

Etude de l'effet des boues résiduaires sur la production de la pomme de terre en comparaison avec le fumier de ferme et la litière de volaille

R. Ait Hamou, M. Hermouche

*INRAA, Laboratoire de Sciences des sols et de la Fertilisation, CRP Mehdi Boualem,
BP 37, Baraki 16210, Alger*

Résumé - Notre travail a porté sur une boue digérée urbaine pour nous permettre de mettre en évidence son action fertilisante progressive. Nous avons entrepris d'étendre la portée de nos résultats en comparant le comportement des boues d'origine urbaine avec le fumier de ferme et la litière de volaille apportées aux doses de 0-20-40-60- TMS/ha complétées par une fumure minérale N,P,K. L'étude a porté sur la caractérisation des boues résiduaires, évolution du phosphore, de la matière organique, de l'azote, du rapport C/N. Afin de compléter cette étude sur le plan agronomique et sa mise en application, nous avons réalisé un essai en plein champs en contrôlant les conséquences de l'épandage sur le sol, et les impacts sur une plante test en l'occurrence la pomme de terre (*solanum tuberosum*). L'expérimentation menée en terre lourde (40, 70 % d'argile) montrait que l'effet des engrais de boues sur le rendement se manifestait et se caractérisait par des résultats avoisinant au fumier de ferme.

boue résiduaire / fumier de ferme / litière de volaille / amendement organique / pomme de terre

Abstract - Our work was on an urban digested sludge, in order to allow us to point out its progressive fertilizing action. We extended our results by comparing the behaviour of sludge residues of urban origin with farm dung and poultry litter applied at different doses 0 - 20 - 40 and 60 tons of DM/ha completed by mineral fertilisation N,P,K. The study was on characterization, evolution of phosphores, of the organic matter, Nitrogen and C/N ratio. In order to complete on this study agronomic study plan and put it into practice, we realized an open field trial by controlling the consequences of the thespreading of the sludge on the soil, and that effects on a test-plant, the potato. the experiment, conducted on heavy soil (40, 70 % Clay) showed the effect of the fertilizers on yields showed it self and was characterised by results very near to those with farm dung.

sludge / farm dung / poultry litter / organic amendement / potato

INTRODUCTION

Durant des siècles, l'utilisation du fumier de ferme a été considérée comme étant la seule sources de matière organique, pouvant maintenir une bonne fertilité du sol.

A l'apparition des exploitations agricoles sans bétail et devant cet état de fait, l'investigation et la recherche d'autres source, à même de combler le déficit en matière organique qui se caractérise par son origine, sa composition (Lasnier et Lachaise, 1973 et Franquet, 1978), son degré de décomposition (Lasnier et Lachaise, 1973), son coefficient isohumique (REMY 1976), son coefficient de destruction de l'humus et par son rapport C/N dans les sols se posent comme préoccupation majeure. L'alternative de substitution du fumier de ferme par la litière de volaille, le compost urbain et les boues résiduelles s'est présentée.

Néanmoins, l'utilisation de ces fumures soulève différents problèmes d'ordre agronomique et sanitaire. En effet, si cette ressource constitue un potentiel de matières fertilisantes, principalement la matière organique et l'azote qui sont essentielles, sans oublier P, K, S, Mg, Zn, Ca, Fe etc., qui rentrent dans sa composition (Remy et al, 1976; Duthil, 1971 et Leclaire, 1972), sa teneur en éléments traces et en agents pathogènes représente un risque pour la santé humaine.

L'objectif de cette expérimentation est l'étude de l'effet de doses croissantes de boues résiduelles sur la production de la pomme de terre (rendement et qualité des tubercules) en comparaison avec le fumier de ferme et les litières de volaille. Le but recherché étant la détermination de la dose de boues à apporter permettant une production optimale de la pomme de terre.

MATERIELS ET METHODES

Site expérimental

Durant l'année 1991, l'essai a été réalisé en plein champ à la Station de Recherche INRAA de Mehdi Boualem située géographiquement dans la plaine de la Mitidja (Sud-Est d'Alger). Les coordonnées géographiques de la station sont les suivantes :

- Altitude: 19 m a.s.l
- longitude: 3° 6' Est
- Latitude: 36° 43' Nord

Les caractéristiques physico-chimiques du sol et des fumures organiques utilisées sont reportées dans les tableaux 1 et 2.

Sol

Le sol de la parcelle expérimentale est caractérisé par une texture argileuse (40,7% d'argile), un pH neutre à légèrement alcalin, une teneur en matière organique faible, une conductivité électrique très faible et des teneurs faibles en calcaire, élevées en phosphore assimilable, satisfaisantes en K₂O assimilable et moyennement riches en azote total.

Fumures

Les Fumures organiques utilisées sont :

- le Fumier de Ferme bovins jeunes âgés d'un mois (FF);
- la Litière de Volaille issue d'un élevage de poulet de chair âgé de 4 mois, fraîche et pailleuse (LV);

les Boues résiduelles provenant de la Station d'épuration des eaux usées de Baraki, ayant subi une digestion en anaérobiose. La même boue biologique ayant subi en plus un traitement au

chlorure ferrique 6% et la chaux 21 % avant déshydratation et séchage thermique (Boues).

Matériel végétal

La culture-test est la pomme de terre, variété «diamant», choisie pour sa bonne réponse à la fertilisation organique.

Avant l'épandage des fumures, nous avons réalisé à la tarière un échantillonnage en diagonal sur deux horizons du sol (0-20 cm et 20 - 40 cm). L'épandage et l'enfouissement des fumures organiques a eu lieu un mois avant la plantation. L'évolution de ces fumures dans le temps s'est fait au niveau de chaque traitement et sur une profondeur de 30 cm. Six prélèvements ont été réalisés durant l'essai à différents stades du cycle végétatif.

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental choisi étant le

split-plot comprenant des parcelles principales représentées par les 3 fumures (F.F, L.V et Boues) et des sous-parcelles pour les 4 doses croissantes de fumures épandues (0 - 20 - 40 et 60 Tonnes de matière sèche à l'hectare) mesurées sur les caractéristiques du sol et le rendement de la culture, soit un total de 12 traitements avec 3 répétitions.

La superficie de chaque parcelle élémentaire est de l'ordre de 32m² (4 x 8 m). Toutes les parcelles élémentaires ont reçu une fumure minérale définie en fonction des besoins de la culture de l'ordre de:

- 80 unités d'azote sous forme d'ammonitrate, fractionnées en deux apports;
- 80 unités P₂ O₅ sous forme de superphosphate 46 %;
- 150 unités K₂O sous forme de sulfate de potasse.

