The Effect of nitrogen Fertilization and Potassium Humate on Growth and Nitrogen Utilization Efficiencies of Soft Wheat (Sham 10) under the Costal Conditions

Dr.Ghiath A. Alloush*
Dr.Saleh Qoubailie**
Alaa Al-Hafee***

(Received 26 / 4 / 2022. Accepted 12 / 6 /2022)

□ ABSTRACT □

A filed experiment was conducted using a complete randomized block design at Jableh-Bustan saleh in 2018-2019. The aim was to investigate the effect of increasing rates of nitrogen fertilizer (N: 0, 100, 200, 300, 400 kg N/h^{-1}) and humate (H: 0, 2.5, 5, 10 kg H/h^{-1}) and their interaction on growth and nitrogen utilization efficiencies by soft wheat (cv. Sham 10). The role of humate in efficiency of N application was also investigated.

Nitrogen utilization efficiency (NUE) and recovery efficiency (RE) were decreased from (122.2% and 282.3%) at N application rate (100 kg N/h^{-1}) to (84.9% and 119.5%) with 400 kg N/h^{-1}, respectively. The decrease in partial factor productivity (PFP) was to a lesser extend from (60.6) at 100 kg N/h^{-1} to (44.4) with N application rate of 200 Kg/h^{-1}. Thereafter, PFP values decreased slowly to reach a (25.9) with treatment 400 kg N/h^{-1}.

Application of potassium humate significantly affected NUE, RE, and PFP, in which treatments receiving both N and HA application had greater values that those receiving N application alone. Application of 2.5 kg H/h^{-1} to 100-400 kg N/h^{-1} led to increased RE values from (282.3, 229, 180, and 119.5 %) to (403.1, 304.5, 242.1, and 140.2 %). PFP values were also increased from (60.6, 44.4, 35.5, and 25.9) to (81.3, 51.8, 45.4, 29.2), respectively.

Increasing N application rate led to significantly increased protein content of grain and percent N translocation to gain (NHI). Both variables were also increased even greater when N application rate (100-400 kg/h^{-1}) was combined with the application of humate. Application of 5 kg H/h^{-1} increased grain protein (%) by about (16.9, 34.4, 12.13, and 1.87 %), respectively.

Key Words: Soft wheat, Sham 10, nitrogen fertilization, potassium humate, NUE, grain protein.

* **Professor of soil fertility and plant nutrition, Dept. Soil and Water Sciences, Faculty of Agriculture, Tishreen University, lattakia, syria,galloush@scs-net.org.**

** **Professor at Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tishreen University,lattakia, syria,salehqoubailie@gmail.com**

*** **Postgraduate Ph.D student, Dept. of soil and Water Sciences, Faculty of agriculture, Tishreen University. lattakia, syria, alaaafee@gmail.com**

تأثير التسميد الآزوتي وهيومات البوتاسيوم في كفاءات النمو والاستفادة من الآزوت لنبات القمح الطري (شام 10) تحت ظروف المنطقة الساحلية

د.غياث علوش*

د.صالح قبيلي**

علاء الحافي***

(تاريخ الإيداع 26 / 4 / 2202. قبل للنشر في 12 / 6 / 2022)

□ ملخّص □

أجريت تجربة حقلية في منطقة جبلة– بستان صالح في 2018–2019، باستخدام نظام القطاعات العشوائية الكاملة لدراسة تأثير إضافات متزايدة من السماد الآزوتي (0– 100– 200– 300–400 كغ N/هـ)، وهيومات البوتاسيوم (0–2.5– 5– 10 كغ/هـ) والتأثير المتداخل بينهما (N*H) في كفاءات النمو والاستفادة من الآزوت لمحصول القمح الطري صنف (شام 10)، ودراسة دور أحماض الهيوميك في زيادة فعالية الإضافات الآزوتية.

انخفضت قيم كفاءة استخدام الآزوت (NUE)، و كفاءة الاسترداد (RE) من (122.2%) و(282.3%) عند المستوى الآزوتي (100كغ N/هـ)، إلى(84.9%) و(119.5%) عند المستوى (400 كغ N/هـ) على التوالي، بينما جاء معدل الانخفاض في قيمة معامل الإنتاجية الجزئي (PFP) أكثر معنوية عند الانتقال من المستوى (100 كغ/هـ) والذي بلغ فيه حوالي (60.6) مقارنة مع (44.4) عند المستوى (200 كغ/هـ)، ومن ثم تنخفض ببطء لتصل إلى (25.9) عند مستوى التسميد الآزوتي (400 كغN/هـ).

أثرت إضافة هيومات البوتاسيوم مع السماد الآزوتي بشكل عالي المعنوية في (PFP) و(RE) و (NUE)، حيث تفوقت جميع المعاملات التي تلقت التسميد الآزوتي مع هيومات البوتاسيوم على المعاملات التي تلقت السماد الآزوتي بمفرده، فلقد وأدت إضافة الهيومات بمعدل (2.5 كغ H/هـ) إلى زيادة كل من (RE) من (282.3، 229، 180، 119.5 %) إلى (403.1، 304.5، 242.1، 140.2%)، و(PFP) من (60.6، 44.4، 35.5، 25.9) إلى (81.3، 51.8، 45.4، 29.2)، وذلك عند مستويات التسميد الآزوتي (100، 200، 300، 400 كغN/هـ)، على التوالي.

أدت الإضافات الآزوتية المتزايدة إلى زيادة معنوية في نسبة البروتين والنسبة المئوية للآزوت المنتقل باتجاه الحبوب (NHI)، كما تفوقت جميع المعاملات التي تلقت فيها السماد الآزوتي مع هيومات البوتاسيوم على المعاملات التي تلقت التسميد الآزوتي بمفرده بالنسبة لمحتوى الحبوب من البروتين وبمعدل زيادة بمقدار (16.9، 34.4، 12.13، 1.87%) عند استخدام (5 كغH/هـ).

الكلمات المفتاحية: القمح الطري، شام 10، تسميد آزوتي، هيومات البوتاسيوم، البروتين في الحبوب، كفاءة استخدام الآزوت.

* أستاذ خصوبة التربة وتغذية النبات بقسم علوم التربة والمياه– كلية الزراعة– جامعة تشرين galloush@scs-net.org

**أستاذ في قسم المحاصيل الحقلية– كلية الزراعة– جامعة تشرينsalehqoubailie@gmail.com

***طالب دراسات عليا لدرجة الدكتوراه في قسم علوم التربة والمياه– كلية الزراعة – جامعة تشرين alaaafee@gmail.com

مقدمة:

يتميز محصول القمح باستجابته العالية تجاه الإضافات السمادية الآزوتية، والتي تعتبر من أكثر الأساليب الزراعية فعالية في زيادة الغلة، ولكن الكمية الممتصة من الأسمدة المضافة تتراوح ما بين (14–59%) بالنسبة للقمح (Lopez–Bellido *et al.*, 2005)، ولذلك غالباً ما يتم استخدام كميات إضافية من السماد الآزوتي لضمان الوصول إلى أعلى إنتاجية ممكنة (Zhu *et al.*, 2011)، وهذا ما أدى إلى زيادة كميات السماد الآزوتي المضاف من 112.5 مليون طن في عام 2015 إلى حوالي 118.2 مليون طن في عام2018 (Lakesh and Sukhwinder, 2018)، إنّ الإسراف في استخدام الأسمدة الآزوتية لا يؤثر فقط من الناحية الاقتصادية وإنّما أيضاً من الناحية البيئية من خلال تعريض المصادر المائية للتلوث نتيجة لانغسال النترات مع مياه الري والأمطار (Vitousek *et al.*, 2009)، وإن الحد من الإسراف في استخدام هذه الأسمدة وزيادة معدل الإستفادة منها من أهم التحديات التي تواجه الباحثين في المجال الزراعي (Hirel *et al.*, 2007).

