

EFFET DES SOURCES DE PHOSPHORE SUR LA CROISSANCE ET L'EFFICACITE DES PRELEVEMENTS D'AZOTE PAR LE BLE DUR SOUS IRRIGATION (EL-MENIA)

BOUKHALFA-DERAOUI N¹., HANIFI-MEKLICHE L². et MEKLICHE A².

1- Université Kasdi Merbah Ouargla; Laboratoire de Bio ressources Sahariennes : Préservation et Valorisation ; Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Ouargla Algérie

2- Laboratoire de Production végétale. ENSA (Ex. INA) Alger, Algérie.

Résumé : L'objectif de notre essai est d'étudier l'effet de différentes sources de phosphore [Simple super phosphate (SSP) P 20 et Fosfacyl NP 3 :22] et doses (30, 60, 90 and 120 kg P.ha⁻¹) sur la croissance et l'efficacité d'absorption de l'azote par le blé dur, cultivé dans la ferme de Hadjadj Mahmoud (El-Menia) durant la campagne agricole 2008/2009. Les résultats obtenus ont montré que l'engrais SSP à la dose optimale de 60 kg P.ha⁻¹, a donné les meilleurs rendements en grains, en biomasse et teneurs en azote de la partie aérienne quelque soit le stade de la culture (fin tallage, floraison et maturité) par rapport au fosfacyl. Des corrélations positives ont été enregistrées entre la matière sèche produite au stade maturité et la teneur en N des feuilles aux stades fin tallage (0,558***) et floraison (0,546**) ; et négative au stade maturité (-0,25^{ns}).

Mots clés : Fertilisation phosphatée– rendement en grain – azote – blé dur – Sahara.

EFFECT OF PHOSPHORUS SOURCES ON GROWTH AND NITROGEN UPTAKE EFFICIENCY OF DURUM WHEAT UNDER IRRIGATION (EL-MENIA)

Abstract: This investigation was carried in Hadjadj mahmoud farm (El-Menia) during 2008/2009 to study the effect of P sources [Single super phosphate (SSP) P 20 and Fosfacyl NP 3:22] and P levels (30, 60, 90 and 120 kg.ha⁻¹) on wheat (*Triticum durum* Desf. Var. carioca). The results obtained show that the SSP fertilizer yielded the best yields of grain, biomass and nitrogen contents of the aerial part, regardless of the stage of cultivation, end tillering stage, flowering and maturity compared to fosfacyl. The optimal dose favored the best grain yield, N content of the whole plant and grain at maturity. Positive correlations were recorded between the dry matter produced at the maturity stage and the N-content of the leaves at the end tillering stages (0.558 ***) and flowering (0.546 **) on the one hand; and negative at maturity stage (-0.25^{ns}) on the other hand.

Keywords : phosphorus fertilization – grain yield – nitrogen – durum wheat – Sahara.

Introduction

Le phosphore est l'un des éléments majeurs nutritifs pour les plantes qui affecte directement ou indirectement tous les processus biologiques [1]. Il est considéré comme un facteur limitant dans de nombreux sols, en particulier dans les régions arides algériennes.

En effet, la fertilisation phosphatée améliore significativement la croissance, le rendement en grains, ses composantes ainsi que les prélèvements des éléments nutritifs du blé ([2]; [3]). L'interaction entre les éléments nutritifs chez les plantes cultivées se produit lorsque l'alimentation de l'un d'eux affecte

l'absorption et l'utilisation d'autres éléments [4]. Une sous-alimentation en phosphore peut induire une mauvaise valorisation de l'azote et du potassium [5], provoquant ainsi une limitation de la croissance, du développement et de la reproduction chez les plantes [6].

Usherwood et Segar [7] indiquent que l'optimum d'utilisation de l'azote par les plantes est influencé non seulement par le climat et certaines caractéristiques du sol, mais aussi par des pratiques de gestion, telles que le labour, le temps et la méthode d'application de l'N, ou des interactions

positives avec les éléments nutritifs P et K ([2]; [8]).

