



Available online at <http://www.ifg-dg.org>

Int. J. Biol. Chem. Sci. 10(4): 1617-1625, August 2016

ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print)

International Journal  
of Biological and  
Chemical Sciences

**Original Paper**

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

## Effets de différentes doses de carbonate et de sulfate de calcium sur les rendements de l'avoine (*Avena sativa*) et de chou de Chine (*Brassicae sp*)

K. A. AVONYO

Université de Lomé, Ecole Supérieure d'Agronomie, BP : 1515, Lomé, Togo.

E-mail : [avonyokossi@yahoo.fr](mailto:avonyokossi@yahoo.fr); Tel : (00228) 90 02 99 61

### RESUME

Pour une exploitation agricole des sédiments issus d'une zone d'extraction de minerais de fer d'une superficie d'environ 2500 ha au Libéria, un concept de fertilisation à base de fumures minérales et organiques a été développé. Une étude comparative a été menée sur deux types de sols, un sol riche en matière organique et un autre formé exclusivement de sédiments, ceci afin de pouvoir déterminer ou d'identifier les modalités de sa mise en valeur. Les résultats antérieurs obtenus ont prouvé que ces sédiments étaient aussi exploitables du point de vue agronomique. L'objectif du présent travail était de déterminer l'effet des différentes doses d'engrais sur les rendements. Ainsi, le sulfate de calcium et le carbonate de calcium ont été respectivement appliqués. L'avoine et le chou de Chine ont été choisis comme plantes test. Il ressort des résultats obtenus que les différences entre les rendements de l'avoine et de chou de Chine étaient statistiquement significatives au seuil de 5%. Ces différences entre les rendements étaient également proportionnelles aux différentes doses d'engrais appliqués. Ces résultats préliminaires obtenus pourraient laisser envisager les doses d'engrais de formes calciques recommandables chez les sédiments. En outre, l'application de sciure de bois comme matière organique a également eu d'effets positifs sur les rendements.

© 2016 International Formulae Group. All rights reserved.

**Mots clés :** Sédiments, sciure de bois, concept d'engrais, avoine, chou de Chine, Libéria.

### Effects of different doses of calcium carbonate and calcium sulfate on yields of oats (*Avena sativa*) and Chinese cabbage (*Brassicae sp*).

### ABSTRACT

For the agricultural exploitation of sediments provided from iron extraction zone about 2500 ha and organic manure in Liberia was developed. A comparative study was conducted on two types of soil, a soil rich in organic matter and another formed exclusively of sediments, in order to be able to determine or identify the conditions for its development. Previous results have proved that these sediments were also exploitable from the agronomic point of view. The aim of the present study was to determine the effect of different doses of fertilizer on yields. Thus, calcium sulfate and calcium carbonate were respectively applied. Oats and Chinese cabbage were selected as test plants. The results obtained and the differences between the yields of oats and Chinese cabbage were statistically significant at the 5% level. These differences between the yields were also proportional to the different doses of fertilizers applied. These preliminary results could imply the fertilizer

© 2016 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i4.14>

2712-IJBACS

doses of calcium forms recommendable in sediments. In addition, the application of the sawdust as organic matter also had positive effects on yields.

© 2016 International Formulae Group. All rights reserved.