يعد تقدير كفاءة الاستفادة من النتروجين مدخلاً هاماً لتقييم مصير الإضافات الآزوتية ودورها في زيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية (Fageria and Baligar, 2005)، وهي تعبر عن قدرة النبات على توظيف النتروجين المتاح خلال مراحل نموه وانعكاس ذلك على الإنتاجية كماً ونوعاً، وهذه تشمل عمليات الامتصاص والتمثيل وعمليات انتقال المركبات الى المراكز الادخارية (الحبوب). إن زيادة كفاءة الاستفادة من الإضافات الآزوتية في الزراعات الحديثة من الأمور الهامة ليس فقط من أجل تحسين نمو النبات وإنما أيضا تقليل كلفة الإنتاج والذهاب لأبعد من ذلك من خلال تحييد أحد أهم أسباب التلوث البيئي والمرتبط بالاستخدام المفرط للأسمدة الآزوتية، وبالتالي زيادة الكفاءة سوف تضمن تقليل مستويات الإضافات الآزوتية مما سينعكس على البيئة بشكل إيجابي، وعلى المنتجين من الناحية المادية على اعتبار أنّ الأسمدة الآزوتية تشكل الجزء الأكبر من كلفة الإنتاج (Kubota *et al.*, 2018)

يمكن زيادة كفاءة الاستفادة من الأسمدة الآزوتية من خلال تبني طرق تؤدي لزيادة امتصاص النتروجين وتقليل الفاقد، حيث وجد أن المشكلة الرئيسية التي تكمن وراء إضافة السماد الآزوتي بشكل عام وسماد اليوريا بشكل خاص هي معدل الفقد العالي، حيث تصل كمية الفاقد من سماد اليوريا المضاف للتربة عن طريق التطاير ما بين 10–60% (Ahmed *et al.*, 2006)، والانغسال مابين 12–22% (Ercoli., 2012). وفي هذا السياق فقد أجريت العديد من الدراسات بهدف الحصول على مركبات صناعية من شأنها أن تؤثر في عمليات تحلل اليوريا أو عمليات النترجة أو تعمل على تحرير الآزوت ببطئ (المركبات بطيئة التحرر)، ولكن لم يتم استخدام مثل هذ المركبات على نطاق واسع بسبب الكلفة العالية وتأثيرها السلبي على مكروبات التربة (Purakayastha, 1997) ، بالإضافة إلى أنّ استخدام مركبات عالية الثمن لا يعتبر من الخيارات الصائبة من وجهة نظر اقتصادية، ويمكن أن تؤثر سلباً في جودة المياه وصلاحية التربة للزراعة، وبالتالي، فشل المساعي لتحقيق الاستدامة في الإنتاج الزراعي، كما تتميز بصعوبة في عمليات النقل والتخزين وتحتاج لإجراءات خاصة لتجنب تعرضها للرطوبة (Rose, 2002).

إن استخدام مركبات طبيعية مثل المركبات الدبالية يمكن أن يكون أكثر أماناً وأكثر ثباتية من المواد المصنعة والتي تكون خصائصها عرضة للتغير تحت تأثير الظرف البيئية مثل درجات الحرارة، الرطوبة، النشاط الحيوي للتربة، حيث تعتبر أحماض الهيوميك خياراً جيداً على اعتبار أنها مركبات عضوية ذات منشأ طبيعي، ومقاومة للتحلل الميكروبي، والتفكك تحت تأثير درجات الحرارة، وهي رخيصة الثمن.

أجريت العديد من التجارب بهدف دراسة تأثير استخدام أحماض الهيوميك مع الأسمدة المعدنية على نمو وإنتاجية المحاصيل الزراعية ودورها في تحسين كفاءة الإضافات الآزوتية، (Van Vuuren and Claassens, 2009)، وجدوا أن إضافة أحماض الهيوميك مع سماد اليوريا قد أدى إلى زيادة الغلة المنتجة من محصول الذرة بمقدار (20–46%) مقارنة مع استخدام سماد اليوريا بمفرده، كما وجدوا أنّه يمكن تخفيض كمية السماد الآزوتي بمقدار (10–20%) بالسنبة للترب القلوية وبمقدار (30–50%) بالنسبة للترب الحامضية عند استخدام أحماض الهيوميك مع السماد الآزوتي، كما وجد أنّ مركبات الهيوميك لاتعمل فقط على زيادة الغلة الحبية، وإنما أيضاً تعمل على تحسين جودة الحبوب والتي تتمثل بزيادة محتواها من البروتين (Manal *et al.*, 2016)، لقد أوضحت Reeza وآخرون (2009) أن استخدام مزيج من أحماض الهيوميك والفولفيك مع سماد اليوريا قد ساهم بخفض فقد الآزوت بالتطاير (12.9–20.1 %) مقارنة مع إضافة السماد بمفرده، وفي دراسات أخرى وجدوا أنّ إضافة أحماض الهيوميك مع اليوريا قد ساهمت بخفض الفاقد من السماد واستمرار إمداد النبات بالآزوت خلال مراحل النمو اللاحقة (Yuan *et al.*, 2014)، كما وجد Suntari وآخرون (2013) أن اليوريا مع الهيومات أكثر ثباتية ويتحرر الآزوت ببطئ وبأشكال قابلة للامتصاص من قبل النبات (NH_4^+, NO_3^-) ويترتب على ذلك إتاحة الآزوت للنبات طيلة فترة حياته، كما تنخفض كمية الآزوت المفقودة بالتطاير على شكل نشادر، وفي تجربة اجراها Shui–qin وآخرون (2019) لتحديد أفضل الأساليب الزراعية التي من شأنها تحسين نمو وإنتاجية محصول الذرة وزيادة كفاءة الإستفادة من السماد الآزوتي، فقد وجدو أنّ إضافة أحماض الهيوميك قد ساهم بزيادة امتصاص الآزوت بمقدار (11.4–29.4%) وخفض كمية الآزوت المفقود من التربة بمقدار (12.3–30%)، كما وجد أنّ إضافة أحماض الهيوميك تؤثر بشكل إيجابي على نمو المجموع الجذري والتي تعمل على زيادة حجم المجموع الجذري وزيادة كثافة الشعيرات الجذرية، مما يكسب المجموع الجذري مساحة سطح عالية (Canellas *et al.*, 2015)، الأمر الذي يمنح النبات قدرة أكبر على امتصاص العناصر الغذائية وخاصة الآزوت.

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية البحث في دراسة الدور المحتمل لهيومات البوتاسيوم كمصدر سمادي طبيعي ورخيص الثمن نسبياً في تحسين كفاءة الإضافات السمادية الآزوتية وزيادة الإنتاجية بوحدة المساحة، مما ينعكس ذلك على استهلاك الأسمدة المعدنية وتقليل الأعباء المادية على المنتج، ويمكن تحديد أهداف البحث بالآتي:

1. دراسة تأثير التسميد الآزوتي في معايير الكفاءة
2. تقييم دور هيومات البوتاسيوم في زيادة كفاءة الإضافات السمادية الآزوتية.

