مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الزراعية – المجلد |18| العدد |5| 1996
عـــدد خـــاص بالنـــدوة الســـورية الأولـــى لعـــلوم التـــربة 12-14 أيـــار 1996

أثر استخدام كميات متزايدة من الأمونيوم (NH_4^+) أو النترات (NO_3^-) على نمو نباتات الذرة البيضاء (Sorghum vulgare durra) المزروعة في تربة كلسية ومحتوى هذه النباتات من بعض العناصر الغذائية

الدكتور نديم خليل*

❐ ملخص ❐

من المعروف أن الذرة البيضاء من النباتات الكارهة للكلس، فهي تتحمل بشكل سيئ وجود $CaCO_3$ في وسط الزراعة، كما تظهر عليها أعراض الشحوب الكلسي لدى زراعتها في تربة كلسية.

قمنا خلال هذا البحث بزراعة نباتات الذرة البيضاء في أصص تحتوي على تربة كلسية متباينة في محتواها الآزوتي سواء من حيث شكل الآزوت (NH_4^+ أو NO_3^-) أو كميته المضافة لكل أصيص، حيث تم استخدام أربع مستويات من الآزوت.

استمرت التجربة حوالي |12| أسبوع دخلت النباتات في نهايتها مرحلة الإزهار. بعد ذلك حصدت النباتات ثم جففت وقدرت فيها كل من العناصر (Mg, Ca, K, P, N). تشير النتائج التي توصلنا إليها خلال بحثنا هذا إلى أن نباتات الذرة البيضاء قد استطاعت مقاومة الشحوب الكلسي في معاملات الأمونيوم، في حين ظهرت عليها أعراض هذا المرض في كل من الشاهد والمعاملات النترانية.

النتائج الأخرى التي حصلنا عليها والمتعلقة بأثر الشكل الآزوتي المقدم للنباتات وكميته على الوزن الجاف لهذه النباتات ومحتواها من بعض العناصر الغذائية وخاصة (Ca, K, P) تميل لصالح تفضيل استخدام الشكل (NH_4^+) على الشكل (NO_3^-) وبفروقات معنوية واضحة على أن تحدد كميات أسمدة الأمونيوم اللازمة بدقة.

* أستاذ مساعد في قسم التربة واستصلاح الأراضي بكلية الزراعة – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

Influence du type et de la quantité d'azote sur le développement et de la composition minérale de sorgho (Sorghume Vulgare Durra) cultivée en sol calcaire

Dr. Nadim KHALIL*

❐ RÉSUMÉ ❐

Le Sorgho étant une plante calcarifuge, et supportant mal la présence de $CaCO_3$ dans son milieu, il manifeste des symptômes chlorotiques et pouvant être dans ce sens une plante indicatrice. De ce fait il a été retenu pour tester les effets de quatre niveaux nutritionnels azotés sous forme nitrique (NO_3^-) ou ammoniacale (NH_4^-).

Les cultures ont été effectuées dans des vases de végétation contenant chacun 4.5 kg. de sol provenant d'un sol calcaire. Les vases ont été mis dans une serre, et le nombre de plantules s'est reduit à deux, 15 jours après le semis.

Les résultats des traîtements ammoniacaux mettent bien en evidence la résistance de Sorgho à la chlorose Calcaire. Alors que les symptômes chlorotiques ont été quasi présents sur les plantes de témoin (sans apport azote) et sur les plantes des traîtements nitriques.

Par ailleurs, il est apparu que la plus faible dose de traîtement ammoniacal [$(NH_4^-)_1$] s'accompagnait d'un meilleur développment de plantes (13.16 gr. matière séche). Celà peut se correler avec l'amélioration observée de l'absorption de (P) et de (K). A l'exception de la dose précédente [$(NH_4^-)_1$] ou l'absorption de (Ca) paraît être limitée l'augmentation de N-NH_4 ajouté a réduit significativement le poids sec des plantes. Il faut signaler que pour ces doses, la quantité de (Ca) prélevée par la plante a suivi une corrélation positive avec N-NH_4.

Parmi les traîtements nitriques, la dose $(NO_3^-)_2$ a permis un meilleur développement (10.92 gr. matière séche). Cependant son effet reste en dessous de $(NH_4^-)_1$ bien que la quantité de (N) ajoutée au dernier soit 2 fois plus grande que celle ajoutée par la dose $(NO_3^-)_2$.

---

*Maître de conférences au Département de Sience du Sol, Faculté d'Agronomie, Université de Tichrine, Lattaquié - Syrie

1- مقدمة:

إذا كان الآزوت يحتل مكاناً بالنسبة لجميع العناصر الغذائية الأساسية للنبات - نظراً لارتفاع حاجة النباتات منه من جهة ونظراً لندرة وجوده في الصخور الأم التي نتجت عنها التربة من جهة أخرى- فإن استثمار الترب الكلسية، واسعة الانتشار في القطر العربي السوري، لا يزال يعاني من مشكلة كبيرة تكمن في ظهور أعراض الشحوب الكلسي على بعض النباتات المزروعة في تلك الترب.

تأخذ النباتات القسم الأعظم من احتياجاتها الآزوتية خلال فترة نموها النشطة حيث يلاحظ أن 60-80٪ من آزوت نباتات الحبوب الكلي يتم امتصاصه ما بين مرحلتي الإشطاء والإزهار (زيدان وآخرون 1993).

تتم التغذية الآزوتية للنبات بشكل رئيسي عبر الجذور التي تستطيع امتصاص كل من شاردتي النترات (NO_3^-) والأمونيوم (NH_4^+) الموجودتين في محلول التربة، علماً بأن هذه الجذور تستطيع امتصاص كل من النتريت وبعض الأحماض الأمينية والأميدات كاليوريا بشكل مباشر (Guignard 1979، زيدان وآخرون 1993، Jones and Darrah 1993). إن الامتصاص النشط للشوارد الآزوتية (NO_3^- أو NH_4^+) من قبل النباتات يعدل سلباً أو إيجابياً من قلوية الوسط (Callot et al. 1982, Alloush et al. 1990, Khalil et al. 1989, Jaillard 1985, Heller 1984)

فعندما يمتص النبات شاردة نترات سالبة يحرر في الوسط شاردة هيدروكسيل أو شاردة بيكربونات (OH^- أو HCO_3^-) مما يرفع pH الوسط، وعندما يمتص شاردة أمونيوم موجبة يحرر في الوسط بروتون هيدروجين (H^+) مما يخفض الـpH. هذا ويمكن لشوارد الأمونيوم أن تساهم في خفض pH الوسط من خلال عملية النترجة التي تتعرض لها في التربة وذلك وفقاً للمعادلة التالية:

$$NH_4^+ + 2O_2 \rightarrow NO_3^- + 2H^+ + H_2O$$

هذا الأثر الحامضي لشوارد الأمونيوم (NH_4^+) يزيد من مقاومة النباتات الحساسة للكلس للشحوب الكلسي حتى بوجود تراكيز مرتفعة من كربونات الكالسيوم في وسط الزراعة (Khalil et al. 1989, Agrawal and Nand 1987، خليل 1993، 1994) كما يساعد النباتات على مقاومة نقص الحديد (Alloush et al. 1990).