Tableau I. Caractéristiques physico-chimiques du sol de la parcelle expérimentale.

<i>Caractéristiques physico-chimiques</i>	<i>Horizons du sol</i>		<i>Méthodes d'analyse utilisées</i>
	<i>0-20 cm</i>	<i>20-40 cm</i>	
PH Eau 1/10	7.15	7.20	
C.E. mm hos/cm 1/10	0.16	0.19	
Carbone (%)	0.82	0.56	Anne
Matière Organique (%)	1.41	0.96	
Azote total (%)	0.12	0.16	Kjeldhal
C/N	6.83	3.00	
CaCO ₃ Total (%)	4.20	4.20	
CaCO ₃ ACTIF (%)	2.62	2.62	
P ₂ O ₅ assimilable ppm	76.00	61.00	Olsen
K ₂ O assimilable ppm	409	310	
CEC meq/100g	34.06	36.07	
Granulométrie			
- Argile (%)	40.70	42.70	
- Limon (%)	33.22	35.04	
- Sables (%)	22.50	20.93	

Tableau II. Caractéristiques chimiques des fumures organiques utilisées

<i>Caractéristiques chimiques</i>		<i>Boues résiduelles</i>	<i>Fumier de ferme (F.F)</i>	<i>Litière de volaille (L.V)</i>	<i>Valeurs limites fixées par la norme AFNOR (ppm)</i>
Humidité	(%)	12.35	16.25	14.30	
PH. Eau 1/10		8.50	8.50	6.72	
C.E. mm hos/cm 1/10		7.61	22.86	16.51	
Carbone	(%)	10.80	22.70	24.70	
Matière Organique	(%)	18.57	38.57	41.99	
Azote total	(%)	2.06	1.33	2.70	
C/N		5.24	17.06	3.14	
P ₂ O ₅ Total	(%)	1.10	0.78	2.36	
K ₂ O Total	(%)	0.12	2.66	2.50	
Ca Total	(%)	16.00	4.90	4.13	
Mg Total	(%)	1.82	2.00	1.80	
Na Total	(%)	0.11	1.09	0.43	
Fe Total	(%)	2.16	0.48	0.094	
Zn Total	(ppm)	542	184	240	3000
Mn Total	(ppm)	248	239	235	500
Cu Total	(ppm)	109	80	42.5	1500
Pb Total	(ppm)	180	20	20	300
Cd Total	(ppm)	10.5	13.4	10.9	20
Cr Total	(ppm)	64.6	22.3	8.6	200

RESULTATS ET DISCUSSION

Les caractéristiques chimiques du sol ont évolué de la façon suivante durant l'expérimentation:

Le pH

Une légère différence du pH pour les traitements par rapport aux témoins a été observée au cours de son suivi dans le temps. On remarque une variation inférieure à l'unité (pH max.7,60 pH min 7,00) relative aux trois fumures organiques pH reste dans la neutralité à légèrement alcalin.

La conductivité électrique (CE)

Les résultats obtenus montrent que la

CE du sol a diminué dans le temps d'une façon importante pour les 3 fumures organiques (0,24 mmhos/cm, 0,21mmhos/cm et 0,18 mmhos/cm) en comparaison avec les fortes teneurs en sels de départ (7,61 mmhos/cm, 22,86 mmhos/cm et 16,50 mmhos/cm) respectivement pour les boues, le fumier de ferme et la litière de volaille.Ceci s'explique par le lessivage des sels en profondeur occasionné par les fortes pluies (365 mm) enregistrées durant la période de l'essai de septembre à décembre.

Le carbone

L'analyse des résultats a montré clairement l'augmentation du taux de carbone dans les différents traitements par rapport aux témoins. Le rendement en carbone varie

dans les mêmes conditions pour ce qui est des trois fumures. la diminution dans le temps résultant de la décomposition de la matière organique par la sécrétion acide des racines, par l'activité des micro-organismes et la fin du cycle s'est caractérisée par une diminution importante du carbone due à la décomposition des fumures organiques (2,58 %, 1,50 %, 1,50 %) respectivement pour les boues, fumier de ferme, et la litière de volaille.

L'azote total

Une augmentation en azote après l'enfouissement des fumures a été enregistrée par rapport aux témoins. Une première phase a été marquée par une diminution de l'azote résultant des exportations importantes de la culture et une perte par dénitrification. La 2^{ème} phase s'est caractérisée par une augmentation (0,63 %, 0,42 %, 0,49 %) respectivement pour les boues, fumier de ferme et la litière de volaille.

Le rapport C/N

Le rapport C/N est important, il permet de nous renseigner sur l'activité biologique du milieu, en effet autant le rapport C/N est

faible, plus la dégradabilité des boues est facile. La fin du cycle est caractérisée par une diminution rapide du rapport C/N qui s'explique par une minéralisation importante.

Le phosphore assimilable

Une augmentation significative du phosphore assimilable au niveau des traitements par rapport aux témoins a été remarquée. Les résultats ont montré que l'enrichissement du sol en phosphore assimilable est beaucoup plus marqué au niveau des parcelles traitées par les litières de volaille (264 à 384 ppm), suivi des boues résiduelles (121 à 152 ppm) et enfin le fumier de ferme (95 à 145 ppm). Il est probable que la floculation des boues, par les sels de fer, les sels d'aluminium et de la chaux, conduit à une insolubilisation notable des phosphates.

