechanisms (8, 14, 17). Phase one involves attraction to a crop plant elicited by visual and/or olfactory cues. Phase two on the other hand is elicited mainly by tactile and phagos-

timulatory cues and may result in actual feeding or rejection of the plant as a food source. It is the feeding by the pest that invariably leads to damage and in turn determines the level of susceptibility. Thus while phase one must occur to trigger phase two, phase two does not necessarily follow phase one. Therefore, suitability for infestation may be different from susceptibility to damage as was observed in this and other studies (6). Tuber characters such as neck length, placement depth, width, length, cortex thickness, dry matter contents, colour of skin and flesh, shape and number per plant appeared to have influenced the levels of damage observed among the clones. Clones that suffered least damages had white fleshed tubers and skins, which were elongated and dispersed in tuber formation. Other characters for the least damaged clones include deep tuber placements and high dry matter contents. Conversely, clones that were heavily damaged had tubers characterised by red flesh and skins, elliptical shape, short necks, shallow placement, clustered formation and low dry matter. Similar plant characters have been known to confer varying degrees of susceptibilities to *Cylas* weevils in sweet potato (10, 11, 16). These plant characters which have been associated with conferring resistance to the crop against weevil infestation could be used either as indices in field evaluation of sweet potato clones or in the gene pool in clonal improvement programmes breeding for weevil resistance as one of its principal criteria.

The fifteen sweet potato clones used in this study were categorised into four groups with varying levels of resistance to the weevils. Group 1 was the most susceptible while group 4 was the most resistant. Examples exist in the literature of wide scale utilization of resistant crop cultivars for the control of damaging insect pest species. Among the best examples of useful resistance are the control of the grape aphids, *Daktulosphaira vitifoliae* (Fitch) in France by rootstocks from USA, control of cotton jassids, *Empoasca facialis* Jacobi, in Africa with resistant cotton cultivars and the use of the resistant apple variety "Northern Spy" to control the woolly apple aphid, *Eriosoma lanigerum* Hansmann (15). Clones in groups 3 and 4 could therefore be utilized

either directly for planting the crop in the field provided they possess other desirable agronomic traits, or as materials for further evaluation to elucidate the bases of resistance for incorporation into breeding programmes. Advantages of planting such resistant clones would include environmental friendliness, i. e. pollution free/no biodegradation of soils and water parcels; simplicity, i. e. no special skills required for its application, the farmer only needs to plant the materials; cost free except for acquisition of planting materials and compatibility with other control options in an integrated pest management programme.

Acknowledgements

This study was carried out in field plots provided by the Institute for Agricultural Research, Njala. It was part of a dissertation submitted by the second author to the Department of Crop Protection, Njala University College, University of Sierra Leone in partial fulfilment for the award of a masters degree in Crop Protection.

Literature

1. Alghali A. M. & Bockarie A., 1994. Cultural practices and perceptions in sweet potato farming and their implications for pest management in southern Sierra Leone. *Int. J. Pest Manage.* 40, 27 - 30.
2. Alghali A. M. & Osisanya E. O., 1984. Effect of damage by stalk eyed fly, *Diopsis thoracica* West (Diptera : Diopsidae) on yield component of the rice crop. *Expt. Agric.* 20, 225 - 235.
3. Alghali A. M. & Saxena K. N., 1988. Larval movement, feeding and development of *Chilo partellus* on two sorghum cultivars. *Insect Sci. Appl.* 9, 7 - 11.
4. Alvarez M. N., 1986. Sweet potato and the African food crisis in tropical root crops. In : Root crops and the African Food Crisis, pp 66 - 69. Proceedings of the 3rd Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops - African Branch.
5. Chalfant R. B., Jansson R. K., Seal D. R. & Schalk J. M., 1990. Ecology and management of sweet potato insects. *Annu. Rev. Entomol.* 35, 157 - 189.
6. Dobie P., 1977. The contribution of the Tropical Stored Products Centre to the study of insect resistance in stored maize. *J. Stored Product Info.* 34, 7 - 17.
7. FAO, 1993. Production Yearbook 47, 92 - 95.
8. Fletcher B. S., 1977. Behavioural response of Diptera to pheromones, allomones and kairomones In : H. H. Shorey and J. J. McKelvey (eds.), Chemical control of insect behaviour - Theory and Application, pp 129 - 148. John Wiley and Sons, New York.
9. Hahn S. K., 1984. Utilization, production constraints and improvement potential of tropical root crops. In: D. L. Hawksworth (ed.), Advancing agricultural production in Africa, pp 91 - 97. CAB. Farnham Royal, Slough, UK.
10. Hahn S. K., & Leuschner K., 1981. Resistance of sweet potato cultivars to the African sweet potato weevil. *Crop Science* 21, 499 - 503.
11. Hameed S. F., 1987. Sources of resistance to *Cylas formicarius* Fab. in sweet potato: 1. Morphological characters. *Indian J. of Entomol.* 49, 414 - 419.
12. Jansson R. K., Bryan H. N. & Sorensen K. A., 1987. Within vine distribution and damage of the sweet potato weevil *Cylas formicarius elegantulus* (Coleoptera : Curculionidae) on four cultivars of sweet potato in southern Florida. *Fla. Entomol.* 70, 523 - 526.
13. Mullen M. A., 1984. Sweet potato weevils *Cylas formicarius elegantulus* (Summers): development, fecundity, and longevity. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 74, 478 - 481.
14. Nair K. S. & McEwen L., 1976. Host selection by adult cabbage maggot, *Hylemya brassicae* (Diptera : Anthomyiidae): effect of glucosinolates and common nutrients on oviposition. *Can. Entomol.* 108, 1021 - 1030.
15. Painter R. M., 1951. Insect resistance in crop plants. Macmillan Co., New York.
16. Pillai K. S. & Kamalam P., 1977. Screening sweet potato germplasm for weevil resistance. *J. Root Crops* 3, 65 - 67.
17. Saxena K. N., 1990. Mechanisms of resistance/susceptibility of certain sorghum cultivars to the stemborer *Chilo partellus*: role of behaviour and development. *Entomol. Exp. Appl.* 55, 91 - 99.
18. Smit N. E. J. N. & Matengo L. O., 1995. Farmers cultural practices and their effects on pest control in sweet potato in south Nyanza, Kenya. *Int. J. Pest Manage.* 41, 2 - 7.
19. Soo Hoo C. F. & Frankel G., 1966. The consumption, digestion and utilization of food by polyphagous insect, *Prodenia eridania* Cramer. *J. Insect Physiol.* 12, 711 - 730.
20. Waldbauer G. P., 1968. The consumption and utilization of food by insects. In: J. W. L. Beament, J. E. Trehence and V. B. Wigglesworth (eds.), *Advances in Insect Physiology*, p 229 - 288. Academic Press, London.

Étude comparée des performances pondérales des chèvres naines de Guinée supplémentées au *Leucaena leucocephala*, au *Gliricidia sepium* ou au tourteau de coton dans l'Ouest Cameroun

E. Tedonkeng Pamo, T.B.A. Kennang & M.V. Kangmo

Keywords: African dwarf goat - Supplementation - Growth performance - West Cameroon

Résumé

L'étude comparée des performances de croissance des chèvres naines de Guinée supplémentées au *Leucaena leucocephala*, au *Gliricidia sepium* ou au tourteau de coton a été conduite en milieu réel, dans les environs de Dschang et à la Ferme d'Application et de Recherche de l'Université de Dschang dans les Hauts-Plateaux de l'Ouest Cameroun. Des chèvres âgées de 12 à 16 mois étaient réparties en quatre lots de 11 chèvres chacun dont un lot témoin. Les animaux des lots supplémentés recevaient respectivement 390 g de *L. leucocephala*, 513 g de *G. sepium* et 88,8 g de tourteau de coton chacun correspondant à une supplémentation de 6 g d'azote brute provenant principalement des légumineuses et du tourteau de coton, par animal et par jour. Les pesées réalisées tous les 21 jours pendant 84 jours ont permis d'évaluer la réponse des animaux à la supplémentation. Les poids ajustés des animaux supplémentés au tourteau de coton n'étaient significativement ($P > 0,05$) pas différents de ceux des animaux supplémentés au *L. leucocephala*. De même, ceux des animaux supplémentés au *G. sepium* étaient peu différents des poids des animaux du lot témoin. Les gains de poids moyen quotidien ajustés par chèvre étaient de 18,9 g; 17,3 g; 4,3 g et 4,0 g respectivement pour les animaux supplémentés au tourteau de coton, au *L. leucocephala*, au *G. sepium* et ceux du lot témoin.

Summary

Comparative Growth Performance of West African Dwarf Goat Supplemented with *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* or Cotton Seed Cake in West Cameroon.

A comparative growth performance study of West African Dwarf Goat supplemented with *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* or cotton seed cake was carried out on-farm around Dschang and at the University Experimental Farm on the Western Highland region of Cameroon. Goats aged between 12 and 16 months were divided into 4 groups of 11 animals each, with one group kept as a control. The goats in the supplemented groups received 390 g of *L. leucocephala*, 513 g of *G. sepium* and 88.8 g of cotton seed cake respectively, corresponding to a supplementation 6 g of nitrogen per animal per day. Animals were weighed every 21 days during an 84 days period to evaluate their response to supplementation. The weights of animals supplemented with cotton seed cake were not significantly ($P > 0.05$) different from those of animals supplemented with *L. leucocephala*. Similarly, the weights of animals supplemented with *G. sepium* were not different from those of the controls. The adjusted average daily weight gains per goat were 18.9 g; 17.3 g; 4.3 g; and 4.0 g respectively for animals supplemented with cotton seed cake, *L. Leucocephala*, *G. sepium* and of the control group.

Introduction

Au Cameroun, l'élevage des petits ruminants se caractérise par son mode extensif et sa faible productivité. D'après les estimations du MINEPIA (9), le cheptel ovin et caprin du Cameroun s'élève à 5,3 millions de têtes dont 2,8 millions de caprins et 2,6 millions d'ovins. Plus de la moitié de ces petits ruminants sont concentrés dans les provinces du Nord dont la vocation est essentiellement pastorale.

Dans les autres provinces, ces animaux sont élevés par les agriculteurs et ont une importance socio-économique bien établie. Source d'alimentation protéique, ils servent également dans les rites funéraires et diverses cérémonies religieuses, pour la dot, les cadeaux et constituent enfin une caisse d'épargne facilement mobi-

lisable en cas de besoin (rentrée scolaire, maladies, impôts ...).

Les moutons et les chèvres ont toujours été élevés en harmonie avec le système de production agricole duquel ils tiraient jusqu'ici une bonne partie de leur alimentation, notamment pendant la saison sèche lorsqu'ils sont laissés en divagation. En période de culture, l'essentiel de leur alimentation est couvert par la pâture des jachères et des terres marginales impropres à la culture. Malheureusement, sous l'effet de l'explosion démographique, la pression sur la terre s'est accrue et les jachères se font de plus en plus rares. Parallèlement la mise en cultures des terres marginales et le développement rapide des cultures de contre-saison entravent

*Université de Dschang, FASA, Département des Productions Animales. B.P. 222 Dschang, Cameroun
Reçu le 28.07.99 et accepté pour publication le 21.06.00

sérieusement la mise en liberté des animaux pendant la saison sèche. Ce qui rend leur alimentation encore plus difficile (15). L'on assiste de plus en plus à une évolution du système extensif traditionnel vers des formes de claustration permanente sans le développement et la mise en oeuvre des préalables à ce type de production. Aussi, le problème de la malnutrition se pose partout avec acuité. La supplémentation est généralement insuffisante et la rareté des pâturages de bonne qualité est responsable des pertes de poids importantes.

C'est dans le but de rechercher les solutions à ce problème que ce travail a été entrepris. L'objectif spécifique de l'étude dont les résultats sont rapportés ici est l'évaluation comparée des performances pondérales des chèvres naines de Guinée supplémentées au *Leucaena leucocephala*, au *Gliricidia sepium* ou au tourteau de coton.

Matériel et méthodes

Zone d'étude

L'étude a été conduite à Foto, un village des Hauts Plateaux de l'Ouest Cameroun dans la périphérie de Dschang, et à la Station Expérimentale de l'Université de Dschang. Cette zone reçoit en moyenne 1900 mm d'eau par an, a une température moyenne maximale de 25°C et minimale de 15,2°C et une humidité relative oscillant entre 40 % et 100 %. Le climat est de type guinéen d'altitude (environ 1400 m) avec une longue saison des pluies (mi-mars à mi-novembre) et une courte saison sèche (mi-novembre à mi-mars). La végétation originelle de la zone est une savane arbustive avec des galeries forestières par endroits. Les sols assez fertiles dans l'ensemble permettent une exploitation continue de l'espace.

Matériel animal

La chèvre naine de Guinée est un ruminant corné du genre *Capra*. Son nom d'espèce est *Capra reversa*. Elle est originaire du Nord-Est et de l'Est africain, plus particulièrement de Somalie où elle est encore présente de nos jours. La chèvre naine mesure environ 0,40 m de hauteur, a le poil ras et le corps trapu et ramassé, elle pèse 15 à 25 kg environ à l'état adulte. Elle est surtout élevée pour sa viande (7).

Trois lots de 11 chèvres chacun, âgées de 12 à 16 mois et pesant entre 10,90 et 11,88 kg en début d'essai, ont été constitués chez des petits éleveurs des environs de Dschang. Un lot témoin de 11 animaux ayant les mêmes caractéristiques que ceux des éleveurs a été mis en place à la Ferme Expérimentale de l'Université de Dschang. La conduite de la recherche avait été réalisée de cette manière afin d'accélérer l'adoption de la pratique par les éleveurs qui coopéraient avec nous sans pour autant leur faire courir le risque de perdre un seul animal si la situation alimentaire des animaux du lot témoin devait se détériorer.

Au début de l'essai, tous les animaux ont été vaccinés contre la peste des petits ruminants (PPR). Une couverture antibiotique à la Tétracycline Longue Action à 20% et un déparasitage interne et externe ont été administrés à tous les animaux. En outre, ils étaient suivis et soignés chaque fois que cela était nécessaire.

Alimentation

-Ration de base

Les animaux broutaient au piquet sur les pâturages ou jachères de 7-8 heures à 17-18 heures, heure à laquelle ils étaient ramenés à la chèvrerie de la Ferme Expérimentale pour le lot témoin, et à leur logement habituel pour les chèvres des paysans. Ces parcours étaient constitués dans la plupart des cas de *Pennisetum* sp., *Panicum maximum*, *Brachiaria ruziziensis*, *Tithonia diversifolia*, *Setaria* sp., *Bidens spinosa*, *Hyparrhenia* sp., *Aspilia africana*, *Vernonia* sp., *Imperata cylindrica* etc. Ces parcours étaient généralement dégradés et souvent exigus. Les éleveurs géraient eux-mêmes les animaux au pâturage.

-Supplément

Chaque matin, 513 g de *G. sepium* et 390 g de *L. leucocephala* (matière fraîche, MF), correspondant à 6 g d'azote, récoltés sur les parcelles expérimentales de la Ferme de l'Université étaient servis à chaque animal. Le *G. sepium* juste après la récolte ou entre 1 et 2 jours au plus tard était servi après trempage dans une solution salée pour améliorer son acceptabilité. Les feuilles de *L. leucocephala* étaient servies juste après la récolte. Le tourteau utilisé dans cet essai était un tourteau d'extraction déshuilé. Chaque chèvre de ce lot en recevait 88,8 g par jour. Cette quantité correspondait également à un apport de 6 g d'azote.

Collecte des données et analyse statistique

Après une phase d'adaptation de 30 jours, les animaux ont été pesés individuellement tous les 21 jours le matin à jeûn pendant toute la période de l'essai qui a duré 84 jours. Les pesées se faisaient au moyen d'une balance à cadran de marque Salter, d'une portée de 25 kg. Compte tenu de l'hétérogénéité du poids des animaux au début de l'essai, les données pondérales ont été soumises à l'analyse de covariance, et les différences entre les moyennes, quand elles existaient, séparées par la méthode de la plus petite différence significative (14).

Résultats et discussion

Evolution du poids moyen des animaux

Les poids moyens ajustés obtenus lors des différentes pesées sont présentés dans le tableau 1. Il ressort de ce tableau que les animaux ont réalisé une augmentation moyenne de poids de 10,91 à 11,87 kg pour le contrôle, de 11,88 à 12,99 kg pour les animaux supplémentés au *G. sepium*, de 10,76 à 11,90 kg pour ceux soumis au *L. leucocephala* et de 11,20 à 13,11 kg pour les animaux recevant le tourteau de coton soit un gain total moyen de 0,96; 1,11; 1,14 et 1,94 kg respectivement. Les poids moyens ajustés des animaux ont été évalués en dents de scie. Bien que le poids moyen des animaux supplémentés au *L. leucocephala* ait été de manière consistante légèrement supérieur à celui des animaux supplémentés au tourteau de coton, on n'a pas observé de différences significatives au cours de la première moitié de l'essai. Au cours de la deuxième moitié de l'essai, une différence significative ($P > 0,05$)

a été observée entre les traitements. Le poids moyen ajusté des animaux supplémentés au tourteau de coton était significativement ($P > 0,05$) plus élevé que celui des animaux supplémentés au *G. sepium* et du lot témoin.

Tableau 1
Poids vifs ajustés (kg) à 0; 21; 42; 63 et 84 jours d'essai en fonction des différents régimes alimentaires

Régimes alimentaires	0	21	42	64	84
Contrôle	10,91	11,59	11,22	11,22 b	11,87 b
<i>G. sepium</i>	10,76	11,86	11,77	12,04 bc	11,90 b
<i>L. leucocephala</i>	11,88	12,45	12,87	12,62 ac	12,99 a
Tourteau de coton	11,20	11,83	12,01	13,51 a	13,11 a

a, b, c: Les moyennes dans les mêmes colonnes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 p. 100.

Au terme de l'essai on constate que le gain moyen ajusté des animaux supplémentés est relativement supérieur à celui des animaux du lot témoin. Ce résultat ne concorde pas nécessairement avec les observations de Ndamukong (10), qui estime que la supplémentation au pâturage est inefficace car elle réduit l'ingestion de l'herbe. La supplémentation dans ces conditions se substituant au fourrage et amenant les animaux à ne consommer que la quantité de fourrage nécessaire à la couverture du reste de leurs besoins. Ceci devrait être le cas si la ration de base apportait les mêmes nutriments que ceux fournis par les suppléments. Dans notre étude, la ration de base faite de graminées et de divers fourragers était censée être surtout une source énergétique alors que les suppléments faits de légumineuses apportaient les protéines. Les résultats semblent suggérer qu'en cette période de début de saison des pluies, même les fourrages de base, en pleine croissance, étaient relativement riches en nutriments et couvraient les besoins des animaux. Aussi, aucune différence marquée de performance n'a pu être observée entre certains lots supplémentés et le témoin. En outre, en zones humides les animaux sont continuellement exposés aux parasites qui les fragilisent et causent des baisses de poids (6). Ceci pouvait donc expliquer, en partie, les performances relativement modestes des animaux supplémentés en milieu réel.

L'ajustement logarithmique des données pondérales en fonction du temps en semaine (Figure 1) a permis d'obtenir les équations suivantes:

Témoin	$Y_0 = 0,08 \ln(t) + 11,40$	($R^2 = 0,025$)
<i>G. sepium</i>	$Y_G = 0,08 \ln(t) + 11,82$	($R^2 = 0,18$)
<i>L. leucocephala</i>	$Y_L = 0,30 \ln(t) + 12,49$	($R^2 = 0,56$)
Tourteau de coton	$Y_T = 1,15 \ln(t) + 11,69$	($R^2 = 0,71$)

Ces ajustements ont fourni des résultats variables comme le montrent les coefficients de détermination R^2 associés aux équations et qui varient de 0,025 pour le lot témoin à 0,71 pour le lot supplémenté au tourteau de coton. Les coefficients de détermination des équations de régression des lots des animaux supplémentés au tourteau de coton (0,71) et au *L. leucocephala* (0,56) indiquent respectivement que 71% et 56% des variations de poids des animaux peuvent être expliquées par

la courbe de régression. Cela indique le niveau d'influence de ces deux suppléments sur la croissance des chèvres naines. Le coefficient de détermination des animaux du lot témoin et celui des animaux supplémentés au *G. sepium* sont relativement faibles et voisins, ce qui concorde bien avec les résultats.

Gain de poids moyen quotidien

Le tableau 2 présente les différents gains de poids moyens quotidiens observés aux cours des différentes périodes de trois semaines. On y remarque que lors de la première moitié de l'essai, les animaux aussi bien des lots supplémentés que du lot témoin ont tous connu des baisses de poids. Cette période a coïncidé avec le début de la saison des pluies (et de la reprise de la végétation) et, malgré l'apport d'un supplément qui pouvait améliorer l'équilibre du régime alimentaire des animaux, la qualité du fourrage de base était encore limitée. Ce régime ne pouvait donc que limiter les pertes.

Tableau 2
Gains moyens quotidiens ajustés (g) aux différentes périodes d'étude et pendant tout l'essai

Régimes alimentaires	0-21	22-42	43-63	64-84	0-84
Contrôle	-2,10	-12,76	0,0	31,08	4,03 a
<i>G. sepium</i>	15,48	-4,03	12,54	-6,55	4,36 a
<i>L. leucocephala</i>	43,71	20,55	-11,97	17,34	17,33 b
Tourteau de coton	14,41	8,18	71,66	-18,93	18,83 b

a, b: Les moyennes dans les mêmes colonnes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 p. 100.

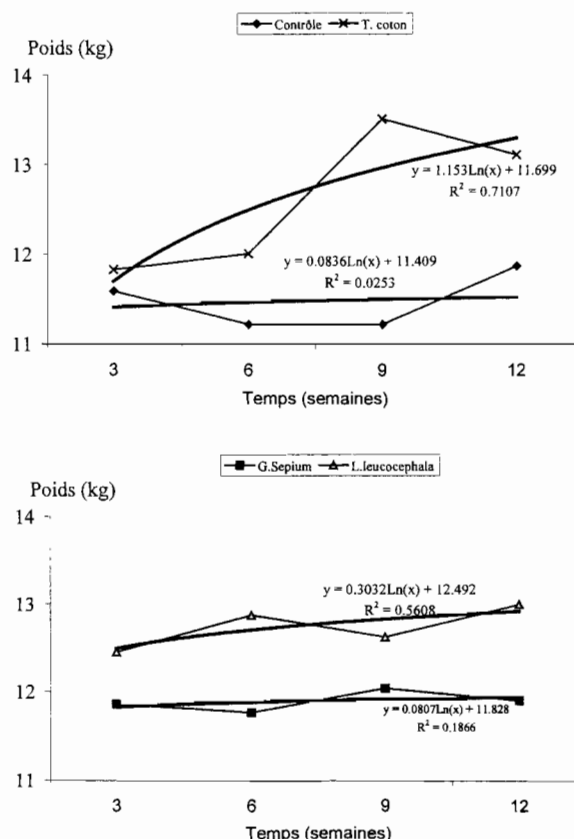


Figure 1
Evolution du poids moyen des animaux et leurs ajustements.

Au début de la deuxième moitié de l'essai, nous avons enregistré une forte augmentation de gain de poids chez les animaux supplémentés au tourteau de coton, au *G. sepium* et chez les animaux du lot témoin. Cette amélioration des gains de poids était due à la relative amélioration de la qualité du fourrage avec l'avancée de la saison de pluies. Il apparaît donc ainsi que, n'eut été la mauvaise odeur de *G. sepium*, fourrage le moins appété et à la limite rejeté, qui réduit sa palatibilité, cet aliment a un réel potentiel pour l'amélioration de la productivité des ruminants domestiques. Les animaux supplémentés au *L. leucocephala* continuaient à perdre du poids à cause du mauvais état de leur pâturage et de leur état sanitaire (diarrhées, troubles respiratoires) relativement médiocre à ce moment.

A la fin de l'essai, on observe une chute drastique du poids des animaux supplémentés au tourteau de coton. Au cours de cette période, à la suite du vol des animaux dans la zone (où se trouvaient les lots supplémentés au tourteau de coton), les éleveurs se refusaient à conduire leurs animaux au pâturage. Les chèvres ainsi restreintes presque exclusivement à la supplémentation ont perdu du poids. Cette chute de performance due à l'absence d'aliment grossier concorde avec les observations de Rivière (13) selon lesquelles la supplémentation azotée ne peut avoir d'effet que si le disponible en matière sèche est suffisant. En outre, les chèvres apprécient une alimentation variée et se développent mal quand elles sont en permanence soumises au même type d'aliments (2).

Les gains moyens quotidiens de 18,8; 4,4 et 17,3 g observés au cours de l'étude respectivement chez les animaux supplémentés au tourteau de coton, au *G. sepium* et au *L. leucocephala* sont inférieurs aux 45 g/jour observés par Leng (8) dans un essai conduit en Australie sur les chèvres en pâture libre et supplémentées au *L. leucocephala*. Jones (4) trouve une augmentation moyenne de gain de poids de 14% quand le *L. leucocephala* est inclus dans la ration des ruminants. Les résultats de Jabbar *et al.* (3) qui, sur les chèvres naines de Guinée d'Afrique de l'Ouest obtiennent un gain de poids de 30 à 40 g/kg de matière sèche de *Glicidia*, sont aussi différents des nôtres. Cette différence serait imputable à la faible appétabilité du *G. sepium* par les petits ruminants dans notre zone liée à la provenance et/ou à l'odeur que dégagent les feuilles fraîches (1, 5, 12).

Les animaux supplémentés au tourteau de coton ont eu pendant toute la durée de l'essai un gain moyen quotidien (GMQ) (18,8 g/j/animal) supérieur à celui des ani-

maux des autres groupes. Ce GMQ était toutefois inférieur à celui enregistré dans les travaux de Okello *et al.* (11) et de Zemmeling *et al.* (16) qui était de 30,1 g/j/animal. Kerboeuf et Godu (6) rapportent que dans les zones humides, les animaux sont exposés continuellement aux parasites, qui les fragilisent et causent des baisses de production. Ceci pourrait expliquer en partie certaines variations de performance observées au cours de cette étude. Il semble cependant certain que la supplémentation azotée atténue les effets néfastes du milieu sur la croissance des chèvres, en leur conférant une plus grande résistance aux agressions parasitaires et à tout autre facteur susceptible de provoquer une baisse de production.

