مقارنة تأثير إضافة أسمدة الهيدروجل والسماد الذواب في محتوى التربة من NPK وإنتاجية صنف الفول "بلدي محسن"

محمود خطيب[1] وعزيزة عجوري[2] وأحمد شمس الدين شعبان*[3]

(1). قسم علوم التربة واستصلاح الأراضي، كلية الهندسة الزراعية، جامعة حلب، حلب، سورية.

(2). قسم المحاصيل الحقلية، كلية الهندسة الزراعية، جامعة حلب، حلب، سورية.

(*للمراسلة: د. أحمد شمس الدين شعبان، البريد الإلكتروني: Shaabany57@gmail.com، هاتف: 0944019817)

تاريخ الاستلام:2024/03/4 تاريخ القبول: 2024/04/15

الملخص

نفذ البحث في محطة بحوث حميمة في حلب لموسم 2022/2021 بهدف مقارنة إضافة الهدروجل الزراعي مع السماد الذواب التقليدي وأثرها في محتوى التربة من العناصر الأساسية وانعكاسها على إنتاجية نبات الفول صنف بلدي محسن. صممت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة، استخدمت 5 معاملات: (الشاهد دون تسميد، التسميد بسماد ذواب بمعدل 2 كغ/دنم، التسميد بسماد هدروجل محمل بالعناصر NPK بمعدل 1 و2 و3 كغ/دنم). أضيفت الأسمدة على ثلاث دفعات خلال الموسم، تم تحليل NPK في عينات التربة على 5 دفعات: (قبل الزراعة وبعد شهر من كل إضافة سمادية من الإضافات الثلاث، وبعد الحصاد). كما تم دراسة بعض الصفات المظهرية والإنتاجية وتم تحليل NPK في البذور. بينت النتائج الأثر لإيجابي لإضافة سماد الهدروجل في رفع محتوى التربة من العناصر الأساسية NPK بالمقارنة مع السماد الذواب التقليدي، وبقائها متاحة في التربة بنسب أعلى حتى بعد الحصاد. كما انعكس ذلك إيجاباً في تحسن الصفات المظهرية والإنتاجية للفول.

الكلمات المفتاحية: الهيدروجل الزراعي، NPK، الفول، التسميد الأرضي.

المقدمة:

يزداد عدد سكان العالم بمعدل ينذر بالخطر، ويتوقّع أن يبلغ حوالي 9.7 مليار بنهاية عام 2050، إن النمو السكاني والتنمية الناتجة للتجمعات البشرية المدنية عالية الكثافة، إلى جانب التصنيع العالمي الموازي، ألقى بضغوط عظيمة على بيئتنا، وراح يهدد الاستدامة البيئية والأمن الغذائي. نتج عن هذا كله ظاهرة الدفيئة العالمية وإنتاج ملوثات كيميائية وحيوية لوثت الهواء وموارد المياه (Yazdani *et al.*, 2007).

يعد الآزوت والفسفور والبوتاسيوم من أهم المغذيات الضرورية لنمو النبات والتي يحتاجها بكميات كبيرة، وهي متواجدة في العديد من المركبات الملحية كالأمونيا وفوسفات الأمونيوم ونترات الأمونيوم وكبريتات الأمونيوم وسيانواميد الكالسيوم ونترات الكالسيوم وسلفات البوتاسيوم ونترات الصوديوم وكذلك اليوريا التي تتواجد على نطاق واسع وهي متاحة بسهولة (Marschner *et al.*, 2011; White and Hammond, 2008). وتستخدم النباتات نسبة مئوية صغيرة فقط من كمية الأسمدة المضافة على التربة، بينما يتم غسل الباقي ويفقد من الأسمدة المعدنية المضافة للتربة حوالي 40–70 ٪ من الآزوت و80–90 ٪ من الفسفور و40–60% من البوتاسيوم إلى البيئة مما يؤدي ليس فقط إلى خسائر اقتصادية ولكن أيضاً إلى التلوث البيئي (Sánchez-Monedero *et al.*, 2018).

بُذلت جهود حثيثة لتقليل هذه التحديات ولرفع كفاءة استخدام الأسمدة، وكان ذلك من أولويات البحث العلمي في المجالين الزراعي والبيئي، إذ اتخذت أساليب متعددة للتحكم في تحرر المغذيات، عن طريق تطوير الأسمدة من الجيل الجديد. من بينها، الأسمدة التي تتحرر بشكل مستدام، والتي تحتوي على الأقل على مادة مغذية واحدة، والتي إما تؤخر توفرها وعمليات استخدامها، أو تكون متاحة للنبات لفترة أطول من الأسمدة التقليدية التي تعتبر "متاحة بسرعة" (Chen *et al.*, 2018).

يعدَ الهلام المائي الزراعي من أهم أنواع الأسمدة التي تحتوي على العناصر الرئيسة الثلاثة: النيتروجين (آزوت) والفسفور والبوتاسيوم. ويعدّ مصدراً هاماً للعناصر الغذائية التي يحتاجها النبات. ويعرَف الهيدروجل الزراعي بأنه مادة هلامية تحتوي على العناصر الغذائية المذكورة وتختلف تطبيقاتها حسب الحاجة إليها والبوليميرات الداخلة في تركيبها، ويمكن أن تستخدم خلطاً قبل الزراعة، أو خلالها مع ماء الري. يساعد الهلام المائي الزراعي في توفير العناصر الغذائية بشكل مستمر للنباتات وتحسين كفاءة استخدام الأسمدة (Marulanda *et al.*, 2019).

يمكن لأسمدة الهلام المائي الزراعي أن تمد جذور النباتات بالعناصر المغذية لمدة تتراوح من 15 يوم إلى 30 يوم بصورة متاحة للنبات، وبالتالي ترفع من تركيز هذه العناصر في التربة (Fertahi *et al.*, 2021). كما أن استخدام أسمدة الهلام المائي الزراعي يمكن أن تقلل من فقد المواد الغذائية من التربة وتخفيض نفقات التسميد وزيادة غلة المحاصيل الزراعية (Rizwan *et al.*, 2022). إذ يعد الهلام المائي الزراعي المحمل بالعناصر الكبرى المغذية للنبات والذي يستخدم مع ماء الري أثناء الزراعة من أهم الأسمدة التي تتحرر بشكل مستدام (Mansouri *et al.*, 2023).

تم تطوير هذه البوليميرات لتحسين الخواص الفيزيائية للتربة (Ekebafe *et al.*, 2011)، ونظراً لخواص الهيدروجل الوظيفية المميزة وقدرتها على تحمل المخصبات وتحريرها بشكل مدروس، أدى إلى تحقيق نتائج مشجعة في التطبيقات الزراعية إلى جانب تخفيض كلفة الإنتاج الزراعي وتحقيق استخدام فعال للماء (Laftah *et al.*, 2011). فأصبحت تباع تحت مسميات تجاريّة عديدة منها Plant Gel أو Super Crystal أو Water Gel Crystal، كحافظات للرطوبة لتساهم في نمو النباتات في الحدائق أو لأغراض البستنة المنزليّة أو التجاريّة، ومواد تحسين تكييف التربة البوليميرية، وهي معروفة منذ خمسينيات القرن الماضي (Chirani *et al.*, 2015).

إن العامل الأبرز في تصنيع مواد الهيدروجل الموظّفة في المجالات الزراعيّة هو قدرتها على تحرير الماء بدلاً من احتجازه، ويعد التحرر المديد للأسمدة أو المحسنات الزراعيّة التي يمكن تحميلها على مواد الهيدروجل الطبيعية أبرز عوامل القوة لاستخدام هذه المواد تجاريّاً في البستنة والزراعة (Chirani *et al.*, 2015).

أجرت الأتاسي (2016) تجربة بهدف سبر تحقيق بعض التطبيقات الوظيفية للهيدروجل المحضر في مجال التطبيقات الزراعية، فقامت بتحميل نترات البوتاسيوم كسماد زراعي على الهدروجل ومن ثم دراسة أثر إضافته على زراعة نباتات مختلفة: كالفول والبندورة والفليفلة. كانت النتائج التجريبية مشجعة إذ تبين أن إضافة الهدروجل إلى التربة جعلته يلعب دور المنظِّم للماء، وتحسن نمو النبات وسرعة إزهاره وإثماره مقارنة مع العينات الشواهد، ولوحظ النمو السريع وزيادة مردود الإنتاج بشكل واضح مقارنة مع العينات الشواهد. ودرس Halagalimath و Rajkumara (2017) استجابة أصناف الحمص للري وإضافة الهدروجل، فوجدا زيادة معنوية مع إضافة الهدروجل لكل من الغلة الحبية وكفاءة استخدام الماء.

بيّن Abobatta (2019) أنه يمكن استخدامها لتحميل المغذيات والمبيدات، وكذلك لتغليف البذور وتقليل انجراف التربة. كما يمكن استخدامه لتنظيم إضافة الماء والعناصر المغذية وزيادة إنتاجية الأشجار كالنخيل والبرتقال وكذلك المحاصيل الحقلية.