La concentration des éléments traces dans les tubercules

Pour les métaux lourds qui retiennent particulièrement l'attention des spécialistes car ils peuvent être toxiques ou dangereux, aucun effet de contamination n'a été observé sur le végétal. (Tableau III)

Tableau III. Concentration en éléments traces dans les tubercules (ppm)

Traitements	Mn	Cu	Fe	Cr	Zn	Cd
Témoin	0,30	0,15	1,40	0,15	1,68	0,01
20 tonnes / ha	0,45	0,28	2,34	0,22	2,66	0,03
40 tonnes /ha	0,48	0,35	2,80	0,26	2,80	0,035
60 tonnes /ha	0,50	0,39	2,86	0,28	2,98	0,04

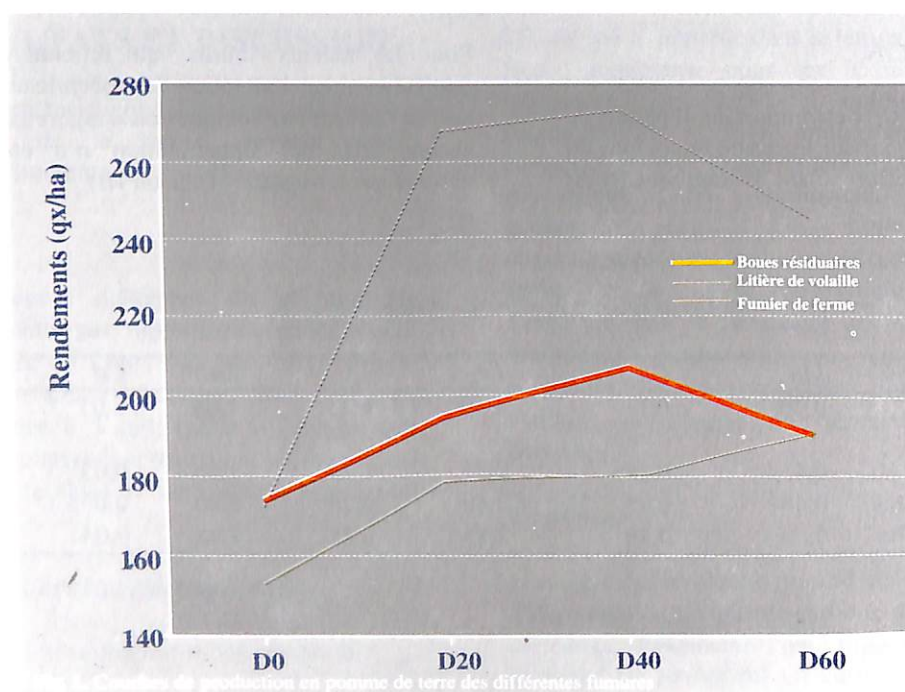
L'effet de l'épandage des fumures organiques sur le végétal

L'analyse statistique (tableau IV) nous a révélé qu'il existe des différences hautement significatives entre les différentes fumures organiques et les doses à un risque d'erreur ($P < 0,01$). Les différences observées sont dues

essentiellement à la dose D 40 relative à la litière de volaille. Toutefois, il est à signaler l'absence de l'interaction ($F \times D$). Ce qui nous suggère que les deux facteurs ont soit agi séparément sur les rendements, soit que leur effet interactif reste trop petit pour apparaître dans la quantification du rendement (fig 1).

Tableau IV. Effet des différentes fumures sur les rendements (analyse de la variance)

Doses	Boues résiduaires qx/ha	Fumier de ferme qx/ha	Litières Volaille qx/ha	Effet Fumures (Fcal.)	Effet Doses (Fcal.)	Interaction F x D (Fcal.)	C.V.
D0	173.35	152.49	170.35				
D20	194.26	178.08	266.87	39,54**	16,42**	3,93 NS	8,9 %
D40	206.14	179.13	271.34				
D60	189.00	190.42	242.65				



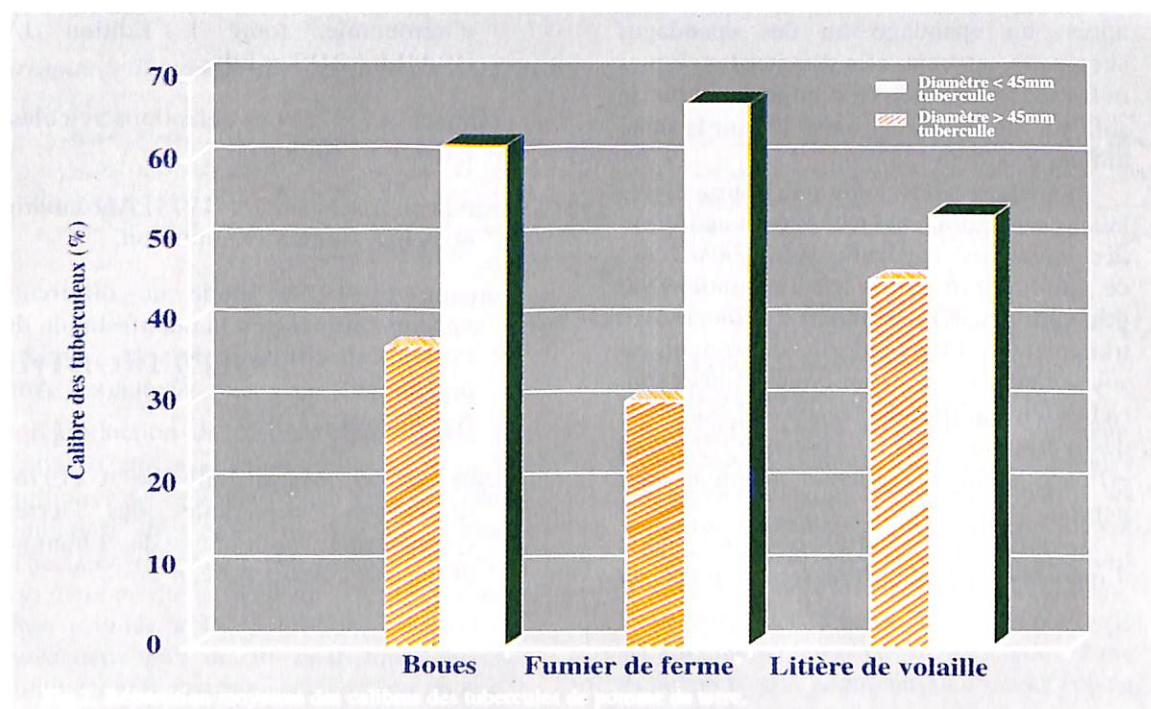
Effet sur la qualité des tubercules

La qualité des tubercules a été évaluée par rapport à un diamètre supérieur et inférieur à 45 mm (normes pomme de terre de consommation) (fig 2).

L'analyse statistique (Tableau V) nous a montré qu'il existe des différences significatives entre les doses. Par contre, entre les trois types de fumures organiques et l'interaction, aucune différence significative n'a été observée.