L'objectif du présent travail, est d'étudier l'effet comparé de deux sources de phosphore sur la croissance et l'efficacité d'absorption azotée du blé dur, conduit en irrigué à El-Menia.

1. Matériel et méthodes

Localisation et caractéristiques climatiques

Pour étudier l'effet du phosphore sur la croissance et la nutrition azotée du blé dur (*Triticum durum* variété Carioca), un essai a été conduit au champ, sous irrigation durant la campagne agricole 2008-2009, au niveau de l'exploitation de Monsieur Hadjadj Mahmoud (latitude 30°57', longitude 2°87' et une altitude de 397 m).

La région est caractérisée par un climat saharien, à hiver doux et une saison estivale chaude et sèche. L'évaporation est très importante dont l'intensité est fortement renforcée par les vents, notamment par ceux qui sont chauds. La fréquence et la force des vents augmentent substantiellement de la fin mars à la mi-juin. La direction est approximativement Nord/sud ou Nord-est/Sud-ouest [9].

Caractéristiques physico- chimiques du sol et de l'eau d'irrigation

Le sol est sableux, non salin et à pH (eau) alcalin, faiblement pourvu en matière organique et en P_{olsen} [10].

L'eau d'irrigation est pompée à partir de la nappe du continental intercalaire qui se trouve à une profondeur de 250 m. Cette eau appartient à la classe C₂S₁ [11] caractérisée par un faible risque de salinité et de sodicité [12].

Traitements et dispositif expérimental

Deux engrais solides (Fosfactyl NP 3:22 et Simple Super Phosphate P 20) ont été mis en comparaison avec quatre doses chacun (30, 60, 90 et 120 kg.ha⁻¹).

Le dispositif expérimental adopté est un modèle hiérarchisé à deux facteurs fixes. La surface de la parcelle élémentaire est de 5 250 m² (350 m L, 15 m l) soit environ 42 000 m² au total.

Conduite technique de la culture

L'essai au champ a été conduit en irrigué par centre pivot. Le semis a été réalisé le 12/12/2008, à une dose de 2 q/ha par un semoir en ligne. La culture a reçu une pluviométrie d'environ 750 mm et une quantité d'azote de 200 kg N/ha durant tout le cycle.

Paramètres étudiés

Des placettes de deux mètres linéaires au nombre de six ont été délimitées par parcelle, sur lesquelles ont été effectuées l'ensemble des mesures.

La détermination du rendement en biomasse est réalisée à différents stades, fin tallage, floraison et maturité. Les échantillons de blé prélevés sont pesés après leur passage à l'étuve à 80°C pendant 48 h pour déterminer l'évolution de la matière sèche au cours du cycle. Le rendement en grains est réalisé à maturité du blé pour l'ensemble des traitements.

Les échantillons du végétal utilisés pour la détermination du rendement en biomasse et en grains ont servi au dosage de l'azote.

Méthodes d'analyse

Les analyses du végétal et du sol ont été réalisées au niveau des laboratoires de pédologie à l'UCL (Belgique) et l'ENSA-Alger (ex. INA).

La détermination de l'azote total du végétal a été effectuée par la méthode Kjeldhal [13].

Pour le sol, les échantillons sont prélevés à l'aide d'une tarière, à une profondeur de 30 cm. La mesure du pH_{eau} (1/2,5) est réalisée par la méthode électrométrique. La conductivité électrique (1/5) est mesurée à l'aide d'un conductimètre [14].

Le calcaire total est dosé par la méthode gazométrique. Le carbone organique est dosé par la méthode ANNE et la matière organique est obtenue par la formule suivante:

$$MO \% = C \% \times 1,72.$$

L'azote total est déterminé par la méthode de Kjeldhal [13], et le phosphore assimilable par la méthode Olsen [15].