حاولنا خلال بحثنا هذا دراسة أثر الشكل الآزوتي المقدم للنبات (NO_3^- أو NH_4^+) وكميته على نمو نباتات الذرة البيضاء (Sorghum vulgare durra) ومحتواها من بعض العناصر المعدنية. لقد تم اختيارنا لهذا النبات نظراً لكونه من المحاصيل الاقتصادية متعددة الاستعمالات فهو يستخدم كعلف أخضر أو مركز للحيوانات، كما يمكن اعتبار حبوبه مادة قيمة لصناعة كل من النشاء والمواد الكحولية. هذا إضافة إلى أن الصنف المزروع من هذا النبات يعاني من أعراض الشحوب الكلسي عند زراعته في الترب الكلسية التي تحتل مساحة كبيرة من القطر العربي السوري.

2- طرق العمل والمواد المستخدمة:

2-1: تعريف بالتربة المدروسة:

كانت التربة المستخدمة في الزراعة عبارة عن تربة كلسية مأخوذة من حرم جامعة تشرين، بعد تنخيل التربة وتجفيفها هوائياً قمنا بقياس الـpH لمعلق التربة المائي المحضر بنسبة 1 تربة: 2.5 ماء مقطر، كما قدرنا كربونات الكالسيوم الكلية (بإضافة كمية زائدة من حمض كلور الماء HCl إلى التربة ثم معايرة الحمض الزائد) والفعالة (بطريقة Drouineau 1942 والآزوت الكلي بطريقة كجلدال كما قدرت السعة التبادلية للتربة بطريقة خلات الصوديوم وقدرت بعض الكاتيونات القابلة للامتصاص في هذه التربة (الكالسيوم والمغنيزيوم بطريقة الفيرسينات، الصوديوم والبوتاسيوم بواسطة جهاز اللهب). ويوضح الجدول رقم (1) نتائج هذه التحاليل للتربة المستخدمة في الزراعة.

الجدول رقم (1): بعض الخواص الكيماوية للتربة المستخدمة في الزراعة

pH	$CaCO_3$ %		N %	CEC م.م.	كاتيونات قابلة للامتصاص م.م./100 غ تربة			
	كلية	فعالة	كلي	/100غ	Ca	Mg	K	Na
7.9	40	14.4	آثار	19.5	14	3	0.41	0.78

2-2: تجهيز المعاملات للزراعة:

بعد تنخيل التربة، بمنخل أقطار فتحاته 0.5سم، وتجفيفها هوائياً ثم توزيعها في أصص بلاستيكية سعة 4.5كغ تربة جافة لكل أصيص، ثم قسمت الأصص إلى تسع مجموعات لا تختلف فيما بينها إلا بكمية وشكل الآزوت المضاف (شاهد، أربع معدلات متزايدة من NH_4^+، أربع معدلات متزايدة من NO_3^-). وبذلك تم تحضير تسع معاملات احتوت كل منها على خمس مكررات (الجدول رقم 2). هذا ولتفادي أثر شاردة الكبريتات ($SO4^-$) المرافقة للأمونيوم المضاف إلى معاملات (NH_4^+) على شكل سلفات أمونيوم تمت إضافة سلفات الصوديوم للمعاملات النترانية بكميات تحتوي على نفس كمية الكبريت الموجودة في سلفات الأمونيوم المضافة لمعاملات (NH_4^+)، وكذلك الحال بالنسبة للبوتاسيوم المرافق للنترات المضافة للمعاملات النترانية على شكل نترات البوتاسيوم فقد أضيف ما يعادله على شكل كلور البوتاسيوم إلى معاملات الأمونيوم. كما أضيف لكل أصيص /2/ غرام من فوسفات البوتاسيوم الحامضية (KH_2PO_4) لتأمين حاجة النباتات المزروعة من كل من الفوسفور والبوتاسيوم.

وهنا لابد من الإشارة إلى أن كافة الأملاح التي استخدمت في عملية الزراعة كانت أملاحاً مخبرية جيدة النقاوة، كما نوضح أن تحديد أوزان كل من سلفات الأمونيوم [$(NH_4)_2SO_4$] ونترات البوتاسيوم (KNO_3) قد تم بحيث تكون كمية الآزوت في كل من المعاملات النترانية مساوية تماماً لكمية الآزوت في نظيرتها من معاملات الأمونيوم، فـ/1.5/ غرام من سلفات الأمونيوم مثلاً

تحتوي على نفس كمية الآزوت الموجودة في /2.29/ غرام من نترات البوتاسيوم.

الجدول رقم (2): المعاملات التي تم تحضيرها وكمية الأملاح المضافة لكل معاملة (غرام/أص)

المعاملة / الملح	$(NH_4)_2SO_4$	KCl	KNO_3	Na_2SO_4
شاهد	–	–	–	–
$(NH_4^+)_1$	1.50	1.68	–	–
$(NH_4^+)_2$	3.00	3.36	–	–
$(NH_4^+)_3$	4.50	5.04	–	–
$(NH_4^+)_4$	6.00	6.72	–	–
$(NO_3^-)_1$	–	–	2.29	1.61
$(NO_3^-)_2$	–	–	4.58	3.22
$(NO_3^-)_3$	–	–	6.87	4.82
$(NO_3^-)_4$	–	–	9.16	6.42

2-3: الزراعة ومراقبة النباتات:

بعد خلط الأسمدة الخاصة بكل معاملة مع التربة، زرع في كل أصيص خمس حبات من الذرة البيضاء، ثم رويت الأصص ووضعت في البيت البلاستيكي التابع لكلية الزراعة وذلك يوم 1995/3/5 وبعد ستة أيام بدأ الإنبات. بعد شهر من الزراعة فردت النباتات بحيث تم الإبقاء على نباتين فقط في كل أصيص. أما بالنسبة للري فقد كانت الأصص تروى كلما دعت الحاجة.