Tableau V. Effet des différentes fumures sur la qualité des tubercules (Analyse de la variance)

Source de variation	dof	SCE	CM	F. Obs	F. Théor. 5%
Facteur fumure	2	1207,43	603,71		
Facteur Blocs	2	719,04	359,52	1,33 NS	6,94
Fumures x Blocs	4	1077,95	269,48		
Facteur doses	3	1644,70	548,23	3,53*	3,16
Fumure x Doses	6	488,32	81,38	0,52 NS	2,66
Interaction Fx Dx Bloc	18	2787,87	154,88		



Il ressort que le facteur fumure agit principalement sur le rendement, alors que le facteur dose influence la qualité des tubercules.

En conclusion, nous pouvons dire que la dose économique optimale préconisée sera au plus de 20 TMS/Ha.

CONCLUSION

Le travail effectué sur les boues de la Station d'épuration des eaux usées de Baraki, nous permet de les caractériser de la façon suivante.

- La richesse appréciable de ces boues en matières organiques et en phosphore;
- Faibles teneurs en potassium;
- Richesse en azote;

A court terme, pour ce qui est des boues aucun effet de contamination par le biais des métaux lourds n'a été observé sur le végétal (tubercules); néanmoins il est indispensable de suivre leurs évolutions après un épandage ou des épandages successifs, et cela afin d'éviter les risques néfastes qu'ils peuvent engendrer sur le sol, sur les cultures ainsi que sur la santé humaine.

L'analyse bactériologique nous a révélé la présence d'agents pathogènes au niveau des boues en particulier *Escherichia coli*, ce qui pourrait limiter leurs utilisations sur des cultures à consommer à l'état cru. Un traitement à l'hypochlorite de sodium est souhaitable vu que les boues traitées sont riches en coliformes fécaux et *E.coli*. Une déshydratation plus poussée s'avère efficace afin de ralentir l'activité des germes.

L'essai a montré que le mode d'incorporation des boues peut jouer un

rôle non négligeable pour leur valorisation. Ceci nous a permis d'obtenir des rendements systématiquement égaux à ceux du fumier de ferme contrairement à la litière de volaille qui a donné des rendements largement supérieurs par rapport aux deux autres fumures.

Toutefois le principal emploi préconisé pour ce type de boues dont l'aspect est fortement calcique, est l'amendement des sols acides comme c'est le cas de la Mitidja, jouant ainsi un rôle de correcteur de pH en plus des éléments fertilisant apportés.

Enfin, compte-tenu de l'étape actuelle de nos connaissances, l'utilisation des boues en tant qu'amendement organique nécessite des précautions à prendre pour éviter certains risques dus à leur qualité.

REFERENCES

- Duthil J (1971) Eléments d'écologie et d'agronomie, tome I. Edition JA BRAILLARDS et Fils.
- Franquet A (1978) Les défections avicoles. I.T.A.V.E. édition.
- Lasnier J, Lachaise L (1973) Agronomie nouvelle. Edition Flammarion.
- Lemaire F (1972) Etude de différents facteurs influençant la manifestation de l'effet spécifique de la matière organique sur les végétaux. Ann Agron., vol. 23, n°2.
- Remy JC et Martin-Laflèche A (1976) L'entretien organique des terres coût d'une politique de l'humus. Service de l'agriculture, n°2.

Contribution à l'étude de l'effet de l'irrigation d'appoint sur deux variétés de blé dur (Waha et Acsad 65)

A. Boulassel

INRAA, Laboratoire de Bioclimatologie, CRP Mehdi Boualem BP 37, Baraki 16210, Alger

Résumé- La céréaliculture Algérienne est une culture pluviale dépendante de la variabilité du climat. La faiblesse et l'irrégularité des précipitations sont à l'origine des faibles rendements. Pour faire face à cette situation et combler le déficit hydrique qui s'installe durant les périodes critiques de développement de la culture, l'optimisation des apports d'eau à différents stades végétatifs d'une culture de blé dur sous une irrigation d'appoint s'avère indispensable. L'analyse des composantes du rendement montre l'apport considérable de l'eau dans la détermination de la variabilité de la production. Mais l'amélioration de la production reste dépendante de la phase d'apport et de la quantité apportée.

irrigation d'appoint/ composantes du rendement/ phase d'apport/ blé dur.

ملخص - زراعة الحبوب في الجزائر بعنية خاضعة لتغيرات المناخ إن ضعف و تذبذب الأمطار يعتبران مصادر ضعف المردود. لهذا سبب هذه الوضعية و تعويض النقص المائي خلال المراحل الحرجة لنمو النباتات، فإن تحسين كميات الماء المعطاة خلال مختلف مراحل التطور لنبات القمح الصلب تحت تأثير الري التكميلية تعد ضرورية. إن تحليل مختلف مركبات المردود يبين بوضوح - تام الأهمية القصوى للماء في تحديد الإنتاج - إذ أن الري التكميلي قد حسن المردود إلا أن هذه الزيادة تبقى مرتبطة بمرحلة التدخل و بكمية الماء المعطاة

الري التكميلي/ مركبات المردود/ مرحلة التدخل/ قمح صلب

INTRODUCTION

La production des céréales en Algérie est faible. Cette production oscille autour de 18 millions de quintaux pour une superficie emblavée de l'ordre de 3 à 3.7 millions d'hectares (Baghdali, 1987). En effet, durant ces deux dernières décennies, la production était estimée à 18.75 millions de quintaux avec deux pics de 30 et 36.20 millions de quintaux enregistrés respectivement durant les campagnes agricoles 84/85 et 90/91 (Benmaza, 1992).

A l'échelle mondiale, le blé dur est cultivé sur une superficie de 30 millions d'hectares,

dont 80% est localisée en Afrique du Nord et au moyen orient (Srivastha et al, 1988).

En Algérie, l'importance du blé dur dans l'alimentation comme sources de protéines lui confère une place de choix parmi les superficies emblavées en céréales. Il est cultivé sur une superficie de 1.4 millions d'hectares, mais les rendements sont faibles. Pour faire face à cette situation et pallier le déficit alimentaire et la demande d'une population qui augmente sans cesse, l'état a recours aux importations.

On estime que les besoins passeront à 75 millions de quintaux sur la base d'une consommation de 207 kg/habitant/an (Morris et Belaid, 1991).

En effet, il s'agit d'une culture surtout pluvial, dépendante de la variabilité du climat (Baldy, 1974). La faiblesse et l'irrégularité des pluies sont à l'origine des faibles rendements.

Dans un souci d'arriver à une auto-suffisance en produits céréaliers qui reste tributaire des aléas climatiques et entre autres l'irrégularité des pluies, et garantir un niveau de rendement acceptable, on a eu recours à la technique de l'irrigation d'appoint qui permet d'alléger l'aridité du climat et combler le déficit en eau durant les périodes critiques.

