# أساسيات في
# علم المناخ الزراعي

الأستاذ المساعد الدكتور
سلام هاتف أحمد الجبوري

الطبعة الأولى
2015

https://t.me/agricultural_eng
Scanned by CamScanner

محفوظة
جميع الحقوق

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة
المكتبة الوطنية(2014/11/5281)

سلام هاتف الجبوري 551.6
اساسيات في علم المناخ الزراعي
عمان: دار الراية للنشر والتوزيع ، 2015
(324)ص.
ر.أ. : 2014/11/5281
ردمك: ISBN 978-9957-579-55-5
الواصفات: //المناخ//الزراعة/
إعدادات دائرة المكتبة الوطنية بيانات الفهرسة والتصنيف الأولية

دار الراية للنشر والتوزيع
الأردن-عمان
شارع الجمعية العلمية الملكية - المبنى الإستثماري الأول للجامعة الأردنية
هاتف: 5338656 فاكس:96265348656+
ص.ب: 2547 الجبيهة- الرمز البريدي 11941 عمان- الأردن
Email:dar_alraya@yahoo.com

جميع ما ورد بهذا الكتاب لا يعبر بالضرورة عن رأي دار النشر
وانما يختصر على رأي المؤلف الشخصي فقط.

يحظر طبع أو تصوير أو ترجمة أو إعادة تنفيذ الكتاب كاملاً أو مجزئاً أو تسجيله على أشرطة كاسيت أو إدخاله على الكمبيوتر أو برمجته على اسطوانات ضوئية إلا بموافقة الناشر خطياً

Scanned by CamScanner

# المحتويات


| الموضوع | الصفحة |
|---|---|
| المقدمة | 13 |
| **الفصل الأول : ضوء الشمس** | 17 |
| 1. شدة الضوء . | 20 |
| 2. طول الفترة الضوئية . | 27 |
| 3. طول الموجة | 31 |
| **الفصل الثاني : درجات الحرارة .** | 35 |
| 1. الحدود الحرارية الدنيا . | 40 |
| 2. الحدود الحرارية المثلى . | 47 |
| 3. الحدود الحرارية العليا . | 50 |
| 4. درجات الحرارة المتجمعة . | 54 |
| 5. فصل النمو. | 59 |
| 6. السكون. | 61 |
| 7. درجة حرارة التربة . | 62 |
| **الفصل الثالث : الضغط الجوي والرياح** | 71 |
| 1. التدرج في أقيام الضغط الجوي . | 72 |
| 2. قوة كوريولس . | 77 |
| 3. قوة الاحتكاك . | 78 |
| تأثير الضغط الجوي على النبات . | 78 |
| تأثير الرياح على النبات . | 79 |
| 1. التأثير الإيجابي للرياح على النبات . | 79 |
| 2. التأثير السلبي للرياح على النبات . | 81 |
| الحد من اثر الرياح السلبي . | 86 |
| **الفصل الرابع : الرطوبة** | 89 |
| الرطوبة الجوية . | 91 |




Scanned by CamScanner

| الموضوع | الصفحة |
|---|---|
| 1. الرطوبة النوعية . | 94 |
| 2. الرطوبة المطلقة . | 97 |
| 3. ضغط بخار الماء ونسبة الخلط . | 100 |
| 4. نقطة الندى . | 103 |
| 5. الرطوبة النسبية | 105 |
| رطوبة التربة . | 110 |
| 1. عناصر الطقس والمناخ . | 110 |
| 2. نوعية التربة . | 111 |
| 3. اختلاف المتطلبات المائية بين النباتات . | 113 |
| 4. عمق الماء الأرضي ومقدار الاستفادة منه . | 114 |
| 5. انحدار سطح الأرض . | 124 |
| **الفصل الخامس : التكاثف والتساقط** | 125 |
| حالات الماء . | 127 |
| التكاثف . | 129 |
| كيفية حصول التكاثف . | 129 |
| نويات التكاثف . | 130 |
| انطلاق الحرارة الكامنة . | 132 |
| أسبات تحرك الهواء نحو الأعلى . | 133 |
| سبب برودة الهواء الرطب . | 133 |
| أنواع التكاثف . | 134 |
| 1. الندى | 134 |
| 2. الصقيع . | 135 |
| 3. الضباب . | 137 |
| 4. الغيوم . | 140 |
| التساقط . | 143 |
| 1. المطر . | 144 |
| أ. كمية الأمطار . | 146 |



Scanned by CamScanner

| الموضوع | الصفحة |
|---|---|
| ب. التوزيع السنوي للأمطار. | 150 |
| ج. مقدار ما يستفيده المحصول الزراعي من تلك الأمطار. | 151 |
| الأمطار الحامضية . | 153 |
| الأستمطار. | 154 |
| 2. البرد . | 155 |
| 3. الثلج . | 156 |
| **الفصل السادس : التبخر** | 157 |
| دورة الماء في الطبيعة . | 159 |
| التبخر والنتح . | 161 |
| العوامل المؤثرة على التبخر والنتح . | 164 |
| أولا: العامل المناخي . | 164 |
| ثانيا: العوامل الأرضية . | 166 |
| ثالثا: العامل النباتي . | 170 |
| رابعا: العامل البشري . | 172 |
| استخدام المعادلات التجريبية في قياس التبخر/نتح : | 173 |
| 1. معادلة بليني – كريدل . | 174 |
| 2. معادلة كوتاجن . | 179 |
| 3. معادلة أيفانوف . | 180 |
| 4. معادلة ثورنثويت . | 181 |
| 5. معادل خوسلا . | 185 |
| 6. معادلة خروفه . | 186 |
| 7. معادلة بنمان . | 187 |
| **الفصل السابع : الجفاف .** | 203 |
| تعريف الجفاف . | 205 |
| حالات الجفاف . | 206 |
| الأسباب الطبيعية للجفاف . | 206 |
| العوامل البشرية . | 211 |



Scanned by CamScanner

| الموضوع | الصفحة |
|---|---|
| السبل المقترحة لمواجهة مشكلة الجفاف . | 212 |
| الزراعة في المناطق الجافة وشبه الجافة . | 216 |
| دلائل الجفاف : | 220 |
| 1. معامل لانج . | 220 |
| 2. معامل دي مارتون . | 222 |
| 3. معادلة شرف . | 223 |
| 4. دليل أيفانوف . | 224 |
| 5. معامل جفاف كابوت ري . | 226 |
| 6. معامل ستيتز . | 227 |
| 7. معامل جفاف ماير . | 229 |
| 8. معامل كوبن للجفاف . | 230 |
| 9. معامل سلخوزبروم . | 232 |
| 10. معادلة ميزواندروز . | 232 |
| 11. علاقة سكاتا . | 234 |
| 12. معامل جفاف كوسن ووالتر الشهري . | 234 |
| **الفصل الثامن : الموازنة المائية المناخية** | 235 |
| مفهوم الموازنة المائية المناخية . | 237 |
| طرق استخراج الموازنة المائية المناخية . | 241 |
| أهمية الموازنة المائية المناخية . | 250 |
| **الفصل التاسع : المناخ وتربية الحيوانات .** | 251 |
| 1. درجة الحرارة . | 254 |
| 2. الأشعاع الشمسي . | 264 |
| 3. الرطوبة الجوية . | 267 |
| 4. الأمطار والثلوج . | 270 |
| 5. الندى . | 272 |
| 6. الضغط الجوي . | 272 |
| 7. الرياح . | 273 |



Scanned by CamScanner

| الموضوع | الصفحة |
|---|---|
| 8. التبخر. | 274 |
| 9. الجفاف . | 275 |
| **الفصل العاشر : الآفات الزراعية :** | 279 |
| أولا: الآفات الحشرية . | 281 |
| 1. ضوء الشمس . | 282 |
| 2. درجة الحرارة . | 285 |
| 3. الرطوبة الجوية . | 297 |
| 4. أشكال التكاثف . | 300 |
| 5. أشكال التساقط . | 301 |
| 6. الضغط الجوي . | 302 |
| 7. الرياح . | 302 |
| ثانيا: الآفات المرضية . | 303 |
| 1. ضوء الشمس . | 305 |
| 2. درجة الحرارة . | 306 |
| 3. الرطوبة الجوية والأرضية . | 308 |
| 4. الرياح . | 309 |
| ثالثا: الأدغال . | 310 |
| رابعا: القوارض . | 312 |
| قائمة المصادر والمراجع | 313 |



Scanned by CamScanner

# المقدمة

إن الزراعة في حقيقتها تشمل فرعين أساسيين هما النبات والمحاصيل الزراعية من جهة، وتربية الحيوان من جهة ثانية. ويكمل هذان الفرعان أحدهما الآخر. فالنبات والمحاصيل الزراعية تعد أحيانا مادة علف وغذاء للحيوانات كمحاصيل الذرة والشعير والجت والبرسيم. كما أن فضلات الحيوانات كالأبقار والأغنام والدواجن تستعمل كمادة عضوية تمد النبات بمتطلباته الغذائية. لذا عند دراسة تأثير المناخ على الزراعة ينبغي دراسة هذين الفرعين وعدم التفريق بينهما.