تؤكد الدراسات الحديثة مثل (Kumar *et al.*, 2020) على أن الهدروجل يحسن النمو ومكونات الغلة لمختلف أنواع الخضروات والفاكهة والمحاصيل الحقلية، ويمكن أن يضاف مباشرة إلى التربة عند زراعة المحاصيل الحقلية وذلك بالقرب من منطقة الجذور، ومن الجدير ذكره أنه بمختلف أنواع الترب وتحت الظروف المناخية المختلفة فإنه حتى الإضافات القليلة من الهدروجل (2.5 – 5 كغ/هكتار) كانت فعالة، كما أن استخدامه لا يقتصر فقط على الاحتفاظ بالرطوبة، بل له تأثيرات كبيرة في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة كالكثافة الظاهرية والمسامية ودرجة الحرارة وسعة الاحتفاظ بالماء وقابلية التبادل الكاتيوني، وكذلك الخصائص الحيوية كالبيئة الميكروبية للتربة.

من ناحية أخرى يعد الهدروجل الزراعي آمن بيئياً لأنه يتحلل طبيعياً مع الزمن دون أن يترك أي بقايا ذات تأثير سمي في التربة والنباتات، مما يجعل استخدام الهدروجل وسيلة واعدة لتنمية مستدامة للإنتاج الزراعي في البيئات المجهدة رطوبياً. كما أشار Mekonnen وEfrem (2020) إلى أن الهدروجل يزيد من كفاءة العناصر المغذية، مساهماً بشكل فعال في تحمل النباتات للجفاف، كما يحسن من الخصائص الفيزيائية والكيميائية للترب، ويرفع إنتاجية النباتات لا سيما في المناطق الجافة وشبه الجافة.

أهداف البحث:

1. مقارنة أثر إضافة السماد الذواب والهدروجل في محتوى التربة من العناصر السمادية الرئيسة.
2. تحديد أثر إضافة السماد الذواب والهيدروجل في إنتاجية محصول الفول كنموذج نباتي عن المحاصيل الشتوية.
3. مقارنة أثر الأسمدة الكيميائية التقليدية و(الهدروجل) في تحسين كفاءة الاستفادة من العناصر الغذائية NPK.

مواد البحث وطرائقه:

موقع تنفيذ التجربة والمناخ: نفذ البحث في محطة بحوث حميمة في منطقة كويرس التابعة لمركز لبحوث العلمية الزراعية بحلب، والتي تقع شرق مدينة حلب على بعد 56 كم، '09°36 شمالاً، و'42°37 شرقاً، وبارتفاع 348 م عن سطح البحر، وضمن منطقة الاستقرار الزراعية الثالثة، ذات معدل هطل مطري 225 ملم.

يخضع مناخ المنطقة للمناخ المتوسطي الجاف والحار صيفا والبارد والرطب نسبيا شتاء، ويكون معظم الهطل السنوي خلال أشهر الشتاء الباردة. وتعد مياه الفرات المصدر الوحيد لمياه الري في المنطقة المدروسة، وذلك ضمن مشروع ري مسكنة غرب، ورتبة التربة رتبة inceptisol.

يبين الجدول (1) المعطيات المناخية كمتوسطات شهرية والمأخوذة من محطة حميمة التابعة لمركز البحوث العلمية الزراعية

الجدول (1): المتوسط الشهري للحرارة والرطوبة ومجموع الهطل المطري الشهري في موقع الدراسة (المصدر: محطة حميمة التابعة لمركز البحوث العلمية الزراعية)

الشهر	درجة الحرارة الكبرى	درجة الحرارة الصغرى	الرطوبة%	الأمطار
كانون الثاني	12.36	3.23	81.77	44.75
شباط	13.62	3.07	79.03	34.9
آذار	19.25	5.91	74.81	24.85
نيسان	24.37	9.52	70.70	30.35
أيار	30.54	13.56	68.37	7.21
حزيران	31.68	17.72	61.13	1.75
تموز	38.26	19.73	70.91	0
آب	37.32	20.39	73.52	0
أيلول	32.9	17.00	68.14	3.35
تشرين الأول	28.10	12.94	68.12	10.8
تشرين الثاني	20.85	6.81	71.62	33
كانون الأول	9.38	2.44	78.61	35.10

			المجموع	226.06

تحضير التربة وتحاليلها: أخذت عينات تربة مجمعة من كل قطعة تجريبية من الطبقة السطحية ولعمق من 0–30 سم (العمق الذي ينتشر فيه معظم المجموع الجذري) لمعرفة مستوى الآزوت والفسفور والبوتاسيوم قبل الزراعة وعلى مراحل خلال موسم الزراعة، وكذلك بعد الحصاد، وأجريت للتربة التحاليل الفيزيائية والكيميائية والخصوبية من أجل توصيفها حيث تم تقدير:

- التحليل الميكانيكي بطريقة الهيدرومتر حسب (Bouyoucos, 1962)
- الرقم الهيدروجيني (pH) في معلق تربة (2.5:1) حسب (McLean, 1982)
- الناقلية الكهربائية (EC) في مستخلص تربة (5:1) حسب (Richards, 1954)
- الكربونات الكلية باستخدام جهاز الكالسيمتر حسب (Hesse, 1971)
- الكلس الفعال بطريقة (Drouineau, 1942)
- المادة العضوية بطريقة (Walkley, 1947)
- الفسفور المتاح بطريقة (Olsen *et al.*, 1954)
- تقدير البوتاسيوم المتبادل بطريقة (Richards-1954).
- الآزوت الكلي بطريقة كلداهل (Bremner and Mulvaney, 1982)، ولا بد من الإشارة أنه لم يتم تحليل الآزوت المعدني أو النتراتي، بسبب أن سماد الهيدروجل يحتوي على الآزوت العضوي ويكون بشكل مركبات عضوية مثل الأحماض الأمينية والبروتينات والببتيدات ويعتبر مصدراً إضافياً للآزوت، ويمكن أن يتحول الى صورة متاحة للنبات من خلال عمليات (Decomposition)، والتحلل البيولوجي في التربة، إضافة الى النترات وهو الشكل المتاح السهل للنبات والأمونيوم. بينما يحتوي السماد الذواب على الآزوت المعدني بشكليه النتراتي والامونيومي. لذلك ومن أجل خدمة الهدف الرئيس للبحث لبيان الفارق بين التسميد التقليدي المعدني وسماد الهيدروجل تم حساب الآزوت الكلي في التربة ولاحقاً أثره على الإنتاجية.

يوضح الجدول رقم (2) تحليل تربة الموقع، حيث أظهرت النتائج أن التربة ذات قوام رملي لومي، pH التربة قاعدي، غير متملحة حسب تصنيف الفاو لعينة التربة المختبرة، متوسطة المحتوى من كربونات الكلسيوم الكلية، مناسب من الكلس الفعال وفقيرة بالمادة العضوية حسب وزارة الزراعة (عجوري وآخرون، 2012)، وذات محتوى جيد من الفسفور القابل للامتصاص وفقيرة المحتوى من الآزوت الكلي ومتوسطة المحتوى من البوتاسيوم المتبادل.

الجدول(2): الخصائص الكيميائية والتحليل الميكانيكي للتربة المدروسة قبل الزراعة

الخائص المدروسة			تربة تجربة الفول
pH			8.1
EC	ميلليموز/سم		1.2
كربونات الكلسيوم الكلية	%		18.47
الكلس الفعال			4.56
المادة العضوية			1.22
الآزوت الكلي	%		0.083
الفسفور المتاح	ppm		6.42
البوتاسيوم المتبادل			208.2
التحليل الميكانيكي	%	الطين%	29
		السلت%	29.9
		الرمل%	41.1
قوام التربة			لومي رملي

المادة النباتية: استخدم الفول كمحصول بقولي شتوي صنف "بلدي محسن"، تم الحصول على البذار من الهيئة العامة للبحوث

العلمية الزراعية، ويتصف صنف الفول "بلدي محسن" بأن موطنه الأصلي حوض المتوسط وجنوب غرب آسيا، العمر من 140–150 يوم، متوسط الإنتاج 3–4 طن/هـ، حجم البذور كبير مقارنة بالأصناف الأخرى.

تصميم التجربة والمعاملات المستخدمة نفذت التجربة خلال موسم 2020–2021 وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بواقع 4 مكررات، تضمنت 5 معاملات هي:

1- الشاهد (دون تسميد).
2- التسميد بسماد ذواب تقليدي بمعدل 2 كغ/دنم.
3- التسميد بسماد هيدروجل محمل بالعناصر NPK بمعدل 1 كغ/دنم.
4- التسميد بسماد هيدروجل محمل بالعناصر NPK بمعدل 2 كغ/دنم.
5- التسميد بسماد هيدروجل محمل بالعناصر NPK بمعدل 3 كغ/دنم.