En effet, durant les mois d'Avril, Mai et Juin, tout apport d'eau inférieur à 30 mm, est considéré comme un mois sec et a un effet dépressif sur les rendements, d'où un apport d'eau s'avère indispensable. L'objectif de notre travail est d'étudier l'effet de différents régimes hydriques appliqués aux différents stades de développement de la culture sur l'amélioration des rendements de deux variétés de blé dur (Waha et Acsad 65).

MATERIEL ET METHODES

Site de l'expérimentation

L'essai s'est déroulé au centre de recherche en phytotechnie -CRP- Mehdi Boualem. Baraki. La pluviométrie annuelle moyenne de cette région est de l'ordre de 672 mm et dont la répartition est qualifiée d'irrégulière. Le sol a une texture argileuse.

Protocole expérimental

La planification expérimentale adoptée est celle de split-plot avec 3 répétitions.

La conduite de l'essai était menée sous différents régimes hydriques:

- T1: régime sans apport d'eau (régime pluvial).
- T2: traitement avec un apport d'eau au stade tallage.
- T3: traitement avec un apport d'eau au stade redressement.

- T4: traitement avec un apport d'eau au stade gonflement.

- T5: régime fréquent (conduit en ETM).

Le semis a été réalisé le 18 Décembre 1993 à la volée. Deux variétés de blé dur: Waha et Acsad 65 ont été utilisées..

Conditions de réalisation de l'essai

Pour le régime thermique, les températures journalières maximales et minimales enregistrées durant la période d'essai sont illustrées par la figure 1. Les températures minimales varient entre 1.8 °C et 26 °C, par contre les maximas varient entre 11.5 °C et 38 °C. Les températures maximales et minimales mensuelles de l'année moyenne (sur 25 années) et celle de la campagne 93/94 suivent la même tendance, quoique la campagne 93/94 est un peu plus chaude (fig 2). En ce qui concerne le régime pluviométrique, la répartition des quantités de pluies mensuelles enregistrées durant la période d'essai (cycle de la culture de blé) et les moyennes pluviométriques calculées sur 25 années d'observation sont illustrées par la figure 2. Comparée à la normale, la campagne 93/94 est caractérisée par un déficit pluviométrique durant les mois de Décembre, Février, Mars et Mai et une bonne pluviométrie durant les mois de Janvier et Avril. Cette bonne pluviométrie enregistrée durant le mois de Janvier ne trace pas l'évolution régulière des précipitations, mais elle est due à une pluie torrentielle enregistrée le 20 01 94 d'une hauteur de 94 mm (fig 3). L'évapotranspiration potentielle a été calculée à partir de la formule de Penman-Monteith en utilisant le cropwat.

Conduite des irrigations

L'irrigation a été menée par aspersion. Le débit des asperseurs est de 8 mm heure. Les apports d'eau sont appliqués au:

- Stade tallage 12 mm
- Stade début redressement 40 mm
- Stade gonflement-épiaison 50 mm.

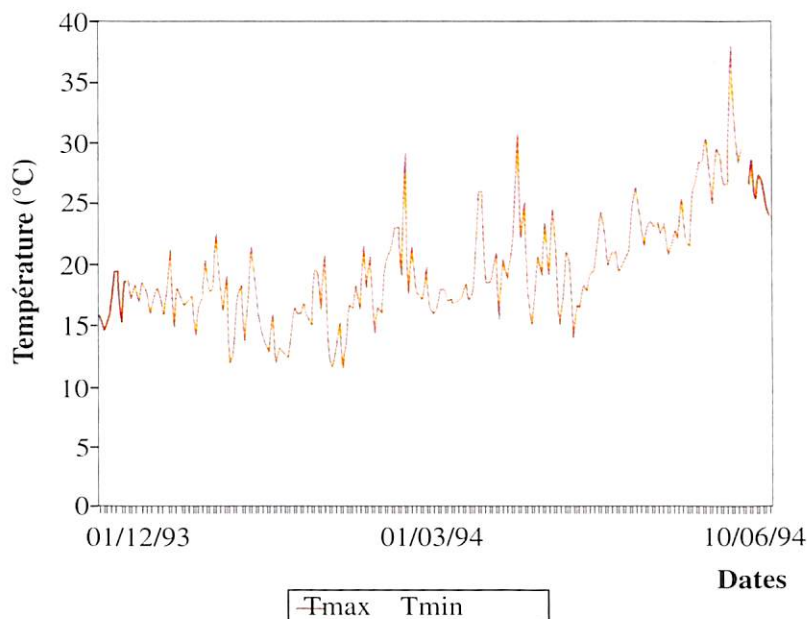


Fig 1. Evolution des températures maximales et minimales durant la période d'essai

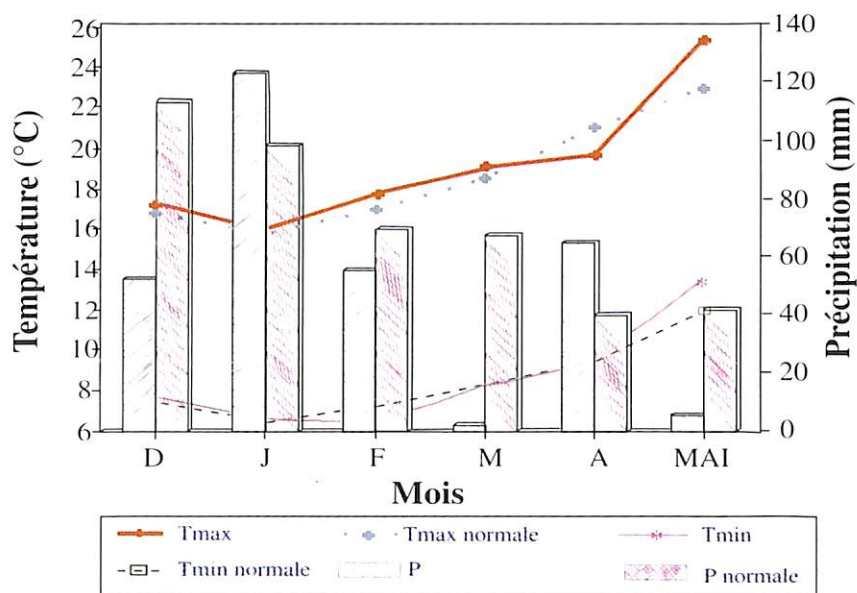
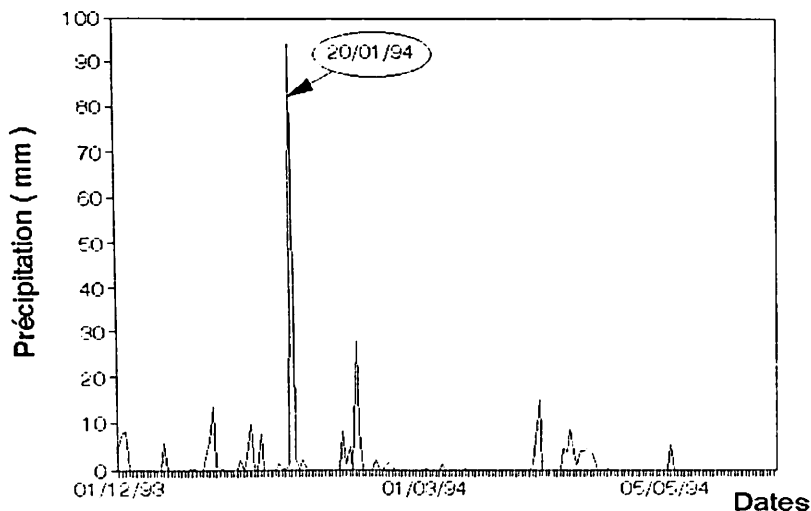