Conclusion

La supplémentation des petits ruminants, surtout en début de saison des pluies (période de cultures) et dans des zones à forte densité de peuplement comme les Hautes Terres de l'Ouest Cameroun, apparaît de plus en plus comme un impératif pour l'amélioration de leur production. Elle améliore les performances pondérales des chèvres même quand l'approvisionnement en fourrage de base est inadéquat. Au terme de cette étude, les animaux supplémentés au tourteau de coton ont eu un gain moyen quotidien relativement plus élevé que celui des animaux supplémentés au *L. leucocephala* et au *G. sepium*.

La vulgarisation du *L. leucocephala*, compte tenu de ses performances comparables à celles du tourteau de coton dont le prix est hors de la portée des petits éleveurs, est potentiellement plus porteur. Elle peut permettre une intensification de la production des petits ruminants sans que les éleveurs aient recours à des investissements particulièrement importants, surtout quand cette supplémentation est couplée à un déparasitage systématique. Il serait souhaitable de poursuivre ce travail, en insistant sur l'accroissement de la teneur des régimes alimentaires en suppléments, et l'évaluation de leur digestibilité comparée pour mieux cerner la proportion d'azote ingérée par ces animaux.

Remerciements

Les auteurs remercient l'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA) à Vienne pour son assistance technique et financière à la réalisation de ce travail et, au-delà, à l'initiation et au développement du programme de recherche sur l'amélioration de la production des ruminants au Cameroun et en Afrique Centrale.

Références bibliographiques

1. Bennisson J.J. & Paterson R.T., 1993. Use of trees by livestock. Genus *Gliricidia*. N.R.I.
2. Devendra C. Burns, 1983. Goats production in the tropics. Commonwealth Agric. Bur. Farm. Roy. Bucks, England.
3. Jabbar M.A., Reynolds A., Larbi & Smith J., 1994. Nutritional and economic benefits of *Leucaena* and *Gliricidia* as feed supplements for small ruminants in humid West Africa. Trop. Anim. Health & Prod. 29, 35-47.
4. Jones R.J., 1994. The role of *Leucaena leucocephala* in improving the productivity of grazing cattle. In Forage tree legumes, Tropical Agriculture. Eds. Gulleride and Shelton. CAB International, UK.
5. Karbo N., Barnes P. & Rudar H., 1993. An evaluation of browse forage preferences by sheep and goats in the northern Guinea Savannah zone, Ghana. Proceeding of the second African Feed Resources Network (AFRNET) held in Harare. Ed. Ndikumana and de Leeuw. December 1993.
6. Kerboeuf D. & Godu J., 1984. Les strongyloses gastro-intestinales: données générales. Colloque International Niort, France, Octobre 1984.
7. Larrat., 1977. Manuel vétérinaire des agents techniques de l'élevage tropical. Seconde édition. Ministère de la Coopération. 1977. France.
8. Leng R.A., 1997. Tree foliage in ruminant nutrition. FAO Animal production and Health paper N° 139. FAO. Rome.
9. MINEPIA, Ministère de l'Elevage, des Pêches et des Industries Animales. 1987. Rapport Annuel. Yaoundé, Cameroun, 171 p.
10. Ndamukong K.J.N., 1984. Supplementation of cotton seed cake for sheep and goats maintained on pasture during the dry season. Revue Science et Technique, Série Sciences Zootechniques : 133-139.
11. Okello K.L., Ebong C. & Opula-Asibo J., 1996. Effect of feed supplements on weight gain and carcass characteristics of intact male Mubende goats fed elephant grass (*Pennisetum purpureum*) ad libitum in Uganda.
12. Phiri D.M., Kwesiga F. & Simwanza P., 1994. Indigenous browse species as supplement to basal diet of maize stover. Southern Africa AFNETA planning workshop, Mwanza, Tanzania. June 1994.
13. Riviere R., 1977. Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. Ministère de la Coopération. Paris. 1977.
14. Steel R.G. & Torrie J.H., 1980. Principles and procedures of statistics. New York, McGraw Hill Book Chromolaena odorata.. 633 p.
15. Teguia A., Manjell Y. & Tchoumboue J., 1987. Incidence du calendrier agricole sur l'élevage des petits ruminants dans une zone densément peuplée: Cas des hauts-plateaux de l'Ouest Cameroun. Tropicultura 1997, 15, 2, 56-60.
16. Zemmeling G., Tolkam B.K.J. & Meiderts J.H., 1985. Feed intake and weight gain of West African Dwarf Goats. In : Sheep and Goats in West Africa. Sumberg J.E. & Cassaday K. (eds). Proceeding of the workshop on small ruminant production systems in the humid zone of West Africa. Ibadan, Nigeria. 1985.

E. Pamo Tedonkeng, Camerounais, Ph. D., Ms. Range management and Nutrition. Doctorat de 3^{ème} Cycle en Economie. Professeur au Département des Productions animales, Faculté d'Agronomie et des Sciences agricoles. Université de Dschang, Cameroun.

Kennang T.B.A., Camerounais, Graduate Student au Département des Productions animales, Faculté d'Agronomie et des Sciences agricoles. Université de Dschang, Cameroun.

M.V. Kangmo, Camerounais, Graduate Student au Département des Productions animales. Faculté d'Agronomie et des Sciences agricoles. Université de Dschang, Cameroun.

AVIS

Nous rappelons à tous nos lecteurs, particulièrement ceux résidant dans les pays en voie de développement, que TROPICULTURA est destiné à tous ceux qui oeuvrent dans le domaine rural pris au sens large.

Pour cette raison, il serait utile que vous nous fassiez connaître des Institutions, Ecoles, Facultés, Centres ou Stations de recherche en agriculture du pays ou de la région où vous vous trouvez. Nous pourrions les abonner si ce n'est déjà fait.

Nous pensons ainsi, grâce à votre aide, pouvoir rendre un grand service à la communauté pour laquelle vous travaillez.

Merci.

BERICHT

Wij herrineren al onze lezers eraan, vooral diegenen in de ontwikkelingslanden, dat TROPICULTURA bestemd is voor ieder die werk verricht op het gebied van het platteland en dit in de meest ruime zin van het woord.

Daarom zou het nuttig zijn dat u ons de adressen zou geven van de Instellingen, Scholen, Faculteiten, Centra of Stations voor landbouwonderzoek van het land of de streek waar U zich bevindt. Wij zouden ze kunnen abonneren, zo dit niet reeds gebeurd is.

Met uw hulp denken we dus een grote dienst te kunnen bewijzen aan de gemeenschap waarvoor u werkt.

Dank U.

Strategy of Utilization of Locally Available Crop Residues and By-Products for Livestock Feeding in Tunisia

Aziza Moujahed-Raach*, N. Moujahed** & C. Kayouli*.

Keywords: Crop residues - Livestock - Feeding - By-products

Summary

Important quantities of crops residues and by-products are yearly available in North African countries. This paper presents the screening of the most important by-products in Tunisia, their nutritional characteristics and the appropriate strategies to use most of them in order to improve ruminants feeding systems.

One or several by-products are specific of each region of the country, but most of them are localised in the northern region. Some of the agricultural wastes are available in important quantities but are of nutritionally poor or moderate qualities (straw, olive wastes, poultry litter, etc), while others are produced in limited amounts but are of very interesting feeding values (sugar beet pulp, brewers grain, date residue, etc).

The main applied strategies to valorise Tunisian agricultural by-products consist in ammoniation of cereal straws along with supplementation with multivitamin blocks and formulation of balanced diets based totally or partially on them. These alternatives are crucial in the improvement of feeding values of studied diets and animal performances essentially by improving microbial activity in the rumen. In Tunisia such solution could be applied both in extensive and moderate animal production systems.

Résumé

Stratégie d'utilisation des résidus de récolte et des sous-produits locaux pour l'alimentation des ruminants en Tunisie.

Des quantités importantes de résidus de récolte et de sous-produits sont chaque année disponibles dans les pays d'Afrique du Nord. Dans cet article, nous présentons des résultats originaux concernant l'inventaire des plus importants de ces résidus en Tunisie et leurs caractéristiques nutritionnelles. D'autre part nous discutons certains travaux réalisés dans notre laboratoire portant sur les stratégies appropriées pour l'utilisation de certains résidus afin d'améliorer les systèmes d'alimentation des ruminants.

Généralement, chaque région du pays est caractérisée par la production de l'un ou de plusieurs de ces sous-produits, mais les plus importantes quantités sont disponibles en grandes quantités, mais présentent une valeur alimentaire moyenne voire faible (pailles, sous-produits de l'olivier, fientes de volailles ...). Cependant, d'autres résidus sont produits en quantités limitées, mais présentent une bonne valeur alimentaire (pulpes de betterave, drèches de brasserie, déchets de dattes ...).

Les principales stratégies envisagées pour la valorisation des sous-produits agricoles en Tunisie, sont l'ammonification des pailles et leur complémentation par les blocs multivitaminés, ainsi que la mise au point de rations équilibrées basées totalement ou partiellement sur ces ressources.

Ces alternatives ont permis d'améliorer la valeur alimentaire des régimes, ainsi que les performances animales, essentiellement par l'amélioration de l'activité microbienne dans le rumen. En Tunisie, ces stratégies pourraient être envisagées aussi bien dans les systèmes extensifs de production que dans les systèmes modérés.

The inventory of locally available by-products

In order to estimate the quantities of the most important Tunisian by-products, a large enquiry was carried out about their origin, the produced quantities, their availability and their current use. Data were collected from various branches of the Tunisian Department of Agriculture, and mostly, directly from the producers (farms, industries). For controlled production residues, estima-

tion of produced quantities was based on the amount of transformed raw material and their specific transformation rate. Table 1 summarizes the characteristics of the main by-products and crop residues in Tunisia.

Cereal straw: In Tunisia, there is about 1.5 million tons of straw yearly produced from wheat, barley, oat and

* Institut National Agronomique de Tunisie, DSPAP, 43 Av. Ch. Nicolle, 1082 Tunis, Tunisie.

** Ecole Supérieure d'Agriculture de Mograne, 1121, Mograne, Tunisie.

Received on 10.09.98 and accepted for publication on 23.06.99.

critical. This amount is related to grain production and therefore, varies largely from one year to another. Straw is available all over the country and especially in the North (about 75%). These residues constitute a traditional feedstuff for sheep and cattle (about 50%), the remaining quantities are used as litter.

Olive residues and wastes: The production of olive oil is of importance in the Tunisian economy. Olive trees cover about 1.5 million ha (about 57 millions of trees) especially in the northern and the central parts of the country. Olive oil production yields large amount of residue and by-products each year, such as olive cakes and olive leaves and twigs.

More than 200 000 tons of residue (olive cakes) are produced yearly from oil extraction out of 1 400 oil-plants. Since the use of olive by-product in ruminant nutrition is limited, it is used generally as fuel.

The pruning of olive trees gives about 750 000 tons of residues which are used as traditional feed-stuff in olive producing zones. It should also be noted, that important quantities are used as fuel by rural population.

Raisin kernels: In Tunisia, the vineyards cover about 27 000 ha. There are 40 factories (60% in the north eastern part of the country) which produce yearly 10 000 tons of grape wine residues made of fruit pulp and kernels. The by-product of wine is generally used as fuel and only about 10% is directed to feed ruminants by some farmers.

Sugar beet pulp: The area for the production of sugar beet is nearly 5 700 ha. The sugar beet is treated in two factories located in the North-west. The processing gives annually about 65 000 tons of sugar beet pulp, which is ensiled by farmers and used for intensive live-stock systems, especially for dairy cattle feeding.

Tomato pulp: In recent years, tomato canning is widely developed in Tunisia. About 25 000 ha are annually cultivated and 42 tomato canneries, principally localised near Tunis or in the North eastern regions, produce annually 20 000 tons of tomato pulp. This by-product is more and more stored as silage, and used for cattle feeding.

Brewers grain: The annual production of brewery grain is relatively limited to 5 000 tons from the sole brewery factory near Tunis. It is totally collected by farmers for dairy cows feeding.

Wheat bran: Tunisia is traditionally a large consumer of wheat bread. Wheat is treaded in 21 mills that produce almost 3.5 millions tons of wheat bran each year. Most of mills are localised in the region of Tunis, and all the bran is used directly by farmers in animal feeding or by factories to make compound feed.

Date residues: Date palm trees are widely developed in Tunisia's southern oases, and occupy about 22 000 ha. The annual production of date is about 80 000 tons of fruit wastes which are frequently used to feed goats, dromedaries and to a less extend for sheep.

Poultry litter: In Tunisia, the intensive poultry industry has known a considerable leap during the two last decades. Consequently, a large amount of excreta and litter is produced, which raises a serious pollution threat in some areas. Enormous quantities of these wastes are available during the year (about 700 000 tons) mainly in the North-eastern region of the country. Poultry litter is currently used as a soil fertiliser or accumulated in dumping grounds. The utilisation of poultry litter in animal feeding is worldwide practice (9); but in Tunisia, this alternative is not very frequent in spite of several research trials carried out since 1988. The results are successfully applied by some farmers.

Determination of nutritive value of by-products and crop residues

Locally available crop residues and by-products are largely variable and their chemical composition is often insufficient to characterise their nutritional value. Therefore, for a better understanding of the digestion processes, we established simple nutritional evaluation techniques based on chemical composition, fermentation characteristics and on degradation measured by the *in sacco* and *in vitro* methods.

Table 1
Principal Tunisian by-products and crop residues

By-products	Production (tons)	Principal production regions	Period of production
Cereal straws	1.5 million	North	June - August
Pressed olive cakes	200 000	North and center	November - February
Olive leaves and twigs	750 000	North and center	January - March
Raisin kernels	10 000	North-east	September - November
Sugar beet pulp	65 000	North-west	June - July
Tomato pulp	19 000	North-east	July - August
Brewers grain	4 600	Tunis	All the year
Wheat bran	3.5 million	Southern oasis	All the year
Date fruit residues	10 000	North-east	November - January
Poultry litter	700 000	North and centre	All the year

Used methodology

In vitro determination

In vitro determinations were made on 10 substrates (Table 2) and carried out using Batch system (6).

Rumen contents were collected before the morning feeding out of 2 fistulated sheep deprived of water 12 h earlier and fed 500 g of oat hay and 500 g of concentrate in 2 equal meals per day. The inoculum was introduced into each fermenter made of a one liter flask. The inoculum was composed of 100 ml of filtered rumen fluid, 100 g of solid rumen content and 200 ml of artificial saliva saturated with CO₂ at 40°C (pH = 6.8). In addition, 187 mg of soluble nitrogen provided by a (NH₄)₂ SO₄ solution were added to the fermenter. Each substrate was studied as following:

- two fermenters with inoculum + (NH₄)₂ SO₄ (187 mg N) + x g of OM of substrate providing 125 mg of N,
- two fermenters with inoculum + (NH₄)₂ SO₄ (187 mg N) for control.

Liquid samples (9 ml) were taken from the fermenters at the beginning of incubation (t₀) and after 24 h. They were mixed with 1 ml of conserving solution [1% (w/v) H₃Cl₂ and 5% (v/v) H₃PO₄] and conserved at -20°C for volatile fatty acids (VFA) analysis. Gas production was recorded at 1, 2, 3, 4, 5, 6 and 24 h in 2 liters graduated cylinder which is inverted and filled with a CaCl₂-2H₂O solution [30% (w/v)]. Kinetic of gas production was fitted according to the following model:

$$Y = a(1 - e^{-ct}), \text{ in which:}$$

- y: gas production at time t, (ml);
a: potentially gas production, (ml);
c: rate of gas production, (h⁻¹).

In sacco organic matter digestibility

Two Holstein cows fitted with rumen fistula were used for *in sacco* measurements. Both received 2 equal meals at 8 h 30 am and 4 h pm. The diet (75 g/kg^{0.75}) consisted of 70% of ray-grass hay and 30% of concentrate. The samples were ground with a 1 mm screen, and 5 g of each substrate was introduced in nylon bags (42.5 µm, 15 mg/cm²) and then dried at 60°C for 48 h. Organic matter was analyzed to determine 48 h OM digestibility. For every substrate, 4 replications (2 bags for each animal) were used.

Chemical analysis

Substrate were analyzed according to the AOAC (1) methods. VFA were analyzed following the method described by Jouany (5). Energy value is determined according to the French System (UFL) but based on stoichiometric equations (2).

Results

Results are presented in table 2.

Cereal straw: Straw is a poor quality forage: low nitrogen and high cellulose contents with low *in sacco* digestibility. Fermentations expressed by gas and VFA production are, therefore, low. This low nutritive value is essentially due to high content of lignin.

Pressed olive cakes: Olive cakes contain a large amount of kernel fragments responsible for their high content of lignocellulosic materials representing half of dry matter content; nitrogen content and digestibility are also very low. Production of gas and VFA are very limited, indicating that olive cakes are very poor feedstuff and therefore they could not be recommended as sole ingredient food.

Fresh olive leaves and twigs: Olive leaves and twigs are relatively high in nitrogen with a moderate content of cell wall. *In sacco* digestibility is relatively high com-

Table 2.

Chemical composition, *in sacco* digestibility, gas and VFA production and energy value of studied crop residues and by-products

By-products	Dry matter (%)	Ash (% DM)	N x 6.25 (% DM)	ADF (% DM)	OMD (%)	Gas ml/g OM	VFA mmol / g OM	UFL
Wheat Straw	89.0	7.4	3.7	40.7	40.1	70.7	3.6	0.38
Olive cakes	45.5	11.5	4.0	46.5	36.3	45.4	1.6	0.34
Olive leaves	56.8	3.6	10.5	29.9	60.3	54.5	3.2	0.65
Raisin kernels	37.1	9.2	13.8	45.7	52.2	73.7	6.6	0.35
Sugar beet pulp	17.2	6.2	9.1	31.6	86.2	140.5	9.6	0.85
Tomato pulp	25.5	4.5	21.5	35.0	59.9	100.3	5.3	0.61
Brewery grains	24.3	4.0	28.5	22.1	75.4	208.6	8.9	0.80
Wheat bran	89.1	7.0	16.0	13.7	71.9	166.7	8.5	0.73
Dates residues	87.6	2.5	3.2	7.8	93.8	178.6	10.1	1.11
Poultry litter	70.6	15.4	23.5	24.9	65.9	120.5	6.5	0.68

OM: Organic matter

OMD: *In sacco* digestibility (48 hours) of OM

VFA: volatile fatty acids.

UFL/kg DM: unité fourragère lait; results are obtained from the knowledge of the *in sacco* digestibility and the Metabolisable Energy of VFA (acetic, propionic and butyric acids) according to stoichiometric equations of Demeyer (2).

N: nitrogen

Table 3
Nitrogen content, *in sacco* digestibility, feed intake and liveweight variation of ewes
fed untreated, treated wheat straw and multinutrient blocks
(30 animals per treatment; 120 days trial) (10)

	N x 6.25 (% DM)	72 h <i>in sacco</i> digestibility	Intake (g DM / kg P ^{0.75})	Liveweight variation (kg)
Untreated wheat straw	5.0 a	45.0 a	43.0 a	-2.8 a
Urea treated straw (5%)	11.0 b	55.0 b	56.0 b	+4.0 b
Anhydrous ammonia treated straw (3.5%)	12.0 b	57.0 b	58.0 b	+5.7 c
Untreated straw supplemented with feedblocks	-	-	60.0 c	+6.4 c

a, b, c: averages in the same column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

Multinutrient blocks are composed of (%): molasses (10), urea (8), poultry litter (20), wheat bran (20), olive cakes (15), cement (15), salt (6), minerals (6)

pared to current values; this is probably due to young age of the tree. Gas and VFA production are moderate. These residues are nutritionally better than olive cakes and straw. Nevertheless, their nutritive value is fickle, mainly because of lignocellulosic content, depending on the pruned wooden parts production and the trees age.

Raisin kernels: The chemical composition of grape wine residues is similar to straw, but they are higher in nitrogen, more digestible and produce more gas and VFA.

Sugar beet pulp: Sugar beet pulp is deficient in nitrogen and relatively high in fiber, while *in sacco* digestibility is very high. This is probably due to high digestibility of the fiber fraction which is poor in lignin. Sugar beet pulp is highly fermented, as indicated by high production of gas and VFA. These nutritional characteristics are close to those for a concentrate.

Tomato pulp: Tomato pulp is an interesting feedstuff. It is high in nitrogen which is lowly degraded in the rumen (4). We noted also suitable gas and VFA productions and then nutritional value.

Brewers' grain: This substrate is characterised by high nitrogen content. Brewery grain is also highly fermented and digested, with an important production of gas and VFA. The proportion of acetate is high and could be related to the high content of digestible fiber (13). It presents therefore a high nutritive value.

Wheat bran: Wheat bran has a relatively important nitrogen content and is highly digestible. Gas and VFA productions are also important with a relatively high proportion of butyrate and propionate. Similar observations were shown *in vitro* (3). Wheat bran presents a substantial nutritive value.

Dates residues fruits: Nitrogen and mineral contents are very low while they are very high in cytoplasm carbohydrates. These wastes are well fermented and almost completely digested because of high sugar content.

Poultry litter: Poultry litter has a important nitrogen content; gas and VFA production are also high.

The *in vitro* techniques and stoichiometric equations based on the processes of digestion could be considered as promising methods to evaluate and to classify the nutritive value of locally available crop residues and by-products. A highly positive correlation was found between *in sacco* organic matter digestibility and VFA production ($r = 0.83$). Furthermore, the energy value (French system UFL) was calculated with a suitable accuracy according to stoichiometric equations based on the digestibility and the molar proportion of VFA.

Different applied strategies to improve local resources

Ammoniation of cereal straws

Straw is frequently the main feed-stuff for cattle and sheep during the winter season in the North of Tunisia. However, straw is a poor quality forage with a low nitrogen content and digestibility, leading to low intake. Straw ammoniation is a well known and proved technology to increase the nutritive value. Straw treatment with 3% anhydrous ammoniac is widely used in the North of the country where 10 000 tons are treated yearly. Ammoniation of straw by urea-ensiling (5% of urea) has been applied also during the past years. This process is expected to extend because of the recent increase of anhydrous ammonia price and also because of the simplicity of the urea treatment. Recently, we compared wheat straw treated with ammonia or urea and fed to sheep during 4 dry season months (10). Results in table 3 show that ammoniation with 3.5% anhydrous ammonia or with 5% urea (water added: 45%) increased significantly nitrogen content and *in sacco* digestibility. Moreover, treated straw intake was increased by 30%. Ewes lost weight when fed untreated straw while they maintained their weight and even they gained weight when offered treated straw. The weight gain reached 4 and 5.7 kg after 120 days trial period respectively for urea and ammonia treated straw (Table 3). Such effect of ammoniated treated straw has been observed elsewhere (12).

Some other aspects are to be considered for the treatment of straw. Unpublished experiments carried out in our laboratory showed differences between various

species of cereal straw in terms of chemical composition and *in sacco* digestibility. When treated with urea, the increase of nitrogen content and *in sacco* digestibility is more important for the initially poor and less digestible straws before treatment. The same experiments showed that the feeding values of vetch-oat hay, the most important forage cultivated in Tunisia, are low and close to that of the untreated straw; this hay could be replaced totally or partially by the treated straw in feeding ruminant.

Multinutrient blocks as supplement of poor quality forage

The feeding system of extensive livestock is based mainly on poor grazing straw stubble and grassland areas during the long dry season (from June to November). Furthermore, the supplementation of animals with concentrate is not a widespread practice because of its high price. So, animals are often characterized by a marked liveweight loss and depraved appetite. The least cost system to improve the nutritional status of animals during dry season is the supplementation with multinutrient blocks. They constitute a strategic catalytic supplement for better valorization of poor quality forage, so, microbial activity is enhanced and finally, digestion and intake are increased (11). The feedblocks are made from local by-products containing urea and minerals. Our experiments carried out in Tunisia (10) show that feedblocks are a promising technique to supplement sheep during dry season. In the trials with treated and untreated straws (Table 3), we added a fourth group of ewes supplemented with multinutrient blocks. The blocks are composed on a dry matter basis of molasses (10%), urea (8%), poultry litter (20%), wheat bran (20%), olive cakes (15%), cement (15%), salt (6%) and minerals (6%). An average feedblock intake of 180 g per day significantly increased straw intake (40%) with, as result, a positive liveweight variation of 6 kg. Non supplemented ewes lost 2.8 kg liveweight during the same experimental period of 120 days. This supplementation is currently applied with success by some nomadic farmers who reported good health and positive liveweight variation with sheep grazing straw stubble.

Formulation of rations based on local by-products

Crop residues and by-products present a large variation in their chemical composition, digestibility and fermentation pattern. Several among them can not constitute the basal animal ration. The strategy of the nutritionally acceptable rations at the lowest cost is to combine different by-products. Our objective, when formulating such combination, was to create favourable conditions to rumen microbes in order to induce an optimal lignocellulose digestion and microbial synthesis.

In this respect, some by-products, mainly those with high nitrogen content, could be considered as a suitable strategic supplement allowing a better valorization of crop residues and other feedstuffs deficient in nitrogen and/or with high cellulose content. So olive cakes, wheat straw, raisin kernels and olive leaves and twigs could be reasonably associated to tomato pulp, brewery grain and poultry litter. Sugar beet pulp and dates fruit

are also interesting energetic resources and could form well balanced feed rations when associated to the nitrogenous by-products. Some rations were studied and largely used by several farmers in Tunisia.

Poultry litter has been successfully ensiled with olive cakes and wheat bran (45:45:10% w/w/w, dry matter basis). Results indicated that six weeks later, the ensiling technique was efficient for conservation of poultry litter at a low cost and eliminated health hazards. The litter silage was substituted for commercial concentrate and soybean meal and fed to lambs in a growing trial during 66 days (8). Results in table 4 show that daily gain and feed intake obtained with experimental diet were higher than with concentrate diet; furthermore feed cost was lowered by 50% in poultry litter silage group.