**Keywords:** Sediments, sawdust, fertilizer program, oat, Chinese cabbage, Liberia.

## INTRODUCTION

Une compagnie « Bong Mining » dans le conté de Bong, exploite depuis les années 60 un gisement d'extraction de minerais de fer au Libéria Hauck (1963). L'importance de cette mine se traduisait par le grand nombre d'ouvriers qui y travaillaient. Ainsi, une petite ville avec environ 40 mille habitants est fondée. Ces populations vivaient essentiellement de petites activités artisanales liées à cette mine. Les aliments de première nécessité en particulier les légumes proviennent de longues distances. Le riz est voué exclusivement à l'importation. Pour une exploitation agricole, il manquait cruellement à ces habitants d'espaces cultivables (Hauck, 1963 ; Ndoreyaho, 1978), car cette région est en majeure partie constituée de collines (Voigt et Henskel, 1981). Pour les populations qui se sont immigrées dans cette zone d'usine de mine l'approvisionnement en vivre devenait problématique pour leurs existence de vie. En outre, il est prévisible que ce minerai de fer dans un proche avenir, en raison de l'évolution de nouvelle industrie de fer, pour cause de rentabilité, sera voué à une fermeture anticipée. Le retour de ces populations immigrées dans leurs tribus d'origine ne serait pas sans difficultés. D'autre part, l'aspect montagneux que présente cette région serait également un handicap pour une exploitation agricole à cause de l'érosion (Muckenhausen et al., 1972). Ces pareils facteurs naturels ne favorisent guère la mise en valeur de cette zone (Ndore, 1978). Pourtant, il existait dans cette zone un immense tas de sédiments issus de l'extraction du minerai de fer inculte contenant 10% de fer. L'avantage que présentaient ces sédiments est que ces derniers étaient entassés de façon aplanie et se situaient à proximité de la zone concernée. Les résultats antérieurs ont montré que ces sédiments sont aussi exploitables que la terre

arable de la région (Sommer et NDoreyaho, 1975). L'objectif de ce travail est d'étudier l'influence des différentes doses de sulfate de calcium et de carbonate de calcium sur les rendements de l'avoine et de chou de Chine. Ainsi, les résultats obtenus après l'application de différentes doses d'engrais étaient statistiquement significatifs par rapport aux différences entre les rendements chez les traitements respectifs. Ainsi, les résultats obtenus étaient également proportionnels aux différentes doses de sulfate de calcium chez les rendements. Par contre, ce phénomène de proportionnalité n'a pas été observé chez le CaCO<sub>3</sub>. Cette notion de proportionnalité entre les différentes doses de fumures minérales et les rendements serait une avancée pour ce qui concerne la dose recommandée d'engrais pour une espèce de plante dans une région déterminée (Temegne et al., 2015).

## MATERIEL ET METHODES

### Méthode analytique des échantillons

#### Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental comportait deux rangées de 16 traitements avec quatre répétitions de deux types de sols. Les échantillons de sols étaient mis dans des pots selon le système Kick-Brauchmann (1964) sous serre. Ces traitements ont été disposés sur des rails munis chacun d'une balance servant à déterminer la constance de la capacité de l'eau à chaque stade de la croissance de la plante. Le système permettait ainsi, de faire déplacer le dispositif expérimental en dehors de la serre suivant les aléas climatiques. Ces essais ont été effectués à l'Institut d'Agrochimie de l'Université de Bonn, en Allemagne.

#### Echantillons de sols

L'ensemble des éléments nutritifs dans les échantillons de sols a été dissous dans une solution de mélange 1N HCl et de 1N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> à

une proportion respective de 1 : 3 appelée "Königswasser". Le pH des sols a été déterminé après dilution des échantillons dans les solutions suivantes : eau distillée ; 0,01M ;  $\text{CaCl}_2$  ; 0,05M  $\text{K}_2\text{SO}_4$  selon la méthode Jensen. Le carbone est dosé par la méthode de Lichterfeld ; l'azote total par la méthode de Foerster (1980) ; le phosphate assimilable par la méthode de Schachtschabel (1984) ; le calcium et le potassium ont été dosés par la flamme photomètre. Les résultats obtenus sont mentionnés au Tableau 1.

### Matériel expérimental

#### Les échantillons de sols

Les échantillons de sols utilisés provenaient du Libéria. Il s'agissait de deux types de sols suivants :

Terre arable : un sol fertile de la région ;

Tailings Pond : des sédiments extraits de l'usine de mine de fer. Ces sédiments contenaient 15% de fer de couleur gris-sombre et poudreux.

