الفصل الأول

مصادر وجودة المياه

Water Resources & Quality

*مقدمة *مصادر المياه على الأرض
و أنماط توزيعها * جودة المياه

(أَوَلَمْ يَرَ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَاهُمَا وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ). الأنبياء (30)

1.1. مقدمة

تعتبر المياه أحد أهم عناصر الاستزراع المائي حيث تمثل حجر الأساس فى تلك الصناعة، لأنه بدون تو افر كمية المياه المناسبة من حيث خصائصها الطبيعية والكيميائية والحيوية فإنه يصعب إقامة مشروعات استزراع مائي. وبالنسبة للخصائص الطبيعية فهي خصائص لا يمكن التحكم فيها إلا فى ظروف خاصة مثل اختيار موقع المزرعة أو من خلال تصميم الأحواض. أما المواصفات الكيميائية والحيوية فإنه يمكن التحكم فيها إلى حد ما عن طريق بعض المعاملات والإضافات التى يمكن أن تغير من كيمياء وحيوية المياه حتى تصبح مناسبة للاستزراع المائي. كما أنه لا يمكن بحال من الأحوال إغفال أهمية المياه اللازمة فى حال ملاءمتها من حيث النوعية، إذ ينبغي أن يكون مصدر المياه متوفراً باستمرار وبالكمية التى تفي باحتياجات المزارع المائية.

ويتضمن مفهوم البيئة المائية جميع الصفات الطبيعية والكيميائية والحيوية الخاصة بالمياه التى تعيش فيها الأحياء المائية وأي تغير يطرأ على صفات البيئة المائية يؤثر بالطبع على الإنتاج، ولابد من أن يكون القائم بالعمل على دراية تامة بمواصفات المياه

اللازمة لأنواع الأحياء المائية التى يقوم باستزراعها وأن يكون لديه الخبرة الكافية للتعامل مع أي تغير يطرأ على صفات الماء.

والإدارة السليمة لجودة المياه من الأمور الهامة ذات التأثير الكبير على نجاح مشروعات الاستزراع المائي، والإخفاق فى الحفاظ على جودة المياه يؤثر تأثيراً ضاراً على الإنتاج، ويحتوى هذا الباب على المعلومات الأساسية لصفات المياه الصالحة للاستزراع المائي كما يتضمن طرق قياس مكونات البيئة المائية سواء كانت طبيعية أو كيميائية أو حيوية، وتوضيح طرق الإدارة المثلى لهذه العناصر بالإضافة إلى سرد لأهم المشاكل التى تطرأ على صفات المياه والحلول التى يمكن بها ضبط مكونات البيئة المائية لكى تناسب الأحياء المائية المستزرعة وتحقيق أكبر عائد اقتصادي من العملية الإنتاجية.

2.1. مصادر المياه على الأرض وأنماط توزيعها.

1.2.1. مصادر المياه على مستوي العالم

يوجد الماء على الكرة الأرضية فى أشكال كثيرة تبعًا للمكان المتواجد به:

أ- مياه البحار والمحيطات:

تشكل مياه البحار والمحيطات حوالي 74% من مساحة سطح الأرض وتشكل 97.6% من مجموع مياه الأرض. معدل ملوحة هذه المياه 35% أي 35 جم/لتر. تلعب المحيطات دورًا هامًا بكونها نظامًا بيئيًا بحريًا يحتوي على الكثير من الكائنات الحية، ولها دور فى ضبط مناخ الأرض، وفى كمية المياه المتبخرة من سطحها. على الرغم من أن مياه البحار والمحيطات لا تصلح للشرب ونشاطات الإنسان الزراعية والصناعية إلا أن فى المستقبل القريب ستُجبر الكثير من الشعوب على تحلية هذه المياه بسبب شح المياه العذبة فى مناطق مختلفة.

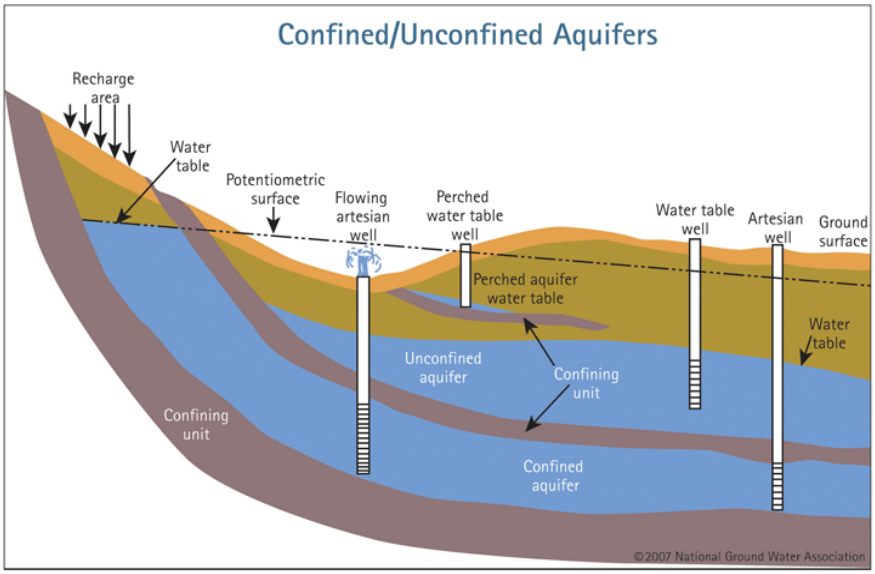
ب- الجليديات:

نعني بالجليديات المياه المتجمدة فى الأقطاب وعلى قمم الجبال العالية. توجد معظم هذه الكتل الجليدية فى القارة المتجمدة الجنوبية حيث تشكل حوالي 85% من جميع المياه المتجمدة.

ج- المياه الجوفية:

مياه مخزونة فى باطن الأرض فى مسامات الصخور أو الشقوق بينها (شكل 2-1). تحتوي المياه الجوفية على ثاني أكبر كمية من المياه العذبة بعد الكتل الجليدية. تدعى مجموع الطبقات الحاملة للمياه الجوفية الأكويفير Aquifer. جزء من هذه المياه يدعى

المياه الأحفورية وهي المياه التى لا نستطيع استغلالها ولا يتم تجديدها. داخل الأكويفير تجري المياه الجوفية. فى الأكويفير الحر تجري المياه على سطح الصخور الصماء، من الأماكن العالية إلى الأماكن المنخفضة مثل جريان الماء على سطح الأرض. أما فى



شكل (2-1)

الأكويفير المحصور تكون المياه مضغوطة مثل المياه الموجودة فى أنبوب. لذلك تجري المياه هنا فى جميع الاتجاهات وذلك حسب الضغط وحتى باتجاه إلى أعلى بشكل طبيعي. ومن الممكن أن تترك المياه الجوفية مكانها بعدة طرق:

- عندما تصل المياه إلى السطح الخارجي تتكون العيون والينابيع وتخرج المياه بواسطته.
- طريقة أخرى هي انتقال المياه الجوفية إلى البحر، حيث تلتقي بماء البحر. بما أن المياه الجوفية العذبة أخف من مياه البحر المالحة، تطفو المياه العذبة على سطح المياه المالحة. نقطة التقاء المياه العذبة بالمياه المالحة تدعى الإسفين المائي. موقع هذا الإسفين يتحدد حسب مستوى سطح المياه الجوفية. كلما كان سطح المياه الجوفية أعلى يكون وزنها أكبر، فيدفع الإسفين الماء إلى أسفل باتجاه البحر والعكس صحيح. من الجدير ذكره أنه لا يوجد فصل تام بين نوعي المياه، ولكن هنالك طبقة مختلطة بينها نخسر بواسطتها جزءا من المياه العذبة.

تعتبر المياه الجوفية ذات جودة عالية جدًا، حيث تعمل التربة والطبقة الصخرية النفاذة كمرشحات تقوم بتنقية المياه المتغلغلة. انخفاض جودة المياه الجوفية يتم بواسطة إذابة مواد مختلفة بها. المشكلة الأساسية الملوثة بدون تدخل الإنسان والتى تتم بشكل طبيعي هي زيادة الملوحة. مياه الأمطار تحتوي على تركيز منخفض للأملاح، ولكن عند وصولها إلى التربة تتبخر المياه وتبقى الأملاح داخل التربة. عند هطول الأمطار مرة أخرى تذيب هذه الأملاح ويرتفع تركيز الأملاح فى التربة، حيث ترسب هذه الأملاح وتصل فى النهاية إلى المياه الجوفية. لذلك تركيز الأملاح فى المياه الجوفية أعلى مما فى مياه الأمطار. زيادة الأملاح ممكن أن تنبع من وصول مياه البحر نتيجة الضخ الزائد. سبب آخر لزيادة الأملاح هو ذوبان الأملاح الموجودة فى الصخور والتى تصل فى النهاية إلى المياه الجوفية.

د- **المياه السطحية**:

وهي المياه الموجودة فوق سطح الأرض، مصدر هذه المياه فى الغالب هو مياه الأمطار والثلوج وأحيانًا من المياه الجوفية. تتجمع هذه المياه عندما تكون الطبقة العلوية من التربة مشبعة بالمياه وغير قادرة لامتصاص كمية أخرى. وتشمل:

- مياه الأنهار،
- الجداول،
- البحيرات
- المستنقعات والبرك.

يبين الجدول التالي نسب أشكال المياه فى الغلاف المائي:

جدول (2-1): نسب وأشكال المياه فى الغلاف المائي

المصدر	النسبة من مياه الأرض (%)	نسبة المياه العذبة (%)
المحيطات	97.6	
الجليديات	2.07	73.9
المياه الجوفية	0.63	25.7
البحيرات		
عذبة	0.007	0.36
مالحة	0.009	
الأنهار	0.0001	0.004
الغلاف الجوي	0.001	0.04

2.2.1. مصادر المياه في مصر:

أهم مصادر المياه فى مصر هي:

أ- نهر النيـــل:

يبلغ طول النيل من المنبع إلى المصب 6700 كيلو مترا ويخترق عددا من الدول تعرف بدول حوض النيل. أما الجزء المار فى مصر فيبلغ طوله 1540 كيلو مترا فى حدود مصر الجنوبية – مكونا بحيرة ناصر (جنوب) السد العالي وحتى مصبه فى البحر المتوسط شمالا.

ويتفرع النيل عند القناطر الخيرية -القليوبية شمال العاصمة إلى فرعى رشيد ودمياط اللذين يحتضنان دلتا النيل. ونظرا لأن دول حوض النيل تشارك بعضها البعض فى استغلال والاستفادة بمياه النيل فقد عقدت اتفاقية لتخصيص كميات محدودة من مياه النيل لكل دولة وكان نصيب مصر منها 5ر55 مليار متر مكعب فى السنة.

ب- المياه الجوفية:

- المصدر الرئيسي لها هو مياه الأمطار والتى تتسرب من خلال مسام التربة إلى الطبقة المشبعة بالمياه والمنسوب الأعلى لهذه الطبقة المشبعة يسمى المنسوب الثابت، وينحدر فى اتجاه سريان المياه (فى مصر من الجنوب إلى الشمال).
- المياه الحرة: هي المياه الجوفية التى لا يمنع سريانها أية حواجز أو عقبات جيولوجية.
- المياه المقيدة: هي المياه الجوفية التي تنحصر بين طبقتين غير مساميتين تمنع سريانها بحرية. وينشأ عنها الآبار الارتوازية التي تتدفق إلى سطح الأرض تحت تأثير الضغط الو اقع عليها وهي تسمى بالآبار العميقة.

وتختلف المياه الجوفية فى مصر من منطقة إلى أخرى: -

- **الوادي والدلتا**: -

نتيجة لمرور المياه المحملة بالطمى فى مجرى النيل على مدى الأجيال ترسبت ثلاث طبقات هي:

- الطبقة العليا: بعمق 6 – 10 أمتار وهي طينية غير مسامية أو طينية – رملية وهي الطبقة غير المشبعة بالمياه وتتعرض للتلوث المستمر.
- الطبقة الوسطى: بعمق 10 – 15 مترا من الرمل أو الرمل الطيني المشبع بالماء.

- الطبقة العميقة تلي الطبقة الوسطى وهي من الرمل الخشن أو الزلط التى يمكن سحب المياه منها بسهولة عن طريق الآبار وتسمى الطبقة المشبعة بالمياه والآبار الجوفية ويصل عمقها لأكثر من 20مترا وهى أقل تعرضا للتلوث لأن مياهها من الطبقة المشبعة.

- **الصحراء الغربية**:

تأتى المياه الجوفية من وسط السودان بين طبقتين من الحجر النوبي المشبع بالمياه تحت ضغط فتخرج المياه من العيون والآبار الارتوازية (المياه المقيدة) وهي تعتبر الموارد الرئيسية لمياه الشرب والري بالواحات والوادي الجديد

- **السهل الساحلي الشمالي**.

تسقط الأمطار على الكثبان الرملية وتكون طبقة من المياه العذبة تطفو فوق مياه البحر المالحة التي تسربت إلى باطن الأرض ويمكن الحصول على هذه المياه العذبة بعمل حفرة ضحلة غير عميقة ويوجد على هذا الشريط الساحلي خنادق عمقها 1.5 مترا وعرضها مترا واحد تتجمع فيها المياه بارتفاع نصف مترا ويطلق على هذه الخنادق (الآبار الرومانية).

- **شبه جزيرة سيناء**:

مصدر المياه الجوفية هو الأمطار وهي تتجمع فى وادي العريش وفيران والطور وعيون المياه بالقسيمة والجديرات والآبار التي تحفر بها تتراوح أعماقها ما بين 490 متر إلى 980 مترا.

- **الفيوم وغرب بنى سويف**:

يصعب دق الآبار بها حيث أن التربة تتكون من طبقات من الصخور الجيرية السميكة يعلوها طبقات من الرمل والطين لا يزيد سمكها عن بضعة أمتار من سطح الأرض وهي تحتوي على مياه الصرف الزراعي المحملة بالأملاح الزائدة والمعادن.

- **وادي النطرون**:

مصدر المياه الجوفية هي الأمطار التي تسقط على الشاطئ الغربي للدلتا ومن النيل عند تقابل النيل مع الحجر الرملي النوبي بالصحراء الغربية.

ج- **الأمطـــار: -**

الأمطار ليست مصدرا رئيسيا للمياه فى مصر لقلة الكميات التي تسقط شتاءً ولا تتجاوز 10 ملليمترات على الساحل الشمالي ثم تقل إلى 4ر1 ملليمترات فى شهر مايو ومن أهم المناطق التي تسقط عليها الأمطار الساحل الشمالي – الدلتا – شمال الصعيد – أسوان – قنا – وجبال البحر الأحمر وسيناء وينتج عنها السيول. وقد تم إنشاء سد وادي العريش لتخزين مياه الأمطار والاستفادة منها. كما أنشأت الدولة مخرات للسيول تنحدر نحو الوادي وتصب فى نهر النيل. ويستفاد بمياه الأمطار فى زراعة بعض المحاصيل مثل الشعير والزيتون والفواكه مثل التين وأشجار النخيل.

3.2.1. خصائص ونوعية مياه النيل وفروعه والترع والرياحات:

نظرا لتعرض المياه العذبة للعوامل الطبيعية والتلوث بالمخلفات الصناعية والحيو انية والآدمية فإن هذه المياه تحتاج إلى تنقيتها قبل استخدامها فى الأغراض المختلفة وخاصة كمصادر لمياه الشرب.

وهذه المياه فى حالتها الطبيعية تحتوي على مواد طافية مثل أوراق الشجر والنباتات المائية وجثث الحيو انات والزيوت الناتجة من تيسير المركبات النهرية بالإضافة إلى المواد العالقة والمواد الذائبة العضوية والكيميائية ومسببات الأمراض والغازات.