Table 4
Feed intake and performance of growing lambs fed an ensiled poultry diet or concentrate diet (12 animals per treatment; 66 days trial) (8)

	Ensiled poultry litter diet ¹	Concentrate diet
<i>In vivo</i> OM digestibility (%)	61.4	74.9
Retained nitrogen (g/day)	33.0	37.2
Feed intake (g DM/day)	1520.0	1098.0
Daily gain (g/day)	252.8	221.2
Feed conversion ratio (kg DM/kg of gain)	6.1	5.4
Carcass yield (%)	47.5	45.1
Feed cost (U.S. \$/kg gain)	0.4	0.8

(¹): Poultry litter was ensiled with olive cakes and wheat bran in the following proportion on a dry matter basis 45:45:10 w/w/w. Water was added to obtain 50% DM in the silage.

In an other trial on beef fattening (7), an experimental diet containing sugar beet pulp and poultry litter was compared to a control diet (sugar beet pulp and concentrate with high proportion of soybean meal) fed to fattening beef during a 150 days period. Animal performance (growth rate, feed conversion ratio and carcass quality) were similar, while the ration cost was reduced by 20% within experimental diet (Table 5).

Table 5
Performance of growing beef (salers breed) fed sugar beet pulp supplemented or not with different levels of poultry litter substituting soyabean in concentrate

	Diet 1	Diet 2	Diet 3
Daily gain (g/day)	1194	1163	1103
Feed conversion (kg DM/kg gain)	7.25	8.5	9.5
Meat yield (%)	63.8	64.8	64.1
Feed cost (US\$/kg of gain)	1.556	1.228	1.283
Profits (US\$/head)	48	109	100

Conclusions

It is concluded that the large potential of by products and crops residues in Tunisia as well as in the other countries of North Africa could be used more efficiently when they are associated to constitute a low cost and balanced supplement or basal ration. Nowadays, this

strategy has acquired increasing relevance and importance to several Tunisian farmers because of the lack of good quality forage and also because of the high price of concentrate due to the lack of subsidised imported feed ingredients.

Acknowledgments

We gratefully acknowledge Pr J.P. Jouany (INRA, Theix, France) and Pr D. Demeyer (U. Gent, Melle, Belgium) for their scientific guidances

Literature

1. AOAC., 1985. Official Methods of Analysis. Association of official Analytical Chemists, Washington, DC.
2. Demeyer, D.I., 1991. Quantitative aspects of microbial metabolism in the rumen. In *Rumen Metabolism and Ruminant Digestion*. pp 217-231. INRA (Editor: J.P. Jouany, 1991).
3. Durand M., Dumay C., Beaumatin P. & Morel M.T., 1988. Use of the rumen simulation technique (RUSITEC) to compare microbial digestion of various by-products. *Anim. Feed and Technology*, **21**: 2-4, 197-204.
4. Gasa J., Castrilo C. & Guada J.A., 1988. Nutritive value for ruminants of the canning industry by-products: 1 tomato pomace and pepper residues. *Inverstigacion Agraria, Produccion-y-Sanidad-Animales*, **3**: 1, 57-73; 29.
5. Jouany J.P., 1982. Volatile fatty acids and alcohols determination in digestive content silage juices, bacterial cultures and anaerobic fermentation contents, *Sciences des aliments*, **2**: 131-144.
6. Jouany J.P., & Thivend P., 1986. *In vitro* effects of avoparcin on degradability and rumen fermentation. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **15**: 215-229.
7. Kayouli C., 1989. A strategy for animal nutrition in the tropics. In: *Proceeding of the international symposium on the constraints and possibilities of ruminant production the dry subtropics*. pp 201-206. Cairo, Egypt, November 1989.
8. Kayouli C., Demeyer D.I. & Accacha M., 1993. Evaluation of poultry litter and olive cakes as alternative feed for ruminant production in Tunisia. In: *Proceeding of the international conference in increasing livestock production through utilisation of local resources*. pp 420-440 Beijing, China. October 18-22-1993.
9. Muller Z.O., 1980. Feed from animal wastes: state of knowledge. In: *FAO Animal Production Paper No. 18*, FAO. Rome.
10. Nyarko-Badoh D.K., Kayouli C., Bâ A.A. & Gasmi A., 1993. Valorization of cereal straws in the feeding in the North of Tunisia. In: *Proceeding of the international conference in increasing livestock production through utilisation of local resources*. pp 172-284. Beijing, China. October 18-22-1993.
11. Sansoucy R., 1986. Manufacture of molasses-urea blocks. *World. Anim. Rev.* **57**: 40-48.
12. Wanapat M., Sriwattanasombad S., & Chantai S., 1985. The utilisation of diets containing untreated rice straw, urea-ammonia treated rice straw and waterhyacinth (*Eichhornia crassipes*, Mart). *Tropical-Animal-Production*. 1985, **10**: 1, 50-57.
13. Wolter R., 1992. *Alimentation de la vache laitière*. Edition France Agricole (1^{ère} édition).

Aziza Moujahed-Raach, Tunisienne, Thèse de 3^{ème} cycle de l'INAT. Ingénieur Principal au Ministère de l'Agriculture. Adresse actuelle: CRDA de Bizerte, Av. Assen Nouri, 7000, Bizerte, Tunisie
 N. Moujahed, Tunsien, Thèse de 3^{ème} cycle de l'INAT (Doctorat en fin de préparation de l'INAT). Maître-assistant (Enseignant-chercheur) à l'Ecole Supérieure d'Agriculture de Mograne, Adresse: ESA de Mograne, 1121 Mograne, Tunisie
 C. Kayouli, Tunisien, Doctorat (Belgique), Professeur de Nutrition Animale à l'INAT, Institut Nationale Agronomique de Tunisie, 43, Av. Charles Nicolle, 1082 Tunis-Mahrajène, Tunisie
 Les travaux présentés dans cet article ont été réalisés dans le cadre du programme de recherche du laboratoire de Nutrition Animale de l'Institut Nationale Agronomique de Tunisie, sous la direction du Professeur C. Kayouli

An Assessment of some Fertilizer Recommendations under Different Cropping Systems in a Humid Tropical Environment

E. Y. Fondufe, A. E. Eneji*, A. A. Agboola, S. Yamamoto & T. Honna

Keywords: Fertilizer recommendations - Cropping systems - Humid tropics

Summary

Studies were carried out to determine the effects of four fertilizer recommendation systems (blanket recommendation, soil test recommendation, recommendation based on nutrient supplementation index and unfertilized control) on five cropping systems (sole cassava, maize, melon, cassava + maize and cassava + maize + melon). The experiment was a split-plot in randomised complete block design, with fertilizer recommendation systems in main plots and cropping systems in sub-plots. Observations were made on plant growth and yield. Plant samples were also analyzed for N, P and K uptake. Cassava and melon gave higher yields in sole cropping than intercropping while maize yield under intercropping exceeded that under sole cropping by 17%. Cassava root yield was significantly reduced by 24 and 35% in cassava + maize and cassava + maize + melon plots. Fertilizer recommendation based on nutrient supplementation index (NSI) gave the highest crop yield 41, 31, and 27 t/ha of maize in sole maize, maize + cassava and maize + cassava + melon and 0.6 and 0.2 t/ha of sole melon and intercropped melon respectively. Nitrogen uptake by cassava and maize was highest under NSI, but fertilizer recommendation based on soil test gave the highest crop yield and monetary returns per unit of fertilizer used.

Resumé

Evaluation de quelques recommandations d'engrais sous divers systèmes de cultures dans un milieu tropical humide

Des études ont été réalisées pour déterminer les effets de quatre recommandations de fertilisation (application en couverture des exportations, sur base d'analyse du sol, en utilisant l'indice de supplémentation nutritif et un témoin non fertilisé), sur cinq systèmes de cultures (manioc, maïs, melon, cultivés seuls, associations manioc- maïs et manioc- maïs- melon) selon un dispositif expérimental en parcelles divisées réparties aléatoirement dans des blocs (le mode de fertilisation différenciant les parcelles principales et le type de système de culture différenciant les sous-parcelles). Les observations ont concerné la croissance et le rendement des plantes. Des échantillons de plantes ont été analysés pour évaluer les prélèvements en N, P et K. Le manioc et le melon ont donné un meilleur rendement en culture pure qu'en culture associée tandis que la production de maïs en culture associée dépassait de 17% celle obtenue en culture pure. Le rendement en racine du manioc était réduit significativement dans les associations manioc- maïs (- 24%) et manioc- maïs- melon (- 35%). La recommandation de fertilisation basée sur l'indice de supplémentation nutritive (ISN) a donné le plus haut rendement pour le manioc (respectivement 41; 31 et 27 tonnes par ha en culture pure et dans les associations manioc- maïs et manioc- maïs- melon); pour le maïs (respectivement 3,9; 4,6 et 4,6 tonnes par ha pour les trois systèmes de culture comparés) et pour le melon (0,6 et 0,2 tonnes par ha en culture pure et en culture associée). Le prélèvement d'azote par manioc était le plus élevé pour la recommandation basée sur l'ISN mais le plus haut rendement cultural par unité de fertilisant appliqué a été obtenu pour la recommandation basée sur l'analyse du sol.

Introduction

The aim of all cropping systems should be maximum profit from the farming operation (16). In evaluating a crop and soil management system for its effects on sustained high production, one of the major factors that must be considered is plant nutrient supply. There is little information on fertilizer management practices in sub-saharan Africa. One of the greatest needs in this regard is how fertilizer recommendations for multiple cropping can be based on soil testing, which is the most

important aspect of soil fertility evaluation embracing physical and chemical measurement on the soil. Over the years blanket fertilizer recommendations have been applied to crop mixtures. For example, in a cassava + maize intercrop, some researchers are of the opinion that fertilizer recommendation be based either on the sole cassava or maize requirement. This opinion is however, not supported by any research data.

*Corresponding author: A. E. Eneji; Laboratory of Soil Science, Faculty of Agriculture, Tottori University, Minami 4-101, Koyama-Cho, Tottori 680, Japan.
Received on 30.11.99 and accepted for publication on 30.06.00

The need for a sound fertilizer recommendation based on soil and plant tissue analyses cannot be over-emphasized. This would entail a knowledge of the various relationships between applied and absorbed quantity of a plant nutrient or its uptake as well as between the applied quantity of nutrients and yield of deserved products. The measurement of growth and yield and analysis of plant tissue are useful indicators of these relationships. Some advances in fertilizer recommendations have involved the use of fertilizer factor, (Ff) (9), nutrient supplementation index (NSI) (18) and fractional recovery (FR) (1). While the concept of NSI is the amount of soil nutrients taken up by the crop, that of Ff is the amount actually available to the crop under a given condition of soil physical and chemical properties. The NSI has not been supported by actual and practical evidence regarding the application of fertilizer rates to crops.

The objective of this study was therefore to determine the effect of different fertilizer recommendation systems on crop yield and nutrient uptake under sole and mixed cropping systems.

Material and methods

Site description, cropping history and experimental layout

The experiment was carried out in the Faculty of Agriculture Experimental Farm, University of Ibadan (7° 30'N; 3°54'E), Nigeria between 1988 and 1991. Ibadan is characterized by an average rainfall of 1 229 mm *per annum*, with a bimodal distribution. Annual temperatures range between 21 and 31°C. The soil is Oxic Tropudalf (17), locally classified as Egbeda soil series and is loamy sand at the top 0-10 cm to sandy clay at the sub-soil. Pre-cropping soil chemical properties were: pH = 6.4; total N = 0.1 g/100 g; K = 0.42 cmol/kg; Ca = 1.74 cmol/kg and Mg = 3.72 cmol/kg. The plot was cleared from a secondary bush in 1950 and used as paddock by the department of Animal Science of the University. It was first planted to elephant grass and grazed for 2-3 years, fallowed for about 2 years before planting to *Stylosanthes* as permanent pasture. Prior to the commencement of this study, the plot was planted to maize + cassava for two years without fertilizer, after which it was fallowed for two years.

The land was manually cleared in each year of the experiment; weed and crop residues were burnt *in-situ*, and the ashes distributed onto the plots. This was followed by conventional tillage before the experiment was laid into a split-plot in randomised complete blocks. The main plots received fertilizer according to the following recommendation systems. (1) no fertilizer (A1), (2) Blanket recommendation (A2), (3) recommendation based on soil test (A3) and (4) recommendation based on nutrient supplementation index (A4). The sub-plot treatments were five cropping systems, namely (a) sole cassava (B1), (b) sole maize (B2), (c) sole melon (B3), (d) cassava + maize (B4) and (e) cassava + maize + melon (B5). Thus there were 20 treatment combinations and these were replicated three times.

Estimation of N, P and K rates applied for each fertilizer recommendation system

Blanket fertilizer rate was applied as NPK (15:15:15) at 400 kg/ha (12). For the soil test recommendation which considered the N availability index of soils of south-western Nigeria (3), 150 kg N/ha was applied to the soil in each of the three seasons. Using the critical value for available P for these soils, the procedure of Agboola (6) was used to calculate the elemental P required to amend the soil P level. Sixteen and 11 kg/ha of P were applied in 1988 and 1989 while no application was made in 1990. Potassium was not applied because the soil test value was higher than the critical level of 0.2-0.25 cmol/kg (2).

Fertilizer recommendation based on NSI was used only during the third cropping season 1990. The uptake of N, P and K from the 1989 cropping was used to compute NSI values as the percentage of the amount of nutrient applied in a sole crop of each of cassava, maize and melon that has to be added when these crops are grown in mixtures. The formula used for calculating the NSI was: $NSI_A = 100 (Na + Nb/NA - 1)\%$ where NSI_A = nutrient supplementation index for species A for a given element defined as the percentage of the usual uptake for that element by a sole crop of A that should be added to the mixture to meet the combined needs of intercropped A and B; NA = nutrient uptake by sole crop of A per specified unit area of land; Na = nutrient uptake of A in the mixture for the same land area as sole cropped A and Nb = nutrient uptake of B in the mixture for the same land area as the sole crop. Table 1 presents the fertilizer amounts used for the study.

Table 1
Fertilizer application rates used for this study

	1988	1988	1989	1989		1990		
Nutrient required for soil amendment (kg/ha)	A2	A3	A2	A3	A2	A3	A4	
							B4	B5
N	60.0	150.0	60.0	150.0	60.0	150.0	220.5	214.5
P	26.0	15.7	26.0	10.7	26.0	0.0	65.5	62.0
K	50.0	0.0	50.0	0.0	50.0	0.0	68.5	66.0
Fertilizer material used (kg/ha)								
NPK (15:15:15)	400.0	0.0	400.0	0.0	400.0	0.0	0.0	0.0
Urea (45% N)	0.0	333.0	0.0	333.0	0.0	333.0	490.0	477.0
SSP* (18% P ₂ O ₅)	0.0	211.0	0.0	135.0	0.0	0.0	828.0	783.0
MOP** (56% K ₂ O)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	123.0	118.0

* Single superphosphate; ** Muriate of potash

A2 = blanket fertilizer model; A3 = soil test fertilizer model; A4 = nutrient supplementation index model

B4 = cassava + maize, B5 = cassava + maize + melon

The field was manually planted to cassava, maize and melon using populations of 10 000 plants per hectare for cassava and melon at a spacing of 1 m x 1 m. Maize was also spaced 1 m x 1 m but with 2 plants per hill to give a population of 20 000 plants per hectare. Plant populations were the same for both sole and intercropped plots. The crop varieties used were TMS30572, an improved cassava cultivar commonly used for intercropping in South-western Nigeria; TZSR-Y-1 which is also an improved maize variety that matures in 90 days and a local melon variety widely grown in Ibadan environments.

Phosphorus in form of single super phosphate and K as muriate of potash were ring-applied to each plant stand 2 weeks after planting (WAP) for A3 and A4 fertilizer recommendations while two-third of nitrogen as urea was applied at the same time. For the blanket application (A2), NPK (15:15:15) fertilizer was applied also by ring method at 2 WAP.

The plots were manually weeded three times in each cropping cycle to minimize competition from weeds. In the 1990/91 season, cassava and melon leaves were sampled at 12 and 6 WAP while maize grain and stover were sampled at harvest to determine nutrient uptake. The samples were oven-dried (60°C) for 48 hours and milled to pass a 2 mm sieve for analysis. Two grams of the milled samples were digested according to the procedure of Blanchard (11). Phosphorus in the extract was read from Baugh and Lomb spectrophotometer, Ca and Mg from the atomic absorption spectrophotometer and K from the flame photometer. Total N was determined by the microkjeldahl method (13).

Fresh cassava tuberous root was harvested at 48 WAP, maize grain at 12 WAP and melon at 14 WAP. The yields of maize and melon were expressed at 14% moisture content. To evaluate the fertilizer recommendation systems, a partial budget analysis was carried out by comparing the cost of fertilizer recommendation system with the monetary value of the crop yield. The analysis was done after converting the intercrop yields to an equicassava yield using the model of Ssali (15). GENSTAT statistical package was used for data analysis.

Results

Crop yields

Cassava

Blanket fertilizer application gave the lowest cassava tuberous root yield (13 t/ha), which was 23% lower than the yield from fertilizer recommendation based on soil test (Table 2). During 1988/89 cropping, cassava yield from plots under soil test recommendation system was significantly higher than those under blanket and zero fertilization. In the 1990/91 cropping, the yield from plots based on NSI significantly exceeded those of the other recommendation systems by between 83 and 142%. The average root yield across fertilizer recommendations, except NSI for the three years was 19.4 t/ha in sole cassava. This was reduced by 23 and 31% in cassava + maize and cassava + maize + melon (Table 2). The reduction was 26 and 33% in 1988/89; 26 and 34% in 1989/90 and 25 and 33% in 1990/91 cropping cycles.

Maize

During the 1988/98 cropping cycle, maize yield from the unfertilized plot was the lowest (1.4 t/ha), being 22 and 126% lower than the yields under blanket and soil test recommendation systems (Table 3).

Table 2
Cassava yield (t/ha) under the different fertilizer recommendation and cropping systems

Cropping systems (CS)	Fertilizer recommendations (FR)				
	Zero	Blanket	Soil test	NSI	Mean
1 st season (1988/89)					
Sole cassava	14.8	16.8	24.9	-	18.3
C + M	11.0	12.5	18.3	-	13.9
C + M + Me	9.9	11.4	16.7	-	12.7
Mean	12.0	13.6	20.0	-	-
LSD (5%) - FR	-	6.5	-	-	1.5
LSD (5%) - FR x CS	-	NS	-	-	-
2 nd season (1989/90)					
Sole cassava	20.8	17.3	24.4	-	20.8
C + M	15.5	13.0	17.6	-	15.4
C + M + Me	13.7	11.3	16.2	-	13.8
Mean	16.7	13.9	19.4	-	-
LSD (5%) - FR	-	NS	-	-	1.7
LSD (5%) - FR x CS	-	NS	-	-	-
3 rd season (1990/91)					
Sole cassava	21.8	16.9	22.7	41.2	25.7
C + M	16.6	12.6	16.4	31.2	19.2
C + M + Me	14.8	11.7	15.3	27.2	17.2
Mean	17.7	13.7	18.1	33.2	-
LSD (5%) - FR	-	-	8.6	-	1.2
LSD (5%) - FR x CS	-	-	2.4	-	-
Average data (1988-91)					
Sole cassava	19.1	17.0	22	-	19.4
C + M	14.3	12.7	17.4	-	14.8
C + M + Me	12.8	11.5	16.1	-	13.4
Mean	15.4	13.0	19.2	-	-

NS = not significant

Table 3
Maize yield (t/ha) under the different fertilizer recommendation and cropping systems

Cropping systems (CS)	Fertilizer recommendations (FR)				
	Zero	Blanket	Soil test	NSI	Mean
1 st season (1988/89)					
Sole maize	1.4	1.6	2.9	-	2.0
C + M	1.6	1.8	3.5	-	2.3
C + M + Me	1.6	1.9	3.5	-	2.3
Mean	1.5	1.8	3.3	-	-
LSD (5%) - FR	-	0.1	-	-	0.03
LSD (5%) - FR x CS	-	0.04	-	-	-
2 nd season (1989/90)					
Sole maize	1.3	1.6	2.9	-	1.9
C + M	1.5	1.9	3.4	-	2.3
C + M + Me	1.5	1.9	3.4	-	2.3
Mean	1.4	1.8	3.2	-	-
LSD (5%) - FR	-	0.2	-	-	0.03
LSD (5%) - FR x CS	-	0.1	-	-	-
3 rd season (1990/91)					
Sole maize	1.2	1.5	2.9	3.9	2.4
C + M	1.4	1.8	3.5	4.6	2.8
C + M + Me	1.4	1.8	3.5	4.6	2.8
Mean	1.4	1.7	3.3	4.4	-
LSD (5%) - FR	-	0.3	-	-	0.03
LSD (5%) - FR x CS	-	0.1	-	-	-
Average data (1988-91)					
Sole maize	1.3	1.6	2.9	-	1.9
C + M	1.5	1.9	3.4	-	2.3
C + M + Me	1.5	1.9	3.5	-	2.3
Mean	1.4	1.8	3.3	-	-

In the 1989/90. Cropping cycles the yield from the soil test recommendation was highest whereas in 1990/91. Cropping cycle, grain yield under NSI exceeded those of soil test recommendation by 33%, blanket recommendation by 154% and the unfertilized control by 219%. Across the fertilizer recommendation systems except NSI, the mean yield of sole maize for the 3 years was 1.9 t/ha. This increased by 18% in the intercropped plots. The interaction between cropping system and fertilizer recommendation systems significantly affected maize grain yield in all seasons.

Melon

Melon seed yield as affected by fertilizer recommendation and cropping systems is presented in Table 4. Dur-

ing 1989/90 cropping cycle melon seed yield under the blanket and soil test recommendations exceeded that of the unfertilized plots by 5 and 33% respectively. In 1988/89 season melon had no yield because of the excessive rainfall, but in 1990/91 the yield under NSI significantly exceeded that of soil test by 32%, blanket recommendation by 105% and unfertilized control by 85% respectively. The yield from plots fertilized based on soil test recommendation significantly exceeded those of the blanket recommendation and unfertilized control by 8 and 30%.

With the exception of NSI the average melon seed yield across fertilizer recommendation systems was reduced by 70% in melon + cassava + maize. The yield reduction of intercropped melon by cropping cycle was 55% in 1988/89 and 70% in 1990/91.

Nutrient uptake

Data on nutrient uptake as reflected by the content in the tissues of the crops are presented in Table 5.

Cassava

Nitrogen content of cassava that received no fertilizer was similar in sole cassava and cassava + maize, but doubled that of cassava + maize + melon (Table 5). Under the blanket fertilizer recommendation, the N content of sole and intercropped cassava was not different, whereas the content under soil test recommendation was similar in sole cassava and cassava + maize + melon but was double that of cassava + maize. In the NSI, the N content of sole cassava was about half that of intercropped cassava. Across the fertilizer recommendation systems, the N content of sole cassava was significantly highest in the unfertilized control and blanket recommendation, while the content in cassava + maize + melon under NSI significantly exceeded other recommendation systems.

Table 4
Melon yield (t/ha) as affected by fertilizer recommendation and cropping systems
Fertilizer recommendations (FR)

Cropping systems (CS)	Fertilizer recommendations (FR)				
	Zero	Blanket	Soil test	NSI	Mean
2 nd season (1989/90)					
Sole melon	0.32	0.4	0.43		0.38
C+M+Me	0.09	0.12	0.14		0.17
Mean	0.21	0.26	0.28		-
LSD (5%) - FR	-	0.06	-		0.05
LSD (5%) - FR X CS	-	NS	-		-
3 rd season (1989/90)					
Sole melon	0.32	0.29	0.43	0.57	0.40
C+M+Me	0.09	0.07	0.14	0.16	0.12
Mean	0.20	0.18	0.28	0.37	-
LSD (5%) - FR	-	0.04	-	-	0.03
LSD (5%) - FR X CS	-	0.06	-	-	-
Average data (1989/91)					
Sole melon	0.32	0.35	0.43		0.37
C+M+Me	0.09	0.10	0.14		0.11
Mean	0.21	0.22	0.28		-

NS = not significant

Table 5
Effect of fertilizer recommendation and cropping systems on crop nutrient uptake (kg/ha) in 1990

Fertilizer recommendation	Sole crop			Cassava+maize			Cassava+maize+melon		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Cassava									
Zero	18.8a	1.2b	5.9b	19.4b	1.3b	7.7b	11.3c	0.8c	4.4c
Blanket	19.6a	4.2a	8.8a	20.5b	1.8ab	11.1a	22.3b	1.9b	15.2a
Soil test	17.3ab	1.2b	7.0ab	9.7c	0.8c	4.1c	16.1c	1.2bc	5.9c
NSI	15.3b	1.5b	8.5a	32.3a	2.4a	11.1a	31.0a	2.7a	13.4a
Maize									
Grain									
Zero	30.4b	4.1b	8.7c	30.2c	3.2b	8.5b	21.7c	2.6c	8.1b
Blanket	33.2b	4.5b	10.4bc	25.4c	3.8b	9.1b	35.0b	5.7b	10.6b
Soil test	29.7b	5.3ab	12.9b	40.3b	6.0a	12.9a	36.3b	4.5b	11.4b
NSI	74.1a	7.9a	19.5a	51.8a	7.0a	14.7a	63.8a	7.5a	20.2a
Stover									
Zero	17.0c	4.5a	29.2c	27.0b	3.9a	24.8c	19.8b	3.7b	23.8b
Blanket	49.8a	5.3a	55.0a	38.9a	3.3a	43.3b	34.1a	3.7b	36.6b
Soil test	57.8a	4.6a	40.7ab	39.9a	3.9a	36.4b	33.0a	4.1b	30.1b
NSI	30.8b	4.6a	35.9b	37.6a	4.9a	64.6a	38.6a	5.9a	68.7a
Melon									
Zero	11.0b	0.9a	7.8a				11.7b	1.0b	6.5b
Blanket	16.6a	1.3a	11.2b				15.4a	1.3a	10.9a
Soil test	14.7ab	1.1a	10.4b				13.2a	1.3a	8.9a
NSI	12.7b	0.7a	16.6a				16.0a	1.2a	9.4a

Means followed by the same letters are not significantly different.