طرائق البحث ومواده

1. تجهيز التربة للزراعة:

تم إجراء عمليات الفلاحة والتسوية وذلك قبل شهر من الزراعة، ومن ثم تم تقسيم الأرض لقطع تجريبية بحسب عدد المعاملات وبأبعاد (3x2 م= 6 م2)، والمسافة ما بين القطع التجريبية 1 م، وبمعدل ثلاث مكررات لكل معاملة. تمت إضافة الأسمدة المعدنية الأساسية (التسميد الفوسفوري والبوتاسيوم) على شكل سوبر فوسفات ثلاثي (46% P_2O_5) بمعدل 120 كغ/هـ لرفع تركيز الفوسفور المتاح إلى 20 مغ/كغ تربة في عمق انتشار الجذور 20 سم، وذلك اعتماداً

على تحليل التربة قبل الزراعة (Ryan *et al.*, 2001)، ويوضحها (جدول 1). التربة طينية، ذات قلوية خفيفة، غنية بالبوتاسيوم المتاح (325 مغ/كغ) ولذلك لم يكن هناك حاجة لإضافة الأسمدة البوتاسية (Mengel and Kirkby, 2001). ولكنها فقيرة بالفوسفور المتاح (10.17 مغ/كغ) بالنسبة لتربة طينية (Clements and McGwen, 1994) ولذلك تمت إضافة سماد السوبر فوسفات بمعدل 120كغ/هـ، نسبة الكربون إلى الآزوت (48) وهي أعلى من (25) (C:N>25) ولذلك فإن معدل معدنة المادة العضوية سوف يتم ببطيء وبالتالي سوف تتأثر مستويات الآزوت المتاح للنبات في معاملة الشاهد والناتج عن عملية المعدنة (Allison, 1973)، ولكن عملية إضافة السماد الآزوتي سوف تعمل على تعديل الميزان باتجاه زيادة معدل معدنة المادة العضوية وبالتالي سوف يتحرر المزيد من الآزوت المتاح للنبات.

جدول(1): بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية لتربة الدراسة (القيم هي متوسط ثلاث مكررات).

التحليل الميكانيكي			pH	EC ds/m	OM (%)	N-كلي (%)	$CaCO_3$ (%)		P (مغ/كغ تربة)	
طين	سلت	رمل					كلية	فعالة	ذائب	متاح
57.4	39.3	33.	8.06	0.3	2.4	0.029	30.8	14.7	0.41	10.17

CEC م.م / 100غ	الكاتيونات (مغ/كغ تربة)							
	K^+		Ca^{+2}		Mg^{+2}		Na^+	
	ذائب	متاح	ذائب	متاح	ذائب	متاح	ذائب	متاح
61.4	6.2	325	246.6	7920	140	1500	11.7	44.4

2. تصميم التجربة والمعاملات:

تم إجراء تجربة عاملية بنظام القطاعات العشوائية الكاملة (Randomized Complete Block Design) تتضمن خمس معاملات من معدلات التسميد الآزوتي (0 – 100 – 200 – 300 – 400 كغ N/هكتار) على شكل يوريا (46 % N)، وأربعة مستويات من هيومات البوتاسيوم (0– 2.5– 5– 10 كغ/هـ)، وهو مصدر عضوي كامل الذوبان في الماء ذو منشأ بلجيكي معروف تجارياً باسم Grogreen K-Humate. فنتج 20 معاملة وبواقع ثلاث مكررات لكل معاملة.

تمت إضافة المعدل السمادي الآزوتي (يوريا) على دفعات موزعة بنسبة 25 % من المعدل السمادي عند الزراعة، 50 % في مرحلة الإشطاء، و 25% من المعدل السمادي في مرحلة استطالة الساق وطرد السنابل. كما وتمت إضافة هيومات البوتاسيوم بذات التوزع النسبي (25 و50 و25%) من معدل الإضافة على التربة متزامنة مع التسميد الآزوتي والأطوار الفينولوجية الموصوفة لنبات القمح.

3. الزراعة وعمليات الخدمة:

تمت الزراعة بتاريخ 2017/12/5 للموسم الأول وبتاريخ 2018/12/3 للموسم الثاني وتمت الزراعة على سطور وبمعدل بذار 120كغ/هـ. تم فتح سطور الزراعة ضمن كل قطعة تجريبية تمهيداً لعملية الزراعة، المسافة ما بين الخطوط (20سم)، مما جعل عدد الخطوط في كل قطعة تجريبية 10 خطوط.

1. الري: لم يكن هناك حاجة للري حيث كانت كمية الهطول جيدة وتوزعت بشكل جيد خلال موسم الزراعة (شكل 1). هذا بالإضافة إلى أن التربة طينية جيدة الاحتفاظ بالماء.

2. عمليات المكافحة : تمت عمليات التعشيب في المراحل الأولى من نمو النبات بشكل يدوي بهدف التخلص من الأعشاب الضارة، كما تم استخدام مبيدات الأعشاب المتخصصة في مكافحة الأعشاب الضارة الرفيعة والعريضة الأوراق، وذلك قبل دخول النباتات في مرحلة طرد السنابل. كما وتمت مكافحة وقائية للأمراض الفطرية والإصابات الحشرية.

4. إجراءات الحصاد:

تمت عملية الحصاد باستخدام إطار خشبي بمساحة 0.5 م2 (50سم*100سم) ليتم حصاد كامل النباتات التي تقع داخل هذا الإطار عند نسبة رطوبة أقل من 14% من خلال قص هذه النباتات عند مستوى سطح التربة وأخذ الوزن الجاف لكل من القش والحبوب بهدف تقدير غلة الحبوب والقش بواحدة المساحة (طن/هـ).

5. التحاليل المخبرية:

جففت عينات من الحبوب والقش في الفرن على درجة حرارة 70 م° ولمدة 48 ساعة على الأقل وتسجيل الأوزان الجافة، ومن ثم طُحنت كامل العينات تحضيراً للهضم الرطب وتقدير الآزوت بطريقة كلداهل (Ryan *et al.*, 2001) وحساب نسبة البروتين (= نسبة N في الحبوب x 5.7).

6. الحسابات والتحليل الإحصائي:

تم حساب الكفاءات التالية وفق Moll وآخرون (1982) و Dobermann and Cassman (2004):

1. معامل الإنتاجية الجزئي (PFP) Partial factor productivity: يمثل الغلة الحبية المنتجة من كلّ كيلوغرام من السماد الآزوتي المضاف:

PFP= الغلة الحبية في معاملة التسميد (كغ/هـ) / المعدل السمادي (كغ/هـ).

2. كفاءة الاسترداد الظاهرية (RE) Apparent Recovery Efficiency: وهي النسبة المئوية لكمية الآزوت الممتصة (مزاحة في غلتي الحبوب والقش) لكل كغ من المعدل السمادي الآزوتي المضاف

RE(%) =[{N المزاح في الحبوب (كغ/هـ) +Nالمزاح في القش (كغ/هـ)] /المعدل السمادي (كغ/هـ)} ×100

3. كفاءة الاستفادة من الآزوت Nitrogen Utilization Efficiency (NUE) : وهي تعتمد على مقارنة كمية الآزوت المزاحة في نباتات الشاهد مع كمية االآزوت المزاحة في المعاملة السمادية عند كل مستوى:

NUE (%) = {[N المزاح في حبوب النباتات المسمدة (كغN/هـ) − N المزاح في حبوب نباتات الشاهد (كغN/هـ)]/االمعدل السمادي المضاف (كغN/هـ)}× 100

4. دليل انتقال الآزوت باتجاه الحبوب Nitrogen Harvest Index (NHI):

NHI= (الآزوت المزاح في الحبوب كغ/هـ / الآزوت المزاح الكلي كغ/هـ) × 100 (Cox et al., 1986)

خضعت معطيات التجربة لتحليل التباين العام (ANOVA) بحسب مصادر التباين: الآزوت (N) والهيومات (H) والتداخل بينهما (N*H)، وتم فصل المتوسطات وتحديد قيمة أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 5%، وذلك باستخدام البرنامج الإحصائي (SAS Institute, 1999).