ويتم تبادل الغازات مع الهواء الجوي فيذوب الأكسجين فى المياه ويتصاعد ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين إلى الهواء ووجود الطحالب والنباتات المائية بالمجاري يؤدى إلى زيادة نسب الأوكسجين بالمياه من خلال عمليات التمثيل الكلوروفيلى فى ضوء أشعة الشمس (التنقية الذائبة)

وقد أوصت منظمة الصحة العالمية W.H.O بتقسيم موارد المياه الخام الطبيعية كمصادر لمياه الشرب إلى أربعة مستويات طبقا للمحتوى البكتريولوجي للمجموعة القولونية وتحديد نوع المعالجة المقترحة لكل مستوى لضمان سلامة مياهها للشرب والحد من انتشار الأمراض التي تنتقل عن طريق المياه على الوجه التالي: -

المستوي	العدد الاحتمالي للمجموعة القولونية لكل 100 سم 3	نوع المعالجة المطلوبة
الأول	صفر – 50	إضافة الكلور
الثاني	50 – 500	المعالجة التقليدية (الترسيب والترويب – الترشيح – التعقيم)

الثالث	50.000 – 5000	تلوث شديد للمورد المائي (مآخذ) ويحتاج إلى أكثر من المعالجة التقليدية
الرابع	أكثر من 50.000	تلوث شديد جدا لا يصلح كمصدر لمياه الشرب

كما أوصت المنظمة أنه إذا زادت النسبة بين العد الاحتمالي لبكتريا القولون النموذجي إلى العد الاحتمالي للمجموعة القولونية عن 4ر فإن المورد يحتاج إلى معالجة طبقا للمستوى الأعلى أي أنه كلما بعدت مآخذ محطات تنقية المياه عن مصادر التلوث قل الحمل البكتريولوجي في المياه وكلما قربت من مصادر التلوث زاد النسبة عن 4ر% وهذا يعنى أن عمليات مياه الشرب لابد وأن تضاف إلى خطوات تنقية المياه أكثر من المعالجة التقليدية مثل إضافة الكلور المبدئي.

4.2.1. خصائص المياه الجوفية:

الدلتا:

تعتبر المياه الجوفية جنوب مدينة طنطا صالحة للشرب والاستهلاك الآدمي والزراعي وتنمية الثروة الحيوانية حيث أن نسبة الأملاح الذائبة لا تزيد عن 1000 جزء في المليون. أما شمال مدينة طنطا هي غير صالحة للاستهلاك الآدمي أو الزراعي لزيادة نسبة الملوحة لقربها من مياه البحر الأبيض المتوسط الذي تتسرب منه مياه شديدة الملوحة إلى باطن الأرض حيث تصل نسبة الملوحة الذائبة إلى 5000 جزء في المليون في كفر الشيخ، 40.000 جزء في المليون في المناطق القريبة من البحر شمالا ولهذا تعتمد معظم المحافظات في شمال الدلتا على مياه الشرب على المياه السطحية عن طريق عمليات تنقية مياه الشرب.

- **الوادي:**

تعتبر نوعية المياه الجوفية جيدة وصالحة للاستعمال الآدمي الزراعي وتنمية الثروة الحيوانية إذا تبلغ المواد الذائبة حوالى 500 جزء في المليون في المتوسط.

- **الصحراء الغربية:**

تقل الأملاح الذائبة عن 1000 جزء في المليون وتعتبر المياه الجوفية من نوعية جيدة من حيث نسبة الملوحة والقلوية ألا أن المياه ذات صفة أكاله للمعادن لوجود غاز ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين وانخفاض الأس الهيدروجيني ولذا يجب استخدام معادن مقاومه للتآكل عند دق الآبار.

- **الساحل الشمالي:**

المياه الجوفية فى هذه المنطقة غير صالحة للاستهلاك لزيادة الملوحة علما بأنه يوجد طبقة من المياه العذبة تطفو فوق المياه الجوفية الملحة وهي صالحة للاستهلاك الآدمي عند سحبها بمعدلات مناسبة لا تسمح بتسرب المياه المالحة لها.

- **البحر الأحمر وسيناء**:

المياه الجوفية فى هاتين المنطقتين غير جيدة وغير صالحة للاستهلاك الآدمي أو الزراعي حيث تصل الملوحة إلى 2000 – 3000 جزء فى المليون فيما عدا بعض المناطق بالصحراء الشرقية والغربية من خط السكة الحديد من قنا إلى سفاجا فتقل الأملاح الذائبة إلى 400 – 800 جزء فى المليون.

وعليه فإنه عند استغلال المياه الجوفية كمصدر لمياه الشرب فإنه يتم اختيار المو اقع المناسبة طبقا للاشتراطات الصحية وكذلك إنشاء وحدات المعالجة المناسبة طبقا لنوعية المياه بالموقع.

3.1. جودة المياه.

تعتبر جودة المياه واحدة من أهم العوامل التى تؤثر على نجاح أو فشل الاستزراع المائي، حيث يؤدى تو افر المستويات المناسبة من صفات المياه إلى تقليل انتشار الأمراض وتقليل الإجهاد الو اقع على الأسماك وبالتالي الحصول على أعلى إنتاجية ممكنة. وتنقسم صفات المياه إلى صفات طبيعية وصفات كيميائية ويوضح جدول (2-1) صفات المياه القياسية للاستزراع المائي.

جدول (2-1) صفات المياه القياسية للاستزراع السمكي

الخاصية Parameter	الحدود المسموحRecommended Limits
الحموضة Acidity	pH 6 – 9
الأرصين Arsenic	<0.05 mg/L
القلوية Alkalinity	10 – 400 mg/L
الألمونيوم Aluminum	<0.075 mg/L
أمونيا غير متأينة Ammonium (UN-ionized)	<0.02 mg/L
الكادميوم Cadmium	<0.0005mg/L in soft water. <0.005mg/L in hard water
الكالسيوم Calcium	>5 mg/L
ثاني أكسيد الكربون Carbon dioxide	<5 – 10 mg/L
الكلوريد Chloride	>4.0 mg/L
الكلورين Chlorine	<0.003 mg/L
النحاس Copper	<0.0006mg/L in soft water <0.03 mg/L in hard water
التشبع بالغازات Gas supersaturation	<110% total gas pressure
كبريتيد الهيدروجين Hydrogen sulfide	<0.003 mg/L
الحديد Iron	<0.01 mg/L
الرصاص Lead	<0.02 mg/L
الزئبق Mercury	<0.02 mg/L
النترات Nitrate	<3.0 mg/L
النيتريت Nitrite	<0.1 mg/L
الأكسجين الذائب Dissolved Oxygen	5 mg/L, cold-water fish 3 mg/L, warm-water fish
السلينيوم Selenium	<0.01 mg/L
الأملاح الذائبة الكلية Total Dissolved Solids	<200 mg/L
الأملاح العائمة الكلية Total Suspended Solids	<80 mg/L
العكارة Turbidity	<20 NTU over ambient level
الزنك Zinc	<0.005 mg/L

1.3.1. الصفات الطبيعية Physical Variables

يتميز الماء بأن له قدرة كبيرة على الاحتفاظ بقدر كبير من الحرارة مع حدوث تغير بسيط نسبياً في درجة حرارة هذا الماء وتساعد قدرة الماء على الاحتفاظ بالحرارة إلى عدم التأثر بشدة التغيرات التي تحدث في درجة حرارة الجو. وكلما زادت كمية الماء كلما قلت سرعة التغير فى درجات الحرارة ولذلك نلاحظ ان معدل التغير فى درجة الحرارة فى مياه المزارع السمكية الضحلة يكون كبيراً مقارنة بمياه البحيرات والأنهار. وتتأثر درجة حرارة الماء الذى تعيش فيه الأسماك تأثراً كبيراً بدرجة حرارة الهواء الجوي ونظراً لتغير درجة حرارة الهواء من موسم لآخر ومن منطقة لأخرى لذلك فإن درجة حرارة الماء تتغير تبعاً لدرجة حرارة الهواء من موسم لآخر ومن شهر لآخر في الموسم الواحد.

وتعتبر درجة الحرارة ودرجة نفاذ الضوء خلال الماء من أهم الخصائص الطبيعية للماء على الإطلاق وبالتالي فإن أهم ما يؤثر على الصفات الطبيعية للمياه هي الظروف الجوية والمناخ. وتؤثر درجة الحرارة ودرجة نفاذ الضوء خلال الماء بشدة على كثير من متغيرات المياه الأخرى وعلى التفاعلات التي تتم بين عناصر البيئة المائية المختلفة. ولذلك يجب على المزارع أن يكون على دراية تامه بالتغيرات الجوية في المنطقة التي تقع فيها مزرعته السمكية وأن تكون لديه الخبرة الكافية بحيث يتوقع ما قد يحدث من تغيرات جوية فى المواسم المختلفة مثل الانخفاض الشديد فى درجة الحرارة أثناء شهور فصل الشتاء وكذلك الارتفاع الشديد في درجة الحرارة أثناء شهور فصل الصيف وكذلك الفترات التي يحدث فيها هبوب الرياح سواء الرياح الباردة أو الساخنة وكذلك مواسم هطول الأمطار لكى يستعد المزارع بالاحتياطات اللازمة لأى من تلك التغيرات الجوية مثل تعويض الفاقد في المياه نتيجة البخر عند ارتفاع درجات الحرارة أثناء الصيف أو وقف عمليات التغذية والتسميد في الأيام الغير مشمسة والغائمة حيث يقل معدل حدوث عمليات البناء الضوئي التي تتم بواسطة الكائنات النباتية الموجودة في مياه المزارع المائية وبالتالي انخفاض كمية الأكسجين الناتجة من عمليات البناء الضوئي.

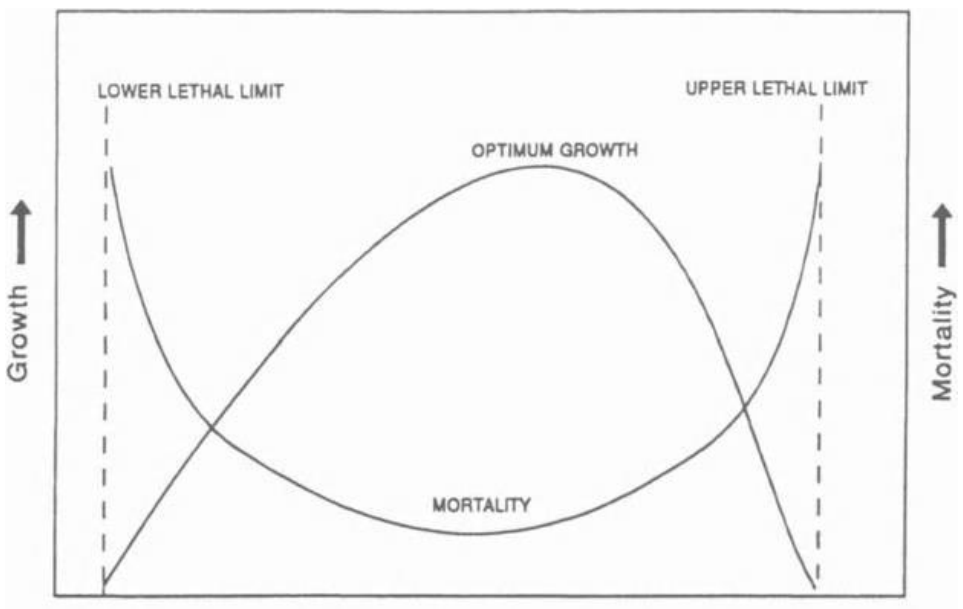
أ- درجة الحرارة Temperature

تعتبر درجة الحرارة من أهم العوامل التى تؤثر على الاستزراع المائي، ولذلك تعتبر واحدة من العوامل المبدئية التى تؤثر على العائد الاقتصادي للنظم التجارية فى الاستزراع المائي. فعلى سبيل المثال، فى نظم الاستزراع السمكي المفتوح لابد من اختيار أنواع الأسماك لدرجة الحرارة السائدة فى المنطقة التى تقع فيها المزرعة السمكية وذلك للحصول على أعلى معدلات لنمو الأسماك، ويرجع ذلك إلى إن الأسماك من ذوات الدم البارد التى تتأثر درجة حرارة جسمها بدرجة حرارة الوسط التى تعيش فيه حيث تتأثر

جميع العمليات الحيوية والفسيولوجية للأسماك وكذلك التغذية والهضم والاستفادة من الغذاء والتكاثر كل هذه الأنشطة تتأثر تأثرا شديدا بدرجة حرارة الماء الذي تعيش فيه الأسماك. وتؤثر درجة الحرارة على مستويات الأكسجين الذائب فى المياه حيث يقل ذوبان الأكسجين فى المياه بارتفاع درجة الحرارة (Meade, 1989 and Tucker and Robinson, 1990). فلكل نوع من الأحياء المائية درجة حرارة مثلي تكون عندها معدلات النمو أعلى ما يمكن ويؤدى ارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة عن هذه الدرجة المثلي إلى نمو الأسماك بشكل غير طبيعي وقد يؤدى الاستمرار فى الارتفاع أو الانخفاض الكبير فى درجة حرارة الماء الذي تعيش فيه الأسماك إلى إجهاد وموت الأسماك ويتوقف ذلك على مدى قدرة الأسماك على التحمل الحراري.

ويوضح شكل (2-1) درجة الحرارة المثلى التى يعطى عندها اعلى معدلات نمو للأسماك و ايضا تأثير درجة الحرارة بالانخفاض او الارتفاع على النمو. ويوضح جدول (2-2) درجة الحرارة المثلى للأنواع المختلفة من الاسماك. وبصفة عامة تقسم الاسماك الى ثلاث اقسام من حيث درجات الحرارة الملائمة لحياة ونمو الاسماك:

- اسماك المياه الباردة: ودرجة الحرارة المثلى لهذه الاسماك تتراوح ما بين 12 -18°م ويتبع هذا القسم اسماك السالمون.
- اسماك المياه المعتدلة الحرارة: ودرجة الحرارة المثلى لهذه الاسماك تتراوح ما بين 18 – 24°م مثل اسماك البياض.
- اسماك المياه الحارة: ودرجة الحرارة المثلى لهذه الاسماك تتراوح ما بين 24 – 32°م مثل اسماك البلطي والقرموط.



شكل (2-1) العلاقة بين معدل نمو الاسماك ودرجة الحرارة (Meade, 1989)

والأسماك عموما قليلة التحمل للتغيرات المفاجئة فى درجات الحرارة حيث وجد ان نقل الاسماك من مياه ذات درجة حرارة مرتفعة الى مياه ذات درجة حرارة منخفضة يؤدى الى اجهاد وقد يؤدى الى موت الاسماك، حتى لو كان الفرق فى درجة الحرارة 5°م. وتستطيع الاسماك ام تتحمل التغير التدريجي لدرجات الحرارة فيمكن ان تزيد من 25 الى 32°م تدريجيا دون ان يحدث أي اجهاد يذكر للأسماك اما إذا تم نقل الاسماك فجأة من درجة حرارة 25 الى 32°م فيؤدى ذلك الى موت اعداد كبيرة من الاسماك.

كما سبق ان ذكرنا ان الاسماك من ذوات الدم البارد لذلك فان درجة حرارة اجسامها تتغير بتغير درجة حرارة الماء، وبذلك تظل درجة حرارة الدم مماثلة تقريبا لدرجة حرارة الماء وبهذا لا تحتاج الاسماك لبذل طاقة للمحافظة على ثبات درجة حرارة جسمها كما يحدث فى ذوات الدم الحارولذلك فانه من الخطأ استخدام مياه استزراع تتذبذب فيها درجة حرارة الماء بشكل مستمر لان ذلك سيؤدى الى جعل الاسماك تحاول ضبط درجات حرارة جسمها مع درجة حرارة الماء وهذا يسبب اجهاد لهذه الاسماك كما يؤدى ذلك الى اصابة الاسماك بالأمراض ونقص معدلات نموها.

