

Utilisation des Conditionneurs de Sol sous Irrigation Saline : Effet sur le Blé

A. Hamdy,

CIHEAM/Institut Agronomique Méditerranéen

Valenzano (Bari)

Italie

P. Sfeir

Université de Beyrouth

Liban

Mots-clés : Blé, irrigation saline, conditionneur de sol

Résumé : Cette expérience fait partie des premiers essais pour explorer l'utilisation de conditionneurs de sol comme outil de gestion pour l'irrigation avec de l'eau saline. L'essai a été mené pour élucider l'impact de l'utilisation du conditionneur de sol "Barbary Plant G2" dans différentes proportions (contrôle, 10, 20 et 30 g l⁻¹ de sol) avec 4 niveaux d'irrigation saline (0,9, 3, 6 et 9 dS m⁻¹) sur les paramètres de croissance et le rendement du blé.

Les résultats obtenus montrent que le conditionneur de sol interfère fortement avec le développement normal des plantes, donnant un meilleur rendement en termes de quantité et de qualité. La présence du conditionneur améliore le développement des parties racinaire et végétative, donnant aux plants de blé un rapport shoot/root plus ou moins égal.

Cela s'est reflété dans le rendement final, notamment sous irrigation avec des eaux de concentration saline relativement élevée (9 dS m⁻¹), où la production de grains était près de trois fois supérieure à celle enregistrée en l'absence du conditionneur de sol et avec une irrigation pratiquée avec de l'eau douce (0,9 dS m⁻¹).

Sous des pratiques d'irrigation saline, le mélange du sol avec le polymère BP a entraîné une augmentation notable du rendement en grains ; cependant, une telle amélioration n'a pas été obtenue avec les sels accumulés dans le sol.

Les mécanismes d'action de ces polymères ne sont pas très bien clarifiés. Leur manipulation sécurisée nécessiterait d'autres études, incluant des paramètres plus spécifiques qui pourraient illustrer les mécanismes d'action des polymères.

Une meilleure compréhension de ces composés polymériques facilitera l'utilisation des eaux de qualité marginale et ouvrira la voie à une nouvelle intensification agricole plus sûre, plus économique et à des attentes de productivité plus élevées.

Introduction

La croissance rapide de la population, associée au développement socio-économique, industriel et agricole, a entraîné une augmentation substantielle de la demande en eau, exerçant de fortes pressions sur les ressources en eau limitées dans le monde entier. L'utilisation intensive des ressources en eau a conduit à une exploitation accrue de leur renouvelabilité naturelle et à une détérioration de la qualité de l'eau restante.

L'utilisation d'eau de faible qualité a prouvé au cours des dernières années que, malgré le potentiel de rendement possible, ses répercussions sur le sol sont très dommageables et dans la plupart des cas les effets sont irréversibles.

Ces changements se produisent dans les propriétés physiques et chimiques du sol et dans la plupart des cas, ils sont nuisibles aux capacités productives du sol (Agussi et al., 1981; Gupta et Pahwa, 1981; Ayers et al., 1985; Mashali, 1995; Zurayk, 1995; Oster et Shroer, 1997).

Par conséquent, l'utilisation de l'eau de qualité marginale nécessiterait une planification minutieuse et des manœuvres particulières dans sa gestion.

Son maniement adéquat imposerait des pratiques de gestion plus complexes ainsi que des procédures de surveillance très strictes par rapport à une utilisation plus simple, plus facile et plus pratique nécessitant une bonne qualité d'eau (Hamdy), 1994, 1996).

Une des stratégies recommandées pour la réhabilitation des sols est le conditionnement du sol, qui appelle à l'utilisation de substances naturelles ou de produits chimiquement synthétisés aptes à améliorer l'état du sol, en termes de ses propriétés conductrices pour la redistribution des pores afin de fournir un meilleur milieu pour une croissance adéquate des plantes (Zahow et Amrhein, 1992; Bouranis et al., 1995 et 1998; Ben-Hur et Keren, 1997).