النتائج والمناقشة:

تأثير التسميد الآزوتي والهيوماتي في كفاءة الاستفادة من الآزوت (NUE):

يعتبر تقدير كفاءة الاستفادة من النتروجين مدخلاً هاماً لتقييم مصير الإضافات الآزوتية ودورها في زيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية (Fageria and Baligar, 2005)، ويمكن تعريف كفاءة استخدام النتروجين(NUE) بأنَّها كمية النتروجين المزاحة في الحبوب من السماد المضاف وهي تعبر عن كفاءة الصنف في استخدام النتروجين المضاف في تصنيع البروتين، حيث جاء تأثير إضافة السماد الآزوتي بمفرده بشكل عالي المعنوية ($P<0.0001$)، ولكن الإضافات السمادية المتزايدة لم تؤدي إلى زيادة مقابلة في قيمة (NUE)، حيث انخفضت كفاءة الاستفادة من (122.2%) عند المستوى الآزوتي (100كغ N/هـ)، إلى(84.98%) عند المستوى (400كغ N/هـ)، إنّ انخفاض كفاءة الاستفادة من الإضافات الآزوتية (NUE) مع زيادة المستوى الآزوتي قد يعود لانخفاض قدرة الصنف على استرداد كميات أكبر من السماد المضاف عند إضافته بمعدلات عالية، بينما كان تأثير إضافة هيومات البوتاسيوم مع السماد الآزوتي بشكل أقل معنوية ($P<0.01$)، ولكن بشكل عام، فقد تفوقت جميع المعاملات التي تلقت فيها هيومات البوتاسيوم مع السماد الآزوتي (جدول 2)، حيث بلغت قيمة لـ (NUE) حوالي (193.87، 172.29، 155.75، 97.72 %) عند المستويات السمادية (100، 200، 300، 400 كغN/هـ)، مقارنة مع القيم التي سُجلت عند ذات المستويات الآزوتية ولكن بدون إضافة هيومات البوتاسيوم حيث بلغت (122.2، 126.48، 111.98، 84.98 %)، على التوالي.

إنّ زيادة قدرة الصنف على استرداد الآزوت يوفر فرصة كبيرة لزيادة كفاءة الاستفادة من النتروجين (NUE)، وبهذا السياق جاء تأثير هيومات البوتاسيوم بشكل عالي المعنوية في كفاءة الاستفادة من الآزوت المضاف (NUE)، فقد ساهت إضافة هيومات البوتاسيوم مع السماد الآزوتي في رفع كفاءة الصنف في استخدام السماد الآزوتي المضاف في تصنيع البروتين، من خلال زيادة كفاءة الامتصاص بفضل التغيرات التي يحدثها في المجموع الجذري على المستوى الشكلي والفزيولوجي، حيث تعمل مركبات الهيوميك على زيادة حجم المجموع الجذري وزيادة الخصائص الامتصاصية للمجموع الجذري (Zandonadi *et al.*, 2007) (جدول 2)، كما تؤثر مركبات الهيوميك في المسارات الاستقلابية داخل النبات والتي ترتبط بعملية النمو والتطور للنبات من خلال التأثير المباشر في عدد من لعمليات الفزيولوجية داخل النبات، مثل عمليات التنفس (Nardi *et al.*, 2007)، وتصنيع البروتينات (Carletti *et al.*, 2008)، ونشاط الأنزيمات خاصة تلك التي تتعلق بعملية تمثيل الآزوت (Baglieri *et al.*, 2014).

جدول (2): تأثير معدلات التسميد بالآزوت وإضافة هيومات البوتاسيوم في كفاءةالاستفادة من الآزوت. القيم ذات الأحرف المتشابهة ضمن كل عمود غير مختلفة معنوياً. قيم الـ LSD في كل صف هي لمقارنة المتوسطات ضمن كل مستوى إضافة للهيومات.

معدل التسميد الهيوماتي كغH/هـ	معدل التسميد الآزوتي (كغN/هـ)				
	100	200	300	400	$LSD_{0.05}$
	H*N= 0.01 N= 0.0001 H= 0.0022				
H0	122.2^{B}	126.48^{C}	111.98^{B}	84.98^{A}	6.04
H2.5	193.87^{A}	172.29^{A}	155.75^{A}	97.72^{A}	28.47
H5	193.23^{A}	164.97^{BA}	135.26^{A}	109.16^{A}	41.64
H10	183.17^{A}	154.11^{B}	144.81^{A}	112.17^{A}	14.13
$LSD_{0.05}$	35.06	12.41	20.99	28.45	

تأثير التسميد الآزوتي والهيوماتي في كفاءة استرداد الآزوت(RE) :

تعبر كفاءة الامتصاص عن قدرة الصنف على استرداد النتروجين المضاف للتربة من قبل النبات (Moll *et al.*, 1982)، حيث تعتبر العامل الأكثر تأثيراً في كفاءة الاستفادة من النتروجين في ظروف انخفاض مستوى النتروجين في محلول التربة (Ortize–Momastero, 1997)، فلقد كانت قيم كفاءة الامتصاص أعلى ما يمكن عند المستوى الآزوتي الأدنى (100 كغ/هـ)، وتراوحت ما بين (282.34%) مقارنة بـ (119.52 %) عند المستوى (400 كغ/هـ) (جدول 3)، وبالتالي هناك انخفاض كبير في كفاءة الامتصاص مع زيادة المستوى الآزوتي. إنَّ السبب الرئيسي وراء انخفاض كفاءة الامتصاص مع زيادة المستوى الازوتي يعود بشكل رئيسي إلى أنّ معدل الإضافة أعلى من معدل امتصاص النتروجين من قبل جذور النبات وليس بسبب انخفاض قدرة الجذور على الامتصاص (Huggins and Pan, 2003). يرتبط معدل الامتصاص يرتب بالعديد من العوامل أهمها حالة الآزوت الداخلية للنبات حيث أنَّه مع زيادة المستوى الآزوتي فإنَّ ذلك يؤدي إلى إرتفاع محتوى النسيج النباتي من الآزوت مما ينعكس على عملية الامتصاص فتقل كفاءة الامتصاص على الرغم من توافره في الوسط (Barniex, 2007)، ولذلك فإنَّ لكفاءة تمثيل النتروجين الدور الأبرز في زيادة كفاءة الاستفادة من النتروجين خاصة عند الإضافات العالية من النتروجين فهي تتعلق بنشاط إنزيمات تمثيل النترات والأمونيوم وخفض تراكيزهما في النسيج الخضري. وبالتالي فإن لنشاط هذه الأنزيمات الدور الأهم في زيادة كفاءة الامتصاص عند الإضافات العالية وتقليل الفاقد ما أمكن، وفي ظروف انخفاض المستوى الآزوتي في التربة فإنَّ قدرة النبات على استثمار موارده في بناء مجموع جذري كثيف يلعب الدور الأهم في كفاءة الامتصاص من خلال زيادة حجم التربة المستغل من قبل الجذور، بالإضافة إلى قدرة النبات على زيادة عدد النواقل في الخلايا الجذرية سوف يساعد في زيادة كفاءة امتصاص النتروجين (Lawlor *et al.*, 2001). ومن هنا يأتي التأثير الإيجابي لهيومات البوتاسيوم في زيادة كفاءة الاسترداد عند إضافتها مع السماد الآزوتي، حيث أدت إلى زيادة عالية المعنوية في قيمة الاسترداد، من (282.34%) عند المستوى (100 كغ/هـ) إلى (403.1, 445.77, 375.95 %)

عند ذات المستوى الآزوتي، ولكن مع إضافة (2.5 ,5 ,10 كغH/هـ) مع السماد الآزوتي على التوالي، ومن (119.52%) عند المستوى (400 كغ/هـ) إلى (140.23، 160,65، 162.15 %) عند نفس المستوى ولكن مع إضافة (2.5 ,5 ,10 كغH/هـ) مع السماد الآزوتي على التوالي، فلقد بينت الدراسات التي تناولت تأثير مركبات الهيومك على المجموع الجذري، بأن لهذه المركبات القدرة على إحداث تغيرات على المستوى المورفولوجي من خلال زيادة في سماكة الجذور الرئيسية والثانوية، بالإضافة لزيادة في نسبة الجذور الجانبية (lateral roots) والشعيرات الجذرية حيث وجد لمركبات الهيوميك تأثير ملحوظ على الخلايا الميرستيمية المتواجدة في منطقة التمايز والاستطالة للجذور (Zandonadi *et al*., 2007، Canellas *et al*., 2002) بفضل احتوائه على مركبات مشابهة في عملها للأوكسينات، حيث تستهدف هذه المركبات مجموعة من خلايا البيرسايكل (Pericycle cells) لتدخل في مراحل انقسام متعددة ليتشكل مواقع تشكيل الجذور الجانبية (lateral root) (Casimiro *et al*., 2001). وبالتالي زيادة حجم المجموع الجذري، مما يؤدي إلى اختصار رحلة النتروجين في التربة (Mora *et al*., 2012).