#### Fumures organiques et minérales

L'azote a été appliqué sous deux formes chacune à raison de 1g N par pot. Les traitements 1, 3, 5, 7, 8 et 16 ont reçu respectivement le nitrate d'ammonium  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  tandis que les traitements 2, 4, 6 et de 9 à 15 ont été enrichis par l'ammonitrate de calcium  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ . Le phosphate a été appliqué sous forme très soluble  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  à la dose de 0,8 g P par pot et le magnésium sous forme de sulfate de magnésium  $\text{MgSO}_4$  à raison de 0,6 g de Mg par pot. Le potassium a été épandu d'une part sous forme de Chlorure de potassium KCl chez les traitements 1 à 4, 11 et 12 tandis que les traitements 5 à 10 et 13 à 15 ont été enrichis de sulfate de potassium  $\text{K}_2\text{SO}_4$  à la dose respective de 0,99 g K par pot. Au total, tous les traitements ont reçu chacun 1 g K par pot en raison de la quantité de potassium (0,1 g/pot) contenue dans l'engrais phosphaté. Le magnésium a été épandu sous forme de  $\text{MgSO}_4$  à raison de 0,6 g Mg par pot, ceci pour combler une carence

éventuelle de cet élément souvent remarquée dans les sols tropicaux. Le calcium a été appliqué sous forme de Chlorure de Calcium  $\text{CaCl}_2$  chez les traitements 3, 4 et 12 à raison de 1,43 g Ca par pot et sous forme de sulfate de calcium  $\text{CaSO}_4$  à différentes doses chez les traitements 7, 9 et 14 à raison de 1,43g Ca par pot et par contre, chez les traitements 8, 10, 15, et 16 à raison de 4,29 g Ca par pot. Chaque traitement a été enrichi respectivement des micro-éléments suivants :

$\text{CuSO}_4$ : 16 mg Cu/pot

$\text{MnSO}_4$ : 14,6 mg Mn/pot

$\text{H}_3\text{BO}_3$ : 5,0 mg B/pot

$\text{ZnSO}_4$ : 16,7 mg Zn/pot

$(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ : 3,3 mg Mo/pot.

Enfin, les traitements 11 à 16 ont reçu chacun 60,0 g par pot de sciure de bois comme source de matière organique.

#### Plantes test

L'avoine (*Avenae sativa*) a été choisie comme culture principale, ensuite, le chou de Chine (*Brassicae sp*) et *Lolium pérenne* ont été respectivement choisis comme cultures de relais.

#### Etude analytique des échantillons des plantes

Pour déterminer les composants des rendements, les échantillons des plantes ont été séchés à 105 °C pendant trois jours dans une étuve. Pour déterminer les éléments minéraux dans les échantillons, la moyenne des quatre répétitions de chacun des traitements a été finement broyée dans un moulin. Les grains et les pailles ont été séparément incinérés à 450 °C dans un four ; ensuite les éléments nutritifs suivants ont été analysés. Le phosphate par la méthode d'ammonium – vanadate de Gericke et Kurmies (1952), le potassium et le calcium d'après Gettkandt (1965), le magnésium et les micro-éléments à l'aide de la spectrométrie d'absorption des atomes, l'azote par la distillation dans Kjeldahl avec un mélange de sélénium de Winninger (Naumann et al., 1976).

### Analyses statistiques des données

L'évaluation des résultats des essais a été saisie sur Excel et les analyses statistiques ont été évaluées à l'aide du logiciel XLSTAT 2003. Les moyennes ont été séparées par la méthode de Schuster au seuil de confiance de 95% par l'analyse de variance à trois factoriels.

### RESULTATS AND DISCUSSION

Le Tableau 2 montre les effets du chaulage avec le carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) sur les rendements de l'avoine.