جدول (2-2) درجة الحرارة المثلي للأنواع المختلفة من الأسماك

الاسم الشائع	درجة الحرارة المثلى (درجة مئوية)
البلطي النيلي والموزمبيقي	30-25
المبروك العادي	32-28
سمك القرموط	28-24
سمك البوري	24-20
سمك موسى	23-20
سمك الثعبان	28-20
السمك الذهبي	30-24
سمك التروت	21-13
سالمون الأطلسي	18-14

والأسماك عموما قليلة التحمل للتغيرات المفاجئة فى درجات الحرارة حيث وجد ان نقل الاسماك من مياه ذات درجة حرارة مرتفعة الى مياه ذات درجة حرارة منخفضة يؤدى الى اجهاد وقد يؤدى الى موت الاسماك، حتى لو كان الفرق فى درجة الحرارة 5°م. وتستطيع الاسماك ان تتحمل التغير التدريجي لدرجات الحرارة فيمكن ان تزيد من 25 الى 32°م تدريجيا دون ان يحدث أي اجهاد يذكر للأسماك اما إذا تم نقل الاسماك فجأة من درجة حرارة 25 الى 32°م فيؤدى ذلك الى موت اعداد كبيرة من الاسماك.

درجة الحرارة والتقسيم الطبقي الحراري Temperature and thermal stratification

كما سبق ان ذكرنا ان الاسماك من ذوات الدم البارد لذلك فان درجة حرارة اجسامها تتغير بتغير درجة حرارة الماء، وبذلك تظل درجة حرارة الدم مماثلة تقريبا لدرجة حرارة الماء وبهذا لا تحتاج الاسماك لبذل طاقة للمحافظة على ثبات درجة حرارة جسمها كما يحدث فى ذوات الدم الحار ولذلك فانه من الخطأ استخدام مياه استزراع تتذبذب فيها درجة حرارة الماء بشكل مستمر لان ذلك سيؤدى الى جعل الاسماك تحاول ضبط درجات حرارة جسمها مع درجة حرارة الماء وهذا يسبب اجهاد لهذه الاسماك كما يؤدى ذلك الى اصابة الاسماك بالأمراض ونقص معدلات نموها.

تستطيع الطبقة السطحية للماء امتصاص الطاقة الشمسية ثم تنقل هذه الطاقة من الطبقة السطحية الى الطبقات العميقة ويتوقف معدل الانتقال على سرعة الرياح والتى تلعب دورا كبيرا فى اختلاط طبقات الماء ببعضها والعمل على تجانس درجة الحرارة فى طبقات الماء المختلفة وتؤثر درجة حرارة الماء على كثافة الماء حيث ان ارتفاع درجة حرارة الماء تؤدى الى انخفاض الكثافة مما يؤدى الى تقسيم عمود الماء الى طبقات تختلف فى درجة حرارتها وكثافتها حيث يكون الماء فى الطبقات السطحية اقل كثافة واعلى فى درجة الحرارة مقارنة بالماء الموجود فى الطبقات العميقة.

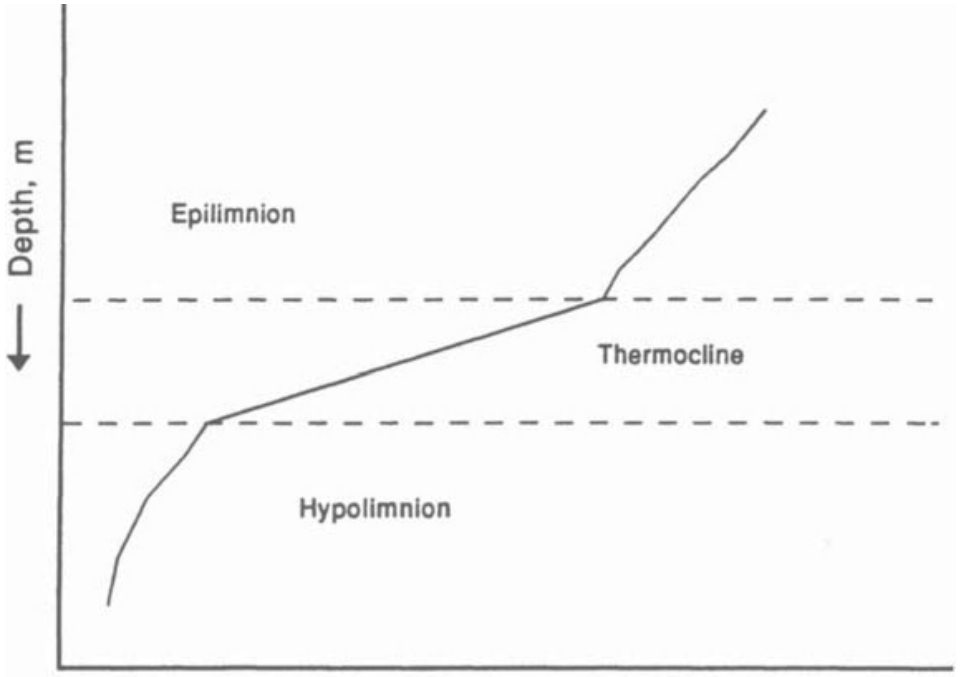
وانفصال مياه الحوض الى طبقات ساخنة وباردة يسمى بالطبقات الحرارية **Thermal Stratification** فالطبقة العليا وهي الطبقة الساخنة وتسمى **epilimnion** والطبقة السفلى هي الطبقة الباردة وتسمى **hypolimnion** والطبقة السريعة التأثر بدرجة الحرارة هي الطبقة الواقعة بين الطبقتين السابقتين والتى تعرف باسم **thermocline** ويوضح شكل (2-2) التقسيم الحراري للمياه فى أحواض الأسماك.

وفى المناطق المعتدلة قد تأخذ المياه نظام الطبقات السابقة خلال موسم الربيع ويستمر حتى فصل الخريف وذلك فى المياه العميقة. اما بالنسبة للمياه الضحلة نجد ان الطبقات السابقة تتغير يوميا فأثناء النهار يكون سطح الماء ساخن اما اثناء الليل فان طبقة

المياه السطحية تكون باردة مثلها مثل الطبقتين الوسطى والسفلى وتختلف هذه الطبقات مع بعضها (Romaire, 1985)

التقسم الطبقي الحراري فى احواض المزارع السمكية الصغيرة يكون غير ثابت وغير واضح مقارنة بالأحواض الكبيرة فعلى سبيل المثال الاحواض التى تصل مساحتها الى 0.04 هكتار بمتوسط عمق 1 متر يمكن تقسيمها حراريا خلال ساعات النهار فى الشهور الدافئة فقط. بينما يختفي هذا التقسم اثناء الليل حيث ان الطبقات الاعلى من الماء تفقد الحرارة بالتوصيل وتصبح باردة. بينما فى الاحواض الاكبر والاعمق 0.5 هكتار او أكثر بمتوسط عمق 1.5-2.0 متر يمكن ان تظل مقسمه اثناء الشهور الدافئة، ولكن تقلبات الظروف البيئية قد تؤدى الى اختفاء هذه الطبقات فمثلا الرياح القوية يمكن ان تحدث تقليبا تاما للماء وسقوط الامطار بغزارة على السطح يتسبب فى تقليب وهدم الطبقات.

مما سبق يمكن ان نستخلص ان درجة حرارة الماء تزداد كلما قل عمق الحوض السمكي ولذلك تتضح خطورة ترك الاسماك فى مياه ضحلة فى الاوقات الحارة ولذلك فان المحافظة على عمق كاف لمياه الحوض يساعد على تلافى تقلبات درجات حرارة مياه الحوض. وفى المناطق الباردة نجد ان درجة حرارة الطبقة السطحية من الماء تكون اقل من درجة حرارة الطبقات الاكثر عمقا ولذلك فعند استخدام الاقفاص السمكية العميقة التى تساعد على هروب اسماك البلطي من طبقات الماء السطحية ذات درجة الحرارة المنخفضة الى المياه العميقة ذات درجات الحرارة الاعلى نسبيا وبالتالي تستطيع الاسماك ان تجتاز الفترات التى تنخفض فيها درجة الحرارة فى فصل الشتاء.



شكل (2-2) التقسيم الحرارى لمياه احواض الاستزراع السمكي

ب- الملوحة Salinity

تعبر الملوحة عن التركيز الكلى لكل الايونات الذائبة فى المياه الطبيعية معبرا عنها بالجرام لكل لتر ($g\ L^{-1}$) فى نظام الوحدات الدولية ويعبر عنها بالجزء فى الالف (ppt)فى نظام الوحدات الإنجليزي. وتعتبر الايونات الذائبة الرئيسية هي الصوديوم (Na) والكلور (Cl) والماغنيسيوم (Mg) والكالسيوم (Ca) والبوتاسيوم (K) والكبريتات (SO_4) والبيكربونات (HCO_3) كما ذكر (Romaire, 1985).

وتتراوح درجة ملوحة المياه ما بين اقل من 0.21 جزء فى الالف للمياه العذبة الى 30-40 جزء فى الالف لمياه البحر، والماء الشروب يأخذ قيما متوسطة بين المياه العذبة ومياه البحر (McLarney, 1984 and Eoyd, 1990).

ويمكن حساب درجة الملوحة عن طريق التركيز الكلى للكلورينات كما ذكر (Ross, 1970) كما فى المعادلة الاتية:

$$S = 1.8066\ (Cl)$$

حيث ان

S = الملوحة (جم/لتر)

Cl = ايونات الكلورينات (جم/لتر)

ويمكن تقسيم المياه على حسب نسبة الملوحة بها الى:

1- الماء العذب: وتقل نسبة الملوحة فيه عن 0.21 جزء فى الالف وتسمى الاسماك التى تعيش فى هذه المياه بأسماك المياه العذبة ومنها البلطي، والمبروك والقرموط والبياض.
2- الماء الشروب: وتتراوح فيه درجة الملوحة ما بين 3 الى 7 جزء فى الالف وتستطيع العديد من انواع الاسماك ان تعيش فى هذه المياه. كما ان هناك انواع من الاسماك تستطيع ان تتأقلم للمعيشة فى المياه العذبة والمالحة مثل البلطي والبوري والسالمون وثعبان السمك.
3- الماء المالح: وتتراوح فيه درجة الملوحة ما بين 30 الى 40 جزء فى الالف وتعيش فيه اسماك المياه المالحة مثل اسماك الدنيس والقاروص والوقاروالمرجان والتونة.

هذا ولقد وجد ان هناك فروقا مهمة بين كل من الماء العذب والماء الشروب والذي يستخدم للاستزراع السمكي والتى يجب ان تأخذ فى الاعتبار عند ادارة مياه المزارع السمكية قبل اجراء أي معاملات لتلك المياه. وأهم هذه الفروق ما يلى:

1. ذوبان الغازات في الماء: لقد وجد أن زيادة تركيز الأملاح فى الماء يؤدى إلى انخفاض درجة ذوبان الغازات فيه ويرجع ذلك إلى أن جزء كبير من الماء يكون مرتبطاً بالأيونات ولذلك يصعب ارتباط الغازات بجزيئات الماء المحتوى على تركيزات عالية من الأملاح ولقد وجد أن تركيز الأكسجين فى الماء العذب عند مستوى سطح البحر 8.24 مجم/لتر عند درجة حرارة 25°م ولكن فى الماء الشروب وجد أن تركيز الأكسجين 7.36 مجم تحت نفس الظروف ويرجع ذلك إلى زيادة تركيز الأملاح فى الماء الشروب عن الماء العذب.
2. عمليات الترسيب: تترسب الحبيبات العالقة فى الماء الشروب بمعدل أسرع منها فى المياه العذبة وذلك راجع للتركيز العالي للأيونات في الماء الشروب.
3. التأثير على نشاط المركبات الكيميائية: لكى تحدث مادة ما تأثيرها فى الماء الشروب فهي تحتاج إلى تركيز أعلى لكى تحدث نفس التأثير فى الماء العذب.
4. سمية العناصر المعدنية الثقيلة: لقد وجد أن أيونات المعادن الثقيلة أقل سمية فى الماء الشروب عنها فى الماء العذب ويرجع ذلك إلى تفضيل هذه الأيونات للارتباط مع الأكاسيد والهيدروكسيد في الماء الشروب عنها فى الماء العذب.
5. إضافة الجير: يتميز الماء الشروب غالباً بأن له قلوية أو درجة عسر أعلى من المياه العذبة ولذلك فإن الماء الشروب نادراً ما يحتاج إلى معاملته بالجير.
6. درجة تركيز أيون الأيدروجين: نادراً ما يحدث انخفاض فى درجة تركيز أيون الأيدروجين (pH) للماء الشروب وذلك لاحتوائها على قلوية عالية بعكس المياه العذبة التي يتذبذب فيها تركيز ايونات الأيدروجين.
7. التسميد: لا تنمو الطحالب الخضراء المزرقة (التي تقوم بتثبيت النيتروجين فى الماء) جيداً في الماء الشروب ولذلك يحتاج الماء الشروب إلى التسميد النيتروجيني. أما التسميد الفوسفوري فإنه لا يختلف تقريباً بين نوعي المياه.

8. كبريتيد الأيدروجين: نظراً لاحتواء الماء الشروب على تركيز عالي من الكبريتات، فإن كبريتيد الأيدروجين قد ينتج فى الظروف اللاهو ائية للتربة أكثر منه فى المياه العذبة.
9. تجمعات البلانكتون النباتي: في المياه الشروب ذات الملوحة التى تزيد عن10- 15 جم/لتر تكون الأنواع السائدة من البلانكتون النباتي هى الدياتومات والطحالب الخضراء ونادراً ما تظهر الطحالب الخضراء المزرقة. أما الماء العذب غالباً ما يحدث بها نمواً وفيراً من هذه الطحالب الخضراء المزرقة.
10. استهلاك الأدوات المعدنية: وجد أن معدل تآكل الأجسام المعدنية يحدث في المياه المالحة بمعدل أسرع مقارنة بالمياه العذبة ولذلك يجب الاحتياط عند استخدام المعدات مثل ماكينات الماء والهو ايات.

والأسماك عموما حساسة للتغير فى المفاجئ للملوحة، فنقل الاسماك من مياه ذات ملوحة منخفضة الى مياه ذات ملوحة مرتفعة يؤدى الى حدوث اضرار جسيمة لها وقد يؤدى الى موتها وزريعة الاسماك وكذلك الاصبعيات سريعة التأثر بالملوحة مقارنة بالأسماك الكبيرة. ولكن يجب ملاحظة ان الملوحة مثل عناصر الماء الاخرى حيث تتباين انواع الاسماك فى تحملها والمعيشة فيها، وهناك انواع من الاسماك يجهدها التغير الطفيف فى الملوحة بينما هناك انواع اخرى تنتقل من ملوحة الى ملوحة اخرى دون حدوث اجهاد يذكر. فأنواع الاسماك التى تتحمل مدى واسع من الملوحة تعيش فى المياه العذبة ومياه البحر بدون حدوث أي اجهاد مثل اسماك البوري واسماك الثعابين اما الكابوريا وجمبري المياه المالحة فإنها تستطيع ان تتحمل الملوحة التى تتراوح بين 10 – 40 جزء فى الالف وتهاجر من الماء العذب الى مياه البحر اثناء التكاثر.

ولقد وجد ان تربية اسماك العائلة البورية فى مياه درجة الملوحة بها 90 جزء فى الالف ادى الى ضعف نموها بالرغم من ان معدلات الحيوية كانت طبيعية ويرجع ذلك بالطبع الى استهلاك الاسماك لجزء كبير من الطاقة فى التنظيم الأسموزي فى هذه البيئة المائية عالية الملوحة بدلا من استخدامها فى النمو.

وتختلف انواع الاسماك فى تحملها للملوحة حيث يتوقف ذلك على الطبيعة الفسيولوجية لكل نوع ويوضح جدول (2-3) تحمل انواع الاسماك المختلفة للملوحة.