بلغ عدد الوحدات التجريبية: 5 (معاملات) × 4 (مكررات) =20 قطعة تجريبية

جميع الإضافات كانت أرضية مع مياه الري بعد أن تمت اذابة كل من الأسمدة الكيميائية والهيدروجل.

- زرعت نباتات الفول على خطوط المسافة بينها 0.5 م، وبين النباتات مسافة 25 سم
- تضمنت القطعة التجريبية 5 خطوط بطول 4 م طولي للخط الواحد
- مساحة القطعة التجريبية: 2.5 × 4 = 10 م^2.
- مساحة التجربة الفعلية: 10 × 20 قطعة تجريبية = 200 م^2.
- أضيفت ممرات خدمة بين القطع التجريبية بطول 1 م وعرض 1 م.
- مساحة التجربة الكلية 390 م^2.

أضيفت الأسمدة وفق الكميات السابقة ولثلاث دفعات وفق برنامج تسميدي، كانت الدفعة الأولى عالية الفسفور، والثانية متوازنة، والثالثة عالية البوتاس وفق ما هو مبين في الجدول التالي (الجدول 3):

الجدول(3): البرنامج التسميدي المستخدم في التجربة

		الإضافة الأولى بعد تكامل الانبات			الإضافة الثانية قبل الازهار واوج النمو الخضري			الإضافة الثالثة بعد العقد		
نسب العناصر الكبرى في كل إضافة		K	P	N	K	P	N	K	P	N
الشاهد (دون تسميد).		0	0	0	0	0	0	0	0	0
التسميد بسماد ذواب تقليدي بمعدل 2 كغ/دنم		10	40	10	30	30	30	30	10	10
التسميد بسماد هيدروجل محمل بالعناصر NPK	معدل 1 كغ/دنم	10	40	10	30	30	30	30	10	10
	معدل 2 كغ/دنم	10	40	10	30	30	30	30	10	10
	معدل 3 كغ/دنم	10	40	10	30	30	30	30	10	10

الزراعة وعمليات خدمة المحصول: اختيرت البذور المتجانسة في الحجم والخالية من الأمراض وزرعت بمعدل 2 بذرة على أعماق متساوية بتاريخ 2021/11/28، واكتمل الإنبات بتاريخ 2021/12/15 وكانت نسبة الإنبات 80.8%. إذ تمت المتابعة والمراقبة حتى انتهاء عملية الانبات، ثم تم تقسيم عدد البذور المنبتة على عدد البذور الكلي التي زرعت ثم ضربنا الناتج في 100، تمت رعاية المحصول طول موسم النمو. وحصدت التجربة بتاريخ 2022/5/20

الأسمدة المستعملة وطريقة الإضافة: استعمل سماد السوبر فوسفات (P_2O_5) كمصدر للفسفور وبمقدار 40 كغ/هـ، وقد أضيفت هذه الأسمدة إلى تربة الزراعة قبل الزراعة دفعة واحدة ولجميع المعاملات ومن ضمنها معاملة المقارنة. كما تم إضافة اليوريا

كمصدر للآزوت كدفعة تنشيطية بمعدل 15 كغ/هـ حسب توصيات وزارة الزراعة، كإضافة أرضية.

بالإضافة الى المعاملات المختلفة المسمدة بـ:

أ–سماد بودرة ذواب تقليدي يحتوي على العناصر الكبرى NPK بنسب مختلفة حسب مرحلة الإضافة

ب–سماد هلام مائي زراعي (هيدروجل) يحتوي على سلاسل من البوليميرات الزراعية الطبيعية التي تتألف من مونميرات من الأحماض الأمينية والسكريات والأحماض الكربوكسيلية، هذه السلاسل محملة بالعناصر الكبرى بنسب مختلفة حسب مرحلة الإضافة (Kabir *et al.*, 2018; Chen *et al.*, 2018). فبالنسبة للسماد البودرة الذواب التقليدي فقد أضيف كل من:

- سماد مركب عالي الفوسفور ذواب بتركيز 10–40–10: N – P - K
- سماد مركب متوازن ذواب بتركيز 30–30–30: N – P - K
- سماد مركب عالي البوتاس ذواب بتركيز 10–10–30: N – P - K

أما بالنسبة لسماد الهيدروجل فقد أضيف:

- هيدروجل عالي الفوسفور بتركيز 10–40–10: N – P - K
- هيدروجل متوازن بتركيز 30–30–30: N – P - K
- هيدروجل عالي البوتاس بتركيز 10–10–30: N – P – K وجميع هذه الأسمدة مصنعة محليا.

قياسات التربة: أخذت عينات دورية من تربة كل وحدة تجريبية بعد فترة من كل إضافة سمادية وتم فيها تحليل العناصر الكبرى NPK، كما تم أخذ عينة تربة بعد الحصاد وتقدير NPK فيها.

حيث يبين الجدول 4 مواعيد الإضافة وأخذ عينات التربة للتحليل:

الجدول (4): مواعيد إضافة الأسمدة وأخذ عينات التربة لتحليل العناصر الكبرى

مواعيد إضافة الأسمدة		مواعيد أخذ العينات	
الإضافة الأولى	2021/12/15	العينة الأولى تربة	2022/1/15
الإضافة الثانية	2022/1/25	العينة الثانية تربة	2022/2/25
الإضافة الثالثة	2022/3/20	العينة الثالثة تربة	2022/4/5
موعد الحصاد	2022/5/20	عينة بعد الحصاد تربة	2022/5/30

قياسات النبات: تم قياس الغلة الحيوية في المتر المربع الواحد بوزن كامل المجموع الهوائي، ثم فرط القرون وأخذ الحبوب ووزنها لحساب الغلة الحبية، ثم حساب دليل الحصاد بقسمة الغلة الحبية على الغلة الحيوية وجداؤها بالرقم 100. كما تم قياس ارتفاع النبات في أوج الإزهار، وعدد الأفرع والقرون على النبات، وعدد البذور في القرن. كما أخذت عينات نباتية (حب) ووزنت لحساب وزن المائة بذرة، ثم أخذت عينات البذور ليتم قياس محتواها من عناصر الـ NPK.

طريقة تحليل البذور: تم أخذ عينات من البذور من كل قطعة تجريبية بعد الحصاد، تم غسلها بالماء المقطر، وجففت عند درجة حرارة 70 لمدة 48 ساعة ثم وزنت وجرى الهضم بالطريقة الرطبة باستخدام حمض الكبريت وحمض البيروكلوريك بطريقة (Gresser and Parsons, 1979) ثم قدرت (%) للآزوت والفسفور والبوتاسيوم في الحبوب عند الحصاد وفق مايلي:

الآزوت الكلي بطريقة كلداهل: وذلك بالتقطير البخاري لمحلول الهضم بإضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم اليه، واستقبال النشادر في حمض البوريك وبوجود الدليل المختلط، ومعايرة الناتج من التقطير بحمض الكبريت المخفف.

قدر الفسفور الكلي في محلول الهضم: باستعمال مزيج مولبيدات الامونيوم في حمض النتريك ثم قياس الفسفور الموجود في المحلول بالطريقة اللونية عند طول موجة 410 نانو متر باستخدام جهاز Spectro-photometer

قدر البوتاسيوم في محلول الهضم: باستخدام جهاز الامتصاص الذري بالطريقة الموصوفة حسب (Page *et al.*, 1982).

التحليل الإحصائي: تم إجراء تحليل التباين ANOVA ومقارنة المتوسطات الحسابية باستعمال قيمة أقل فرق معنوي LSD عند مستوى 5%.

النتائج والمناقشة

الآزوت في التربة:

لا يمكن دراسة خصوبة التربة بمعزل عن دراسة محتواها من العناصر السمادية الكبرى، كالآزوت والفسفور والبوتاسيوم، كما أن رصد تغيرات المحتوى من العناصر يشير إلى حركية هذه العناصر وتغير مخزونها بتأثير الإضافات الخارجية من قبل الباحثين أو المزارعين، أو نتيجة تغير أشكالها وصورها بتأثير التفاعلات الكيميائية الناجمة عن الانحلال بالماء أو التأثر بمفرزات جذور النبات، إلى غيرها من التغيرات المستمرة.

