



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة ميسان / كلية العلوم
قسم الكيمياء

المواد البوليمرية فائقة الامتصاص وتطبيقاتها

بحث مقدم الى كلية العلوم / قسم الكيمياء وهو جزء من متطلبات لنيل شهادة
البكالوريوس علوم في قسم الكيمياء

من قبل الطالبتان

وجدان صبر سلطان حوراء صفاء فيصل

بإشراف

الأستاذ المساعد

زيدون جواد كاظم

الإهداء

الحمد لله حباً وشكراً وامتناناً على البدء والختام

اللهم لك الحمد قبل ان ترضى ولك الحمد اذا رضيت ولك الحمد بعد الرضا
لأنك وفقتني على إتمام هذا النجاح

وبكل حب اهدي ثمرة نجاحي وتخرجي :-

الى بسملة حياتي وسر الوجود الى معنى الحب والحنان الى من احمل
اسمة بكل فخر الى ذلك الرجل العظيم (أبي الحبيب) ..

الى ملاكي في الحياة الى من تعجز كلماتي وتنحني هاماتي لعظم عطائها
الى من كان دعائها سر نجاحي وحنانها بلسم جراحي الى جنتي في
الأرض (أمي الحبيبة) .

الى سندي ومُلهمي نجاحي الى مصدر قوتي وفخري (اخوتي واخواتي)
الى ملائكة رزقني الله بهم (صديقاتي)

الى من كان له الفضل في انجاز هذا البحث الدكتور (زيدون جواد)
جزاه الله كل الخير .

المحتويات

الفصل الأول

الصفحة	الموضوع	الفقرة
1	المقدمة	1-1
1	ت. المواد البوليمرية فائقة الامتصاص	2-1-1
2	تعريف المواد الهيدروجيل	3-1-1
3,2	عرض تاريخي	4-1-1
5,4	بنية المواد البوليمرية فائقة الامتصاص	2-1
7,6	تشكيل الجل	1-2-1
8	تصنيف مواد الهيدروجيل	3-1
9	تصنيف مواد الهيدروجيل تبعاً للتركيب البوليمري	2-3-1
9	تصنيف مواد الهيدروجيل تبعاً للتشكيل البنيوي	3-3-1
9	تصنيف مواد الهيدروجيل تبعاً لنمط التصالب	4-3-1
10	تصنيف مواد الهيدروجيل تبعاً للمظهر الفيزيائي	5-3-1
10	تصنيف مواد الهيدروجيل تبعاً للشحنة الكهربائية للشبكة البوليمرية	6-3-1
11	تصنيف مواد الهيدروجيل تبعاً للاستجابة المحيطة	7-3-1
11	الارتباطات الايونية	4-1
12	تشكيل المعقدات الغروية	5-1
12	الروابط الهيدروجينية	6-1
13	الإنضاج (التكتل بفعل الحرارة)	7-1
الفصل الثاني		
17	تطبيقات البوليمرات فائقة الامتصاص	1-2
18	التطبيقات الزراعية	2-2

الفصل الأول

برزت المواد الهيدروجل في العقود الثلاثة الماضية في مقدمة المواد الوظيفي الواعدة وقد تعاقبت الأبحاث والدراسات التي تتناول هذه المواد بدءاً من تعريفها وتصنيفها، مروراً بتقانات اصطناعها وتوصيفاتها البنيوية والوظيفيه الى توظيفها في تطبيقات محددةً واصطناعها تبعاً للتطبيق المرغوب وفق تقانات مختلفة، انتهاءً باستثمار هذه المواد في حقول التقانة الحيوية والتطبيقات الذكية.

وقد درست آليات امتصاص هذه المواد للماء والعوامل المتعلقة بها نظرياً إلى جانب إلقاء الضوء على جوانب توافقيتها وتقدمها وأمانها الحيوي.

نهدف في هذا الفصل الى تقديم عرض توضيحي لهذه المواد ابتداءً بالتعريف والتأريخ والبنية وتصنيف المواد الداخلة في التصنيع وطرائق الاصطناع مروراً بالتقدم الحيوي والتوافيقه والانتهاه بالقاء الضوء على ابرز الاستخدامات والتطبيقات الوظيفيه لهذه المواد.

1-1-2 تعرف المواد البوليمرية فائقة الامتصاص

تعرف البوليميرات فائقة الامتصاص (Superabsorben Polymers (SAPs على أنها شبكات محبة للماء ثلاثية الأبعاد مصالبة شبكياً على نحو خفيف وقابلة للانتباج في الماء كبيرة من الماء المحاليل الملحية والسوائل الحيوية بمقدار 10 إلى 1000 ضعف كتلتها، وذلك بسبب الكميات الكبيرة من الزمر الكيميائية المحبة للماء في بنيتها [1] وتستطيع هذه المواد الاحتفاظ بالماء حتى وإن خضعت لتأثير ضغط معين عليها.

وللإحاطة بمفهوم المواد البوليميرية فائقة الامتصاص لابد من الانتقال إلى العائلة الأشمل التي تنتمي لها هذه المواد، والتي هي طائفة المواد الهيدروجل حيث عدت وزارة الزراعة الأميركية المواد البوليميرية فائقة الامتصاص " فئة جديدة " من المواد الهيدروجل، إذ أن كل مادة فائقة الامتصاص هي هيدروجل . بالمقابل العكس غير صحيح، فالمواد الهيدروجل تشمل المواد الماصة وتلك فائقة الامتصاص

تستخدم البوليميرات فائقة الامتصاص بشكل واسع في مجالات عديدة؛ مثل منتجات العناية الشخصية، والتطبيقات البتروكيميائية مثل الاستخراج الأمثل للنفط من الآبار التي شارفت والتطبيقات الزراعية على النضوب، والتطبيقات البيئية مثل ادمصاص بعض العناصر غير المرغوبة سواء أكانت مشعة أو ثقيلة تستعمل ايضاً هذه البوليميرات في صناعة الأغذية (عنصر وعامل تثخين)، وفي التطبيقات الصيدلانية (تحرير الدواء وفق آلية متحكم بها)، وفي الأجهزة التقنية والإلكترونية (للحماية من التآكل ودارات القصر)، وفي الطب (بناء أعضاء اصطناعية)، والهندسة الحيوية (ركائز لهندسة النسيج)، وغيرها من التطبيقات الهامة. وسنتطر بالتفصيل لتطبيقات واستخدامات المواد البوليمرية فائقة الامتصاص [2]

1-1-3 تعريف المواد الهيدروجل

تعرف المواد الهيدروجل بطرائق عديدة ومختلفة أكثرها شيوعا هو اعتبارها شبكة بوليميرية متصالبة شبكيا على نحو خفيف تنتج بالماء تحصل بتفاعل بسيط لمونومير واحد أو عدة مونوميرات.

بتعريف ثاني يمكن تعريف الجل المائي (الهيدروجل hydrogel) على أنه شبكة بوليميرية غير قابلة للانحلال بالماء نتيجة وجود روابط تصالب شبكي ما بين سلاسلها البوليميرية، لكنها تنتج في الأوساط المائية نتيجة كون الماء محلا جيدا لسلاسل هذه الشبكة. وبما أن الماء محل قطبي يتوجب على البوليمير أن يتمتع بقطبية شديدة أو أن يكون متشردا حتى يكون الماء محلا جيدا له وفي هذه الحالة تكون الشبكة البوليميرية هي عبارة عن بولي إلكتروليت

إذن يتكون الهيدروجل من مادة بوليميرية قابلة للانتباج في الماء قد تكون طبيعية أو اصطناعية بالإضافة للماء الذي يشكل نسبة قد تفوق 99% من تركيبه لاحتفاظ الهيدروجل بكميات كبيرة من الماء ضمن بنيته (دون الانحلال) فإن الهيدروجل يسلك سلوكا مشابها للنسيج الحي.

وبطريقة أخرى عدت مواد بوليميرية تبدي قدره على امتصاص قدر كبير من الماء والاحتفاظ به ضمن بنيتها دون انحلالها به وسعت التعاريف لتلقي الضوء جزئيا على بنية الهيدروجل إضافة إلى خصائصها الفريدة المتمثلة بالقدرة العالية على امتصاص واحتجاز الماء، فعرفت على أنها شبكات ثلاثية الأبعاد من بوليميرات محب 20% ولحد 100000 % من كتلتها الجافة.

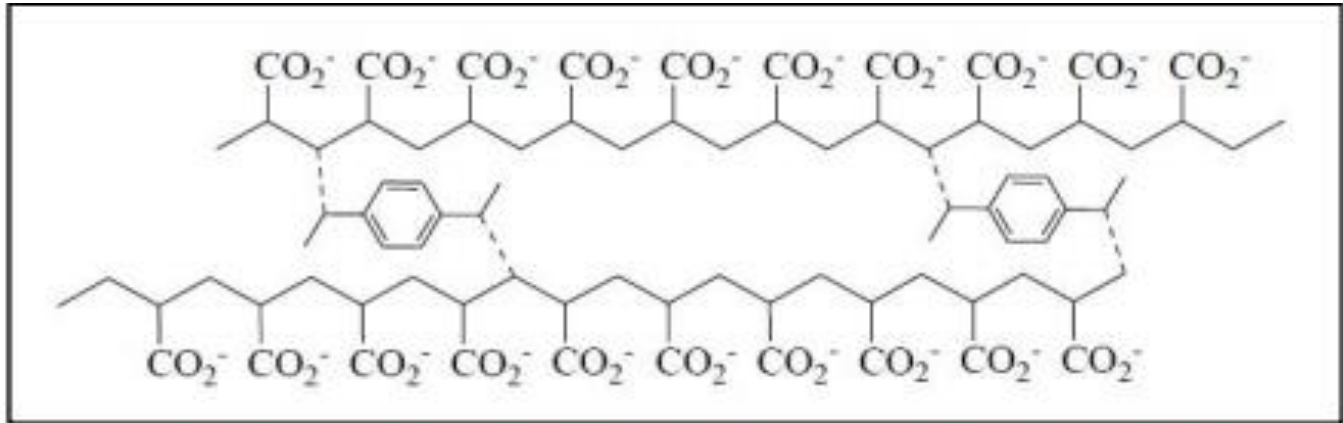
مؤخرا المواد الهيدروجل على أنها نظم ثنائية أو متعددة تتكون من شبكات ثلاثية الأبعاد "متصالبة" من سلاسل بوليميرية، والماء الذي يملأ الفراغات بين هذه السلاسل، أي يعطي اجتماع الشبكات البوليميرية المتصالبة مع الماء (أو المذيب الجيد لتلك الشبكات) المفهوم العام للجل.