Phosphorus content in non fertilized plots was similar in sole cassava and cassava + maize, but significantly exceeded that of cassava + maize + melon by 56%. Plants under blanket recommendation system had similar P content in the intercropped plots whereas the content in sole cassava was higher by 127%. Phosphorus content of cassava under the soil test recommendation was not different among the cropping systems. However, under NSI, the content was lowest in sole cassava (1.5 kg/ha) and highest in cassava + maize + melon (2.7 kg/ha). Irrespective of the fertilizer recommendation system, the P content was higher in sole cropping than intercropping.

The potassium content of cassava under the non fertilized plots was highest in cassava + maize, and lowest in cassava + maize + melon. Under the soil test recommendation, the uptake was highest (7.0 kg/ha) in sole cassava but under the blanket recommendation it was highest in cassava + maize + melon. However, the K content of sole cassava and cassava + maize + melon was similar. Under NSI cassava plants had similar K content with those under the blanket recommendation. The highest content under NSI (13.4 kg/ha) was in cassava + maize + melon. In all cases, the K content was significantly lowest in the non fertilized control.

Maize

In the non fertilized plots, the N content of sole maize grain and maize + cassava was similar, but much higher (40%) than the content in maize + cassava + melon (Table 5). The N content of maize grain under blanket fertilizer recommendation was higher in maize + cassava + melon than in sole maize and maize + cassava by 31 and 38% respectively. Under soil test recommendation, the N content in maize + cassava was higher than those of sole maize and maize + cassava + melon by 36 and 112%, while under the NSI, the content in sole maize grain was higher than those in maize + cassava and maize + cassava + melon by 43 and 16% respectively.

Nitrogen content in the maize stover from the non fertilized plot of maize + cassava was higher than those of sole maize and maize + cassava + melon by 59 and 36%. Under blanket recommendation the N content in the stover of sole maize was higher than those of maize + cassava and maize + cassava + melon by 28 and 46% whereas under the soil test recommendation it was higher by 45 and 75% respectively. The N content of sole maize stover under NSI was 24% higher than in the intercropped plots.

In the non fertilized plots, the P content of maize grain was higher in sole maize than in maize + cassava and maize + cassava + melon by 28 and 58%, but under blanket recommendation, the P content in maize + cassava + melon was 27 and 50% higher than those of sole maize and maize + cassava. Phosphorus content under soil test recommendation was higher in maize + cassava than sole maize and maize + cassava + melon by 13 and 33%. Under NSI, the P content in sole maize and maize + cassava + melon was similar, both being higher than the content in maize + cassava by about 10%.

The phosphorus content of sole maize stover was higher than those of maize + cassava and maize + cassava + melon by 15 and 22% in the non fertilized plots, 61 and 43% under blanket recommendation and 18 and 12% under the soil test recommendation. Phosphorus content in maize + cassava + melon was higher than sole maize and maize + cassava by 28 and 20% under NSI. Among the fertilizer recommendations, the P content of maize grain and stover was highest under the NSI.

The content of potassium in maize grain and stover from the non fertilized plots was similar in all cropping systems. Under blanket and NSI recommendations, the K content in sole maize and maize + cassava + melon was higher than maize + cassava by 15 and 35%. Potassium content in the grain of sole maize and maize + cassava was similar but much higher than in maize + cassava + melon by 14% under the soil test recommendation. Under NSI, the K content in sole maize and maize + cassava + melon exceeded that of maize + cassava by 35%.

In the non fertilized plots, the K content in the stover of sole maize was higher than those of intercropped maize by 20% whereas it was higher than maize + cassava and maize + cassava + melon by 27 and 50% under blanket recommendation and 12 and 35% under the soil test recommendation. Under NSI, the K content in the intercropped maize stover was double the content in sole maize.

Melon

The average N, P and K content of melon leaves is also presented in Table 5. Nitrogen content in melon leaves from the control plots was about the same in sole and intercropped melon whereas under the blanket and soil test recommendation, N content of sole melon was higher than that of intercropped melon by 8 and 12%. Under the recommendation based on NSI, the N content of intercropped melon was 29.7% higher than in sole melon. Generally, the N content of sole melon was significantly highest under NSI and lowest in the non fertilized plots.

Phosphorus uptake of intercropped melon under zero, soil test and NSI recommendations were 11, 18 and 71% higher than the content in sole melon but under blanket recommendation, the content was similar in sole and intercropped systems. Potassium content of sole melon was 20, 16 and 76% higher than intercropped melon in zero, soil test and NSI recommendations, but under blanket recommendation, the K content was similar in both cropping systems. Among the fertilizer recommendations, the content of K in sole melon was highest under NSI. Intercropped melon with no fertilizer application had the lowest K content.

Dry matter Yield

The dry matter yield of the edible portion of cassava tuberous roots, maize grain and melon seeds from the different cropping and fertilizer recommendation systems are presented in Table 6. The lowest yield across the fertilizer recommendations except NSI for the two years was obtained from sole melon (0.22 t/ha). Yields

from sole maize and cassava were 8 and 20 times higher than sole melon. Dry matter yield from cassava + maize + melon was also 34 and 28 times higher than sole melon. Under the NSI recommendation, the mean dry matter yield was much higher than in other recommendations, but the trend across the cropping systems was similar to those observed in other recommendations.

Table 6
Mean dry matter yield* (t/ha) of edible components of cassava, maize and melon under the fertilizer recommendation and cropping systems

Fertilizer recommendation	Sole cassava (C)	Sole maize (M)	Sole melon (Me)	C+M	C+M+Me	Mean
Zero	2.6	1.0	0.2	5.0	4.2	2.6
Blanket	6.4	1.4	0.2	10.2	6.3	4.9
Soil test	4.0	2.5	0.3	7.4	7.8	4.4
Mean	4.3	1.7	0.2	7.5	6.1	-
NSI**	5.5	3.4	0.3	8.7	11.6	5.9

* = Average data for two seasons; ** = only for the 3rd season

Partial Budget analysis

An economic analysis of the fertilizer recommendations is presented in Table 7. The highest gross monetary yield was obtained from recommendation based on NSI. However, when the monetary yield was expressed per unit cost of fertilizer applied, the soil test recommendation (which gave between N17 and N27 per kg of fertilizer applied) was most profitable.

Discussion

The combined crop yields across the fertilizer recommendations and cropping systems for the first two years showed that crop yields were in the order soil test > zero > blanket fertilizer recommendation. However, in the third year when fertilizer was applied based on NSI, crop yields were highest under NSI than in other rec-

ommendation systems. This reflects the higher abundance of major nutrients in soils where fertilizer was applied based on NSI. It is noteworthy that fertilizer application based on blanket recommendation gave the lowest yield and this could be ascribed to nutrient imbalance caused by disproportionate addition of N, P and K to the soil system. Since fertilization was not based on nutrients identified as limiting in the soil, whatever nutrient that was added may have improved the status of some elements while worsening those of others. The result of this phenomenon is reduced crop yield as was witnessed during this study. This contrasts with nutrient application based on the soil test recommendation. Here, fertilizer was applied at rates calculated to correct the observed deficiencies for optimal crop growth and yield.

It was observed in some cases that nutrient uptake by crops, especially the intercrops was higher than the quantities actually applied based on soil analysis data. This may be because some soil nutrients such as N and P often results from mineralisation of organic matter which could not be accounted for in the amount extracted by a soil test procedure (5). Since fertilizer use based on NSI was the highest, it was not surprising that crop uptake was also highest under this recommendation. Crops embark on luxury uptake of essential nutrients once availability exceeds the critical level in the soil.

Dry matter yield as represented by the weight of dry biomass of the edible portion of a crop is a measure of the ability of the crop under a given condition to convert the absorbed nutrients into biomass. In this study, dry matter was enhanced in the order: NSI > soil test > blanket > zero fertilizer recommendation. Intercropping increased total dry matter yields and the highest proportion of the dry matter was obtained from cassava. The position of cassava is enhanced by its high starch content as well as high root yields. As edible portion crop dry matter is directly related to calorie yields, farmers prefer mixed cropping since it gives higher dry mat-

Table 7.
Cost/benefit analysis of the fertilizer recommendations under the different cropping systems

Amount of fertilizer used (kg/ha)	1988 A2	1988 A3	1989 A2	1989 A3	1990 A2	1990 A3	1990 A4
NPK (15:15:15)	400	0	400	0	400	0	0
Urea (45% N)	0	333	0	333	0	333	484
SSP* (18% P ₂ O ₅)	0	211	0	135	0	0	806
MOP** (56% K ₂ O)	0	0	0	0	0	0	121
Fertilizer cost (N/ha)*	1200	1632	1200	1404	1200	999	4229
Crop yield (Equicassava) (t/ha)							
Cassava	16.8	24.9	17.3	24.4	16.9	22.7	41.2
Cassava+maize	20.7	31.3	20.3	30.8	19.9	30.2	49.8
Cassava+maize+melon	21.9	33.4	21.3	33.0	20.7	32.6	49.7
Mean	19.8	29.9	19.6	29.4	19.2	28.5	46.9
Monetary yield (N/ha)**	19048	28732	18887	28283	18438	27417	46118
Return per Kg of fertilizer used (N)	16	17	16	20	15	27	11

* = Cost of a 50 kg bag of any of the fertilizers was N150 in 1991

** The price of fresh cassava tuberous roots was N 962/t in 1991
1 US\$ = N9 (1991).

ter. Furthermore the monetary yield of intercrops has been reported to exceed those from pure stands for the same area of land (7, 8, 14). However, Adetiloye (4) observed that substantial agronomic advantages in intercropping may not always give corresponding economic advantages, thereby suggesting that crops with low financial returns should be de-emphasised in favour of economic crops either in the process of choosing crop proportions or allocating space in the formulation of intercropping systems.

The overall conclusion from this study is that the yields from crops fertilized based on blanket fertilizer recommendation was not significantly different from those of the non fertilized plots, probably due to nutrient imbalance. This explains why many farmers who apply fertilizer based on this recommendation as is often the case in sub-saharan Africa do not derive much benefit from fertilizer use. Fertilizer use based on soil test recommendation offers the best yield per unit of fertilizer applied.

Literature

1. Adeoye G. O., 1986. Comparative studies of ammonium bifluoride chelate extractant and some conventional extractants for sedimentary soils of southwestern Nigeria. Ph. D thesis, University of Ibadan, Nigeria. 245 pp.
2. Adeoye G. O., 1987. Soil testing programme: A key for achieving food sufficiency. Unpublished mimeo, Department of Agronomy, University of Ibadan, Nigeria. 33 pp.
3. Adepetu J. A., 1986. Soil fertility and fertilizer requirements in Oyo, Ogun and Ondo states of Nigeria. FDALR, Federal Ministry of Agriculture and water resources, Lagos, Nigeria.
4. Adetiloye P. O., 1985. A mathematical model for formulating intercrop proportions for intercropping systems design. Ecol. Modell. 25, 81-93.
5. Agboola A. A., 1970. Effect of interplanted legumes on the yield of maize (*Zea mays* L.) and on the major soil nutrients. Ph. D thesis. University of Ibadan, Nigeria.
6. Agboola A. A., 1982. Prospects and problems of using soil testing for the adoption of fertilizer use in Ekiti-Akoko agricultural Development project area. Soil Testing field work Report, University of Ibadan, Nigeria. 19 pp.
7. Agboola A. A. & Fayemi A. A., 1972. Effect of different soil management on corn yield and the soil nutrients in the rain forest zone of western Nigeria. Agron. J. 64, 641-644.
8. Andrews D. J., 1972. Intercropping with sorghum in Nigeria. Exptl. Agric., 8; 139-150.
9. Ayodele J. O. & Agboola A. A., 1981. Evaluation of phosphorus fixation capacity of tropical savannah soils of western Nigeria. Soil Soc. Am. J., 45, 462-464.
10. Baker E. F. I., 1974. Mixed cropping in northern Nigeria. Exptl. Agric., 15, 41-48.
11. Blanchar R. W., Rehm G. & Caldwell A. C., 1965. Sulphur in plant materials by digestion with nitric acid. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 29, 71-72.
12. FPDD (Fertilizer procurement and distribution Division), 1989. Fertilizer use and management practices for crops in Nigeria. Ministry of Agriculture, water resources and rural development, Series No. 2, Lagos, Nigeria.
13. Jackson M. L., 1962. Soil chemical analysis. Prentice Hall Inc., New York.
14. Norman D. W., 1974. Rationalising mixed cropping under indigenous condition: The example of northern Nigeria. J. Dev. Stud. 11(1), 3-21.
15. Ssali H., 1990. Initial and residual effects of nitrogen fertilizers on grain yield of maize/bean intercrop grown in a humid nitrosol and the fate and efficiency of the applied nitrogen. Fert. Res. 23: 63-72.
16. Tisdale S. L., Nebon W. L. & Beaton J. D., 1990. Soil fertility and fertilizers. Macmillan, New York. 754 pp.
17. USDA (United States' Department of Agriculture). 1975. Soil Taxonomy, Agriculture handbook, No. 436, Washington DC, USA.
18. Wahua T. A. T., 1983. Nutrient uptake by intercropped maize and cowpeas and the concept of nutrient supplementation index (NSI). Exptl. Agric., 21, 281-289.

E.Y. Fondufe, Cameroonian, Ph.D. Scientist, Department of Agronomy, University of Ibadan, Nigeria.
 A. Egrinya Ejeni, Nigerian, Ph.D, Lecturer, Departement of Crop Science, University of Calabar, Nigeria.
 A.A. Agboola, Nigerian, PH. D, Professor of Agronomy, University of Ibadan, Nigeria.
 S. Yamamoto, Japanese, PH. D, Assistant Professor of Soil Science, Totton University, Japan.
 T. Honna, Japanese, Ph.D, Professor of Soil Science, Totton University, Japan.

AVIS DE CHANGEMENT D'ADRESSE CHANGING OF ADDRESS ADRESVERANDERING AMBIO DE DIRECCION

Tropicultura vous intéresse ! Dès lors signalez-nous, à temps, votre changement d'adresse faute de quoi votre numéro nous reviendra avec la mention «N'habite plus à l'adresse indiquée» et votre nom sera rayé de notre liste.

You are interested in Tropicultura ! Make sure to inform us any change of your address in advance. Otherwise your issue will be sent back to us with the postal remarks «Adresse not traceable on this address» and then you risk that your name is struck-off from our mailing list.

U bent in Tropicultura geïnteresseerd ! Stuur ons dan uw adresverandering tijdig door, anders riskeert U dat uw nummer ons teruggezonden wordt met de vermelding «Woont niet meer op dit adres» en uw naam wordt dan automatisch van de adressenlijst geschrapt.

Si Tropicultura se interesa, comuniquenos a tiempo cualquier cambio de dirección. De lo contrario la publicación que Ud. recibe nos será devuelta con la mención «No reside en la dirección indicada» y su nombre será suprimido de la lista de abonados.

Plantes sauvages à usages artisanaux chez les Pygmées «Mbuti» de la forêt de l'Ituri (République Démocratique du Congo)

M. Kahindo **, J. Lejoly * & M. Mate **

Keywords: Pygmies Mbuti – Ituri – Ethnobotanic – Democratic Republic of Congo,

Résumé

Des enquêtes ethnobotaniques ont été menées auprès des Pygmées "Mbuti" habitant la forêt de l'Ituri au Nord-Est de la République Démocratique du Congo. Elles ont permis de recenser 43 espèces forestières qui interviennent dans divers usages artisanaux. Ces espèces appartenant à 40 genres et 22 familles dont les Caesalpiniaceae, Euphorbiaceae, Arecaceae, Rubiaceae, Apocynaceae et Marantaceae sont les plus représentées. Ce sont surtout les arbres, les lianes et les arbustes qui fournissent essentiellement du bois (51,0%), l'écorce (14,9%), les fruits et les feuilles (12,8% pour chacun) et la sève (8,5%) dans la fabrication des matériaux divers. Ces enquêtes montrent en plus, l'attachement des "Mbuti" aux ressources forestières au mépris de l'agriculture et l'élevage.

Summary

Artisanal Use of Plants by "Mbuti" Pygmies in Ituri Forest in Democratic Republic of Congo

Ethnobotanical investigations have been made with the Pygmy "Mbuti" communities living in the Ituri forest in the north-east of the Democratic Republic of Congo. Forty-three forestry species used in different artisanal practices were identified. They belong to 40 genera and 22 families, especially Caesalpiniaceae, Euphorbiaceae, Arecaceae, Rubiaceae, Apocynaceae and Marantaceae. Most of the trees, lianas and shrubs are used to supply essentially wood (51.0%), bark (14.9%), fruits and leaves (12.8% for each) and sap (8.5%) for making of various materials. These investigations also show the attachment of "Mbuti" people to the forestry resources regardless of animal breeding and agriculture.

Introduction et milieu d'étude

Les plantes sauvages jouent un rôle multiple dans la vie courante des populations humaines. Leur importance n'est plus à démontrer, car elles sont utilisées dans les constructions, la menuiserie, la médecine traditionnelle, la fabrication des boissons locales, l'alimentation, le chauffage, et plusieurs cérémonies traditionnelles. Sur le plan alimentaire, on note la consommation des organes de plusieurs plantes spontanées (feuilles, fruits, tiges, écorces, rhizomes, racines, etc.). Pour la République Démocratique du Congo, plusieurs études y ont été consacrées parmi lesquelles nous citons: Dhetchuvi *et al.* (6); Konda *et al.* (11); Lubini *et al.* (14); Mosango (16); etc. Il en est de même des plantes médicinales Ataholo (1); Batoko (3); Kitemo (10); Magilu *et al.* (15); Wome (20); etc.

Notre travail s'inscrit dans le cadre de la poursuite des recherches ethnobotaniques, mais au niveau d'un groupe de la population vivant dans la forêt équatoriale et souvent marginalisé. C'est dans cette optique qu'une enquête a été menée auprès de certaines familles Pygmées parsemées dans la forêt d'Epulu, à 462 km de la ville de Kisangani, sur l'axe routier Kisangani-Bunia, au nord-est de la République Démocratique du Congo (Figure 1).

Cette contrée correspond approximativement à la Réserve de la Faune à Okapis (R.F.O.), vaste domaine couvrant une superficie de 1.372.625 hectares. Elle est située à 750 mètres d'altitude, dans une zone où les précipitations annuelles moyennes atteignent 1.700 à 1.800 mm, et la température annuelle moyenne d'environ 25,2 °C (8). Elle est irriguée par un important réseau hydrographique comportant essentiellement des rivières (Ituri, Nduye, Epulu, Ebiena, Nepoko, etc.); des ruisseaux (Tito, Lenda, Egoro, etc.). La forêt de l'Ituri est donc située au sein du Secteur Forestier central de la Région guinéenne. Elle inclut des formations à prédominance de *Gilbertiodendron dewevrei*, des forêts mixtes très diversifiées, des formations aquatiques et semi-aquatiques, des formations rudérales ainsi que la savane soudano-zambézienne dans sa partie nord-est, sur sols ferrallitiques caractéristiques de la cuvette centrale congolaise.

Dans la zone tampon entourant la Réserve, la population autochtone pratique l'agriculture itinérante sur brûlis et l'exploitation artisanale des matières précieuses (diamant, or, etc.). Selon la revue Civilisations (5), la population autochtone est constituée des tribus Bantous et quelques groupes ethniques parlant soudanais (Lese, Bila, Ndaka, Budu, Beke et Mbo).

** Faculté des Sciences, Université de Kisangani, B.P. 592 Kisangani, Rép. Dém. Congo

* Laboratoire de Botanique Systématique et de Phytosociologie, Univ. Libre de Bruxelles, CP 169, B-1050 Bruxelles

Reçu le 27.03.00 et accepté pour publication 30.06.00

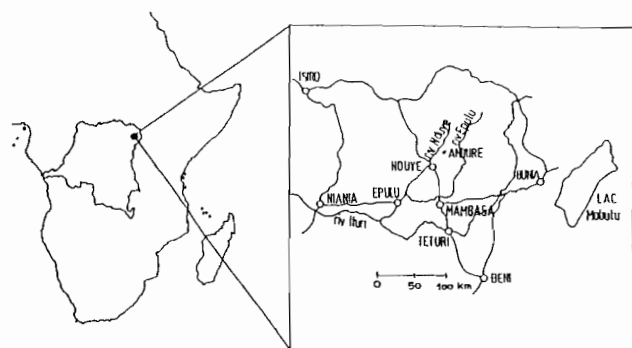


Figure 1: Localisation de la zone prospectée.

Matériel et méthodes

Quarante-trois espèces végétales forestières ont été reconnues utiles dans les activités socio-culturelles des Pygmées et ont constitué notre matériel botanique. Les principales données ont été obtenues sur base d'un questionnaire dûment établi qui, ensuite a été soumis de façon aléatoire aux membres de dix familles Pygmées campant en forêt dans des sites suffisamment éloignés de la route. Les questions suivantes étaient ainsi posées aux interlocuteurs:

- Connaissez-vous certaines plantes, ni alimentaires, ni médicinales, mais utiles dans votre vécu quotidien?
- Pouvez-vous nous indiquer leurs noms vernaculaires ainsi que leurs biotopes respectifs pour nous permettre de les récolter?
- Quels en sont les organes utilisés?
- Quel(s) service(s) vous offrent ces différents organes?

La vérification des informations fournies de même que l'identification partielle du matériel ont été facilitées grâce à la collaboration de nos guides Pygmées et au Catalogue du Centre de Formation et de Recherche en Ecologie Forestière (CEFRECOC – Epulu) pour la correspondance des noms vernaculaires et noms scientifiques. Quant à la détermination finale des espèces, elle a été effectuée à l'Herbarium de la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani à partir des échan-

tillons d'herbiers, des diverses Flores ou encore des ouvrages variés: (2, 4, 7, 12, 13, 17, 19). La collection des plantes recensées est actuellement conservée à l'Herbarium du CEFRECOC – Epulu.

Résultats

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 1. Ils sont interprétés essentiellement selon les divers usages des espèces et leur types morphologiques, etc.

Construction des huttes

Elle est assurée par des sticks, des traverses, des feuilles de couverture ainsi que des cordes. Les huttes chez les Pygmées sont de petite taille et présentent une forme hémisphérique rappelant l'art gothique (Photo 1). Les plantes utilisées à cette fin sont: *Sclerosperma mannii*, *Megaphrynium macrostachyum*, *Alchornea floribunda* et *Scaphopetalum thonneri* pour la toiture, associées aux écorces de *Gilbertiodendron dewevrei*, *Julbernardia seretii*, *Ancistrophyllum secundiflorum* et *Pycnocoma thonneri*.

Lancement des ponts

Les ponts à proprement parler n'ont pas leur raison d'être pour un Pygmée qui se contente de jeter simplement un tronc d'arbre sur un cours d'eau profond, apparemment difficile à franchir à pied. Il recourt ainsi soit à un arbre entier tombé et reliant les deux rives, soit au tronc de *Cynometra alexandri* ou de *Julbernardia seretii* qu'il jette sur le cours d'eau (Photo 4).

Fabrication du matériel de chasse et de pêche

En forêt, les Pygmées pratiquent la chasse avec les flèches et filets (Photo 3). Ces flèches sont obtenues à partir de la tige de *Strychnos angolensis* ou de *Aidia micrantha*. Cette dernière fournit par ailleurs des arcs à l'instar de *Callamus deerratus* et *Ancistrophyllum secundiflorum*. Quant aux filets de chasse, ils proviennent de *Manniophyton fulvum* dont l'écorce est adroitement enroulée avant le tissage.

Enfin, la pêche chez les Pygmées est passive; ils n'utilisent ni nasse ni filet pour attraper du poisson. Il suffit d'écraser dans l'eau quelques gousses de *Pachyelas-*



Photo 1 : Construction des huttes par les «Mbuti» de la forêt d'Epulu (toit à base de feuilles de Marantaceae).



Photo 2 : Le Chef de travaux M. Kahindo, lors de ses enquêtes ethnobotaniques dans un campement des «Mbuti» à Epulu.

ma tessmanii ou de *Tetrapleura tetraptera*, les fruits de *Diospyros canaliculata* ou de *Blighia welwitschii* ou encore les feuilles de *Barleria brownii*, produits réputés ichthyotoxiques.

Fabrication du mobilier et autres biens à usages domestiques

Les huttes des Pygmées comportent un mobilier très modeste. On peut observer un lit rudimentaire à sticks de *Pycnocomma thonneri* et *Scaphopetalum thonneri* couvert d'une bonne couche de feuilles d'*Alchornea floribunda* ou de *Ochna membranacea*. Parfois, le lit consiste en une simple natte tissée à partir des lanières des chaumes de *Marantochloa purpurea*. Les chaises cannées proviennent de tiges de *Scaphopetalum thonneri* ou de *Pycnocomma thonneri*.

En dehors du mobilier, les Mbuti taillent de bons mortiers à partir du tronc d'*Entandrophragma cylindricum* ou de *Nauclea diderrichi*, avec un pilon de *Pancovia harmsiana*. Le balai est constitué à partir de rachis de *Sclerosperma mannii* ou de ramilles de *Cleistopholis michelsonii* liés en bouquet. Un autre matériel indispensable dans la hutte, c'est la bougie traditionnelle utilisée pour l'éclairage nocturne. Elle est obtenue de l'extraction de la résine de *Canarium schweinfurthii*, de *Tessmannia anomala* ou de *T. dewildemaniana* préalablement enveloppée dans les feuilles des *Marantaceae*.

Ustensiles de cuisine

Les malaxeurs et/ou les louches sont taillés du tronc de *Hunteria congolana*, de *Rinorea ardisiiflora* ou encore de *R. ovalifolia*. Quant aux paniers, ils sont tissés avec des lanières d'*Eremospatha haullevilleana* ou de *Marantochloa purpurea* (Photo 3). Les feuilles de *Megaphrynium macrostachyum* ou de *Sarcophrynium prionogonium* servent de récipients.