2-4: الحصاد وتجفيف النباتات وتجهيزها للتحليل:

حصدت النباتات يوم 1995/5/27 وذلك بعد وصولها إلى مرحلة الإزهار، حيث قصت على ارتفاع /2/سم من سطح التربة، ثم جففت على حرارة 65°م لمدة /48/ ساعة. بعد ذلك وزنت النباتات الجافة الخاصة بكل مكرر ثم حسبت المتوسطات الحسابية لأوزان نباتات كل معاملة على حدة والانحرافات المعيارية عن المتوسطات الحسابية، بعد ذلك تمت مقارنة المتوسطات الحسابية للمعاملات المختلفة بتطبيق معامل ستودنت (Student) عليها. ثم طحنت العينات النباتية على شكل بودرة ناعمة لتجهيزها لعملية الهضم.

2-5: هضم العينات النباتية لتقدير الآزوت الكلي:

تم هضم /1/غ من البودرة النباتية الجافة في وسط حمض الكبريت الكثيف

وبوجود خليط من سلفات البوتاسيوم والسيلينيوم لضمان ارجاع كافة اشكال الآزوت الموجودة في النبات إلى جذر الأمونيوم (NH_4^+). بعد ذلك تم تقطير النشادر بطريقة كجلدال وحسبت النسبة المئوية للآزوت في نباتات كل مكرر بعد معايرة ماءات الأمونيوم الناتجة عن التقطير، ثم حسبت المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لقيم تراكيز الآزوت في النباتات الخاصة بكل معاملة وقورنت هذه المتوسطات بين المعاملات بتطبيق معامل (Student).

2-6: هضم العينات النباتية لتقدير بعض العناصر المعدنية:

بعد ترميد العينات النباتية، أذيب الرماد في حمض البيركلوريك النظامي ($HClO_4$) ثم قدرت قلوية الرماد بحسب طريقة (Van Tuil et al. 1964) وتمت معايرة كل من الكالسيوم والمغنيزيوم بطريقة الفيرسينات، والبوتاسيوم بواسطة جهاز اللهب، والفوسفور بطريقة الفاندايت وذلك في محلول الهضم الخاص بنباتات كل مكرر. ثم حسبت الكمية المتراكمة من كل من هذه العناصر في المجموع الخضري للنباتات. بعد ذلك تم حساب المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لكل من هذه العناصر في كل معاملة، ثم قورنت المتوسطات الحسابية للمعاملات المختلفة بتطبيق معامل (Student).

3- النتائج والمناقشة:

3-1: أثر الشكل الآزوتي المستخدم على ظهور الشحوب الكلسي على النباتات:

يعتبر الصنف المزروع من الذرة البيضاء من النباتات الحساسة للكلس، فقد لوحظ ظهور أعراض الشحوب الكلسي (المتمثلة بظهور خطوط بيضاء متوازية ومتبادلة مع خطوط خضراء على الأوراق العلوية من النبات) على كافة نباتات الشاهد والمعاملات النتراتية في حين لم تظهر هذه الأعراض على أي من نباتات معاملات الأمونيوم.

هنا لابد من الإشارة إلى أن نتائج تقدير قلوية الرماد والتي تسمح إلى حد بعيد بتحديد طبيعة الشكل الآزوتي الممتص من قبل النباتات (Van Tuil et al. 1964) لم تظهر أية فروقات تذكر بين المعاملات النتراتية ومعاملات الأمونيوم، حيث كان رماد جميع المكررات معتدلاً، وهذا ما دفعنا للاعتقاد بأنه حتى في معاملات الأمونيوم (NH_4^+) كانت النباتات قد امتصت الآزوت على شكل نترات (NO_3^-) بعد نترجة شوارد الأمونيوم (NH_4^+)، فالأثر الإيجابي للشكل الآزوتي (NH_4^+) كان في الغالب ناتجاً عن أثر نواتج عملية النترجة -والتي غالباً ما تكون نشطة في ظروف التربة الكلسية- على النباتات ذاتها أو على قابلية العناصر الغذائية للامتصاص من قبل النبات، فالنترجة تترافق مع تحرير شوارد الهيدروجين (H^+) وتؤدي إلى خفض مؤقت لـpH التربة مما يساعد على تحرير بعض العناصر الغذائية المثبتة (مثل Mn, Fe, P) وتحويلها إلى أشكال قابلة للامتصاص (الفقرة رقم 1). وهذا ما يزيد من مقاومة النباتات الحساسة للكلس للشحوب الكلسي حتى بوجود تراكيز مرتفعة أحياناً من كربونات الكالسيوم في وسط الزراعة.

تعتبر هذه النتيجة موافقة لنتائج العديد من الأبحاث السابقة التي درست أثر شكل التغذية الآزوتية على مقاومة نباتات أخرى للشحوب الكلسي (Callot et al. 1982, Gouny et. Mazoyer 1953, Khalil et al. 1989، خليل 1993، 1994).

3-2: أثر الشكل الآزوتي المستخدم وكميته على الوزن الجاف للنباتات:

تشير معطيات العمود رقم (2) من الجدول رقم (3) إلى أن المعاملة $(NH_4^+)_1$ أعطت أعلى وزن جاف للنباتات (13.16 غرام) وبفروق إحصائية عالية المعنوية (حتى 1٪) مقارنة بجميع المعاملات الأخرى، في حين كان متوسط الوزن الجاف لنباتات المعاملة $(NO_3^-)_1$ (9.42 غرام) وهو لا يختلف معنوياً عن متوسط الوزن الجاف لنباتات الشاهد (9.04 غرام) ولم يظهر الأثر الإيجابي لشكل الآزوتي النتراتي إلا باستخدام التركيز الثاني من الآزوت (4.58 غرام من KNO_3 للأص) حيث كانت الزيادة في الوزن الجاف معنوية مقارنة بالشاهد وبالمعاملات النتراتية الأخرى، فقد بلغ الوزن الجاف لنباتات هذه المعاملة (10.92 غرام). إلا أن معدل زيادة الوزن الجاف لنباتات هذه المعاملة $(NO_3^-)_2$ مقارنة بالشاهد (9.04غ) كان (1.88غ) وهذا أقل من نصف الزيادة التي ساهمت بها المعاملة $(NH_4^+)_1$ والذي بلغ (4.21غ) علماً بأن كمية الآزوت (N) المضافة لنباتات هذه المعاملة $(NO_3^-)_2$ تعادل تماماً ضعف كمية الآزوت التي أضيفت إلى نباتات المعاملة $(NH_4^+)_1$ وهذا يوضح وبشكل جلي تفوق الأثر الإيجابي لاستخدام الشكل (NH_4^+) للآزوت على الشكل (NO_3^-) وذلك عند استخدام مستويات متدنية من أسمدة الأمونيوم.