Analyse statistique

L'analyse de la variance à deux critères de classification (engrais solides, doses) a été effectuée à l'aide du logiciel STATISTICA N°10 et la comparaison des moyennes a été faite selon le test de Newman-Keuls au seuil de probabilité de 5 %.

2. Résultats

2.1. Production de biomasse

Les résultats de l'analyse de la variance des rendements en biomasse sont consignés dans le tableau 1. Des effets type d'engrais phosphaté non significatifs sont enregistrés quelque soit le stade de prélèvement. Par contre, la réponse à l'effet dose d'engrais diffère selon le stade de la culture. Des différences significatives sont enregistrées pour le rendement en biomasse au stade floraison ($p < 0,001$), et non significatives aux stades fin tallage et maturité.

Effet type d'engrais

Les meilleurs rendements en biomasse sont obtenus avec l'engrais SSP, en réalisant des

rendements supérieurs à l'engrais Fosfactyl, quelque soit le stade de la culture. Les écarts enregistrés sont de 5,68%, 2,62% et 16,34% respectivement aux stades fin tallage, floraison et maturité.

Effet doses d'engrais

La dose 120 kg.ha⁻¹ a favorisé la meilleure teneur en N des feuilles au stade floraison avec 0,949 % MS. Elle dépasse de 6,85 %, 9,59 % et 8,75 % les résultats obtenus respectivement par les doses 30 kg.ha⁻¹, 60 kg.ha⁻¹ et 90 kg.ha⁻¹. Cependant, la dose 60 kg.ha⁻¹ a donné les meilleures teneurs en N de la plante entière, au stade maturité et des grains de blé avec 1,719 % MS et 2,556 % MS respectivement, contre les plus faibles teneurs obtenues par la dose 90 kg.ha⁻¹ (tableau 2).

2.2. Rendement en grains

Concernant le rendement en grains (tableau 1), ce paramètre n'a pas été affecté statistiquement par le type et doses d'engrais. Par conséquent, le choix d'un engrais phosphaté devra se faire selon sa disponibilité sur le marché et son prix dans les conditions d'El-Menia.

La figure 2 illustrant l'effet des sources et doses de phosphore sur le rendement grain, montre que l'engrais SSP a pu réaliser des rendements plus élevés (74,1 q/ha) à des doses plus faibles (60 kg P/ha) par rapport au fosfactyl.

Tableau 1. Moyennes des rendements en biomasse et en grains pour les engrais solides et les doses (q.ha⁻¹)

	MS1	MS2	MS3	Rdt Gr
Effet engrais solides				
SSP	31,53	100,7	157,3	65,83
Fosactyl	29,74	98,07	131,6	72,23
Signification	ns	ns	ns	ns
Effet doses d'engrais				
30	25,17	78,69 c	125,7	63,12
60	30,03	98,74 b	136,9	71,35
90	35,76	106,3 ab	155,2	72,36
120	31,58	113,8 a	159,8	71,80
Signification	ns	***	ns	ns
ppds	-	9,65	-	-
Moyennes générales	30,64	99,39	144,4	69,03
CV %	23,83	13,05	31,17	20,3

Légende : ns : non significatif. CV= coefficient de variation, ppds= plus petite différence significative (5%).

2.3. Prélèvements azotés totaux par le blé dur et leurs répartitions entre les différents organes de la plante

Les teneurs en azote ont été déterminées aux stades fin tallage, floraison et maturité (grain, plante entière) du blé.

Les résultats de l'analyse de la variance présentés dans le tableau 2, montrent que le type d'engrais phosphaté n'a eu aucun effet

significatif sur la teneur et les exportations d'azote à différents stades (fin tallage, floraison et maturité) et par les grains de la culture. Alors que les doses de phosphore apportées ont fortement affecté les teneurs en azote des feuilles aux stades floraison ($p < 0,01$), maturité ($p < 0,001$) et au niveau des grains ($p < 0,001$) du blé.