جدول (3): تأثير معدلات التسميد بالآزوت وإضافة هيومات البوتاسيوم في كفاءة الاسترداد. القيم ذات الأحرف المتشابهة ضمن كل عمود غير مختلفة معنوياً. قيم الـ LSD في كل صف هي لمقارنة المتوسطات ضمن كل مستوى إضافة للهيومات.

معدل التسميد الهيوماتي كغH/هـ	معدل التسميد الآزوتي (كغN/هـ)				
	100	200	300	400	$LSD_{0.05}$
	H*N= 0.0001 N= 0.0001 H= 0.0001				
H0	282.34^{C}	229.01^{B}	180.02^{B}	119.52^{B}	16.76
H2.5	403.1^{BA}	304.54^{A}	242.14^{A}	140.23^{BA}	35.27
H5	445.77^{A}	285.27^{A}	192.22^{B}	160.65^{A}	80.36
H10	375.95^{B}	272.96^{A}	230.59^{A}	162.15^{A}	16.06
$LSD_{0.05}$	63.58	35.29	24.50	40.07	

كما وجد أنّ تأثير الهيومات على المجموع الجذري ليس فقط من الناحية الشكلية وإنما أيضاً من الناحية الفزيولوجية، حيث تمتلك القدرة على رفع كفاءة المجموع الجذري في امتصاص العناصر الغذائية من خلال التأثير في عمل المضخات البروتونية حيث تتسبب مركبات الهيوميك بزيادة نشاط المضخات البروتونية (Canellas *et al*., 2002) والتي تعمل على طرح شوارد الهيروجين (H^+) الناتجة عن عمل انزيمات الـ H^+–ATPase إلى خارج الخلية إلى قنوات الأبوبلاست (apoplast) وينتج عن ذلك انخفاض الـ pH في الوسط خارج الخلية، وينتج عن ذلك تفعيل للأنزيمات المسؤولة عن تليين الجدار الخلوي مما يمهد الطريق لزيادة استطالة الخلايا الجذرية (Hager, 2003)، وزيادة استقطاب الغشاء الخلوي، حيث من المعروف أن لهذه المضخات دور كبير في خلق القوة الدافعة لحركة الأيونات عبر الغشاء الخلوية دخولاً وخروجاً (Influx – efflux) من خلال خلق تدرج كهروكيميائي على جانبي الغشاء

(Zandonadi *et al*., 2007)، تعزز هذه العملية من قدرة الجذور على امتصاص العناصر الغذائية مثل الكبريت والآزوت وخاصة شوارد النترات، حيث أظهرت العديد من الدراسات أهمية الكبريت في كفاءة الاستفادة من الإضافات الآزوتية من خلال التأثير في مجموعة من المسارات الحيوية الهامة المسؤولة عن عملية تمثيل الآزوت وتصنيع البروتينات (Marschner, 2012)، هذا بالإضافة إلى دور النترات في زيادة النمو الخضري من خلال زيادة إنتاج وانتقال هرمون السايتوكينين من المجموع الجذري إلى المجموع الخضري (Mora *et al*., 2010)، وزيادة قدرة النبات على امتصاص كمية إضافة السماد الآزوتي من خلال زيادة حجم المجموع الخضري.

تأثير التسميد الآزوتي والهيوماتي في معامل الإنتاجية الجزئي (PP):

يعتبر معامل الإنتاجية الجزئي (PFP) مؤشراً متكاملاً يشير إلى مدى فعالية العمليات الزراعية المتبعة في استغلال الموارد المتاحة للمحصول الزراعي بهدف زيادة العائد الاقتصادي (Yadav, 2003)، ويستخدم كمؤشر على كفاءة الأصناف في إنتاج الغلة الحبية من الآزوت المتاح للمحصول والمتضمن كل من آزوت التربة والآزوت المضاف كسماد. وهو يتعلق بالمساهمة النسبية لكل من كفاءة الامتصاص وكفاءة التوظيف وذلك بحسب المستوى الآزوتي، الذي أثّر بمعنوية عالية جداً في كفاءة النبات في إنتاج الغلة الحبية ($P \leq 0.0001$) لتنخفض هذه الكفاءة مع زيادة المستوى الآزوتي (جدول 4)، ويبدو أنَّ معدل الانخفاض في قيمة (PP) ما بين مستويات الآزوت تحت ظروف هذه التجربة يكون معنوياً عند الانتقال إلى المستويات الأعلى، فهو في المستوى (100 كغ N/هـ) حوالي (60.66)، وفي المستوى (200 كغ N/هـ) يصبح (44.46)، وينخفض ببطء بعد ذلك ليصل إلى (25.93) عند المستوى (400 كغ N/هـ).

جدول (4): تأثير معدلات التسميد بالآزوت وإضافة هيومات البوتاسيوم في معامل الانتاجية الجزئي. القيم ذات الأحرف المتشابهة ضمن كل عمود غير مختلفة معنوياً. قيم الـ LSD في كل صف هي لمقارنة المتوسطات ضمن كل مستوى إضافة للهيومات.

معدل التسميد الهيوماتي كغH/هـ	معدل التسميد الآزوتي (كغN/هـ)				
	100	200	300	400	$LSD_{0.05}$
	H*N= 0.0001 N= 0.0001 H= 0.0001				
H0	60.66^{B}	44.46^{C}	35.53^{B}	25.93^{A}	3.02
H2.5	81.33^{A}	51.86^{A}	45.4^{A}	29.2^{A}	10.17
H5	75.13^{A}	49.96^{BA}	37.6^{B}	32.03^{A}	13.18
H10	74.06^{A}	47.6^{B}	40.43^{BA}	33.1^{A}	4.37
$LSD_{0.05}$	13.13	2.88	6.06	7.98	

إنَّ انخفاض قيمة معامل الإنتاجية الجزئي مع زيادة المعدل السمادي يعود لانخفاض قدرة النبات على استرداد كميات أكبر من النتروجين عند إضافة السماد بمعدلات عالية، وهذا يرتبط بجملة من العوامل التي تؤثر في الخصائص المورفولوجية والوظيفية للمجموع الجذري، وكذلك بتلك المتعلقة بالخصائص الفيزيولوجية والبيولوجية التي تؤثر في كفاءة إنتاج الكتلة الحيوية (BPE) وتوزعها ما بين غلتي الحبوب والقش، وتأثير ذلك في قدرة النبات على الامتصاص وإنتاج

الغلة الحبية نظراً لدور الكتلة الحيوية في زيادة الكمية الممتصة والمختزنة من الآزوت والسكريات الذائبة. بحسب (Cassman *et al*., 1996) فإنه يمكن لقيمة معامل الإنتاجية الجزئي أن تزداد من خلال زيادة زيادة كفاءة امتصاص الإضافات السمادية، وتوظيف تلك الكميات الممتصة من السماد المضاف في إنتاج الغلة الحبية،