Outillage

Les manches de lances et de couteaux sont faites à partir du bois de *Tetracera potatoria* ou de *Pancovia harmsiana*, renforcées par la résine de *Tessmannia anomala* ou de *T. dewildemaniana*, parfois même la corde issue de l'écorce de *Manniophyton fulvum*. La



Photo 3 : Quelques usages artisanaux de la flore d'Epulu par les "Mbuti" avant-plan: guitare traditionnelle (pour les danses) et quelques paniers (portage), arrière-plan: lance et hache sur l'épaule, respectivement pour la chasse et l'abatage d'arbres

tige de *Pancovia harmsiana* constitue en elle-même un bon marteau.

Matériel de toilette et d'habillement

Les Pygmées de l'Ituri apprécient à sa juste valeur le rôle détergent des fruits de *Blighia welwitschii* qu'ils écrasent dans l'eau pour la lessive. Dans leur toilette, ils recourent à l'usage de la brosse à dents et du peigne obtenus respectivement à partir de la tige de *Manniophyton fulvum* bien écrasée à l'une de ses extrémités et de la taille du tronc de *Hunteria congolana*, *Rinorea ardisiiflora* ou *R. ovalifolia*. Pour leur maquillage, ils utilisent un colorant à base de l'écorce de *Pterocarpus soyauxii* ou encore l'endocarpe de *Rothmannia withfieldii*. En outre, le chapeau chez les Mbuti est tissé à partir des lanières des tiges de *Marantochloa purpurea*. Quant au cache-sexe, il est confectionné par martèlement de l'écorce de *Ficus lingua*.

Matériel de loisir

Les instruments musicaux recensés comprennent essentiellement le tam-tam, le sifflet et une espèce de guitare traditionnelle (Photo 1). Le tam-tam provient de la taille des troncs de *Cleistopholis glauca*, *Alstonia boonei*, *Cordia abyssinica* ou *C. africana*; le sifflet n'est rien d'autre que le péricarpe lignifié d'*Autranella congolensis*. Quant à la guitare, elle comporte un manche en bois de *Scaphopetalum thonneri* (Photo 3). Pour leur divertissement, les jeunes filles Pygmées utilisent la tige de *Eremospatha haullevilleana* pour le jeu de saut en hauteur tandis que les garçons transforment le latex de fruit de *Landolphia owariensis* en ballon de football. Enfin, pour exhiber certaines danses traditionnelles, les danseurs "Mbuti" s'habillent en jupes confectionnées à base de *Marantochloa purpurea*.



Photo 4 : Lancement d'un tronc de *Cynometra alexandri* sur une rivière pour servir de pont

Discussion des résultats

Selon le tableau 1; 43 espèces végétales à usages artisanaux ont été recensées auprès des Pygmées de la forêt de l'Ituri. Elles sont groupées en 40 genres et 22 familles dont en prédominent les *Caesalpiniaceae* (14 %); suivies des *Arecaceae* et des *Euphorbiaceae* dans les mêmes proportions (9,3 %). Ce chiffre est loin d'être considéré comme définitif mais témoigne du rôle majeur joué par ces plantes dans les divers usages arti-

sanaux. Ce sont des arbres, lianes, arbustes et herbes vivaces dans les proportions respectives de 48,8; 23,3; 20,9 et 7 %; offrant du bois (51,0 %), l'écorce (14,9 %), les fruits (12,8 %), les feuilles (12,8 %) ou la sève (8,5 %) dans la fabrication des matériaux divers pouvant rendre des services variés. Les Pygmées de la forêt de l'Ituri préfèrent le tronc des arbres ou la tige des arbustes et lianes pour la fabrication des divers matériaux. Quant aux feuilles, elles sont surtout prélevées sur les herbes vivaces, quelque fois sur les arbustes.

Magilu *et al.* (15) ont effectué une étude ethnobotanique sur les plantes sauvages utilisées par cette même population pour combattre le paludisme. Parmi les 24 plantes recensées par ces auteurs, 6 sont exclusivement utilisées par les Pygmées (*Alchornea floribunda*, *Autranella congolensis*, *Baissea laxiflora*, *Bridelia atroviridis*, *Zanthoxylum gillettii* et *Petersianthus macrocarpus*). Certaines de ces plantes sont également utilisées pour des fins artisanales par cette même population (*Canarium schweinfurthii*, *Alchornea floribunda*, *Alstonia boonei* et *Autranella congolensis*). Dans les environs de Kisangani, Mosango *et al.* (16) ont également effectué quelques enquêtes ethnobotaniques sur les plantes sauvages à fruits comestibles. La plupart des espèces forestières citées par ces auteurs sont également utilisées par les pygmées pour des fins artisanales. Il s'agit principalement de *Canarium schweinfurthii*, *Gilbertiodendron dewevrei* et *Landolphia owariensis*. L'espèce *Canarium schweinfurthii* est également citée comme plante à fruits comestibles dans le Bas-Congo (14). Dans la réserve naturelle de la Salonga, citons le travail de Dhetchuvi *et al.* (6) qui est un préliminaire à l'étude des plantes alimentaires de cette contrée. Ces auteurs ont inventorié plusieurs plantes alimentaires spontanées parmi lesquelles figurent celles utilisées par les Pygmées pour divers biens domestiques. Il s'agit entre autre d'*Ancistrophyllum secundiflorum* et *Megaphrynium macrostachyum* dont le bourgeon est consommé comme légume ; *Canarium schweinfurthii* et *Ricinodendron heudelotii* dont les fruits et les feuilles sont respectivement consommés comme légume. Dans leurs recherches sur l'inventaire des plantes alimentaires spontanées en R.D.C., Konda *et al.* (11) mettent en exergue 49 espèces végétales spontanées consommées en légume dont 36 ont des vertus médicinales et d'autres sont d'usages domestiques. Dans ce dernier cas, on peut citer l'espèce *Calamus deerratus* qui constitue la corde principale utilisée pour les constructions de maisons, le tissage de paniers, des corbeilles et des chaises. Cette plante est également connue de Pygmées d'Epulu pour des usages similaires. Une contribution à l'étude ethnobotanique des « Waregha » de Maniema (Kivu, R.D.C.) a été apportée par Kitemo (10). Plusieurs usages des plantes sont signalés dans cette étude parmi lesquels les plantes ichtyotoxiques. D'après l'auteur, pour empoisonner les poissons, on écrase les feuilles de *Tephrosia vogelii* et on les trempe en amont de la rivière puis on parcourt la rivière vers l'aval en ramassant les poissons étourdis ou morts. Les Pygmées d'Epulu utilisent d'autres plantes forestières ayant des propriétés similaires. Selon la Flore du Congo Belge et du Rwanda-Urundi (7), ces plantes jouent également plusieurs rôles dans la vie de la population autochtone.

D'une façon générale, les Pygmées d'Epulu vivent traditionnellement selon une économie fondée sur la chasse et la cueillette, c'est-à-dire sur l'exploitation des ressources naturelles sans transformation du milieu par l'agriculture ou l'élevage. Compte tenu de leur densité faible, leurs actions sur l'environnement ne sont pas directement perceptibles. Néanmoins, leur emprise sur l'environnement se remarque par la dégradation du sous-bois dans les campements abandonnés. En effet, les trouées créées par cette population lors d'implantation d'un nouveau camp entraînent la disparition progressive des espèces ligneuses du sous-bois forestier au profit de quelques plantes rudérales. Le danger qui menace actuellement les forêts de l'Ituri reste l'agriculture sur défriche-brûlis, l'exploitation artisanale du bois et surtout celle des matières précieuses (diamant, or, etc.). Cette dernière activité est généralement pratiquée par les autochtones et quelques commerçants ambulants venus de l'arrière-pays. Elle entraîne le chablis de grandes essences forestières formant ainsi des larges trouées qui sont généralement colonisées par des espèces cicatricielles souvent rudérales.

Conclusion et suggestion

L'enquête ethnobotanique auprès des Pygmées éparpillés dans la forêt de l'Ituri met en exergue la diversité des activités quotidiennes chez les "Mbuti" et surtout leur attachement aux ressources forestières au mépris de l'agriculture et de l'élevage. La fabrication des biens à usage domestique, la construction des huttes et le loisir semblent occuper suffisamment les Pygmées en forêt.

La plupart des plantes utilisées par les "Mbuti" sont également connues par la population autochtone pour des usages variés (alimentaires, médicaments, etc.). Par conséquent, ces espèces méritent de faire l'objet des essais de culture, dans les pépinières ou serres à aménager dans les stations de recherche en vue de leur domestication éventuelle. Il convient aussi d'initier la population autochtone à quelques techniques de productions semi-intensives pour résoudre tant soit peu le problème de la déforestation engendré par l'agriculture traditionnelle. Certains systèmes agroforestiers tels que les cultures en couloirs ou les jachères améliorées dans les zones tampons de la Réserve sont ainsi envisageables.

Remerciements

Notre gratitude s'adresse particulièrement au couple John et Thérèse Hart pour l'accueil qu'ils nous ont réservé au Centre de Recherche et de Formation en Ecologie Forestière (CEFRECOP/Epulu).

Tableau 1
Liste des plantes utilisées par les Pygmées pour des fins artisanales
 () = noms vernaculaires en « Mbuti »

FAMILLES	ESPECES	T.M	Organes					Usages
			Fe	Fr	Ec	Sv	Tr	
<i>Acanthaceae</i>		L	+	-	-	-	-	Pêche
- <i>Barleria brownii</i> (Abukutu)								
<i>Annonaceae</i>		A	-	-	-	-	+	Loisir
- <i>Cleistopholis glauca</i> (Silingha)								
<i>Apocynaceae</i>								
- <i>Alstonia boonei</i> (Ekima)	A	-	-	-	-	-	+	Loisir
- <i>Hunteria congolana</i> (Ekeke)	A	-	-	-	-	-	+	Biens domestiques
- <i>Landolphia owariensis</i> (Abuma)	L	-	-	-	-	+	-	Loisir
<i>Arecaceae</i>								
- <i>Ancistrophyllum secundiflorum</i> (Muka)	L	-	-	-	-	-	+	Chasse, huttes
- <i>Calamus deeratus</i> (Lekwe)	L	-	-	-	-	-	+	Chasse
- <i>Eremospatha haullevilleana</i> (Nzilani)	L	-	-	-	-	-	+	Loisir, mobilier
- <i>Sclerospermum mannii</i> (Mangobo)	a	+	-	-	-	-	-	Biens domestiques
<i>Boraginaceae</i>								
- <i>Cordia abyssinica</i> (Alende, Ekba)	a	-	-	-	-	-	+	Loisir
- <i>Cordia africana</i> (Alende, Ekba)	a	-	-	-	-	-	+	Loisir
<i>Burseraceae</i>								
- <i>Canarium schweinfurthii</i> (Mbeli)	A	-	-	-	-	+	-	Biens domestiques
<i>Caesalpiniaceae</i>								
- <i>Cynometra alexandrii</i> (Tembu)	A	-	-	-	-	-	+	Ponts
- <i>Gilbertiodendron dewevrei</i> (Mbau)	A	-	-	+	-	-	+	Ponts, huttes
- <i>Julbernardia seretii</i> (Eko)	A	-	-	+	-	-	+	Ponts, huttes
- <i>Pachyelasma tessmannii</i> (Mbi)	A	-	+	-	-	-	-	Pêche
- <i>Tessmannia anomala</i> (Ebaka)	A	-	-	-	-	+	-	Biens domestiques
- <i>Tessmannia dewildemania</i> (Ebaka)	A	-	-	-	-	+	-	Biens domestiques
<i>Dilleniaceae</i>								
- <i>Tetracera potatoria</i> (Ngooto)	L	-	-	-	-	-	+	Biens domestiques
<i>Ebenaceae</i>								
- <i>Diospyros canaliculata</i> (Koloso)	A	-	+	-	-	-	-	Pêche
<i>Euphorbiaceae</i>								
- <i>Alchornea floribunda</i> (Epese)	a	+	-	-	-	-	-	Mobilier, huttes
- <i>Cleistanthus michelsonii</i> (Panga, Usausa)	A	-	-	-	-	-	+	Biens domestiques
- <i>Manniophyton fulvum</i> (Kusa)	L	-	-	+	-	-	+	Toilette, chasse
- <i>Pycnocomia thonneri</i> (Nditi)	a	-	-	-	-	-	+	Mobilier, huttes
<i>Fabaceae</i>								
- <i>Pterocarpus soyauxii</i> (Ndo)	A	-	-	+	-	-	-	Toilette
<i>Loganiaceae</i>								
- <i>Strychnos angolensis</i> (Apakafa)	L	-	-	-	-	-	+	Chasse
<i>Marantaceae</i>								
- <i>Marantochloa purpurea</i> (Ndolo)	Hv	-	-	-	-	-	+	Mobilier, habillement
- <i>Megaphrynium macrostachyum</i> (Ngungu)	Hv	+	-	-	-	-	-	Ustensiles, huttes
- <i>Sarcophrynium prionogonium</i> (Ngungu)	Hv	+	-	-	-	-	-	Huttes, ustensiles,
<i>Meliaceae</i>								
- <i>Entandrophragma cylindricum</i> (Poyu)	A	-	-	-	-	-	+	Biens domestiques
- <i>Trichilia welwitschii</i> (Sakba, Ngbongbo)	A	-	-	+	-	-	-	Pêche
<i>Mimosaceae</i>								
- <i>Tetrapleura tetraptera</i> (Sekeseke)	A	-	+	-	-	-	-	Pêche
<i>Moraceae</i>								
- <i>Ficus lingua</i> (Pongopongo)	L	-	-	+	-	-	-	Habillement
<i>Ochnaceae</i>								
- <i>Ochna membranacea</i> (Kou)	A	+	-	-	-	-	-	Mobilier
<i>Rubiaceae</i>								
- <i>Aidia micrantha</i> (Tiba)	L	-	-	+	-	-	+	Chasse, pêche
- <i>Nauclea diderrichii</i> (Ekingi)	A	-	-	-	-	-	+	Biens domestiques
- <i>Rothmannia whitfieldii</i> (Ebimbele)	a	-	+	-	-	-	-	Toilette
<i>Sapindaceae</i>								
- <i>Blighia welwitschii</i> (Kokolo)	A	-	+	-	-	-	-	Toilette, pêche
- <i>Pancovia harmsiana</i> (Ngango)	A	-	-	-	-	-	+	Biens domestiques
<i>Sapotaceae</i>								
- <i>Autranella congolensis</i> (Mbanda)	A	-	+	-	-	-	-	Loisir
<i>Sterculiaceae</i>								
- <i>Scaphopetalum thonneri</i> (Mbanda)	a	-	-	-	-	-	+	Mobilier, loisir
<i>Violaceae</i>								
- <i>Rinorea ardisiiflora</i> (Amatodofou)	a	-	-	-	-	-	+	Ustensiles, toilette
- <i>Rinorea ovalifolia</i> (Amatodofou)	a	-	-	-	-	-	+	Ustensiles, toilette

Légendes: Type morphologique (T.M.): A = arbre, a = arbuste, L = liane, Hv = herbe vivace
 Organes : Fe = feuille, Fr = fruit, Ec = écorce, Sv = sève, Tr = tronc.

Référence bibliographiques

1. Ataholo M.A., 1988. Plantes médicinales de Buta. Mémoire de Licence, inédit, Faculté des Sciences, Univ. Kisangani, 104 p.
2. Aubreville A., 1960. Flore Forestière Soudano-Guinéenne. A.O.F.-Cameroun-A.E.F. Soc. éd. Géogr.marit. colon; 523 p.
3. Batoko L., 1989. Plantes médicinales utilisées par les « Bambole ». Mémoire de Licence, inédit, Univ. Kisangani, 98 p.
4. Blundell M.K.B.E., 1987. Collins Guide to Wild Flowers of East Africa. Collins ed., London, 464 p.
5. Civilisations 1997. Les Peuples des Forêts Tropicales. Systèmes traditionnels et développement rural en Afrique équatoriale, grande Amazonie et Asie du sud-est. Vol. XLIV-N° 1-2.
6. Dhetchuvi M.M. & Lejoly J., 1991. Les régimes alimentaires dans la région de Botsima au nord-est du Parc de la Salonga (Zaire). Symp. Int. For. Trop., Paris (UNESCO), du 10 au 13 sept.
7. Flore du Congo Belge et du Rwanda-Urundi. Spermatophytes. Pub. I.N.E.A.C., Vol. 1-10. Bruxelles.
8. Hart T.B., 1985. The ecology of a single-species dominant forest and mixed forest in Zaire, Africa. Unpublished Ph. D. thesis; Michigan State University. East Lansing. 215 p.
9. Kimpouni V., 1993. Le potentiel alimentaire de la flore sauvage des réserves naturelles d'Afrique centrale peut-être évalué par interprétation des données ethnobotaniques disponibles dans les zones adjacentes. Thèse annexe. ULB. 30 p.
10. Kitemo M., 1983. Contribution à l'ethnobotanique des "Waregha" (Maniema, Kivu, Zaire). Bothalia 14, 3 & 4 : 607-611.
11. Konda K.M., Mbembe B., Bavukina N. & Itufa Y., 1992. Contribution à l'inventaire des plantes alimentaires spontanées au Zaire. Plantes consommées comme légume. A1 Biruniya, Rev. Mar. Pharm., tome 8 n° 2:97-109.
12. Lejoly J., Lisowski S. & Ndjele M., 1988. Catalogue informatisé des plantes vasculaires des Sous-Régions de Kisangani et de la Tshopo (Haut-Zaire). Tav. Lab. Syst. Ecol. Univ. Libre de Bruxelles, 136 p.
13. Letouzey R., 1962. Flore du Gabon. Mus. Nat. Hist. Nat., Paris 122 p.
14. Lubini A., Mossala M., Onyembe P.M.L. & Lutaladio N.B., 1994. Inventaire des fruits et légumes autochtones consommés par les populations du Bas-Zaire au sud-ouest du Zaire. Tropicultura, vol. 12, n° 3, 118-123.
15. Magilu M., Mbuyi M. & Ndjele M.B., 1996. Plantes médicinales utilisées par les Pygmées (Mbuti) pour combattre le paludisme dans la zone de Mambasa, Ituri, Zaire. 741-746.
16. Mosango M. & Szafranski F., 1985. Plantes sauvages à fruits comestibles dans les environs de Kisangani (Zaire). Journ. d'Agric. Trad. Et de Bota. Appl. XXXII. 177-190.
17. Raponda-Walker A. & Sillans R., 1961. Plantes utiles du Gabon. Encyclopédie Biologique. Lechevalier 56. Paris. 614 p.
18. Robins W., 1958. Tableau analytique des familles. INEAC. Bruxelles. 69 p.
19. Troupin G., 1983. Flore du Rwanda. Spermatophytes. Vol. II ACCT, Paris. Mus. Roy. Afr. Tervuren (Bruxelles), 651 p.
20. Wome B., 1985. Recherches ethnopharmacognosiques sur les plantes médicinales utilisées en médecine traditionnelle à Kisangani (Haut-Zaire). Thèse de Doct. Univ. Libre de Bruxelles, 561 p.

Kahindo M., Congolais, Licencié en Sciences Botaniques, Chef de Travaux à l'Université de Kisangani, Chargé de cours à l'Institut d'Etudes Agronomiques (I.S.E.A.-Bengamisa), République Démocratique du Congo.

Mate M., Congolais, Licencié en Sciences Botaniques, Chef de Travaux à l'Université de Kisangani, République Démocratique du Congo, actuellement Doctorant à l'Université Libre de Bruxelles, Laboratoire de Botanique Systématique et de Phytosociologie.

Lejoly J., Belge, Docteur en Sciences Botaniques, Professeur à l'Université Libre de Bruxelles. Laboratoire de Botanique Systématique et de Phytosociologie.

***Rhipicephalus appendiculatus* burdens on Cattle in Relation to Age and Sex of the Host.**

H. Chungu*, N. Speybroeck**, R.G. Pegram*** & D.L. Berkvens**

Keywords : *Rhipicephalus appendiculatus* – Tick burden – Host age – Host sex.

Summary

Adult *Rhipicephalus appendiculatus* burdens on indigenous cattle in the Southern Province of Zambia were determined. Older animals were infested with significantly higher numbers of ticks than younger animals and male cattle had higher infestations than females of comparable age.

Résumé

Charges de *Rhipicephalus appendiculatus* burdens en fonction d'âge et sexe de l'hôte bovin.

Les charges d'adultes de la tique *Rhipicephalus appendiculatus* burdens se nourrissant sur des bovins indigènes dans la Province du Sud de la Zambie ont été déterminées. Une relation significative entre charge et âge et sexe de l'hôte a été établie. La charge augmentait avec l'âge de l'animal et les hôtes mâles portaient un nombre de tiques plus élevé que les femelles d'âge comparable. Les conséquences de cette découverte sont discutées.

Introduction

Newson *et al.* (4) demonstrated a correlation between grazing position of Zebu cattle within the herd and the three-host ixodid tick *Rhipicephalus appendiculatus* burdens: animals at the rear of the herd carried significantly fewer ticks. Neither D.L.B. nor R.G.P. (unpublished data) were able to confirm this in traditionally kept herds in Zambia. Newson *et al.* (4) furthermore reported that the sex of the hosts played no obvious part in tick burdens on cattle, although there might have been too few observations for male animals.

An increase in tick burdens with increasing age up to one year was observed in traditional herds in the Eastern Province of Zambia and this could be related, at least partly, to the grazing position of the calves within the herd, as tick burdens on calves are reduced also through grooming by the mother. No relationship between tick burdens and host age was found for animals over one year of age (D.L.B., unpublished data, some 1480 observations made on animals between one week and nine years of age between November 1982 and October 1983).

The present experiment was conducted primarily to obtain information on the duration of feeding periods of male and female *R. appendiculatus* on cattle under field conditions, but at the same time, data on the effect of host age and sex on tick burdens were obtained.

Material and methods

Experimental site

The experiment was carried out at Nkonkola Veterinary Camp (16°15'S, 27°54'E) at Mazabuka District in the Southern Province of Zambia. The site is situated at an altitude of 1200 m and has a single rainy season from November to April. The vegetation is mixed woodland and grassland with large areas farmed mainly for maize.

Cattle

Twenty-eight adult indigenous Ila-Tonga (Sanga) cattle were recruited from a single traditionally managed herd and divided into four groups of seven each (Table 1). The owner kept very detailed records, including the exact date of birth. The animals were eartagged for identification. They were kept with the rest of the herd, grazing during daytime and returning to the kraal at night. No tick control was practised by the farmer.

Sampling

The observation period started on 2 February 1996 and ended on 15 April 1996, during which time 21 observations were made (Mondays and Fridays). Farm visits were conducted between 06:00 hrs - 07:00 hrs. During the visits, the animals left the kraal and entered a crush-pen where the sampling was done. Adult *Rhipicephalus* were collected from or counted *in situ* in both ears of each animal, the predilection site of adult *R. appendic-*

*Department of Animals Production and Health, Veterinary Research Station, Mazabuka, Zambia

** Institute of Tropical Medicine, Department of Animal Health, Nationalestraat 155, B-2000, Antwerpen, Belgium

*** Caribbean *Amblyomma* Programme, Bridgetown, Barbados

Received on 23.03.00 and accepted for publication on 06.07.00.

Table 1

Sex and age of experimental animals, together with their average adult *R. appendiculatus* burdens

Group	Animal eartag	Sex	Age (years)	Average adult <i>R. appendiculatus</i> burdens
1	726	F	7.15	3.05
	727	M	10.41	3.67
	730	M	7.49	4.38
	732	M	7.39	5.10
	734	M	8.06	3.05
	736	M	9.98	6.14
	739	F	7.93	2.57
2	722	M	3.00	2.15
	724	F	5.84	0.40
	725	F	5.65	3.35
	728	M	9.59	7.80
	729	M	3.32	2.90
	731	M	2.97	0.85
	738	M	6.71	2.55
3	723	F	2.92	1.06
	733	F	7.39	1.28
	735	F	8.18	1.67
	737	M	6.71	2.78
	740	F	5.35	1.06
	741	F	3.00	1.39
	743	M	7.96	4.39
4	742	M	7.97	7.56
	744	F	4.26	0.81
	745	F	6.73	2.06
	746	M	6.65	7.31
	747	F	5.55	1.38
	748	M	2.81	1.13
	749	M	7.41	3.88

ulatus (1). The sampling schedule is presented in Table 2. According to MacLeod (3), the most abundant species of *Rhipicephalus* in this area of the experiment was *R. appendiculatus* and no other *Rhipicephalus* species was found in our collections (250 + specimens). Hence, all counted *Rhipicephalus* ticks were classified as *R. appendiculatus*.

Statistical analysis

The ages of the cattle were determined at the start of the experiment. Individual tick burdens were calculated as averages of the 21 observations.

Statistical analysis was carried out in Stata 6.0 for Macintosh (5) using a Generalised Linear Model (GLM) with Poisson error term and logarithm link: the average number of ticks per host was the response variable, age and sex of hosts the factors.

Results

The results are presented in Figure 1. This figure shows that the tick burdens increase with age of the host and also indicates that male hosts have higher infestation rates than females. Figure 1 also shows the GLM fitted model, which yielded significant effects for both age ($p = 0.003$) and sex ($p = 0.007$).

Tick burdens increased significantly with age and female cattle carried about half the tick burdens of

Table 2

Sampling schedule. Count = *in situ* count; collect = collection of adult ticks of ears and identification and count in laboratory. Initial collections (collect) not used in calculations.

Date	group 1	group 2	group 3	group 4
02/02/96	(collect)			
09/02/96	count	(collect)		
12/02/96	count	count		
16/02/96	count	count	(collect)	
19/02/96	count	count	count	
23/02/96	count	count	count	(collect)
26/02/96	count	count	count	count
01/03/96	collect	count	count	count
04/03/96	count	count	count	count
08/03/96	count	collect	count	count
11/03/96	count	count	count	count
15/03/96	count	count	collect	count
18/03/96	count	count	count	count
22/03/96	count	count	count	collect
25/03/96	count	count	count	count
29/03/96	collect	count	count	count
01/03/96	count	count	count	count
05/04/96	count	collect	count	count
08/04/96	count	count	count	count
12/04/96	count	count	collect	count
15/04/96	count	count	count	count

males of similar age ($e^{-0.72}$). It must be noted that removing the three male animals with the highest ages from the data set does not change the nature of the relationship between age and sex of host and tick burden and that the coefficient for female hosts still remains -0.73).