Conformément aux résultats obtenus, il ressort que l'apport d'une plus petite dose de calcium a fourni le rendement optimum chez le traitement 27. Ceci était remarquable aussi bien chez les rendements en grain que chez la paille. L'application à des doses plus élevées n'a fait que baisser le niveau de rendement chez les traitements 28 et 29. Ces résultats similaires ont été également rapportés par Chien et al. (1988), FARina et Channon (1988), von Willert et Stehouwer (2003, 2007), Montalvo et al. (2010), et Alva et Tucker (2003). Le bon développement de la culture principale qui est l'avoine pourrait probablement être la cause de la baisse de rendements chez le traitement 27. En raison

de forte disparité entre les rendements des différents traitements, les résultats ne pourraient être statistiquement significatifs. Une comparaison des rendements obtenus après application de différentes doses de sulfate de calcium (gypse) avec celles de carbonate de calcium sous forme basique montre une meilleure efficacité au profit de  $\text{CaSO}_4$  (Giroux, 2007 ; Nadler et Magaritz, 1987 ; Alva et al., 1993 ; Grasser, 2006). Malgré les divergences entre les résultats, les différences entre les rendements chez certains traitements étaient statistiquement significatives. Les différences entre les résultats pourraient s'expliquer par les différentes formes de calcium appliquées. La teneur en calcium chez les traitements 24 et 26 qui ont été enrichis de sulfate de calcium était généralement plus élevée que chez les traitements 27 et 29 qui de leur part, ont été dosés de carbonate de calcium. Ces différences ont été obtenues au cours de la phase de la floraison de l'avoine. Par contre, chez le chou de Chine, culture de relais après l'avoine, l'application de la matière organique a considérablement baissé le niveau de rendement chez les traitements 30, 31 et 32 par rapport au contrôle.

**Tableau 1** : Quelques caractéristiques chimiques des sols.

Caractéristiques	Terre arable	Sédiments	Sciures de bois
C Total	1,77	0,14	4,11
N Total	0,12	0,06	0,09
C/N	14,75	2,34	41,67
$\text{P}_2\text{O}_5$ (méq/100 g)	2,50	2,24	-
Mg M. NaCl) mg/100	0,72	0,69	-
$\text{K}_2\text{O}^*$	3,32	2,86	-
eau	5,5	7,6	-
pH 0,01 $\text{CaCl}_2$	4,2	6,8	-
0,05 M $\text{K}_2\text{SO}_4$	4,1	6,6	-

Lactate double méthode C = carbone total, N = azote total,  $\text{P}_2\text{O}_5$  = phosphore, Mg = magnésium,  $\text{K}_2\text{O}$  = potassium, M = mol

**Tableau 2** : Rendements en grain, paille, grain + paille chez l'avoine.

Traitements	Engrais sous forme de	Rendements en MS g/pot		
	CaO g/pot	grains	paille	grains + paille
13	0,00	69,1	54,3	123,4
28	2,05	77,2	62,1	139,3
27	4,11	62,3	57,0	119,3
29	8,22	69,0	58,2	127,2
PPDS 5%		17,0	10,0	25,2

M.S. = Matière sèche, CaO = calcium

**Tableau 3** : Rendements de la matière sèche de chou de Chine.

	Engrais CaO	Rendements de la matière sèche sous Traitements		
	g/pot	M.S. g/pot	Sx	rel.
13	0,00	29,8	2,0	100
27	2,05	23,6	1,9	79
28	4,11	28,3	1,0	95
29	8,22	29,9	0,7	100
GD 5%		3,9		
GD 1%		5,0		

M.S.= Matière sèche, CaO = calcium

**Tableau 4** : Teneur en éléments nutritifs au moment de la floraison chez l'avoine.

Traitements	% N	% P	% K	% Mg	% Ca
13	1,28	0,22	2,30	0,14	0,31
27	1,45	0,24	2,28	0,26	0,38
28	1,34	0,21	2,16	0,24	0,25
29	1,41	0,22	2,26	0,24	0,27

N = azote, P = phosphore, K = potassium, Mg = magnésium, Ca = Calcium

**Tableau 5** : Teneur en oligo-élément au moment de la floraison chez l'avoine.

Traitements	Mn	Zn	Fe
	mg/kg	mg/kg	mg/kg
13	65	13	117
27	73	10	94
28	50	8	64
29	53	11	230