كان محتوى التربة من الآزوت قبل الزراعة (0.083 %) كما مر في الجدول (2)، أما بعد زراعة نبات الفول وإضافة الدفعة الأولى من الأسمدة عالية الفسفور (N:P:K = 10:40:10) بتاريخ 2021/12/15 فقد تم تحليل التربة بعد شهر من هذه الإضافة أي بتاريخ 2022/1/15. يلاحظ من القيم الواردة في الجدول (5) وجود فروقات عالية المعنوية بين معظم المعاملات المختبرة لا سيما لصالح المعاملات المسمدة بالهدروجل، ففي حين لوحظ أدنى محتوى للآزوت في تربة معاملة الشاهد (0.074 %)، ارتفع محتوى الآزوت لدى إضافة السماد الذواب التقليدي بمعدل 2 كغ/دنم ليصل إلى (0.081 %) لكن هذه الزيادة لم تكن معنوية، في حين لوحظت زيادة معنوية لدى إضافة أسمدة الهيدروجل، إذ بلغ محتوى التربة من الآزوت (0.089 و0.095 %) وذلك عند إضافة الهيدروجل بمعدل 1 و2 كغ/دنم على التوالي. حيث تفوقت هاتان المعاملتان على كل من معاملتي الشاهد والتسميد بالسماد الذواب ودون وجود فروقات معنوية فيما بينهما، أما لدى رفع مستوى إضافة سماد الهيدروجل إلى 3 كغ/دنم فقد بلغ محتوى التربة من الآزوت (0.115 %) وبالتالي تفوقت على جميع المعاملات السابقة.

تمت الإضافة الثانية من الأسمدة في 2022/1/25 على شكل أسمدة متوازنة (N:P:K = 30:30:30) وبعد شهر من تلك الإضافة تم تحليل التربة، حيث سجلت فروقات عالية المعنوية بين معظم المعاملات، وتفوقت جميع المعاملات المسمدة بالهدروجل على معاملة الشاهد والتي لوحظ فيها أقل محتوى للآزوت (0.085 %)، وكذلك على المعاملة المسمدة بالسماد الذواب التقليدي (0.092 %) دون ملاحظة فروقات معنوية بين الشاهد والمعاملة المسمدة بالسماد الذواب التقليدي، إذ بلغ محتوى الآزوت في التربة (0.105، 0.115، 0.129%) لكل من مستويات إضافة سماد الهيدروجل بمعدل 1، 2، 3 كغ/دنم على التوالي (الجدول 5).

تمت إضافة الدفعة الأخيرة من الأسمدة على شكل عالي البوتاس (N:P:K = 10:10:30) بتاريخ 2022/3/20 وبعدها بأسبوعين أي بتاريخ 2022/4/5 حللت عينات التربة، فلوحظ نفس منحى النتائج من حيث وجود فروقات عالية المعنوية بين معظم المعاملات، وتفوقت المعاملات المسمدة بالهيدروجل على معاملتي الشاهد والسماد الذواب دون ملاحظة فروقات معنوية بين المعاملتين الأخيرتين، إلى جانب ارتفاع محتوى الآزوت في التربة بشكل معنوي مع زيادة معدل إضافة سماد الهيدروجل، وهذا ما هو مبين من خلال القيم الظاهرة في الجدول (5)، فقد بلغ محتوى الآزوت بعد إضافة السماد عالي البوتاس: 0.086، 0.091، 0.098، 0.109، 0.116 % لكل من معاملات: الشاهد، السماد الذواب، سماد الهيدروجل بمعدل 1 و2 و3 كغ/دنم على التوالي. أما عينات التربة المأخوذة بعد حصاد الفول فقد بلغ محتوى الآزوت فيها (0.083 %) في معاملة الشاهد، وارتفعت بفارق غير معنوي إلى (0.088 %) في معاملة السماد الذواب التقليدي، بينما ارتفعت بفارق معنوي بإضافة سماد الهيدروجل وزيادة مستويات الإضافة، إذ بلغ محتوى التربة

من الآزوت: 0.096، 0.104، 0.112 % لكل من مستويات الهيدروجل 1 و2 و3 كغ/دنم على التوالي، مع ملاحظة وجود تفوق معنوي لمستوى الإضافة الأعلى من الهيدروجل على المستوى الأدنى (الجدول 5).

الجدول(5): تحليل الآزوت (%) في التربة المزروعة بالفول خلال مراحل النمو بتأثير المعاملات المدروسة

المعاملات		بعد إضافة عالي الفسفور	بعد إضافة المتوازن	بعد إضافة عالي البوتاس	بعد الحصاد
الشاهد (دون تسميد)		0.074c	0.085d	0.086d	0.083d
التسميد بسماد ذواب تقليدي بمعدل 2 كغ/دنم		0.081c	0.092d	0.091d	0.088d
التسميد بسماد هيدروجل محمل بالعناصر NPK	معدل 1 كغ/دنم	0.089b	0.105c	0.098c	0.096c
	معدل 2 كغ/دنم	0.095b	0.116b	0.109b	0.104b
	معدل 3 كغ/دنم	0.115a	0.129a	0.116a	0.112a
Fpr.		<0.001***	<0.001***	<0.001***	<0.001***
LSD5%		0.0066	0.0102	0.0057	0.0061
CV%		4.7	3.8	1.7	1.6

المتوسطات المشتركة بحرف واحد على الأقل ضمن نفس العمود لا يوجد فيما بينها فروقات معنوية وفق اختبار أقل فرق معنوي LSD عند مستوى 5%

أظهرت النتائج السابقة أهمية التسميد في رفد التربة بعنصر الآزوت، خلال موسم نمو المحصول، وعلى الرغم من أن محصول الفول من المحاصيل البقولية والتي تقوم بتثبيت الآزوت الجوي، إلا أن العديد من الدراسات تشير إلى أهمية إضافة دفعة داعمة من الآزوت لا سيما في بداية عمر المحصول وقبل بدء تشكل العقد الآزوتية (Zhao *et al.*, 2015).

إضافة إلى ذلك تبين أهمية التسميد بشكل هيدروجل إذ حافظ على نسبة أعلى من الآزوت في التربة ولا سيما عند إضافة نفس المعدل (2 كغ/دنم) مقارنة بالسماد الذواب، بل وأكثر من ذلك فإن إضافة سماد الهيدروجل بمعدل أقل (1 كغ/دنم) أظهر نتائج أفضل من السماد الذواب عند إضافته بمعدل 2 كغ/دنم وهذا من النتائج المبشرة. وتعود إلى قدرة أسمدة الهلام المائي الزراعي المحملة بعنصر الآزوت بالمحافظة على الآزوت بمنطقة الجذور وعدم انغساله، وتواجده بصور قابلة للإفادة من النبات حتى بعد مرور شهر على إضافته إلى التربة على عكس السماد الذواب المعدني التقليدي (Shang *et al.*, 2023).

كما يلاحظ أن أعلى محتوى للآزوت في التربة كان بعد إضافة السماد المتوازن ثم انخفض محتوى الآزوت في التربة بعد إضافة الدفعة عالية البوتاس، واستمرت بالانخفاض إلى ما بعد الحصاد، وهذا ناجم على الأغلب عن زيادة كميات الاستهلاك من قبل النباتات بعد كبر مجموعها الخضري ووصولها لمرحلة العقد وامتلاء البذور وانخفاض نسبة الآزوت في الإضافة الأخيرة (John *et al.*, 2005).

الفسفور في التربة:

تظهر البيانات الواردة في الجدول (6) قيم محتوى الفسفور المتاح في التربة بتأثير المعاملات المختلفة وخلال موسم نمو محصول الفول، حيث كان محتوى التربة من الفسفور المتاح قبل الزراعة (6.42 ppm) كما ورد في الجدول (2)، أما بعد الزراعة فقد تغير محتوى الفسفور المتاح بتأثير المعاملات المختلفة، وظهرت فروقات عالية المعنوية بين معظم المعاملات وفي جميع المراحل التي أخذت فيها عينات التربة. فبعد إضافة الدفعة عالية الفسفور (N:P:K = 10:40:10)، كان محتوى التربة من الفسفور المتاح (5.44 ppm) في معاملة الشاهد، وأدت إضافة الأسمدة بكافة أنواعها ومستوياتها إلى زيادة في محتوى التربة من الفسفور إذ بلغت (6.14 ppm) لدى إضافة السماد الذواب التقليدي بمعدل 2 كغ/دنم، و(7.32، 7.81، 9.03 ppm) لدى إضافة سماد الهيدروجل بمعدل 1 و2 و3 كغ/دنم على التوالي، هذا وقد ظهر تفوق لكافة مستويات سماد الهيدروجل على السماد الذواب التقليدي والشاهد اللذان لم يلاحظ بينهما فروقات معنوية، كما لوحظت زيادة معنوية بزيادة مستوى الإضافة من سماد الهيدروجل فتفوقت المعاملة التي أضيف

إليها سماد الهيدروجل بمعدل 3 كغ/دنم على كل من المعاملتين اللتين أضيف إليهما سماد الهيدروجل بمعدل 2 و1 كغ/دنم، بينما لم يلاحظ وجود فارق معنوي بين المعاملة التي أضيف إليها سماد الهيدروجل بمعدل 2 كغ/دنم والمعاملة التي أضيف إليها سماد الهيدروجل بمعدل 1 كغ/دنم.