Tableau 2. Moyennes des prélèvements d'azote par le blé dur pour les engrais solides et les doses

	[N]S1	[N]S2	[N]S3	[N]Grain
Effet solides				
SSP	0,979	0,872	1,512	2,339
Fosactyl	0,946	0,883	1,452	2,189
Signification	ns	ns	ns	ns
Effet doses				
30	0,98	0,884 b	1,492 b	2,276 b
60	0,922	0,858 b	1,719 a	2,556 a
90	0,962	0,866 b	1,248 c	1,959 c
120	0,987	0,949 a	1,469 b	2,266 b
Signification	ns	**	***	***
ppds	-	0,0535	0,108	0,164
Moyennes générales	0,963	0,878	1,482	2,264
CV %	11,14	6,34	7,63	7,56

Légende : [N]= % N, S1= stade fin tallage, S2= stade floraison, S3= stade maturité. (*, **, ***) : Significatif à $P < 0,05$, $P < 0,01$, $P < 0,001$ respectivement ; ns : non significatif. C.V. = coefficient de variation, ppds = plus petite différence significative (5 %).

Effet du type d'engrais

Bien que l'effet type d'engrais ne soit pas significatif statistiquement, on note que l'engrais SSP a donné les meilleures teneurs en azote à différents stades et exportations d'N par les feuilles au stade floraison de la culture (tableau 2).

Effet des doses d'engrais

La dose 120 kg.ha⁻¹ a favorisé la meilleure teneur en N des feuilles au stade floraison

avec 0,949 % MS. Elle dépasse de 6,85 %, 9,59 % et 8,75 % les résultats obtenus respectivement par les doses 30 kg.ha⁻¹, 60 kg.ha⁻¹ et 90 kg.ha⁻¹. Cependant, la dose 60 kg.ha⁻¹ a donné les meilleures teneurs en N de la plante entière, au stade maturité et des grains de blé avec 1,719 % MS et 2,556 % MS respectivement, contre les plus faibles teneurs obtenues par la dose 90 kg.ha⁻¹ (tableau 2).

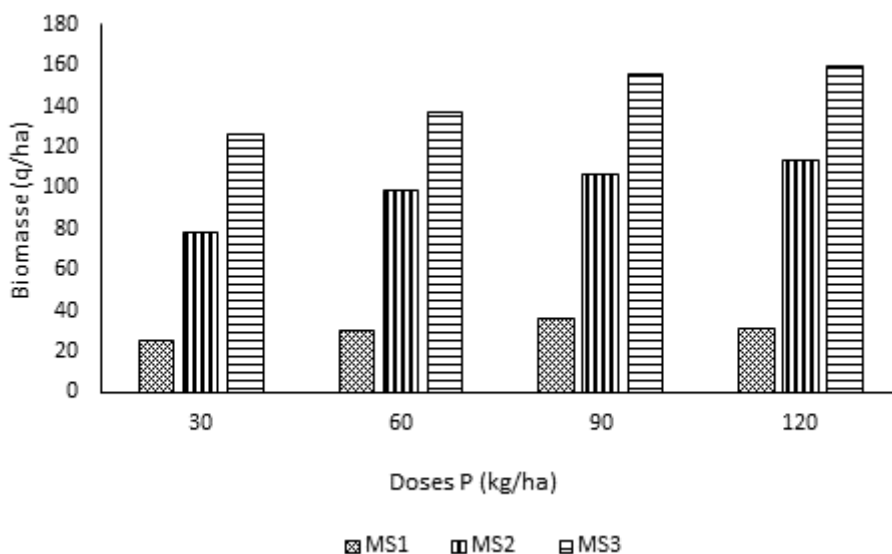


Figure 1. Influence de la fertilisation phosphatée sur le rendement en biomasse du blé