ويمكن اعتبار أي شبكة بوليميرية من بوليميرات محبة للماء هيدروجلا إذا كانت لها القدرة على امتصاص 10 % ماء على الأقل من كتلة البوليمير الجاف، في حين يمكن اعتبارها بوليميرا فائق الامتصاص إذا كانت تحتفظ بـ 50 % ماء على الأقل من كتلتها الجافة [3]

1-1-4 عرض تاريخي :

ظهر مصطلح الهيدروجل لأول مره في الادبيات العلمية عام 1894 وكان ذلك عند استخدامه لوصف جل روي من أملاح لا عضوية ويعود اصطناع أول بوليمير ماص للعام 1938 عندما تمت بلمرة حمض الأكريليك حراريا في وسط مائي بوجود ثنائي فينيلالبنزن كمصالب شبكي الشكل (1-1) وفي العام 1960 كان limowichterle أول من أورد تقريرا عن الهيدروجل كما نعرفه اليوم بأنه شبكات بوليميرية متصالبة تنتج وذلك في مقالتهما التي توصف تحضير الجل اعتمادا على بولي 2-هيدروكسي ميتيل أكريلات PHEMA والمونوميرات الموافقة بوجود اثيلين غليكول ثنائي ميتا أكريلات EGDMA كمصالب شبكي، حيث تمت البلمرة بالماء في وسط مائي حراريا .

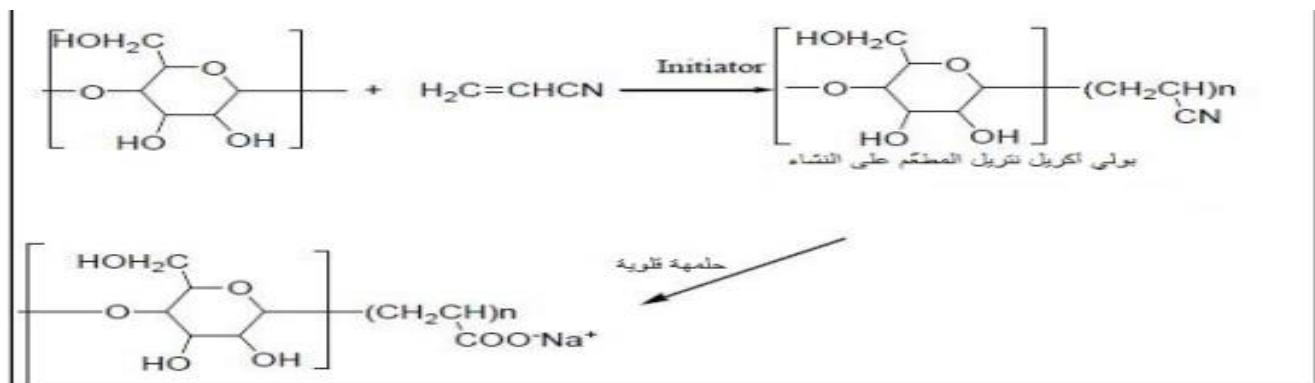
وكان للهيدروجل الناتج قدرة امتصاص بحدود 50% واستخدم الجل الناتج في تطوير العدسات الطبية اللاصقة التي أحدثت ثورة في عالم البصريات وقتها [4]



الشكل (1-1): بولي حمض الأكرليك المصالب بشائي فنييل البنزن.

تبع ذلك اصطناع جل البولي إيثيلين غليكول PEG المصالب شبكيا باستخدام أشعة غاما وذلك في عام 1970 وفي عام 1972 استخدم جل البلورونيك للتحكم بتحرر مضادات الميكروبات

لاحقا في السبعينات بدأ إنتاج المواد فائقة الامتصاص للأغراض التجارية حيث Edward B"Bagley وزملاؤه في وزارة الزراعة الأمريكية مادة فائقة الامتصاص انطلاقاً سميت وقتها Super Slurp من خلال الحلمة القوية للنشاء بوجود بولي أكريل نتريل PAN لإنتاج بوليمير مشترك من حمض الأكرليك AA والاكريل اميد AM المطعم على النشاء لتكون هذه المادة هي البادئ للبوليميرات فائقة الامتصاص الحديثة الشكل (1-2) , وهكذا ظهر أول شكل تجاري للمواد البوليميرية فائقة الامتصاص عام 1978 في اليابان والولايات المتحدة ، وكان أول إنتاج أوروبي عام 1983 في كل من ألمانيا وفرنسا. وقد تم تطوير أشكال مختلفة من الهيدروجل منذ ذلك الحين اعتمادا على بوليميرات مختلفه وفي الفترة الأخيرة تركزت معظم الدراسات حول اصطناع الهيدروجل انطلاقا من بوليميرات copolymers او بوليميرات مطعمه grafted copolymers أما في الشرق الأوسط فكان أول إنتاج للمواد البوليميرية فائقة الامتصاص في إيران عام 2004.



الشكل (1-2) بولي حمض الاكرليك المطعم على النشاء المحصل بالحلمة القلوية لبولي اكريل نتريل المطعم.

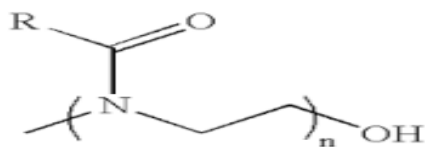
في الحقيقة شهدت حقبة التسعينات اتساعاً كبيراً في اصطناع المواد الهيدروجل سواء من حيث طرائق الاصطناع أو من حيث مجالات الاستخدام ؛ إذ شهد عام 1990 تحضير هدر وجل بولي - إيزوبروبيل أكريل أميد بالبلمرة الجذرية المؤكسدة الشكل (1-3)، ثم تلاه في عام 1992 استخدام الجل المحصل في تطبيقات الاستجابة للـ pH ودرجة الحرارة

وفي عام 1993 تم الاصطناع الكيميائي ل كل من هيدروجل PLA-PEG المصالب بالبلمرة الضوئية] وهدر وجل البولي أوكسازولين المصالب بأيونات الحديد الثلاثي والكوبالت الثنائي الشكل (1-4)

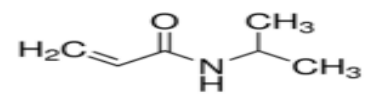
في عام 1995 ظهر الهيدروجل الهجين hybrid hydrogel بالجمع بين البوليمرات الطبيعية والصناعية وصولاً إلى العام 1998 حيث ظهر الهيدروجل الناشئ عن التجميع الذاتي للبروتينات الصناعية

ومع بداية القرن الواحد والعشرين توالى أبحاث الهيدروجل المهمة بتقانات الاصطناع والتصالب الشبكي فظهر هدر وجل الديكستران المحضر بتقانة التعقيد الفراغي في عام 2000، وفي عام 2001 حضر هيدروجل بولي إيثيلين غليكول المصالب شبكياً بتقانة Micheal Addition وصنفت الفترة اللاحقة للعام 2010 بحقبة

مواد الهيدروجل الذكية Smart Hydrogels.



الشكل (1-4): بولي أوكسازولين



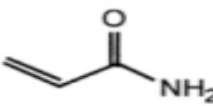
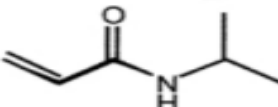
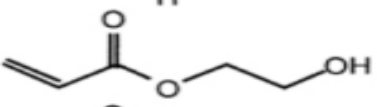
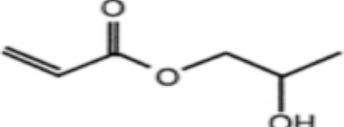
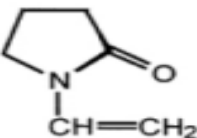
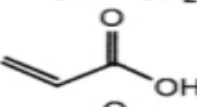
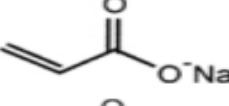
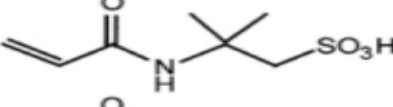
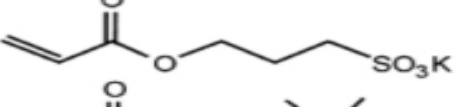
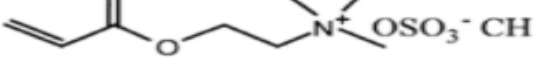
الشكل (1-3): N- إيزوبروبيل أكريل أميد

2-1 بنية المواد البوليميرية فائقة الامتصاص :

كما ذكرنا عند تعريفنا لها ، تتألف مواد الهيدروجل بشكل عام من سلاسل بوليميرية طبيعية او صناعية متصالبة شبكياً بعوامل تصالب شبكي كيميائية او بتقانات تشبيك إشعاعي . تعطي السلاسل البوليميرية قدرة المادة فائقة الامتصاص على امتصاص الماء واحتجازه ضمن بنيتها بفعل الزمر الطرفية المحبة للماء في سلاسلها الجانبية كزمر الهيدروكسيل OH-، الكربوكسيل COOH-، الأميد CONH2 - والسلفون SO3H -، وبألية سنأتي على ذكرها لاحقاً، في حين يمنع التصالب الشبكي (التشابك) الحاصل بين السلاسل البوليميرية إضافة للوزن الجزيئي المرتفع نسبياً لتلك السلاسل انحلال المادة فائقة الامتصاص.

في الحقيقة هناك عدد كبير من المونوميرات التي لها القدرة على تشكيل شبكات بوليميرية قابلة للانتاج في الماء وبالتالي تشكيل هيدروجل، وتتميز جميع هذه المونوميرات بوجود زمر قطبية أو ملحية ضمن بنيتها.

نعرض في الجدول (1-1) أهم هذه المونوميرات المستخدمة في اصطناع المواد الهيدروجل [5] .