إن موضوع المناخ والزراعة يقع في حقيقة الأمر ضمن علم المناخ التطبيقي *Applied Climatology* الذي يمثل تأثير عناصر المناخ على مختلف الأنشطة البشرية ومنها النشاط الزراعي. كما يقع من ناحية أخرى ضمن موضوع علم المناخ الزراعي *Agricultural Climatology* وذلك لأنه يهتم بتأثير المناخ على مختلف مراحل نمو النبات من طور البذار إلى طور النضج والجني، فضلا عن اهتمامه بتربية الحيوانات، ودراسة الآفات الزراعية التي تصيب النبات والحيوان.

ورغم التطور العلمي والتكنولوجي الذي توصل الإنسان إليه، وسخرهما لخدمته في مختلف الأنشطة البشرية، لاسيما ونحن ألان في العقد الثاني من القرن الحادي والعشرين، والذي ذلل فيه الإنسان الكثير من الصعوبات التي تواجهه. إلا أن المناخ لا يزال العامل الأول والأساس الذي يقف محددا للعديد من الأنشطة البشرية ومنها النشاط الزراعي. فهو الذي



Scanned by CamScanner

يحدد زراعة نبات أو محصول معين في منطقة دون أخرى، كتحديد زراعة نبات الزيتون في منطقة مناخ حوض البحر المتوسط، وزراعة الموز وقصب السكر والشاي والكاكاو في العروض المدارية، وزراعة النخيل في العروض المعتدلة الدافئة، فضلاعن ذلك قد تنجح زراعة نبات في عدة مناطق إلا أن أفضل نمو وإنتاج له يكون في منطقة دون أخرى، فالحمضيات تعد من نباتات المنطقة الاستوائية التي يكون نموها وإنتاجها مستمر طيلة السنة. إلا أنه رغم زراعتها إلى الشمال والجنوب من الدائرة الاستوائية إلى حدود 40 درجة شمالاوجنوبا فأن نموها وإنتاجها يتأثر بالظروف المناخية السائدة في تلك المناطق.

أن المناخ بعناصره المختلفة لا يقتصر تأثيره على النبات المزروع بل هو يحدد تربية أنواع الحيوانات في منطقة دون غيرها، فالجمل مثلاله بيئته الصحراوية التي تكيف لها، لذا لا يمكن أن يربى في المنطقة الجبلية، كما أن الجاموس له بيئته التي تتمثل بالأراضي السهلية وحيث توجد الأنهار والأهوار، لذا لا يمكن أن يربى في المناطق الصحراوية الجافة.

لا يقتصر تأثير المناخ على تحديد النوع وإنما يشمل اصناف النوع الواحد سواء كان ذلك للنبات أو الحيوان،

فأصناف الحمضيات كالكريب فروت والنارنج يمكن لها أن تتحمل ظروف مناخية متطرفة أكثر من تحمل الليمون الحلو، وهذا ينعكس على سعة المساحة المزروعة بالنوع الأول وقلتها بالنوع الثاني، وكذلك الحال بالنسبة للقمح الربيعي الذي يزرع في العروض العليا الباردة، والقمح الشتوي الذي يزرع في العروض المعتدلة الدافئة والباردة، كما أن مناطق تربية الحيوانات تختلف وفقالصنفها فأبقار الألبان تتركز في مناطق غير مناطق



Scanned by CamScanner

أبقار اللحوم، وأغنام الصوف لها بيئتها التي تختلف عن بيئة أغنام اللحوم .

ولأجل إعطاء هذه الدراسة حقها فقد أحتوى الكتاب على عشرة فصول، خصص أولها عن ضوء الشمس الذي يعد عنصرالابد منه في صنع غذاء النبات عن طريق عملية التمثيل الضوئي، ثم جاء الفصل الثاني عن درجات الحرارة لارتباطها بالإشعاع الشمسي، وأن لكل نبات درجات حرارية مثلى ودنيا وعليا وأخرى ضارة به.

أما الفصل الثالث فبحث في موضوع الضغط الجوي والرياح لتأثر الرياح به وتأثره بدرجات الحرارة، بينما درس الفصل الرابع موضوع الرطوبة بمصطلحاتها الشائعة.

وركز الفصل الخامس على موضوع التكاثف بمظاهره، والتساقط بأشكاله المختلفة. في حين تخصص الفصل السادس بالبحث في موضوع التبخر والعوامل المؤثرة فيه مستخدما أهم المعادلات التجريبية عن هذا الموضوع المهم للنبات والمحاصيل الزراعية.

أما الفصل السابع فبحث في موضوع الجفاف متطرقافيه إلى أهم المعادلات والصيغ الرياضية التي تناولت حساب معامل الجفاف. وبعد ذلك جاء الفصل الثامن ليدور حول موضوع الموازنة المائية المناخية لدورها في توضيح مقدار الفائض أو العجز المائي، والذي له علاقة باحتياجات النبات من المياه،

أما الفصل التاسع فخصص للمناخ وتربية الحيوانات متطرقافيه إلى تأثير مختلف عناصر المناخ على الحيوان من حيث بيئته المناخية المناسبة والتي لها أثارها على مواصفاته المورفولوجية ومقدار إنتاجيته، بينما خصص الفصل الأخير العاشر للآفات الزراعية المتنوعة من حشرات وأمراض وأدغال



Scanned by CamScanner

وقوارض وتأثير عناصر المناخ عليها، ومن خلال هذه الفصول تم التطرق
النواحي الإيجابية والسلبية لعناصر المناخ على الزراعة وكيفية تلافي إضرار
معززا الدراسة في هذا الكتاب بالجداول والأشكال والخرائط المناسبة. وأتمنى
ياه مصدرا من المصادر المفيدة التي ينهل منها طلاب العلم والباحثين. والله ول
لتوفيق .

المؤلف

Scanned by CamScanner

## الفصل الأول

# ضوء الشمس
# *Sun Light*

- ✓ شدة الضوء .
- ✓ طول الفترة الضوئية .
- ✓ طول الموجة

Scanned by CamScanner

# ضوء الشمس

# *Sun Light*

ضوء الشمس هو موجات كهرومغناطيسية Electromagnetic radiation مرئية، تحمل طاقةً معها، وتشكل نسبة تبلغ نحو 41٪ من جملة الإشعاع الشمسي[1]، ويعد ضوء الشمس عامل مناخي ضروري لحياة النبات، لأن المادة الخضراء (الكلوروفيل) لا تنمو، ولا تعيش إلا حيث يتوافر الضوء. فالنبات الذي لا يحصل على قدرٍ كافٍ من الضوء يكون ضعيفاً وهزيلاً ذو أوراق وفروع قليلة، ويميل إلى الطول لأجل الوصول إلى الضوء المناسب. وإذا كان مقدار الضوء متوسطاً فأن النبات يزدهر بالأوراق الخضراء، ولكنه لا يزدهر بالأزهار النظرة[2]. أما في حال وفرة الضوء فأنه يزدهر بالأوراق والأزهار معاً. وذلك لأن الضوء يعطي الطاقة اللازمة لعملية التمثيل الضوئي Photosynthesis ، وصنع الغذاء، والتي تمثلها المعادلة الآتية[3]:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 674 \xrightarrow[\text{كلوروفيل}]{\text{ضوء}} 6Co_2 + 6H_2o$$

في هذه العملية يتحد ثاني أوكسيد الكاربون الذي يحصل عليه النبات من الجو عن طريق التنفس مع الماء، وبمساعدة ضوء الشمس، ووجود مادة الكلوروفيل الخضراء، ينتج الكلكوز، وطاقة، وأوكسجين تنجم عن ذلك التفاعل، مما يساعد

---

(1) Arthur N. Strahler, Introduction to Physical geography, third edition, John Wiley and Sons, inc, USA, 1973, P.55.

(2) يوسف عبد المجيد فايد، جغرافية المناخ والنبات، دار النهضة العربية، بيروت، 1971، ص299 .

(3) مخلف شلال مرعي وإبراهيم محمد حسون القصاب، جغرافية الزراعة، جامعة الموصل، 1996، ص32 .



