الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère De L'Enseignement Supérieur Et
De La Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا للفلاحة - الحراش - الجزائر
Ecole Nationale Supérieure Agronomique
El-HARRACH – ALGER

Département: Productions végétales القسم: الإنتاج النباتي
Spécialité: Production et amélioration végétales التخصص: إنتاج وتحسين النبات

Mémoire De Fin D'études

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

THEME

Modelling the functional role of the microorganisms in the daily exchanges of carbon and nitrogen in cereals –legumes intercropping system: First validation of MOMOS model under Mediterranean conditions

Réalisé par : KESKES Mohamed Islam Soutenu le : 07/09/2020

Devant le jury composé de :

Présidente : Mme. TELLAH Sihem Maître de conférences A, ENSA

Promoteur : M. LATATI Mourad Maître de conférences A, ENSA

Examinatrice : Mme. LAOUAR Meriem Maître de conférences A, ENSA

Promotion 2015 – 2020

Contents

I. Introduction 11
II. Bibliographic synthesis 14
II.1. The intercropping system 14
II.2. Resource sharing in intercropping system 14
II.2.1. Complementarity 14
II.2.2. The competition 15
II.2.3. Facilitation 15
II.3. Advantages of intercropping 16
II.3.1. Efficient resource utilization and yield advantage 17
II.3.2. Weed reduction 18
II.3.3. Environmental impact 18
II.3.4. The effects of pest and disease regulation 19
II.4. Intercropping Inconvinients 20
II.5. Effect of intercropping on the bioavailability of nitrogen 21
II.6. Effect of intercropping on the bioavailability of carbon 21
II.7. Effect of intercropping on phosphorus bioavailability 22
II.7.1. The complementary use of phosphorus 22
II.7.2. Phosphorus facilitation 23
II.8. Cropping system modelling 24
II.8.1. Crop system models 24
II.8.2. Crop system models Typology 25
II.8.3. Carbon and nitrogen modelling 26
II.8.4. The decomposition models 27
III. Material and methods 33
III.1. MOMOS equation system and model parameterization 33
III.1.1. Modelling production of plants 36
III.2. Data collection 38
III.3. Calculation tools 40
III.3.1. VENSIM 40
III.4. MOMOS Calibration process 40
III.4.1. Calibration Payoffs Computation 41
III.4.2. Optimization 41
III.4.3. Computing Confidence Bounds 41
IV. Results 42
IV.1. Sahel estimation 42
IV.2. The calibration results 44

IV.3. Biomass production and transfer of C and N in the various organs of the plant 48
IV.4. Transfer of C and N to microbial biomass 51
IV.5. Transfer of C by total soil respiration..... 55
V. Discussion 57
V.1. Robustness of the model and the ecophysiological estimates 57
V.2. Plant growth and grain yield..... 57
V.3. Nodular growth and nitrogen uptake 59
V.4. CN transfer between micro-organism – plant and atmosphere 60
VI. Conclusion..... 62
VII. Refernece..... 64

Abstract:

The modelling of the continuous exchange of carbon (C) and nitrogen (N) published previously in the literature is little focused on the functional role of micro-organisms. Concerning plant covers, this modeling was mostly performed in sole crop systems and poorly investigated under field conditions at the farm scale, in which evidence was lacking for intercropping. This work focus on the mechanistic modelling approaches based on the ecological functioning of microbial biomass (MB), in order to quantify the daily exchange of C and N between plant organs, micro-organisms, rhizobial symbionts, soil compartments and atmosphere. The MOMOS model was validated on C and N data collected from common bean (*Phaseolus vulgaris L. cv. El Djadida*)/ maize (*Zea mays L. cv. Filou*) intercropping system. Experiment was performed with two field sites chosen with farmers to represent two contrasted phosphorus (P)-soil conditions. Results show that all C and N exchanges were successfully predicted at 5% significance, they are often varied depending on the phenological stages, and so more during the flowering stage. The optimized C allocations from photosynthesis to root were contributed to increase both grain yield and N grain for intercropped maize. C and N stocks in common bean nodules were lower in intercropping than in sole crop. This was associated with the decrease of total N2 fixation by intercropped common bean, in particular in high P-soil. However, the optimized rate of N fixation was greater in intercropping than in sole cropping system where P is limited in the soil. The most of C loss from soil was found mainly transferred by microorganisms to the atmosphere. It was significantly minimized in intercropped plots, in order to improve C use efficiency by living microorganism. These results uncover the strong link between N and C stocks, confirming the robustness of MOMOS equations that were newly formulated and checked in this thesis. The present agroecological modelling demonstrated the functional role of microbial biomass, in the growth of the mixed crop and symbiosis interaction, in order to predict better the daily C and N exchange flows between plant organs, soil compartments and atmosphere.