Chemical Name	Monomer Structure
Acrylamide	
N-Isopropylacrylamide	
2-Hydroxyethyl methacrylate	
2-Hydroxypropyl methacrylate	
N-Vinyl pyrrolidinone	
Acrylic acid	
Sodium acrylate	
2-Acrylamido-2-methyl-1-propanesulfonic acid	
3-Sulfopropyl acrylate, potassium salt	
2-(Acryloyloxy)ethyltrimethyl-ammonium methyl sulfate	

الجدول (1-1): أهم المونوميرات المستخدمة في اصطناع المواد الهيدروجل.

وكما ذكرنا سابقاً كان أول مونومير تمت بلمرته لتحقيق الاصطناع الكيميائي للهيدروجل هو هيدروكسي إيثيل ميتا أكريلات , في حين أنه يمكن تقسيم المواد البوليميرية فائقة الامتصاص وفق طبيعة المونومير المشكل لها إلى ثلاثة عائلات رئيسية هي:

- البوليميرات الحاوية على زمرة الكربوكسيل مثل بولي أكريلات الصوديوم
- البوليميرات الحاوية على زمرة الأميد مثل بولي أكريل أميد.
- البوليميرات التشاركية لبلاماء حمض المالنك

1-2-1. تشكل الجل :

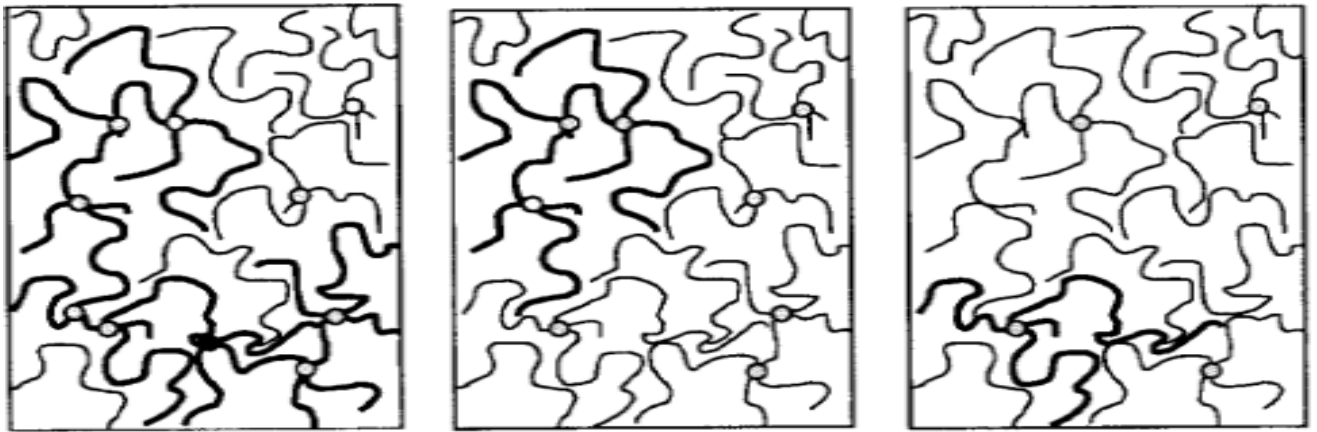
في حياتنا اليومية نلاحظ العديد من المواد التي تتحول من الحالة السائلة إلى الحالة الهلامية (وهي حالة وسطية بين السائل والصلب وتكون أقرب للحالة الصلبة) مثل تحضير حلوى الجل المنزلي أو تحضير لاصق الإيبوكسي. هذه الظاهرة يكون سببها التصلب الشبكي linking-cross ما بين هذه السلاسل البوليميرية؛ فعند تحضير حلوى الجل يكون التصلب الشبكي ما بين السلاسل البوليميرية فيزيائياً حيث تتشكل بنية بلورية مكروية نتيجة التبريد، أما عند مزج الإيبوكسي فتتشكل روابط مشتركة

كما أسلفنا عند تعريفنا للمواد الهيدروجل ، تشكل شبكات السلاسل البوليميرية المتصلبة شبكياً "الهيكل العظمي" لمواد الهيدروجل، في حين يعطي اجتماع الماء (أو المذيب الجيد) مع هذه الشبكات المفهوم العام للجل. يعود تشكل الجل بالأساس إلى تشكل "الهيكل العظمي" بتشابك السلاسل البوليميرية المكونة معاً، الأمر الذي يؤدي تدريجياً في البداية إلى بوليميرات متفرعة أكبر لكن حلولة ، ويدعى خليط من البوليمير الحلول والمتفرع "Sol" الحلال.

باستمرار عملية التشابك، يزداد حجم البوليمير المتفرع ويزداد الوزن الجزيئي الوسطي وتتناقص الإنحلالية ويدعى البوليمير المتشابك عندها بالبوليمير "غير المحدود" أو "الجل" أو "الشبكة"، ويتخلله بعض البوليميرات محدودة التفرع.

يدعى الانتقال من حالة البوليمير محدود التفرع إلى ذلك غير المحدود بالانتقال (Sol-gel) أو تشكل الجل، وتدعى النقطة الحدية الموافقة للظهور الأول لقوام الجل بـ "نقطة الجل" الشكل (1-5).

يجدر الذكر أن عملية التشابك لا تحدث فقط بعد تشكل السلاسل البوليميرية (أي بعد انتهاء تفاعلات الانتشار)، لكن يمكن لأفعال التشابك أن تحدث بالتزامن من نمو السلاسل .



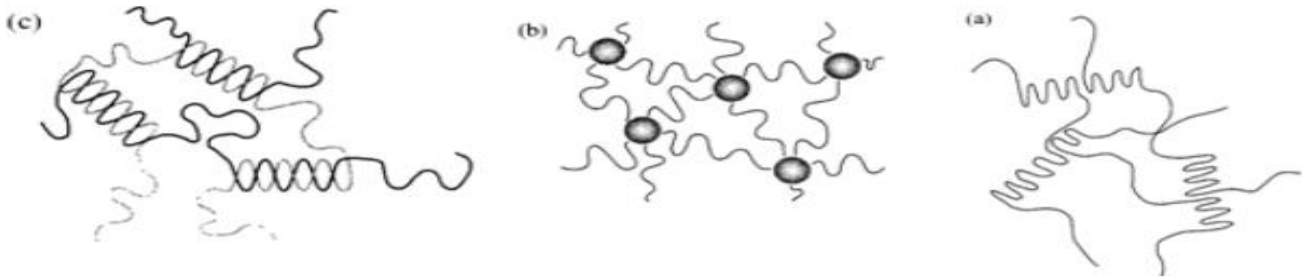
بداية التصلب الشبكي حيث تبدأ بعض السلاسل بالترابط مع بعضها. ازدياد التصلب الشبكي بشكل تدريجي. ارتفاع نسبة السلاسل المترابطة بشكل كبير والتحول إلى شبكة بوليميرية غير قابلة للانحلال.

الشكل (1-5): التحول من سلاسل حرة إلى شبكة بوليميرية.

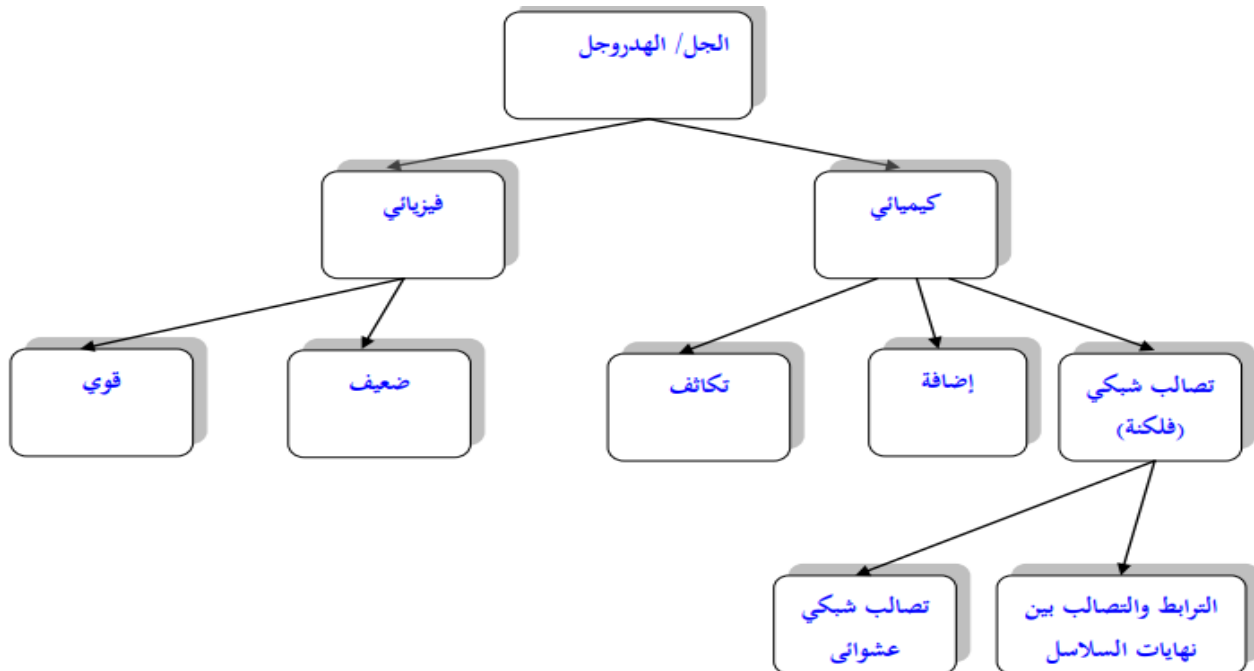
في الحقيقة ظهرت اليات للتجلتن mechanisms gelation مع بداية اكتشاف البوليميرات اي منذ أربعينيات القرن الماضي؛ حيث بدأت هذه الدراسات من قبل العالمين فلوري وستوك ماير (Stockmayer and Flory). وفي السبعينيات تم تطوير هذه الدراسات وبدأت تظهر دراسات معمقة حول هذا الموضوع. وفي الثمانينيات ظهرت مجموعة من النظريات حول حركية التجلتن والتجمعات.