لم يتغير منحنى النتائج بعد إضافة الدفعة الثانية من الأسمدة، إي إضافة اسمدة متوازنة (N:P:K = 30:30:30)، فقد تفوقت معاملات الهيدروجل على كل من التسميد الذواب والشاهد، دون ملاحظة فروق ذات دلالة إحصائية بين معاملة السماد الذواب (5.97 ppm) ومعاملة الشاهد التي لوحظ فيها أقل محتوى للفسفور المتاح (5.47 ppm). من ناحية أخرى سجلت المعاملة التي أضيف إليها سماد الهيدروجل بمعدل 3 كغ/دنم أعلى محتوى للفسفور المتاح (8.06 ppm) متفوقة بذلك على أغلب المعاملات باستثناء المعاملة التي أضيف إليها سماد الهيدروجل بمعدل 2 كغ/دنم (7.49 ppm)، كما لم يلاحظ وجود فروق بين المعاملة السابقة الذكر والمعاملة التي أضيف إليها سماد الهيدروجل بمعدل 1 كغ/دنم (7.15 ppm) (الجدول 6).

بلغ محتوى الفسفور المتاح في التربة (5.44 ppm) في معاملة الشاهد عند تحليل عينات التربة بعد إضافة الدفعة السمادية الثالثة عالية البوتاس (N:P:K = 10:10:30)، وأدت إضافة الأسمدة الذوابة بمعدل 2 كغ/دنم إلى زيادة غير معنوية في محتوى التربة من الفسفور إذ بلغت (5.73 ppm)، بينما لوحظت زيادة معنوية في محتوى التربة من الفسفور لدى إضافة سماد الهيدروجل بكافة معدلاتها والتي تفوقت على كل من معاملتي السماد الذواب والشاهد، فبلغ محتوى التربة من الفسفور المتاح (6.74 ppm) في المعاملة التي أضيف إليها سماد الهيدروجل بمعدل 1 كغ/دنم، و(7.09 ppm) في المعاملة التي أضيف إليها سماد الهيدروجل بمعدل 2 كغ/دنم، و(7.63 ppm) في المعاملة التي أضيف إليها سماد الهيدروجل بمعدل 3 كغ/دنم، مع ملاحظة تفوق المستوى الأعلى من الهدروجل على كافة المعاملات بينما لم يلاحظ وجود فروقات معنوية بين معدلي إضافة الهدروجل 1 و2 كغ/دنم (الجدول 6).

تشابهت نتائج تحليل تربة بعد الحصاد مع النتائج السابقة، إذ تفوقت كافة المعاملات المسمدة بالهدروجل على معاملة الشاهد (غير المسمدة) والتي لوحظ فيها أقل محتوى للفسفور (5.04 ppm)، وعلى السماد الذواب والذي بلغ محتوى الفسفور لدى إضافته (5.39 ppm)، أما فيما بين مستويات إضافة الهيدروجل فقد لوحظ زيادة في محتوى التربة من الفسفور مع زيادة معدل الإضافة حيث يبين الجدول (6) أن محتوى الفسفور المتاح في تربة محصول الفول بعد حصاده قد بلغ (6.34، 6.81، 7.06 ppm) في المعاملات التي أضيف إليها سماد الهيدروجل بمعدل 1 و2 و3 كغ/دنم على التوالي، مع ملاحظة تفوق المستويين (2 و3 كغ/دنم) من الهدروجل على المستوى الأقل (1 كغ/دنم).

الجدول(6): تحليل الفسفور (ppm) في التربة المزروعة بالفول خلال مراحل النمو بتأثير المعاملات المدروسة

المعاملات		بعد إضافة عالي الفسفور	بعد إضافة المتوازن	بعد إضافة عالي البوتاس	بعد الحصاد
الشاهد (دون تسميد)		5.44c	5.47c	5.44c	5.04c
التسميد بسماد ذواب تقليدي بمعدل 2 كغ/دنم		6.14c	5.97c	5.73c	5.39c
التسميد بسماد هيدروجل محمل بالعناصر NPK	معدل 1 كغ/دنم	7.32b	7.15b	6.74b	6.34b
	معدل 2 كغ/دنم	7.81b	7.49ab	7.09b	6.81a
	معدل 3 كغ/دنم	9.03a	8.06a	7.63a	7.06a
Fpr.		<0.001***	<0.001***	<0.001***	<0.001***
LSD5%		0.8403	0.6117	0.4263	0.395
CV%		1.3	2.0	1.3	1.0

المتوسطات المشتركة بحرف واحد على الأقل ضمن نفس العمود لا يوجد فيما بينها فروقات معنوية وفق اختبار أقل فرق معنوي LSD عند مستوى 5%

ولدى تتبع تغير محتوى التربة من الفسفور، يلاحظ أن أعلى محتوى للفسفور المتاح للتربة قد ظهر بعد الإضافة الأولى إذ سجلت كافة المعاملات المسمدة أعلى قيمة لها في هذه المرحلة، وبعدها بدأت قيم الفسفور المتاح في التربة تتناقص على الرغم من وجود إضافة ثانية وثالثة من الأسمدة إلا أن هذه الإضافات لم ترفع من محتوى الفسفور في التربة إلى الحد الذي كانت عليه بعد إضافة الدفعة الأولى، ويرجح أن السبب هو أن نسبة الفسفور الموجود في الإضافة الأولى هي الأعلى من الإضافات التالية على الرغم أن النبات يستهلك كميات أكبر في البداية من الفسفور الضروري لنمو المجموع الجذري وعدة عمليات حيوية في النبات ومن أهمها انتاج مركبات الطاقة، وهذا ما وجده Neu وزملاؤه (2017). كما يلاحظ أن أكبر كمية انخفاض في محتوى الفسفور المتاح كان في المعاملة التي أضيف إليها سماد الهيدروجل بمعدل 3 كغ/دنم فانخفضت من (9.03 ppm) بعد إضافة الدفعة السمادية الأولى إلى (7.06 ppm) بعد الحصاد، وهذا قد يشير إلى زيادة الاستفادة من الفسفور المتاح في هذه المعاملة من قبل النبات بالمقارنة مع المعاملات الأخرى وهذا أدى لاحقاً إلى تفوق الإنتاجية في هذه المعاملة (Neu *et al.*, 2017).

البوتاسيوم في التربة:

كان محتوى التربة قبل الزراعة من البوتاسيوم (208.2 ppm) (الجدول 2)، وبنتيجة الإضافات السمادية تغير محتوى التربة من البوتاسيوم، حيث تشير نتائج الجدول (7) إلى تباين محتوى البوتاسيوم في التربة ما بين المعاملات المختلفة، فبعد إضافة الدفعة السمادية الأولى عالية الفسفور، طرأ تغير طفيف على محتوى التربة فبعد أن سجلت معاملة الشاهد (202.4 ppm)، فإن إضافة السماد الذواب بمعدل 2 كغ/دنم لم يؤد إلى زيادة معنوية في محتوى البوتاسيوم إذ لم يتجاوز (203.8 ppm)، أما لدى إضافة المستوى الأول من سماد الهيدروجل أي بمعدل 1 كغ/دنم فإن محتوى البوتاسيوم بلغ (205.2 ppm) وكانت هذه الزيادة كافية لظهور فروقات معنوية مع معاملة الشاهد فقط، بينما لم تظهر فروقات معنوية مع معاملة السماد الذواب، الأمر الذي تغير بعد إضافة المستويات الأعلى من سماد الهيدروجل، فقد تفوقت معاملة سماد الهيدروجل بمعدل 2 كغ/دنم على كافة المعاملات السابقة رافعةً محتوى البوتاسيوم في التربة إلى (212.0 ppm)، بدورها أدت معاملة سماد الهيدروجل بمعدل 3 كغ/دنم إلى رفع محتوى التربة من البوتاسيوم إلى (217.4 ppm) متفوقة بذلك على كافة المعاملات السابقة.

أما نتائج المراحل اللاحقة فقد تشابهت جميعها تقريباً من حيث الاتجاه العام للنتائج، فتفوقت كافة المعاملات المسمدة بالهدروجل على معاملتي الشاهد، والسماد الذواب، أما فيما بين معاملات سماد الهيدروجل فقد ظهرت فروقات معنوية لصالح معدل الإضافة الأعلى في أغلب الأحيان باستثناء القراءة الأخيرة بعد الحصاد فلم تظهر فروقات معنوية بين المستويين 2 و3 كغ/دنم من سماد الهدروجل، وبالتالي نجد من خلال الجدول (7) أن محتوى التربة من البوتاسيوم قد بلغ (204.8، 206.5، 216.6، 223.2، 229.0 ppm) بعد إضافة الدفعة السمادية الثانية عالية البوتاس، وبلغ (202.6، 205.0، 216.5، 223.2، 228.8 ppm) بعد إضافة الدفعة السمادية الثالثة عالية البوتاس، كما بلغ (194.9، 199.6، 205.7، 217.2، 221.0 ppm) بعد الحصاد وذلك لكل من معاملات: الشاهد، والسماد الذواب بمعدل 2 كغ/دنم، وسماد الهيدروجل بمعدل 1 و2 و3 كغ/دنم على التوالي. توافقت هذه النتائج مع ما توصل إليه (Chen *et al.*, 2018).

