

Modeling potential impact of climate change on sorghum and cowpea performance under different tillage and cropping systems in semi-arid areas of Kenya

Onwonga, R.N.¹ & Kirina Kitinya, T.¹

¹Department of Land Resource Management and Agricultural Technology, University of Nairobi, P. O. Box 29053 – 00625, Nairobi, Kenya

Corresponding author: onwongarichard@yahoo.com

Abstract

Field trials were carried out at Kambi ya Mawe location in Eastern Kenya during the long rains (LRS) of 2010 and short rains (SRS) of 2010/2011, to evaluate effect of tillage and cropping system on performance of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) and cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). The experimental layout was a randomised complete block design with a split arrangement. The main plots were three tillage practices (Tie-ridge-TR, Sub soiling-SR and Ox plough-OP) and split plots were four cropping systems (sole sorghum, sole cowpea, sorghum-cowpea intercrop and sorghum rotation). Surface roughness, soil moisture and yields were measured. The Agricultural Production System Simulator model (APSIM) was used to assess the potential impact of climate change on sorghum and cowpea yields. Effect of the following climatic scenarios on crop performances was considered, base temperature (T_0), elevated temperatures by 1°C (T1), 2°C (T2) and 3°C (T3), base rainfall (R_0) and 10% reduction in rainfall (R_1) and their combined effect. For Cowpea, Carbon dioxide (CO_2) fertilisation at 450ppm and 700ppm and their combination with T2 and T3 and R_1 were also examined. Soil surface roughness as a result of different tillage practices had a significant effect ($p < 0.05$) on soil moisture. Soil surface roughness was 72, 29 and 25% for TR, SR and OP, respectively. Cropping season and tillage-cropping system interaction also resulted in significant difference in soil moisture ($p < 0.05$). Maximum (1.96 t ha⁻¹) and minimum (0.36 t ha⁻¹) grain yield were achieved under TR during the SRS and OP during the LRS, respectively. Intercropping led to a significant ($p < 0.05$) reduction in yield by more than 50% in cowpea (OP and SR) and sorghum (OP) grain yields during the SRS. However, intercropping evaluation using Land Equivalent Ratio method showed that it was still superior to mono-cropping as both biomass and grain yields were greater than one. The APSIM model output and the observed yields for sorghum biomass showed no significant difference ($p = 0.54$), indicative of a good model performance. However, simulated yields during LRS exceeded the observed yields despite having high correlation coefficient ($R^2 = 0.74$). The model performance on predicting cowpea grain yield was poor ($R^2 = 0.02$). There was only a 6% difference in sorghum grain yield during SRS. Temperature and rainfall changes resulted in an average percentage reduction in biomass and grain yields (t ha⁻¹) of 5.5 and 5.6 for sorghum and 17 and 23 for cowpea. Elevated CO_2 concentration of 450 ppm had a positive effect on cowpea biomass production, showing an increase of 7 and 0.8% in biomass following temperature increase of 2°C and 3°C, respectively. Higher temperatures accelerated crop growth, leading to early maturity.

Key words: APSIM, arid and semi arid lands; climate change and variability

Résumé

Les essais sur le terrain ont été effectués sur le secteur de Kambiya Mawe dans l'est du Kenya durant les longues pluies (LRS) de 2010 et les pluies courtes (SRS) de 2010/2011, pour évaluer l'effet du système du labourage du sol et des cultures sur le rendement du sorgho (*Sorghum bicolor* L. Moench) et le niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Le dispositif expérimental était un plan en blocs aléatoires complets avec un arrangement de partage. Les parcelles principales étaient de trois pratiques de labourage de la terre (Crête-Fermée-TR, Moins de Terre-SR et Charrue de Bœuf -OP) et les parcelles subdivisées étaient de quatre systèmes de culture (sorgho seul, niébé seul, l'interculture sorgho-niébé et la rotation de sorgho). La rugosité de surface, l'humidité du sol et les rendements ont été mesurés. Le Modèle du Système de Production Agricole Simulateur (APSIM) a été utilisé pour évaluer l'impact potentiel du changement climatique sur les rendements de sorgho et de niébé. L'effet des scénarios climatiques suivantes sur les performances des cultures a été considéré, la température de base (T_0), des températures élevées de 1°C (T1), 2°C (T2) et 3°C (T3), les précipitations de base (R_0) et 10% de diminution des précipitations (R_1) et leur effet combiné. Pour le niébé, le dioxyde de carbone (CO_2), la fertilisation à 450 ppm et 700 ppm et leur combinaison avec T2 et T3 et R_1 ont également été examinés. La rugosité de la surface du sol à la suite de différentes pratiques de travail de la terre a un effet significatif ($p < 0,05$) sur l'humidité du sol. La rugosité de la surface du sol était respectivement de 72, 29 et 25% pour les TR, SR et OP. La saison de culture et de l'interaction du système sol-culture ont également entraîné de différence significative dans l'humidité du sol ($p < 0,05$). Les rendements en grain maximum (1,96 t ha⁻¹) et minimum (0,36 t ha⁻¹) ont été réalisés sous TR au cours de la SRS et OP au cours des LRS, respectivement. L'inter-culture a conduit à une réduction significative ($p < 0,05$) du rendement de plus de 50% dans le niébé (OP et SR) et de des rendements en grains de sorgho (OP) au cours de la SRS. Toutefois, l'évaluation de l'inter-culture en utilisant le méthode de la Ratio Equivalente de Terre a montré que cette méthode était encore supérieure à la monoculture à la fois comme les rendements de la biomasse et céréales étaient supérieurs à plus d'un. Les résultats du modèle APSIM et les rendements observés pour le sorgho biomasse n'ont montré aucune différence significative ($p = 0,54$), ce qui indique une bonne performance du modèle. Cependant, les rendements simulés pendant LRS ont dépassé les rendements observés malgré le coefficient de corrélation élevé ($R^2 = 0,74$). La performance du modèle sur la prédiction de rendement en grains de niébé était pauvre ($R^2 = 0,02$). Il y avait seulement une différence de 6% du rendement en grains de sorgho pendant SRS. Les changements de température et de précipitations ont entraîné une réduction moyenne en pourcentage de la production de la biomasse et de céréales (t ha⁻¹) de 5,5 et 5,6 pour le sorgho et 17 et 23 pour le niébé. Le CO_2 élevé, la concentration de 450 ppm a eu un effet positif sur la production de niébé de la biomasse, montrant une augmentation de 7 et 0,8% de la biomasse suivant l'augmentation de la température de 2°C et 3°C, respectivement. Des températures plus élevées ont accéléré la croissance des cultures, conduisant à une maturité précoce.

Mots clés: APSIM, les terres arides et semi-arides, changement climatique et la variabilité