جدول (2-3) : تحمل الانواع المختلفة من الاسماك للملوحة

النوع	درجة الملوحة (جزء فى الالف)
البلطي النيلي	24.0
البلطي الاوريا	18.0
البلطي الموزمبيقي	30.0
البلطي الزيللى	43.5
البلطي الاحمر	18.0
المبروك العادي	09.0
المبروك الفضي	08.0
مبروك الحشائش	12.0
القرموط	11.0
البوري	14.5

قياس درجة ملوحة الماء:

ومن الناحية العملية لا نستطيع قياس تركيز جميع الأيونات الموجودة في الماء ويمكن قياس ملوحة الماء باستخدام أي من الطرق الاتية:

1- **جهاز قياس الملوحة أو Salinometer وهو مزود بالكترود خاص (شكل 1-3).**
2- **جهاز قياس انكسار الضوء الرفراكتوميتر Refractometer.**
3- **تقدير الملوحة عن طريق قياس درجة التوصيل الكهربي للماء والكثافة ثم تحسب درجة الملوحة باستخدام جداول خاصة (وهذه الطريقة مناسبة للماء الشروب والمياه المالحة).**

شكل (1- 3): جهاز قياس الملوحة والتوصيل الكهربي

ج- **شفافية وعكارة الماء** Transparency and Turbidity

العكارة اصطلاح يطلق على احتواء الماء على المواد الصلبة العالقة بالماء وهى عباره عن البلانكتون (الهائمات النباتية والحيو انية) وفضلات الغذاء الذى لم يؤكل أو حبيبات الطين العالقة فى الماء. ويؤدى وجود هذه العناصر فى الماء إلى عكارة الماء كما تعتبر العكارة هى المسئولة عن لون المياه. وترسب الحبيبات كبيرة الحجم من هذه المواد العالقة مع الوقت إلى قاع الحوض وبصفة خاصة فى حالة عدم وجود تيارات مائية. كما تعبر الشفافية عن مدى اختراق الضوء للماء وبصفة عامة تختلف شفافية المياه الطبيعية بشكل كبير وإن كانت هناك العديد من العوامل إلى تؤثر فى الشفافية منها ما هو مرتبط بالضوء نفسه مثل شدة الإضاءة وزاوية الاختراق والطول الموجي للأشعة، ومنها ما هو متعلق بالبيئة المائية مثل تركيز المواد العالقة سواء كانت جزيئات التربة أو المواد الغروية والمواد العضوية أو الهائمات النباتية أو الهائمات الحيو انية.

مصادر العكارة

أ- العكارة الناتجة عن البلانكتون (الهائمات النباتية والحيو انية)

تعتبر هذه العكارة مرغوبه من حيث ان البلانكتون النباتي يعتبر مصدرا اساسيا للأكسجين فى الماء والذى ينطلق اثناء عملية البناء الضوئي التى يقوم بها البلانكتون النباتي اثناء ساعات النهار كما يستهلك غاز ثاني اكسيد الكربون الناتج من تنفس الاسماك فى هذه العملية وكذلك يستغل الامونيا الناتجة عن الاسماك والبلانكتون النباتي يعتبر مصدرا طبيعيا لغذاء الاسماك كما يعتبر مادة غذائية للبلانكتون الحيو اني. والبلانكتون الحيو اني يمثل عنصرا غذائيا هاما ليرقات حديثة الفقس وكذلك الاصبعيات، ولكن وجود كميات كبيرة من البلانكتون النباتي والطحالب (ازدهار مفاجئ) يؤدى ذلك الى نفوق عدد كبير من الاسماك المربأة فى هذه الاحواض اذا لم يتو افر مصدرا اضافيا للتهوية.

ب- عكارة الطين:

تعتبر مصدر المشاكل التي تسببها عكارة الماء التي تحدث في الحوض وتنتج هذه العكارة عن حبيبات الطين التي تثار بواسطة حركة الأسماك فى الحوض خاصة تلك التي تتغذى على الكائنات القاعية أو بسبب تيارات الماء التي تثير القاع. وتؤثر العكارة الناتجة عن حبيبات الطين على درجة نفاذية الضوء خلال طبقات الماء وبالتالي فإنها تؤثر على عملية البناء الضوئي وبالتالي تحد من نمو النباتات

المائية (الفيتوبلانكتون). كما أن ترسيب حبيبات الطين على قاع الحوض يؤدى إلى اختناق البيض كما يضر بالتجمعات المفيدة من الكائنات القاعية مثل البكتريا. كما أن وجود حبيبات الطمى والطين معلق فى الماء يؤدى إلى انسداد خياشيم الأسماك وتهتكها والتهاب الخيوط الخيشومية.

وهناك بعض الأسماك التي تزيد من عكارة الماء أثناء التغذية مثل سمك المبروك و أثناء التكاثر كما في أسماك البلطي حيث يعمل المبروك العادي على تقليب تربة قاع الحوض أثناء بحثه عن الغذاء ويؤدى ذلك إلى زيادة عكارة الماء أما البلطي فإنه يحفر أعشاش مستديرة فوق القاع لوضع البيض أثناء التكاثر. ومعظم أنواع الأسماك تستطيع ان تتحمل العكارة العالية أما الأسماك التي تعتمد على الرؤية فى البحث عن الغذاء فإن كفاءتها فى التغذية تنخفض مع زيادة العكارة وبالتالي ينخفض معدل نموها.

ويمكن التخلص من حبيبات الطين العالقة باستخدام مواد تعمل على الارتباط بالشحنات السالبة الموجودة على تلك الحبيبات مما يؤدى إلى زيادة حجم هذه الحبيبات وبالتالي تترسب في قاع الحوض بسهولة ومن هذه المواد الجبس الزراعي والتبن حيث يستخدم الجبس بمعدل 150-250 كجم/فدان ويمكن تكرار استخدام الجبس الزراعي بعد أسبوعين إذا لم تعطى المعاملة الأولى نتيجة مقبولة أما التبن فيستخدم بمعدل 7-10 باله للفدان.

وتعبر شفافية الماء عن مدى اختراق الضوء للماء وبصفة عامة تتباين نفاذية المياه الطبيعية بشكل كبير وإن كانت هناك العديد من العوامل التي تؤثر فى الشفافية منها ما هو متعلق بالضوء نفسه، مثل شدة الإضاءة وزاوية اختراق الضوء للماء والطول الموجي للأشعة الضوئية ومنها ما هو متعلق بالبيئة المائية مثل تركيز المواد العالقة سواء كانت جزيئات التربة أو غرويات وكذلك الفيتوبلانكتون والزوبلانكتون.

ت- مخلفات الاسماك

تعتبر مخلفات الاسماك العالقة فى الماء من العناصر الهامة جدا فى نظام اعادة تدوير المياه والتى تتم فيها معالجة المياه واعادة استخدامها حيث ان وجود هذه الفضلات فى الماء يؤدى الى انخفاض فى درجة جودة المياه حيث انها تحتوى على حوالى 70% من النيتروجين الموجود فى مياه الحوض. وتتسبب هذه المخلفات فى احداث اضرار لخياشيم الاسماك كما انها تسبب فى العديد من المشاكل للمرشح

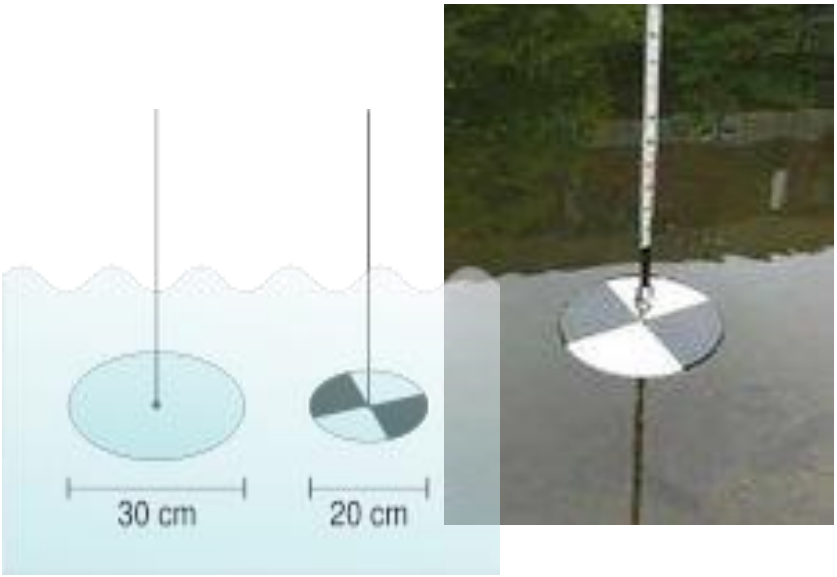
الحيوي حيث تسد هذه المخلفات المرشح مما يؤدى الى موت البكتريا بسبب نقص الاكسجين كما تسبب هذه المخلفات فى نمو البكتريا المنتجة للأمونيا بدلا من تلك التى تتخلص منها.

يتم قياس الشفافية باستخدام أجهزه خاصة بذلك حيث تقوم هذه الأجهزة بقياس كمية امتصاص الضوء المار خلال عينة من ماء الحوض السمكي وبذلك يتم قياس درجة الشفافية بدقة (شكل 1-4). ومن الطرق الشائعة والبسيطة لقياس الشفافية هو استخدام قرص الشفافية (قرص سكى Secchi disc) وهو عبارة عن قرص مستدير يصل قطره إلى 30 سم مقسم إلى أقسام متساوية ذات لون أسود و أبيض بالتبادل (شكل 1-5) ويتصل من منتصفه بحبل أو قائم خشبي أو معدني وهذا القائم مقسم ومدرج إلى سنتيمترات من أسفل إلى أعلى (شكل 1-6) وعند استخدام هذا القرص يتم إنزاله فى الماء حتى يختفى القرص عن النظر ولا يمكن تمييز الأجزاء السوداء عن البيضاء وتعبر قراءة العمق عند نقطة الاختفاء عن النظر عن الشفافية. وللاستفادة من قراءة قرص الشفافية ومقارنتها من حوض لآخر، فقد لزم توحيد أسلوب القياس وعموماً فإنه ينصح بأن يستخدم قرص الشفافية فى الأيام ساكنة الرياح وفى أثناء ساعات النهار، وأن تكون الشمس خلف الشخص القائم بعملية القياس. وكما سبق أن ذكرنا أن هناك فرقاً كبيراً بين العكارة الناشئة عن البلانكتون وبين تلك الناشئة عن حبيبات التربة، وإن كانت جميعها تؤثر بنفس الدرجة على قراءة قرص الشفافية، ويمكن للمربى الخبير أن يعزى تلك العكارة لحد ما إلى مسبباتها الحقيقية.

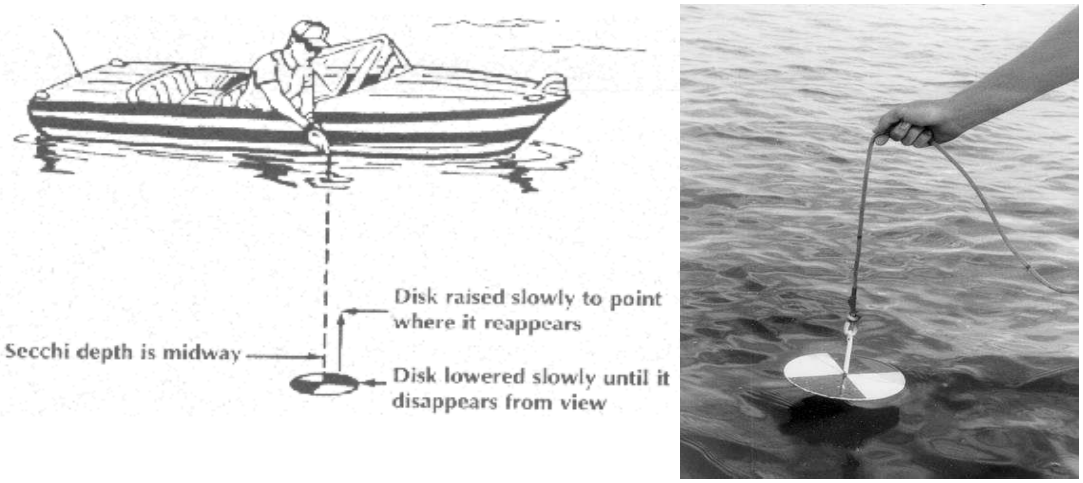
وتتأثر عمليات تسميد الأحواض السمكية وكذلك التهوية الصناعية بقراءة قرص الشفافية، فإذا انخفضت القراءة إلى مستويات قليلة (10 سم مثلاً) مع زيادة كثافة اللون الأخضر للماء فإن ذلك يدل على الزيادة الكبيرة لنمو الفيتوبلانكتون (الهائمات النباتية) ومعنى ذلك زيادة تنفس هذه الهائمات أثناء ساعات الليل والذى قد يؤدى إلى استهلاك الأكسجين الذائب فى مياه الحوض السمكي وبالتالي نفوق الأسماك ولذلك يلزم اتخاذ عدد من الإجراءات لمنع حدوث ذلك حيث يتم تغيير مياه الحوض جزئياً أو كلياً ، و إيقاف عمليات التسميد واستخدام أجهزة التهوية المتاحة إذا كانت هناك ضرورة لذلك. وتعتبر قراءة قرص الشفافية من 25-50 سم مدى مناسب وإذا زادت قراءة قرص الشفافية عن 50 سم فمعنى ذلك أن مياه الحوض السمكي فقيره فى محتواها من الغذاء الطبيعي (البلانكتون النباتي والحيواني) ويستلزم ذلك تسميد الحوض سواء بالأسمدة الكيميائية أو الأسمدة العضوية أو الأثنين معاً لزيادة لتوفير قدر معين من الغذاء الطبيعي للأسماك فى الحوض. هذا ويستدل

على مدى خصوبة الأحواض واحتياجاتها إلى التسميد الدوري وذلك بقياس قرص الشفافية أو باستخدام ذراع اليد وذلك بغمسها فى الماء حتى انعدام رؤية الكف.

شكل (1-4): جهاز قياس عكارة الماء



شكل (1-5): قرص الشفافية (قرص سيكى)



شكل (1-6): قياس عكارة الماء باستخدام قرص الشفافية (قرص سكى).

د- **اللون** Color

يجب ان تكون المياه الموجودة فى أحواض المزارع السمكية خالية من التلوث ويجب ان تكون ذات رائحة مقبولة حيث ان تلوث الماء يمكن ان يؤدى الى إكساب الماء روائح كريهة تجعله غير صالح لنمو وتربية الأسماك. ولون المياه فى أحواض المزارع السمكية يشير الى خصوبة الحوض ووفرة الغذاء الطبيعي به حيث يدل اللون البنى لمياه الحوض ان مياه هذا الحوض مياه حمضية وفقيرة فى محتواها من الغذاء الطبيعي وبالتالي فان إنتاجية الأسماك من هذه الأحواض لابد وان تكون ضعيفة اما لون الحوض المائل للاخضرار فهو يدل على ان هذا الحوض غنى بالغذاء الطبيعي ويتوقع ان تكون إنتاجية الأسماك به مرتفعة وخاصة عندما يستمر هذا اللون الأخضر الغنى بالغذاء الطبيعي طوال موسم النمو من بداية فصل الربيع وحتى الخريف.

ويمكن تقسيم المياه على حسب لونها الى: -

1- مياه رائقة: وهذه تكون فقيرة فى قيمتها الغذائية.
2- مياه لونها بنى: وهي تكون مياه حمضية وفقيرة فى قيمتها الغذائية.
3- مياه لونها اخضر: وهذه تكون غنية فى قيمتها الغذائية.
4- مياه عكرة: وهذه تكون فقيرة فى قيمتها الغذائية ونسبة المواد العالقة بها (العكارة) تكون عالية.