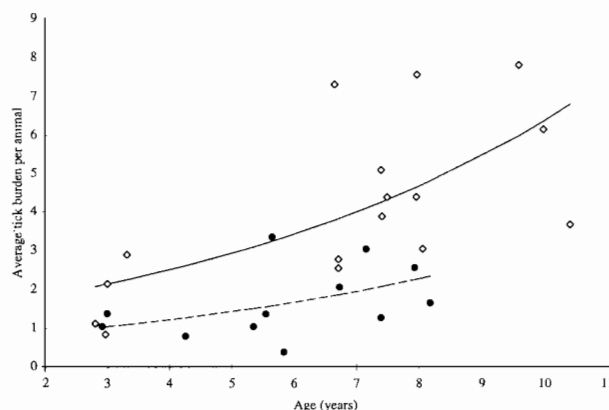


Figure 1: Average *Rhipicephalus appendiculatus* numbers per host in function of host age and sex (○ = male, ● = female) and fitted model I (— = male, - - - - = female)

Discussion

The results show that age within the adult group of cattle affects the tick burdens of individual animals in the field. Older animals were infested with significantly more ticks than young ones. Further, the results show that sex of the host influences the degree of tick infestation: male animals carry more ticks than female ones.

This model can partly be explained by the findings of Newson *et al.* (4) that animals at the front of a herd carry relatively more ticks than animals at the rear. Newson *et*

al. (4) report that cattle grazing in a herd steadily moving forward exhibit behaviour that determines the number of ticks that each animal picks up. Some cattle become leaders and move in front of a herd while other cattle differentiate into followers which move behind the herd. The authors indicate that animals in front of a herd activate the ticks along the way (movement, odour) and pick up a large proportion before the animals further down the herd hierarchy have the opportunity to pass through the same area. It is more likely that male and older animals lead and the female animals follow, but this should be confirmed experimentally.

Similar findings have been reported for *Ixodes dammini* on deer. The ticks' distribution was highly aggregated, associated with deer gender and age (2). The heavier *I. dammini* infestations on bucks were attributed to their

higher mobility. Higher mobility has also been observed in bulls which may predispose them to higher infestations.

The importance of the current finding lies in the fact that age and sex of adult hosts needs to be taken into consideration both when assigning animals to experimental groups in future experiments based on observations of tick burdens and when interpreting data from unplanned surveys and observations.

Acknowledgements

We would like to acknowledge the assistance of the Director of the Veterinary Department of Zambia, Dr. P. Sinyangwe, in supporting the trial.

Literature

- 1 Baker, Maureen K. & Ducasse F.B.W., 1967. Tick Infestation of Livestock in Natal. I. The Predilection sites and Seasonal variations of Cattle Ticks. JI. S. Afr. Vet. Med. Ass., **38**, 447-453.
- 2 Kitron U., Jones C.J., Bouseman J.K., Nelson J.A. & Baumgartner D.L., 1992. Spatial Analysis of the Distribution of *Ixodes dammini* (Acari: Ixodidae) on White-Tailed Deer in Ogle Country, Illinois, J. Med. Entomol., **29**, 259-266.
- 3 MacLeod J., 1970. Tick infestation patterns in the southern province of Zambia. Bull. Entomol. Res., **60**, 253-274.
- 4 Newson R.M., Mela P.N.P. & Franklin T.E., 1973. Observations on the numbers of the tick *Rhipicephalus appendiculatus* on the ears of Zebu cattle in relation to hierarchical status in the herd. Trop. Anim. Health Prod., **5**, 281-283.
- 5 StataCorp, 1999. Stata Statistical Software: Release 6.0. College Station, TX: Stata Corporation.

H. Chungu, Zambian, DVM, M. Sc., Research Assistant, Department of Animal Production and Health, Veterinary Research Station, Mazabuka, Zambia.
N. Speybroeck, Belgian, Ir. Agric., Research Assistant, Institute of Tropical Medicine, Department of Animal Health, Antwerp, Belgium.
R.G. Pegram, British, Ph.D., Program Co-ordinator, Caribbean *Amblyomma* Programme, Bridgetown, Barbados.
D.L. Berkens, Belgian, Lecturer, Institute of Tropical Medicine, Departement of Animal Health, Antwerp, Belgium

Étude du comportement de sept variétés et trois lignées de Piment (*Capsicum annuum* L.) cultivées en serre froide: Tendance à la parthénocarpie

N. Tarchoun*

Keywords: *Capsicum annuum* – Low temperature – Fruit set – Parthenocarp

Résumé

En Tunisie, les basses températures constituent le plus important facteur limitant de la production de piment de primeur cultivé sous abris froids. Elles affectent non seulement la croissance mais surtout la fructification. La croissance végétative, la fructification et l'aptitude à la parthénocarpie ont été étudiées, pendant la période hivernale, sur sept variétés et trois lignées sélectionnées par l'INRAT. Trois types de pollinisation ont été appliqués pour évaluer l'aptitude à donner des fruits parthénocarpiques : T1 (pollinisation naturelle), T2 (castration avec pollinisation) et T3 (castration sans pollinisation). L'aspect et de taille sont comparés à ceux des fruits normaux (à graines) en se basant sur le pourcentage de diminution du poids et de la longueur, ainsi que le rapport du poids sur le nombre de graines par fruits pour le traitement T1.

Les résultats de cette étude montrent que l'expression des caractères étudiés serait largement influencée par les effets combinés des génotypes et des basses températures. Les variétés Marconi, Meski et la lignée Hj (L3) semblent les moins affectées.

Les variétés Semmane, Meski, Marconi et les lignées Hi (L2) et Hj (L3) ont développé des fruits parthénocarpiques de poids et de longueur similaires aux fruits à graines, alors que Baklouti, D'hirat, Baker et Beldi ont montré une grande réduction pour ces caractères. La lignée L3 a montré en plus un rapport du poids du fruit sur le nombre de graines important et semble avoir une bonne tendance à la parthénocarpie.

Summary

Behaviour Study of Seven Varieties and Three Improved Lines of Pepper Grown in Unheated Greenhouse: Parthenocarp Ability

In Tunisia, the failure of pepper to set fruit during winter constitutes an important limiting factor affecting yield. Pepper crop reduction is often noted in unheated greenhouse during winter season where low temperatures are prevailing.

Growth, fructification and parthenocarp ability were evaluated using seven local varieties and three improved lines from INRAT. Three pollination treatments were applied to evaluate the ability of a genotype to develop parthenocarpic fruits: T1 (natural pollination), T2 (emasculatation with pollination) and T3 (emasculatation without pollination). Weight and size are similar to those of normal fruits (with seeds) based on: Percent weight and length reduction and the ratio of fruit weight on the number of seeds per fruit.

The result of this investigation indicated that the magnitude of the expression of these traits are genotype and temperatures dependent. The varieties Marconi, Meski and the line Hj (L3) were less affected by low temperatures. Semmane, Meski, Marconi and the lines Hi (L2) and Hj (L3) developed parthenocarpic fruits with weight and length comparable to normal fruits, while Baklouti, D'hirat, Baker and Beldi showed a significant decrease for these traits. The line L3 has the most important ratio of weight to number of seeds per fruit and characterized by a greater ability to set parthenocarpic fruits.

Introduction

En Tunisie, le piment compte parmi les espèces maraîchères les plus cultivées. En culture protégée (primeur) sous serres plastiques froides, la superficie allouée au piment au cours de la campagne 1998/99 est de 681 ha sur un total de 1207 ha soit 56%. Toutefois, le niveau de production qui reste encore faible (5 kg/m²) et surtout la qualité des fruits produits pendant la période hivernale sont très fluctuants en raison de leur dépendance des conditions climatiques.

Les faibles rendements obtenus, en culture de primeur, résultent à la fois d'une floraison et nouaison peu abondantes mais également d'un mauvais développement des fruits qui, souvent, sont malformés et de petite dimension, et dès lors sans valeur commerciale.

Plusieurs travaux ont montré que les basses températures nocturnes ont une action considérable sur la crois-

sance, le développement des fleurs et des fruits chez les solanacées y compris le piment (2, 3, 18, 21). Selon ces mêmes auteurs, ces conditions occasionnent des anomalies au niveau des principaux caractères des fruits : le poids frais, la longueur, le diamètre, l'épaisseur de la chair.

Des températures nocturnes basses (10 à 12°C) durant le développement floral du piment engendrent un accroissement de la taille des ovaires résultant en la production de fruits déformés (19). Ces basses températures nocturnes réduisent la production et la viabilité des grains de pollen aussi bien chez le piment (18, 19) que chez la tomate (10), ce qui explique la production de fruits parthénocarpiques de faible valeur marchande. Néanmoins, cet effet varie selon les cultivars. En effet, une étude antérieure, dans les conditions de basses

* Institut National Agronomique de Tunisie (INAT), 43 Av. Charles Nicolle- 1082 Tunis Mahrajene.Tunisie.
Reçu le 09. 05. 00 et accepté pour publication le 20. 06. 01.

températures, nous a révélé que les cultivars de type poivron (doux) présentent une meilleure aptitude à donner des fruits parthénocarpiques, avec un poids et une longueur similaires à ceux avec graines (27).

La parthénocarpie a été très étudiée chez la tomate en raison de son application en conditions environnementales défavorables qui réduisent la production du pollen, la déhiscence des anthères et, par conséquent la nouaison. L'induction de la parthénocarpie par les basses ou les hautes températures, ainsi que par les hormones exogènes est connue chez plusieurs espèces, en l'occurrence les solanacées (1, 5, 13) y compris le piment (12, 24). Bien que le contrôle génétique de la parthénocarpie ait été largement étudié chez *Lycopersicon* spp. (15, 16, 28, 29), les études sont rares chez le piment. Cultiver sous abris froids des variétés présentant des capacités de parthénocarpie peut être une alternative pour surmonter les facteurs limitants tels que, les basses températures, l'hygrométrie élevée et la faible luminosité.

La présente recherche a été initiée pour étudier, d'une part, le comportement de sept variétés locales et trois lignées de piment sélectionnées par l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie (INRAT), en conditions des températures hivernales sous serre froide, et d'autre part, pour évaluer leur aptitude à la parthénocarpie.

Matériel et méthodes

Matériel végétal et conditions de culture

L'étude a porté sur sept variétés locales de piment fort et doux et trois lignées sélectionnées par l'INRAT pour leur aptitude à nouer sous basse température. Il s'agit de, 'Baklouti', 'D'hirat', 'Baker', 'Semmane', 'Meski', 'Marconi', 'Beldi', et les trois lignées baptisées L₁ (Hh), L₂ (Hi) et L₃ (Hj).

L'essai a été conduit sous serre froide en culture de primeur, dans la Station d'Appui de la Manouba (SAM). La plantation, à la densité de 3 pl/m², a eu lieu la première semaine de novembre sur un sol argilo-limoneux. Vingt-quatre plantes par variété ont été repiquées selon un dispositif en blocs complètement aléatoires avec quatre répétitions. L'irrigation et la fertilisation ont été apportées respectivement selon les besoins et les recommandations d'une fiche technique standard (23). L'enregistrement des facteurs climatiques, les températures diurne et nocturne, ainsi que l'humidité relative a été effectué journalièrement, par un thermohygrographe. Les moyennes mensuelles sont consignées dans le tableau 1.

Tableau 1
Caractéristiques climatiques de la période de l'essai sous serre plastique non chauffée.

Caractéristiques/ mois	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars
Temp. diurne (°C)	20	18	21	24	26
Temp. nocturne (°C)	8	5	5	6	10
Humidité (%)	76	80	85	82	75

Paramètres mesurés et traitements

Après une durée de culture de 120 jours de la plantation, correspondant à la période la plus froide de l'an-

née, certains caractères végétatifs ont été mesurés. Il s'agit de la hauteur de la plante en cm (mesurée jusqu'au bourgeon apical à partir de la première ramification), du diamètre de la tige (cm) au niveau du premier nœud ou bifurcation, du nombre de bifurcations par plante, du niveau de la première ramification, de la longueur des entre-nœuds (cm) mesurée entre la 4^{ème} et la 5^{ème} ramification, ainsi que de la surface foliaire (cm²) au moyen d'un planimètre.

Pour évaluer l'aptitude à la parthénocarpie, trois types de pollinisation ont été appliqués: une pollinisation libre ou naturelle (T₁), utilisée comme témoin; une castration suivie d'une pollinisation avec du pollen d'une plante de la même variété ou pollinisation contrôlée (T₂) (2, 3) et une castration sans aucun apport de pollen (T₃) (16, 27).

Un échantillon de 30 fruits par variété a été récolté à maturité commerciale (état vert). Les principaux caractères des fruits issus de la pollinisation libre ont été déterminés: le poids des fruits (g), la longueur (cm), le diamètre mesuré au pied à coulisse au milieu du fruit (cm), l'épaisseur de la chair (mm) et le nombre de graines par fruit après extraction.

L'effet des traitements sur le poids et la longueur des fruits, et sur le nombre de graines par fruit a été évalué. La tendance à la parthénocarpie a été testée en se basant, d'une part, sur l'aptitude des variétés à donner des fruits parthénocarpiques de poids et de taille comparables aux fruits avec graines (exprimée en pourcentage de diminution du poids et de la longueur), et d'autre part, sur le rapport poids du fruit sur le nombre de graines qu'il contient, dans le cas de la pollinisation naturelle. Les meilleures variétés parthénocarpiques sont celles ayant un faible pourcentage de diminution du poids et de la longueur par rapport aux fruits normaux ou bien celles ayant fourni le plus important rapport poids sur nombre de graines.

L'analyse de la variance des résultats a été faite selon un plan en bloc complet. L'homogénéité de la variance a été vérifiée au moyen de test de Bartlett Standard et les moyennes ont été séparées selon le test de Duncan (26).

Résultats et discussion

Les analyses de la variance et le test de comparaison de moyennes pour les caractères végétatifs n'ont pas été réalisées sur les données brutes car le test d'homogénéité de Bartlett a donné des valeurs de χ^2 hautement significatives au seuil de 5%. Ainsi, les valeurs brutes ont été transformées sous forme de $y = \text{Log}(x)$ pour la hauteur des plantes, le diamètre de la tige et la longueur d'entre-nœuds; sous forme de $y = \text{Log}(x+1)$ pour le nombre de ramification et le niveau de la première ramification, et sous forme de $y = \sqrt{x}$ pour la surface foliaire. Concernant les caractères des fruits et l'aptitude à la parthénocarpie, des transformations des variables ont été opérées sous forme de $\text{Log}(x)$ pour tous les paramètres mesurés.

Paramètres de croissance

Les variétés et lignées ont montré une grande variabilité concernant les paramètres de croissance comme l'illustre le tableau 2.

Tableau 2

Hauteur de la plante, diamètre de la tige, longueur des entre-nœuds, exprimés en Log (x), nombre de bifurcations par plante, niveau d'insertion de la première bifurcation (exprimés en Log (x+1)) et surface foliaire (exprimée en $\sqrt{x}$) observés sur dix variétés de piment local, cultivées en période hivernale, sous serre plastique froide.

Caractères végétatifs/ Variété & lignée	Hauteur de la plante	Diamètre de la tige	Longueur des entre-nœuds	Nombre de bifurcations	Insertion de la 1 ^{ère} bifurcation	Surface foliaire
Baklouti	3,266 e	0,561 f	1,382 d	1,789 d	1,108 d	4,188 f
D'hirat	3,374 bde	0,735 d	1,407 d	2,554 a	1,627 bc	5,228 e
Baker	3,314 ed	0,539 f	1,765 b	1,934 cd	1,486 c	5,425 e
Semmane	3,321 ed	0,645 e	1,455 d	2,274 b	1,740 ba	5,776 de
Meski	3,355 edc	0,809 cb	1,594 c	2,110 cb	1,560 bc	6,255 b
Marconi	3,521 a	0,912 a	1,841 ba	2,317 b	1,473 c	6,890 a
Beldi	3,454 ba	0,854 b	1,843 ba	2,070 cb	1,759 ba	6,184 dc
L1 (Hh)	3,461 ba	0,808 cb	1,941 a	2,287 b	1,874 a	5,673 de
L2 (Hi)	3,469 ba	0,693 ed	1,898 ba	1,887 cd	1,601 bc	6,567 ba
L3 (Hj)	3,445 bac	0,794 c	1,784 b	1,366 e	0,885 e	6,726 ba

Les moyennes suivies de lettres distinctes sont significativement différentes à $P = 0,05$.

La variété Marconi a donné les plantes les plus hautes sans être différente significativement ($p > 0,05$) de la variété Beldi et des lignées L1, L2 et L3. D'hirat, Meski, Semmane et Baker forment un groupe à hauteur moyenne, alors que les plantes de Baklouti sont les plus courtes. La hauteur moyenne de l'ensemble du matériel végétal semble inférieure à celle obtenue par d'autres auteurs (8). Ces derniers ont observé une hauteur de l'ordre de 60 cm sur des plantes de poivron élevées sous un régime thermique de 22/17°C de température diurne et nocturne. Ce comportement résulterait de l'effet des basses températures sur les activités physiologiques liées aux aspects nutritionnels (11). Des résultats similaires ont été trouvés par d'autres chercheurs (29) qui ont constaté que la longueur des tiges des plants de poivron a augmenté de 210% en passant d'une température moyenne journalière de 14 à 16°C. Concernant le diamètre moyen de la tige principale, les variétés Marconi, Meski, Beldi et les lignées L1 et L3 ont présenté d'assez gros diamètre alors que Baklouti et Baker ont le plus faible diamètre des tiges (Tableau 2). La longueur des entre-nœuds qui pourrait expliquer l'indice d'étiollement des plantes (17) varie d'une variété à une autre (Tableau 2). La lignée L1 a donné la plus grande longueur des entre-nœuds, elle ne diffère pas significativement de la lignée L2 et des variétés Beldi et Marconi. Les variétés Baklouti, D'hirat et Semmane forment un groupe homogène à faible longueur d'entre-nœuds. Le comportement de nos plantes serait attribué à un effet étiollement dû à la faible luminosité pendant la période hivernale, comme il a été noté par Demers *et al.* (8).

Le nombre de ramification ou nœuds, sites potentiels de fleurs, présente une assez grande variabilité. La variété D'hirat a donné le nombre le plus élevé de nœuds suivie de Marconi, Semmane et la lignée L1 (Tableau 2). Les conditions de culture semblent affecter sévèrement ce paramètre puisque sous des conditions thermiques de 22/17°C, Demers *et al.* (7) ont obtenu plus de 20 ramifications par plante pendant une période de culture similaire. Il a été signalé que les températures de l'air et du sol ont un grand effet sur le développement du piment; plus la température décroît, plus la vitesse de croissance décroît (6). Le niveau de la première ramification, critère de sélection pour la précocité (17) a été le plus faible chez la lignée L3. Elle semble être la plus précoce. La lignée L1 développe sa première ramification à un niveau le plus élevé (Tableau 2),

alors que les autres variétés forment un groupe intermédiaire.

Concernant la surface foliaire, nous avons noté chez la variété de piment doux Marconi et les lignées L2 et L3 des feuilles avec la plus importante surface foliaire alors que Baklouti a présenté la plus faible surface foliaire. Les autres variétés ont présenté des valeurs intermédiaires (Tableau 2). Selon certains chercheurs (30), la longueur et le diamètre de la tige, le nombre de feuilles et la surface foliaire chez des plantes de poivron augmentent de 210%, 60%, 100%, 500% respectivement, quand la température augmente de 14 à 26°C. Cependant, Demers *et al.* (8) ont trouvé une surface foliaire moyenne de 100 cm² pour une variété de poivron cultivée sous un régime thermique de 22/17°C de températures diurne et nocturne.

Caractères des fruits

L'analyse de la variance des différents paramètres liés aux fruits a montré des différences hautement significatives ($p < 0,01$) pour l'ensemble des variétés. Le tableau 3 représente le classement des variétés et révèle que la lignée L3, les variétés Meski et Marconi ont le meilleur poids moyen, alors que la variété Baklouti possède le plus faible poids.

Tableau 3

Poids, longueur, diamètre des fruits, épaisseur de la chair et nombre de graines par fruit [exprimés en Log (x)] observés sur dix variétés de piment local, cultivées en période hivernale, sous serre plastique froide.

Caractères des fruits/ Variété & lignée	Poids	Longueur	Diamètre	Epaisseur de la chair	Nombre de graines par fruit
Baklouti	1,128 e	0,936 f	0,528 cb	0,264 d	1,750 b
D'hirat	1,472 dc	1,157 e	0,537 b	0,375 bac	1,958 a
Baker	1,451 dc	1,215 d	0,508 cd	0,382 bac	1,962 a
Semmane	1,403 d	1,207 d	0,481 e	0,329 c	1,622 b
Meski	1,583 a	1,208 d	0,492 ed	0,430 a	1,780 b
Marconi	1,561 ba	1,286 bac	0,576 a	0,438 a	1,750 b
Beldi	1,473 dc	1,314 a	0,478 e	0,430 a	1,738 b
L1 (Hh)	1,505 bc	1,254 c	0,505 d	0,355 bc	1,756 b
L2 (Hi)	1,481 c	1,267 bc	0,511 cd	0,407 ba	1,656 b
L3 (Hj)	1,613 a	1,300 ba	0,570 a	0,413 ba	1,618 b

Les moyennes suivies de lettres distinctes sont significativement différentes à $P = 0,05$

Les autres variétés se répartissent en classes intermédiaires. De telle réduction a été observée par certains auteurs (18) sous un régime thermique de basses températures (18/15°C). Dans les conditions de culture, le faible poids des fruits serait dû à une mauvaise pollinisation résultant d'une faible viabilité du pollen et par conséquent une faible production de graines (22).

La comparaison de moyenne pour la longueur des fruits (Tableau 3) a montré que Baklouti présente la plus faible taille, suivie de D'hirat. Les autres variétés se classent en groupes homogènes dont certains se chevauchent. Beldi présente les plus longs fruits et ne diffère pas de Marconi et de la lignée L3. Ali et Kelly (2) en étudiant l'effet d'un traitement en préanthèse de trois régimes thermiques: bas (18°C), intermédiaire (25/18°C) et élevé (35°C), ont observé une réduction du poids et de la longueur des fruits de 22 et 20% respectivement sous le régime de basse température par rapport au régime intermédiaire. Des effets plus sévères des basses températures sur le poids du fruit ont été remarqués (18). En effet, sous un régime thermique de 18/15°C le poids des fruits est réduit d'environ 70% par rapport aux fruits obtenus avec un régime de 23/18°C. Il a été rapporté que les basses températures en préanthèse affectent significativement les paramètres liés au fruit (poids, longueur, épaisseur de la chair) à l'exception du diamètre (2). Ces derniers auteurs ajoutent qu'en passant d'un faible régime thermique constant (18°C) à un régime thermique intermédiaire de 25/18°C, une augmentation de 25%, 21% et 18% a été enregistrée respectivement pour le poids des fruits, la longueur et l'épaisseur de la chair.

L'analyse de diamètre du fruit révèle que la variété Marconi, possède le plus important diamètre, sans être différente significativement de la lignée L3 (Tableau 3). Le plus petit diamètre a été observé chez Beldi et Semmane, les autres variétés ont présenté des valeurs intermédiaires. Concernant l'épaisseur de la chair, l'ensemble du matériel végétal testé a présenté des valeurs rapprochées (Tableau 3), à l'exception des variétés Marconi, Beldi et Meski qui se détachent légèrement.

Evaluation de la tendance à la parthénocarpie

Le nombre de graines par fruit est utilisé comme un critère d'évaluation de la viabilité du pollen (14) et pourrait être un indicateur de la bonne ou de la mauvaise tendance à la parthénocarpie des différentes variétés. En effet, la lignée L3 présente le nombre de graines développées le plus faible dans des fruits de taille et de poids importants (Tableau 3), sans être différente significativement ($p > 0,05$) d'un groupe de variétés comportant entre autre, Semmane, Marconi, Meski, L2. Ce groupe constitue donc un matériel végétal intéressant pour l'étude de la parthénocarpie chez le piment. L'analyse de l'effet des différents types de pollinisation sur les caractères du fruit a montré que les paramètres étudiés varient d'un type à l'autre, et que d'une manière générale, la castration réduit le poids et la longueur des fruits (Figures 1a et b).

Comparativement au témoin (T1), cette réduction est plus marquée pour la castration sans apport de pollen

(T3) que pour la castration avec apport de pollen (T2). Des différences variétales ont été notées à cet égard. Marconi, L2 et L3 semblent être les moins sensibles à la castration que Beldi et L1. Les variétés Baklouti et D'hirat n'ont pas développé des fruits parthénocarpiques, elles supportent moins la castration que les autres variétés. Ce comportement pourrait être partiellement attribué à une déficience dans la synthèse des hormones et un endommagement des tissus de l'ovaire des fleurs castrées (19).