Par conséquent, ce travail a été conçu pour tester l'impact de l'utilisation du conditionneur "Barbary-Plant G2" sous des pratiques d'irrigation saline, sur les paramètres de croissance des plantes et le rendement, et pour caractériser le rôle que le conditionneur de sol pourrait jouer dans la réduction de la charge saline dans le sol et la distribution du sel dans la zone racinaire active.

Matériaux et Méthodes

L'expérience a été réalisée au cours de l'année 1998/1999 dans la serre couverte de l'Institut Agronomique Méditerranéen de Bari dans le sud de l'Italie ; ce dernier est situé à une altitude de 72 m, une latitude de 41,02° N et une longitude de 41° 03' 16" E. La température à l'intérieur de la serre était toujours maintenue à 20° C comme valeur minimale grâce à un système de chauffage et d'aération automatisé.

La configuration de base de l'unité expérimentale comprend une variété de blé (*Triticum durum*), un échantillon de texture limoneuse, quatre traitements d'eau saline (eau douce, 3 dS m⁻¹, 6 dS m⁻¹, 9 dS m⁻¹) et quatre ratios du conditionneur Barbary-Plant G2 (zéro, 10 g L⁻¹, 20 g L⁻¹, 30 g L⁻¹ de sol).

Chaque traitement a été répété quatre fois, donnant un total de 64 unités expérimentales. Des pots en plastique d'un volume d'environ 25 litres chacun ont été utilisés.

Un sol à texture limoneuse a été sélectionné pour cette étude avec les propriétés physiques et chimiques suivantes (Tableau 1). Le blé *Triticum durum* Desf (cv. Appulo) a été pris comme plante indicatrice. Le cycle de vie du blé est de 120 à 150 jours, variant selon qu'il s'agit d'une production de blé d'hiver ou de printemps.

Quatre qualités d'eau d'irrigation ont été utilisées (0,9, 3, 6 et 9 dS m⁻¹). Les différentes concentrations d'eau ont été préparées en mélangeant de l'eau douce (EC de 0,9 dS m-

1) avec de l'eau de mer (EC de 49 dS m⁻¹) selon certains ratios prédéterminés en utilisant la formule fournie par Ayers et Westcot, (1989) ; cependant, des ajustements dans l'EC de l'eau saline ont été faits par essais et erreurs. L'analyse chimique de l'eau d'irrigation est représentée dans le (Tableau 2).

Conditionneur de sol : Barbary-Plant G2

Il s'agit d'un polymère de deuxième génération de type hydrogel, composé de copolymère acrylamide-réticulé de sodium acrylate. Comme recommandé par la société, le Barbary-Plant G2 doit être ajouté à un taux de 20 g par litre pour la culture en pot.

Pour les besoins de la recherche, 3 proportions de conditionneur de sol en plus du contrôle sans conditionneur ont été utilisées (Tableau 3).

La quantité de conditionneur à ajouter à chaque pot a été calculée en tenant compte du poids de sol contenu dans chaque pot d'environ 35 kg, correspondant à un volume de pot d'environ 25 l.

Les portions calculées ont été trempées dans des contenants ayant les volumes d'eau correspondants et laissées pendant quelques heures pour atteindre une absorption complète de l'eau et un gonflement maximal.

Elles ont ensuite été soigneusement mélangées avec le sol contenu dans le pot jusqu'à une profondeur de 15 cm.

Procédures expérimentales

Le pot a été rempli de sol comme suit :

- La partie inférieure à une profondeur de 15-25 cm à partir du haut du sol a été remplie avec le sol étudié sans le conditionneur de sol.
- La partie supérieure de 0-15 cm de profondeur a été remplie avec le sol qui avait été homogènement mélangé avec BP-G2.

Pour suivre l'évolution de l'accumulation et de la distribution du sel dans les différentes couches de sol lors des événements d'irrigation successifs, des tasses poreuses ont été installées dans deux réplicats pour chaque traitement salin.