Keywords: Intercropping; Micro-organisms; plant symbionts; Mechanistic models; Continuous exchange

Résumé :

La modélisation de l'échange continu de carbone (C) et d'azote (N) publiée précédemment dans la littérature est peu focalisée sur le rôle fonctionnel des micro-organismes. En ce qui concerne les couvertures végétales, cette modélisation a été principalement réalisée dans des systèmes de culture unique et mal étudiée dans des conditions de terrain à l'échelle de l'exploitation, où les preuves faisaient défaut pour les cultures associées. Ces travaux portent sur les approches de modélisation mécaniste basées sur le fonctionnement écologique de la biomasse microbienne (MB), afin de quantifier les échanges quotidiens de C et N entre les organes végétaux, les micro-organismes, les symbiotes rhizobiens, les compartiments du sol et l'atmosphère. Le modèle MOMOS a été validé sur les données C et N collectées à partir d'un système de culture associée d'haricot commun (Phaseolus vulgaris L. cv. El Djadida) / maïs (Zea mays L. cv. Filou). L'expérience a été réalisée avec deux sites de terrain choisis avec des agriculteurs pour représenter deux conditions contrastées du sol au phosphore (P). Les résultats montrent que tous les échanges de C et N ont été prédits avec succès à une signification de 5%, ils sont souvent variés en fonction des stades phénologiques, et particulièrement pendant la phase de floraison. Les allocations optimisées de C de la photosynthèse à la racine ont contribué à augmenter à la fois le rendement en grains et en N pour le maïs en association. Les stocks de C et N dans les nodules de haricots communs étaient plus faibles en culture mixte qu'en culture unique. Ceci était associé à la diminution de la fixation totale de N2 par le haricot commun qui se trouve en association avec maïs, en particulier dans les sols riches en P. Cependant, le taux optimisé de fixation de N était plus élevé en culture associée qu'en culture unique où le P est limité dans le sol. La majeure partie de la perte de C du sol a été principalement transférée par les micro-organismes dans l'atmosphère. Elle a été considérablement minimisée dans les parcelles de culture associée, afin d'améliorer l'efficacité d'utilisation du C par des microorganismes vivants. Ces résultats révèlent le lien étroit entre les stocks de N et de C, confirmant la robustesse des équations MOMOS nouvellement formulées et vérifiées dans cette thèse. La modélisation agroécologique actuelle a démontré le rôle fonctionnel de la biomasse microbienne, dans la croissance des cultures mixtes et les interactions symbiotiques, afin de mieux prédire les flux quotidiens d'échange de C et N entre les organes végétaux, les compartiments du sol et l'atmosphère.

Mots clés: culture associée ; Micro-organismes ; Modèles mécanistes; Échange continu**.**

الملخص :

إن نمذجة التبادل المستمر للكربون (C) والنيتروجين (N) المنشورة سابقًا تركز قليلاً على الدور الوظيفي للكائنات الحية الدقيقة. فيما يتعلق بأغطية النباتات ، تم إجراء هذه النمذجة في الغالب في أنظمة المحاصيل الفردية وتم التحقيق فيها بشكل سيئ في ظل الظروف الميدانية على نطاق المزرعة ، حيث لم يكن هناك دراسات على الزراعة البينية. يركز هذا العمل على مناهج النمذجة الميكانيكية القائمة على الأداء البيئي للكتلة الحيوية الميكروبية (MB) ، من أجل تحديد التبادل اليومي لـ C و N بين أعضاء النبات ، والكائنات الدقيقة ، والمتعايشات الجذرية ، ومكونات التربة والجو. تم التحقق من صحة النموذج MOMOS على بيانات C و N التي تم جمعها من نظام الزراعة البينية للفاصوليا (*Phaseolus vulgaris L. cv. El* الجديدة) / الذرة (*Zea mays L. cv. Filou*).و تم إجراء التجربة مع موقعين حقليين ،حيث تم اختيارهما مع المزارعين لتمثيل حالتي تربة متباينتين من الفسفور (P). أظهرت النتائج أن جميع التبادلات C و N تم التنبؤ بها بنجاح عند أهمية 5 ٪ ، وغالبًا ما تتنوع اعتمادًا على المراحل الفينولوجية ، وهكذا أكثر خلال مرحلة الإزهار. ساهمت معملات نقل ال C المثلى من التمثيل الضوئي إلى الجذور في زيادة كل من محصول الحبوب و N الموجود في حبة الذرة خاصة في الزراعة البينية. كان مخزون C و N في عقيدات الفاصوليا العادية أقل في زراعة المشتركة مقارنة بالزراعة الوحيدة. كان هذا مرتبطًا بانخفاض إجمالي لتثبيت N2 عن طريق زراعة الفاصوليا ، لا سيما في تربة P العالية. ومع ذلك ، كان المعدل الأمثل لتثبيت النيتروجين أكبر في الزراعة البينية منه في نظام الزراعة الوحيد حيث يكون الفسفور محدودًا في التربة. تم العثور على معظم فقدان الكربون من التربة بشكل أساسي عن طريق الكائنات الحية الدقيقة إلى الغلاف الجوي. حيث تم تصغيره بشكل كبير في الزراعة البينية، من أجل تحسين كفاءة استخدام C عن طريق الكائنات الحية الدقيقة. تكشف هذه النتائج عن الارتباط القوي بين مخزون N و C ، مما يؤكد متانة معادلات MOMOS التي تمت صياغتها وفحصها حديثًا في هذه الورقة. أظهرت النمذجة الزراعية البيئية الحالية الدور الوظيفي للكتلة الحيوية الميكروبية ، في نمو المحصول المختلط وتفاعل التكافل ، من أجل التنبؤ بشكل أفضل بالتدفقات اليومية للتبادل C و N بين أعضاء النبات ومقصورات التربة والغلاف الجوي.

الكلمات المفتاحية: زراعة المشتركة؛ الكائنات الدقيقة؛ المتعايشين مع النبات؛ نماذج ميكانيكية؛ التبادل المستمر.