ولذلك فقد أدت إضافة هيومات البوتاسيوم مع السماد الآزوتي إلى زيادة عالية المعنوية في قيمة معامل الإنتاجية الجزئي، حيث تفوقت جميع المعاملات التي تلقت فيها السماد الآزوتي مع هيومات البوتاسيوم على المعاملات التي تلقت السماد الآزوتي بمفرده، ولكن كانت أعلى قيمة لمعامل الإنتاجية الجزئي عند استخدام (2.5 كغ H/هـ) مقارنة مع المستويات الأعلى من هيومات البوتاسيوم، تشير الدراسات السابقة إلى أنّ مركبات الهيوميك تحسن من كفاءة امتصاص وتمثيل العناصر الغذائية وتعزز نمو النبات من خلال تحسين تمثيل كل من الآزوت والكربون (Nardi *et al*., 2017)، فقد ازداد الوزن الجاف لكل من المجموع الجذري والمجموع الخضري بمقدار 22% عند استخدام مركبات الهيوميك (Rose *et al*., 2014)، وتساعد مركبات الهيوميك في استغلال موارد التربة من العناصر الغذائية مثل البوتاسيوم والكالسيوم والفوسفور بفضل المجموعات الوظيفية التي تمتلكها مركبات الهيوميك (Tipping, 2002)، فهي تعمل على تحسين البيئة المحيطة بالمجموع الجذري، من خلال زيادة الراشحات المفرزة من قبل الجذور في منطقة الرايزوسفير (Garc´ıa *et al*., 1995)، حيث يمكن لهذه الراشحات أن تعمل على تفكيك جزيئات الهيوميك العالية الوزن الجزيئي إلى مركبات ذات أوزان جزيئية منخفضة قادرة على دخول الخلايا الجذرية عبر قنواة الأبوبلاست والتأثير في مستقبلات متواجدة على الغشاء الخلوي لتتمكن من ممارسة تأثيرها على المستوى الفزيولوجي (Canellas *et al*., 2010)، حيث وجد أنّه يمكن لمركبات الهيوميك أن تؤثر في تمثيل الآزوت من خلال تنشيط انزيمات اختزال النترات وأنزيمات نقل مجموعة الأمين وأنزيمات تصنيع الحمض الأميني الاسبارجين (aspartate aminotransferase, asparagine synthetase)(Vaccaro *et al*., 2015).

تأثير التسميد الآزوتي وإضافة الهيومات في دليل انتقال الآزوت إلى الحبوب (NHI) ونسبة البروتين:

بين الصنف (شام 10) استجابة عالية المعنوية للإضافات الآزوتية المتزايدة فازدادت نسبة البروتين ($P \leq 0.0001$)، مقارنة بحبوب الشاهد(جدول 5)، وترافقت مع زيادة عالية المعنوية للنسبة المئوية للآزوت المنتقل باتجاه الحبوب (NHI) ($P \leq 0.0001$) والتي تعبر عن كيفية توزيع الآزوت الممتص ما بين القش والحبوب وتوظيفه في تصنيع البروتين، لقد ارتفعت نسبة البروتين إلى 20.81% مع المستوى السمادي الأعلى المستخدم في هذه التجربة (400 كغN/هـ)، مقارنة مع (12.78 %) لنسبة البروتين في معاملة الشاهد (N0)، كما أدى التدرج في مستوى التسميد الآزوتي إلى زيادة متدرجة ومعنوية حتى مستوى التسميد 300 كغ N/هـ، وبعد هذا التركيز في المعاملة (N400) كان هنالك زيادة ظاهرية غير معنوية، وبذلك يمكن اعتبار مستوى التسميد 400 كغ N/هـ غير مجدي من الناحية الإقتصادية، وكذلك الأمر بالنسبة لدليل انتقال الآزوت (NHI) فقد ازدادت نسبة الآزوت المنتقلة للحبوب على حساب المتبقية في القش مع زيادة المستوى الآزوتي بمفرده لتصل (68.87%) عند المستوى الآزوتي (400 كغ/هـ) مقابل بقاء (31.13%) من الآزوت في القش مقارنة مع (45.11%)، وبقاء (54.89%) من الآزوت في القش عند المستوى (100 كغ N/هـ)، وهي تشكل نسبة ما بين (40–90%) من محتوى الحبوب من الآزوت من عملية انتقال الآزوت الممتص قبل مرحلة الإزهار والمختزن في المجموع الخضري باتجاه الحبوب حيث أنَّه مع زيادة حجم مراكز التخزين (زيادة عدد الحبوب) تصبح زيادة نسبة البروتين في الحبوب مرهونة بقدرة المجموع الخضري– والذي يلعب دور المصدر– على تزويد الحبوب المتكونة بكميات إضافية من النتروجين (Gooding *et al*., 2003)،

جدول (5): تأثير معدلات التسميد بالآزوت وإضافة هيومات البوتاسيوم في دليل انتقال الآزوت إلى الحبوب (%). القيم ذات الأحرف المتشابهة ضمن كل عمود غير مختلفة معنوياً. قيم الـ LSD في كل صف هي لمقارنة المتوسطات ضمن كل مستوى إضافة للهيومات.

معدل التسميد الهيوماتي كغH/هـ	معدل التسميد الآزوتي (كغN/هـ)					
	0	100	200	300	400	$LSD_{0.05}$
	H= 0.219 N= 0.0001 H*N= 0. 013 NHI					
H0	53.1^{A}	45.11^{B}	54.97^{A}	61.2^{B}	68.87^{A}	5.81
H2.5	56.4^{A}	48.84^{A}	56.21^{A}	63.23^{B}	68^{A}	4.81
H5	51.86^{A}	44.5^{B}	57.45^{A}	68.6^{A}	66.53^{A}	4.7
H10	50.93^{A}	49.34^{A}	56.06^{A}	61.86^{B}	67.73^{A}	4.64
$LSD_{0.05}$	6.66	3.5	5.36	4.14	5.28	

إن زيادة النمو الخضري من شأنها أن تزيد من قدرة النبات على امتصاص كمية أكبر من السماد الآزوتي المضاف وتخزينه ليعاد انتقاله لاحقاً إلى الحبوب خلال مرحلة امتلاء الحبوب، هذا ما يساهم في زيادة كفاءة الاستفادة من الإضافات الآزوتية (NUE)، وفي تحسين نسبة البروتين في الحبوب، حيث ترافقت هذه الزيادة في الغلة مع زيادة مترافقة بتركيز الآزوت في الحبوب، وكذلك نسبة البروتين. هذا ربما يشير إلى كفاءة الصنف شام 10 باستخدام الأزوت المضاف وحركته باتجاه الحبوب.على الرغم من أنّ التأثير المتبادل ما بين السماد الآزوتي وهيومات البوتاسيوم قد جاء بشكل أقل معنوية ($P\leq0.013$) بالنسبة لدليل انتقال الآزوت مقارنة مع نسبة البروتين فقد ساهمت إضافة الهيومات مترافقة مع التسميد الآزوتي بشكل فعال في زيادة نسبة البروتين في الحبوب مقارنة مع نسبة البروتين عند نفس المستوى الآزوتي لوحده، وعند جميع مستويات التسميد الآزوتي، وكانت هذه الزيادة عالية المعنوية حيث حققت زيادة نسبية بمعدل (16.9، 34.3، 12.13، 1.87%) عند إضافة هيومات البوتاسيوم بمعدل (5 كغH/هـ) مع المعدلات السمادية 100، 200، 300، و400 كغ N/هـ، على التوالي، مقارنة مع المعاملات التي تلقت فيها ذات المعدلات السمادية الآزوتية بمفرده (جدول 6)، فلقد بلغت أعلى نسبة بروتين حوالي (22.45%) عند اضافة (5 كغH/هـ) من هيومات البوتاسيوم مع المعدل السمادي (300 كغN/هـ)، وهي أعلى من نسبة البروتين تم الحصول عليها عند جميع مستويات إضافة الهيومات.