الجدول رقم (3): الوزن الجاف الوسطي لنباتات المعاملات المختلفة وتركيز بعض العناصر فيها*.

Mg %	Ca %	K %	P %	N %	الوزن الجاف غرام/أص	العنصر المقاس / المعاملة
0.48	1.04	1.32	0.099	0.69	9.04	شاهد
0.085	0.18	0.10	0.003	0.036	0.61	
0.37	1.20	1.22	0.101	0.89	13.16	$(NH_4^+)_1$
0.089	0.19	0.02	0.001	0.141	0.58	
0.46	2.30	1.12	0.100	1.26	9.86	$(NH_4^+)_2$
0.109	0.41	0.08	0.002	0.062	2.00	
0.64	2.48	1.59	0.098	1.41	8.90	$(NH_4^+)_3$
0.080	0.34	0.07	0.002	0.057	0.41	
0.64	2.04	1.43	0.099	1.54	7.48	$(NH_4^+)_4$
0.149	0.32	0.13	0.002	0.051	1.04	
0.43	0.86	1.33	0.102	1.27	9.42	$(NO_3^-)_1$
0.050	0.21	0.05	0.001	0.042	0.42	
0.54	1.41	1.41	0.103	1.62	10.92	$(NO_3^-)_2$
0.095	0.24	0.10	0.002	0.035	0.61	
0.52	1.36	1.53	0.099	1.90	9.92	$(NO_3^-)_3$
0.091	0.11	0.20	0.002	0.041	0.24	
0.65	1.56	1.47	0.097	1.75	9.40	$(NO_3^-)_4$
0.115	0.40	0.09	0.006	0.049	0.52	

لكن ارتفاع كمية الشكل (NH_4^+) المضاف قد أدى إلى انخفاض حاد في الوزن الجاف للنباتات حيث انخفض متوسط وزن نباتات المعاملة $(NH_4^+)_2$ إلى (9.86غ) ثم ازداد معدل هذا الانخفاض في نباتات المعاملة $(NH_4^+)_3$ والتي كان متوسط وزن نباتاتها (8.90غ)، بالرغم من أن هذا الانخفاض في الوزن الجاف كان ذا دلالة إحصائية عالية المعنوية (حتى 1٪) مقارنة بمتوسط الوزن الجاف لنباتات المعاملة $(NH_4^+)_1$ إلا أنه لم يكن معنوياً بالمقارنة بنباتات الشاهد. ولكن الأثر السلبي لزيادة تركيز شوراد الأمونيوم (NH_4^+) المضافة ظهر بجلاء في نباتات المعاملة $(NH_4^+)_4$ حيث انخفض متوسط الوزن الجاف لهذه النباتات حتى (7.48غ) وهذا أقل وبشكل معنوي من الوزن الجاف

* الرقم العلوي يمثل المتوسط الحسابي.

الرقم السفلي يمثل الانحراف المعياري عن المتوسط الحسابي.

الوسطي لنباتات جميع المعاملات الأخرى. يمكن الاعتقاد بأن هذا الانخفاض قد يعود إلى أن التراكيز المرتفعة من شوارد الأمونيوم (NH_4^+) سببت في زيادة تراكيز النواتج الوسطية لنترجة هذه الشوارد (NH_3 أو NO_2^- وغيرها) والتي ربما أحدثت بعض التسمم للنباتات وأثرت بالتالي سلباً على نموها. هذا التعليل ينسجم مع ملاحظات Heller (1984) الذي أشار إلى الأثر السام لشوارد الأمونيوم في ظروف البيوت البلاستيكية ولا سيما عندما يكون معدل التمثيل الضوئي منخفضاً.

أما بالنسبة للمعاملات النتراتية فقد لاحظنا أنه حتى في المعاملة $(NO_3^-)_4$ كان متوسط الوزن الجاف للنباتات أعلى من متوسط الوزن الجاف لنباتات الشاهد (9.40 مقابل 9.04غ) وبالرغم من أن هذا الفرق غير معنوي إحصائياً إلا أنه يدل على انخفاض معدل سمية شوارد النترات مقارنة بشوارد الأمونيوم بوجود تراكيز مرتفعة من إحداها في وسط الزراعة. ومع ذلك فارتفاع تركيز النترات حتى المعاملة $(NO_3^-)_4$ قد أدى إلى خفض الإنتاج وبشكل معنوي مقارنة بالمعاملة $(NO_3^-)_2$ وربما يعود ذلك إلى التنافس الذي يمكن أن يكون قد تم بين النترات ذات التركيز المرتفع في المعاملة $(NO_3^-)_4$ والفوسفات – ضعيفة الذوبان أصلاً في التربة الكلسية– على الامتصاص من قبل النبات مما أدى إلى انخفاض معدل النمو (انظر العمود 3 من الجدول رقم 4).

3-3: أثر الشكل الآزوتي المستخدم وكميته على محتوى النباتات من الآزوت:

تعتبر نسبة الأزوت في نباتات الشاهد منخفضة (0.69٪) مقارنة بالنسبة الطبيعية لهذا العنصر في نباتات الذرة البيضاء والتي تكون بحدود (1.25٪) (ديب 1985) وربما كان في هذا بعض الدلالة على انخفاض محتوى التربة المستخدمة في الزراعة من الآزوت القابل للامتصاص والذي ظهرت أعراض نقصه على نباتات الشاهد. إن إضافة الآزوت إلى التربة سواء بالشكل (NH_4^+) أو الشكل (NO_3^-) وبجميع التراكيز المستخدمة قد أدى وبشكل معنوي إلى رفع كل من نسبة هذا العنصر في النباتات والكمية الكلية المتراكمة من الآزوت في المجموع الخضري لنباتات جميع المعاملات مقارنة بنباتات الشاهد (الجدولين 3و4).