Si la castration sans apport de pollen (T3) réduit significativement le nombre de graines par fruit; entre la pollinisation manuelle (T2) et celle naturelle (T1) nous n'avons pas observé de différences, à l'exception des variétés Meski, Marconi et L2 (Hi) (Figure 1c). Ces résultats ne sont pas en concordance avec certains auteurs (19, 21) qui, suite à une pollinisation manuelle, ont observé une amélioration du nombre de graines par

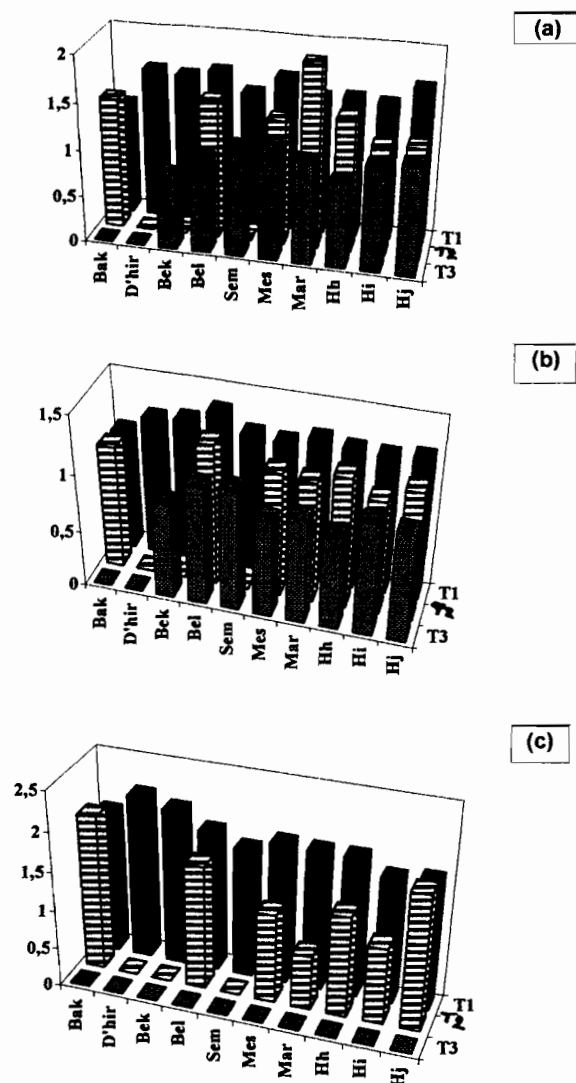


Figure 1: Effets de 3 modes de pollinisation naturelle (T1), castration avec pollinisation (T2) et castration sans pollinisation (T3) sur le poids (a), la longueur (b) et le nombre de graines par fruit, observés sur 10 variétés de piment cultivées sous serre froide, en Tunisie.

fruit chez des cultivars de type poivron. Ces différences pourraient résulter d'une faible quantité et/ou qualité de pollen apporté. Les variétés D'hirat, Beker et Semmane n'ont pas développé de fruits pour le traitement T2. Plusieurs investigations indiquent que la réduction de poids et de longueur des fruits chez les Solanacées est attribuée au faible nombre de graines par fruit (14, 21), tenant compte de l'existence d'une corrélation positive entre le nombre de graines et ces caractères. L'aptitude à donner des fruits parthénocarpiques d'aspect et de taille comparables aux fruits à graines est évaluée, selon notre hypothèse, par le calcul du pourcentage de diminution du poids (poids du fruit sans graines/poids du fruit avec graines) et de la longueur (longueur du fruit sans graines/longueur du fruit avec graines) des fruits obtenus à la suite des traitements T1 (fruits à graines) et T3 (fruits parthénocarpiques). Utilisant cette approche, deux groupes ont été identifiés. Le premier comporte les variétés: Semmane, Meski, Marconi et les lignées L2 et L3 alors que Baklouti, D'hirat, Baker et Beldi sont incluses dans le second groupe. Les fruits parthénocarpiques produits par le premier groupe ont un poids et une longueur comparables aux fruits à graines (Figure 2); alors que les variétés du second groupe ont montré une importante réduction pour ces caractères. Toutefois, les fruits obtenus chez le premier groupe sont souvent déformés. Ceci pourrait être attribué aux basses températures comme il a été rapporté par plusieurs auteurs (3, 18, 25).

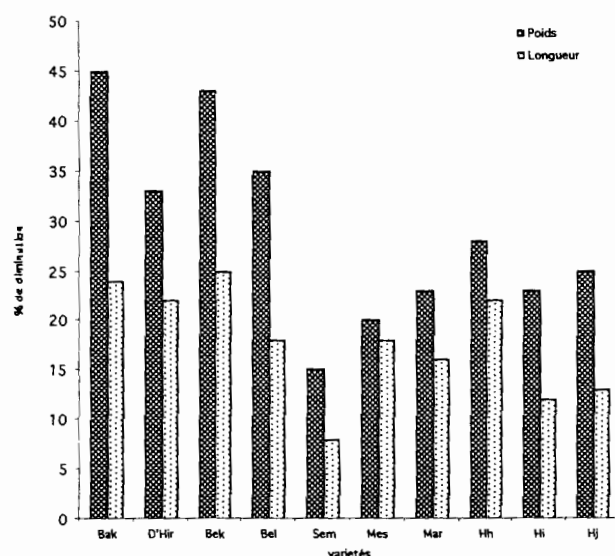


Figure 2: Pourcentage de diminution de la longueur et du poids des fruits obtenus à la suite des traitements T1 (pollinisation naturelle) et T3 (castration sans pollinisation) observé chez 10 variétés de piment cultivées sous serre froide, en Tunisie

L'utilisation des régulateurs de croissance pourrait être une alternative pour minimiser l'effet des basses températures sur les fruits parthénocarpiques comme il a été trouvé chez la tomate (1, 4). Pour le piment, il a été rapporté que l'acide gibbérellique GA3 est le plus efficace pour améliorer la qualité des fruits (9, 12). La variation du rapport du poids du fruit sur le nombre de graines, dans le cas de la pollinisation naturelle T1 est illustrée par la figure 3.

La lignée L3 a le plus important rapport, suivie de la lignée L2 et les variétés Marconi, Meski et Semmane du premier groupe, alors que les variétés Baklouti, D'hirat et Beker du deuxième groupe ont par contre les plus faibles rapports. En se référant aux caractéristiques des fruits (poids et longueur), ce premier groupe semble avoir une bonne tendance à la parthénocarpie naturelle et pourrait être sélectionné pour d'éventuelles hybridations afin de déterminer le déterminisme génétique impliqué dans l'hérédité de la parthénocarpie chez le piment.

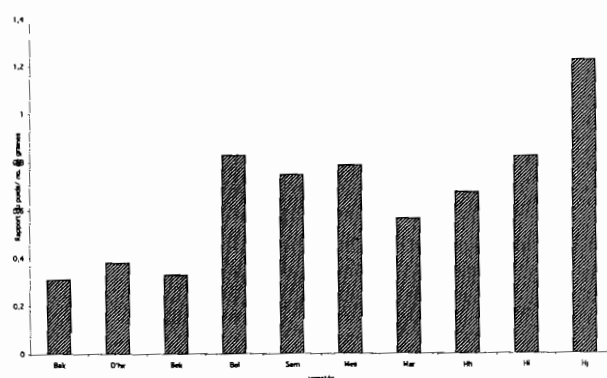


Figure 3: Rapport du poids du fruit par nombre de graine chez 10 variétés de piment cultivées sous serre froide, en Tunisie (cas d'une pollinisation naturelle).

Conclusion

L'étude de la croissance et de la fructification de quelques variétés locales de piment (*Capsicum annuum* L.) cultivées dans une serre froide en culture hivernale (primeur) a révélé que l'ensemble des paramètres de croissance semble être affecté d'une manière significative par les conditions de basses températures et qu'il existe une assez grande variabilité génétique à cet égard. En effet, les variétés Marconi et Beldi ainsi que les trois lignées se sont montrées moins affectées que les variétés Baklouti, D'hirat, Baker et Semmane pour la majorité des paramètres de croissance. La lignée L3 semble présenter une bonne précocité; ses plantes développent la première ramification à un niveau très bas.

Concernant les paramètres liés à la qualité des fruits, Marconi, Meski et la lignée L3 semblent les mieux performantes quant à la longueur, le poids et le diamètre des fruits. La lignée L3 a présenté, en plus, le nombre de graines par fruit le plus faible et semble avoir une bonne tendance à la parthénocarpie. L'effet des trois types de pollinisation sur les caractères des fruits (poids et longueur) est très variable selon les variétés. Marconi et les lignées L2 et L3, de type doux, semblent les moins sensibles à la castration que Beldi et la lignée L1. L'aptitude à donner des fruits parthénocarpiques d'aspect et de taille comparables aux fruits normaux a été évaluée en se basant sur, d'une part, le pourcentage de diminution du poids et de la longueur des fruits et d'autre part, sur le rapport poids du fruit sur nombre de graines qu'il contient. Deux groupes de variétés ont été identifiés. Les variétés Marconi, Meski, Semmane et

les lignées L3 et L2 formant le premier groupe, ont développé des fruits à poids et à longueur comparables aux fruits à graines; alors que Baklouti, D'hirat, Baker et Beldi ont montré une importante réduction de ces paramètres. Ainsi, le premier groupe semble avoir une

bonne tendance à la parthénocarpie et servirait pour d'éventuelles hybridations pour étudier le déterminisme génétique impliqué dans l'hérédité de la parthénocarpie chez le piment.

Références bibliographiques

1. Abad M. & Guardiola J.L., 1986. Fruit set and development in the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) grown under protected conditions during the cool season in the South-Eastern coast region of Spain. The response to exogenous growth regulators. *Acta Hort.* 191, 123-132.
2. Ali A.M. & Kelly W.C., 1993. Effect of pre-anthesis temperature on the size and shape of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Scientia Hort.* 54, 97-105.
3. Baker J.C., 1989. The effect of temperature on flowering, fruit set and fruit development of glasshouse sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *J. Hort. Sci.* 64, 313-320.
4. Corella P., Cuartero J., Nuez F. & Bguena M., 1986. Development time of parthenocarpic tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits chemically and genetically induced. *J. Hort. Sci.* 61 (1), 103-108.
5. Cuartero J., Costa J. & Nuez F., 1987. Problems of determining parthenocarp in tomato plants. *Scientia Hort.* 32, 9-15.
6. Deli J. & Tiessen H., 1969. Interaction of temperature and light intensity on flowering of *Capsicum frutescens* var. *grossum* cv. California Wonder. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 94, 340-351.
7. Demers D.A., Charbonneau J. & Gosselin A., 1991. Effets de l'éclairage d'appoint sur la croissance et la production de poivron cultivé en serre. *Can. J. Plant Sci.* 71, 587-594.
8. Demers D.A., Gosselin A. & Wien H.C., 1998. Effects of supplemental light duration on greenhouse sweet pepper plants and fruit yields. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 123 (2): 202-207.
9. El Asoudi A.H., 1993. Effect of Gibberellin on flowering, fruiting and fruit quality of pepper. *Annals Agric.Sci.- Ain Shams Univ., Cairo*, 38 (2) :661- 666.
10. Fernandez-Munoz R., Gonzalez-Fernandez J.J. & Cuartero J., 1995. Variability of pollen tolerance to low temperatures in tomato and related wild species. *J. Hort. Sci.* 70, 41-49.
11. Gosselin A. & Trudel M.J., 1983. Interaction between air and root temperatures on greenhouse tomato: I. Growth, development, and yield. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108 (6), 901-905.
12. Jankiewicz L.S., Flores A.E., Gorecki R. & Staniaszek M., 1991. Effect of growth regulators on parthenocarpic fruit set in *Capsicum annuum*. *Folia Horticulturae Ann.* 3 (2), 3-16.
13. Kim II S.Y., Chang K., Kunimitsu F. & Hiroshi O., 1992. Studies on parthenocarp in *Cucumis sativus* L. V. Influence of exogenous plant growth regulators on growth and diffusible IAA level of cucumber ovaries. *J.Kor.Soc. Hort. Sci.* 35 (3), 196-200.
14. Maisonneuve B., 1978. Nouaison de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) à basses températures. Sensibilité du pollen au froid et possibilité d'utilisation de la parthénocarpie naturelle. Thèse de 3^{ème} cycle- pp. 177.
15. Philouze J., 1983. Parthénocarpie naturelle chez la tomate. I- Revue bibliographique. *Agronomie* 3, 611-620.
16. Philouze J. & Pecaut P., 1986. Parthénocarpie naturelle chez la tomate. III. Etude de la parthénocarpie due au gène *pat* (parthenocarpic fruit) de la lignée 'Montfavet 191' *Agronomie* 6, 243-248.
17. Pochard E. & Palloix A., 1985. Rapport d'activité 1985-1986. Station d'amélioration des plantes maraichères- Avignon Montfavet, pp: 25.
18. Polowick P.L. & Sawhney V.K., 1985. Temperature effects on male fertility and flower and fruit development in *Capsicum annuum* L. *Scientia Hort.* 25, 117-127.
19. Pressman E., Moshkovitch H., Rosenfeld K., Shaked B., Gamliel B. & Aloni B., 1998. Influence of low night temperature on sweet pepper flower quality and the effect of repeated pollination, with viable pollen, on fruit setting. *J. Hort.Sci. & Biot.* 73 (1), 131-136.
20. Rivals P., 1980. Réflexions sur la parthénocarpie. *Fruits*. vol. 35 (7-8), 455-465.
21. Rylski I., 1973. Effect of night temperature on shape and size of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *J. Amer. Soc.Hort. Sci.* 98 (2), 149-152.
22. Rylski I., 1986. Pepper (*Capsicum*). In: CRC handbook of fruit set and development. (Monselise, S.P.Ed.). CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 341-353.
23. Station d'appui de la Manouba- SAM, 1987. La culture de piment sous serre. Fiche technique pp: 14.
24. Shiffriss C. & Eidelman E., 1986. An approach to parthenocarp in peppers. *Hortscience* 21, 1458-1459.
25. Singh S. & Sawhney V.K., 1998. Abscisis acid in male sterile tomato mutant and its regulation by low temperature. *J.Exp. Bot.* 49 (319), 199-203.
26. Statistical Analysis System Institute, Inc. 1985. SAS user's guide: Statistics 5th edition. SAS Institute, Inc. (ed) Cary, NC: pp: 975.
27. Tarchoun N. & Rezgui S., 1999. Differential parthenocarp ability on selected local varieties of pepper grown in unheated greenhouse. *Capsicum & Eggplant Newsletter* 18, 32-35.
28. Vardy E.D., Lapushner D., Genizi A. & Hewitt J., 1989a. Genetics of parthenocarp in tomato under a low temperature regime: I. Line RP 75/59. *Euphytica* 41, 1-8.
29. Vardy E.D., Lapushner D., Genizi A. & Hewitt J., 1989b. Genetics of parthenocarp in tomato under a low temperature regime: II. Cultivar 'Severianin'. *Euphytica* 41, 9-15.
30. Yapping S.I. & Heins R.D., 1996. Influence of day and night temperature on sweet pepper seedling development. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121 (4) :699-704.

N. Tarchoun, Tunisien, Assistant d'enseignement supérieur agricole à l'Institut National d'Agronomie de Tunisie

NOTES TECHNIQUES

TECHNISCHE NOTA'S

TECHNICAL NOTES

NOTAS TÉCNICAS

Microgreffage de quatre espèces ligneuses sahéliennes (*Acacia senegal*, *Faidherbia albida*, *Tamarindus indica* et *Ziziphus mauritiana*) en vue de leur rajeunissement

P. Danthu^{1,2}, B. Hane³, M. Touré³, P. Sagna², M. Sagna², S. Bâ², Marie-Anne de Troyer^{4,5} & P. Soloviev^{4,5}

Keywords: *Acacia senegal* - *Faidherbia albida* - *Tamarindus indica* - *Ziziphus mauritiana* – Micrografting - Rejuvenation – Sahel

Résumé

Cette note décrit une méthodologie de rajeunissement pour quatre ligneux sahéliens: *Acacia senegal*, *Faidherbia albida*, *Tamarindus indica*, *Ziziphus mauritiana*. Elle a consisté à prélever stérilement un explant mesurant 5-10 mm et à le microgreffer sur un jeune plant élevé in vitro. Les principaux facteurs de réussite sont l'âge du porte-greffe (de deux à six semaines selon l'espèce), le niveau de greffage (sur hypocotyle plutôt que sur épicotyle) et la nature du greffon (les apex ont une meilleure réactivité que les noeuds axillaires). La méthode a été appliquée au rajeunissement d'arbres adultes. Le critère de rejuvenilisation retenu est l'aptitude à l'enracinement des microboutures prélevées sur le greffon. L'effet rajeunissant du microgreffage dépend de l'espèce, du mode de mobilisation des premières copies végétatives et du nombre de cycle de microgreffages. Chez *F. albida* dont la mobilisation des sujets adultes est réalisée par bouturage de racines, un tiers des microboutures s'enracinent après un seul cycle et 75% après un second. Pour *Z. mauritiana* mobilisé par greffage horticole, un quart des microboutures prélevées sur les greffons a réacquis l'aptitude à l'enracinement après deux cycles de microgreffage. Aucun enracinement n'est constaté pour *A. senegal* et *T. indica* mobilisés par bouturage horticole.

Summary

Micrografting of Four Sahelian Trees (*Acacia senegal*, *Faidherbia albida*, *Tamarindus indica* and *Ziziphus mauritiana*) with a View to their Rejuvenation. This paper proposes a protocol of rejuvenation of four Sahelian ligneous species: *Acacia senegal*, *Faidherbia albida*, *Tamarindus indica* and *Ziziphus mauritiana*. It consists in aseptically removing a small scion (5-10 mm in length) and in micrografting it on to a seedling grown in vitro used as rootstock. The main elements of success are the age of the rootstock (two to six weeks depending on species), the level of grafting (on hypocotyl instead of epicotyl) and the origin of the scion (apex have higher growth after micrografting than axillary buds). The method developed was applied to the restoration of juvenile traits of adult trees. The main criterion is the rooting ability of microcuttings sampled on scions, after micrografting. Rooting competence restoration depends on the species, the nature of the first copy of the donor tree and the number of cycles of micrografting. The rejuvenation was more definite for *F. albida*, mobilised by root cuttings. In this case, one third of the microcuttings rooted after the first cycle of micrografting and 75% after the second. For *Z. mauritiana* mobilised by horticultural budding, 25% of microcuttings were rooted after the second successive micrograft. No restoration of rooting competence was obtained with *A. senegal* and *T. indica* mobilised by cutting.

Introduction

Acacia senegal Willd., *Faidherbia albida* (Del.) A. Chev., *Tamarindus indica* L. et *Ziziphus mauritiana* Lam. sont quatre ligneux des zones tropicales sèches d'Afrique dont les produits font l'objet d'un important commerce local, transfrontalier ou international. *A. senegal* produit la gomme arabique qui est exportée pour être utilisée

dans les industries cosmétiques ou alimentaires. *F. albida*, "l'arbre miracle du Sahel", est une légumineuse fixatrice d'azote à usages multiples très utilisée en agroforesterie. Le tamarinier (*T. indica*) et le jujubier (*Z. mauritiana*) sont deux espèces dont les fruits sont abondamment consommés (3, 20).

1. CIRAD-Forêt, B.P. 1716, Dakar, Sénégal

2. ISRA/C.N.R.F., URCI, B.P. 2312, Dakar, Sénégal

3. Université Cheikh Anta Diop, B.P. 5005, Dakar, Sénégal

Adresse de correspondance: Pascal Danthu - CIRAD-Forêt - B.P. 2312 - Dakar, Sénégal - Fax: +221-832-29-95 - Corriel: pascal.danthu@cirad.fr

Reçu le 04.01.01 et accepté pour publication le 14.02.01

4. Coopération APEFE Wallonie-Bruxelles, B.P. 6279, Dakar, Sénégal

5. Centre de Formation Professionnelle Horticole, B.P. 3284, Dakar Sénégal

Afin de répondre aux besoins des populations et de l'industrie, des programmes d'amélioration et de domestication de ces espèces ont été entrepris au Sénégal. Ils sont basés sur la sélection et le clonage de sujets élités, qui bien que ne constituant pas une opération d'amélioration *stricto sensu*, permet des gains génétiques importants par la fixation rapide des caractères sélectionnés (19).

La plupart des ligneux adultes sont difficiles à propager végétativement et demandent à être rajeunis avant de pouvoir être clonés. Les techniques de culture *in vitro* sont connues pour être des outils appropriés pour ce rajeunissement (2, 7). En particulier, de nombreux travaux ont montré l'intérêt du microgreffage en cascade: les greffons prélevés sur des sujets adultes réacquièrent au fur et à mesure des cycles de microgreffage sur de jeunes porte-greffe des caractères juvéniles et en particulier l'aptitude à l'enracinement (7, 9, 10, 17, 18). A ce jour, peu de travaux ont porté sur le rajeunissement des espèces de zones tropicales sèches. Seules quelques études préliminaires concernant *F. albida* ou *A. senegal* ont été menées (6, 15). Nos travaux ont pour but de définir et/ou d'optimiser les méthodes de microgreffage pour *A. senegal*, *F. albida*, *T. indica* et *Z. mauritiana*. Dans un premier temps, ils ont porté sur du matériel juvénile. La seconde partie de l'étude a concerné l'application des protocoles ainsi définis, au rajeunissement de sujets âgés mesuré par l'aptitude à l'enracinement des microboutures prélevées sur les greffons à l'issue de chaque cycle de microgreffage.

Matériel et méthodes

Origine et élevage des porte-greffe

Les porte-greffe sont des jeunes plants élevés *in vitro*. Les graines ont été récoltées au Sénégal (Tableau 1) et conservées en chambre froide jusqu'à utilisation. Un trempage dans une solution d'acide sulfurique concentré (H_2SO_4 , 95%) d'une durée adaptée à chaque espèce (Tableau 1) a permis, en une seule étape, de lever les inhibitions tégumentaires et de désinfecter les graines. Les porte-greffe sont élevés en tube sur une motte Milcap® de 3 cm de long (fibres de polypropylène tissées) imbibée par 12 ml de milieu de culture liquide. Le milieu utilisé est celui de Murashige et Skoog (14) dont

les macroéléments ont été dilués de moitié (MS/2), additionnés de saccharose (20 g.l⁻¹) et dont le pH a été ajusté à 5,7 avant autoclavage (110°C, 20 mn). Les porte-greffe ont été élevés une semaine à l'obscurité puis en jours longs (16 h de lumière par jour, 40 $\mu E.m^{-2}.s^{-1}$), 30°C le jour et 27°C la nuit.

Origine des greffons

Les microgreffons juvéniles utilisés dans la première partie de l'étude ont été prélevés sur des semis *in vitro* âgés de un mois.

Dans la seconde partie de l'étude, les greffons proviennent d'arbres adultes. Ils ont été prélevés soit dans le houppier des arbres, soit sur des copies horticoles [greffes, boutures de tiges ou boutures de racines (4, 5)] de ces mêmes arbres élevées en serre et périodiquement recépées (Tableau 1). Des fragments de tiges aoûtées ont été prélevés, désinfectés par un bref passage dans l'éthanol 70° suivi d'un trempage dans une solution de chlorure mercurique ($HgCl_2$ 0,1%, 15 mn), rincés abondamment à l'eau stérile puis débités en microboutures uninodales. Ces dernières ont été mises en culture sur le milieu MS/2 solidifié à l'agar (7 g.l⁻¹). Ce sont les pousses issues du développement des bourgeons axillaires pendant cette phase de préculture qui ont fourni les microgreffons.

Technique de microgreffage

Le microgreffage a consisté en une miniaturisation du greffage en fente terminale (10, 15). La motte Milcap portant le porte-greffe a été extraite du tube, le plant a été décapité et une fente diamétrale pratiquée au sommet. La base du microgreffon (pousse terminale ou noeud axillaire de 5 à 10 mm) taillée en simple biseau a été introduite dans la fente. La microgreffe a été ensuite ligaturée par une bande de Parafilm® stérile puis réintroduite dans le tube. Elle a été élevée à l'obscurité pendant une semaine puis en jours longs.

Induction de l'enracinement des microboutures

Les milieux d'enracinement des microboutures prélevées sur les microgreffons ont été définis à partir des résultats de travaux antérieurs. Pour *A. senegal* et *Z. mauritiana*, la phase d'enracinement a comporté une étape d'induction pendant cinq jours sur un milieu MS/2 gélosé contenant respectivement 50 μM d'ANA (acide

Tableau 1
Origine du matériel végétal utilisé dans l'étude.

Espèce	Matériel juvénile		Arbres adultes		
	Origine des semences	Traitement des graines	Origine des ortets	Age des arbres	Premières copies
<i>A. senegal</i>	Ranérou 13°58'W, 15°37'N	H_2SO_4 , 95% 15 mn	Dahra 15°30'W, 15°24'N	≈15 ans	Boutures horticoles
<i>F. albida</i>	Kagnobon 16°26'W, 12°51'N	H_2SO_4 , 95 % 30 mn	Nguekokh 17°03'W, 14°30'N	>40 ans	Boutures de racines
<i>T. indica</i>	Pamène 16°49'W, 14°6'N	H_2SO_4 , 95 % 10 mn	Bandia 17°01'W, 14°37'N	>40 ans	Greffes horticoles
<i>Z. mauritiana</i>	Kleur Sérigne Bamba 16°26'W, 13°52'N	H_2SO_4 , 95 % 5 mn	Dakar Bel-Air 17°26'W, 14°44'N	≈7 ans	Greffes horticoles

Tableau 2

Influence du niveau de greffage et de la nature du greffon sur la survie et la croissance des microgreffes (exprimées en cm) un mois après le greffage et sur la proportion de porte-greffe développant des rejets (bourgeons cotylédonnaires ou néoformés)

Espèce*	Niveau de greffage	Nature du greffon				Porte-greffe développant des rejets (%)
		Apex		Noeud axillaire		
		Survie (%)	Croissance (cm)	Survie (%)	Croissance (cm)	
<i>A. senegal</i>	Epicotyle	86	2,2±0,3	-		77
	Hypocotyle	91	3,2±0,2	91	3,7±0,9	10
<i>F. albida</i>	Epicotyle	82	3,5±0,6	-		75
	Hypocotyle	87	5,6±0,9	85	2,7±0,5	30
<i>T. indica</i>	Epicotyle	86	5,0±0,5	-		98
	Hypocotyle	91	5,7±0,3	92	4,0±0,5	0
<i>Z. mauritiana</i>	Epicotyle	90	4,2±0,5	-		35
	Hypocotyle	93	7,2±0,9	88	6,5±0,7	8

*greffes sur porte-greffe âgés de 2 semaines

Tableau 3

Effet de l'âge du porte-greffe sur la croissance des greffons (mesures faites un mois après greffage).

