RÉSUMÉ

„DES CONTRIBUTIONS CONCERNANT LA COMPRÉHENSION DU MÉCANISME DE LA NUTRITION DES PLANTES AVEC DE L'AZOTE PRODUIT DE MANIÈRE NON SYMBIOTIC EN TANT QU ÉLÉMENT DE LA FERTILITÉ DU SOL”

Doctorante : Pletea (Buturugă) Maria- Daniela

Directeur : Prof.univ.dr. ing. Dumitru- Ilie Săndoiu

Mots-clés : *la fertilité du sol, maïs, fumier de ferme, des analyses chimiques du sol (pH), des analyses biologiques (la respiration du sol, l'activité cellulosolitique, la fixation du diazote atmosphérique), des analyses enzymatiques du sol (la phosphatase, l'amidase) et des indicateurs spécifiques.*

La prémisse de l'approche du thème de la thèse de doctorat part de l'idée que l'évaluation quantitative de l'azote se trouvant dans le sol, en tant que l'un des quatre éléments générateurs des acides aminés, des briques de la formation des protéines porteuses de vie dans les règnes végétal et animal est parue de la nécessité de corriger une erreur de méthode - découverte par Gh. Ștefanic - qui a sous-évalué, à partir de la sixième décennie du siècle passé, l'activité biologique non symbiotique des micro-organismes du sol. Des arguments erronés, qui soutiennent seulement l'activité symbiotique génératrice d'azote du sol, tels ceux publiés par N.E.R. Campbell & al. (1967) ont fondé et soutenu cette idée qui a dominé le monde scientifique. Ceux-ci ont tiré la conclusion aberrante que pour fixer le diazote de manière non symbiotique, au niveau auquel les plantes légumineuses le font et que dans le sol il y a de nombreux micro-organismes hétérotrophes, qui consomment, elles-aussi, des glucides, en concurrence avec l'*Azotobacter chroococcum*, on devrait donner au sol 20 t de glucides (matière sèche)/ ha/ an pour fixer 80 kg de N₂/ ha/ an. Or, ces chercheurs ne tiennent pas compte du fait que l'*Azotobacter chroococcum* consomme des matériaux énergétiques très divers et, en général, des substances non utilisées par la microflore hétérotrophe du sol. En plus, la fixation de manière non symbiotique du diazote se passe au niveau du globe terrestre tant dans les eaux, que dans les sols, là où les conditions climatiques le permettent.

G. Ștefanic și Georgeta Oprea (2010; 2011) ont découvert l'erreur de la méthode d'analyse de l'azote proposée par S. Waksman et Karunacker (1924 - cités par S. Waksman,

1932), qui prévoit qu'on détermine, avant et après l'incubation d'un échantillon de 100 g de sol, les quantités d'azote total ($N_t\%$), mais pas celles de nitrates. La différence est représentée par la quantité de diazote fixé (non symbiotique), rapporté à 100 g de sol matière sèche. Les auteurs de cette méthode ne savaient pas que par la méthode Kjeldahl (de minéralisation de l'échantillon de sol) les nitrates se perdent dans l'atmosphère, et donc les nitrates produits par la nitrification de l'ammonium pendant l'incubation de l'échantillon de sol aussi. En ne tenant pas compte des nitrates formés pendant l'incubation des échantillons de sol, plus les conditions sont favorables pour la nitrification, plus celle-ci va réduire la quantité de $N_t\%$ résultée de la différence entre les valeurs initiales et celles finales et donc il va apparaître que la fixation du diazote est insignifiante.

En partant de cette prémisse, la thèse de doctorat a comme but principal de renforcer ces recherches sur les réalités du sol cultivé dans les directions suivantes :

- l'établissement de l'influence des diverses espèces de plantes cultivées sur le processus de la fixation de manière non symbiotique du diazote atmosphérique et l'établissement de la dynamique de la fixation du diazote atmosphérique tout au long de la période de végétation ;

- la détermination de l'influence des cultures de blé et de maïs en rotation et en monoculture sur les traits biologiques du preluvosol rouge dans des conditions de non fertilisation chimique corrélé avec la synthèse du diazote atmosphérique ;

- l'étude de l'influence de la réaction acide du preluvosol de la Station Didactique et de Recherche Scientifique Moara Domneasă - Ilfov de l'Université de Sciences Agronomiques et de Médecine Vétérinaire de Bucarest sur la fixation de manière non symbiotique de l'azote atmosphérique.

Les résultats des recherches présentes ont comme but de contribuer à compléter les données de littérature existantes déjà en ce qui concerne la fixation de manière non symbiotique de l'azote.