أما فيما يتعلق بتأثير تزايد كميات الآزوت المضافة فقد لاحظنا، بالنسبة لمعاملات الأمونيوم (NH_4^+)، زيادة نسبة الآزوت في النباتات وبشكل مضطرد مع زيادة كمية الآزوت المضافة للمعاملات، فقد كانت النسبة المئوية للآزوت في هذه النباتات 0.89، 1.26، 1.41، 1.54 على التوالي بالنسبة $(NH_4^+)_1$، $(NH_4^+)_2$، $(NH_4^+)_3$، $(NH_4^+)_4$. إلا أن ارتفاع معدل كميات الآزوت المضافة على شكل (NH_4^+) إلى هذه المعاملات لم يؤدّ إلى إحداث أية زيادة معنوية في كمية الآزوت المتراكمة في المجموع الخضري (الجدول رقم 4) والسبب قد يعود، كما ذكرنا في الفقرة السابقة (3-2)، إلى حدوث تسمم ما للنباتات عند استخدام تراكيز مرتفعة من الأمونيوم مما

أدى إلى انخفاض معدل نموها وبالتالي انخفاض وزنها الجاف مما نتج عنه انخفاض كمية الآزوت الكلية المتراكمة في المجموع الخضري لهذه النباتات.

أما في نباتات المعاملات النترانية فنلاحظ وجود تناسب طردي ومعنوي بين زيادة كمية الآزوت المضافة للمعاملات ونسبة وكمية الآزوت المتراكمة في المجموع الخضري لنباتات هذه المعاملات وذلك ابتداءً من المعاملة $(NO_3^-)_1$ وحتى المعاملة $(NO_3^-)_3$ (الجدولان رقم 3و4) إلا أن ارتفاع كمية النترات المضافة للمعاملة $(NO_3^-)_4$ (التي تلقت 9.16غ من KNO_3، الجدول رقم 2) قد أدى إلى انخفاض كل من معدل نمو النباتات والنسبة المئوية للآزوت وكمية الآزوت المتراكمة في مجموعها الخضري.

الجدول رقم (4): كميات العناصر المتراكمة في المجموع الخضري لنباتات مختلف المعاملات (مغ/أص)*

العنصر / المعاملة	N	P	K	Ca	Mg
شاهد	62.6 3.2	8.98 0.68	119.0 5.4	93.6 14.6	43.28 7.04
$(NH_4^+)_1$	124.1 3.8	13.30 0.68	161.2 9.3	157.6 23.0	48.64 10.13
$(NH_4^+)_2$	124.3 26.2	9.90 2.01	110.0 17.3	224.6 45.6	44.12 9.27
$(NH_4^+)_3$	125.6 5.5	8.76 0.46	141.5 11.3	220.3 27.8	56.60 7.28
$(NH_4^+)_4$	115.4 15.6	7.38 0.83	106.9 17.8	152.8 32.2	48.54 10.21
$(NO_3^-)_1$	119.9 7.6	9.60 0.43	125.5 7.0	80.6 16.8	40.58 3.60
$(NO_3^-)_2$	177.1 9.9	11.24 0.46	154.1 13.2	128.0 25.5	59.02 10.99
$(NO_3^-)_3$	188.7 7.4	9.80 0.26	151.4 18.1	134.8 10.5	51.20 9.09
$(NO_3^-)_4$	164.7 6.6	9.12 0.73	138.6 14.4	146.0 35.9	61.30 13.45

* الرقم العلوي يمثل المتوسط الحسابي.
الرقم السفلي يمثل الانحراف المعياري عن المتوسط الحسابي.

إذا قارنا كلاً من المعاملات النترانية مع نظيرتها من معاملات الأمونيوم وبشكل زوجي [$(NO_3^-)_1$ مع $(NH_4^+)_1$، $(NO_3^-)_2$ مع $(NH_4^+)_2$، $(NO_3^-)_3$ مع $(NH_4^+)_3$، $(NO_3^-)_4$ مع $(NH_4^+)_4$] نلاحظ أن جميع المعاملات النترانية قد تفوقت وبشكل معنوي على نظيرتها من معاملات الأمونيوم فيما يتعلق بكل من النسبة المئوية للآزوت في هذه النباتات وبكمية الآزوت المتراكمة في مجموعها الخضري وذلك باستثناء الزوج $(NO_3^-)_1$ و $(NH_4^+)_1$ من حيث كمية الآزوت المتراكمة حيث لم نلاحظ فروقات معنوية بينهما من هذه الناحية، فقد كانت النسبة المئوية للآزوت في نباتات المعاملة $(NO_3^-)_1$ أعلى وبشكل معنوي منها في نباتات المعاملة $(NH_4^+)_1$ إلا أن كمية الآزوت المتراكمة في المجموع الخضري لنباتات كل من المعاملتين لم تختلف فيما بينها بشكل معنوي وذلك بسبب تفوق نباتات المعاملة $(NH_4^+)_1$ من حيث معدل نموها (المعتبر على أساس وزنها الجاف) على نباتات المعاملة $(NO_3^-)_1$ مما أدى إلى ضياع أثر تفوق نباتات المعاملة الأخيرة $(NO_3^-)_1$ من حيث النسبة المئوية للآزوت فيها مقارنة بنباتات المعاملة $(NH_4^+)_1$.

إن تفوق نباتات المعاملات النترانية (NO_3^-) على نباتات معاملات الأمونيوم (NH_4^+) من حيث تركيز وكمية الآزوت المتراكمة في المجموع الخضري قد يعود إلى ضياع نسبة من الآزوت المضاف على شكل (NH_4^+) لمعاملات الأمونيوم خلال عملية النترجة من جهة (Duchauffour 1977) أو إلى التأثير السلبي لتوالي هذه العملية (NO_2^-, NH_3^+ ...) على آليات الامتصاص الفعال للآزوت لجذور نباتات هذه المعاملات من جهة أخرى (Heller 1984, Mengel and Kirkby 1982).