هـ- **ضغط الغاز الكلى** Total Gas Pressure

يعرف ضغط الغاز الكلى (TGP) بانه عبارة عن مجموع الضغوط الجزئية لجميع الغازات الذائبة فى المياه. والفرق بين ضغط الغاز الكلى (TGP) والضغط البارومترى (BP) يسمى التغير فى الضغط ΔP عند التعادل، وضغط الغار الكلى يساوى الضغط البارومترى عندما يكون التغير فى الضغط يساوى صفر ($\Delta P = 0$). وإذا كلن ضغط الغاز الكلى أكبر من الضغط البارومترى فان التغير فى الضغط أكبر من الصفر ($\Delta P > 0$) وعندما يكون الضغط الكلى اقل من الضغط البارومترى فان التغير فى الضغط يكون اقل من الصفر ($\Delta P < 0$) . وضغط الغاز الكلى يمكن الحصول عليه من العلاقة الاتية:

$$\%TGP = \frac{(BP + \Delta P)}{BP} x100$$

على سبيل المثال إذا كان الضغط البارومترى يساوى 760مم زئبق والتغير فى الضغط يساوى 38 مم زئبق، احسب ضغط الغاز الكلى

الحل

$$\%TGP = \frac{(760 + 38)}{760} x100$$
$$= 105\%$$

ويعتبر ضغط الغاز الكلى من العوامل الهامة للمهتمين بالاستزراع السمكي وذلك لمعرفة تشبع الماء بالغاز وحتى لا تصاب الأسماك بمرض gas bubble disease.

1.3.1. الصفات الكيميائية

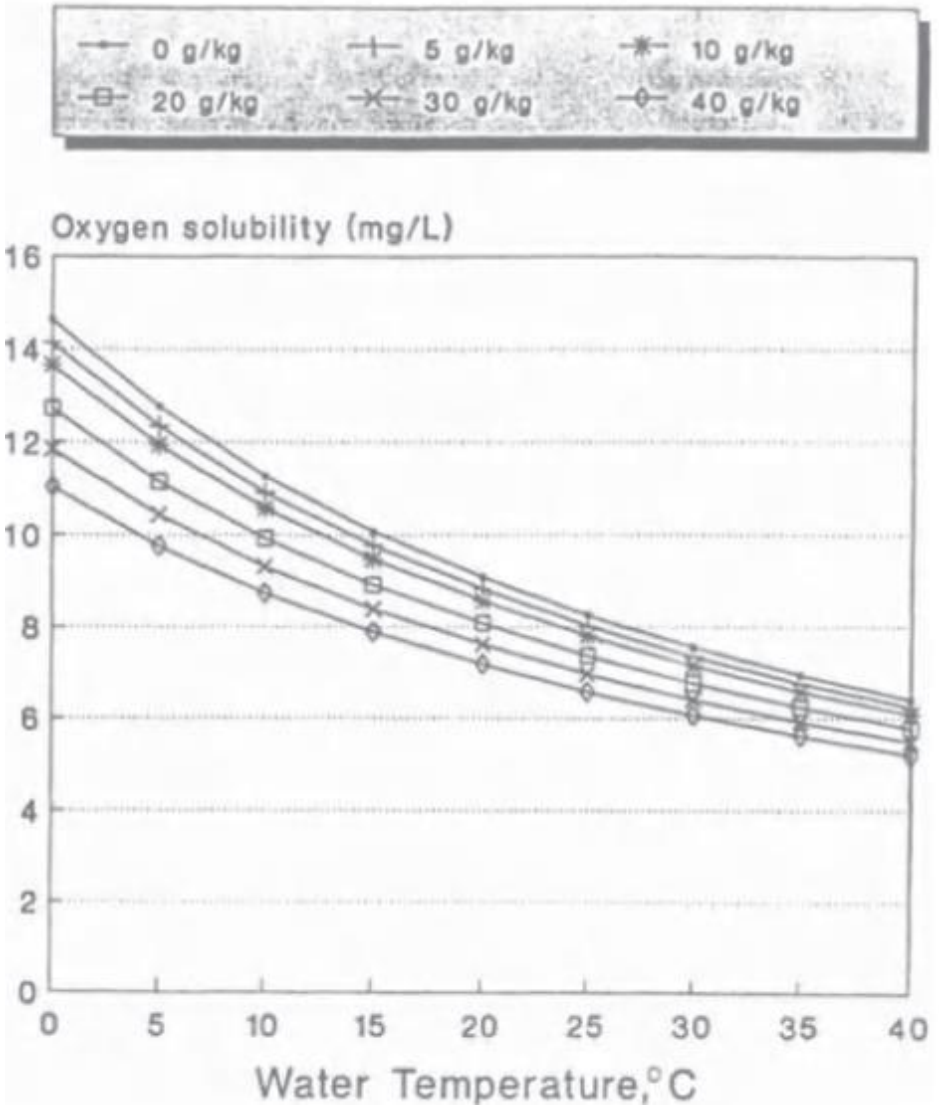
عند سقوط الأمطار فإنها تقوم بعملية غسيل للجو وتحمل حبيبات وذرات من المركبات العالقة بالجو والناتجة من الغبار والغازات التي تنطلق فى الجو سواء بصورة طبيعية أو كنتيجة لبعض الأنشطة الصناعية. وعند اصطدام مياه الأمطار بالأرض "التربة والصخور" فإنها تقوم بتفتيت جزيئات منها وتجرف العديد من العناصر والمعادن معها إلى الوديان والأنهار. وعند جريان مياه الوديان والأنهار فى مناطق تتميز بكثافة الغطاء النباتي بها فإن المياه تتحمل بالمادة العضوية وتظل كل هذه العناصر والمركبات سواء المركبات المعدنية أو العضوية عالقة فى المياه طالما ظلت المياه فى حركة مستمرة أثناء سريانها. ولكن عندما تصل هذه المياه إلى أحواض الاستزراع السمكي فإنها تتوقف عن الحركة ويؤدى ذلك إلى ترسب هذه المواد على قاع الحوض حيث تحدث بعد ذلك تفاعلات بين المياه وتربة قاع الحوض وبين العديد من المواد الذائبة والعالقة. وتتم هذه التفاعلات بصورة مستمرة لأن مكونات النظام البيئي المائي دائماً ما يبقى فى حالة متوازنة. وتعمل معدلات البخر العالية فى

المياه الموجودة فى المناطق الحارة إلى تركيز المواد الذائبة فى الماء. كما أن العمليات الحيوية التى تحدث فى الماء يتم خلالها استخدام بعض العناصر وإطلاق نو اتج التمثيل الغذائي في الماء.

أ- الأكسجين الذائب Dissolved Oxygen

يعتبر الأكسجين الذائب (DO) من أكبر المتغيرات فى صفات المياه حرجا وخطورة فى أحواض المزارع السمكية وترتبط معدلات الإنتاج العالي عادة بمستويات الأكسجين المثلي كما ان نقص الاكسجين يأتي فى مقدمة الأسباب التى تعمل نفوق الأسماك خصوصا فى الاستزراع المكثف. ولتحقيق عمليات الإدارة السليمة للمزرعة السمكية لابد من التعرف مصادر الأكسجين فى مياه الاستزراع السمكي وكذلك احتياجات الأسماك من الأكسجين والعوامل التى تؤثر على إمداد واستهلاك الأكسجين.

ومن مصادر الأكسجين الهامة الهواء الجوي، من المعروف ان الهواء الجوي يحتوي على 21% أكسجين وينتقل الأكسجين من الهواء الجوي الى الماء ويذوب فيه وتتوقف درجة الذوبان على عدة عوامل منها درجة الحرارة وحالة الرياح والضغط الجوي والفرق بين مستوى الأكسجين فى الماء والهواء. وتعتبر درجة الحرارة من العوامل الهامة التى تؤثر على ذوبان الأكسجين فى الماء حيث يزداد ذوبان الأكسجين فى الماء بانخفاض درجة الحرارة حتى يصل الى اعلى قيمة له عند درجة حرارة صفر وينخفض التركيز مع ارتفاع درجة الحرارة ويوضح شكل (2-3) وجدول (2-4) ذوبان الأكسجين فى المياه النقية عند درجات الحرارة المختلفة.



شكل (2-3) ذوبان الأكسجين فى المياه النقية عند درجات الحرارة وتركيزات الملوحة المختلفة

جدول (2-4) ذوبان الأكسجين فى المياه النقية عند درجات الحرارة وتركيزات الملوحة المختلفة عند ضغط جوى 760 مم زئبق

		Salinity (g/L)							
(°C)	(°F)	0	5	10	15	20	25	30	35
0	32.0	14.60	14.11	13.64	13.18	12.74	12.31	11.90	11.50
1	33.8	14.2	13.72	13.27	12.82	12.40	11.98	11.58	11.20
2	35.6	13.81	13.36	12.91	12.49	12.07	11.67	11.29	10.91
3	37.4	13.44	13.00	12.58	12.16	11.76	11.38	11.00	10.64
4	39.2	13.09	12.67	12.25	11.85	11.47	11.09	10.73	10.38
5	41.0	12.76	12.34	11.94	11.56	11.18	10.82	10.47	10.13
6	42.8	12.44	12.04	11.65	11.27	10.91	10.56	10.22	9.89
7	44.6	12.13	11.74	11.36	11.00	10.65	10.31	9.98	9.66
8	46.4	11.83	11.46	11.09	10.74	10.40	10.07	9.75	9.44
9	48.2	11.55	11.18	10.83	10.49	10.16	9.84	9.53	9.23
10	50.0	11.28	10.92	10.58	10.25	9.93	9.62	9.32	9.03
11	51.8	11.02	10.67	10.34	10.02	9.71	9.41	9.12	8.83
12	53.6	10.77	10.43	10.11	9.80	9.50	9.21	8.92	8.65
13	55.4	10.52	10.20	9.89	9.59	9.29	9.01	8.73	8.47
14	57.2	10.29	9.98	9.68	9.38	9.10	8.82	8.56	8.30
15	59.0	10.07	9.77	9.47	9.19	8.91	8.64	8.38	8.13
16	60.8	9.86	9.56	9.28	9.00	8.73	8.47	8.21	7.97
17	62.6	9.65	9.36	9.09	8.82	8.55	8.30	8.05	7.81
18	64.4	9.45	9.17	8.90	8.64	8.39	8.14	7.90	7.66
19	66.2	9.26	8.99	8.73	8.47	8.22	7.98	7.75	7.52
20	68.0	9.08	8.81	8.56	8.31	8.07	7.83	7.60	7.38
21	69.8	8.90	8.64	8.39	8.15	7.91	7.68	7.46	7.25
22	71.6	8.73	8.48	8.23	8.00	7.77	7.54	7.33	7.12
23	73.4	8.56	8.32	8.08	7.85	7.63	7.41	7.20	6.99
24	75.2	8.40	8.16	7.93	7.71	7.49	7.28	7.07	6.87
25	77.0	8.24	8.01	7.79	7.57	7.36	7.15	6.95	6.75
26	78.8	8.09	7.87	7.65	7.44	7.23	7.03	6.83	6.64
27	80.6	7.95	7.73	7.51	7.31	7.10	6.91	6.72	6.53
28	82.4	7.81	7.59	7.38	7.18	6.98	6.79	6.61	6.42
29	84.2	7.67	7.46	7.26	7.06	6.87	6.68	6.50	6.32
30	86.0	7.54	7.34	7.14	6.94	6.76	6.57	6.39	6.22
31	87.8	7.41	7.21	7.02	6.83	6.64	6.47	6.29	6.12
32	89.6	7.29	7.09	6.90	6.72	6.54	6.36	6.19	6.03
33	91.4	7.17	6.98	6.79	6.61	6.43	6.26	6.10	5.94
34	93.2	7.05	6.86	6.68	6.51	6.34	6.17	6.01	5.85
35	95.0	6.93	6.75	6.58	6.40	6.24	6.07	5.91	5.76
36	96.8	6.82	6.65	6.47	6.31	6.14	5.98	5.83	5.68
37	98.6	6.72	6.54	6.37	6.21	6.05	5.89	5.74	5.59
38	100.4	6.61	6.44	6.28	6.12	5.96	5.81	5.66	5.51
39	102.2	6.51	6.34	6.18	6.02	5.87	5.72	5.58	5.44
40	104.0	6.41	6.25	6.09	5.94	5.79	5.64	5.50	5.36

Source: Colt (1984).

ومن العوامل الهامة التى تؤثر على ذوبان الأكسجين فى الماء هو الملوحة حيث يقل ذوبان الأكسجين فى مياه البحر عن المياه العذبة بافتراض ثبات درجة الحرارة والضغط الجوي. ويوضح شكل (2-3) وجدول (2-4) ذوبان الأكسجين فى المياه النقية عند درجات حرارة وتركيزات ملوحة مختلفة.

ومن العوامل الهامة التى تؤثر على ذوبان الأكسجين فى الماء هو الملوحة حيث يقل ذوبان الأكسجين فى الماء بانخفاض الضغط الجوي والعامل الرئيسي المؤثر على الضغط الجوي هو الارتفاع عن سطح البحر. ويوضح جدول (2-5) ذوبان الأكسجين فى المياه على ارتفاعات مختلفة عن سطح البحر.

جدول (2-5) ذوبان الأكسجين فى المياه على ارتفاعات مختلفة عن سطح البحر

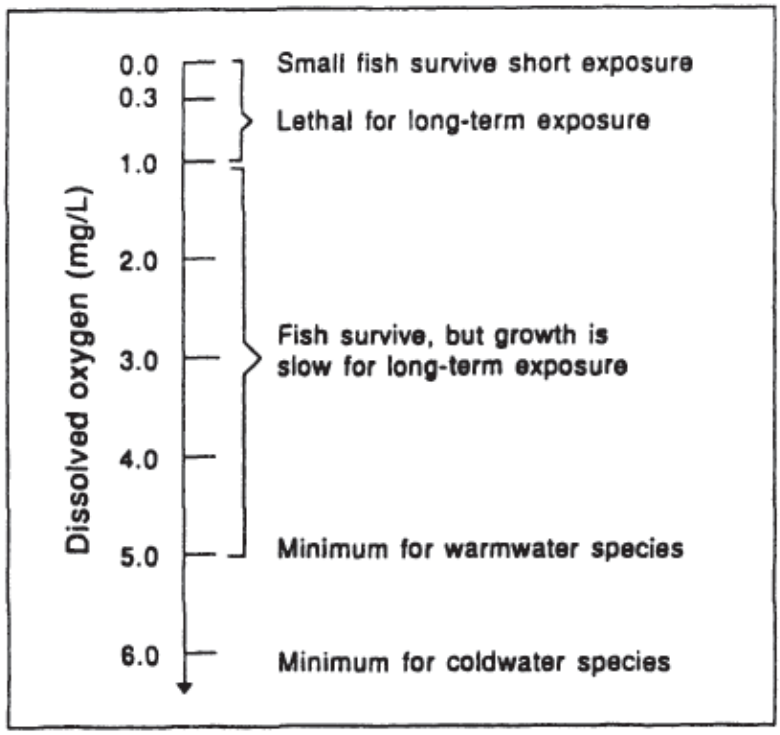
الارتفاع عن سطح البحر (م)	نسبة الأكسجين الذائب (مجم/لتر)
صفر	8.40
500	7.90
1000	7.40
1500	7.00
2000	6.60
2500	6.20
3000	5.80

ويختلف معدل استهلاك الأسماك للأكسجين باختلاف درجة الحرارة وتركيز الأكسجين الذائب ووزن الأسماك ومستوى النشاط عند الأسماك والفترة بعد التغذية وعوامل أخرى مثل معدل التمثيل الغذائي واختلاف الأنواع. والأسماك الصغيرة تستهلك كميات أكسجين أعلى من الأسماك الكبيرة بالنسبة لوحدة الوزن لنفس النوع. ويوضح جدول (2-6) تأثير درجة الحرارة والحجم على استهلاك اسماك القراميط من الأكسجين. ونجد أيضا ان الأسماك الأكثر حيوية يكون معدل استهلاكها للأكسجين أعلى من الأسماك الأقل حيوية واضا تستهلك عمليات التمثيل الغذائي كميات عالية من الأكسجين وقد يصل الى ضعف الاستهلاك العادي ويستمر ذلك لمدة 6 ساعات بعد عملية التغذية كما ذكر (Tucker and Robinson, 1990).