Scanned by CamScanner

النبات في تكوين خلايا أنسجته. فعملية التمثيل الضوئي لا تقتصر على عملية تحويل ثاني أوكسيد الكاربون فقط. بل تساعد النبات في تحويل المواد الغذائية والمعدنية التي يحصل عليها من التربة، واستخدامها في تكوين المواد الغذائية المختلفة كالسكريات والبروتينات، والفيتامينات وغيرها. وبذلك تعد النباتات المصنع الأساس لهذه العناصر التي يحصل عليها كلاً من الإنسان والحيوان بعد ذلك من النبات[1].

يؤثر ضوء الشمس على النبات من ثلاث جوانب، وكما يأتي :

1) **شدة الضوء** *Light intensity* :

تتفاوت قيم الشدة الضوئية الوسطية التي يتعرض لها سطح الأرض من 100000 لوكس[*] تحت الأشعة الشمسية مباشرة في يوم صحو، إلى 1000 لوكس في الظل في الشروط نفسها، ثم إلى 100 لوكس داخل غرفة مضاءة بالأشعة الشمسية المنتشرة[2].

وتصدر من الشمس طاقة تتمثل بضوء وحرارة، فالضوء يمكن رؤيته بواسطة العين، والحرارة يمكن الشعور بها عن طريق مسك الأشياء الدافئة باليد[3]. وتتعرض هذه الطاقة المتمثلة بالإشعاع سواءً كانت ضوءً أو حرارة إلى ثلاث عمليات هي الانعكاس Reflection، والتشتت Deflection، والامتصاص Absorption، وبذلك يختلف مقدار الواصل من ضوء الشمس ومقدار شدته إلى سطح الأرض من مكان إلى

---

(1) نفس المكان، ص32 .

(*) كل شمعة / قدم = 0.764 لوكس.

(2) خالد عقيل وفواز سيوف، تأثير ضوء الشمس في الخصائص الطيفية المميزة لزيت الزيتون، مجلة باسل الأسد للعلوم الهندسية، العدد الثالث عشر، وزارة التعليم العالي في الجمهورية العربية السورية، 2001، ص116 .

(3) Alan Strahler and Arthur Strahler, Introducing Physical geography, third edition, John Wiler and Sons inc, USA, 2003, P.52.



Scanned by CamScanner

آخر وفقاً لعوامل عدة :

أ. **الثابت الشمسي** Solar Constant : هو معدل الطاقة الواصلة إلى أعلى الغلاف الغازي في الدقيقة الواحدة، والتي تقدر بنحو 1,95 سعرة/ سم2[1]. وتتباين الطاقة الواصلة إلى أعلى الغلاف الغازي وفقاً لمقدار الطاقة الشمسية الصادرة من الشمس نتيجة ظهور البقع الشمسية[2].

ب. **شفافية الغلاف الغازي**: وتعتمد على مقدار ما يوجد في الغلاف الغازي من غيوم ورطوبة وغبار وشوائب وغازات.

ج. **طول النهار وفصول السنة** : وتتناسب شدة ضوء الشمس مع طول النهار، والاقتراب من فصل الصيف طردياً، والعكس صحيح، إذ تتناسب شدة الضوء مع قصر النهار، والاقتراب من فصل الشتاء عكسياً.

د. **زاوية السقوط إذا كانت عمودية، أو شبه عمودية، أو مائلة** : إذ تزداد شدة الضوء بالاقتراب من الزاوية العمودية، والعكس صحيح، إذ تقل شدته بالاقتراب من الزاوية المائلة .

ه. **الارتفاع عن سطح البحر**: كلما ازداد الارتفاع، ازدادت شدة ضوء الشمس الواصلة، وذلك لأن شفافية الغلاف الغازي تزداد وضوحاً بالارتفاع.

من ملاحظة خريطة (1) ، وجدول (1) وتحليلهما يتضح أن مقدار الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض يتباين في مواقع مختلفة من الكرة الأرضية، إذ يعد الوطن العربي من أكثر مناطق العالم تسلماً للطاقة الواصلة من الشمس، إذ تتراوح كمية الإشعاع الواصلة إليه ما بين 160-220 كيلو سعرة / سم$^2$ / سنة بسبب صفاء

---

(1)H. J. de Blij and Peter O. Muller, Physical geography of the global environment, second edition, John Wiley and Sons, inc, USA, 1996,P.73.

(2) صادق جعفر الصراف، علم البيئة والمناخ، دار الكتب، الموصل، 1980، ص53 .