الجدول(7): تحليل البوتاسيوم (ppm) في التربة المزروعة بالفول خلال مراحل النمو بتأثير المعاملات المدروسة

المعاملات	بعد إضافة عالي الفسفور	بعد إضافة المتوازن	بعد إضافة عالي البوتاس	بعد الحصاد
الشاهد (دون تسميد)	202.4d	204.8d	202.6d	194.9d
التسميد بسماد ذواب تقليدي بمعدل 2 كغ/دنم	203.8cd	206.5d	205.0d	199.6d

التسميد بسماد هيدروجل محمل بالعناصر NPK	معدل 1 كغ/دنم	205.2c	216.6c	216.5c	205.7c
	معدل 2 كغ/دنم	212.0b	223.2b	223.2b	217.2ab
	معدل 3 كغ/دنم	217.4a	229.0a	228.8a	221.0a
Fpr.		<0.001***	<0.001***	<0.001***	<0.001***
LSD5%		2.635	2.803	4.272	5.302
CV%		0.5	0.3	0.4	0.5

المتوسطات المشتركة بحرف واحد على الأقل ضمن نفس العمود لا يوجد فيما بينها فروقات معنوية وفق اختبار أقل فرق معنوي LSD عند مستوى 5%

لدى تعقب التغييرات الحاصلة في محتوى التربة من البوتاسيوم نتيجة الإضافات السمادية المختلفة طيلة موسم نمو الفول يظهر من الجدول السابق ارتفاعاً واضحاً في محتوى التربة من البوتاسيوم بعد الإضافة الثانية (سماد متوازن) والثالثة (عالي البوتاس) لا سيما في المعاملات الثلاث المضاف إليها سماد الهيدروجل بمعدلات متدرجة. وكان هذا المنحنى اقل تبدلاً في معاملتي السماد المتوازن والشاهد.

الصفات المورفولوجية لنبات الفول:

لم تؤثر إضافة السماد الذواب بمعدل 2 كغ/دنم وعلى ثلاث دفعات (عالي الفسفور، متوازن، عالي البوتاس) في متوسط ارتفاع نباتات الفول والذي بلغ (70 سم) وكانت هذه القيمة مطابقة لمتوسط ارتفاع نباتات الفول في معاملة الشاهد كما هو مبين في الجدول (8). إلا أن إضافة سماد الهيدروجل قد أسهم إيجاباً في زيادة ارتفاع نباتات الفول لتبلغ بالمتوسط (75.0، 78.8، 77.5 سم) وذلك لكل من المعاملات التي أضيف إليها سماد الهيدروجل بمعدل 1، و2، و3 كغ/دنم على التوالي. حيث تفوقت معاملات سماد الهيدروجل على معاملتي الشاهد والسماد الذواب لكن دون ظهور اية فروقات معنوية بين مستويات سماد الهيدروجل. توافقت هذه النتائج مع (Sotiropoulou and Karamanos, 2010).

بلغ متوسط عدد الأفرع على النبات في معاملة الشاهد (3.8 فرع/نبات)، وفي معاملة السماد الذواب (4.0 فرع/نبات) دون ظهور فروقات معنوية فيما بينهما، في حين تفوقت كافة مستويات سماد الهيدروجل على الشاهد، إذ بلغ متوسط عدد الأفرع على النبات (4.8 فرع/نبات) في المعاملة التي أضيف إليها سماد الهيدروجل بمعدل 2 كغ/دنم، و(5.0 فرع/نبات) في المعاملتين اللتين أضيف إليهما سماد الهيدروجل بمعدل 1، و3 كغ/دنم، إذ تفوقت المعاملتان الأخيرتان على معاملة السماد الذواب بينما لم تظهر أية فروقات معنوية بين بقية المعاملات (الجدول 8)، حيث لوحظ نتائج مشابهة من قبل (Sotiropoulou and Karamanos, 2010).

الجدول(8): متوسط قيم بعض الصفات المورفولوجية لنبات الفول بتأثير المعاملات المدروسة

المعاملات		ارتفاع النبات (سم)	عدد الافرع	عدد القرون في النبات	عدد البذور في القرن
الشاهد (دون تسميد)		70.0b	3.8c	11.0d	3.0b
التسميد بسماد ذواب تقليدي بمعدل 2 كغ/دنم		70.0b	4.0bc	16.0c	3.0b
التسميد بسماد هيدروجل محمل بالعناصر NPK	معدل 1 كغ/دنم	75.0a	5.0a	16.0c	3.0b
	معدل 2 كغ/دنم	78.8a	4.8ab	21.5a	3.0b
	معدل 3 كغ/دنم	77.5a	5.3a	19.0b	3.8a
Fpr.		<0.001***	0.01**	<0.001***	0.001***
LSD5%		3.978	0.855	1.711	0.344
CV%		3.5	12.2	6.7	7.1

المتوسطات المشتركة بحرف واحد على الأقل ضمن نفس العمود لا يوجد فيما بينها فروقات معنوية وفق اختبار أقل فرق معنوي LSD عند مستوى 5%

تأثرت صفة عدد القرون بشكل إيجابي وواضح بمعاملات التسميد التي أثبتت جميعها تفوقها على معاملة الشاهد، والتي لم يتجاوز متوسط عدد القرون فيها (11.0 قرن/نبات)، في حين ارتفعت وبفارق معنوي إلى (16.0 قرن/نبات) في كل من معاملتي التسميد

بالسماد الذواب، والتسميد بسماد الهيدروجل بمعدل 1 كغ/دنم. كما ارتفاع إلى (19.0 قرن/نبات) عند المعاملة التي أضيف إليها سماد الهيدروجل بمعدل 3 كغ/دنم، وإلى (21.5 قرن/نبات) في المعاملة التي أضيف إليها سماد الهيدروجل بمعدل 2 كغ/دنم، لتكون هي المعاملة الأفضل وتتفوق على كافة المعاملات الأخرى (الجدول 8)، حيث كانت هذه النتائج متوافقة مع ما أكده (Mohamed *et al.*, 2022).

لدى دراسة متوسط عدد البذور في القرن لم يلاحظ وجود فروقات معنوية بين معظم المعاملات المدروسة، فقد بلغ متوسط عدد البذور (3.0 بذرة/قرن) في كل من معاملات الشاهد، والتسميد بالسماد الذواب، والتسميد بسماد الهيدروجل بمعدل 1 و2 كغ/دنم. إلا أن رفع معدل إضافة سماد الهيدروجل إلى 3 كغ/دنم نتج عنه زيادة معنوية في متوسط عدد البذور في القرن ليصل إلى (3.8 بذرة/قرن) متفوقاً بذلك على جميع المعاملات الأخرى (الجدول 8). وهذا اتفق مع (McCormick *et al.*, 2017).

الصفات الإنتاجية لنبات الفول:

بلغ متوسط وزن المائة بذرة (85.44 غ) في معاملة الشاهد، وأسهمت كافة الإضافات السمادية في رفع متوسط وزن المائة بذرة بفارق معنوي عن معاملة الشاهد، حيث بلغ (93.37 غ) في المعاملة التي أضيف إليها سماد الهيدروجل بمعدل 1 كغ/دنم، و(98.22 غ) في معاملة التسميد بالسماد الذواب بمعدل 2 كغ/دنم، و(100.61 غ) في المعاملة التي أضيف إليها سماد الهيدروجل بمعدل 2 كغ/دنم، و(106.39 غ) في المعاملة التي أضيف إليها سماد الهيدروجل بمعدل 3 كغ/دنم، وكانت الفروقات بين جميع هذه المعاملات معنوية (الجدول 9) تشابهت هذه النتائج مع ما توصل إليه (Etemadi *et al.*, 2018).

بلغت الغلة الحبية بالمتوسط (1971.0، 2137.5، 2187.5 كغ/هـ) لكل من معاملات: الشاهد، والمعاملة التي أضيف إليها سماد الهيدروجل بمعدل 1 كغ/دنم، ومعاملة التسميد بالسماد الذواب بمعدل 2 كغ/دنم على التوالي، دون ظهور أية فروقات معنوية فيما بينها، لكن رفع معدل إضافة سماد الهيدروجل أدى لزيادة معنوية في الغلة الحبية إذ بلغت (2550.0، 2850 كغ/هـ) وذلك لكل من المعاملتين اللتين أضيف إليهما سماد الهيدروجل بمعدل 2 و3 كغ/دنم على التوالي، حيث تفوقت هاتان المعاملتان على المعاملات الثلاث السابقة ودون ظهور فروقات معنوية فيما بينهما (الجدول 9). هذا يؤكد ان معدل السماد الهيدروجل لتحقيق زيادة في الوزن النوعي للبذور والغلة الحبية هو 2 كغ و3 كغ لكل دنم تشابهت هذه النتائج مع نتائج (Zyadeh *et al.*, 2023).