جدول (2-6) معدل استهلاك الأكسجين (مجم /رطل لكل ساعة) لأسماك القرموط

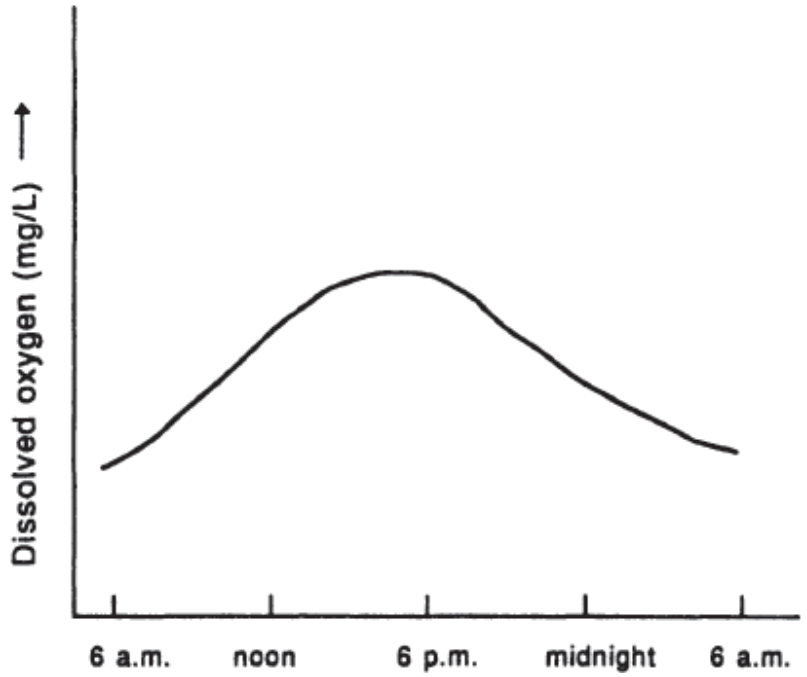
F°	Average fish weight (lb)					
	0.05	0.1	0.25	0.5	1.0	1.5
35	50	48	42	35	25	22
50	92	88	77	63	47	41
65	167	160	140	114	86	75
80	326	311	254	224	168	147
95	589	365	493	405	306	267

كما تختلف الأسماك فى مدى تحملها للمستويات المنخفضة من الأكسجين الذائب، فنجد أن اسماك المياه الباردة تحتاج إلى مستويات أعلى من الأكسجين الذائب من اسماك المياه الدافئة. ويوضح شكل (2-4) التركيزات المنخفضة من الأكسجين الذائب للأسماك المختلفة. وعموما يجب ألا يقل تركيز الأكسجين الذائب عن 5 مجم / لتر لأسماك المياه الدافئة ولا يقل عن 6 مجم/لتر لأسماك المياه الباردة كما ذكر (Huguenin and Colt, 1989).



شكل (2-4) التركيزات المنخفضة من الأكسجين الذائب للأسماك المختلفة

ومن المصادر الرئيسية لإنتاج الاكسجين الذائب فى الماء هي عملية التمثيل الضوئي وفى هذه العملية تقوم الهائمات النباتية (الفيتوبلانكتون) بما تملكه من مادة خضراء (كلوروفيل) ببناء وتكوين المواد العضوية مستخدمة فى ذلك ثاني اكسيد الكربون والطاقة الشمسية وينتج عن هذا التفاعل غاز الاكسجين الذي يذوب فى الماء. ويتناسب كمية الاكسجين الناتجة من عمليات التمثيل الضوئي طرديا مع كثافة الفيتوبلانكتون الموجودة فى الحوض حيث يصل تركيز الاكسجين فى الطبقة السطحية للمياه الى اعلى مستوى يتجاوز حد التشبع فى المياه ذات المحتوى العالي من الفيتوبلانكتون ويحدث ذلك اثناء النهار والتى تزداد فيها شدة الإضاءة، وفى مثل هذه الاحواض الخصبة تقل نفاذية الضوء فيها بزيادة العمق، ولهذا فإننا نتوقع ان يقل تركيز الاكسجين بشكل واضح فى طبقات الماء العميقة ويلاحظ تزايد الفرق فى تركيز الاكسجين بين الطبقة السطحية وما تحتها كلما ازدادت خصوبة الماء. ويعتبر الاكسجين الناتج عن عملية البناء الضوئي هو مصدر الاكسجين الذائب الرئيسي فى احواض الاستزراع السمكي التى تتميز بان الماء فيها ساكن اما فى النظم الاخرى اما فى حالة القنوات المائية المتدفقة ونظام اعادة تدوير المياه تقل اهمية هذا المصدر للأكسجين الذائب فى مياه الحوض. ويوضح شكل (2-5) مستويات الاكسجين الذائب الناتج من عملية التمثيل الضوئي خلال ساعات اليوم.



شكل (2-5) مستويات الاكسجين الذائب الناتج من عملية التمثيل الضوئي خلال ساعات اليوم.

قياس الأكسجين الذائب:

تعتبر إدارة الأكسجين الذائب فى الحوض من أهم العمليات التى تجرى فى المزرعة السمكية حيث أن الأكسجين الذائب يرتبط بالقدرة الإنتاجية للمزرعة السمكية كما أن حالات نفوق الأسماك غالباً ما ترتبط بنقص الأكسجين الذائب إلى الحد المميت. ولذلك يجب قياس الأكسجين الذائب فى أحواض المزارع السمكية وتزداد أهمية هذا القياس كلما تقدم موسم الإنتاج حيث أنه بتقدم موسم النمو تزداد الكتلة الحية فى الحوض وتزداد معها كمية الغذاء المقدم وهذا يؤدى إلى زيادة استهلاك الأكسجين.

هذا وقد يتم قياس الأكسجين الذائب بالمعايرة أو استخدام أجهزة قياس الأكسجين الذائب (شكل 1-7) وهذه الأجهزة تعطى قراءات دقيقة لتركيز الأكسجين الذائب فى الماء كما أنها سهلة الاستعمال ويمكن كذلك استخدامها في قياس درجة حرارة الماء.

ويجب على المزارع أن يلاحظ تركيز الأكسجين الذائب فى الحوض يومياً للتأكد من توفر الحدود الآمنة من الأكسجين الذائب والعمل على رفع الأكسجين الذائب في الحالات التي تتطلب ذلك. كما يستطيع المزارع ذو الخبرة أن يتنبأ بمستويات الأكسجين المتوقعة ليلاً فمن المعتاد أن ينخفض مستوى الأكسجين في الليالي الحارة الساكنة وكذلك في الليالي التي تعقب أيام الضباب.

شكل (1-7): نماذج مختلفة لجهاز قياس الأكسجين الذائب فى الماء

ب- **القلوية الكلية** Total Alkalinity

تعرف القلوية الكلية بانها كمية كربونات الكالسيوم الكلية الموجودة فى المياه معبرا عنها بالمجم/لتر كما ذكر (Romaire, 1985). وتعتبر ايونات الكربونات CO_3 والبيكربونات HCO_3 هي مصدر القلوية الرئيسي ومجموعها يعطى القلوية الكلية. ودائما تكون ايونات الكربونات والبيكربونات فى حالة اتزان فى الماء. ويمكن تعريف القلوية على انها قدرة المياه الطبيعية على مقاومة التغيرات الحادة فى رقم الـ pH. ونجد ان تركيز القلوية فى المياه الطبيعية يكون 5 مجم /لتر وقد يصل الى 500 مجم/لتر فى الماء العسر كما ذكر (Boyd, 1990) ويفضل ان تكون درجة القلوية الكلية فى مياه المزارع السمكية بين 30 – 100 مجم/لتر، ولا ينصح باستخدام المياه التى تقل قلويتها عن 30 مجم/لتر نظرا لضعف قدرتها على مقاومة التغير فى درجة الـ pH. وقد ذكر (Meade, 1989; Tucker and Robinson, 1990) ان تركيز القلوية الكلية المناسب للاستزراع السمكي يتراوح ما بين 20 – 400 مجم/لتر. وتعتبر القلوية الكلية مهمة ايضا فى عملية النيترة وتحويل الأمونيا الى نترات حيث تستهلك القلوية فى هذه العملية. وقد ذكر (Paz, 1984) ان انخفاض تركيز كربونات الكالسيوم عن 40 مجم/لتر يؤثر ذلك على عملية النيترة.

تعرف القلوية الكلية بأنها عبارة عن كمية الكربونات CO_3 والبيكربونات HCO_3 الموجودة فى الماء ومجموعها يعطى القلوية الكلية (مجم/لتر) وتعطى القلوية الكلية للمياه الطبيعية القدرة على مقاومة التغيرات الحادة فى رقم ال pH. ودائماً ماتكون أيونات الكربونات والبيكربونات فى حالة إتزان فى الماء كما يتضح من المعادلة التالية:

$$HCO_3 \longrightarrow H + CO_3 \qquad (1)$$

ومن المعروف أن المياه الطبيعية تحتوى على كمية من البيكربونات أكبر من من تلك التى تتكون نتيجة لتأين حمض الكربونيك H_2CO_3 الموجودة فى الصخور والتربة مكونة بيكربونات:

$$CO_2 + CaCO_3 + H_2O \longrightarrow Ca^{++} + 2HCO_3 \qquad (2)$$

$$CO_2 + CO_3 + H_2O \qquad (3) \qquad HCO_3$$

ويتضح من المعادلة رقم (2) أن زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى الماء يؤدى إلى زيادة ذوبان الكربونات، أما عند تحرره فإن البيكربونات تتحلل مكونة ثانى أكسيد الكربون وحيث أن البيكربونات يمكنها التفاعل كحمض أو قاعدة فإنها تتأين بسرعة إلى :

$$(4) \quad (\text{حمض}) \quad HCO_3 + H^+ \qquad H_2O + CO_2 + H_2CO_3$$

$$(5) \quad (\text{قاعدة}) \quad HCO_3 \qquad H^+ + CO_3^-$$

ويتضح من المعادلتين 4،5 أن التفاعل فى المعادلة (5) لايمكن أن يستمر طويلاً ، حيث أن الهيدروجين يدخل فى التفاعل فى المعادلة (3).

ويتضح مما سبق أن إزالة ثانى أكسيد الكربون يؤدى إلى زيادة الكربونات ، والذى بالتإلى يؤدى إلى الإقلال من تراكم هذه الكربونات ، وبذلك يحدث ضبطاً فى درجة ال pH . ويتضح مما سبق أن التذبذب فى تركيز ثانى أكسيد الكربون بالماء يؤدى إلى تذبذب فى نسبة الكربونات والبيكربونات. ويجب ألا يقل تركيز الكربونات فى الماء عن 20 مجم/لتر، حيث أن النقص عن هذا المعدل يؤدى إلى إنخفاض نمو الأسماك. كما يفضل أن تكون درجة القلوية الكلية فى مياه المزارع السمكية بين 30 – 100مجم/لتر, ولا ينصح بإستخدام المياه التى تقل قلويتها عن 30 مجم/لتر نظراً لضعف قدرتها على مقاومة التغير فى درجة ال pH. وعند إستخدام المياه التى تقل قلويتها عن 30 مجم/لتر فإنه ينصح بإضافة الجير إلى هذه المياه حيث تؤدى إضافة الجير إلى رفع درجة ال pH للتربة الموجودة فى قاع الحوض وبالتإلى تزداد درجة تيسر الفوسفور مما يؤدى إلى نمو الكائنات النامية على قاع الحوض وكذلك إزدهار الهائمات النباتية وهذا بالطبع يؤدى إلى زيادة إنتاج الأسماك. ولقد أشارت نتائج قياس القلوية الكلية فى المياه المصرية أن متوسط القلوية الكلية فى المياه العذبة 80 مجم/لتر، 250 مجم/لترفى مياه الصرف الزراعى و120 مجم/لترفى مياه البحر

ج- العسر الكلى Total Hardness

تتحدد درجة العسر الكلى فى الماء على أساس تركيز الكاتيونات الثنائية التكافؤ (الكالسيوم والماغنيسيوم) ويتم التعبير عن العسر الكلى بالمجم / لتر من كربونات الكالسيوم ويوضح جدول (2-7) تقسيم المياه على أساس العسر الكلى بها كما ذكر (Sawyer and McCarty, 1978)

جدول (2-7) تقسيم المياه على أساس العسر الكلى بها

درجة العسر	العسر (مجم/لتر)
يسر soft	75 – 0
متوسط العسر moderately hard	150 – 75
عسر hard	300 – 150
شديد العسر very hard	300<

وبصفة عامة فان العسر الكلى عادة يكون مصحوب بقلوية كلية عالية الا ان كلا منهما (القلوية الكلية – العسر الكلى) مستقل عن الأخر وبصفة خاصة فى الماء العذب.

والماء المالح عادة ما يكون عسر اما الماء العذب فقد نجد انه غير شديد العسر عالي القلوية فى نفس الوقت.

وقد ذكر (Boyd and Walley, 1975) ان يكون العسر الكلى فى مياه الاستزراع السمكي تتراوح ما بين 20 – 300 مجم/ لتر كربونات كالسيوم، وقد ذكر (De la Bretonne *et al.*, 1969) انه لا يجب ان يقل العسر الكلى فى مياه الاستزراع السمكي عن 100 مجم/لتر كربونات كالسيوم.

وعموما نجد ان تركيز الكالسيوم يزداد بزيادة تركيز الملوحة ويصل العسر الكلى فى مياه البحار الى حوالي 6600 مجم/لتر. ويؤدى نقص العسر الكلى عن المدى المناسب لنمو الاسماك الى عدم قدرة الاسماك على اتمام التنظيم الأسموزي فى المياه ذات المحتوى المنخفض من الكالسيوم والبوتاسيوم، ولرفع درجة العسر يمكن ذلك عن طريق اضافة الجير او الجبس.

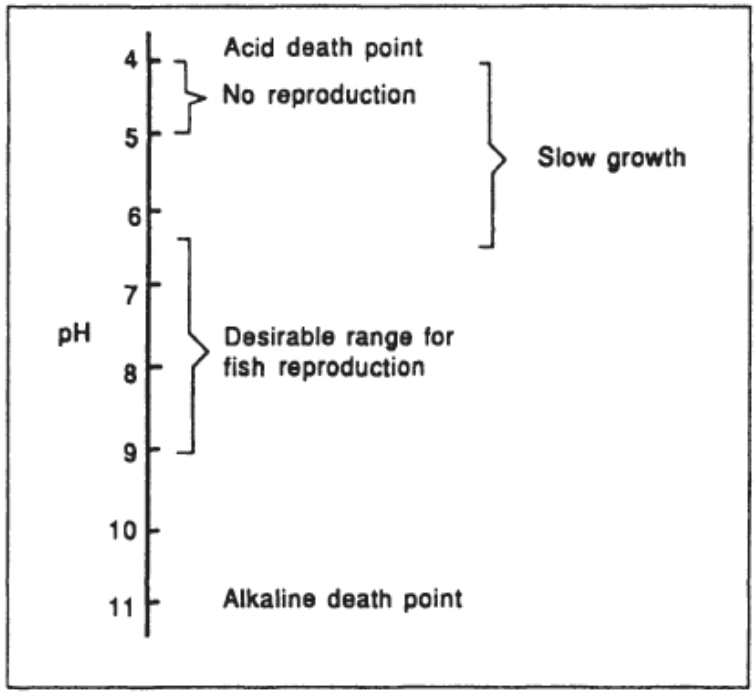
د- رقم الحموضة pH

رقم الحموضة pH هو عبارة عن مقياس لتركيز ايونات الهيدروجين فى الماء وهو يعطى مؤشر على ان الماء حمضي او قلوي. ويمكن حساب رقم الحموضة من المعادلة الاتية:

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]} = -\log[H^+]$$

وتتراوح قيمه هذا المقياس ما بين صفر الى 14 ويعتبر درجة 7 هي نقطة التعادل أي ان الوسط المائي متعادل و اقل من 7 يدل على ان الوسط حامضي اما اذا كانت قيمة هذا المقياس اكبر من 7 فهذا يعنى ان الوسط قلوي.