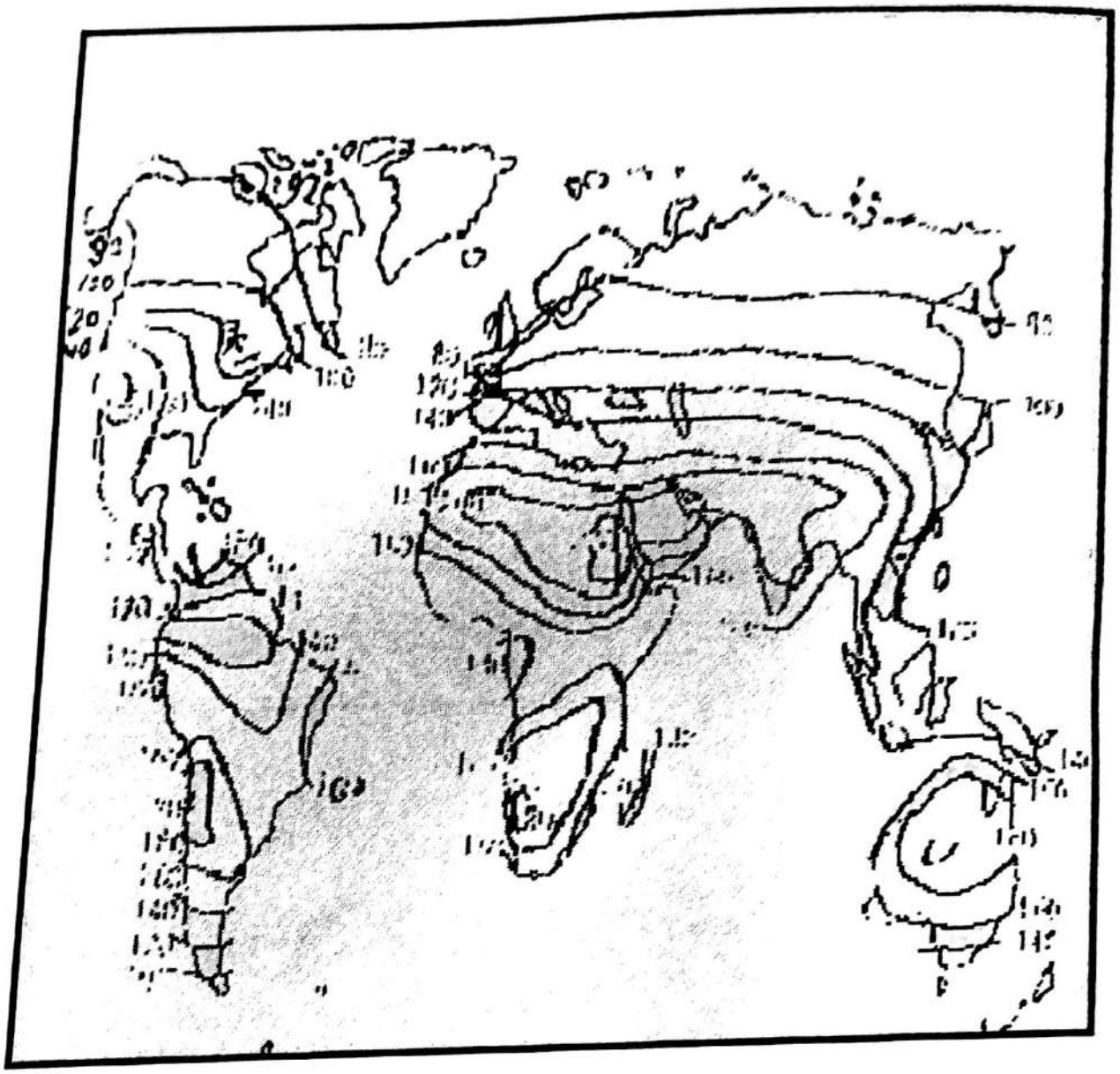
Scanned by CamScanner

سماء معظم أقطاره، وجفاف هواءها، لاسيما صيفاً لوقوعها تحت تأثير الضغط العالي شبه المداري. وهذا ينعكس على أنواع النباتات التي يمكن أن تزرع فيه، والتي يمكن لا تتحمل مثل تلك الكمية الواصلة من الإشعاع الشمسي. في حين تعد بقية دول أسيا غير العربية، وأوربا من أقل مناطق الكرة الأرضية في مقدار الإشعاع الشمسي الواصل إليها، والتي تتراوح ما بين 80-160 كيلو سعرة/ سم$^2$/ سنة بسبب وقوع مناطقها الشمالية ضمن العروض الباردة والمعتدلة الباردة، وموقع القسم الآخر من مناطق أسيا تحت تأثير الرياح الموسمية في الفصل الدافئ من السنة، وبعض مناطق أوربا لتأثير الرياح العكسية، والتي لها دوراً مهماً في سقوط الأمطار وتلبد السماء بالغيوم، الأمر الذي يؤدي إلى حجب كثير من الإشعاع الشمسي الواصل إلى تلك المناطق، كما تنخفض كمية الإشعاع الواصلة في المناطق الشمالية لأمريكا الشمالية إلى نحو 80 كيلو سعرة / سم$^2$ / سنة لوقوعها في العروض الباردة، ثم تزداد في جنوبها إلى نحو 200 كيلو سعرة / سم$^2$ / سنة. أما قارة أفريقيا غير العربية، وقارة استراليا فهي أكثر من مناطق أسيا غير العربية، وأوربا، وأمريكا الشمالية، لكنها أقل من الوطن العربي، إذ يتراوح مدى الإشعاع الشمسي فيها بين 140-200 كيلو سعرة/ سم$^2$/ سنة.



Scanned by CamScanner

خريطة (1) الإشعاع الشمسي فوق المناطق المختلفة من سطح الأرض
بالكيلو سعرة سم2/ السنة.



المصدر : عبد الله لجم العاني، أهمية معرفة الاحتياجات المائية للنبات في الزراعة، مجلة الاحتياجات المائية للمحاصيل والأشجار في المناطق البيئية العربية المختلفة، مطبعة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، بغداد، 1988، ص32 .



Scanned by CamScanner

جدول (1) الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض
في مواقع مختلفة من الكرة الأرضية.

| الموقع | مدى الإشعاع (كيلو سعرة / سم2 / سنة) |
|---|---|
| الأقطار العربية | 160 إلى > 220 |
| استراليا | 140 إلى 200 |
| أفريقيا (غير العربية) | 140 إلى 200 |
| أميركا الجنوبية | 100 إلى 200 |
| أميركا الشمالية | 80 إلى 200 |
| أسيا (غير العربية) | 80 إلى 160 |
| أوربا | 80 إلى 160 |

المصدر : عبد الله نجم العاني، أهمية معرفة الاحتياجات المائية للنبات في الزراعة، مجلة الاحتياجات المائية للمحاصيل والأشجار في المناطق البيئية العربية المختلفة، مطبعة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، بغداد، 1988، ص33 .

أن نسبة الأشعة الضوئية وشدتها الواصلة إلى سطح أوراق النبات لا يقتصر تباينها من منطقة إلى أخرى بل تتباين باختلاف نوع النباتات، ومواسم نموها ومراحل النمو. إذ تتلقى الأوراق العليا للنبات الواحد كمية من الضوء أكبر مما تتلقاه الأوراق السفلى، ويظهر هذا التباين في شدة الضوء الواصلة إلى النبات أثراً واضحاً في التنوع الفيزيولوجي والمورفولوجي للمحاصيل الزراعية وأوراق النبات الواحد فالأوراق المعرضة لأشعة الشمس تكون صغيرة نسبياً وسميكة، أما الأوراق التي تقع في الظل فتتصف بدقتها، وكبر مساحة سطحها لكي تستفيد من الكمية القليلة التي تستقبلها من الضوء[1].

(1) مخلف شلال مرعي وإبراهيم محمد حسون القصاب، مصدر سابق، ص34 .



Scanned by CamScanner

إن شدة الضوء لها دور كبير في تحديد نمو النبات، فالزيادة عن الحد المطلوب من الضوء يصيبه بأضرار واضحة قد توقف عملية التمثيل الضوئي، أو تتلف مادتها الخضراء في بعض الأوقات[1]. فخلال شهور حزيران وتموز وآب في المنطقتين الوسطى والجنوبية من العراق، إذ يكون ضوء الشمس على أشده تصاب بعض النباتات بلفحة الشمس، إذ تصفر أوراقها ويظهر عليها ما يشبه الاحتراق فيؤدي ذلك إلى تساقطها، وهذا يضعف النبات ويوقفه عن النمو، حتى أن ذلك يظهر واضحاً على ثمارها فيؤثر ذلك على مقدار إنتاجيتها. (كما تسبب الإضاءة الشديدة تشققات في قشرة النبات، نتيجة تعرض سيقانه إلى مثل تلك الإضاءة الشديدة أو المباشرة)[2].

وثبت أن الشكل الأفضل لنمو النبات وتطوره الاعتيادي يتطلب إضاءة مقدارها 20-80 كيلو لوكس لتعطي الحد الأمثل للأزهار والأثمار، إلا أن هذه المتطلبات الضوئية تتباين من نبات إلى آخر فمثلاً تحتاج الفاصوليا إلى 8500 – 1100 لوكس، الذرة 1400-1800 لوكس، القمح والشعير 1800-2000 لوكس، اللوبياء والقرع 2400 لوكس، والطماطة وبقية الخضر 4000 لوكس[3].

عموماً يمكن القول أن لكل نبات حدين ضوئيين أدنى وأعلى، لا يمكن للنبات من أن يقوم بعملية التمثيل الضوئي خارجهما. فإذا قلت كثافة الضوء عن الحد الأدنى توقفت عملية التمثيل الضوئي وتحولت الأوراق من عملية صنع الغذاء إلى

---

(1) عبد خليل فضيل وعلوان جاسم الوائلي، علم البيئة، مطبعة الجامعة، جامعة الموصل، 1985، ص38 .

(2) عادل خضر سعيد وعلي حسين عبد الله الدوري، المشاتل وتكثير النباتات، جامعة الموصل، 1982، ص185 .

(3) فاضل الحسني ومهدي الصحاف، أساسيات علم المناخ التطبيقي، مطابع دار الحكمة، بغداد، 1990، ص146-147.



Scanned by CamScanner

عملية التنفس وعندها يقوم بامتصاص الأوكسجين اللازم لتلك العملية بدلاً من ثاني أوكسيد الكاربون لعملية صنع الغذاء. أما إذا ازدادت كثافة الضوء عن الحد الأدنى للتمثيل الغذائي إلى الحد الذي يتعادل فيه حجم ثاني أوكسيد الكاربون المنتفض مع حجم الأوكسجين المطروح في الهواء فتسمى هذه الحالة بنقطة التعادل الضوئي وعندما ترتفع كثافة الضوء عن نقطة التعادل الضوئي يتحول النبات إلى مستوى موجب في عملية صنع الغذاء. وتستمر هذه الحالة في الزيادة لتصل أوجها عند كثافة ضوئية معينة يبدأ بعدها نشاط النبات بالتناقص حتى يتوقف النبات عن القيام بعملية صنع الغذاء، لأن كثافة الضوء العالية تقتل المادة الخضراء، وقد تؤدي إلى موت النبات، إن نقطة التعادل الضوئي والحدين الأدنى والأعلى للكثافة الضوئية تختلف من نبات إلى آخر، كما تختلف باختلاف مراحل النمو بالنسبة للنبات الواحد، وعموماً تكون منخفضة للنباتات والأوراق الظلية، ومرتفعة للنباتات الضوئية. أما كمية الضوء التي تحتاجها معظم النباتات للوصول بها إلى مرحلة التعادل فهي تتراوح بين 200-4200 لوكس. وهذا يعني أن الأوراق والنباتات الظلية لها قدرة عالية في الاستفادة من الضوء القليل وصنع غذائها تحت ضوء شدته 200 لوكس، بينما لا تقوم الأوراق الضوئية بتلك العملية إلا إذا زادت شدة الضوء على 700 لوكس[1].

من خلال ذلك يظهر تباين واضح بين النباتات من حيث تحملها لشدة الضوء فبعضها يتطلب كثافة عالية وبعضها يتطلب كثافة أقل، لذا أن التي تتطلب كثافة عالية يمكن أن تتحمل شدة من الضوء بدرجة أكبر من النباتات التي تتطلب كثافة قليلة، والتي تتحمل شدة من الضوء بدرجة أقل.

---

(1) مخلف شلال مرعي وإبراهيم محمد حسون القصاب، مصدر سابق، ص34-35 .