كان تأثير إضافة الأسمدة بنوعيها الذوابة والهيدروجل أكثر وضوحاً في الغلة الحيوية مقارنة بالغلة الحيوية، فقد تفوقت جميع المعاملات المسمدة على معاملة الشاهد والتي سجلت أقل متوسط للغلة الحيوية (8147.5 كغ/هـ)، كما تفوقت معاملة التسميد بالسماد الذواب التقليدي والتي بلغ متوسط الغلة الحيوية فيها (9177.5 كغ/هـ) على معاملة التسميد بالسماد الذواب بمعدل 1 كغ/دنم (8770.0 كغ/هـ). كما تفوقت المعاملتان اللتان أضيف إليهما سماد الهيدروجل بمعدل 2 و3 كغ/دنم على المعاملة الأدنى بمعدل الهيدروجل (1 كغ/دنم) ومعاملة السماد الذواب، ودون تسجيل فروقات معنوية بين المعدلين 2 و3 كغ/دنم، حيث بلغت الغلة الحيوية بالمتوسط (9592.5، 9895.0 كغ/هـ) لكل من المعاملتين اللتين أضيف إليهما سماد الهيدروجل بمعدل 2 و3 كغ/دنم على التوالي (الجدول 9). كانت هذه النتائج متوافقة مع ما وجده (Teodorescu *et al.*, 2009). أشارت نتائج دليل الحصاد إلى تفوق معاملة التسميد بسماد الهيدروجل بمعدل 3 كغ/دنم (28.8 %)، على معظم المعاملات باستثناء معاملة التسميد بسماد الهيدروجل بمعدل 2 كغ/دنم (26.6 %)، في حين بلغ متوسط دليل الحصاد (24.3، 23.8، 24.4 %) لكل من معاملات: الشاهد، التسميد بسماد ذواب، التسميد بسماد الهيدروجل بمعدل 1 كغ/دنم. حيث لم تظهر أية فروقات معنوية أخرى (الجدول 9).

الجدول (9): متوسط قيم بعض الصفات الإنتاجية لنبات الفول بتأثير المعاملات المدروسة

المعاملات		وزن 100 بذرة (غ)	الغلة الحبية (كغ/هـ)	الغلة الحيوية (كغ/هـ)	دليل الحصاد (%)
الشاهد (دون تسميد)		85.44e	1971.0b	8147.5d	24.3b
التسميد بسماد ذواب تقليدي بمعدل 2 كغ/دنم		98.22c	2187.5b	9177.5b	23.8b
التسميد بسماد هيدروجل محمل بالعناصر NPK	معدل 1 كغ/دنم	93.37d	2137.5b	8770.0c	24.4b
	معدل 2 كغ/دنم	100.61b	2550.0a	9592.5a	26.6ab
	معدل 3 كغ/دنم	106.39a	2850.0a	9895.0a	28.8a
Fpr.		<0.001***	<0.001***	<0.001***	0.047*
LSD5%		1.037	343.6	391.2	3.528
CV%		0.7	9.5	2.8	9.0

المتوسطات المشتركة بحرف واحد على الأقل ضمن نفس العمود لا يوجد فيما بينها فروقات معنوية وفق اختبار أقل فرق معنوي LSD عند مستوى 5%

تحليل العناصر الكبرى في بذور الفول:

أظهرت نتائج تحليل بذور الفول الواردة في الجدول (10) تشابه سلوك المعاملات لكل من عناصر الآزوت والفسفور والبوتاسيوم، حيث تفوقت كافة المعاملات المسمدة على معاملة الشاهد، كما تفوقت معاملة التسميد بالسماد الذواب بمعدل 2 كغ/دنم، على معاملة التسميد بسماد الهيدروجل بمعدل 1 كغ/دنم، بدورهما تفوقت معاملتا التسميد بسماد الهيدروجل بمعدل 2 و3 كغ/دنم على المعاملات الثلاث السابقة، كما لوحظ تفوق المعدل 3 كغ/دنم على 2 كغ/دنم. فقد بلغ متوسط قيم محتوى بذور الفول من عناصر الآزوت والفسفور والبوتاسيوم على الترتيب: 2.90، 0.399، 1.16 % في معاملة الشاهد، 3.20، 0.481، 1.28% في معاملة سماد الهيدروجل بمعدل 1 كغ/دنم، و3.32، 0.547، 1.44% في معاملة السماد الذواب، و3.47، 0.591، 1.50 % في معاملة سماد الهيدروجل بمعدل 2 كغ/دنم، و3.67، 0.641، 1.64 % في معاملة سماد الهيدروجل بمعدل 3 كغ/دنم.

مما سبق يلاحظ أن بذور الفول أغنى بالآزوت وهذا ما قد يفسر غناها بالبروتين، تلاه عنصر البوتاسيوم، وأخيراً عنصر الفسفور. حيث توافقت هذه النتائج مع النتائج السابقة للعديد من الدراسات كدراسة (Philipo *et al.*, 2020).

الجدول(10): متوسط قيم محتوى بذور الفول من NPK بتأثير المعاملات المدروسة

المعاملات		(%) N	(%) P	(%) K
الشاهد (دون تسميد)		2.90e	0.399e	1.16e
التسميد بسماد ذواب تقليدي بمعدل 2 كغ/دنم		3.32c	0.547c	1.44c
التسميد بسماد هيدروجل محمل بالعناصر NPK	معدل 1 كغ/دنم	3.20d	0.481d	1.28d
	معدل 2 كغ/دنم	3.47b	0.591b	1.50b
	معدل 3 كغ/دنم	3.67a	0.641a	1.64a
Fpr.		<0.001***	<0.001***	<0.001***
LSD5%		0.0355	0.0223	0.0307
CV%		0.7	2.7	1.4

المتوسطات المشتركة بحرف واحد على الأقل ضمن نفس العمود لا يوجد فيما بينها فروقات معنوية وفق اختبار أقل فرق معنوي LSD عند مستوى 5%

الاستنتاجات

1. حقق التسميد بشكل هيدروجل على نسبة أعلى من الآزوت والفسفور والبوتاسيوم في التربة ولا سيما عند إضافة نفس المعدل (2 كغ/دنم) مقارنة بالسماد الذواب.
2. إن إضافة سماد الهيدروجل بمعدل (1 كغ/دنم) أظهر نتائج أفضل من حيث توفر العناصر في التربة من السماد الذواب

عند إضافته بمعدل 2 كغ/دنم

3. لوحظ أعلى محتوى للآزوت في التربة بعد إضافة السماد المتوازن ثم انخفض محتوى الآزوت في التربة بعد إضافة الدفعة عالية البوتاس، واستمرت بالانخفاض إلى ما بعد الحصاد

4. ظهر أعلى محتوى للفسفور المتاح للتربة بعد الإضافة الأولى إذ سجلت كافة المعاملات المسمدة أعلى قيمة لها في هذه المرحلة، وبعدها بدأت قيم الفسفور المتاح في التربة تتناقص على الرغم من وجود إضافة ثانية وثالثة من الأسمدة

5. لوحظ زيادة معنوية في الغلة الحبية لكل من المعاملتين اللتين أضيف إليهما سماد الهيدروجل بمعدل 2 و3 كغ/دنم على التوالي إذ بلغت (2550.0، 2850 كغ/هـ) مقارنة بمعاملات: الشاهد، والمعاملة التي أضيف إليها سماد الهيدروجل بمعدل 1 كغ/دنم، ومعاملة التسميد بالسماد الذواب بمعدل 2 كغ/دنم والتي بلغت الغلة الحبية (1971.0، 2137.5، 2187.5 كغ/هـ) لكل منها على التوالي

6. أظهرت نتائج تحليل بذور الفول تشابه سلوك المعاملات لكل من عناصر الآزوت والفسفور والبوتاسيوم، فتفوقت كافة المعاملات المسمدة على معاملة الشاهد، إذ بلغ متوسط قيم محتوى بذور الفول من عناصر الآزوت والفسفور والبوتاسيوم على الترتيب: 2.90، 0.399، 1.16 % في معاملة الشاهد، 3.20، 0.481، 1.28% في معاملة سماد الهيدروجل بمعدل 1 كغ/دنم، و3.32، 0.547، 1.44% في معاملة السماد الذواب، و3.47، 0.591، 1.50 % في معاملة سماد الهيدروجل بمعدل 2 كغ/دنم، و3.67، 0.641، 1.64 % في معاملة سماد الهيدروجل بمعدل 3 كغ/دنم.

7. معامل الاستفادة من اسمدة الهيدروجل أعلى من السماد الذواب من حيث الغلة الحيوية ودليل الحصاد والإنتاجية.