أثناء هذه الدراسات تم تقسيم التجلتن إلى نوعين: فيزيائي (كما في حلوى الجل) وكيميائي (كما في لاصق الإيبوكسي) ويمكن تلخيص هذه الأنواع في الشكل التالي:

يقسم الجل الفيزيائي بدوره إلى نوعين: جل فيزيائي ذو روابط قوية مثل تشكيل بلورات صفائحية أو حلزون مضاعف، الشكل (1-6). يمكن أن تتغير هذه الروابط القوية عند تغيير الظروف المحيطة (مثل رفع درجة الحرارة) وتكون هذه التغيرات عكوسة (كما في تحضير حلوى الجل) وهذا ما يميز الجل الفيزيائي ذو الروابط القوية عن الجل الكيميائي. أما النوع الثاني من الجل الفيزيائي فيكون ذا روابط ضعيفة ومتغيرة ولها عمر محدد حيث تتشكل وتتفكك بشكل مستمر.



الشكل (1-6): أشكال مختلفة للروابط الفيزيائية (a) بلورات صفائحية (b) روابط هيدروجينية (c) بنية حلزونية



يتكون الجل الكيميائي دوما نتيجة تشكيل روابط مشتركة والتي من الممكن ان تتشكل وفق ثلاثة طرائق :
التكاثف والفلكنة والإضافة، الشكل (1-7).

من الممكن أن تحصل تفاعلات التكاثف في الكتلة أو في المحلول بحيث تكون المونوميرات متعددة الوظيفة وقابلة للتفاعل مع بعضها. إذا كانت كلا المونوميرات المتفاعلة ثنائية الوظيفة فعندها يتشكل بوليمير.

خطي ولا تتشكل شبكة بوليميرية. أما إذا كان أحد المونوميرات ذا وظيفة ثلاثية أو أعلى عندها يمكن أن تتشكل شبكة بوليميرية ومن الممكن حصول التجلتن .

أما الفلكنة فيقصد بها ترابط سلاسل طويلة متداخلة مع بعضها، يمكن أن نميز بين نوعين من الفلكنة فهي إما تحدث بين نهايات السلاسل البوليميرية أو تحدث بشكل عشوائي ما بين السلاسل. أول عملية فلكنة كانت لربط سلاسل المطاط الطبيعي (سيس-بولي إيزوبرين) مع بعضها وكان ذلك عام 1839 باستخدام الكبريت.

أما البلمرة بالإضافة فمن الممكن أن ينتقل أحد الجذور الحرة من إحدى السلاسل البوليميرية إلى مونومير أو سلسلة بوليميرية أخرى. ويكون اختلاف الترابط بهذه الطريقة عن الترابط بالتكاثف هو التسارع العالي للتفاعل على مسار الجذر الحر، وإذا كان المونومير يحوي رابطتين مضاعفتين أو أكثر فمن الممكن أن يحصل ترابط شبكي فتتشكل شبكة بوليميرية .

1-3 تصنيف المواد الهيدروجل :

يمكن تصنيف المواد الهيدروجل بناء على أسس ومعايير مختلفة، سنحاول فيما يلي عرض أبرزها:

1-3-1. تصنيف المواد الهيدروجل تبعاً لأصل ومنشأ البوليمير

تصنف مواد الهيدروجل اعتماداً على منشأ البوليميرات المكونة لها ضمن فئتين:

طبيعية: كمتعددات السكار (البولي سكاريد) (النشاء ومشتقاته، السيللوز ومشتقاته، الألبينات، الأغار، الكيتوزان، الليغنين)، أو البروتينات (الكولاجين، الجيلاتين، الفيبيري).

— أو مصطنعة : كبولي حمض الأكريليك PAA وبولي أكريل أميد PAM ومشتقاتهما، بولي أوكسيد الأيتلين PEO وبولي فينيل الكحول [PVA7].

ولكل فئة محاسن وعيوب؛ إذ تتجلى محاسن البوليميرات الطبيعية المنشأ في توفرها، تجدد مصادرها، رخص ثمنها نسبياً ، توافقيتها الحيوية العالية وسهولة تقادمها الحيوي؛ في حين تتجلى مساوئها بضعف خواصها الميكانيكية الى جانب اختلاف تركيبها البنوي باختلاف المنشأ (النشاء المستخلص من الأرض يختلف بالتركيب البنوي والخواص الفيزيائية عن ذلك المستخلص من الذرة أو البطاطا) الأمر الذي ينعكس على اختلاف الخواص الفيزيائية للهيدروجل.

بالمقابل تتجلى محاسن البوليميرات الاصطناعية في المرونة العالية في اختيار البنية الموافقة للتطبيق المرغوب (تفصيل البنية)، اتساع طيف المشتقات والخواص الميكانيكية المعتبرة؛ في حين يكون ارتفاع ثمن المونوميرات , منشأها غير المتجدد, صعوبة تقادمها الحيوي وسمية أغلبها برز مساوئها [6]

1-3-2 تصنيف المواد الهيدروجل تبعاً للتركيب البوليميري

تختلف مواد الهيدروجل تبعاً تبعاً للمونوميرات المكونة للسلاسل البوليميري العائدة لها ، ويمكن إدراجها تبعاً لهذا التصنيف ضمن ثلاث فئات:

- مواد الهيدروجل أحادية البوليمير (البوليميرية المتجانسة) (Homo-polymeric hydrogels): تكون الشبكة البوليميرية فيها آتية من مونومير واحد، والذي يكون الوحدة البنوية الأولية لأي بوليمير ضمن هذه الشبكة

- مواد الهيدروجل تشاركية البوليمير (البوليميرية التشاركية) (Co-polymeric hydrogels): تتألف سلاسلها البوليميرية من مونوميرين أو أكثر من المونوميرات المختلفة، واحداً على الأقل محب للماء، مترتبة بتشكيل عشوائي، تعاقبي أو متناوب على طول سلسلة البوليمير

- مواد الهيدروجل ذات الشبكات البوليميرية المتداخلة Interpenetrating Polymer Network IPN hydrogels : تعد هذه الفئة مهمة في مواد الهيدروجل، تتكون من بوليميرين متصالبين مصطنعين و/ أو طبيعيين مستقلين تماماً (غير متصالبين فيما بينهما) متوضعين بشكل شبكة متداخلة ويسميان عندها IPN ، وفي الحالة التي يكون فيها أحد البوليميرين متصالباً دون الآخر تدعى بـ الشبكة البوليميرية المتداخلة جزئياً semi IPN .

1-3-3 تصنيف المواد الهيدروجل تبعاً للتشكيل البنوي:

يمكن لمواد الهيدروجل أن تصنف تبعاً لبنية السلاسل البوليميرية المكونة لها وترتيبها الكيميائي كمايلي:

- عشوائية (Amorphous) : غير متبلرة، لا تحوي انتظاماً دورياً في ترتيبها البنوي على طول سلاسلها.

- متبلرة (Crystalline) : تتمتع بنيتها بنظام دوري على طول السلاسل

- نصف متبلرة (Semi-Crystalline) : وهي مزيج من الأجزاء المتبلرة والعشوائية.

1-3-4 تصنيف المواد الهيدروجل تبعاً لنمط التصالب:

تنقسم مواد الهيدروجل تبعاً لنمط التصالب الشبكي في شبكتها إلى فئتين استناداً إلى الطبيعة الفيزيائية أو الكيميائية لهذا التصالب فتكون :

- شبكات متشابكة فيزيائياً (physically cross-linked) : تكون الوصلات (نقاط التصالب) فيها آتية سريعة الزوال، ناشئة إما عن تداخلات السلاسل البوليميري أو عن تأثيرات متبادلة فيزيائية كالروابط الهيدروجينية والأيونية.

- شبكات متشابكة كيميائياً (Chemically cross-linked) : تملك وصلات (نقاط تصالب) ثابتة ناشئة عن الروابط المشتركة.

5-3-1. تصنيف المواد الهيدروجيل تبعاً للمظهر الفيزيائي:

تقسم مواد الهيدروجيل من جهة المظهر الفيزيائي إلى حبيبات، أو مساحيق، أو كرات، أو ألياف، أو أغشية ومستحلبات، وذلك تبعاً للاصطناع .

6-3-1. تصنيف المواد الهيدروجيل تبعاً للشحنة الكهربائية للشبكة البوليميرية

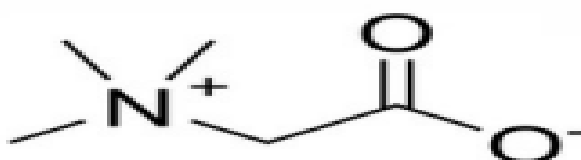
تصنيف مواد الهيدروجيل ضمن اربع فئات اعتماداً على وجود او غياب الشحنة الكهربائية المتوضعة على الشبكات المتصالية:

- **معتدلة لا أيونية (Nonionic)** : تكون السلاسل البوليميرية غير متشردة ومن ثم غير حاملة لشحنة كهربائية كلية كالبولي أكريل أميد.
- **أيونية (Ionic)** : تتشرد السلاسل البوليميرية بشكل جزئي او كلي , الامر الذي يسبب ظهور شحنة كهربائية متماثلة (سالبة او موجبة) كالبولي أكريلات.
- **مذبذبة (Amphoteric)** : تحوي السلاسل البوليميرية شحناً كهربائية سالبة وموجبة بفعل وجود الرمز الحمضية والاساسية على طولها, وتنتج غالباً من بوليمير تشاركي لمونوميرين أيونيين احدهما مشحون ايجابياً (كاتيوني) والآخر مشحون سالباً (انيوني) , وكمثال عليها نذكر البوليمير التشاركي لميتاكريلات الصوديوم و (methacryloxyethyltrimethylammonium)MAC



الشكل (8-1): (a) بولي ميتاكريلات الصوديوم (b) بولي MAC

- **ثنائية القطب (Zwitterionic)**: تحتوي شحنات كهربائية سالبة وموجبة (رمز حمضية واساسية) في كل وحدة بنيوية متكررة كالبولي بيتائينات



الشكل (9-1): ثلاثي ميثيل الغليسرين tmg كاحد البيتائينات

7-3-1. تصنيف المواد الهيدروجيل تبعاً للاستجابة المحيطة :

قد تصنف مواد الهيدروجيل تبعاً لمجال استجابتها الى فئتين :

- **مستجيبات فيزيائي (responding Physical) :** كتلك المستخدمة في التحسس الحراري، الضوئي، الصوتي، والتحسس للحقل الكهربائي والمغناطيسي.