La thèse de doctorat a été structurée en 7 chapitres pour répondre de manière articulée au but proposé, comme suit :

1. Le stade de la connaissance concernant le processus de fixation libre de l'azote atmosphérique

2. Le cadre naturel où on a effectué les recherches

3. Le matériel et la méthode de recherche

4. L'influence des cultures de blé et de maïs en rotation et en monoculture sur les traits biologiques du preluvosol rouge dans des conditions de non fertilisation chimique

5. L'influence de la réaction chimique du sol sur la capacité du preluvosol rouge de fixer librement (de manière non symbiotique) l'azote

6. La dynamique de la fixation libre du diazote atmosphérique dans le sol témoin (non fertilisé) se trouvant sous les cultures de luzerne, soja, blé, maïs et tournesol dans la période chaude de l'année 2014

7. Conclusions générales.

Le **Chapitre I**, comprenant **Le Stade de la connaissance concernant le processus de fixation libre de l'azote atmosphérique**, réalise un passage en revue critique des recherches réalisées dans le monde entier concernant le processus de fixation libre du diazote atmosphérique. Le chapitre finit par la présentation de l'importance de cette direction de recherche, avec la mention des buts de recherche.

Le **Chapitre II**, intitulé **Le cadre naturel où on a effectué les recherches**, comprend des données concernant le positionnement géographique, l'hydrographie et l'hydrogéologie, les conditions climatiques (le fait de respecter la formule climatique donnée par Köppen, température, précipitations, l'humidité relative de l'air, le régime éolien), la fertilité du sol et la végétation de la Station Didactique Moara Domnească. La conclusion de ce chapitre est que le preluvosol rouge sur lequel on a fait des expériences offre des conditions adéquates tant pour le développement des cultures agricoles, que pour la biosynthèse du diazote atmosphérique se trouvant sous ces cultures.

Le **Chapitre III** comprend **Le matériel et la méthode de recherche** concernant la quantification de l'activité non symbiotique de fixation du diazote atmosphérique dans le sol. C'est pour cela qu'on a récolté des échantillons de sol appartenant aux variantes N₀P₇₀ se trouvant sous diverses rotations et cultures du Champ expérimental d'assolements de la discipline d'Agrotechnique, fondé en 1981 par C. Pintilie, D. I. Săndoiu et Gh. Ștefan à la Ferme Didactique Moara Domnească - Ilfov appartenant à l'Université de Sciences Agronomiques et de Médecine Vétérinaire de Bucarest. L'expérience a été bi-factorielle, du type 6x4, assise d'après la méthode des parcelles sous-divisées en 4 répétitions, sur un sol du type preluvosol rouge (Elrș).

Dans la méthodologie de cette thèse on utilise un set d'analyses actuelles, nécessaires, d'une part, pour déterminer l'azote non symbiotique du sol, et, d'autre part, pour surprendre et expliquer la dynamique de celui-ci en relation avec différentes analyses biologiques et enzymatiques sous différentes cultures pendant la période de végétation.

Ayant comme point de départ le prélèvement des échantillons récoltés de chaque sole on a fait 4 expériences dans le but d'identifier les quantités d'azote non symbiotique.

L'expérience n° 1 a eu comme but la détermination des quantités d'azote non symbiotique sous différents cultures pendant la période de végétation. Les facteurs de production ont été le facteur A - la culture au-dessous de laquelle on a récolté et le facteur B - le moment (le mois) où on a fait la récolte.

L'expérience n° 2 faite dans le Laboratoire de la Biologie du sol de la Faculté d'Agriculture a eu comme but l'établissement de l'influence du pH du sol sur la formation de l'azote non symbiotique. On a fait cela à cause du fait que le preluvosol rouge se caractérise actuellement grâce à la fertilisation de plus de 50 ans avec des engrais à base de nitrate d'ammonium, par une réaction acide (pH=5), défavorable à la fixation non symbiotique du diazote.

L'expérience n° 3 a suivi la détermination de l'influence de la valeur du pH et de la plante dans des conditions d'amendement du sol sur la production d'azote non symbiotique.

L'expérience n° 4 a suivi la détermination de l'influence des cultures de blé et de maïs en rotation et en monoculture sur les traits biologiques du preluvosol rouge dans des conditions de non fertilisation chimique. On a récolté les échantillons de sol en avril 2012, on les a gardés au froid et après, on a fait des analyses sur les indicateurs physiologiques et enzymatiques du sol.

Dans le **Chapitre IV** on a abordé **L'influence des cultures de blé et de maïs en rotation et en monoculture sur les traits biologiques du preluvosol rouge dans des conditions de non fertilisation chimique**. On a voulu renforcer les recherches concernant l'influence des cultures de blé et de maïs en rotation et en monoculture sur les composantes physiologiques et enzymatiques du sol, sur l'Indicateur du Potentiel de l'Activité Vitale (IPAV%), sur l'Indicateur du Potentiel de l'Activité Enzymatique (IPAE%) et sur l'Indicateur Synthétique Biologique (ISB%) du preluvosol rouge de Moara Domnească dans des conditions de non fertilisation chimique.