Dans chaque pot, deux tasses poreuses ont été insérées, la première au milieu de la couche de surface (0-15 cm), soit à 7,5 cm de la surface du sol, et la deuxième à 20 cm de la surface, soit au milieu de la couche inférieure (15-25 cm).

Les graines ont été semées à une densité de 40 graines/pot le 18 janvier 1999.

La germination et l'établissement des semis ont été effectués sous irrigation avec de l'eau douce. Le 3 février 1999, lorsque les semis étaient bien établis, l'éclaircissage a été effectué pour uniformiser le nombre de plants à 30 semis par pot.

Immédiatement après l'éclaircissage des plantes, la fertilisation a été effectuée dans tous les pots, indépendamment de la présence du conditionneur de sol, en utilisant du KH₂PO₄ comme source de potassium et de phosphore à un taux correspondant à 30 kg/ha P₂O₅ et 60 kg/ha K₂O, et l'irrigation avec différents traitements d'eau saline a été commencée.

Irrigation et pratiques de gestion de l'eau

En considérant les conditions climatiques relativement fraîches de la région pendant la période de croissance des plantes, l'irrigation a été faite tous les 4-5 jours. Le besoin en eau a été calculé sur la base de la capacité au champ du sol contenu dans le pot.

Le volume correspondant à chaque application d'irrigation a été déterminé comme suit :
 $V(\text{ml}) = (\text{FC}) - (\text{MC}) \times (\text{Poids sec du sol})$

où :

- FC = capacité au champ (36 % pour ce sol)
- MC = teneur en humidité du sol avant irrigation
- Poids sec du sol = 35 kg

Les plantes ont été arrosées jusqu'à atteindre la capacité au champ du sol en utilisant la quantité calculée. Tous les pots ont été pesés après chaque irrigation pour suivre le processus d'irrigation et pour avoir une idée des pertes d'eau par évapotranspiration.

Le programme de gestion des irrigations a été appliqué pour une période de 130 jours (du 5 février au 15 juin 1999).

Collecte des données et analyse statistique

Au stade final de maturité du blé, les plantes ont été récoltées le 15 juin 1999. Les mesures suivantes ont été prises pour chaque pot :

- Nombre de plants par pot
- Longueur des racines et de la partie aérienne
- Poids frais et sec des racines et des parties aériennes
- Poids des grains

Les échantillons d'eau des tasses poreuses ont été prélevés tous les 15 jours pour évaluer la teneur en sels dans les différentes couches de sol. L'EC de l'eau a été déterminée en laboratoire.

Les données obtenues ont été analysées statistiquement en utilisant l'analyse de variance (ANOVA) pour évaluer les différences significatives entre les traitements.

Résultats et discussion

Les résultats montrent que l'utilisation du conditionneur de sol a un effet significatif sur la croissance et le rendement du blé. Les plants cultivés dans des sols traités avec BP-G2 ont montré une meilleure croissance des racines et des parties aériennes par rapport aux témoins. Le rendement en grains était également significativement plus élevé dans les sols traités avec le conditionneur, même sous des conditions d'irrigation saline élevée.

L'effet du conditionneur sur la réduction de l'accumulation de sel dans le sol a également été observé. Les analyses des échantillons d'eau montrent une diminution de l'EC dans les couches supérieures du sol, indiquant une meilleure distribution et réduction de la charge saline.

En conclusion, l'utilisation du conditionneur de sol BP-G2 pourrait être une stratégie prometteuse pour améliorer la productivité des cultures et gérer la salinité du sol sous

irrigation saline. Des études supplémentaires sont nécessaires pour comprendre les mécanismes exacts par lesquels ces polymères affectent la croissance des plantes et la dynamique des sels dans le sol.