3-4: أثر الشكل الآزوتي المستخدم وكميته على محتوى النباتات من الفوسفور:

تعتبر نسبة الفوسفور في جميع المعاملات ضمن الحدود المقبولة (حوالي 0.1٪) (زيدان وآخرون 1993) ولم تتم ملاحظة أي تأثير يذكر لطبيعة الآزوت المضاف وكميته على النسبة المئوية للفوسفور في النباتات باستثناء المعاملة $(NO_3^-)_2$ التي تفوقت على كل من الشاهد ونظيرتها من معاملات الأمونيوم $(NH_4^+)_2$ من حيث نسبة الفوسفور المتراكمة في مجموعها الخضري وربما يعود ذلك إلى أن هذا التركيز من الآزوت النتراتي قد أعطى أفضل معدل نمو لنباتات المعاملات النترانية مما حسن بالتالي من كفاءة هذه النباتات في امتصاص الفوسفور، ومما يدعم فرضيتنا هذه تفوق نباتات المعاملة $(NH_4^+)_1$ -والتي أعطت أعلى معدل نمو- على نباتات جميع المعاملات الأخرى، بما فيها المعاملة $(NO_3^-)_2$، من حيث كمية الفوسفور التي استطاعت أن تراكمها في مجموعها الخضري. إضافة إلى ذلك نعتقد أن شوارد الهيدروجين (H^+) الناتجة عن نترجة الأمونيوم المضاف لنباتات هذه المعاملة $(NH_4^+)_1$ ربما ساعدت في تحسين قابلية فوسفور التربة للامتصاص. وهنا نستطيع

التأكيد على أفضلية استخدام الشكل (NH_4^+) كمصدر للآزوت بالنسبة لنباتات الذرة البيضاء المزروعة في التربة الكلسية وذلك مقارنة بالشكل (NO_3^-)، على أن تكون الكميات المضافة ضمن الحدود التي تؤمن إنتاجاً أمثل للنباتات دون أن تسبب لها أية تأثيرات سلبية (الجدولان رقم 3و4).

3-5: أثر الشكل الآزوتي المستخدم وكميته على محتوى النباتات من البوتاسيوم:

إن معطيات العمود رقم (4) من الجدول رقم (4) توضح بجلاء أن أعلى كمية بوتاسيوم تمت تراكمها في المجموع الخضري كانت خاصة بنباتات المعاملة $(NH_4^+)_1$ مع فروق معنوية واضحة مقارنة بكافة المعاملات الأخرى باستثناء المعاملتين $(NO_3^-)_2$ و $(NO_3^-)_3$ حيث لم تكن الفروق معها معنوية علماً بأن كمية البوتاسيوم المتراكمة تميل لأن تكون أعلى في نباتات المعاملة $(NH_4^+)_1$ بالرغم من أن النسبة المئوية للبوتاسيوم في المادة الجافة لنباتات هذه المعاملة أقل وبشكل معنوي من نسبته في كافة المعاملات عدا المعاملة $(NH_4^+)_2$ (الجدول رقم 3).

إن ارتفاع كمية البوتاسيوم المتراكمة في المجموع الخضري لنباتات المعاملة $(NH_4^+)_1$ مقارنة بالكمية المتراكمة في المجموع الخضري لباقي المعاملات يظهر من جديد الأثر الإيجابي لشوارد الأمونيوم المضافة بهذا التركيز على تحسين امتصاص العناصر الأخرى من قبل النبات مما يدفعنا للتأكيد على أفضلية استخدام هذا الشكل من الآزوت وبهذا التركيز في الظروف المماثلة لظروف تجربتنا.

3-6: أثر الشكل الآزوتي المستخدم وكميته على محتوى النباتات من الكالسيوم:

إن المعطيات الخاصة بكل من النسبة المئوية للكالسيوم في المادة الجافة لنباتات مختلف المعاملات (الجدول رقم 3) وكمية الكالسيوم المتراكمة في المجموع الخضري لهذه النباتات (الجدول رقم 4) تظهر بشكل واضح أثر النترجة التي حصلت لشوارد الأمونيوم المضافة إلى معاملات (NH_4^+) على معدل امتصاص الكالسيوم من قبل نباتات هذه المعاملات، فكلاً من نسبة الكالسيوم المئوية وكميته المتراكمة في المجموع الخضري لنباتات كل من معاملات (NH_4^+) كانت أعلى وبشكل معنوي مما هي عليه في الشاهد أو نظائرها من المعاملات النتراتية.

من المعروف أن نترجة شوارد الأمونيوم –التي تكون نشطة في الترب الكلسية (Duchauffour 1977)– تؤدي إلى تحرير شوارد الهيدروجين في التربة ذلك حسب المعادلة الواردة في الفقرة (1).

تقوم شوارد الهيدروجين الناتجة عن عملية النترجة بإذابة كميات إضافية من كربونات الكالسيوم الموجودة في التربة مما يزيد من تركيز شوارد الكالسيوم الذوابة في محلول التربة (Mengel and Kirkby 1982) وذلك حسب المعادلة:

$$CaCO_3 + 2H^+ \rightarrow Ca^{++} + H_2O + CO_2$$

إن ارتفاع تركيز شوارد الكالسيوم الذوابة في محلول التربة سوف يؤدي إلى زيادة معدل امتصاصها من قبل النباتات الكارهة للكلس (الذرة البيضاء في بحثنا) والتي لا تستطيع تنظيم امتصاص شوارد الكالسيوم

عند ارتفاع تركيز هذه الشوارد في محاليل الترب الكلسية (Salsac 1980).

إن المعطيات المتعلقة بالنسبة المئوية للكالسيوم في المادة الجافة لنباتات التجربة تظهر أن هذه النسبة كانت في نباتات المعاملة $(NH_4^+)_1$ أدنى منها في نباتات معاملات الأمونيوم الأخرى، ففي حين كانت هذه النسبة (1.20٪) في نباتات المعاملة $(NH_4^+)_1$ (وهي لا تختلف معنوياً عن نسبة الكالسيوم في نباتات الشاهد) نجدها تصل حتى (2.30، 2.48، 2.04) على التوالي في نباتات المعاملات $(NH_4^+)_2$، $(NH_4^+)_3$، $(NH_4^+)_4$، وهذا يعود في الغالب إلى انخفاض كميات الأمونيوم المضافة إلى أصص زراعة نباتات المعاملة $(NH_4^+)_1$ مقارنة بباقي معاملات الأمونيوم مما قلل من أثر نترجة هذه الكميات الصغيرة نسبياً على إذابة كربونات كالسيوم التربة.