المقترحات

1. الاهتمام بنشر فكرة التسميد بالهدروجل الزراعي لرفع كفاءة استخدام الأسمدة.
2. متابعة التجارب باستخدام الهيدروجل على محاصيل أخرى.
3. دراسة دور الهدروجل في تقليل استهلاك المياه لا سيما على المحاصيل الصيفية المروية

المراجع:

الأتاسي، يُمن السيد سليمان (2016). تحضير مواد بوليميرية فائقة الامتصاص جديدة وفق تقانتي اصطناع جديدتين واختبارها في التطبيقات الزراعية. أطروحة دكتوراه، المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا، قسم الفيزياء، 224 صفحة.

عجوري، عزيزة. خورشيد، عبد الغني. قصاص، هناء. واعظ، أحمد. (2012). الخصوبة وتغذية النبات، الجزء العملي– منشورات جامعة حلب– كلية الزراعة.

Abobatta, W.F. (2019). Hydrogel Polymer: A New Tool for Improving Agricultural Production. Academ. J. Polym. Sci.; 3(2): 0038 555609. DOI: 10.19080/AJOP.2019.03.555609.

Chen J, Lü S, Zhang Z, Zhao X, Li X, Ning P, et al. (2018). Environmentally friendly fertilizers: A review of materials used and their effects on the environment. Science of The Total Environment. 613-614:829–39. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896971732538X

Chirani N, Yahia L, Gritsch L, Motta F.L. (2015). History and Applications of Hydrogels. J. Biomed. Sci., 4 (2)13: 1-23.

doi:https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2023.120875

Ekebafe L.O., Ogbeifun D.E., Okieimen F.E. (2011). Polymer Applications in Agriculture. Biochemistry, 23 (2): 81-89.

Etemadi F, Hashemi M, Omid Reza Zandvakili, Aria Dolatabadian, Amir Sadeghpour. Nitrogen Contribution from Winter-Killed Faba Bean Cover Crop to Spring-Sown Sweet Corn in Conventional and No-Till Systems. 2018 Mar 1;110(2):455–62.

Fertahi S., Ilsouk M., Zeroual Y., Oukarroum A., Barakat A. (2021). Recent trends in organic coating based on biopolymers and biomass for controlled and slow release fertilizers. Journal of Controlled Release. 330:341–61.

Halagalimath, S.P., Rajkumara, S. (2017). Response of chickpea (Cicer arietinum L.) varieties to irrigation and hydrogel application in Vertisols. Legume Research, pp: 1-5. ISSN: 0976-0571

John B., Yamashita T., Ludwig B., Flessa H. (2005). Storage of organic carbon in aggregate and density fractions of silty soils under different types of land use. Geoderma. 128(1-2):63–79.

Kabir S.M.F., Sikdar P.P., Haque B., Bhuiyan M.A.R., Ali A., Islam M.N. (2018). Cellulose-based hydrogel materials: chemistry, properties and their prospective applications. Progress in Biomaterials. 7(3):153–74.

Kumar, R., Yadav, S., Singh, V., Kumar, M., Kumar, M. (2020). Hydrogel and its effect on soil moisture status and plant growth: A review. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 9(3):1746-1753.

Laftah W.A., Hashim S., Ibrahim A.N. (2011). Polymer hydrogels: A review. PolymerPlastics Technology and Engineering, 50(14):1475-1486.

Mansouri H., Said H.A., Noukrati H., Oukarroum A., Ben Youcef H., Perreault F. (2023). Advances in Controlled Release Fertilizers: Cost-Effective Coating Techniques and Smart Stimuli-Responsive Hydrogels. Advanced sustainable systems. Jul 9;

Marschner, P., Crowley, D., Rengel, Z. (2011). Rhizosphere interactions between microorganisms and plants govern iron and phosphorus acquisition along the root axis – model and research methods. Soil Biology and Biochemistry, 43(5):883-894.

Marulanda, A., et al. (2019). Effects of hydrogel amendment on soil water retention and maize growth under different irrigation regimes. Agronomy, 9(4): 206.

McCormick RF, Truong SK, Sreedasyam A, Jenkins J, Shu S, Sims D, et al. The Sorghum bicolor reference genome: improved assembly, gene annotations, a transcriptome atlas, and signatures of genome organization. The Plant Journal. 2017 Dec 28;93(2):338–54.

Mekonnen G., Efrem G. (2020). Hydrogel: A Promising Technology for Optimization of Nutrients and Water in Agricultural and Forest 0107 Ecosystems. Int J Environ Sci Nat Res. 23(4): 556116. DOI:10.19080/IJESNR.2020.23.556116.

Mohamed R.R., Fahim M.E., Soliman S.M.A., (2022). Development of hydrogel based on Carboxymethyl cellulose/poly(4-vinylpyridine) for controlled releasing of fertilizers. BMC Chemistry. 2022 Jul 11;16(1).

Neu S, Schaller J, Dudel EG. Silicon availability modifies nutrient use efficiency and content, C:N:P stoichiometry, and productivity of winter wheat (Triticum aestivum L.). Scientific Reports. 2017 Jan 17;7(1).

Philipo M., Ndakidemi P.A., Mbega E.R. (2020). Environmental and genotypes influence on seed iron and zinc levels of landraces and improved varieties of common bean (Phaseolus vulgaris L.) in Tanzania. Ecological Genetics and Genomics. 2020 May; 15:100056.

Rizwan M., Gilani S.R., Durrani A.I., Naseem S. (2022). Kinetic model studies of controlled nutrient release and swelling behavior of combo hydrogel using Acer platanoides cellulose. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers. 131:104137.

Sánchez-Monedero, M.A., et al. (2018). Fate of nitrogen after the application of compost and mineral fertilizers in agronomic and environmental terms. Science of the Total Environment, 618:943-

957

Shang, H., Yang, X., Li, H. (2023). Temperature-responsive hydrogel prepared from carboxymethyl cellulose-stabilized N-vinylcaprolactam with potential for fertilizer delivery. *Carbohydrate Polymers*, 313, pp.120875–120875.

Sotiropoulou DE, Karamanos AJ. Field studies of nitrogen application on growth and yield of Greek oregano (Origanum vulgare ssp. hirtum (Link) Ietswaart). Industrial Crops and Products. 2010 Nov;32(3):450–7.

Teodorescu M., Lungu A., Stanescu P.O., Neamţu C. (2009). Preparation and Properties of Novel Slow-Release NPK Agrochemical Formulations Based on Poly (acrylic acid) Hydrogels and Liquid Fertilizers. Industrial & Engineering Chemistry Research. 48(14):6527–34.

White, P.J., Hammond, J.P. (2008). The sources of phosphorus in the waters of Great Britain. Journal of Environmental Quality, 37(6):15-22.

Yazdani F., Allahdadi I., AbasAkbari G. (2007). Impact of superabsorbent polymer on Yield and Growth Analysis of Soybean (Glycine max L.) under drought stress condition. Pakistan J. Bio. Sci., 10(23): 4190-4196.

Zhao X., Wang S., Xing G. (2015). Maintaining rice yield and reducing N pollution by substituting winter legume for wheat in a heavily-fertilized rice-based cropping system of southeast China. Agriculture, Ecosystems & Environment. 202:79–89.

Zyadeh, M.T., kasrawi M.M.A., Saadeh H, Shahein M.H. (2023). Synthesis of cellulose-based hydrogel for regulating the release of nitrogen fertilizer. Cellulose Chemistry and Technology. 28:57(1-2):71–78.

Comparing Effect of Hydrogel and soluble fertilizers adding in soil content of NPK and productivity of faba bean variety "Baladi Mohassen"

Mahmoud Khateeb[(1)], Aziza Ajouri[(2)], Ahmad Shams Aldien Shaaban[*(3)]

(1) . Department of Soil Science and Land Reclamation, Faculty of Agricultural Engineering, Aleppo University.

(2) Department of Soil Science and Land Reclamation, Faculty of Agricultural Engineering, Aleppo University.

(3) Department of Field Crop, Faculty of Agricultural Engineering, Aleppo University.

(*Corresponding author: Ahmad Shams Aldien Shaaban. E-Mail: Shaabany57@gmail.com).

Received:4/03/2024 Accepted: 15/04/2024

Abstract

An Experiment was conducted at Homeimeh search station in Aleppo, through 2021/2022 season to compare adding hydrogel and soluble fertilizers, and their effects on soil content of essential elements, and production of faba bean production variety "Baladi Mohassen". Completely randomized block design was used with five treatments: (control without fertilizers, adding soluble fertilizer by 2 kg/donem, adding hydrogel by 1, 2 3 kg/donem). The fertilizers were added three times through season. Soil content of NPK were analyzed five times (before planting, after a period of each fertilizers application and after harvest). Also, some morphological and yield component measured with analysis of seed content from NPK. Positive effects were showed when adding hydrogel by rising soil content of NPK comparing with traditional soluble fertilizer. And they were available long time in the soil even after harvest. Also, the positive effects reflect on amelioration of morphological and production of faba bean production.

Key Words: Hydrogel, NPK, Faba Bean, Soil Fertilizing.