وقد ذكر (Boyd, 1990) ان رقم الحموضة pH فى المياه الطبيعية يتراوح ما بين 5 – 10، وقد ذكر أيضا ان التركيز المناسب لنمو الأسماك يتراوح ما بين 6.5 – 9 حيث تبدو على الأسماك خارج هذا المدى التعرض الى الإجهاد حيث تزداد التأثيرات الفسيولوجية المعاكسة كلما ازداد البعد عن هذا المدى حتى الوصول إلى المستويات المميتة، ويؤدى التذبذب الشديد فى رقم الحموضة pH الى إجهاد الأسماك الذي يؤدى الى حد الموت. هذا ولقد وجد ان درجات رقم الحموضة pH الأقل من 4 والأكبر من 11 تعتبر مميته للأسماك ويوضح شكل (2-6) تأثير تركيز رقم الحموضة على نمو الأسماك.



شكل (2-6) تأثير تركيز رقم الحموضة على نمو الأسماك

ويتم علاج انخفاض رقم الحموضة pH عن طريق اضافة هيدروكسيد الكالسيوم (الجير المطفأ) على حسب درجة الانخفاض حيث يتفاعل هيدروكسيد الكالسيوم مع حمض الكربونيك ليكون كربونات كالسيوم التى تترسب ويؤدى ذلك الى رفع رقم الحموضة pH للمياه. ويتم علاج ارتفاع رقم الحموضة pH عن طريق اضافة كبريتات الكالسيوم (الجبس) الذي يتفاعل مع الماء وينتج ايون الهيدروجين الذي يعادل ارتفاع رقم الحموضة pH. ويمكن علاج ارتفاع رقم الحموضة pH ايضا عن طريق اضافة كبريتات الامونيوم. ويمكن تلخيص الآثار الضارة لارتفاع أو انخفاض حموضة الماء على الأسماك في الآتي:

- عدم الاستقرار ومحاولة القفز خارج الماء والعوم بطريقة غير طبيعية.
- ترسيب المواد المخاطية على الجلد وعلى النسيج الطلائي للخياشيم مما يؤدى إلى عدم قدرة الأسماك على التنفس ونفوق الأسماك ببطء.
- قد يحدث فى بعض أنواع الأسماك تهتك لأنسجة الخياشيم وينتج نزيف دموي يؤدى فى النهاية إلى نفوق الأسماك.
- حدوث خلل فى التنظيم الأسموزي للجسم.
- زيادة قابلية الأسماك للصابة بالأمراض.
- انخفاض معدلات النمو والتكاثر.

يمكن قياس تركيز أيون الأيدروجين باستخدام أوراق خاصة تتلون حسب درجة تركيز أيون الأيدروجين كما يمكن قياسها باستخدام أجهزة قياس درجة الحموضة (شكل 1-10).

شكل (1-10): نماذج لأجهزة قياس درجة تركيز أيون الأيدروجين

هـ- ثاني اكسيد الكربون Carbon Dioxide

يعتبر غاز ثاني اكسيد الكربون CO_2 أحد المكونات الطبيعية فى البيئة المائية وهو من الغازات شديدة الذوبان فى الماء ويدخل عن طريق سطح الماء من الهواء الجوي بالانتشار و أيضا ينتج من تنفس الأسماك والكائنات الحية التى تعيش فى الماء.

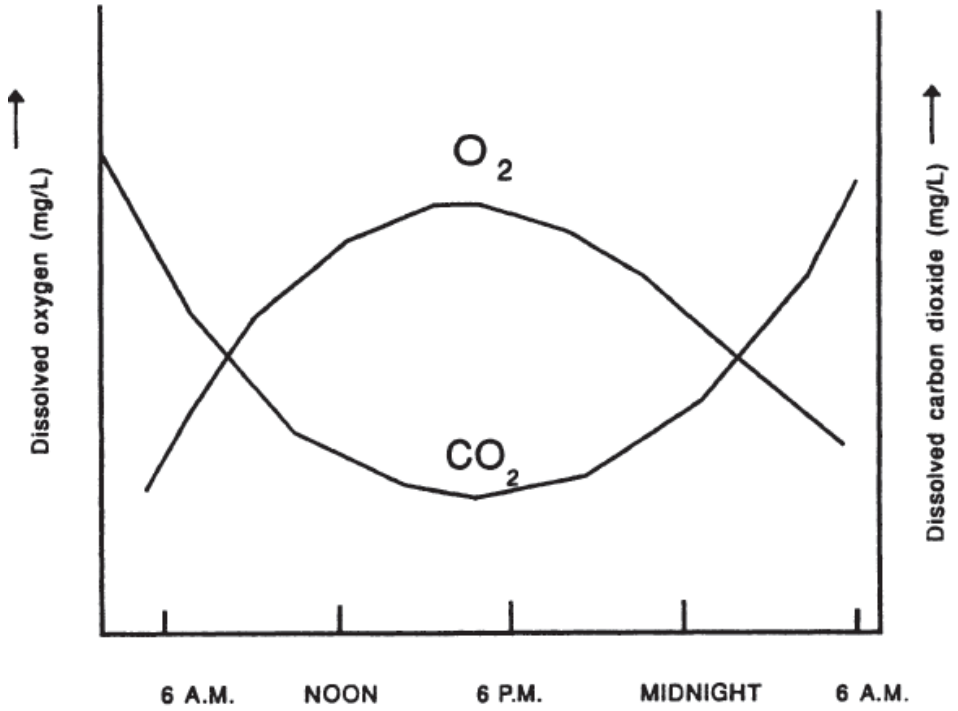
وقد ذكر (Boyd, 1990) ان غاز ثاني أكسيد الكربون شديد الذوبان فى الماء لان درجة ذوبانه تتوقف على أساس درجة الحرارة والملوحة حيث تقل درجة ذوبانه بارتفاع درجة الحرارة وارتفاع الملوحة. ويوضح جدول (2-8) ذوبان ثاني اكسيد الكربون بالمجم/لتر فى الماء عند درجات حرارة وملوحة مختلفة عند ضغط جوى 760 مم زئبق.

جدول (2-8) ذوبان ثاني اكسيد الكربون بالمجم/لتر فى الماء عند درجات حرارة وملوحة مختلفة عند ضغط جوى 760 مم زئبق

°C	Salinity (g/L)						
	0	5	10	15	20	30	40
0	0.09	1.06	1.03	1.00	0.98	0.93	0.88
5	0.89	0.87	0.85	0.83	0.81	0.77	0.73
10	0.75	0.73	0.71	0.69	0.68	0.64	0.61
15	0.63	0.62	0.60	0.59	0.57	0.54	0.52
20	0.54	0.53	0.51	0.50	0.49	0.47	0.45
25	0.46	0.45	0.44	0.43	0.42	0.41	0.39
30	0.40	0.39	0.39	0.38	0.37	0.35	0.34
35	0.35	0.35	0.34	0.33	0.33	0.31	0.31
40	0.31	0.30	0.30	0.29	0.29	0.28	0.27

ولغاز ثاني أكسيد الكربون دور هام فى البيئة المائية حيث ان النباتات المائية تستخدم كميات كبيرة من غاز ثاني أكسيد الكربون فى عملية التمثيل الضوئي أثناء النهار مما يؤدى الى ارتفاع رقم الحموضة pH بينما يحدث عكس ذلك اثناء الليل.

ولقد وجد ان غالبية الأسماك تستطيع ان تتحمل تركيزات عالية من غاز ثاني أكسيد الكربون الحر تصل الى 60 مجم/لتر. كما وجد ان الأسماك يمكنها التعرف على



المناطق التى يكون تركيز ثاني أكسيد الكربون بها عالي ومن ثم تحاول تفاديها ويجب الإشارة هنا الى ان احتياج الأسماك الى الأكسجين يزداد عند ارتفاع تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون. ويوضح شكل (2-7) تركيز الأكسجين الذائب وتركيز ثاني أكسيد الكربون خلال اليوم.

شكل (2-7) تركيز الأكسجين الذائب وتركيز ثاني أكسيد الكربون خلال اليوم

و- المركبات النيتروجينية Nitrogenous Compounds

فى نظم الاستزراع المائي يعتبر النيتروجين من المحددات الرئيسية مع الاكسجين الذائب ودرجة الحرارة. وان المصدر الرئيسي للنيتروجين (أكثر من 90%) فى نظم الاستزراع المائي ينتج من العليقة المقدمة للأسماك ومخلفات الاسماك وتكون فى صورة امونيا. ويعتبر النيتروجين من اهم العناصر الغذائية حيث ترجع اهميته الى وجوده فى تركيب البروتين. ويوجد النيتروجين فى عدة صور منها الامونيا الغير متأينة NH_3 والامونيا المتأينة NH_4 والنترات NO_3 والنيتريت NO_2 والنيتروجين الحر N_2 واكسيد النيتروجين N_2O وغيرها من الصور مثل NO و N_2O_3 و N_2O_5. ويوضح جدول (2-9) الصور الرئيسية للنيتروجين الموجودة فى نظم الاستزراع المائي. ونجد ان الصور الرئيسية للنيتروجين فى نظم الاستزراع السمكي هي الامونيا الغير متأينة NH_3 والامونيا المتأينة NH_4 والنترات NO_3 والنيتريت NO_2 والنيتروجين الحر N_2

جدول (2-9) الصور الرئيسية للنيتروجين الموجودة فى نظم الاستزراع السمكي

Form	Notation
Nitrogen gas	N_2
Organic nitrogen	Org-N
Un-ionized ammonia	NH_3
Ionized ammonia	NH_4^+
Total ammonia	$NH_3+NH_4^+$
Nitrite	NO_2
Nitrate	NO_3

ويعتبر النيتروجين من اهم العناصر الغذائية حيث ترجع اهميته الى وجوده فى تركيب البروتين. وهو المكون الرئيسي فى الهواء الجوي حيث يمثل 78% من الهواء الجوي، وهو من الغازات التى تذوب فى الماء ويتأثر ذوبانه باختلاف درجات الحرارة والملوحة حيث يقل ذوبانه فى الماء بارتفاع درجة الحرارة وارتفاع تركيز الملوحة بالماء. ويوضح جدول (2-10)

ذوبان النيتروجين فى الماء (مجم/لتر) مع درجات الحرارة والملوحة المختلفة عند ضغط جوى 760 مم زئبق.

جدول (2-10) ذوبان النيتروجين فى الماء (مجم/لتر) مع درجات الحرارة والملوحة المختلفة عند ضغط جوى 760 مم زئبق.

°C	Salinity (g/L)						
	0	5	10	15	20	30	40
0	23.04	22.19	21.38	20.60	19.85	18.42	17.10
5	20.33	19.61	18.92	18.26	17.61	16.99	15.26
10	18.14	17.53	16.93	16.36	15.81	14.75	13.77
15	16.36	15.82	15.31	14.81	14.32	13.40	12.54
20	14.88	14.41	13.96	13.52	13.09	12.28	11.52
25	13.64	13.22	12.82	12.43	12.05	11.33	10.65
30	12.58	12.21	11.85	11.50	11.17	10.52	9.91
35	11.68	11.34	11.02	10.71	10.40	9.82	9.26
40	10.89	10.59	10.29	10.01	9.73	9.20	8.70

دورة النيتروجين The Nitrogen Cycle

يوضح شكل (2-8) دورة النيتروجين فى البيئة المائية، حيث تعتبر عملية تثبيت النيتروجين N_2 من الجو بواسطة التفاعلات البيولوجية هى المصدر الاولى للنيتروجين الغير عضوي للنظام البيئي. وتبدأ دورة النيتروجين من تحلل المادة العضوية فمعظم النيتروجين الموجود فى المادة العضوية يكون على صورة مجموعات امينية فى البروتين. وخلال النشاط الميكروبي يحدث تكسير لهذه المجموعات الامينية فى البروتين مما ينتج عنها نيتروجين الامونيا او الامونيا الغير متأينة NH_3 وتسمى هذه العملية Ammmonification والامونيا التى تصل الى البيئة المحيطة يحدث لها توازن مع الامونيوم او الامونيا المتأينة NH_4 كما فى المعادلة التالية:

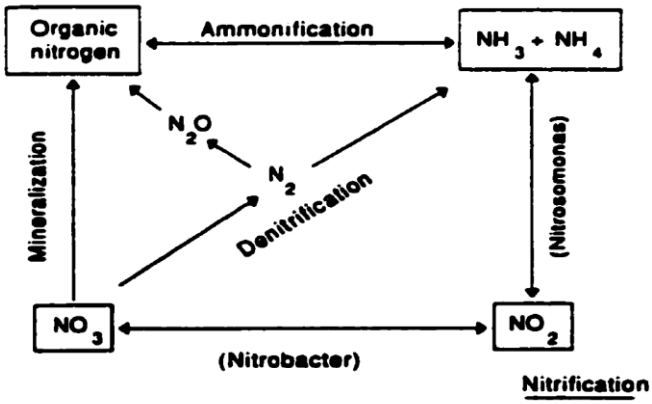
$$NH_3 + H_2O = NH_4OH = NH_4^+ + OH^-$$

وفى معظم البيئات يكون NH_4 هو السائد. وعملية تكون الامونيا عملية غير ذاتية وتحدث فى الظروف الهو ائية واللاهو ائية. وتتحول الامونيا الى نترات وعملية تكوين النترات Nitrification تحدث فى خطوتين. الخطوة الاولى وهى اكسدة الامونيا الى نتريت وذلك بفعل بكتريا النيتروزوموناس Nitrosomonas والخطوة الثانية وهى اكسدة النتريت الى نترات وذلك بفعل بكتريا النيتروباكتر Nitrobacter كما فى المعادلات الاتية

Nitrosomonas: $2NH_3 + 3O_2 = 2NO_2^- + 2H^+ + 2H_2O$

Nitrobacter: $2NO_2^- + O_2 = 2NO_3^-$

وتزداد كثيرا عملية تحويل الامونيا الى نترات عند رقم حموضة pH من 7 – 8 على درجة حرارة 25 – 35°م . واكسدة ايون الامونيوم يكون مصدر للحموضة فى النظام. وعند غياب الاكسجين يمكن للعديد من الميكروبات استخدام النترات او الصور الاخرى المؤكسدة من النيتروجين بدلا من الاكسجين فى عملية التنفس وتسمى هذه العملية بعملية Denitrification.



شكل (2-8) دورة النيتروجين فى البيئة المائية

- **الأمونيا** Ammonia

توجد الامونيا فى المياه على صورتين اما ان تكون امونيا غير متأينة NH_3 او امونيا متأينة NH_4 ويطلق على مجموع الصورتين المتأينة وغير المتأينة بالأمونيا الكلية. وتنتج الأسماك من عمليات التمثيل الغذائي للأسماك وبقايا الغذاء الذي لم يؤكل. وتعتبر الأمونيا من المركبات غير المرغوب وجودها فى البيئة المائية نظرا لتأثيرها الضار على الأسماك عند وجودها بتركيزات عالية. وتتأين الأمونيا من الصورة غير المتأينة الى الصورة المتأينة كما فى المعادلة الاتية:

$$NH_3 + H_2O = NH_4OH = NH_4^+ + OH^-$$

والامونيا غير المتأينة سامة للأسماك ام الصورة المتأينة فهي اقل سمية للأسماك الا فى حالة وجودها بتركيزات عالية وتتوجد الصورتين فى المياه بمعدل يعتمد على درجة الحرارة ورقم الحموضة pH حيث يؤدى ارتفاع درجة الحرارة وكذلك رقم الحموضة pH الى زيادة نسبة الامونيا غير المتأينة السامة والعكس صحيح حيث يؤدى انخفاض درجة

الحرارة ورقم الحموضة pH الى زيادة نسبة الأمونيا المتأينة الأقل سمية. ويوضح جدول (2-11) النسبة المئوية للأمونيا غير المتأينة NH_3 فى المياه عند درجات حرارة وpH مختلفة.