- **مستجيبات كيميائية (Chemical responding) :** كتلك المستخدمة في التحسس للـ pH والقوى الأيونية [7]

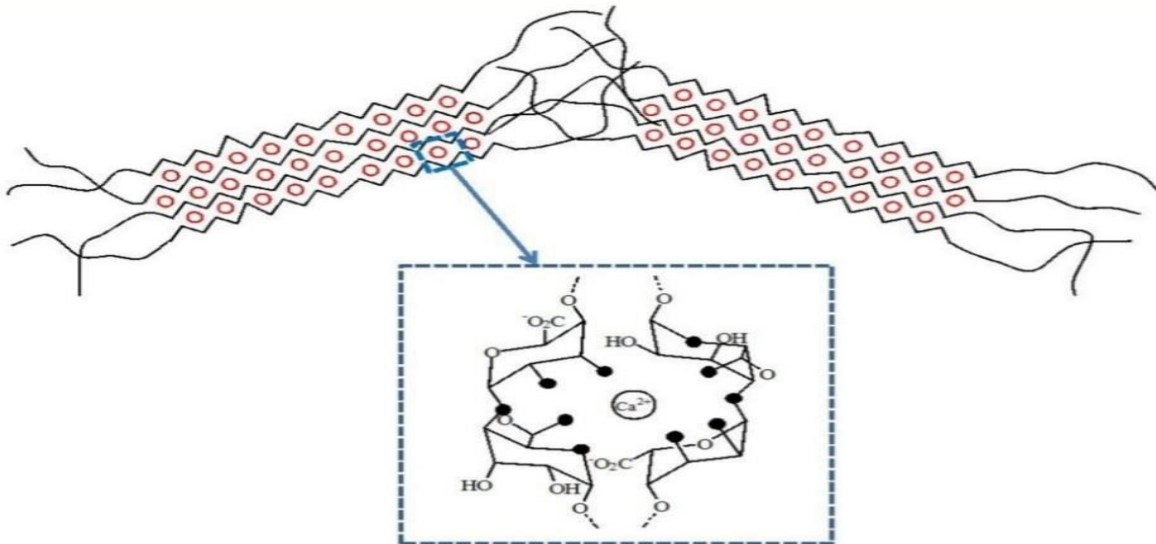
4-1. الارتباطات الأيونية :

يمكن للبوليميرات الأيونية (التي تمتلك القدرة على التشرّد في الوسط المائي) الحاملة للشحنات السالبة او الموجبة على طول سلاسلها أن تتصالب شبكياً بوسط الايونات المرافقة متعددة التكافؤ معاكسة الشحنة Counterions كالشوارد الثنائية او الثلاثية , حيث تلعب هذه الشوارد وظيفه الجسور الأيونية بين الزمر المشحونه لاثنين او اكثر من السلاسل المتشرّدة .

ونذكر كمثال عن المواد الهيدروجيل المشابكة بهذه الطريقة:

(الكيتوزان- بولي ليزين) / (الكيتوزان- ديكستران) / (الكيتوزان- الملح الفوسفاتي للغليسيرول).

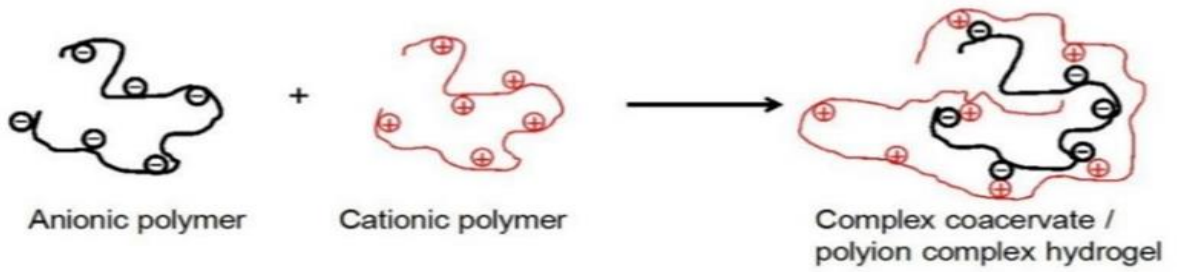
ونعرض في الشكل (10-1) مثلاً لتصالب ألبينات الصوديوم باستخدام محلول كلوريد الكالسيوم.



الشكل (10-1) : تشابك سلاسل الألبينات باستخدام أيونات الكالسيوم.

5-1 . تشكل المعقدات الغروية (Complex coacervation):

المبدأ الاساسي لهذه الطريقة هو أن البوليميرات. (polycation مع polyanion) يمكنها تشكيل المواد الهلامية المعقدة عن طريق خلطها حيث ان ذات الشحنات المعاكسة تلتصق ببعضها البعض وتشكل مجمعات قابلة للذوبان وغير قابلة للذوبان اعتماداً على تركيز ودرجة الحموضة للمحلول المعنية الشكل احد الامثلة على ذلك هو تبطين الزانتان (Xanthan) البوليانيوني المشحون سالباً مع الكيتوزان (Chitosan) المشحون إيجابياً , وتكون غالبية البروتينات – كبوليميرات طبيعية-الموجودة أسفل نقطة تساوي الطاقة الكهربائية شحنة موجبة ومن المحتمل أن ترتبط بغروانيات مائية أنيونية وتشكل هيدروجيل مركب متعدد الايونات مركب معقد بين polycation و polyanion.



الشكل (11-1): تشكيل المعقد الغروي باجتماع البوليميرات متعاكسة الشحنة.

6-1. الروابط الهيدروجينية (Hydrogen-ponding):

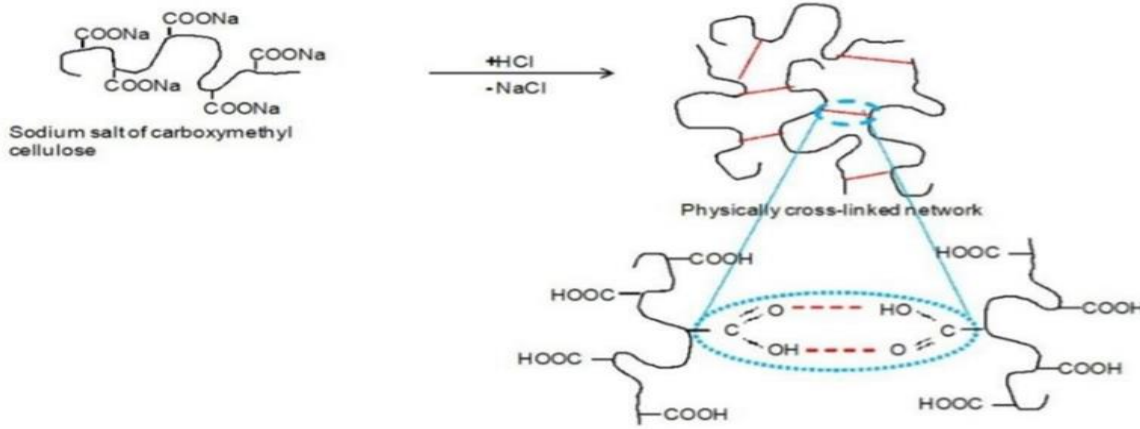
تحدث الروابط الهيدروجينية نتيجة استقطاب الرابطة المشتركة بين ذرة الهيدروجين وذرة اكثر كهر سلبية فيكون الزوج الإلكتروني المشترك المشكل للرابطة اقرب للذرة الأشد كهرسلبية مما يجعل ذرة الهيدروجين فقيرة بالالكترونات والرابطة مستقطبة, ، فيعمل الهيدروجين على تشكيل روابط فيزيائية (روابط هيدروجينية) مع ذرات عالية الكهرسلبية في زمر أخرى مجاورة.

عن طريق خفض الرقم الهيدروجيني (PH) للمحلول المائي للبوليمرات التي تحمل مجموعات H يمكن الحصول على هيدروجيل المرتبط بـ كربوكسي ميثيل السليلوز (CMC) (المرتبطة بالهيدروجين والتي تشكلت عن CMCالكربوكسيل) .

ومن الامثلة على هذا الهيدروجيل شبكة بالهيدروجين في (CMC)تتضمن الالية استبدال الصوديوم في CMC 1.0M طريق تشتيت في الماء CMC المحلول الحمضي لتعزيز الترابط الهيدروجيني تؤدي الروابط الهيدروجينية إلى انخفاض قابلية الذوبان في عن طريق chitosan-CM وتؤدي إلى تكوين هيدروجيل مرن.

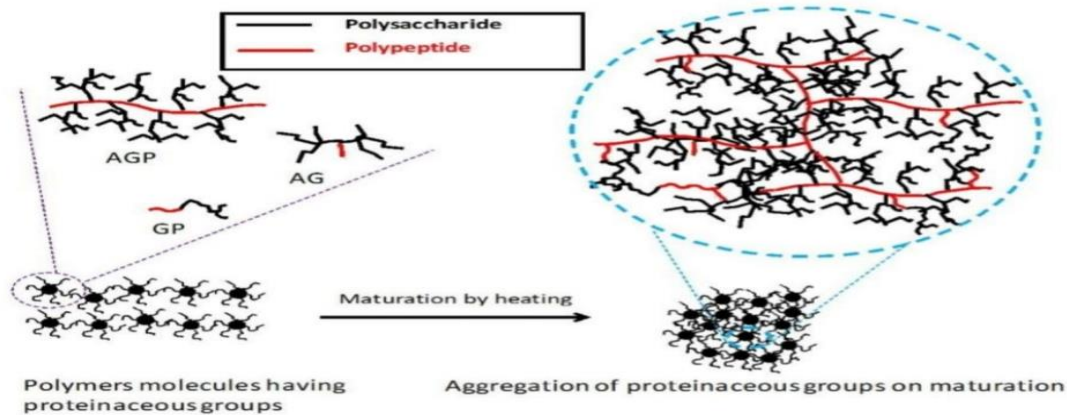
يمكن أيضا تحضير الهالميات المائية للكتوزان الكربوكسيل ميثيل الربط المتبادل في وجود الاحماض أو المونومرات متعددة الوظائف مثال آخر هو حمض البولي أكريليك وأكسيد البولي في محلولهم

المائي H الذي تم تحضيره عن طريق خفض الاس الهيدروجيني (PH) لتكوين هالم مرتبط ب- PAAC- PEO إيثيلين في حالة التفاعل الجزيئي لنظام الزانثان وألجينات ، يتسبب التفاعل الجزيئي للزانثان وألجينات في التغيير في بنية المصفوفة بسبب الترابط الهيدروجيني بين الجزيئات مما يؤدي إلى تكوين شبكة هيدروجيل غير قابلة للذوبان.