جدول (6): تأثير معدلات التسميد بالآزوت وإضافة هيومات البوتاسيوم في نسبة البروتين في الحبوب (%). القيم ذات الأحرف المتشابهة ضمن كل عمود غير مختلفة معنوياً. قيم الـ LSD في كل صف هي لمقارنة المتوسطات ضمن كل مستوى إضافة للهيومات.

معدل التسميد الهيوماتي كغH/هـ	معدل التسميد الآزوتي (كغN/هـ)					
	0	100	200	300	400	$LSD_{0.05}$
	N= 0.0001 H= 0.0001 H*N= 0.0010					
H0	12.78^{B}	14.94^{C}	15.63^{B}	20.02^{C}	20.81^{A}	0.99
H2.5	15.51^{A}	16.22^{B}	21.05^{A}	21.23^{B}	20.95^{A}	1.32
H5	15.05^{A}	17.47^{A}	21.01^{A}	22.45^{A}	21.20^{A}	0.94
H10	15.02^{A}	16.95^{AB}	20.73^{A}	22.25^{A}	21.03^{A}	0.42
$LSD_{0.05}$	1.57	1.10	0.36	0.62	0.67	كلي= 0.83

لم يكن هنالك زيادة معنوية باستخدام تركيز أعلى من الآزوت أو الهيومات. يقود هذا إلى الاعتقاد بإن إضافة هيومات االبوتاسيوم مع السماد الآزوتي قد ساهم بشكل كبير في خفض كمية السماد الآزوتي اللازم إضافتها لمحصول القمح، فالهيومات تقلل من الفقد خلال موسم نمو المحصول القمح نتيجة لقدرة الهيومات على ربط شوارد الأمونيوم الناتجة عن تحلل اليوريا واتاحتها للنبات طيلة مرحلة امتلاء الحبوب بفضل الخصائص الإدمصاصية التي تتمتع بها مركبات الهيومات (Mackowiak *et al*.,2001)، وتبين الدراسات باستخدام تقنية (FT-IR) قدرة مركبات الهيوميك على ربط سماد اليوريا وتشكيل مركب (اليوريا هيومات) بطيء التحرر الذي يساهم باستمرار إمداد النبات بعنصر الآزوت خلال مرحلة امتلاء لحبوب، وينعكس ذلك على نسبة البروتين في الحبوب، حيث أنّ امتصاص الآزوت بعد مرحلة الإزهار يشكل حوالي (5−40%) من نسبة الآزوت في الحبوب (Hirel *et al*., 2007).

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1. أدى التسميد بكميات متزايدة من السماد الآزوتي إلى زيادة عالية المعنوية في نسبة البروتين.
2. أدت زيادة معدلات التسميد الآزوتي إلى انخفاض كفاءة استرداد السماد الآزوتي (RE) ومعامل الإنتاجية الجزئي (PFP) وكفاءة الاستفادة من الآزوت المضاف (NUE).
3. حسنت إضافة هيومات البوتاسيوم مع السماد الآزوتي من كفاءة استرداد الآزوت من السماد المضاف (RE)، انعكس ذلك على كل من كفاءة النبات في انتاج الغلة الحبية والمتمثلة بمعامل الانتاجية الجزئي (PFP)، ونسبة الآزوت المزاحة في الحبوب من السماد المضاف والمتمثلة بكفاءة الاستفادة من الآزوت (NUE)، وبالتالي على نسبة البروتين في الحبوب.

التوصيات:

يوصى باستخدام معدل تسميدي من الآزوت 300 كغ N/هـ مترافقاً مع إضافة لمركبات الهيومات بتركيز 2.5−5 كغ/هـ، فهي تعطي أفضل إنتاجية حبية ونسبة بروتين في الحبوب.

References:

1. AHMED, OH., AMINUDDIN, H., HUSNI, M. H. A. *Reducing ammonia loss from urea and improving soil-exchangeable ammonium retention through mixing triple superphosphate, humic acid and zeolite*. Soil Use Manage, 22, 2006, 315-319.
2. ALLISON, F. E.'Soil Organic Matter and its Role in Crop Production.' (Elsevier Scientific Publishing Company: London 1973.
3. BAGLIERI, A., CADILI, V., MOZZETTI MONTERUMICI, C., GENNARI, M., TABASSO, S., MONTONERI, E., NARDI, S., NEGRE, M. *Fertilization of bean plants with tomato plants hydrolysates. Effect on biomass production, chlorophyll content and N assimilation*. Sci Hortic, 176, 2014, 194–199.
4. BARNEIX, A. J. *Physiology and biochemistry of source-regulated protein accumulation in the wheat grain*. Journal of Plant Physiology, 164, 2007, 581-590.
5. CANELLAS, L. P., F. L. OLIVARES, N. O., AGUIAR, D. L., JONES, A., NEBBIOSO, MAZZEI, P. and PICCOLO, A . *Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. Scientia Horticulturae* 196, 2015, 15–27.
6. CANELLAS, L. P., OLIVARES, F. L., OKOROKOVA-FAÇANHA, A. L., FAÇANHA, A. R .*Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H + -ATPase activity in maize roots*. Plant Physiol., 130, 2002, 1951–1957.
7. CANELLAS, L.P., PICCOLO, A., DOBBSS, L.B., SPACCINI, R., OLIVARES, F.L., ZANDONADI, D.B., FAC¸ ANHA, A.R. *Chemical composition and bioactivity properties of size-fractions separated from a vermicompost humic acid*. Chemosphere, 78, 2010, 457–466.
8. CARLETTI, P., MASI, A., SPOLAORE, B., POLVERINO DE LAURETO, P., DE ZORZI, M. *Protein Expression Changes in Maize Roots in Response to Humic Substances*. J. Chem. Ecol., 34, 2008, 804-18.
9. CASIMIRO, I., MARCHANT, A., BHALERAO, R. P., BEECKMAN, T., DHOOGE, S., SWARUP, R., GRAHAM, N., INZÉ, D., SANDBER, G., CASERO, P. J., BENETT, M .*Auxin transport promotes Arabidopsis lateral root initiation*. Plant Cell, 13, 2001, 843–852.
10. CASSMAN, K.G., GINES, G.C., DIZON, M.A., SAMSON, M.I AND. ALCANTAR, J.M. *Nitrogen use efficiency in tropical lowland rice systems: contribution from indigenous and applied nitrogen.* Field Crop Research, 47, 1996, 1-12.
11. CLEMENTS, B., AND MCGOWEN, I. (1994). Strategic fertilizer use on pastures. NSW Agriculture. Agnote Reg. 4/57, Orange, NSW.
12. COX, M. C., QUALSET, C. O. & RAINS, D.W. *Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation in wheat. III. Nitrogen translocation in relation to grain yield and protein.* Crop Sci. J. 26, 1986, 737-740.
13. DOBERMANN, A., AND CASSMAN, K. G. *Environmental dimensions of fertilizer nitrogen: What can be done to increase nitrogen use efficiency and ensure global food security?* In ''Agriculture and the Nitrogen Cycle: Assessing the Impacts of Fertilizer Use on Food Production and the Environment'' [A. R. Mosier, J. K. Syers, and J. R. Freney, Eds. Paris, France],2004, pp. 261–278.