Scanned by CamScanner

2) **طول الفترة الضوئية** *Light duration* :

ينبغي التمييز هنا بين طول النهار الفعلي، وطول النهار النظري، فالمقصود بطول النهار الفعلي هو عدد الساعات الفعلية لسطوع الشمس والتي تقاس باجهزة خاصة كجهاز كامبل – ستوكس(*). وهذه الساعات الفعلية تتأثر بمقدار ما يوجد في الغلاف الغازي من غيوم وذرات غبار وأتربة ودخان وملوثات جوية يمثلها الهباء الجوي. أما طول النهار النظري فهو عدد الساعات التي تبدأ من شروق الشمس إلى وقت غروبها، وهي تتأثر بحركة الشمس الظاهرية بين المدارين وتعتمد على دوران الأرض حول نفسها ودورانها حول الشمس، لذا تباينت عدد ساعات سطوع الشمس نظرياً على درجات العرض المختلفة وكما في جدول (2). الذي يظهر من تحليله تناقص طول النهار النظري بالاتجاه من دائرة الاستواء نحو القطب الشمالي في شهور كانون الثاني، وشباط، وآذار، وتشرين أول، وتشرين ثاني، وكانون أول، بينما تزداد عدد ساعات النهار النظري بمثل ذلك الاتجاه في شهور نيسان، وأيار، وحزيران، وتموز، وآب، وأيلول.

---

(*) يتكون جهاز كامبل – ستكوس من عدسة بلورية يبلغ قطرها 9,2سم، ومهمتها تجميع أشعة الشمس وتركيزها على ورقة خاصة بحيث تحرق فيها مساراً يتفق مع مسار الشمس. أما إذ لم تكن الشمس ساطعة، فأنه لا يظهر على الورقة أي حرق، وتستعمل ثلاثة أنواع من الأوراق، فالأوراق الخاصة بفصل الصيف تكون طويلة ومحدبة، والأوراق المستعملة في فصل الشتاء تكون قصيرة ومقعرة، أما أوراق فصلي الربيع والخريف فتكون مستقيمة. ينظر:المصدر:نعمان شحادة، المناخ العملي، الأردن، 1983، ص55 .



Scanned by CamScanner

جدول (2) عدد ساعات سطوع الشمس نظريا (طول النهار) على درجات عرض مختلفة في النصف الشمالي من الأرض.

| دائرة العرض(°) | كانون ثاني | شباط | آذار | نيسان | أيار | حزيران | تموز | آب | أيلول | تشرين أول | تشرين ثاني | كانون أول |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 12.07 | 12.07 | 12.07 | 12.07 | 12.07 | 12.07 | 12.07 | 12.07 | 12.07 | 12.07 | 12.07 | 12.07 |
| 10 | 11.35 | 11.49 | 12.04 | 12.21 | 12.34 | 12.42 | 12.40 | 12.28 | 12.12 | 11.55 | 11.40 | 11.32 |
| 20 | 11.02 | 11.21 | 12.00 | 12.26 | 13.04 | 13.20 | 13.16 | 12.50 | 12.17 | 11.42 | 11.12 | 10.56 |
| 30 | 10.24 | 11.10 | 11.57 | 12.53 | 13.38 | 14.04 | 13.56 | 13.16 | 12.22 | 11.28 | 10.40 | 10.14 |
| 31 | 10.21 | 11.04 | 11.57 | 12.55 | 13.44 | 14.09 | 13.59 | 13.19 | 12.25 | 11.28 | 10.34 | 10.09 |
| 32 | 10.17 | 11.02 | 11.58 | 12.56 | 13.49 | 14.14 | 14.04 | 13.22 | 12.26 | 11.25 | 10.31 | 10.04 |
| 40 | 9.37 | 10.42 | 11.53 | 12.14 | 14.22 | 15.00 | 14.49 | 13.48 | 12.31 | 11.10 | 10.01 | 9.20 |
| 50 | 8.30 | 10.07 | 11.48 | 12.44 | 15.22 | 16.21 | 15.38 | 14.33 | 12.42 | 10.47 | 9.06 | 8.05 |
| 60 | 6.38 | 9.11 | 11.41 | 14.31 | 17.04 | 18.49 | 17.31 | 15.46 | 12.00 | 10.11 | 7.27 | 5.54 |
| 70 | 0 | 7.20 | 11.8 | 20.16 | 22.13 | 24.00 | 24.00 | 18.26 | 13.34 | 9.03 | 3.06 | 0 |
| 80 | 0 | 0 | 10.52 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 15.16 | 15.16 | 0 | 0 |
| 90 | 0 | 0 | 0 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 24.00 | 0 | 0 | 0 |

المصدر : نعمان شحادة، المناخ العملي، الأردن، 1983، ص60 .

تؤثر الفترة الضوئية على النمو الخضري للنباتات ودرجة تفرعها وشكل الأوراق، وتطور الجذور وقابلية النباتات للإصابة بالأمراض وغيرها، وتختلف النباتات فيما بينها في مدى استجابتها للتوقيتات الضوئية، إذ يوجد لكل نبات فترة



Scanned by CamScanner

ضوئية مثلى لنموه وأخرى تكون حرجة له. وعلى أساس حاجة المحاصيل الزراعية من المدة الضوئية يمكن تصنيفها إلى ثلاثة مجاميع هي[1]:

أ- محاصيل النهار القصيرة Short day Crops : وتحتاج إلى نهار أقل من 12 ساعة كالذرة الصفراء، والبيضاء، والفول السوداني، وقصب السكر .

ب- محاصيل النهار الطويل Long day Crops : وتزدهر إذا زاد طول النهار عن 12 ساعة كالقمح والشعير والعدس والبنجر .

ج- المحاصيل المحايدة Neutral day Crops : وهي لا تتأثر بطول الفترة الضوئية كعباد الشمس والباقلاء .

أن طول الفترة الضوئية يؤثر في عملية التمثيل الضوئي، إذ تقوم الأوراق وبمساعدة ضوء الشمس بعملية تحويل المواد الأولية من معادن وأملاح ذائبة قادمة في النسغ الصاعد إلى مواد غذائية تعود إلى بقية أجزاء النبتة عن طريق النسغ النازل، لذا ارتبطت زراعة بعض المحاصيل في منطقة دون أخرى وفقاً لذلك، كما في طول تيلة القطن في الولايات المتحدة الأمريكية، إذ كان للمنطقة التي فيها فترة من ضوء الشمس تزيد على 2400 ساعة ضوئية تيلة من القطن أطول من تيلة المحصول الذي يزرع في مناطق تتوفر فيها فترة ضوئية تصل إلى 2000 ساعة ضوئية، كما أن جودة القطن المصري ترجع إلى توفر ساعات ضوئية تزيد على 2800 ساعة ضوئية. بينما هناك بعض المحاصيل يكون أثر ضوء الشمس وعدد الساعات الضوئية محدوداً، وقد يكون سلبياً عليها، ومنها محصول البن الذي يحتاج إلى ساعات ضوئية محدودة[2].

وعموماً أن طول الفترة الضوئية يعد من العناصر الضرورية لنمو النبات، إذ

---

(1) مخلف شلال مرعي وإبراهيم محمد حسون القصاب، مصدر سابق، ص36-37 .

(2) نوري خليل البرازي وإبراهيم عبد الجبار المشهداني، الجغرافية الزراعية، ط2، دار الكتب، جامعة الموصل، 2000، ص54 .



Scanned by CamScanner

كلما زادت الفترة الضوئية كلما ساعد ذلك على سرعة النمو، لأنه يوفر وقتاً كافياً تتم فيه عملية صنع الغذاء اللازم لنمو النبات بصورة أفضل، لذا أن زيادة طول النهار في فصل الصيف الشمالي والجنوبي باتجاه القطبين والذي يصل إلى نحو 6 شهور عند الدائرة القطبية، وأربعة شهور عند دائرة عرض $78,11^{-}$ درجة، وشهرين عند الدائرة $69,51^{-}$ درجة، وشهر واحد عند الدائرة $67,21^{-}$°، و 24 ساعة عند الدائرة $66,5^{-}$° يلاحظ جدول (3) . يساعد النباتات على أن تتم دورة حياتها ونضجها في فترة أقصر، وبحرارة متجمعة أقل مما يلزم لنموها في العروض الأكثر دفئاً. فالقمح الربيعي مثلاً يتم نموه ونضجه في شمال السويد في 79 يوماً، بينما يحتاج إلى حوالي 107 يوم في جنوبها، وذلك لتزايد طول النهار في الصيف كلما اتجهنا شمالاً نحو القطبين، كما أن نجاح زراعة المحاصيل الجذرية التي تحتوي على نسبة عالية من النشويات ومردودها العالي بالوحدة المساحية في العروض العليا الباردة يرجع إلى الساعات الطويلة من أشعة الشمس، ووفرة الضوء. لهذا السبب نجد أن زراعة البطاطس تتركز عموماً في تلك العروض من العالم، ويندهش الزائر إلى الأقاليم الباردة، لاسيما شبه القطبية في الأسكا، وشمال أوربا، وأسيا من الأحجام الكبيرة لرؤوس اللهانة والخس والبنجر[1] كما أن لطول الفترة الضوئية التي تعوض عن انخفاض درجات الحرارة الدور الكبير في توسع زراعة بعض أنواع الحبوب شمالاً في الكرة الأرضية كما في السويد والنرويج وكندا[2].