Littérature citée

- Agussi, M., Shainberg, I. and Morin, J. 1981. Effects of electrolyte concentration and soil sodicity on infiltration rate and crust formation. *Soil Sci. Amer. Proc. J.* (45): 848-851.
- Ayers, R.S and Westcott, D.W. 1985. *Water Quality for Agriculture*. FAO Irrigation Drainage Paper 29 (Rev. 1). 174 pp.
- Ben-Hur, M. and Keren, R. 1997. Polymer effects on water infiltration and soil aggregation. *SSSA J.* 61 (1): 565-570.
- Bouranis, D.L., Theodoropoulos, A.G. and Drossopoulos, J.B. 1995. Designing synthetic polymers as soil conditioners. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.* 26: 1455-1480.
- Bouranis, D.L. 1998. Designing Synthetic Soil Conditioners via Postpolymerization Reaction. p. 333-361. In: A. Wallace and R. Terry. (eds.), *Handbook of Soil Conditioners*.
- De Boodt, M. 1975. Use of Soil Conditioners Around the World, SSSA. Special Publ., p.1-12.
- De Boodt, M. 1990. Application of Polymeric Substances as Physical Soil Conditioners. Chapter 19. In: *Soil colloids and their associations in aggregates*. NATO ASI Series B.: Physics Volume.
- Gupta Pahwa, K.N. 1981. *Int. Research on Saline Waters. An Annotated Bibliography (1950-1980)*. Agric. Publ. Academy, New Delhi, India, 394 p.
- Hamdy, A. 1994. Saline irrigation: management for sustainable use. 8. IWRA World Congress on Water Resources. Special Session. Cairo, 21-25 Nov. p. 1-48.
- Hamdy, A. 1996. *Saline Irrigation: Assessment and Management Consideration Techniques*. Halophytes and Biosaline Agriculture, Choukr-Allah, R.; Malcolm, C.V.; Hamdy, A. (eds.), Dekker, USA, p.147-179.
- Mashali, A. 1995. Availability of nutrients, fertilizers management and crop tolerance under saline conditions. *Proc. of the Regional Workshop on: Management of Salt Affected Soils in the Arab Golf State, Abudhabi, 20 Oct - 2 Nov 1995*, p. 99-111.
- Oster, J.D. and Schroer, F.W. 1979. Infiltration as influenced by irrigation water quality. *Soil Sci. Amer. Proc. J.* 43: 444-447.
- Seybold, C.A. 1999. Polyacrylamide review: soil conditioning and environmental fate. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 2 (11-12): 21-71.
- Zahow, M.F. and Amrhein, C. 1992. Reclamation of a saline sodic soil using synthetic polymers and gypsum. *SSSA J.* 56: 1257:1260.
- Zurayk, R. 1995. Soil-plant water relationships in salt affected soils. *Proc. of the Regional Workshop on: Management of Salt Affected Soils in the Arab Golf State, Abudhabi, 20 Oct - 2 Nov 1995*, p.113-120.

Tables

Table 1. Some physical and chemical properties of the investigated soil.

Physical Properties										
Texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Bulk density	Water content by weight (%)					
					F.C	W.P	A.W			
Loamy	51.0	23.0	20.0	1.4	25.5	14.8	10.7			
Chemical Properties										
EC (dS m ⁻¹)	PH	Soluble Anions (meq l ⁻¹)				Soluble Cations (meq l ⁻¹)				O.M.(%)
		CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	
0.98	7.92	6.00	3.50	6.00	1.20	4.10	3.90	1.85	0.95	1.05

Table 2. Chemical analysis of irrigation water.

EC (dS m ⁻¹)	Soluble anions (meq l ⁻¹)				Soluble cations (meq l ⁻¹)				SAR
	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	
0.9	0.0	6.0	0.4	3.2	4.0	3.4	1.6	0.6	0.83
3.0	0.0	4.6	0.7	24.8	6.0	10.2	18.7	1.2	6.57
6.0	0.0	5.2	1.6	53.2	6.8	16.7	40.0	2.4	11.67
9.0	0.0	5.5	1.9	90.4	23.7	23.7	60.0	3.6	14.93

Table 3. Barbary-Plant G2 treatments.