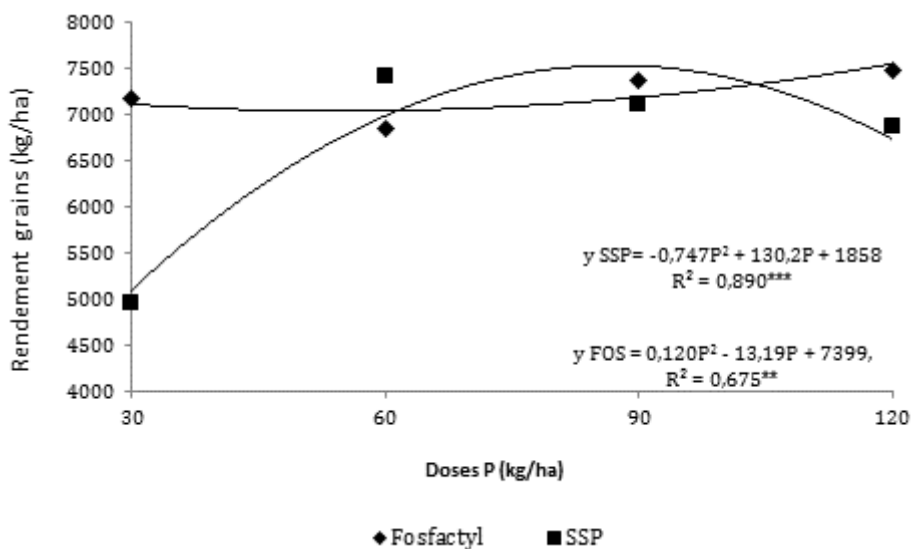


Figure 2. Effet des engrais SSP et Fosfactyl sur le rendement en grain du blé

2.4. Corrélations entre les paramètres

L'étude des corrélations entre les différents caractères montre des relations positives et significatives entre le rendement en biomasse au stade maturité, avec la teneur en azote des feuilles du blé au stade fin tallage (0,558**) et floraison (0,546**). Des corrélations positives existent également entre la teneur en N de la plante entière et celle des grains (0,978***). Cependant, des relations négatives et non significatives sont obtenues entre la matière sèche produite à maturité et la teneur en N au stade maturité (-0,25^{ns}) ainsi que celle des grains (0,215^{ns}).

2.5. Discussion et conclusion

L'étude de la biomasse aérienne a permis de décrire le comportement de la culture du blé sous l'effet de différentes sources de phosphore, dans les conditions arides sahariennes. Ce paramètre est également affecté par la fertilisation phosphatée ([16] ; [2]).

Duan *et al.* [17] ont mis en évidence une relation linéaire positive et significative entre le rendement en grains et l'accumulation de la matière sèche au stade maturité, alors que Sau et Minguez [18] ont constaté qu'une plus grande production de biomasse n'a pas réalisé un meilleur rendement, à cause de la faible mobilisation des assimilats stockés dans les tiges et les feuilles. Ceci s'est traduit par une diminution de l'indice de récolte, ce qui conforte nos résultats, montrant qu'une bonne production de matière sèche n'est pas toujours associée à un meilleur rendement. Miller *et al.* [19] ajoutent qu'une culture qui accumule une quantité élevée de matière sèche avant l'anthèse, sera sujette à la formation incomplète de ses graines, à cause des ressources hydriques limitant de plus en plus sa croissance, ce qui entraîne la réduction de l'indice de récolte. Les travaux de Mazhar et Mallarino [20], Rahim *et al.* [21] et Saha *et al.* [22] ont montré qu'un

apport de phosphore favorise le nombre de tiges, la longueur des épis, l'indice de récolte, le rendement en biomasse, la surface foliaire et le rendement en grain ainsi que la précocité du blé ([2], [23]).

Cependant, Maqbool *et al.* [24] rapportent que les sources de phosphore (Mono-ammoniumphosphate, Diammonium phosphate et Triple super phosphate) n'ont aucun effet sur la croissance et le rendement du blé.