7-1. الإنطاج (التكتل بفعل الحرارة) (Maturation (heat induced aggregation) :

الصمغ العربي (صمغ الاكاسيا) هو في الغالب كربوهيدرات ولكنه يحتوي على 2-3 % بروتين كجزء لا يتجزأ من تركيبته تم تحديد ثلاثة أجزاء رئيسية ذات أوزان جزيئية مختلفة ومحتوى بروتيني بعد التجزئة بواسطة كروماتوغرافيا التفاعل الكارهة للماء مع أوزان جزيئية مختلفة ومحتوى بروتيني. هذه هي بروتين أرابينوجالاكتان يؤدي تجميع المكونات البروتينية ، الناتجة عن المعالجة الحرارية إلى زيادة الوزن (GP وبروتين سكري) (AG أرابينوجالاكتان) الجزيئي وبالتالي إنتاج شكل هيدروجيل بخصائص ميكانيكية محسنة وقدرة ربط الماء. والشكل يوضح التغييرات الجزيئية التي تصاحب عملية النضج أنه يمكن إنتاج هيدروجيل بأبعاد جزيئية منظمة بدقة. ميزة التحكم هي تكتل المكونات البروتينية داخل نظام التشتت الجزيئي الموجود في اللثة التي تحدث بشكل طبيعي. يؤدي نضج اللثة إلى نقل البروتين كما تم تطبيق هذه (AGP) المرتبط بمكونات الوزن الجزيئي المنخفض إعطاء تركيزات أكبر لكسر الوزن الجزيئي العالي ، يستخدم في العناية باطقم الاسنان واللثة.



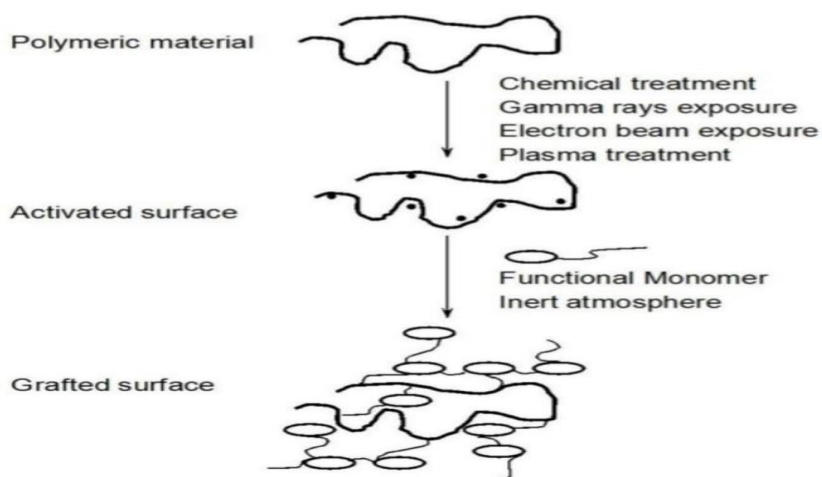
طرق الارتباط الكيميائي

يشتمل الارتباط الكيميائي المتقاطع المغطى هنا على تطعيم المونومرات على العمود الفقري للبوليمرات أو استخدام عامل ربط متقاطع سلسلتي بوليمر. يمكن تحقيق الارتباط المتبادل للبوليمرات الطبيعية والاصطناعية من خلال تفاعل مجموعات الوظيفية مثل OH مع الروابط المتقاطعة مثل الالهيدريد مثل الجلوتارالدهيد ، ثنائي هيدرازيد حمض الألبينيك هناك عدد من الطرق في الادبيات للحصول على الهلاميات المائية الدائمة المتشابكة كيميائياً. من بين طرق الارتباط الكيميائي الاخرى بلمرة مونومر داخل بوليمر صلب آخر لتشكل بنية شبكة متداخلة والتفاعلات الكارهة للماء للحصول على الهلاميات linking دمج مجموعة ماء قطبية بواسطة التحلل المائي أو الاكسدة متبوعاً بالتقاطع التساهمي المائية الدائمة المتشابكة كيميائياً.

يستعرض القسم التالي الطرق الكيميائية الرئيسية مثل الرابط المتقاطع والتطعيم والاشعاع في الحالة الصلبة و / أو المائية المستخدمة إنتاج الهلاميات المائية من مجموعة من البوليمرات الطبيعية.

1- الربط الكيميائي المتقاطع (Chemical cross-linkers):

تم استخدام الروابط المتقاطعة مثل الجلوتارالدهيد و الالبكلوروهيدرين وما إلى ذلك على نطاق واسع للحصول على شبكة هيدروجيل متصالبة للعديد من البوليمرات الاصطناعية والطبيعية. تتضمن التقنية بشكل أساسي إدخال جزيئات جديدة بين السلاسل البوليمرية لإنتاج سلاسل متصالبة أحد الامثلة على ذلك هو الهيدروجيل الذي تم تحضيره عن طريق الربط المتقاطع لنشا الذرة وكحول البولي فينيل باستخدام الجلوتارالدهيد باعتباره رابطاً. يمكن استخدام غشاء هيدروجيل المحضر كجلد متقاطعاً اصطناعياً وفي نفس الوقت يمكن توصيل العديد من العناصر الغذائية / عوامل الشفاء والادوية إلى موقع العمل. في مثال آخر يمكن ربط الهلاميات المائية القابلة للتحلل مع الاستخدام المقترح لانظمة توصيل الادوية الجديدة تعتبر الهلاميات المائية الكاراجينان واعدة أيضاً لشل حركة الانزيمات الصناعية. يمكن أيضاً تصنيع الهلاميات المائية من السليلوز في محلول هيدروكسيد الصوديوم / اليوريا باستخدام إبيكلوروهيدرين كوصلة عرضية وعن طريق طرق التسخين والتجميد.



رسم توضيحي تخطيطي لاستخدام رابط كيميائي للحصول على شبكة هيدروجيل متشابكة

2-التطعيم (Grafting):

ينطوي التطعيم على بلمرة مونومر على العمود الفقري لبوليمر مُشكل مسبقًا. يتم تنشيط سلاسل البوليمر عن طريق عمل الكواشف الكيميائية ، أو المعالجة الإشعاعية عالية الطاقة. يؤدي نمو المونومرات الوظيفية على الكتل الكبيرة المنشطة إلى التفرع وكذلك إلى الترابط المتبادل .

تطعيم المونومر على العمود الفقري البوليمري مسبقة التشكيل مما يؤدي إلى التفرع النهائي والربط المتبادل.

***التطعيم الكيميائي (Chemical grafting):** في هذا النوع من التطعيم ، يتم تنشيط العمود الفقري الجزيئي بواسطة عمل كاشف كيميائي. يعد النشا المطعوم بحمض أكريليك مثالاً على هذا النوع من العمليات باستخدام pyrrolidone-2-vinyl-N سلوكًا تورما ممتازا يعتمد على الاس الهيدروجيني وتمتلك خاصية مثالية لاستخدامها كأداة لتوصيل لادوية والفيتامينات في الامعاء الدقيقة.

3- Radiation cross-linking:

يتم استخدام تقنية الربط المتبادل الإشعاع على نطاق واسع نظرا لانها لا تتضمن استخدام المضافات الكيميائية .

يمكن إجراء التعديل والتعقيم بخطوة واحدة ، وبالتالي فهي عملية فعالة من حيث التكلفة لتعديل

تعتمد التقنية البوليمرات الحيوية التي لها استخدامات نهائية خاصة في التطبيقات الطبية الحيوية بشكل أساسي على إنتاج الجذور الحرة في البوليمر بعد التعرض لمصدر طاقة عالي مثل أشعة جاما أو أشعة السينية أو شعاع الالكترن، (سيعتمد تأثير الإشعاع المباشر أو غير المباشر على بيئة البوليمر) أي المحلول المخفف ، المحلول المركز ، الحالة الصلبة.

الفصل الثاني

2-1. التطبيقات البوليميرات فائقة الامتصاص

التحرير المتحكم (Controlled Release) هو عبارة عن جملة تحرر الدواء بمعدل متحكم به او بحيث تحافظ على تركيز المادة الفعالة في الدم او في الأنسجة الهدف أطول قدر ممكن , أصبحت في السنوات العشرين الأخيرة جمل التحرير الدوائي المتقدم المتحكم بها مهمة جداً.

لأنه العديد من الامراض كالـ Diabetes heat disease, thyroid disease فإن إدارة الدواء تكون مطلوبة فقط في موقع نوعي خاص وفي مجال نوعي زمني نوعي خاص. ويقود هذا الى جمل تحرير دوائي حساسة للتأثيرات والتحريزات حيث يتم تحرير الدواء فقط كاستجابة لمتطلبات استقلابية أو بوجود تحرير نوعي, والعائلات الرئيسية للمواد الحيوية المستخدمة في جمل التحرير الدوائي المتقدم كمصفوفات حاملة هي الهيدروجيلات, ويستحوذ الهيدروجل على اهتمام خاص كمصفوفة حاملة للدواء نظراً لليونته ونسيجه المطاطي ومشابهته للنسيج الحي الطبيعي وكذلك لتوافقاته الحيوية [8].