Barbary-plant G2 ratios	Quantity g/pot	Water volume in litres
0 grams	0	0.00
10 grams/l	250	2.25
20 grams/l	500	4.50
30 grams/l	750	6.75

Table 4. The different plant growth parameters with respect to the different treatments at the flowering stage.

Parameters	BP Ratio	Irrigation Water Salinity				Mean
		FW	3 dS m ⁻¹	6 dS m ⁻¹	9 dS m ⁻¹	
Plant Height (cm)	Control	73.25	63.50	59.00	53.00	62.19
	10 g l ⁻¹	81.25	81.25	69.00	70.00	75.38
	20 g l ⁻¹	87.75	76.50	77.00	73.50	78.69
	30 g l ⁻¹	90.00	83.50	74.00	76.70	81.05
	Mean	83.06	76.19	69.75	68.30	
Leaf Area (cm ² /plant)	Control	58.10	48.82	47.56	44.10	49.65
	10 g l ⁻¹	130.93	118.81	91.52	79.80	105.27
	20 g l ⁻¹	139.40	115.11	107.79	106.21	117.13
	30 g l ⁻¹	161.70	143.45	126.92	118.71	137.70
	Mean	122.53	106.55	93.45	87.21	
Dry Matter (g/plant)	Control	1.34	0.81	0.68	0.59	0.85
	10 g l ⁻¹	1.49	1.56	1.18	1.58	1.45
	20 g l ⁻¹	1.54	2.09	2.11	1.62	1.84
	30 g l ⁻¹	2.74	2.06	1.72	2.03	2.14
	Mean	1.78	1.63	1.42	1.45	

Table 5. Summary of Anova for plant height, leaf area and vegetative dry matter, significance of the sources of variation and error values.

Parameters	Source of variations and D.F.								
	Treatments	BP ratio (BP)		Water salinity (W)			Interaction (BP * W)	Error	
	(15)	(3)	L	Q	(3)	L	Q	(9)	(30)
Plant height	**	**	*	**	ns	ns	ns	*	0.21.124
Leaf area	**	**	*	**	**	**	ns	**	43.235
Dry matter	**	**	**	ns	*	*	ns	ns	0.087

** : significant at 0.01 level

* : significant at 0.05 level

ns not significant

Table 6. Shoot / Root ratios (as fresh weight) at harvest time.

Treatments	EC _i values			
	0.9 dS m ⁻¹	3 dS m ⁻¹	6 dS m ⁻¹	9 dS m ⁻¹
Control	1.43	1.75	1.86	2.71
BP 10 g l ⁻¹	2.62	3.10	3.47	3.31
BP 20 g l ⁻¹	2.68	3.88	4.22	3.97
BP 30 g l ⁻¹	2.19	3.22	2.89	3.71

Table 7. Summary of ANOVA for different yield parameters. Significance of the source of variation and error values.

Studied Parameters	Source of variations and D.F.								
	Treatments	BP ratio (BP)		Water salinity (W)			Interaction (BP * W)	Error	
	(15)	(3)	L	Q	(3)	L	Q	(9)	(30)
Straw weight (g/plant)	**	**	*	*	ns	ns	ns	ns	0.038
Root weight (g/plant)	**	**	**	ns	*	ns	ns	ns	0.054*10 ⁻²
Grain weight (g/plant)	**	**	*	**	ns	**	ns	ns	0.065

** : significant at 0.01 level

* : significant at 0.05 level

ns : not significant

Figures

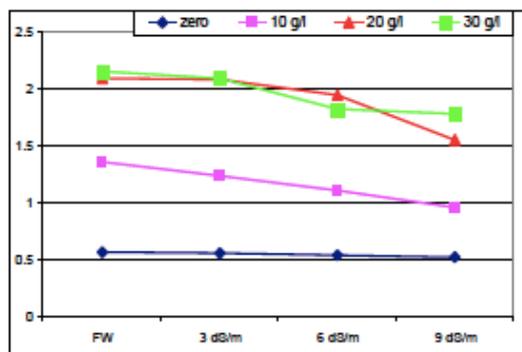


Fig. 1. Straw dry weight (g/plant) at harvesting time.