---

(1) عبد علي الخفاف وعلي شلش، الجغرافيا الحياتية، ط1، دار الفكر، عمان، الاردن، 2000، ص66-67 .

(2) نوري خليل البرازي وإبراهيم عبد الجبار المشهداني، مصدر سابق، ص55 .



Scanned by CamScanner

جدول (3) أطول نهار وفقاً لدوائر العرض.

| دائرة العرض (°) | 0 | 17 | 41 | 49 | 63 | 66,5° | 67,21° | 69,51° | 78,51° | 90 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| طول النهار | 12 ساعة | 13 ساعة | 15 ساعة | 16 ساعة | 20 ساعة | 24 ساعة | 1 شهر | 2 شهر | 4 شهر | 6 شهر |

**المصدر :** *Gleen T. Trewartha, Arthur H. Robinson and Edwin H. Hammond, Elements of Geography, 5th edition, McGraw Hill, Inc., USA, 1967, P.49.*

من خلال ذلك يظهر أن النبات لا يمكن أن يستغني عن ضوء الشمس، وحتى النباتات الظلية تحتاجه ولو بقدر قليل، لأنه لا غنى عنه في عملية التمثيل الضوئي الضرورية لصنع الغذاء وتوفر الطاقة اللازمة للنبات ليبني خلايا أنسجته، إذ كان لطول الفترة الضوئية دورها في انتشار زراعة نباتات ومحاصيل عديدة في أماكن لم تكن مزروعة قبل ذلك بعدما تمكن الإنسان من زراعتها نتيجة للتطور العلمي والتكنولوجي، الذي أوجد أصنافاً ملائمة لوفرة الضوء نتيجة طول النهار، رغم انخفاض درجات الحرارة فيها.

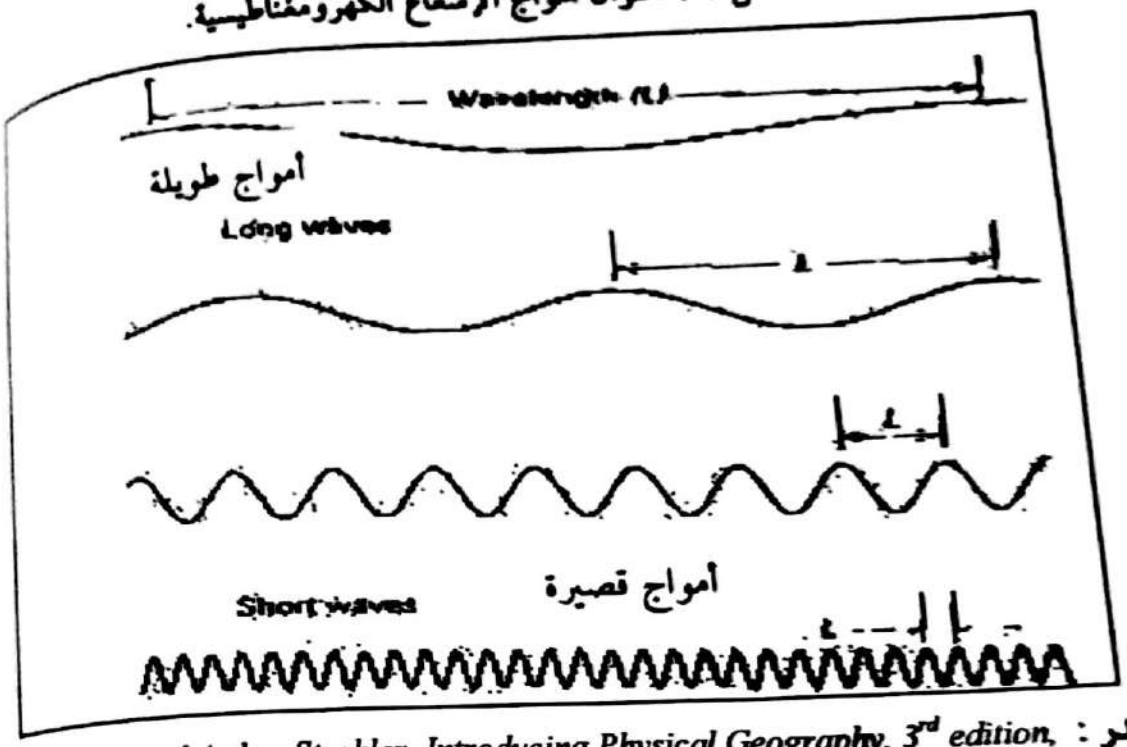
### 3) **طول الموجة** *Wave Length* :

يقصد بطول الموجة المسافة الفاصلة بين قمة الموجة الواحدة وقمة الموجة التالية لها. فإذا كانت المسافة متقاربة بين الأمواج سميت بالأمواج القصيرة، أما إذا كانت المسافة متباعدة بين الأمواج سميت حينئذ بالأمواج الطويلة، ويقاس طول الموجة الضوئية بوحدة قياس تسمى الميكرون ويساوي 0,001 من المليمتر. يلاحظ شكل (1) .



Scanned by CamScanner

شكل (1) أطوال أمواج الإشعاع الكهرومغناطيسية.




المصدر : *Alan Strahler and Arthur Strahler, Introducing Physical Geography, 3rd edition, John Wiley and Sons, Inc., USA2003, P.53.*

تعد الشمس المصدر الأساس للضوء الذي يمثل الجزء المرئي من الأشعة الشمسية وهو ذو أمواج قصيرة يتراوح طولها بين 0,4 – 0,7 ميكرون. وتعد ألوان الطيف الشمسي الواقعة ضمن هذه الأطوال من أكثر الألوان الضوئية استجابة لعملية التمثيل الضوئي. وأكثر الألوان التي يمتصها النبات هي التي يتراوح طول موجاتها بين 0,40 – 0,49 ميكرون، ومنها الأزرق والبنفسجي، وأقلها امتصاصاً الألوان التي يتراوح طول موجاتها بين 0,49 – 0,59 ميكرون ومنها الأصفر والأخضر[1].

يمكن ترتيب ألوان الطيف الشمسي الضوئية من الأقصر طولاً إلى الأكثر على النحو الآتي : البنفسجي، النيلي، الازرق، الاخضر، الاصفر، البرتقالي، والأحمر، الذي يمثل نهاية الأشعة المرئية[2]. ويعد الضوء الأحمر أهم حزمة ضوئية في تكوين

---

(1) مخلف شلال مرعي وإبراهيم محمد حسون القصاب، مصدر سابق، ص33 .

(2)Herbert Riehl, Introduction to the Atmosphere, McGraw Hill, Inc., USA, 1965, P34.



Scanned by CamScanner

الكربوهيدرات في النبات[1] كما تعد الأشعة الحمراء من أكثر أنواع الأشعة تأثيراً على النباتات، لأنها تؤثر على عملياتها الحيوية جميعاً ابتداءً من إنبات البذور، ونمو السيقان، والنمو الخضري، وتكوين الكلوروفيل، والبراعم الزهرية، ونمو الجذور، وعملية التمثيل الضوئي. وفي حالة عدم وصول الأشعة الحمراء إلى هذه النباتات فأن جميع الأنشطة المذكورة سوف تتعرض إلى الاختلال[2].

توجد علاقة بين أوراق الاشجار وطول الموجة الضوئية، فأوراق الاشجار تؤثر على مقدار الممتص والنافذ والمنعكس من ضوء الشمس حيث يكون الامتصاص كبيراً في الضوء المرئي، ويقل في الموجات التي أطوالها تصل إلى نحو 1,00 ميكرون، بينما يحصل العكس في الإشعاع النافذ والمنعكس، إذ يقل في الضوء المرئي، ويزداد في الموجات 1,00 ميكرون، يلاحظ جدول (4) .