جدول (2-11) النسبة المئوية للأمونيا غير المتأينة NH_3 فى المياه عند درجات حرارة وpH مختلفة

Temp (C)	pH						
	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0
0	0.00008	0.00026	0.00082	0.00260	0.00817	0.02538	0.07607
1	0.00009	0.00028	0.00089	0.00282	0.00888	0.02754	0.08219
2	0.00010	0.00031	0.00097	0.00307	0.00964	0.02986	0.08870
3	0.00011	0.00033	0.00106	0.00333	0.01046	0.03235	0.09562
4	0.00011	0.00036	0.00115	0.00362	0.01135	0.03502	0.10296
5	0.00012	0.00039	0.00124	0.00392	0.01230	0.03789	0.11074
6	0.00014	0.00043	0.00135	0.00425	0.01332	0.04095	0.11896
7	0.00015	0.00046	0.00146	0.00461	0.01442	0.04423	0.12765
8	0.00016	0.00050	0.00158	0.00499	0.01560	0.04772	0.13680
9	0.00017	0.00054	0.00171	0.00540	0.01687	0.05146	0.14643
10	0.00019	0.00059	0.00185	0.00583	0.01822	0.05544	0.15654
11	0.00020	0.00063	0.00200	0.00631	0.01967	0.05967	0.16714
12	0.00022	0.00069	0.00216	0.00681	0.02123	0.06418	0.17822
13	0.00023	0.00074	0.00234	0.00735	0.02289	0.06896	0.18978
14	0.00025	0.00080	0.00252	0.00793	0.02466	0.07404	0.20182
15	0.00027	0.00086	0.00272	0.00855	0.02656	0.07942	0.21434
16	0.00029	0.00093	0.00293	0.00922	0.02858	0.08511	0.22732
17	0.00032	0.00100	0.00316	0.00993	0.03073	0.09113	0.24074
18	0.00034	0.00108	0.00340	0.01069	0.03303	0.09748	0.25461
19	0.00037	0.00116	0.00366	0.01150	0.03547	0.10418	0.26888
20	0.00040	0.00125	0.00394	0.01236	0.03807	0.11123	0.28355
21	0.00043	0.00134	0.00424	0.01328	0.04083	0.11865	0.29859
22	0.00046	0.00145	0.00456	0.01427	0.04376	0.12643	0.31397
23	0.00049	0.00155	0.00489	0.01531	0.04687	0.13459	0.32967
24	0.00053	0.00167	0.00525	0.01643	0.05017	0.14313	0.34564
25	0.00057	0.00179	0.00564	0.01762	0.05366	0.15205	0.36186
26	0.00061	0.00192	0.00605	0.01888	0.05736	0.16136	0.37829
27	0.00065	0.00206	0.00648	0.02022	0.06126	0.17106	0.39488
28	0.00070	0.00221	0.00695	0.02164	0.06538	0.18115	0.41162
29	0.00075	0.00236	0.00744	0.02316	0.06973	0.19162	0.42844
30	0.00080	0.00253	0.00796	0.02476	0.07432	0.20248	0.44533
31	0.00086	0.00271	0.00852	0.02646	0.07915	0.21371	0.46222
32	0.00092	0.00290	0.00911	0.02826	0.08423	0.22531	0.47909
33	0.00098	0.00310	0.00974	0.03017	0.08956	0.23727	0.49590
34	0.00105	0.00331	0.01041	0.03219	0.09517	0.24958	0.51261
35	0.00112	0.00354	0.01111	0.03432	0.10104	0.26223	0.52918
36	0.00120	0.00378	0.01186	0.03658	0.10719	0.27519	0.54559
37	0.00128	0.00404	0.01266	0.03896	0.11363	0.28846	0.56179
38	0.00137	0.00431	0.01350	0.04147	0.12036	0.30201	0.57775
39	0.00146	0.00459	0.01439	0.04412	0.12738	0.31582	0.59345
40	0.00155	0.00490	0.01533	0.04692	0.13470	0.32988	0.60887

ومن خلال جدول (2-11) يمكن حساب تركيز الامونيا الغير متأينة NH_3 من المعادلة الاتية كما ذكر (Huguenin and Colt, 1989) :

Un-ionized ammonia (mg/L as NH_3-N) = (a) (TAN)

حيث ان

a = النسبة المئوية للأمونيا الغير متأينة فى المياه

TAN = الامونيا الكلية

ويمكن عن طريق معرفة درجة الحرارة ورقم الحموضة pH يمكن حساب الامونيا الغير متأينة NH_3 كما فى المعادلة الاتية كما ذكر (Petit, 1990) :

$$NH_3 - N = \frac{1}{1+10^{(0.090182+2729.92)\div(273.15+T)-pH}}$$

=1/(10^((0.0901821+2729.92/(273.15+T))-pH) +1)

وتختلف الأسماك فى درجة تحملها للتركيزات العالية من الأمونيا غير المتأينة NH_3 السامة للأسماك. حيث وجد ان اسماك البلطي والمبروك والقرموط أكثر تحملا للتركيزات العالية من الأمونيا غير المتأينة مقارنة بأسماك البوري. ويوضح جدول (2-12) التركيزات المختلفة من الأمونيا غير المتأينة للأنواع المختلفة من الأسماك.

جدول (2-12) التركيزات المختلفة من الأمونيا متأينة للأنواع المختلفة من الأسماك.

Species	96-hour LC50 (mg/L NH_4)
Pink salmon	0.08 – 0.1
Mountain whitefish	0.14 – 0.47
Brown trout	0.50 – 0.70
Rainbow trout	0.16 – 1.1
Largemouth trout	0.9 – 1.4
Smallmouth bass	0.69 – 1.8
Common carp	2.2
Red shiner	2.8 -3.2
Channel catfish	0.50 – 3.8

- **النيتريت** Nitrite

يعتبر النيتريت NO_2 صورة من صور النيتروجين، ويؤدى وجود النيتريت والامونيا الى زيادة معدلات تنفس الأسماك وبالتالي تدمر الخياشيم، و ايضا نقص فاعلية الدم فى نقل الأكسجين كما يؤدى الى تغيرات فى الرئة والطحال والكبد والدم مما يؤدى الى العديد من المشاكل التى تنتهي بموت الاسماك. والنيتريت اقل سمية من الامونيا على الاسماك. وقد ذكر (Boyd, 1990) ان التركيز المناسب من النيتريت للأسماك يتراوح ما بين 0.5 – 5 مجم/لتر حيث يؤثر زيادة تركيزها عن هذا الحد تأثيرا سلبيا على حياه الاسماك حيث يدخل النيتريت الى دم الاسماك عن طريق الخياشيم (التنفس) ويتحد مع هيموجلوبين الدم مكونا مركبا يسمى ميثيموجلوبين methemoglobin فيحول لون الدم الى اللون البنى لذا يطلق عليه الدم البنى brown blood التى تقل قدرته على نقل الاكسجين مما يؤدى الى حدوث تسمم ويمكن تمييز الميثوجلوبين بلونه البنى فى الدم والخياشيم. وبصفة عامة فان النيتريت تقل بشكل واضح كلما زادت درجة الملوحة، ويمكن التخلص منها عن طريق اضافة 3 اجزاء كلوريد لكل جزء من النيتريت بالماء، وقد تصل هذه النسبة الى 20: 1 (كلوريد: نيتريت) وقد ذكر (Tuker and Robinson, 1990) ان النسبة المناسبة للتخلص من سمية النيتريت هى 6: 1 (كلوريد: نيتريت). ويمكن استخدام كلوريد الصوديوم او كلوريد الكالسيوم فى هذا الصدد كما يمكن تجديد جزء من الماء للتخلص من النيتريت. وتختلف الاسماك فى تحملها للتركيزات المختلفة من النيتريت، ويوضح جدول (2-13) التركيزات المناسبة من النيتريت للأنواع المختلفة من الاسماك.

جدول (2-13) التركيزات المناسبة من النيتريت للأنواع المختلفة من الاسماك

Species	48 or 96-hour LC50 (mg/L No_2-N)
Largemouth bass	140
Green sunfish	160
Cutthroat trout	0.48 – 0.56
Rainbow trout	0.19 – 0.39
Labyrinth fish	28 - 32
Smallmouth bass	160
Common carp	2.6
Chinook salmon	0.88
Channel catfish	7.1 - 13

- **النترات** Nitrate

تعتبر النترات مثلها مثل النيتريت التى تسبب مشاكل فى أحواض الأسماك ويختلف تأثيرها باختلاف درجة حرارة المياه. وتنتج النترات من اكسدة الامونيا الى نيتريت وذلك بفعل بكتريا النيتروزوموناس Nitrosomonas ثم اكسدة النيتريت الى نترات وذلك بفعل بكتريا النيتروباكتر Nitrobacter. وتعتبر النترات اقل المركبات النيتروجينية سمية على الأسماك حيث يمكن للأسماك ان تتحمل تركيزات عالية من النترات. وتتشابه النترات فى تأثيرها الضار مع النيتريت فى نقص قدرة الدم على نقل الأكسجين. وقد ذكر (Wickins, 1976) ان التركيزات المناسبة للأسماك من النترات فى الماء تتراوح ما بين 1000 – 3000 مجم/لتر ويوضح جدول (2-14) التركيزات المناسبة من النترات للأنواع المختلفة من الأسماك.

جدول (2-14) التركيزات المناسبة من النترات للأنواع المختلفة من الاسماك

Species	96-hour LC_{50} (mg/L No_3-N)
Guppy	180 – 200
Guadalupe bass	1260
Chinook salmon	1310
Rainbow trout	1360
Channel catfish	1400
Bluegill	420 - 2000

ز- **كبريتيد الهيدروجين** Hydrogen Sulfide

يعتبر غاز كبريتيد الهيدروجين (H_2S) من الغازات الذائبة فى الماء والتى تنتج من عمليات التحلل اللاهوائي للمواد العضوية المحتوية على الكبريت. وهذا الغاز شديد السمية حتى عندما يتواجد بتركيزات بسيطة (2 جزء فى البليون) وتظهر رائحة هذا الغاز عند تحريك او تعكير قاع تربة الحوض كما فى حالة حصاد الأسماك بالشباك. ويتواجد كبريتيد الهيدروجين اما فى الصورة المتأينة او الصورة الغير متأينة. ولقد وجد ان رقم الحموضة pH تعمل على تنظيم توزيع الكبريت الكلى المختزل بين صوره المختلفة (H_2S , HS , Se). ويوضح جدول (2-15) النسبة المئوية لكبريتيد الهيدروجين الغير متأين فى المحاليل المائية عند درجات حرارة ورقم حموضة pH مختلفة. ويعتبر كبريتيد الهيدروجين الغير متأين سام للأسماك، ولكن الايونات الناتجة من التحلل لا تعتبر سامة. وحيث ان كبريتيد

الهيدروجين الغير متأين (H_2S) قد تصل الى كل مياه الأحواض التى بها الا سماك من خلال الانتشار او الخلط لذلك فان النسبة بين الأنواع المتأينة والغير متأينة هامة جدا.

جدول (2-15): النسبة المئوية لكبريتيد الهيدروجين الغير متأين فى المحاليل المائية عند درجات حرارة ورقم حموضة pH مختلفة

pH	Temperature (°C)				
	16	20	24	28	32
5.0	99.3	99.2	99.1	98.9	98.9
5.5	97.7	97.4	97.1	96.7	96.3
6.0	93.2	92.3	91.4	90.3	89.1
6.5	81.2	80.2	77.0	74.6	72.1
7.0	57.7	54.6	51.4	48.2	45.0
7.5	30.1	27.5	25.0	22.7	20.6
8.0	12.0	10.7	8.8	8.0	7.6
8.5	4.1	3.7	3.2	2.9	2.5
9.0	1.3	1.2	1.0	0.9	0.8

ح- الحديد Iron

تعتبر مركبات الحديد الموجودة فى التراكيب الجيولوجية ذات قابلية منخفضة للذوبان تحت الظروف الهوائية وفى المياه السطحية تزداد عادة التركيزات الايونية لهذا العنصر بدرجة بسيطة. تركيز الحديد الكلى عادة يتراوح من 0.2 الى 0.5 مجم/لتر فى المياه الطبيعية. ويوجد الحديد فى صورة هيدروكسيد حديديك فى صورة معلق او مدمص على جزيئات حجرية وكذلك فى صورة ذائبة او حديد غروي.

ط- الفسفور Phosphorus

يعتبر الفسفور مفتاح عمليات التمثيل الضوئي والإمداد بهذا العنصر الغذائي غالباً ينظم إنتاجية المياه الطبيعية من البلانكتون. ولذلك فان المعلومات عن إضافة الفوسفور في أحواض الأسماك عملية هامه لمزارعي الأسماك. ونادراً ما يزيد تركيز الفوسفور الكلى في المياه الطبيعية عن 1 مجم/لتر. وبالرغم من انخفاض نسبة الفوسفور في الماء إلا أن أهميته البيولوجية كبيره ويعتبر العنصر المحدد لإنتاجيه النظام البيئي المائي.

ي- البوتاسيوم والصوديوم والكلوريد Potassium, Sodium and Chloride

يعتبر تركيز هذه العناصر الثلاثة ذو أهمية كبيرة فى مياه الأحواض حيث تتراوح قيمها من أقل من 1 إلى أكثر من 100 مجم/لتر وتركيز الصوديوم والكلوريد عاده تكون أعلى في المياه القريبة من السواحل حيث سقوط الأمطار قريب من المحيطات ويحتوي الماء على تركيزات عالية من هذه الأيونات. وعادة يكون تركيز البوتاسيوم أعلى في مياه الأحواض المنشأة على تربه خصبه عنها في التربة الفقيرة مثل التربة الرملية والأحواض فى المناطق الجافه بها تركيزات أعلى من هذه الأيونات عنها فى الأحواض فى المناطق الرطبة.

ك- الزنك والبورون zinc and Boron

يتراوح تركيز الزنك الكلى فى المياه العذبة بين 0.005 إلى 0.30 مجم/لتر. يوجد البورون أيضاً بنسبه ضئيلة في المياه الطبيعية وكعنصر غذائي أساسي للنبات. وعادة ما يرتفع تركيز البورون في مياه المناطق القاحلة الجافه حيث أنها تتركز بسبب زيادة معدل التبخير.

ل- النحاس Copper

للنحاس أهميه خاصة لمزارعي الأسماك حيث أن النحاس يستخدم فى إنتاج العديد من أنواع المبيدات الفطرية وعند تربية الأسماك على مياه الصرف الزراعي التي تحتوى على هذه المبيدات يؤدى إلى وصول النحاس إلى البيئة المائية التي تعيش فيها الأسماك وبالتالي التأثير على حيوية ونمو هذه الأسماك.

م- الكلورين Chlorine

يضاف الكلور غالباً إلى الماء للتطهير أو قتل الجراثيم وعادة ما يستخدم الكلور لتطهير الأدوات المستخدمة في نقل الأسماك. ويضاف الكلور للماء فى صورة كلورين جزيئي Cl_2 أوهيبوكلوريت الكالسيوم. ويتفاعل الكلورين الحر فى الماء ليكون أحماض الهيبوكلوروز والهيدروكلوريك. يتفاعل الكلورين والهيبوكلوريت مع الأمونيا ليتكون كلورامين ويجب زيادة كمية الكلورين الواجب إضافته إلى الماء للتطهير مع زيادة تركيزات المادة العضوية أو المواد غير العضويه المختزلة