فيما يتعلق بباقي المعاملات النتراتية نلاحظ عدم وجود فروقات معنوية من حيث النسبة المئوية للكالسيوم بين كل من بناتات المعاملتين $(NO_3^-)_1$ و$(NO_3^-)_2$ من جهة وبين نباتات الشاهد من جهة أخرى، في حين ترتفع النسبة المئوية للكالسيوم وبشكل معنوي في نباتات المعاملتين $(NO_3^-)_3$ و $(NO_3^-)_4$ عما تحتويه نباتات الشاهد، وربما يعود ذلك إلى امتصاص هذه النباتات لكميات زائدة من الآزوت النتراتي (العمود رقم 3 من الجدول رقم 3) مما أدى إلى جدوث خلل في التوازن الشاردي لعصارتها الجذرية وأدى بالتالي إلى دخول كميات أكبر من الكالسيوم إلى الجذر لإعادة هذا التوازن إلى طبيعته.

إن امتصاص كميات زائدة من الكالسيوم من قبل المعاملات $(NH_4^+)_{2,3,4}$ ربما يكون أحد الأسباب التي أدت إلى انخفاض معدل نمو هذه النباتات، حيث من المعروف أن قسماً من الكالسيوم الزائد الممتص قد يترسب من جديد في الجدر الخلوية الجذرية ويقلل بالتالي من نفاذية الجذور وقدرتها على امتصاص العناصر الغذائية (Khalil et al. 1989, Jaillard 1985) هنا نشير أيضاً إلى عدم وجود فروقات من حيث محتوى نباتات المعاملة $(NH_4^+)_1$ -التي أعطت أعلى وزن جاف مقارنة بالمعاملات الأخرى- من الكالسيوم ومحتوى نباتات المعاملة $(NO_3^-)_2$، التي أعطت أعلى وزن جاف من بين المعاملات النتراتية، وهذا يسمح، إلى حد ما، باستبعاد الخوف من أثر سلفات الأمونيوم في الترب الكلسية -إذا ما أضيفت بالتراكيز المناسبة- على زيادة معدل امتصاص الكالسيوم من قبل النباتات. وتلك ميزة أخرى تضاف لصالح استخدام هذا المعدل من الأمونيوم في ظروف تجربتنا.

3-7: أثر الشكل الآزوتي المستخدم وكميته على محتوى النباتات من المغنيزيوم:

تشير المعطيات المتعلقة بمحتوى النباتات من المغنيزيوم إلى عدم وجود فروقات معنوية بين كل من المعاملات النتراتية ونظيرتها من معاملات الأمونيوم سواء من حيث النسبة المئوية لهذا العنصر في المادة الجافة للنباتات (الجدول رقم 3) أم من حيث الكمية الكلية المتراكمة من هذا العنصر في المجموع الخضري للنباتات (الجدول رقم 4)،

باستثناء نباتات المعاملة $(NO_3^-)_2$ التي تفوقت معنوياً من ناحية الكمية الكلية فقط على نباتات المعاملة $(NH_4^+)_2$. إلا أن هذا لا يمنع من الإشارة إلى أن زيادة الكميات المستخدمة في كل من (NO_3^-) أو (NH_4^+) قد أدى إلى زيادة محتوى النباتات من المغنيزيوم وربما يعود ذلك إلى مساهمة المغنيزيوم المعتص في إعادة التوازن الشاردي إلى العصارة النباتية الجذرية بعد الخلل الذي ربما يكون قد أصابها نتيجة لامتصاص كميات مرتفعة من شوارد النترات (NO_3^-) في هذه المعاملات.

4- الخاتمة:

إذا كان المنطق العلمي يقتضي عدم تعميم النتائج التي يتم الحصول عليها من تجارب الزراعة في الأصص قبل دعم معطياتها بتجارب حقلية تؤكد دقة هذه المعطيات، فإن المنطق العلمي والظروف الموضوعية التي ترافق تنفيذ خطط الأبحاث العلمية -في أغلب الأحوال- تحتم علينا ضرورة الاستفادة ما أمكن من نتائج تجارب الأصص في تحسين إنتاجنا الزراعي كماً ونوعاً.

تشير النتائج التي توصلنا إليها خلال بحثنا هذا إلى أن نباتات الذرة البيضاء قد استطاعت مقاومة ظهور أعراض الشحوب الكلسي عليها لدى زراعتها في تربة كلسية عندما تم تقديم الأزوت لهذه النباتات على شكل (NH_4^+)، بينما ظهرت عليها هذه الأعراض بوضوح عندما كان الشكل الازوتي المستخدم هو النترات (NO_3^-). كما أن النتائج الأخرى التي حصلنا عليها والمتعلقة بأثر الشكل الآزوتي المقدم للنبات وكميته على الوزن الجاف لهذه النباتات ومحتواها من بعض العناصر الغذائية وخاصة (P و K و Ca) تميل لصالح استخدام الشكل (NH_4^+) على الشكل (NO_3^-) وبفروقات معنوية واضحة، على أن تحدد كميات أسمدة الأمونيوم اللازمة بالدقة التي تسمح بالحصول على أعلى مردودية لهذه الأسمدة ودون أن تترك أية آثار سلبية على النباتات.

ملحق : نتائج مقارنة المتوسطات الحسابية للمعاملات المختلفة (حسب معامل Student).