Espèce	Age des porte-greffe (semaine)*	Taille des greffons (cm)	Nombre de noeuds
<i>A. senegal</i>	2	2,8±0,2	3,4±0,1
	4	4,3±0,4	6,3±0,4
	6	4,6±0,5	6,2±0,3
<i>F. albida</i>	2	5,6±0,9	10,7±0,7
	4	6,1±1,0	10,3±1,0
	6	5,0±0,6	11,8±0,6
<i>T. indica</i>	2	5,7±0,5	6,1±0,3
	4	3,6±0,3	5,8±0,6
	6	3,3±0,5	4,5±0,6
<i>Z. mauritiana</i>	2	6,5±0,7	9,8±0,7
	4	6,5±0,4	9,4±0,6
	6	8,3±0,5	12,2±0,6

*: greffe sur hypocotyles

naphtalène acétique) et 50 µM d'AIB (acide indolyl butyrique) suivi d'un transfert sur un milieu dépourvu de régulateur (milieu d'expression) (1, 12). *T. indica* a été enraciné en présence de 5,7 µM d'AIA (acide indolyl acétique) (11) et *F. albida* sur un milieu contenant 2,5 µM d'ANA.

Analyses statistiques

Pour chaque condition expérimentale, les effectifs ont varié entre 40 et 48 greffes. Les intervalles de confiance des moyennes ont été calculés au seuil $P < 0,05$. Le niveau de signification du test χ^2 d'indépendance a été fixé à $P < 0,05$. Si l'hypothèse d'indépendance est rejetée, elle est notée "S" sinon elle est notée "NS".

Résultats

Le tableau 2 montre que la nature du greffon, apex ou noeud axillaire n'a pas d'effet sur la réussite du greffage ($\chi^2 \leq 2,4$; 1 ddl ; NS). Pour aucune espèce, la proportion de greffes survivantes est significativement

modifiée en fonction du niveau de greffage (sur l'hypocotyle ou l'épicotyle) ($\chi^2 \leq 1,0$; 1 ddl ; NS). Par contre, la croissance du greffon est toujours plus importante lorsque le greffage est réalisé sur hypocotyle, le gain de taille par rapport aux greffes sur épicotyle allant de 14% pour *T. indica* à 70% pour *Z. mauritiana*. Le tableau 2 montre aussi que le greffage sur épicotyle induit dans une forte proportion (de 35% pour le jujubier à 98% pour le tamarinier) le développement des bourgeons latents ou néoformés sur les porte-greffe. Le greffage sur hypocotyle élimine ce problème chez *T. indica* et le limite significativement chez les trois autres espèces ($\chi^2 \geq 11,3$; 1 ddl ; S).

Le tableau 3 met en évidence que la croissance des greffons est liée à l'âge du porte-greffe. Pour *A. senegal*, le développement du greffon est optimal si le porte-greffe est âgé de 4 ou 6 semaines au moment de la greffe. Pour *T. indica*, le greffage sur les porte-greffe les plus jeunes (2 semaines) est favorable au développement du greffon et limite la taille du cal cicatriciel qui est toujours important pour cette espèce. Pour *Z. mauritiana* la croissance optimale est obtenue sur les porte-greffe les plus âgés, alors que *F. albida* paraît relativement indifférent à l'âge du porte-greffe.

Le tableau 4 montre que, pour les quatre espèces, la survie et la croissance des greffons dépendent de l'âge de l'ortet sur lequel ils sont prélevés, selon la séquence suivante: semis *in vitro* > copie horticole d'un arbre adulte ≥ arbre adulte au champ. Pour *A. senegal* et *T. indica* aucun greffon prélevé dans le houppier d'un sujet adulte n'a survécu.

Le tableau 5 teste l'aptitude à l'enracinement des microboutures. Il montre que lorsqu'elles proviennent de copies horticoles de sujets adultes, aucun enracinement n'est constaté, sauf dans quelques cas pour *F. albida*. Si elles sont prélevées après un premier cycle de microgreffage, le pourcentage d'enracinement reste nul pour *A. senegal*, *T. indica* et *Z. mauritiana* alors que plus d'un tiers des microboutures de *F. albida* sont enracinées. Après un deuxième cycle de microgreffage, les trois-quarts des microboutures de *F. albida* se sont enracinées, proportion équivalente à celle obtenue avec le matériel juvénile ($\chi^2 = 1,2$; 1 ddl ; NS), de même qu'un quart des microboutures de jujubier. Aucun enracinement n'a été obtenu pour *A. senegal* et *T. indica*.

Tableau 4
Influence de l'origine des microgreffons sur leur survie et leur croissance estimées un mois après le greffage.

Espèce	Matériel juvénile		Arbres adultes		
	Critère mesuré	Semis <i>in vitro</i>	Copie horticole	Houppier	χ^2
<i>A. senegal</i>	Survie (%)	91	74	0	74,9 S
	Croissance (cm)	3,2±0,3	0,2±0,2	-	
<i>F. albida</i>	Survie (%)	92	75	25	47,3 S
	Croissance (cm)	6,7±1,4	1,2±0,3	0,1±0,1	
<i>T. indica</i>	Survie (%)	93	25	0	73,9 S
	Croissance (cm)	4,9±0,7	2,7±1,7	-	
<i>Z. mauritiana</i>	Survie (%)	94	68	67	11,6 S
	Croissance (cm)	6,6±0,3	4,6±0,4	1,3±0,6	
	χ^2 (survie)	0,5 NS	29,2 S	69,0 S	

Tableau 5
Effet du nombre de cycles de microgreffage sur l'aptitude des microboutures à s'enraciner (le pourcentage d'enracinement de microboutures prélevées sur du matériel juvénile est donné à titre de comparaison).

	Origine des microboutures	Espèce			
		<i>A. senegal</i>	<i>F. albida</i>	<i>T. indica</i>	<i>Z. mauritiana</i>
Sujet juvénile	Semis <i>in vitro</i>	66	86	39	70
Arbre adulte	Copie horticole	0	2	0	0
	1 ^{er} cycle de microgreffage	0	37	0	4
	2 ^{ème} cycle de microgreffage	0	75	0	25

Discussion

Notre étude a permis de définir une méthode de microgreffage applicable au rajeunissement et au clonage de divers ligneux des zones tropicales sèches. Cette méthode adapte les protocoles décrits par Huang *et al.* (10) ou Palma *et al.* (15). Le greffon n'est pas un méristème comme dans les protocoles d'éradication des virus (13) mais un apex ou un noeud axillaire de plus grande taille (quelques millimètres). L'utilisation d'un tel matériel végétal facilite les micromanipulations qui sont alors réalisables à l'oeil nu et permet d'obtenir des taux de survie élevés.

Le niveau de greffage (hypocotyle ou épicotyle) n'influe pas sur le taux de réussite du greffage, par contre, les greffes sur hypocotyle induisent, pour les quatre espèces, un meilleur développement du greffon. Ceci peut s'expliquer par le fait que le greffage sur épicotyle entraîne une levée de la dominance apicale permettant le débourrement des bourgeons cotylédonnaires et leur développement aux dépens du greffon. Le greffage sur hypocotyle élimine *de facto* ce risque. On note cependant le développement de bourgeons cotylédonnaires dans quelques cas de greffage hypocotylaïre chez *A. senegal* et *Z. mauritiana*. Comme l'a montré Palma-Lutjens (16), ceci s'explique par un niveau de décapitation trop haut qui n'élimine pas complètement la série verticale de bourgeons latents située à l'aisselle des cotylédons et permet le débourrement des bourgeons de niveau inférieur. Pour *F. albida*, les bourgeons développés par l'hypocotyle du porte-greffe sont très certainement issus de néoformation car ils apparaissent même si la décapitation du porte-greffe est réalisée très en

deçà du niveau cotylédonnaire. Notre étude a aussi montré que la vigueur du greffon est liée à l'âge du porte-greffe au moment du microgreffage mais sur ce point, les comportements de nos espèces sont divergents. Ainsi, *T. indica* et *F. albida* demandent à être greffés sur des porte-greffe plus jeunes que *Z. mauritiana* ou *A. senegal*. Ceci pourrait être lié au rythme de développement des plantules: très rapide pour les deux premières espèces, beaucoup plus lent pour les secondes. Nos résultats mettent aussi en évidence une différence de comportement des microgreffes liée à la nature du greffon. Le développement des greffons est plus faible si celui-ci est un noeud axillaire plutôt qu'un apex. Cette différence de réactivité *in vitro* entre les bourgeons axillaires et apicaux a souvent été notée dans les essais de micropropagation. Elle est la conséquence probable de différences physiologiques liées à des variations de niveaux de réserves nutritives ou de concentrations en régulateurs de croissance.

Nos résultats montrent que les microgreffes réalisées avec des greffons prélevés sur les arbres adultes sont significativement moins réactives que celles utilisant du matériel végétal juvénile. Les greffes réalisées avec des greffons prélevés sur des copies horticoles d'arbres adultes présentent une survie et une vigueur intermédiaire. Ce comportement déjà signalé sur *Persea americana* (17) peut s'expliquer par le fait que cette phase de mobilisation des ortets a induit un effet de rajeunissement (7). Cet effet rajeunissant est d'ailleurs souvent utilisé afin d'obtenir des explants réactifs à partir d'arbres matures (18). Parmi nos quatre espèces, c'est *F. albida* qui réacquiert une aptitude à l'enracinement le plus rapidement et le plus complètement. Ce comporte-

ment peut être mis en relation avec l'aptitude de *F. albida* à émettre des drageons dont le caractère juvénile est marqué et qui a déjà été mise à profit pour cloner cette espèce (4, 8). Le comportement des autres espèces peut être rapproché de celui de l'avocatier, du séquoia ou de certains *Citrus* chez qui jusqu'à sept cycles de microgreffage sont nécessaires pour réacquiescer un comportement juvénile (7, 9, 10, 17). *A. senegal* et *T. indica* semblent cependant particulièrement récalcitrants.

Ces premiers travaux ont ainsi permis de mettre au point une méthode de microgreffage en cascade de nos espèces qui peut être appliquée au rajeunissement de

sujets adultes. Des résultats encourageants ont été obtenus concernant *Z. mauritiana* et surtout *F. albida*, dégageant des possibilités réelles de rajeunissement de ces espèces.

Remerciements

Cette étude a été réalisée dans l'Unité Commune de Culture *In vitro* (UREC/) de Dakar, elle a été menée avec l'appui financier du C.R.D.I. (Projet Ligneux Fruitières, contrat 91.0122) et de l'Académie Africaine des Sciences (A.A.S.).

Références bibliographiques

1. Badji S., Mairone Y., Ndiaye I., Merling G., Danthu P., Neville P. & Colonna J.P., 1993. *In vitro* propagation of gum arabic tree (*Acacia senegal* (L.) Willd.). 1. Developing a rapid method for producing plants. *Plant Cell Reports* 12, 629-633.
2. Bonga J.M., 1987. Clonal propagation of mature trees: problems and possible solutions. pp 249-271 in: J.M. Bonga & D.J. Durzan (editors), *Cell and Tissue Culture in Forestry. Volume 1. General Principles and Biotechnology*. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht.
3. Booth F.E.M. & Wickens G.E., 1988. Non-timber uses of selected arid zone trees and shrubs in Africa. *FAO Conservation Guide* 19. FAO, Rome., 176 p.
4. Danthu P., 1992. Vegetative propagation of adult *Faidherbia albida* by branch and root cutting. P 87-90 in: R.J. Vandenbeldt (editor), *Faidherbia albida* in the West African semi-arid tropics. ICRISAT, Patancheru.
5. Danthu P., Leblanc J.M., Badji S. & Colonna J.P., 1992. Vegetative propagation studies of gum arabic trees. 2. The vegetative propagation of adult *Acacia senegal*. *Agroforestry Systems* 19, 15-25.
6. Detrez C., Ndiaye S., Kerbellec F., Dupuy N., Danthu P. & Dreyfus B., 1992. Meristem micrografting of adult *Faidherbia albida*. pp 91-95 in R.J. Vandenbeldt (editor), *Faidherbia albida* in the West African semi-arid tropics. ICRISAT, Patancheru.
7. Franclet A., Boulay M., Bekkaoui F., Fouret Y., Verschoore-Martouzet B. & Walker N., 1987. Rejuvenation. pp 232-248 in: J.M. Bonga & D.J. Durzan (editors), *Cell and Tissue Culture in Forestry. Volume 1. General Principles and Biotechnology*. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht.
8. Gassama Y.K. & Duhoux E., 1987. Micropropagation de l'*Acacia albida* Del. (*Leguminosae*) adulte. *Bulletin de l'I.F.A.N.*, série A 46, 314-320.
9. Huang L.C., Hsiao C.K., Lee S.H., Huang B.L. & Murashige T., 1992. Restoration of vigor and rooting competence in stem tissues of mature *Citrus* by repeated grafting of their shoot apices on to freshly germinated seedlings *in vitro*. *In Vitro Cell. Dev. Biol.* 28, 30-32.
10. Huang L.C., Lius S., Huang B.L., Murashige T., Mahdi E.F.M. & Van Gundy R., 1992. Rejuvenation of *Sequoia sempervirens* by repeated grafting of shoot tips on to juvenile rootstocks *in vitro*. *Plant. Physiol.* 98, 166-173.
11. Jaiwal P.K. & Gulati A., 1991. *In vitro* high frequency plant regeneration of a tree legume *Tamarindus indica* (L.) *Plant Cell Reports* 10, 569-573.
12. Mathur N., Ramawat K.G. & Nandwani D., 1995. Rapid *in vitro* multiplication of jujube through mature stem explants. *Plant Cell, Tissue and Organ culture* 43, 75-77.
13. Murashige T., Bitters W.P., Rangan T.S., Nauer E.M., Roistacher C.N. & Holliday P.B., 1972. A technique of shoot apex grafting and its utilization towards recovering virus-free *Citrus* clones. *Hortscience* 7, 118-119.
14. Murashige T. & Skoog F., 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant* 15, 473-497.
15. Palma B., Vogt G.F. & Neville P., 1997. La microgreffe, une solution pour la multiplication *in vitro* de l'*Acacia senegal* (L.) Willd. *Ann. Sci. For.* 54, 203-210.
16. Palma-Lutjens B., 1990. Contribution à l'étude de certains aspects de la multiplication de l'*Acacia senegal* (L.) Willd. Thèse de l'Université d'Aix-Marseille, 335 p..
17. Pliego-Alfaro F. & Murashige T., 1987. Possible rejuvenation of adult avocado by graftage on to juvenile rootstocks *in vitro*. *Hortscience* 22, 1321-1324.
18. Sanchez M.C., Ballester A. & Vieitez A.M., 1997. Reinvigoration treatments for the micropropagation of mature chestnut trees. *Ann. Sci. For.* 54, 359-370.
19. Timmis R., Abbo EL-Nil M.M. & Stonecypher R.W., 1987. Potential genetic gain through tissue culture. pp 1987-215 in: J.M. Bonga & D.J. Durzan (editors), *Cell and Tissue Culture in Forestry. Volume 1. General Principles and Biotechnology*. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht.
20. Vashishta B.B., 1997. *Ziziphus* for drylands - a perennial crop solving perennial problems. *Agroforestry Today* 9 (3), 10-12.

P. Danthu: Français, Docteur en sciences, généticien physiologiste. CIRAD-Forêt, B.P. 1716 Dakar, Sénégal. ISRA/C.N.R.F., URC/, B.P. 2312, Dakar, Sénégal.

B. Hane: Sénégalais, Licencié en sciences, chercheur en culture *in vitro*. Université Cheikh Anta Diop, B.P. 5005, Dakar, Sénégal.

M. Touré: Mauritanien, Licencié en sciences, chercheur en culture *in vitro*. Université Cheikh Anta Diop, B.P. 5005, Dakar, Sénégal.

P. Sagna, M. Sagna, Seynabou Bâ: Sénégalais, Techniciens en culture *in vitro*. ISRA/C.N.R.F., URC/, B.P. 2312, Dakar, Sénégal.

Marie-Anne de Troyer: Belge, Professeur d'horticulture. Coopération APEFE Wallonie-Bruxelles, B.P. 6279, Dakar, Sénégal. Centre de Formation Professionnelle Horticole, B.P. 3284, Dakar, Sénégal.

P. Soloviev: Belge, Ingénieur agronome. Coopération APEFE Wallonie-Bruxelles, B.P. 6279, Dakar, Sénégal. Centre de Formation Professionnelle Horticole, B.P. 3284, Dakar, Sénégal.

**BIBLIOGRAPHIE
BIBLIOGRAPHY**

**BOEKBESPREKING
BIBLIOGRAFIA**

Le mouton et la chèvre d'Afrique de l'Est. Performances de croissance, de reproduction et de production.

Jean Mbayahaga avec la collaboration de Jean-Loup Bister et Raymond Paquay.

Format 240 x 160 mm, 180 pages, 900 BEF/22,31 Euros + frais d'envoi.
Edité par les Presses Universitaires de Namur, Rempart de la vierge, 8 à B-5000 Namur, Belgique.
Tél. 32/81 72 48 84 – email: pun@www.pun.be
Paiement souhaité à la réception de la facture par virement/by bank transfer:
compte/account 250-0086498-59 (PUN)
par chèque bancaire (libellé de préférence en FEB et tiré sur une banque belge)
by cheque (preferably made out in belgian francs and drawn from a belgian bank)
par carte/by card account (visa/eurocard): N°expiration/expiry date .../...
Date & signature

Ce travail est le résultat d'une collaboration entre le Laboratoire de Physiologie Animale des Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix de Namur (Belgique) et du Laboratoire des Sciences Agronomiques de l'Université du Burundi à Bujumbura. Il est dédié par les auteurs au Dr René Branckaert pour toutes les années qu'il a consacrées au petit élevage des régions tropicales et particulièrement aux petits ruminants du Burundi.

Les petits ruminants, chèvres et moutons, sont des espèces qui, dans des régions où la croissance démographique et la pression sur l'environnement sont importantes, représentent une alternative intéressante à l'élevage de l'espèce bovine. Néanmoins, les conditions d'élevage et d'environnement font que souvent les potentialités de ces animaux ne sont pas mises en valeur.

Il convenait donc de faire un bilan des conditions existantes et de faire des propositions pouvant mener à une augmentation optimale de la productivité, tenant compte des conditions propres à la région. C'est ce qu'a fait Jean Mbayahaga.

Son ouvrage est basé, d'une part, sur un important travail personnel sur les mécanismes physiologiques de la reproduction chez la brebis et la chèvre burundaises et, d'autre part, sur une compilation et une synthèse des travaux effectués dans la région des Grands Lacs par d'autres chercheurs. Ce livre représente donc une source importante d'informations pour les enseignants, chercheurs et étudiants concernés par la santé et la production animale dans cette partie de l'Afrique. Il englobe des données sur les pays suivants: Kenya, Ouganda, Tanzanie, République démocratique du Congo, Rwanda, Burundi, Zambie et Malawi.

L'ouvrage comporte, outre un chapitre sur la situation géographique, climatologique et humaine de la région, deux autres chapitres donnant des informations sur les ressources animales et fourragères. On y trouve, notamment, une typologie des différentes races ovines et caprines de la région et une tentative d'explication phylogénétique. Suivant certains auteurs en effet, tous les moutons et chèvres de races locales de la région constitueraient des rameaux, respectivement, du "Mouton à queue grasse et longue" et de la "Petite chèvre de l'Afrique de l'Est". Un état est également fait des principaux croisements effectués avec des races exotiques.

Le corps de l'ouvrage est constitué par un chapitre sur les performances de croissance et un second sur les performances de reproduction, tous deux très complets et introduisant ainsi la synthèse sur les facteurs de productivité, les différentes productions et l'apport de ces espèces à l'alimentation des populations de la région. Signalons des comparaisons intéressantes entre les petits et les grands ruminants mettant en exergue les avantages des petites espèces à cycle court.

Enfin, la conclusion comprend des propositions pour harmoniser la recherche sur les ovins et caprins dans la région de telle manière à rendre uniformes les données zootechniques et d'obtenir des résultats permettant des comparaisons entre troupeaux de différents pays.

E. Thys,
Juin 2001.

AGRI-OVERSEAS is a non-profit association founded with a view to establishing professional links and fostering common concerns amongst those working overseas towards rural development. She edits a quarterly scientific and informative review "TROPICULTURA" devoted to rural problems in the developing countries and published by the General Direction of the International Cooperation (G.D.I.C.).

Organisation

Agri-Overseas is composed with Belgian Institutions : the four Faculties of Agricultural Sciences, (Gembloux, Ghent, Leuven and Louvain-la-Neuve), the two Faculties of Veterinary Medicine, (Ghent and Liège), the Department of Tropical Animal Production and Health of the Institute of Tropical Medicine (Antwerp), the Agronomy Interfaculty Section of The Free University Brussels, the University Faculties Our Lady of Peace (Namur), the University Foundation of Luxembourg (Arlon), the General Direction of the International Cooperation and individual members.

Editorial Board

The Editorial Board is presently constituted of Dr. Ir. G. Mergeai Editor-in- Chief, and the following Deputy Editors Pr. Dr. Ir. P. Van Damme for Agronomy and Forestry, Pr. Dr. J. Vercruysse for Animal Health, Dr E. Thys for Animal Production and Wildlife, Pr. Dr. J-C. Micha for Fisheries and Fish Farming, Pr. Dr. J. Deckers for Ecology , Soil Fertility and Farming Systems and Pr. Dr. C. Renard for Agrostology and Crop Husbandry.

The Secretariat will treat directly all the other fields relevant to Tropicultura (Economy, Sociology ...).

Secretariat

Agri-Overseas / Tropicultura, c/o G.D.I.C. Bur 018, Rue de Brederode, 6 -
B-1000 Brussels -Belgium -Tel. : 32.2/519.07.43 – 519.05.94
E-mail : MJDesmet@ badc.fgov.be. — Gharelimana@badc.fgov.be

Distribution: Free on written request.

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

General conditions

Manuscripts (one original and four copies) are to be submitted to Agri-Overseas, at the address mentioned above. They may be written in the four following languages : English, French, Dutch, Spanish. They must be accompanied by a covering letter from the author stating the address for further correspondence.

Each paper will be examined by two referees and may be returned to the authors for modification. One copy will remain the property of Agri-Overseas. The first author of each paper will receive 20 free reprints.

Practical requirements

Manuscripts should not exceed 10 typewritten pages on white paper DIN A4 (21 x 29,7 cm) with double spacing and a 5 cm left margin of on floppydisk.

Lay-out

Title : as brief as possible in lower-case letter-type.

Authors: under the title, preceded by their initials (complete christian name for women), and with an asterisk referring at the bottom of the page to their institution and its address.

Keywords : 7 maximum.

Summary : in the language of the contribution (maximum 200 words) and in English.

Introduction.

Material and methods (or observations).

Results.

Discussion .

Acknowledgements: if necessary .

Literature : references have to be presented in alphabetical order of the authors' name and numbered from 1 to x. Refer in the text to those numbers (in parentheses).

References will mention :

- For periodicals: authors' names with their initials, year of publication, full title of the articles in the original language, title of the journal, volume number (underlined), first and last page of the article.

Example: Poste G., 1972, Mechanisms of virus induced cell fusion Int. Rev. Cytol. 33, 157- 222.

- For books: authors' names with their initials, year of publication, full title of the book, name of publisher, place of publication, first and last page of the chapter cited.

Example: Korbach M.M. & Ziger R.S., 1972, Heterozygotes detection in Tay-Sachs disease. A prototype community screening program for the prevention of recessive genetic disorders. pp 613 - 632 in: B.W. Volks en S.M. Aronson (Editors), Sphingolipids and allied disorders Plenum, New-York.

Tables and figures should be carefully designed on separate pages numbered in Arabic numerals on the back. Figures should be professionally drawn. Never present table and figure for the same data. Photographs must be of good quality, unmounted glossy prints and numbered on the back. Accompanied captions should be typed on separated sheets and refer to the number of photo, drawing a.s.o.

Remarks: Avoid the use of footnotes, dashes in the text, capital letters when not necessary.

Give the nationality, diploma and function of each author.

Give if possible the translation in French (or Dutch, or Spanish) of the title.

The editorial board reserves the right to refuse manuscripts not consistent with the above instructions.

CONTENTS

ORIGINAL ARTICLES

Preliminary Investigation into Tree Dryness in <i>Hevea brasiliensis</i> (Wild. ex Adr. De Juss) Muell. Arg. by Path Analysis of Tree Dryness and Latex Parameters (<i>in English</i>) K.O. Omokhame	1
Evaluation of Sweet Potato Clones for Resistance to <i>Cylas puncticollis</i> Boheman (Coleoptera : Apionidae) in Sierra Leone (<i>in English</i>) A.M. Alghali & W.W. Munde	5
Comparative Growth Performance of West African Dwarf Goat Supplemented with <i>Leucaena leucocephala</i> , <i>Gliricidia sepium</i> , or Cotton Seed Cake in West Cameroon (<i>in French</i>) E. Tedonkeng Pamo, T.B.A. Kennang & M.V. Kangmo	10
Strategy of Utilization of Locally Available Crop Residues and By-Products for Livestock Feeding in Tunisia (<i>in English</i>) Aziza Moujahed-Raach, N. Moujahed & C. Kayouli	15
An Assessment of Some Fertilizer Recommendations under Different Cropping Systems in a Humid Tropical Environment (<i>in English</i>) E.Y. Fondufe, A. E. Eneji, A.A. Agboola, S. Yamamoto & T. Honna	21
Artisanal Use of Plants by « Mbuti » Pygmies in Ituri Forest in Democratic Republic of Congo (<i>in French</i>) M. Kahindo, J. Lejoly & M. Mate	28
<i>Rhipicephalus appendiculatus</i> burdens on Cattle in Relation to Age and Sex of the Host (<i>in English</i>) H. Chungu, N. Speybroeck, R.G. Pegram & D.L. Berkvens	34
Behaviour Study of Seven Varieties and Three Improved Lines of Pepper Grown in Unheated Greenhouse: Parthenocarp Ability (<i>in French</i>) N. Tarchoun	37
TECHNICAL NOTES	
Micrografting of Four Sahelian Trees (<i>Acacia senegal</i> , <i>Faidherbia albida</i> , <i>Tamarindus indica</i> et <i>Ziziphus mauritiana</i>) with a View to their Rejuvenation (<i>in French</i>) P. Danthu, B. Hane, M. Touré, P. Sagna, M. Sagna, S. Bâ, Marie-Anne de Troyer & P. Soloviev	43
BIBLIOGRAPHY	48