Plusieurs recherches préconisent différentes doses. Chaturvedi [25] trouve que l'apport de 28,5 kg P ha⁻¹ représente l'optimum de croissance et de développement, tandis que Laghari *et al.* [2] précisent que la dose 60 kg P ha⁻¹ améliore significativement les paramètres de rendement et de croissance et raccourcit le cycle du blé. Dans notre cas, l'engrais simple super phosphate (SSP) a pu réaliser des rendements plus élevés, à des doses de phosphore plus faibles. La dose 60 kg P.ha⁻¹ s'est avérée plus intéressante, puisqu'elle a pu favoriser des rendements moyens équivalents à ceux obtenus par les doses 90 kg P.ha⁻¹ et 120 kg P.ha⁻¹. L'interaction entre les éléments nutritifs chez les plantes cultivées se produit lorsque l'alimentation de l'un des éléments affecte l'absorption et l'utilisation d'autres éléments [18]. Nos résultats ont montré que les meilleures teneurs en azote de la plante entière (maturité) et des grains sont obtenues avec la dose 60 kg P/ha. Selon Soins et Vaysse [5], une sous-alimentation en phosphore peut induire une mauvaise valorisation de l'azote et du potassium. Usherwood and Segar [7] ajoutent que les interactions d'azote avec P et /ou K aident à améliorer le développement du système racinaire, la production de matière sèche, et d'autres fonctions de régulation des plantes, le rendement des cultures et la qualité. Les meilleures teneurs en phosphore des racines

et des feuilles du riz sont obtenues avec des doses élevées de potassium [26]. L'application de potassium à une dose optimale contribue également significativement à l'absorption d'azote et de phosphore chez différentes variétés de blé [2]. En conclusion, l'amélioration de

l'efficacité d'absorption minérale dépend essentiellement du choix de la qualité des engrais (nature chimique), de la dose optimale apportée, des modalités d'apport et de la bonne gestion de l'irrigation du blé dur cultivé dans les conditions sahariennes à Elmenia.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] Ragothama, K.G., 2005. Phosphorus and plant nutrition: An overview. *Agronomy*, 46: 355-373.

[2] Laghari, G.M., F.C. Oad, S. D Tunio, A.W. Gandahi, M.H. Siddiqui, A.W. Jagirani, S.M. Oad. 2010. Growth yield and nutrient uptake of various wheat cultivars under different fertilizer regimes. *Sarhad J. Agric.* 26 (4): 489-497.

[3] Boukhalfa-Deraoui, N., M.T Halilat, A. Mekliche. 2011. Effet de la fertilisation phosphatée sur une culture de blé tendre conduite en conditions sahariennes. *Revue des Bioressources*, 1 (1) : 39-46.

[4] Fageria, V.D., 2001. Nutrient interactions in crop plants. *J. Plant Nutr.*, 24(8): 1269-1290.

[5] Soins, P., P., Vaysse. 1999. Fertilisation des vergers. Environnement et qualité. Ed. CTIFL, pp: 47-52.

[6] Czanecki, O., J. Yang, D.J. Weston, G.A. Tuskan and J.G. Chen. 2013. A Dual Role of Strigolactones in Phosphate Acquisition and Utilization in Plants. *Int. J. Mol. Sci.* 14: 7681-7701.

[7] Usherwood, N., and W., Segars. 2001. Nitrogen Interactions with Phosphorus and Potassium for Optimum Crop Yield, Nitrogen Use Effectiveness, and

Environmental Stewardship. *The scientific world*, 1:57-60.

[8] Griffith, B., 2006. Efficient fertilizer use – Phosphorus. Use manual. Publisher : Mosaic. <http://www.back-to-basics.net/efu/pdfs/Phosporus.pdf>

[9] Office national de météorologie (ONM). 2011. Données climatiques de la région d'El-Goléa.