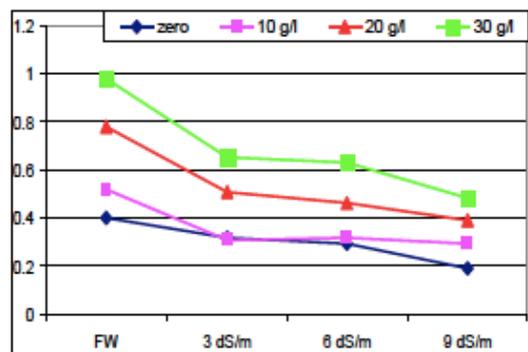


Fig. 2. Root dry weight (g/plant) at harvesting time.

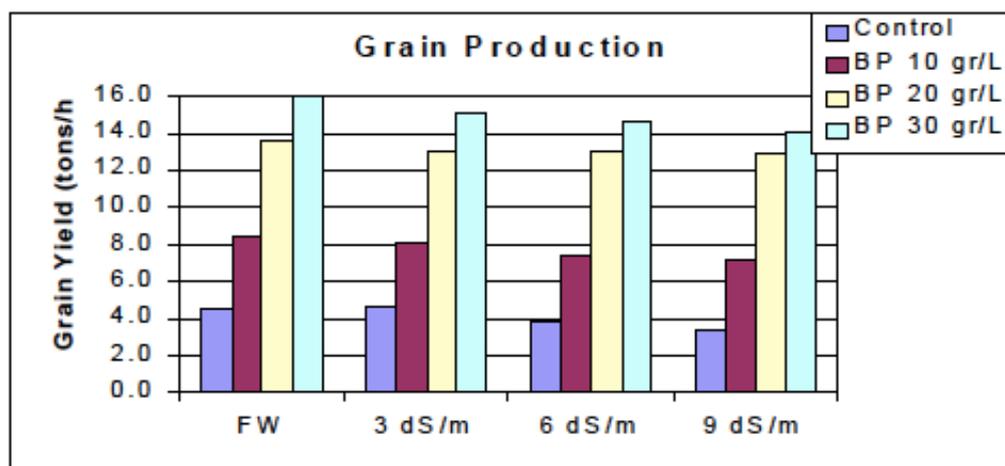


Fig. 3. Grain yield production for the different treatments

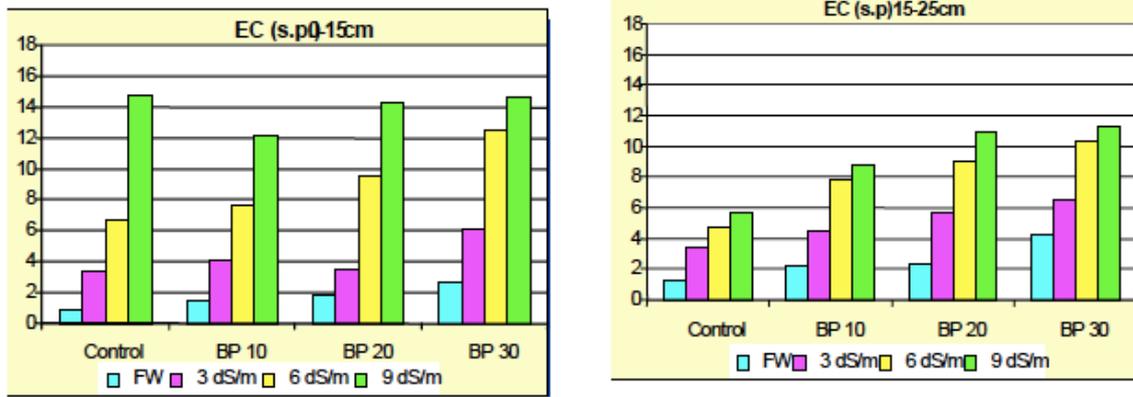


Fig. 4. EC values (dS m^{-1}) under different irrigation treatments.