أصبحت المواد الهيدروجل شائعة جداً نظراً لخواصها الفريدة مثل المحتوى المائي العالي , والطراوة (softness), والمرونة والتوافقية الحيوية . يمكن ان تكون البوليميرات المحبة للماء الطبيعية والمصطنعة كيميائياً مصالبة شبكياً اما فيزيائياً او كيميائياً بغية انتاج وتوليد الهيدروجل , ومشابهتها للنسيج الحي تفتح المجال أمام العديد من الفرص للتطبيقات في المجالات الحيوية الطبية حالياً . تستخدم المواد الهيدروجل حالياً في تصنيع العسات للأصقة , ومنتجات العناية الشخصية , ودعامات هندسة النسيج وجمل ونظم التحرير الدوائي ومعالجة الجروح

لقد تعددت في الآونة الأخيرة المقالات والأبحاث المتعلقة باستخدام المواد الهيدروجل في المجالات الصيدلانية الطبية , فالى جانب استخداماتها في مجالات التغذية التجميلية للبشرة , ومعالجة الأذيات الجلدية كالحروق والجروح و تغذية او استبدال الأنسجة الجلدية التالفة بفعل الداء السكري , دخلت هذه المواد في مجالات التحكم المضبوط بحريز المواد الدوائية الفعالة المحملة عليها مسبقاً.

كمثال عن المواد الفعالة دوائياً استخدام المادة فائقة الامتصاص NaAlg-g-poly(AA-co-AM) في تحميل وتحرير الإيبوبروفن (Ibuprofen).

يعد الأيبوبروفن والذي يسمى حسب IUPAC بـ 2-(4-(2-Methylpropyl)phenyl)propanoicacid نموذجاً للعقاقير غير الستيروئيدية المستخدمة كمضادات للالتهاب وخافضات للحرارة ومسكنات للألم حيث يؤدي دوره هذا من خلال الحد من نشاط الاوكسجيناز الحلقي cyclooxygenase ومن ثم تثبيط اصطناع البروستاغلاندين prostaglandin .

يمتص الأيبوبروفن بسرعة وبشكل كامل عند تناوله عن طريق الفم, حيث يبلغ تركيزه الاعظمي في مصورة الدم خلال 1-2 ساعة, وي طرح مع نواتج اسقلابة عن طريق البول , ويتوفر كدواء تحت

العديد من الأسماء التجارية كـ: Nurofen و Motrin و Advil [9]

2-2 التطبيقات الزراعية:

يزداد عدد سكان العالم بمعدل ينذر بالخطر , إن النمو السكاني والتنمية الناتجة للتجمعات البشرية المدنية عالية الكثافة, الى جانب التصنيع العالمي الموازي القى بضغوط عظيمة على بيئتنا, وراح يهدد الاستدامة البيئية والأمن الغذائي, نتج عن هذا كله ظاهرة الدفينة العالمية وإنتاج ملوثات كيميائية وحيوية لوثت الهواء وموارد المياه.

ومن المعروف أن حوالي 2.5% من الماء على سطح هوماء عذب وفقط حوالي ثلثه متوفر ومتاح للاستخدام البشري والإنساني, أن شح أوندرة الماء, وهو مصطلح يصف العوز في منابع الماء المتوافرة الكافية لتلبية متطلبات استخدام الماء ضمن منطقة ما, قد أصاب كل القارات , يعيش حوالي 1.2 بليون شخص أو تقريباً خمس سكان الأرض في مناطق شح أو ندرة فيزيائية , بحلول العام 2050 فإن 1.8 بليون شخص سوف يعيشون في بلدان أو مناطق ذات شح مياه مطلق, وثلثي سكان العالم يمكن أن يعيشون ظروف مياه قاسية

ومن ناحية أخرى 70% استجرار المياه العذبة الحالية هو مخصص للتطبيقات والنشاطات الزراعية, 11% للاستعمالات المنزلية و19% للاستهلاك الصناعي ولمكافحة شح المياه والتغلب عليها ولمواجهة التحديات التي يفرضها شح المياه على إنتاج الأغذية, من الضروري صون الماء والحفاظ عليه وتحسين فعالية استخدام الماء, خصوصاً في المناطق الجافة وشبه الجافة.

ولما كانت البوليميرات فائقة الامتصاص (SAPs) بنى بوليميرية ثلاثية مصلبة شبكياً قادرة على امتصاص كميات كبيرة من الماء خلال فترة زمنية قصيرة فقد جرى استخدام الـ SAPs في الزراعة والبستنة للحفاظ على رطوبة التربة , في الحقيقة يمكن لهذه المواد البوليميرية أن تحسن من قدرة الاحتباس والاحتفاظ بالماء وقدرة احتباس المواد المغذية كليهما في الأرض والتربة, كما أن لهذه المواد تطبيقاً خاصاً في المحاصيل (الأسمدة) المتحكم بتحريرها, بالإضافة الى ذلك يمكن لاستخدام الهدرجل أن يقلل من معدل الري والسقاية, وأن يزيد من تهوية التربة ويمنع التعرية وتسرب جريان الماء وبالنتيجة يتم تخفيض كلفة الإنتاج الزراعي ونحقق استخداماً فعالاً أكثر للماء

خلال تطور العالم ساعدت دراسة البوليميرات في تشجيع ظهور البوليميرات الزراعية من خلال إلقاء الضوء على مواد الجزيئات الضخمة الطبيعية | المصطنعة مثل البروتين, البولي أكريلات, البولي أكريل أميد, ومتعددات السكار. ومن خلال الجهود المتضافرة لعلماء الكيمياء تم بنجاح استخدام مجموعات من البوليميرات طبيعية| مصطنعة في تطبيقات عديدة في مجال الزراعة . ولقد استحوذ استخدام البوليميرات في الزراعة على شعبية في العلم وخصوصاً في مجال كيمياء البوليميرات. وساهم ذلك في تقديم حلول لمشاكل الزراعة في الوقت الحالي والتي تتمثل في زيادة إنتاجية الأرض والماء إلى أكبر حد ممكن دون الإضرار بالبيئة وبالمنابع الطبيعية. تؤثر مواد الهدرجل البوليميرية فائقة الامتصاص على نفاذية التربة , وكثافتها, وبنيتها, نسيجها, وتبخرها, ومعدلات الارتشاح والتسرب للماء عبر التربة[10]

تباع في الحقيقة مساحيق المواد فائقة الامتصاص المرتكزة على البولي اكريل اميد او الولي اكريلات تحت مسميات تجارية عديدة (plant gel super crystal water gel crystal) كحافظات مائية طويلة الأمد لنمو النباتات في الحدائق أو لأغراض البستنة المنزلية أو التجارية ومواد تحسين تكييف التربة البوليميرية هي معروفة منذ خمسينيات القرن الماضي وتم تطوير هذه البوليميرات لتحسين الخواص الفيزيائية للتربة من خلال دورها في :

-زيادة قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء

-زيادة فعالية استخدام الماء .

- تحسين وتعزيز نفاذية التربة ومعدلات الارتشاح والتسرب .

-تقليل معدل السقاية.

-تقليل ارتصاص التربة .

-التقليل من تعرية الجذور وإضعافها بتقليل الري بكميات كبيرة.

-الحفاظ على الأملاح المعدنية والأكاسيد المغذية بمنع انجرافها نتيجة الري المستمر

-تحسين أداء النباتات (خصوصاً في التربة ذات البنية الفيزيائية الضعيفة في المناطق المعرضة للقط والجفاف)[11].

وعلى نقيض تلك المستخدمة في الفوط الصحية, يكون العامل الأبرز في تصنيع المواد فائقة الامتصاص الموظفة في مجالات الزراعة هو قدرتها على تحرير الماء بدلاً من احتجازه. ويعد التحرر المديد للأسمدة او المحسنات الزراعية التي يمكن تحميلها على المواد فائقة الامتصاص أبرز عوامل القوة لاستخدام هذه المواد تجارياً في البستنة والزراعة.

إن إمكانات الهلاميات المائية في العديد من التطبيقات المختلفة لا تصدق .

هيكل البوليمرات الهلامية هو سبب نجاحه مؤخراً, مع كل من الخصائص اللزجة والمرنة بالإضافة إلى كونها مزلفة , تحافظ الهلاميات المائية على هيكلها عن طريق سلاسل البوليمر المحبة للماء الفردية المتصلبة أو الفيزيائية.

إن قدرة الهلاميات المائية على احتواء / امتصاص الماء بنسبة تصل الى 99% من حجمها يجعلها إما ناعمة ومرنة مثل العدسات اللاصقة او عالية الامتصاص في حفاضات الطفل تسمح الطبيعة المسامية للهلاميات المائية بالانتشار, أو يمكن أن تكون كثيفة. تعتمد الخصائص على تركيبة الهيدروجيل , والتي يمكن تكييفها حسب الحاجة. يمكن صياغة الهلاميات المائية بحيث تتحلل / تذوب أو تكون مستقرة كيميائياً.

1-منتجات النضافة:

تظهر الهلاميات المائية في العديد من المنتجات اليومية (جل الشعر ومعجون الاسنان ومستحضرات التجميل). تستخدم بعض الهلاميات المائية فائقة الامتصاص ، تلك التي تحتوي على مواد أساسها الاكريلات ، لامتصاص السوائل في الحفاضات التي تستخدم لمرة واحدة. لان الهلاميات المائية تحافظ على الرطوبة بعيداً عن الجلد ، فهي تمنع طفح الحفاضات وهي مريحة وتعزز صحة الجلد.

2-التطبيقات الطبية العامة:

الاتساق الناعم والمسامية والمحتوى المائي العالي للهلاميات المائية يشبه الى حد كبير أنسجة الجسم الحية الطبيعية، مما يجعلها مرشحة جيدة للعديد من التطبيقات الطبية. تشمل الاستخدامات الشائعة العدسات اللاصقة، وقنوات توجيه الاعصاب، وعوامل تضخم الانسجة، وتكنولوجيا استبدال النواة.

عند استخدامه كضمد للجروح، تعمل الهلاميات المائية على تعزيز الشفاء وتوفير الرطوبة وتسكين الالام بمحتواها البارد عالي الماء. هيدروجيل مشبع على ضمادة شاش يمكن أن يمنع الضمادة من الالتصاق بسطح الجرح.