Fig 2. Evolution des températures extrêmes et des précipitations mensuelles par rapport à la normale



RESULTATS ET DISCUSSIONS

Peuplement épis

En moyenne, les régimes irrigués ont engendré une augmentation du nombre d'épis par rapport au régime pluvial. L'importance des gains diminue dans le sens régime fréquent > régime tallage > régime redressement > régime gonflement > régime pluvial pour les deux variétés. Le gain relatif à l'apport d'eau est pratiquement le même pour régime fréquent, régime tallage et régime redressement (Tableau I). Ceci suggérerait que dans un raisonnement de l'irrigation, la phase d'apport est plus importante que la quantité d'eau apportée (Kribaa, 1992; Chennafi, 1996). Les mêmes constatations ont été notées par Singh et al. (1984) et Boutfiras (1990). L'effet variété est significatif (tableau II).

Nombre de grains par mètre carré

Sous l'effet du régime hydrique, nous avons constaté une chute du nombre de grains par mètre carré en passant de l'irrigué vers le pluvial ($p < 0.001$) (Tableau III). Cette réponse du nombre de grains par mètre carré à l'irrigation est une conséquence du maintien de la réserve hydrique du sol à un seuil proche de la capacité de rétention (Kribaa, 1992). Nos résultats concordent avec les travaux de Johnson et al (1982) et Chennafi (1996). La production grains m^2 varie de 7906.66 à

13657.8 pour la variété Waha et de 7262.36 à 13829.89 pour la variété Acsad 65 suivant le régime d'irrigation.

Nombre de grains par épi

Cette composante n'est pas affectée ni par le régime hydrique, ni par la variété. Cela est vraisemblablement dû à l'effet des précipitations cumulées au stade montaison ne permettant pas l'installation d'un stress hydrique conduisant à la réduction du nombre de grains par épi (Mohamed Ali, 1990). Aussi, l'effet de ces précipitations a permis aux deux variétés d'atteindre le potentiel garanti par le régime permanent (Kribaa, 1992).

La relation entre le nombre de grains par épi et le nombre de grains par mètre carré est très étroite pour les variétés ($r=0.838$ pour Waha et $r=0.816$ pour Acsad 65) (voir fig 4 et 5).

Le poids de mille grains

Il n'y a aucun effet significatif, ni du régime hydrique, ni de la variété sur le poids de mille grains. On constate que le poids de 1000 grains est relativement grand. Ceci nous laisse penser que cela est dû au peuplement épis qui est relativement faible. Le poids de 1000 grains varie entre 43.31 et 57.11 grs pour Waha et entre 52.11 et 57.62 grs pour Acsad 65.

Rendement grains (qx / ha)

L'effet du régime hydrique sur le rendement grains est systématique ($p < 0.0001$) (tableau IV). Cette réponse à l'eau a été observée par plusieurs auteurs. En effet, Bouzerzour et Oudina (1990), ont obtenus un rendement de 56.10 qx/ha et 6.8 qx/ha respectivement pour le régime irrigué et le pluvial. Rahman et al (1983), ont trouvé que l'irrigation d'appoint a amélioré les rendements de 24% par rapport au pluvial. Kribaa (1992) et Chennafi (1996) ont constaté une différence très hautement significative entre les traitements irrigués et non irrigués. Le nombre de grains par mètre

carré présente des corrélations très hautement significatives avec le rendement grains pour les deux variétés (fig 6 et 7). Selon Magrin (1990), les irrigations sont plus avantageuses avant la floraison puisque les rendements sont fortement liés au nombre de grains par mètre carré. La relation entre le nombre de grains par épi est très hautement significative pour Waha et significative pour Acsad 65 (fig 8 et 9). L'effet variété est non significatif, malgré que les meilleurs rendements sont obtenus par la variété Waha.

Tableau I. Effet du régime hydrique sur le peuplement épis

<i>Régimes Hydriques</i>	<i>Nombre d'épis par m²</i>
Régime pluvial	176.67 C
Régime tallage	218.33 A
Régime redressement	205.17 AB
Régime gonflement-épiaison	198.83 B
Régime fréquent	223.17 A
Moyenne générale	204.43
Ecart-type	22.49

Les lettres A,B,C... désignent les groupes homogènes du test Newman-Keuls au seuil choisi 5%

Tableau II. Effet variété sur le peuplement épis.