En ce qui concerne les composantes physiologiques du sol, après les recherches on est arrivé aux résultats suivants:

- la plus grande valeur - de 2,44 mg *cellulose biodégradable*/ 100 g sol a été obtenue de la variante du sol cultivé avec du maïs après le blé en rotation situé dans le groupe valorique **a** et la plus petite valeur - de 0,9 mg cellulose biodégradable/ 100 g sol a été obtenue de la variante du sol cultivé avec du blé en rotation après le soja appartenant au groupe valorique **c** ;

- la plus grande valeur du *potentiel de l'activité de respiration du sol* de 25,83 mg CO₂/100 g sol a été enregistrée sous la culture de maïs après le blé appartenant au groupe valorique **a**, en comparaison avec l'activité de respiration se trouvant sous la monoculture de

maïs avec 21,98 mg CO₂/100 g sol, dont le résultat de l'analyse statistique la situe dans le groupe valorique **b** ;

- les valeurs les plus élevées dans *le processus de fixation de manière non symbiotique du diazote atmosphérique* - de 17,88 mg N/100 g sol ont été obtenues à la monoculture de blé, en enregistrant des croissances distinctivement significatives face à la moyenne de l'expérience prise comme témoin et située dans le groupe valorique **a**.

En ce qui concerne les composantes enzymatiques du sol, les résultats expérimentaux ont établi que:

- *l'activité pédo-phosphatasique totale* du sol cultivé avec du maïs après le blé et avec du blé après le soja a été supérieure, avec des valeurs de 5,13 et, respectivement, de 4,26 mg/100 g sol et des croissances très significatives de 1,71 et, respectivement significatives de 0,84mg/100 g sol, les résultats étant situés dans le groupe valorique **a**, en comparaison avec l'activité pédo-phosphatasique totale du sol se trouvant sous les monocultures de blé et de maïs où le résultat des analyses a indiqué un niveau beaucoup plus bas, les cultures étant situées dans le groupe valorique **b**.

- *l'activité pédo-amidasique totale* du sol cultivé avec du maïs ayant comme plante précurseur le blé a été supérieure de 1,08 mg/100g sol, le résultat étant situé dans le groupe valorique a, le résultat des analyses de l'activité pédo-amidasique totale du sol se trouvant sous la monoculture de maïs de 0,58 mg/100 g sol et celui se trouvant sous la culture de blé en rotation après le soja de 0,46 mg/100 g sol ont été situés dans le groupe valorique **b**, tandis que dans le groupe valorique **c**, avec 0,23 mg/100 g sol on situe le résultat des analyses de l'activité pédo-amidasique totale du sol se trouvant sous la monoculture de blé.

En ce qui concerne les indicateurs synthétiques de la fertilité du preluvosol rouge de Moara Domnească :

- la valeur la plus élevée de l'Indicateur du Potentiel de l'Activité Vitale (IPAV%) de 106,99% a été enregistrée à la monoculture de blé, située dans le groupe valorique **a**, avec une croissance très significative de 22,1% face à la moyenne de l'expérience. Le sol se trouvant sous la monoculture de maïs et sous les cultures de blé après le soja et de maïs après le blé se situent dans le groupe valorique **b**. L'Indicateur du Potentiel de l'Activité Vitale se trouvant sous la culture de blé après le soja avec 68,13% a présenté des valeurs très significativement négatives - de 16,26% face à la moyenne de l'expérience.

- La valeur la plus élevée de l'Indicateur du Potentiel de l'Activité Enzymatique (IPAE%) - de 12,97%, présentant des croissances très significatives - de 4,65% face à la

moyenne de l'expérience, appartenant au groupe valorique **a**, a été enregistrée au sol cultivé avec du maïs ayant comme plante précurseur le blé.

- La valeur la plus grande - de 55,40% de l'Indicateur Synthétique Biologique (ISB%) a été enregistrée à la monoculture de blé, étant située dans le groupe valorique **a**, à laquelle on a enregistré une croissance très significative de 9,04% face à la moyenne de l'expérience. Au sol se trouvant sous la culture de blé en rotation après le soja la valeur de 38,91% de l'Indicateur Synthétique Biologique (ISB%) a réalisé une baisse très significative de 7,45%, se situant dans le groupe valorique **c**. On observe que les valeurs de l'Indicateur Synthétique Biologique (ISB%) au sol cultivé avec du maïs en monoculture et en rotation n'a pas présenté de différences significatives face au témoin, les résultats se situant dans le groupe valorique **b**.