[10] Boukhalfa-Deraoui N., Hanifi-Mekliche L., Mekliche A., Mihoub A. et Daddi Bouhoun M., 2015. Effect of phosphorus application on Durum Wheat in alkaline sandy soil in arid condition of southern Algeria. *Asian journal of crop science*, 7:61-71.

[11] USDA, 1954. Diagnosis and Improvement of saline and alkaline soils. Agri. Hand b. n°60. United states salinity laboratory, Riverside, C.A. 160p.

[12] Agence National des Ressources Hydriques (A.N.R.H.), 2010. Rapport des analyses physico-chimiques de l'eau d'irrigation d'El-Goléa. 2p.

[13] Bremner, J.M., 1996. Nitrogen-Total. In: Methods of Soil Analysis. Part 3: Chemical Methods, Sparks, D.L. (Ed.). ASA and SSSA, Madison, Wisconsin, ISBN-13: 978-0891188254, pp: 1085-1121.

[14] Aubert, G., 1978. Méthodes d'analyse des sols. 2^{ème} Edition. Centre national de documentation pédagogique, Marseille, 198p.

- [15] Olsen, S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe and L.A. Dean, 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circular No. 939, United States Department of Agriculture, Washington, DC., USA., pp: 1-18.
- [16] Dordas, C., 2009. Dry matter, nitrogen and phosphorus accumulation, partitioning and remobilization as affected by N and P fertilization and source-sink relations. *Eur. J. Agron.*, 30: 129-139.
- [17] Duan, W., Z. Yu, Y. Zhang, D. Wang, Y. Shi, Z. Xu. 2014. Effects of nitrogen application on biomass accumulation, remobilization, and soil water contents in a rainfed wheat field. *Turkish J. field crops*, 19(1): 25-34.
- [18] Sau, F., M.I. Minguez. 2000. Adaptation of indeterminate faba beans to weather and management under Mediterranean climate. *Field Crops Res.*, 66: 81-99.
- [19] Miller P., Ulrich D., Entz M., McConkey B., 2004 : Les pois tolèrent la sécheresse. Centre de recherches sur l'agriculture des prairies semi-arides. Agriculture et Agroalimentaire Canada. 6p.
- [20] Mazhar, U., A.P. Mallarino. 2005. Response of soybean grain oil and protein concentrations to foliar and soil fertilization. *Agron. j.* 97: 910-918.
- [21] Rahim, A., A.M. Ranjha, Rahmatullah, E.A. Warraich. 2010. Effect of phosphorus application and irrigation scheduling on wheat yield and phosphorus use efficiency. *Soil & Environ.* 29(1): 15-22.
- [22] Saha, S., B. Saha, S. Muru, S. Pati and P. Roy. 2014. Grain yield and phosphorus uptake by wheat as influenced by long-term phosphorus fertilization. *African J. Agr. Res.* pp: 607-612.
- [23] Jiang, D., H. Hengsdijk, D. Ting-Bo, W. de Boer, J. Qi, C. Wei-Xing. 2006. Long-Term Effects of Manure and Inorganic Fertilizers on Yield and Soil Fertility for a Winter Wheat-Maize System in Jiangsu, China. *Pedosphere*, 16(1): 25-32.
- [24] Maqbool, M.M., A. Maqbool, A. Ali, R. Mehmood, M. Ahmed, M. Sarwar. 2012. Optimizing the method and source of phosphatic nutrition for wheat (*Triticum aestivum*) under agro-climate of dera Ghazi khan, Pakistan. *Pak. J. Nutr.*, 11(9): 787-792.
- [25] Chaturvedi, I. 2006. Effects of different phosphorus levels on growth, yield and nutrient uptake of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Int.J. plant Sci.* 1(2): 278-181.
- [26] Li, A.G., Y.S. Hou, G.W. Wall, A. Trent, B.A. Kimball, P.J. Pinter, 2000. Free-air CO₂ enrichment and drought stress effects on grain filling rate and duration in spring wheat. *Crop Sci.*, 10: 1263-1270.