Mn = manganèse, Zn = zinc, Fe = fer

**Tableau 6 :** Rendements en grains, pailles, grains + paille chez l'avoine.

Traitements	Engrais CaO/pot	Sous forme de	Rendements en g/pot		
			grains	pailles	grains + pailles
13	CaSO <sub>4</sub>		69,1	54,3	123,4
24	0,00		82,3	62,1	144,4
25	2,00	CaCO <sub>3</sub>	73,6	58,5	132,1
26	4,09		82,4	67,0	149,4
27	8,20		77,2	62,1	139,3
28		2,05	62,3	57,0	119,3
29		4,11	69,0	58,2	127,2
PPDS 5%		8,22	19,3	14,1	39,1

CaO = calcium

**Tableau 7 :** Effets de la matière organique chez les rendements de l'avoine.

Traitements	Sciure de bois MO g/pot	Rendements en g/pot		
		grains	paille	grains + pailles
27	---	77,2	62,1	139,3
30	30	90,3	85,5	175,8
31	60	81,5	80,3	161,8
32	120	81,2	79,1	160,3
GD 5%		13,6	9,9	22,7

MO = matière organique

**Tableau 8 :** Effet de la matière organique sur les rendements de la matière sèche de chou de Chine.

Rendements de la matière sèche					
Sciure de bois	M.S.	Sx	rel. Traitements	g/pot	g/pot
27	---		23,6	1,9	100
30	30		2,7	1,4	11
31	60		14,4	2,5	61
32	120		15,7	0,8	66
GD 5%			5,5		
GD 1%			7,1		

M.S. = matière sèche

Chez le chou de Chine (Tableau 3), culture de relais après l'avoine, l'application de CaCO<sub>3</sub> n'a pas eu d'effets sensibles sur les rendements de la matière sèche chez les traitements correspondants par rapport au contrôle. Des résultats similaires ont été obtenus par Gasser 2006 sur la culture du riz

au Ghana. Il y a eu de différence de teneur en calcium et en fer au moment de la floraison de l'avoine (Tableau 3) chez les traitements 27, 28 et 29 par rapport au témoins le traitement 13. Par contre, chez le chou de Chine, culture de relais, ces différences n'étaient pas remarquables chez les traitements

correspondants. Il faut particulièrement souligner que l'augmentation de carbonate de calcium a provoqué une diminution précoce de l'absorption de calcium au cours de la phase de la floraison. D'une façon générale, la disponibilité en calcium est très faible malgré que le pH chez les sédiments se situe à un niveau neutre (pH : 7,0). On remarque de très faible variation de la teneur des macroéléments chez les traitements, ceci indépendamment des formes d'engrais appliquées (Tableau 4). Pour ce qui concerne les microéléments (Tableau 5) on remarque à l'exception du fer, une teneur optimale pour croissance normale de la plante. Une étude comparée des différentes doses de sulfate de calcium avec celles de carbonate de calcium chez les rendements de l'avoine. Ceci prouve encore une fois que pour l'apport de calcium à la plante, la différence de degré de solubilité des deux formulations a une grande importance sur la croissance plutôt que son effet basique. En outre, il n'est pas exclu qu'en raison de sulfate de calcium, on doit tenir compte d'apport d'autres sources de soufre, bien que le besoin en soufre soit comblé par l'apport de potassium et de magnésium sous formes de sulfate. Après l'apport de la matière organique, l'augmentation des rendements de l'avoine a été observée chez les traitements 30 à 32 par rapport au contrôle (traitement 27 ; Tableau 6). Le traitement 30 qui a été enrichi d'une petite dose de matière organique a fourni le plus haut rendement aussi bien en grains, en pailles ainsi que le rendement total. L'augmentation de taux de la matière organique n'a fourni que de faible augmentation chez les traitements correspondants par rapport au contrôle (Wortmann et al., 2009 ; Delbridge et al., 2011 ; Coulter et al., 2011). Cette baisse de rendements pourrait en partie s'expliquer par une grande partie de nutriment exportée par l'avoine qui est la culture principale. En outre, la fixation microbienne de l'azote lors de la

décomposition de la sciure de bois pourrait également expliquer cette baisse de rendement. D'après Harter (2007), l'apport de la matière organique constitue un élément acidifiant pour le sol (Ruiz Diaz et al., 2008 ; Bayot et al., 2006).