14. ERCOLI, L., ARDUINI, I., MARIOTTI, M., LULLI, L AND MASONI, A. *Management of sulphur fertiliser to improve durum wheat production and minimise S leaching*. European Journal of Agronomy, 38, 2012, 74–82.
15. FAGERIA, N. K. and BALIGAR, V. C. *Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Advanced Agronomy*. 88, 2005, 97-185.
16. GARC´IA, C., CECCANTI, B., MASCIANDARO, G., AND HERN´ANDEZ ,T. *Phosphataseandβ-glucosidaseactivitiesinhumicsubstances from animal wastes.* Bioresource Technology, vol. 53, no. 1,1995, 79–87.
17. GOODING, M. J; ELLIS, R. H; SHEWRY, P. R. and SCHOFIELD, J. D. *Effects of restricted water availability and increased temperature on the grain filling, drying and quality of winter wheat*. Journal of Cereal Science, **37**, 2003, 295-309.
18. HAGER, A. *Role of the plasma membrane H + -ATPase in auxin-induced elongation growth: historical and new aspects*. J. Plant Res., 116, 2003, 483–505.
19. HIREL, B., LE GOUIS, J., NEY, B. and GALLAIS, A. *The challenge of improving nitrogen use ef fi ciency in crop plants: towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches*. J. Exp. Bot. 58,,2007, 2369–2387 .
20. HUGGINS, D. R., PAN, W. L. *Key indicators for assessing nitrogen use efficiency in cereal-based agroecosystems*. Journal of Crop Production, **8**, 2003, 157–185.
21. KUBOTA, H., IQBAL, M., QUIDEAU ,S., DYCK, M., SPANER, D. *Agronomic and physiological aspects of nitrogen use efficiency in conventional and organic cereal-based production systems.* Renewable Agriculture and Food Systems, 33(5), 2018,443-466.
22. LAKESH, K.S., SUKHWINDER, K.B. *A Review of Methods to Improve Nitrogen Use Efficiency in Agriculture*. Sustainability 2018, 10, 51.
23.LAWLOR, D, W; LEMAIRE, G; GASTAL, F. *Nitrogen, plant growth and crop yield*. In: Lea PJ, Morot-Gaudry J-F, eds. Plant nitrogen. Berlin: Springer-Verlag, 2001, 343–367.
24. LÓPEZ–BELLIDO, L., LÓPEZ–BELLIDO, R. J. AND REDONDO, R. *Nitrogen efficiency in wheat under rainfed Mediterranean conditions as affected by split nitrogen application*. Field Crops Research 94 (1), 2005, 86–97.
25. MACKOWIAK, C.L., GROSSL, P. R. and BUGBEE, B.G. *Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat*. Soil Sci. Soc. Am. J. 65, 2001, 1744-1750
26. MANAL, F. M., THALOOTH, A. T., AMAL, G., AHMED, M. H. AND MOHAMED, M.H. *Evaluation of the effect of chemical fertilizer and humic acid on yield and yield components of wheat plants (Triticum aestivum) grown under newly reclaimed sandy soil*. International Journal of Chem Tech Research. 9(8), 2016, 154-161.
27. MARSCHNER, H. Mineral Nutrition of Higher Plants, third ed. Elsevier Academic Press, Amsterdam. 2012
28. MENGEL, K. and KIRKBY, E.A. *Principles of plant nutrition*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2001, The Netherlands.
29.MOLL, R. H., KAMPRATH, E. J. and JACKSON, W. A. *Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of N utilization*. Agronomy Journal **74**, 1982, 502-564.
30.MORA, V., BACAICOA, E., ZAMARRENO, A. M., AGUIRRE, E., GARNICA, M., FUENTES, M., GARCÍA-MINA, J. M. *Action of humic acid on promotion of cucumber shoot growth involves nitrate-related changes associated with the root-to-shoot distribution of cytokinins, polyamines and mineral nutrients* . Plant. Physiol., 167, 2010, 633–642.
31. MORA,V., BAIGORRI, R., BACAICOA, E., ZAMARRE˜NO, A, M AND GARC´IA-MINA, J, M. "*Th ehumi cacid-induce dchanges in the root concentration of nitric oxide, IAA and ethylene do not explain the changes in root architecture caused by humic acid incucumber*.Environmental and Experimental Botany,vol.76, 2012, 24–32.

32. NARDI, S., ERTANI, A., FRANCIOSO, O. (2017) *Soil–root cross-talking: the role of humic substances*. J Plant Nutr Soil Sci., 180, 2017, 5–13.
33.NARDI, S., MUSCOLO, A., VACCARO, S., BAIANO, S., SPACCINI, R., PICCOLO, A. *Relationship between molecular characteris-tics of soil humic fractions and glycolytic pathway and krebs cycle in maize seedlings*. Soil Biol Biochem, 39, 2007, 3138-46.
34. ORITZE-MONASTERIO, J. I., SAYRE, K. D., RAJARAM, S., MCMAHON, M. *Genetic progress in wheat yield and nitrogen use efficiency under four nitrogen rates*. Crop Sci., **37**, 1997, 898–904.
35. Purakayastha, T. J. *Evaluation of some modified urea fertilizers applied to rice*. Fertil News, 42, 1997, 53–56.
36. REEZA, A. A., AHMED, O. H., NIK MUHAMAD, N. A. M., JALLOH, M. B. *Reducing ammonia loss from urea by mixing with humic and fulvic acids isolated from coal*. American Journal of Environmental Sciences, 5, 2009, 420–426.
37. ROSE, M. T., PATTI, A. F., LITTLE, K. R., BROWN, A. L., JACKSON, W. R., CAVAGNARO, T. R. (2014) *A meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances: practical implications for agriculture*. Adv Agronom, 124:37–89.
38. ROSE, R., *Slow release fertilizers 101*, in: R.K. Dumroese, L.E. Riley, T.D. Landis (Eds.), Technical, 2002.
39. RYAN, J., G. ESTEFAN and A. RASHID. *Soil and plant analysis: Laboratory Manual*. ICARDA, NARC, 2001, 172 pp.
40. SAS INSTITUTE. 1999. *SAS user's guide: Statistics*. SAS Inst., Cary, NC.
41. SHUI-QIN, Z ., LIANG, Y ., LI WEI, L., ZHI-AN, L., YAN-TING , L. , SHU-WEN, H. , BING-QIANG, Z. Effects of urea enhanced with different weathered coal-derived humic acid components on maize yield and fate of fertilizer nitrogen. J. of Integrative Agriculture, 2019, 18(3): 656–666.
42.SUNTARI, R., RURINI, R AND SOEMARNO, M. M. *Study on the release of N-available (NH4 + and NO3 -) of Urea-Humate*. Intern .J. Agri. and Fore., 6, 2013, 209-219.
43. TIPPING, E. *Cation binding by humic substances. Cambridge Environmental Chemistry Series 12*. Cambridge University Press, Cambridge, 2002.
44. VACCARO, S., ERTANI, A., NEBBIOSO, A., MUSCOLO, A., QUAGGIOTTI, S., PICCOLO, A., NARDI, S. *Humic substances stimulate maize nitrogen assimilation and amino acid metabolism at physiological and molecular level.* Chem Biol Technol Agric, (2)5, 2015, 1-12.
45. VAN VUUREN, J. A. J., CLAASSENS, A. S. *Greenhouse pot trials to determine the efficacy of black urea compared to other nitrogen sources*. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 40, 2009, 576–586.
46. VITOUSEK, P. M; NAYLOR, R; CREWS, T. *Nutrient imbalances in agricultural development*. Science, 19, 2009, 1519–1520.
47. YADAV, R.L. *Assessing on-farm efficiency and economics of fertilizer N, P and K in rice wheat systems of India*. Field Crops Research, 18, 2003, 39-51.
48. YUAN, L., ZHAO, B., LIN, Z., WEN, Y, LI, Y. *Effect of value-added urea on wheat yield and N use efficiency and the distribution of residual N in soil profiles*. Journal of Plant Nutrition and Fertilizer, 20, 2014, 620–628.
49. ZANDONADI, D., CANELLAS, L., FAÇANHA, A. *Indolacetic and humic acids induce lateral root development through a concerted plasmalemma and tonoplast H+ pumps activation*. Planta., 225, 2007, 1583–1595.
50.ZHU, X., GUO, W., DING, J., LI, C., FENG, C, PENG, Y. *enhancing nitrogen use efficiency by combinations of nitrogen application amount and time in wheat*. Journal of Plant Nutrition, 34, 2011, 1747–1761.