3-ضمادات الجروح الذكية:

تحتوي هذه الضمادات على عناصر مضمنة في الهيدروجيل (أجهزة الاستشعار الحيوية الالكترونية الدقيقة ، والمعالجات الدقيقة ، وأجهزة الراديو للاتصال الاسلكي ، وما إلى ذلك) ، لذا فإن ضمادات الجروح هذه لا تحمي الجروح فحسب ، بل يمكنها على سبيل المثال الاستجابة للتغيرات في درجة حرارة الجلد عن طريق إطلاق الادوية حسب الحاجة يمكنهم حتى أن يضيئوا إذا كان الدواء ينفد. تنثني ضمادات الجرح "الذكية" مع الجسم، وتبقى في مكانها حيث يقوم المريض بثني الركبة أو الكوع. مهما كانت العناصر أو الاجهزة الالكترونية المدمجة تظل وظيفية في الضمادة حتى عند التمدد.

4-توصيل جرعة العلاج:

داخل رقعة هيدروجيل قابلة للمط ، تنشئ الانابيب أو ثقوب الحفر مسارات في المصفوفة. تسمح البنية عالية المسامية للهيدروجيلات بتحميل الادوية ثم إطلاقها ، مما يجعل توصيل الادوية عبر الجلد على المدى الطويل أسهل ويسمح بنظام توصيل الادوية الخاضع للرقابة DDS

العناصر الاخرى المضمنة في الهيدروجيل – أسلاك التيتانيوم الموصلة ، ورقائق أشباه الموصلات – تسمح بتوصيل الادوية عند الطلب من مستودعات الادوية الصغيرة. ميزة أخرى الاستخدام الهلاميات المائية لتوصيل الدواء هي قدرتها على الإطلاق المستمر ، مما يؤدي إلى ارتفاع تركيز الدواء لفترة طويلة من الزمن [12].

5- مراقبة توصيل الادوية:

توصيل دواء باستخدام الهلاميات المائية هو شيء واحد، تأتي الميزة الحقيقية مع القدرة على مراقبة هذا التسليم بالكامل باستخدام واجهة إلكترونية داخل هيدروجيل. هناك القليل من القلق عند وضع الالكترونيات على اتصال وثيق مع الجلد عندما يتوافق الهيدروجيل الناعم والمطاطي مع بيئة جسم الانسان.

لنفترض أن كمية الدواء منخفضة في الخزانات. في هذه الحالة ، ينبه ضوء LED المضمن في الهيدروجيل المريض و / أو مقدمي الرعاية حتى لو تمدد الهيدروجيل حول أجزاء الجسم المرنة.

6- الموانع الدقيقة والتحويل:

من أجل استخدام الهلاميات المائية لتوصيل الادوية بدقة أو اختبار عينات السائل ، يجب بناء القنوات الدقيقة المعقدة التي تتراوح من الميكرون إلى بضعة ملليمترات والدوائر في الهيدروجيل. تقوم المحاولات المتطورة بإنشاء أجهزة ميكروفلويديك لتقنية العضو على رقاقة أو شرائط الاختبار أو المهام الأخرى التي تتطلب حركة أو تحليل جزيئات صغيرة من السائل. نظرا لان الهلاميات المائية غير سامة لمعظم الخلايا ، يمكن تشكيل تصميمات وأحجام الميزات عليها.

المحاولات ذات الخبرة تقترب من القوة المنخفضة للهلاميات المائية وتردد في الالتصاق بالحلول اللاصقة المبتكرة. سوائل النقل. حماية العينات. يسمح بالكشف الدقيق. يساعد الشريط اللاصق المحول بدقة في تحقيق كل ذلك.

7- استخدامات الهلامات المائية على النباتات:

هيدروجيل هو بوليمر كيميائي للنباتات يسمح لنا بتوفير مياه الري للحصول على محصول أعلى ، بصرف النظر عن السماح لنا بالعناية بنباتاتنا بمزيد من الدقة وخاصة في أوقات الجفاف.

عندما نتحدث بطريقة أكثر تفصيلا وتحديدًا فيما يتعلق بالهيدروجيل ، يمكننا القول أنه غالبًا ما يُطلق عليه أيضا الماء الصلب أو بولي أكريلات البوتاسيوم ، والتي تعتمد خاصيتها الرئيسية على احتباس الماء ، يمكن أن تمتص ما بين 200 و 300 ضعف حجمها وما يصل إلى 1000 ضعف حجمها ، أي يمكنها الاحتفاظ بما يصل إلى 90% من الماء بداخلها.

عندما تبدأ الأرض الموجودة حولها بالجفاف ، يبدأ الهيدروجيل في إطلاق احتياطي المياه تدريجيًا ، مما يؤدي إلى خلق الرطوبة في البيئة وفقًا لحاجتها وبعد ذلك ، عند ملامستها للماء ، يعيد الترطيب ويعيد التشغيل العملية. يجب أن يكون للهيدروجيل عالي الجودة مدة صالحة تصل إلى 8 سنوات ، على الرغم من أنه يمكنك تكرار دورات إعادة التميؤ هذه حوالي 50 مرة ومن هناك تستمر في العمل

فقط لانه يحتفظ بكميه اقل من الماء وحتى انه لا يمتص الماء فحسب ، بل يمكنه امتصاص بعض العناصر الغذائية مثل الكالسيوم والمغنيسيوم ، فهذه نقطة ذات أهمية كبيرة عند الحديث عن مزارع نباتية معينة.

علاوة على ذلك ، فإن هيدروجيل البوتاسيوم بولي أكريليت غير سام وقابل للتحلل الحيوي ، وهو مفيد للغاية لانه أيضا مادة "حساسة للضوء" ، وهذا هو السبب في أن الأشعة فوق البنفسجية تجعلها تخفف بسرعة أكبر.

يمكن العثور على هيدروجيل بطرق مختلفة ، كما هو الحال في البلورات (0.2-8.0 مم) ، والتي تستخدم في الغالب لمساحات أكبر من الأرض ، بشكل عام في الزراعة والبستنة ، وما إلى ذلك والتي تستخدم بطريقة عامة ومسحوق (2.0-8.0 مم) وهو مثالي للاستخدام في الاواني والحدائق الصغيرة والمساحات الخضراء في الحديقة.

كيفية استخدام :

يجب أن نعرف أنه يمكن تطبيق الهيدروجيل عن طريق مزجه في الركيزة أو وضعه على سطح الأرض أو الوعاء. بالإضافة إلى ذلك ، يمكن وضعه "جافاً" أو "مرطباً" بالفعل ، ولكن من المهم جداً معرفة أنه إذا أضفناه جافاً، فيجب عليك إضافته كما يأتي في العبوة وإذا كنت تريد استخدام الماء ، يجب استخدام نسبة 1 جم من الهيدروجيل في 80 مل من الماء والتي ستكون جزءاً من الماء؛ على سبيل المثال ، مع 10 جرام من هيدروجيل للنباتات ، سنحتاج إلى 800 م من الماء.

من المهم أن نعرف أن الهيدروجيل لا يمكنه امتصاص الماء من جذور النبات. بالإضافة إلى ذلك ، لا تتعفن الجذور ، نظراً لأن إطلاق الماء يتم وفقاً لطلب النبات وعندما يتم استخدامه ممزوجاً بالركيزة ، فمن الأهمية بمكان مراعاة المساحة التي ستشغلها عندما تتضخم [13]

References:

1. Pourjavadi A, Amini-Fazl M S, Ayyari M (2007) Optimization of synthetic conditions CMC-g-poly (acrylic acid)/Celite composite superabsorbent by Taguchi method and determination of its absorbency under load. Express Polym Lett 1(8): 488-494
2. Tally M, Atassi Y (2015) Optimized Synthesis and swelling properties of a pH-sensitive semi-IPN superabsorbent polymer based on sodium alginate-g- poly(acrylic acid-co-acrylamide) and polyvinylpyrrolidone and obtained via microwave irradiation. J Polym Res 22 (9):1-13
3. Spagnol C, Rodrigues FHA, Neto AGVC, Pereira AGB, Fajardo AR, Radovanovic E, Rubira AF, Muniz EC (2012) Nanocomposites based on poly (acrylamide-co-acrylate) and cellulose nanowhiskers. Eur Polym J 48:454-463
4. Kalaleh HA, Tally M, Atassi Y (2015) Optimization of the Preparation of bentonite-g- poly(acrylate-coacrylamide) superabsorbent polymer composite for agricultural applications. Polym Sci Ser B 57(6):750-758
5. Soudra P, Sreejith L (2014) Environmental sensitive hydrogel for purification of waste water: part 1: synthesis and characterization. Polym Bull :1-16
6. Zhu Y, Zheng Y, Wang A (2015) A simple approach to fabricate granular adsorbent for adsorption of rare elements. Int J Biolog Macromol, 72 :410-420
7. Ahmed E M (2015) Hydrogel: preparation, characterization, and applications. J AdvancRes 6 (2): 105- 121



مراجع الفصل الثاني:

8. Chirani N, Yahia L, Gritsch L, Motta F L (2015) History and Applications of Hydrogels. J Biomed Sci 4 (2)13: 1-23
9. Hedrick RM, Mowry DT (1952) Effect of synthetic polyelectrolytes on aggregation, aeration and water relationships of soil. Soil Sci 73: 427-441
10. Potassium Nitrate, Nutrient Source Specifics, International Plant Nutrition Institute
11. Potassium Nitrate, KEMAPCO publishing
12. Mahdavinia G R, Mousavi S B, Karimi F, Marandi G B, Garabaghi H, Shahabvand S (2009). Synthesis of porous poly (acrylamide) hydrogels using calcium carbonate and its application for slow release of potassium nitrate. Xpress PolymLett3: 279-285
13. Zhu Y, Zheng Y, Wang A (2015) A simple approach to fabricate granular adsorbent for adsorption of rare elements. Int J BiologMacromol, 72 :410-420
14. Reddy K R, Gomes V G, Hassan M (2014) Carbon functionalized TiO₂nanofibers for high efficiency photocatalysis. Mater Res Express 1 (015012): 1-15