<i>Variété</i>	<i>Nombre d'épi au mètre carré</i>
Waha	213.53 A
ACSAD65	195.33 B

Tableau III. Effet du régime hydrique sur le nombre de grains/m²

<i>Régimes hydriques</i>	<i>Nombre de grains par mètre carré</i>
Régime pluvial	8034.20 C
Régime tallage	11597.03 A
Régime redressement	10733.10 AB
Régime gonflement-épiaison	10472.84 B
Régime fréquent	11597.03 AB
Moyenne générale	10532.63
Ecart-type	1723.25

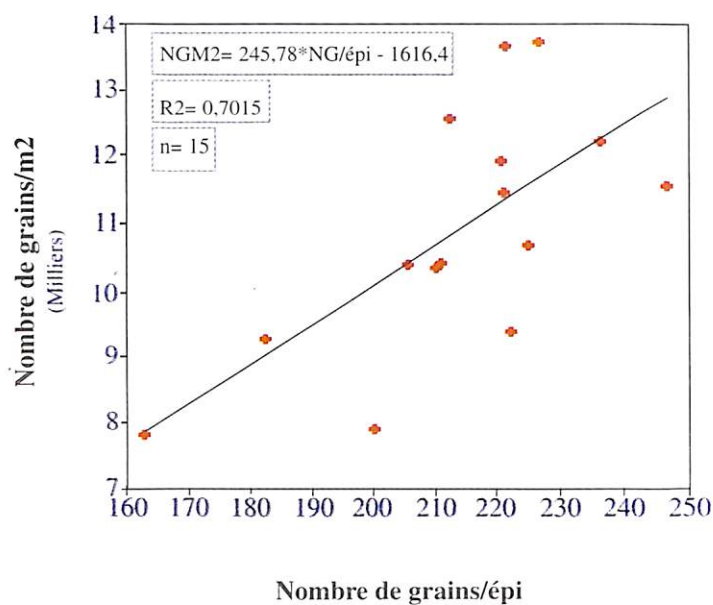


Fig 4. Evolution du nombre de grains par mètre carré en fonction du nombre de grains par épi (Waha).

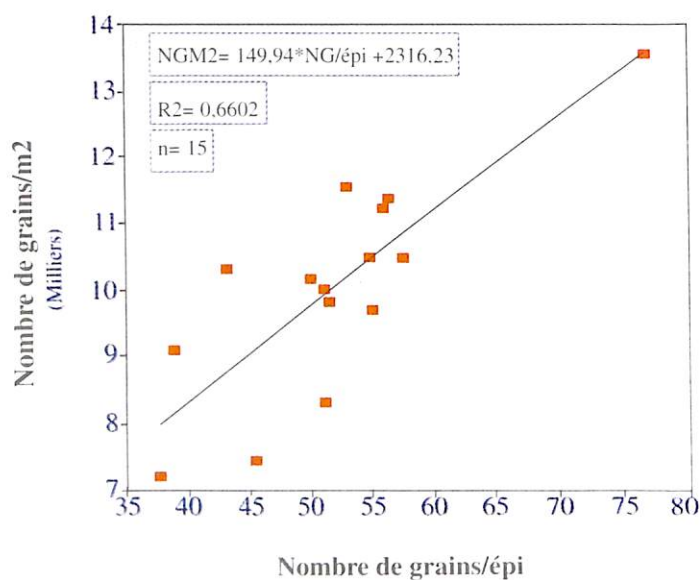


Fig 5. Evolution du nombre de grains par mètre carré en fonction du nombre de grains par épi (Acsad 65)

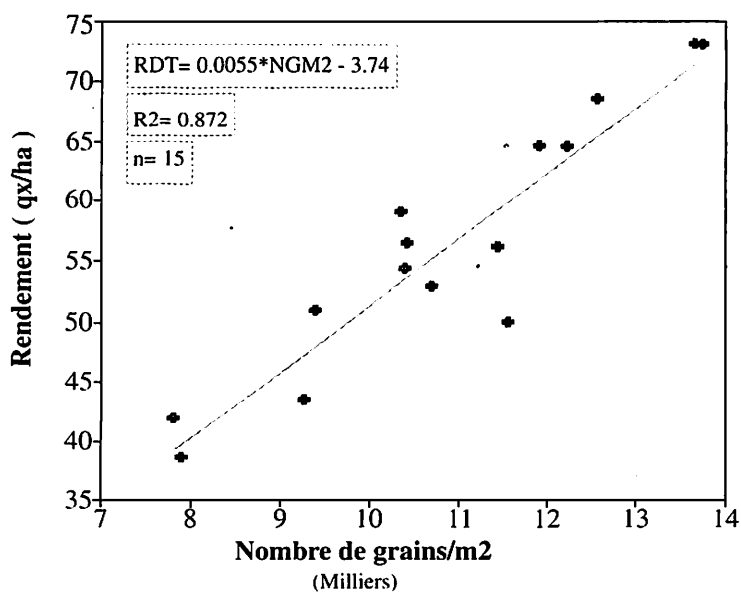


Fig 6. Evolution du rendement grains en fonction du nombre de grains par mètre carré (Waha)

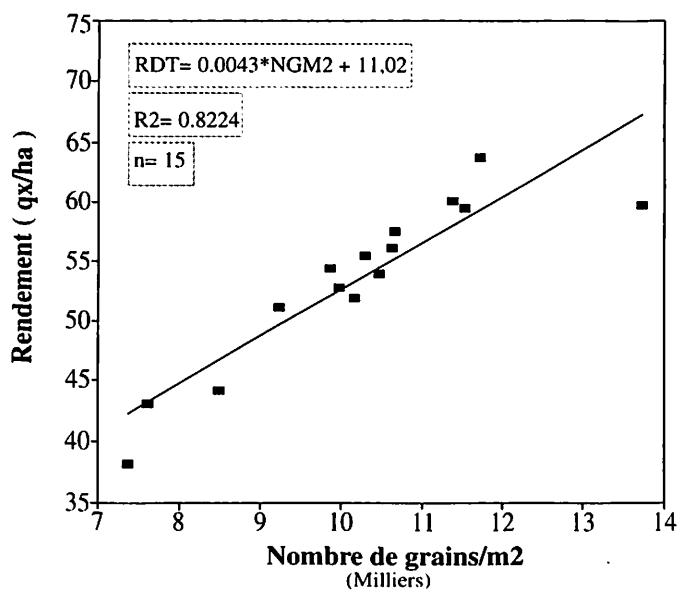


Fig 7. Evolution du rendement grains en fonction du nombre de grains par mètre carré (Acsad 65)