العامل المقاس / المعاملة	الوزن الجاف (غ)	N		P		K		Ca		Mg	
		%	مغ/ص	%	مغ/ص	%	مغ/ص	%	مغ/ص	%	مغ/ص
$T / (NH_4)_1$	**	*	**	n	**	n	**	n	**	n	n
$T / (NH_4)_2$	n	**	**	n	n	**	n	**	**	n	n
$T / (NH_4)_3$	n	**	**	n	n	**	**	**	**	*	*
$T / (NH_4)_4$	*	**	**	n	*	n	n	**	**	*	n
$T / (NO_3)_1$	n	**	**	n	n	n	n	n	n	n	n
$T / (NO_3)_2$	**	**	**	*	**	n	**	n	*	n	*
$T / (NO_3)_3$	*	**	**	n	*	n	**	**	**	n	n
$T / (NO_3)_4$	n	**	**	n	n	*	n	*	*	n	*
$(NH_4)_1 / (NH_4)_2$	**	**	n	n	**	*	**	**	*	n	n
$(NH_4)_1 / (NH_4)_3$	**	**	n	*	**	**	*	**	**	**	n
$(NH_4)_1 / (NH_4)_4$	**	**	n	n	**	**	**	**	n	**	n
$(NH_4)_1 / (NO_3)_1$	**	**	n	n	**	**	**	*	**	n	n
$(NH_4)_1 / (NO_3)_2$	**	**	**	n	**	**	n	n	n	*	n
$(NH_4)_1 / (NO_3)_3$	**	**	**	*	**	**	n	n	n	*	n
$(NH_4)_1 / (NO_3)_4$	**	**	**	n	**	**	*	n	n	**	n
$(NH_4)_2 / (NH_4)_3$	n	**	n	n	n	**	**	n	n	*	*
$(NH_4)_2 / (NH_4)_4$	*	**	n	n	*	**	n	n	*	*	n
$(NH_4)_2 / (NO_3)_1$	n	n	n	**	n	**	n	**	**	n	n
$(NH_4)_2 / (NO_3)_2$	n	**	**	*	**	**	**	**	**	n	*
$(NH_4)_2 / (NO_3)_3$	n	**	**	n	n	**	**	**	**	n	n
$(NH_4)_2 / (NO_3)_4$	n	**	*	n	n	**	*	*	*	n	*
$(NH_4)_3 / (NH_4)_4$	*	**	n	n	*	*	**	n	**	n	n
$(NH_4)_3 / (NO_3)_1$	n	**	n	*	n	**	*	**	**	**	**
$(NH_4)_3 / (NO_3)_2$	**	**	**	*	**	*	n	**	**	n	n
$(NH_4)_3 / (NO_3)_3$	**	**	**	n	**	n	n	**	**	n	n
$(NH_4)_3 / (NO_3)_4$	n	**	**	n	n	*	n	**	**	n	n
$(NH_4)_4 / (NO_3)_1$	**	**	n	**	**	n	n	**	**	*	n
$(NH_4)_4 / (NO_3)_2$	**	*	**	**	**	n	**	**	n	n	n
$(NH_4)_4 / (NO_3)_3$	**	**	**	n	**	n	**	**	n	n	n
$(NH_4)_4 / (NO_3)_4$	**	**	**	n	**	n	*	n	n	n	n
$(NO_3)_1 / (NO_3)_2$	**	**	**	n	**	n	**	n	**	n	**
$(NO_3)_1 / (NO_3)_3$	*	**	**	**	n	n	*	**	**	n	*
$(NO_3)_1 / (NO_3)_4$	n	**	**	n	n	*	n	**	**	*	*
$(NO_3)_2 / (NO_3)_3$	**	**	n	**	**	n	n	n	n	n	n
$(NO_3)_2 / (NO_3)_4$	**	**	*	n	**	n	n	n	n	n	n
$(NO_3)_3 / (NO_3)_4$	n	**	**	n	n	n	n	n	n	n	n

REFERENCES المراجع

المراجع العربية:

- ديب بديع (1985): الخصوبة وتغذية النبات – الجزء النظري – منشورات جامعة دمشق.
- خليل نديم (1993): "اصفرار النباتات المزروعة في الأراضي الكلسية" مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الزراعية – المجلد (15) – العدد (1) – ص: 78-89.
- خليل نديم (1994): تأثير طبيعة السماد الآزوتي المستخدم على نمو نباتات الشعير (Sativum Hordeum) المزروعة في تربة كلسية ومحتواها من (Zn, Cu, Mn, Fe). قيد النشر في مجلة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الزراعية.
- زيدان علي، الخضر أحمد، كبيبو عيسى، بو عيسى عبد العزيز، خليل نديم (1993): خصوبة التربة وتغذية النبات – منشورات جامعة تشرين.

المراجع الأجنبية:

- Agrawal M.P. and Nand Lal (1987): Use of pyrite, press - mud, ammonium sulfate and sulfure for the amelioration of lime - induced chlorosis of sugarcane in vertisols. Intern. J. trop. Agri. vol. 5, n-3-4, p. 175-181.
- Alloush G.A., Lebot J., Sanders F.E. and Kirkby E.A. (1990): Mineral nutrition of chickpea plants supplied with NO_3 or NH_4-N. Ionic Balance in relation to iron stress. J. of plant nutr. 13, p. 1575-1590.
- Callot G., Chamayou H., Maertin C., et Salsac L. (1982): Mieux comprendre les interactions sol - racine, incidence sur la nutrition minérale. INRA - Paris, 325 p.
- Drouineau G. (1942): Dosage rapide du calcaire actif des sols. Ann. Agron., 3. p. 441-450.
- Duchauffour Ph. (1977): Pédologie tome I, Pédgenese et classification. Masson, Paris, p. 231-235.
- Guignard J.L. (1979): Abrege de biochimie végétale. 2^{éme} edition, Masson, 236 p.
- Gouny P. et Mazoyer R. (1953): Relation entre la nutrition minérale et les symptômes pathologiques dans la chlorose calcaire. Ann. Agron, (4), p. 561-598.
- Heller R. (1984): Physiologie végétale, I - Nutrition. Abrege Masson, 3^{éme} edition, 345 p.
- Jaillard B. (1985): Activité racinaire et rhizostructures en milieu carbonaté. Pédologie 35, 3, p. 297-313.

- Jones D.L. and Darrah P.R. (1993): Influx and eflux of amino acids from zea mays L. roots and their implications for N nutrition and rhizosphére. Plant and soil, 155/156, p. 87-90.
- Khalil N., Leyval C., Bonneau M., Guillet B. (1989): Influence du type de nutrition azotée sur le déclenchement de la chlorose de Sapin de nordmann. Ann. sci: For, 46, p. 325-344.
- Mengel K. and Kirkby E.A. (1982): principles of plant nuitrition. International potash institue worblofen - Bern, Switzerland.
- Salsac L. (1980): L'absorption du calcium par les racines des plantes calcicoles ou calcifuges. sci: du sol 1, p. 45-77.
- Van Tuil H.D.W., Lampe J E.M. and Dijshoorn W. (1964): The possibility of relating the Ash alcalinity of Organic - salt content. Jaard. I.B.S. p. 157-160.