Le Chapitre V, concernant l'influence de la réaction chimique du sol sur la capacité du preluvosol rouge de fixer librement (de manière non symbiotique) l'azote montre après des recherches dans des vases de végétation que l'amendement du sol suivi par la croissance de la valeur du pH avec 0,55 unités jusqu'à la valeur de 6,21 a déterminé pendant l'absence des plantes une croissance de la biosynthèse non symbiotique de l'azote atmosphérique d'à peu près 3 fois face à celui non amendé, la proportion des deux participants dans le processus de la biosynthèse de l'azote organique NH_4^+ et de l'azote nitrique étant constante.

La plus élevée biosynthèse non symbiotique de l'azote atmosphérique dans des conditions d'amendement a été enregistrée sous la culture de tournesol au niveau de 74,09 mg $\text{N}_2/100$ g sol correspondant à 1111,35 kg/ha avec une proportion totale de l'azote organique NH_4^+ de 99,32%.

Le Chapitre VI - La dynamique de la fixation libre du diazote atmosphérique dans le sol témoin (non fertilisé) se trouvant sous les cultures de luzerne, soja, blé, maïs et tournesol dans la période chaude de l'année montre des différences tant entre les cultures, qu'entre les phénophases des plantes, étant en étroite liaison avec l'activité de la zone de la rhizosphère. Les résultats pour chaque culture ont été les suivants :

- La plus élevée activité non symbiotique de fixation de l'azote atmosphérique sous la culture de luzerne - de 34,09 mg $\text{N}_2/100$ g sol a été enregistrée au mois de juillet et représentait une quantité de 511,35 kg N_2/ha dans l'ensemble d'une biosynthèse de 1521,3 kg N_2/ha .

- La plus élevée activité non symbiotique de fixation de l'azote sous les petits pois - de 31,15 mg $\text{N}_2/100$ g sol a été enregistrée au mois de mai et représentait une quantité de 467,25 kg N_2/ha dans l'ensemble d'une biosynthèse de 1278,3 kg N_2/ha et d'une activité non symbiotique de fixation de l'azote pendant la période de végétation de 982,5 kg N_2/ha .

- En ce qui concerne le soja, on observe une oscillation aux abords de la valeur moyenne tant à l'azote organique NH_4^+ , qu'à l'azote nitrique, la plus élevée activité non symbiotique de fixation de l'azote - de 21,65 mg $\text{N}_2/100$ g sol se réalisant au mois d'août et représentant une quantité de 324,75 kg N_2/ha dans l'ensemble d'une biosynthèse de 1305,45 kg N_2/ha .

- En ce qui concerne le blé, la plus élevée activité non symbiotique de fixation de l'azote - de 29,28 mg $\text{N}_2/100$ g sol a été enregistrée au mois de mai et représentait une quantité de 439,2 kg N_2/ha dans l'ensemble d'une biosynthèse de 1367,7 kg N_2/ha et d'une activité non symbiotique de fixation de l'azote dans la période de végétation de 945,15 kg N_2/ha .

- Sous la culture de maïs on observe des oscillations dans l'intervalle 6,2 mg $\text{N}_2/100$ g sol (93 kg N_2/ha) en septembre et une valeur maximale de 23,28 mg $\text{N}_2/100$ g sol (349,2 kg N_2/ha) en juin tant à l'azote organique NH_4^+ , qu'à l'azote nitrique. La valeur maximale de la biosynthèse de l'azote non symbiotique du mois de juin correspond à la formation complète du système racinaire avec l'activité rhizosphérique dans l'ensemble de la valeur totale de 1157,7 kg N_2/ha .

- Sous la culture de tournesol on observe des oscillations dans l'intervalle 5,64 mg $\text{N}_2/100$ g sol (84,6 kg N_2/ha) en août et la valeur maximale de 30,37 mg $\text{N}_2/100$ g sol (455,55 kg N_2/ha) en juillet tant à l'azote organique NH_4^+ , qu'à l'azote nitrique. La valeur maximale de la biosynthèse au mois de juillet correspond à la formation complète du système racinaire avec l'activité rhizosphérique dans l'ensemble de la valeur totale de 1250,55 kg N_2/ha .

- Les plus grandes quantités d'azote fixées librement de manière non symbiotique de 34,080 mg $\text{N}_2/100$ g sol et 31,51 mg $\text{N}_2/100$ g sol ont été enregistrées en juillet et en août sous la luzerne, suivies par les cultures de petits pois en mai avec 31,14 mg $\text{N}_2/100$ g sol, de tournesol en juillet avec 30,86 mg $\text{N}_2/100$ g sol et de blé en mai avec 29,28 mg $\text{N}_2/100$ g sol.

Les recherches faites ont apporté une contribution importante concernant la construction d'une conception de compréhension de la manière de quantification de la biosynthèse non symbiotique du diazote atmosphérique, de sa dynamique sous les cultures de blé et de maïs en monoculture et en diverses rotations, mais aussi de l'interaction de celle-ci avec les composantes physiologiques, enzymatiques du sol et biologiques de la fertilité du sol.