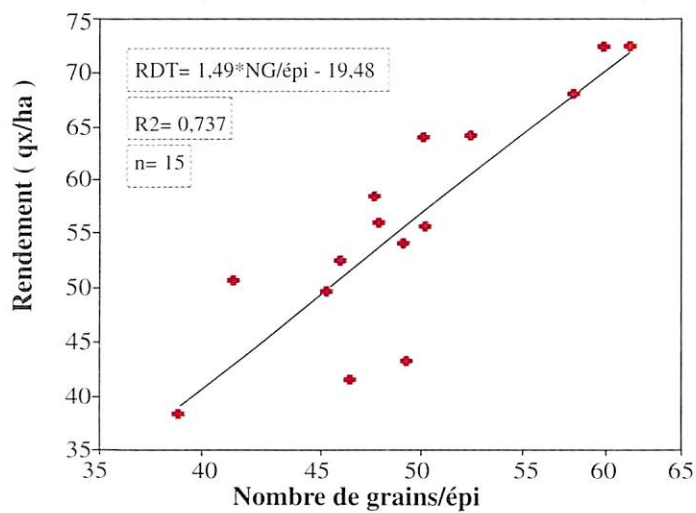


Fig 8. Evolution du rendement grains en fonction du nombre de grains par épi (Waha)

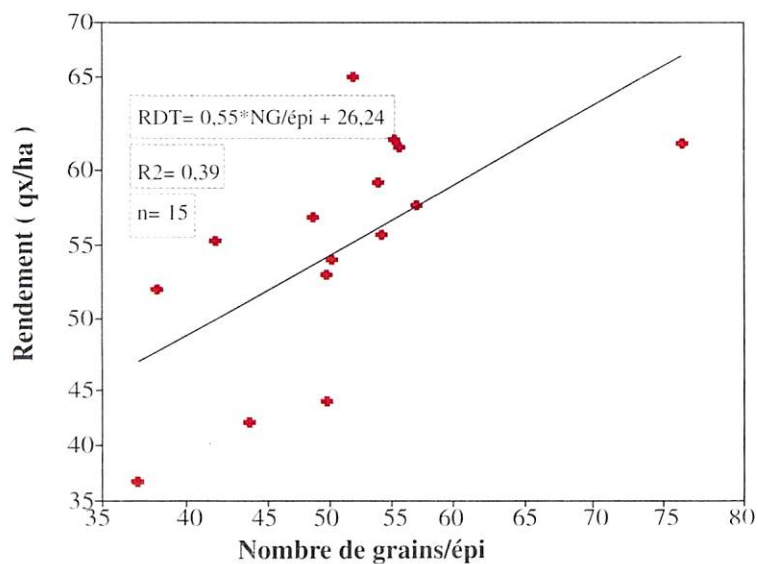


Fig 9. Evolution du rendement grains en fonction du nombre de grains par épi (Acsad 65)

Tableau IV : Effet du régime hydrique sur le rendement grains

<i>Régimes hydriques</i>	<i>Rendement grains (qx/ha)</i>
Régime pluvial	41.73 C
Régime tallage	64.29 A
Régime redressement	56.18 B
Régime gonflement-épiaison	55.85 B
Régime fréquent	61.59 AB
Moyenne générale	55.93
ecart-type	9.20

CONCLUSION

La recherche d'un optimum de la production passe par l'amélioration de chaque composante du rendement du blé, ce qui permet de le garantir au mieux, d'où l'intérêt pratique d'une irrigation d'appoint.

L'analyse des composantes du rendement montre l'apport considérable de l'eau dans la détermination de la production. En effet, l'irrigation d'appoint a amélioré le rendement. Cependant, cette amélioration reste dépendante de la phase d'apport et de la quantité apportée. L'augmentation du rendement en grains par rapport au régime pluvial était de 16.53 qx/ha pour Waha et de 16.57 qx/ha pour Aesad 65.

L'analyse des composantes du rendement du blé montre que le nombre de grains par mètre carré et le nombre de grains par épi sont ceux qui déterminent l'essentiel de sa variabilité.

Ceci justifie l'efficacité de l'irrigation pendant les phases de formation de ses deux composantes pour espérer un rendement grains élevé. Le gain en rendement dû à l'irrigation d'appoint a été en moyenne de 17.04 qx/ha pour un seul apport d'eau et de 19.86 qx/ha pour le régime fréquent (pour les deux variétés confondues).

REFERENCES

- Baghdadi I. (1991) Irrigation of cereals in Algeria. In: *Supplemental irrigation in the Near East and North Africa*, Perrier E. R. et Salkin A. B. 315-325.
- Baldy C. (1974) Etude fréquentielle du climat, son influence sur la production des principales zones céréalières d'Algérie. Doc. C.C.C.E. Paris. 152p
- Benmaza (1992) Céréales: produit stratégique. *El-Tadhi* 11
- Boutfiras M. (1990) Irrigation d'appoint et efficacité d'utilisation de l'eau en zones semi-arides. Cas du blé tendre. Thèse de 3ème cycle. I.A.V. Hassen II Rabat
- Bouzerzour H., Oudina M. (1990) The response of durum wheat to early sowing and supplemental irrigation in the high plateaux of Algeria. *Rachis* 9, 22-25
- Chennafi H. (1996) Optimisation de l'apport d'appoint d'eau à différents stades végétatifs sur trois variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Cas des hautes plaines Sétifiennes. Thèse Magister. INA, El-Harrach. 62p
- Johnson R. C., Kanemasu E. T. (1982) The influence of water availability on winter wheat yield. *Can. J. Plant Sci.* 62, 831-838
- Kribaa M. (1992) Contribution à l'étude de l'irrigation d'appoint et de la fertilisation azotée d'un blé dur (Waha) en zones semi-arides. Cas des hautes plaines Sétifiennes. Thèse Magister. INA, El

- Magrin G (1990) Facteurs de stress agissant sur la production de blé en Argentine. Evaluation de mécanismes d'adaptation à la sécheresse. Thèse de DDI, ENSA, Montpellier, 93p
- Mohamed Ali G H (1990) Effect of irrigation interval on bread wheat yield and yield components in Northern Soudan. *Rachis* 9, 34-43
- Morris M L, Belaid A (1991) Wheat and barley production in rainfull marginal environments of the WANA region. Cimmyt World wheat Facts and Trends, 50p
- Rahman S M, Basak B C, Habibullah A K M et al (1983) Responses of wheat cultivars to irrigation and fertiliser application. *Agricultural Mechanisation in Asia, Africa and Latin America*, 14, 55-60
- Singh B N, Hazarida W K, Sirivaslava S P (1984) Effect of irrigation based on physiological stages of growth, yield and water use efficiency of wheat Indian. *Ind.J Agri.Sci*, 54 (12), 1052-1055.
- Srivastra J P, Damania A B, Pecetti L (1988) Landraces, primitives forms and wilds progenitors of durum wheat: their use in dryland agriculture. VII International Wheat Genetic Symposium, Cambridge, UK, 617-625.