جدول (4) النسبة المئوية للضوء الممتص والنافذ والمنعكس

للأوراق في موجات ضوئية مختلفة

| طول الموجة الضوئية (ميكرون) | الممتص ٪ | النافذ ٪ | المنعكس ٪ |
|---|---|---|---|
| 0,34 | 91 | 0 | 9 |
| 0,44 | 87 | 2 | 11 |
| 0,51 | 76 | 10 | 14 |
| 0,58 | 76 | 10 | 14 |
| 0,64 | 78 | 9 | 13 |
| 1,00 | 5 | 50 | 45 |
| 2,40 | 45 | 48 | 7 |

المصدر: رياض عبد اللطيف أحمد، الماء في حياة النبات، ط1، مطبعة جامعة الموصل، الموصل، 1984، ص63 .

---

(1) فاضل الحسني ومهدي الصحاف، أساسيات علم المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص146 .

(2) محمد جمال حسونة، أمراض النبات والبيئة، ط1، منشأة معارف الإسكندرية، مصر، 1999، ص3



Scanned by CamScanner

من خلال ذلك يتبين أن ضوء الشمس هو من الموجات القصيرة، ولها
الأثر على نمو ونشاط مختلف النباتات لاسيما الضوء ذو اللون الطيفي الأحمر، و
يعد ضوء الشمس عنصر ضروري لا غنى عنه لمختلف الأنشطة والفعاليات
للنبات من أجل ثمار أفضل نوعاً وكماً .



Scanned by CamScanner

الفصل الثاني

# درجات الحرارة

# *Temperatures*

- ✓ الحدود الحرارية الدنيا .
- ✓ الحدود الحرارية المثلى .
- ✓ الحدود الحرارية العليا .
- ✓ درجات الحرارة المتجمعة .
- ✓ فصل النمو.
- ✓ السكون.
- ✓ درجة حرارة التربة .

Scanned by CamScanner

# درجات الحـــرارة

# *Temperatures*

تعد الشمس المصدر الأساس لحرارة الغلاف الغازي، وسطح الأرض. أما الكميات المستلمة من القمر، والكواكب، والنجوم، وداخل الأرض، فهي غير ذات أهمية مقارنة بها[1].

ويعنى بالحرارة هي الطاقة الكائنة في الجسم، أما درجة الحرارة فهي مقياس لحركة الجزئيات التي تمثل تلك الطاقة الكائنة في الجسم، وتتناسب تلك الطاقة طردياً مع حركة تلك الجزيئات. لذا كانت درجات الحرارة ترتفع كلما اقتربنا من فصل الصيف والنهار، وتقل كلما اقتربنا من فصل الشتاء والليل ، وذلك وفقاً لكمية وشدة الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض، وزاوية سقوطه، وطول فترته الضوئية. ولا يقتصر هذا الاختلاف على الفصول وشطري اليوم الواحد. وانما يشمل ذلك الشهور وساعات اليوم. إذ تصل ذروتها في شهر تموز وآب وعند الساعة الثانية بعد منتصف النهار، بينما تصل أدناها في شهر كانون الثاني، وعند الساعة السادسة صباحاً قبل مدة قصيرة من شروق الشمس. ويختلف ذلك من مكان إلى آخر وفقاً للموقع من دوائر العرض. لذلك تباين تأثير درجات الحرارة على النبات من حيث توزيعه، فضلاً عن تأثيره على العديد من العمليات والفعاليات الحيوية الفيزياوية والكيمياوية التي يقوم بها كالنمو، والتنفس، والنتح، والتمثيل الضوئي، والامتصاص، والتغذية، وطور السبات، وإنبات البذور، وتفتح البراعم الورقية، وتفتح الازهار، وتلقيحها ونضج الثمار ووقت جنيها.

من هذا المنطلق وجدت نباتات تنمو في منطقة دون أخرى، ومكان دون آخر وفقاً لملائمتها لما يتوافر من درجات حرارية معينة في تلك المناطق. ومن تحليل خريطة

---

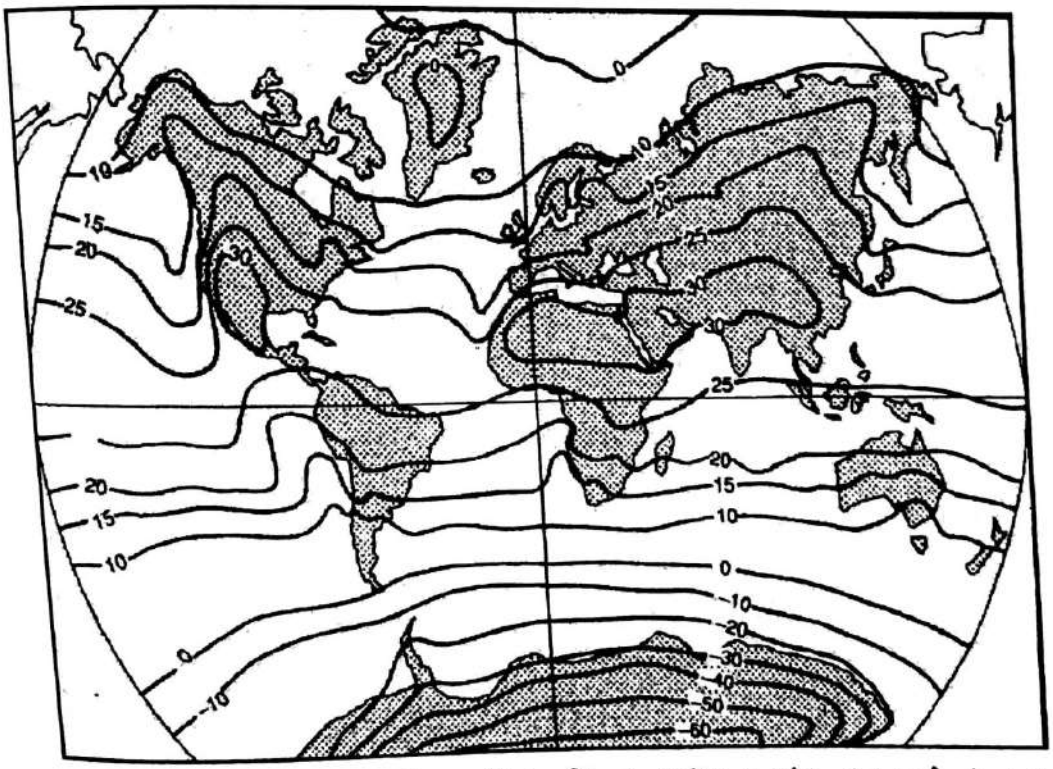
(1)Thomas A. Blair and Robert C. Fite, Weather elements, Prentice hall, Inc., Englewood Cliffs, N. J. USA, 1965, P.63.



Scanned by CamScanner

(2) يظهر أن خطوط الحرارة المتساوية بعد تعديلها إلى مستوى سطح البحر لتتلاش أثر التضاريس (عامل الارتفاع والانخفاض) تبلغ معدلاتها نحو 27°م قرب الدائرة الاستوائية، وترتفع أكثر في شهر تموز من فصل الصيف عند العروض الواقعة بين دائرتي عرض 20° – 30° شمالاً الى اعلى معدلاتها نحو 30 درجة مئوية بسبب جفاف الهواء، وصفاء السماء من الغيوم، ووجود المناخ الصحراوي بسبب سيطرة الضغط العالي شبه المداري. في حين ينخفض معدل الحرارة بالابتعاد عن تلك العروض حتى يصل معدل درجة الحرارة نحو 10°م في أقصى شمال أسيا، واوربا، وأمريكا الشمالية. أما في النصف الجنوبي فأن معدل درجة الحرارة ينخفض خلال هذا الشهر بالابتعاد عن الدائرة الاستوائية، لأنه يمثل قمة فصل الشتاء الجنوبي، ليصل أدناه نحو – 60 درجة مئوية عند القارة القطبية الجنوبية.

خريطة (2) معدل درجة الحرارة في شهر تموز عند مستوى سطح البحر.