### Conclusion

Lorsque le pH d'un milieu est inférieur à 5.0, la concentration des ions d'hydrogène augmente et rend ce milieu acide. De nature, la plupart des sols tropicaux humides sont acides en raison de leur altération. Les ions de fer et d'aluminium forment dans la solution du sol des oxydes hydriques (sesquioxydes) et des kaolinites qui restent des solides dominant dans le sol et ont de faible pouvoir de rétention des éléments nutritifs. Dans ces conditions, le phosphate fixé au fer devient insoluble et inaccessible à la plante. Afin d'élever le pH, on pratique le système de chaulage d'après, peu importe la forme dans laquelle le calcium est ajouté au sol, en présence de dioxyde de carbone atmosphérique, il se forme le carbonate, celui-ci se dissocie et les ions d'hydrogène présents dans le sol sont neutralisés. L'augmentation du pH a une incidence sur la solubilité des nutriments des plantes. Ainsi, le pH dans les sols tropicaux ne doit pas dépasser 5.0 à 5.5 pour une disponibilité optimum des éléments nutritifs. Une augmentation ou une diminution en dehors de ces valeurs entraîne une fixation de phosphore par quelques métaux lourds, ce qui explique la diminution des rendements de nos résultats. Une application excessive de chaux sur les sols tropicaux peut occasionner une dé-structuration des sols et en outre, une perméabilité réduite et un drainage inadéquat ayant pour conséquence des sols gorgés d'eau et une transformation complète de l'écosystème.

### CONFLIT D'INTÉRÊTS

Il n'y a aucun conflit d'intérêts à déclarer.

## REMERCIEMENTS

L'auteur remercie Professeur KOFFI-TESSIO Egnonto, M. AMOUZOUVI Kokou, Professeur GADO Tchangbedji, Professeur BANITO Agnassim, Professeur SOGBEDJI Mianikpo et M. Bissadu Kossi, Université de Lomé, pour leurs contributions.

## REFERENCES

- Alba AK, Graham JH, DPH Tucker. 1993. Role of calcium in amelioration of copper phytotoxicity for citrus. *Soil. Sci.* **155**: 211-218.
- Bayot M, Mouret C, Hammond R. 2006. Riziculture biologique un point sur la fertilisation organique en Camargue. Plaquette de la vulgarisation réalisée par l'INRA (UMR Innovation) 16 p.
- Chien SH, Friesen, DK, Hamilton DW. 1988. Effect of application method on availability of element sulfur in cropping sequences. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, **25** (1): 165-169.
- Coulter JA, Sheaffer CC, Wyse DL, Orf HV. 2011. Soybean cultivar response to planting date and seeding rate under organic management. *Agron. J.*, **103**: 1223-1229.
- Delbridge TA, Coulter RP, King C Sheaffer C, Wyse DL. 2011. Economic performance of long-term organic and conventional cropping systems in Minnesota. *Agron. J.* **103**: 1372-1382.
- Farina MPW, Channon P, 1988. Acid Subsoil amelioration: G. gypsum effects on growth and subsoil chemical properties. *Soil Sci. Am. J.*, **52**(1): 175-180.
- Foerster H, 1980. Einfluss von unterschiedlich staken Magnesiummangel bei Gerste auf den Kornertrag und seine Komponenten, *Z. Pflanzenern. Bodenkde*, **143**: 627-637.
- Gasser JKR. 2006. Investigation on rice growing in British Ghana. *European Soil Science*, **12**: 234-241.
- Gericke S, und B Kurmies. 1952. Die kolorimetrische Phosphorsäurebestimmung in Pflanzenasche. *Z. Pflanzenern. u. Bodenkde*, **59**: 235-247.
- Gettkandt G, 1956. Ein Beitrag zur Flammenphotometrische Calciumbestimmung in Pflanzenasche. *Z. Pflanzenern. Bodenkde*, **74**: 135-139.
- Harter RD, 2007. Les sols acides des tropiques. Echo Note Technique. 2007.
- Hauck FW. 1963. Die Bedeutung der Mineral – Düngung für die Landwirtschaft. Afrika Heute, Jahrbuch 250 – 266.
- Kick H, Brauckmann E. 1964. Über die Konstruktion eines Vegetationsgefässes aus Kunststoff. *Z. Pflanzenern. Bodenkde*, **51**: 367-368.
- Montalvo DF, Grijalva CR, Crozier J, Smyth B, Hardy H. 2010. Nitrogen, phosphorus and liming effects of poultry layer manures in Coastal plain and Piedmont soils. *Agron. J.*, **102**: 1329-1339.
- Muckenhausen E, Scholz H, Beckmann H. 1972. Bodenkundliche Gutachten über die Boden in Umgebung der Bong Mining Company. Liberia.
- Nadler A, Magaritz. 1986. Long-term effects of extensive gypsum amendment applied with sodic water irrigation. *Soil Sci.*, **142**: 196-202.
- Naumman R, Basler K. 1976. Die chemischen Untersuchung von Futtermitteln. Methodenbuch Bd. III, 3, Aufl. Melzungen, Berlin, Basel, Wein.
- Ndoreyaho V. 1978. Untersuchungen zur Nährstoffversorgung von Pflanzen von humid tropischen Boden des Lizenzgebietes des Lienzgebietes des „ Bong Mining Company Liberia. *Diss. Bonn.*, 198 p.
- Riuz Diaz DE, JA Hawkins, JE Sawyer, Lundval JP. 2008. Evaluation of in – season nitrogen management strategies for corn production. *Agron. J.*, **100**(6): 1711-1719.

- Schachtschabel P. 1980. *Lehrbuch der Bodenkunde* 9. Auflage: Verlag, Stuttgart; 567 p.
- Schuster W, von Lochow J. 1978. Anlage und Auswertung von Feldversuchen, DLG – Verlag Frankfurt; 239 p.
- Sommer K, N'Dareyaho V. 1975. Die Problematik der Versorgung von Pflanzen mit Nährstoff auf liberianischen Boden. Tagung über die Pflanzen in den Tropen und Subtropen – Bonn, Dachverband wiss. Gesellschaften der Agrar -, Forst-, Ernähr-, Veter-, und Umweltschutz. e.V., München.
- Thung DT. 1975. Vergleichende Untersuchungen über die Wirkung von Phosphate mit verschiedener Löslichkeit auf Pflanzen und Boden unter semi – ariden ökologischen Bedingungen, *Diss. Giessen.*, 226 p.
- Villachica H, Bornemisza E, Area, 1974. The effects of lime and macronutrient content of Pangola grass grown on a soil from Pucallpa Peru. *Agronochimica Pisa*; **18**: 344-353.
- Von Willert FJ, Stehouwer RC. 2007. Compost manure and gypsum application to timothy/red clover forage. *Ann. Bot. (Lond)*, **99**(2): 333-343.
- Voigt F, Henskel D. 1981. Sozio – ökonomische Folgewirkung en privatwirtschaftlicher Direktinvestition in Entwicklungslander (dargestellt am Beispiel der Bong Mining Company in Liberia).
- Temegne MC, Ngone F, Ajebesone A, Kuate F 2015. Influence de la composition chimique du sol sur la teneur en elements nutritifs et le rendement du manioc (*Manihot esculenta* Crantz, Euphorbiaceae) dans deux zones agroécologiques du Cameroun. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **9**(6): 2776 – 2788.
- Von Willert JJ, Stehouwer RC. 2003. Compost CaCO<sub>3</sub>, and gypsum effects on Ca and Al transport in acid mine spoil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **67**: 778-786.
- Wortmann CS, Dobermann AR, Ferguson GW, Horgert CA, Shapiro DD, Tarkalson V, Walters I. 2009. High – yielding corn response to applied phosphorus; potassium and sulfur in Nebraska. *Agron. J.*, **101**(3): 546-555.