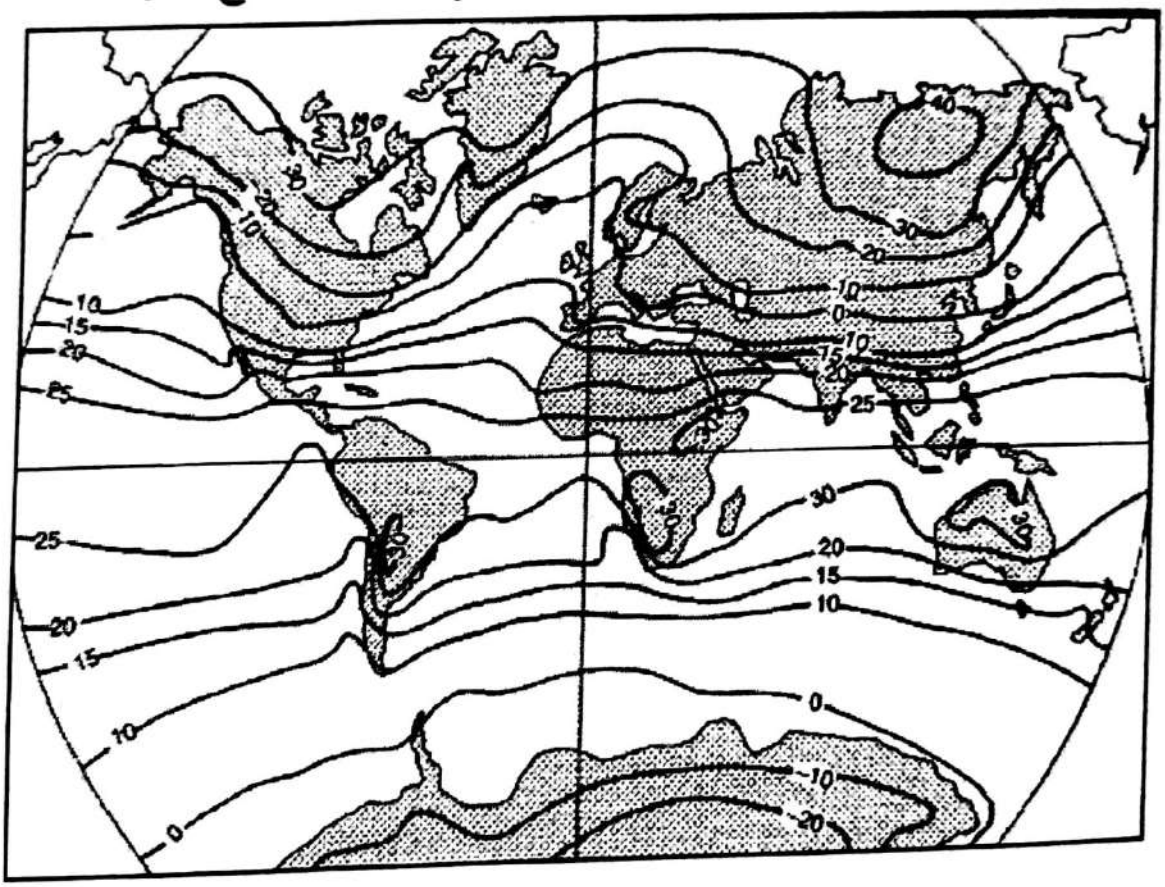

المصدر: علي أحمد غانم، الجغرافيا المناخية، ط3، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، عمان، الاردن، 2011، ص72.



Scanned by CamScanner

أما من تحليل خريطة (3) يتبين أن شهر كانون ثاني الذي يمثل قمة شتاء النصف الشمالي وقمة صيف النصف الجنوبي فأن معدل درجة الحرارة ينخفض بالابتعاد عن الدائرة الاستوائية في النصف الشمالي من الكرة الأرضية ليصل أدناه نحو -40 درجة مئوية في أقصى شمال شرق أسيا ونحو – 30 درجة مئوية في جنوب جرينلاند. في حين يرتفع معدل درجة الحرارة بالابتعاد عن الدائرة الاستوائية في النصف الجنوبي في هذا الشهر ليصل أعلاه ما بين عروض 20 -30 درجة جنوباً نحو 20 درجة مئوية، ثم ينخفض بعد هذه العروض ليصل أدناه نحو 10 درجة مئوية في أقصى جنوب أمريكا الجنوبية , والى -20 درجة مئوية في القارة القطبية الجنوبية.

**خريطة (3) معدل درجة الحرارة في شهر كانون الثاني عند مستوى سطح البحر.**




المصدر: علي أحمد غانم، الجغرافيا المناخية، ط3، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، عمان، الاردن، 2011، ص72.



Scanned by CamScanner

في هذا المدى الواسع من درجات الحرارة ما بين الدائرة الاستوائية والعروض العليا تتباين المحاصيل الزراعية وأصنافها وفقاً لمتطلباتها الحرارية، لذا وجدت نباتات ومحاصيل زراعية خاصة بالمنطقة الاستوائية والمدارية، وأخرى خاصة بالمنطقة المعتدلة الدافئة، وغيرها للمنطقة المعتدلة الباردة، ورغم ذلك وجدت نباتات كيفت نفسها للعيش في مناطق دون مناطقها الأصلية التي وجدت فيها, فمثلاً أن الموطن الأصلي للحمضيات هو المنطقة الاستوائية, إلا أنها تنتشر الآن في كثير من المناطق شبه المدارية والمناطق المعتدلة الدافئة. وكذلك هناك أشجار التفاح التي موطنها الأصلي يعود إلى المناطق المعتدلة الباردة، لكنها الآن تعيش وتنمو في المناطق المعتدلة الدافئة, كما توصل الإنسان إلى استخدام بعض النباتات الجذرية والحبوب كالقمح الربيعي وزراعتها في المناطق والعروض العليا الباردة, بينما لم تكن هذه المحاصيل موجودة سابقا في تلك العروض والمناطق. ورغم ذلك أن درجات الحرارة لا زالت تعد عاملاً محدداً لانتشار العديد من النباتات ونموها فضلاً عن تأثيرها على الكثير من فعالياتها الحيوية. وذلك لأن لكل نبات متطلبات حرارية معينة يكون أوج نموه عند بلوغها ويقل ذلك حال الابتعاد عنها، فضلاً عن ذلك أن لكل نبات أصناف متعددة تختلف فيما بينها من حيث ما يلزمها من حدود حرارية لنموها، ويتعدى ذلك أن لكل طور نباتي حدود حرارية لازمة له. من هذا المنطلق سيتم دراسة درجات الحرارة بشيء من التفصيل وعلى النحو الآتي:

### 1) الحدود الحرارية الدنيا *Minimum Temperature* :

هي الدرجات الحرارية الصغرى التي يتطلبها النبات لكي ينمو، وهي تختلف من نبات إلى آخر، ومن صنف نباتي إلى آخر، ومن طور نباتي إلى آخر.

فمن حيث تباينها من نبات إلى آخر. فأن نبات البرسيم الحجازي والجزر



Scanned by CamScanner

يتطلب درجات حرارية دنيا للنمو 1°م، ونبات الشيلم 1° – 2°م، وترتفع في بقية المحاصيل إلى نحو 2 – 3 درجة مئوية في البازيلاء، والكتان أما القمح نحو 3 – 5°م، والشعير والشوفان نحو 4 – 5°م، والعدس 3,9 – 5°م وترتفع أكثر في محاصيل عباد الشمس إلى 8 – 9°م ، والذرة البيضاء والصفراء نحو 8 – 10°م، أما محاصيل الفاصوليا فتتطلب درجة حرارة تصل إلى نحو 10°م كحد أدنى، في حين ترتفع في محاصيل الرز إلى 10 – 12°م، والتبغ 13 – 14°م، والبطيخ 12 – 15م°، والرقي 12,2 – 15°م، أما الخيار، والقطن، والكوسا فتتطلب نحو 12°م، بينما تتطلب الخضروات أكثر من ذلك نحو 13 – 18°م، يلاحظ جدول (5).

ويعود سبب ذلك الاختلاف في درجات الحرارة الدنيا اللازمة للنمو بين النباتات إلى أن بعضها تعد محاصيل شتوية لذا تتطلب حرارة صغرى أقل من المحاصيل الصيفية التي تتطلب حرارة أعلى منها، فضلاً عن ذلك يعود اختلاف درجات الحرارة الصغرى لمتطلبات النباتات إلى اختلاف العروض والمناطق التي تنمو فيها تلك النباتات. (فقصب السكر يعد من المحاصيل المدارية والتي تتطلب مناخاً دافئاً طول العام لا تقل درجة حرارته عن 80°ف [1]). (وكذلك تعد درجة الحرارة 9 درجة مئوية كحد أدنى لتحمل شجرة النخيل درجات الحرارة الصغرى، وإذا ما انخفضت عن هذا الحد يتعرض نموها للتذبذب، لأنها من أشجار العروض المعتدلة الدافئة [2]). في حين ينمو القمح في المناطق المعتدلة الدافئة والباردة لذا يتطلب درجات حرارة صغرى لنموه لا تقل عن 3 – 5°م.

---

(1) خطاب صكار العاني وإبراهيم عبد الجبار المشهداني، جغرافية الوطن العربي، مطابع التعليم العالي، الموصل، 1990، ص271 .

(2) حمدة حمودي العبيدي، أثر المناخ على إنتاج التمور في العراق، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، 1992، ص6 .



Scanned by CamScanner

جدول (5)الحدود الحرارية اللازمة لبعض المحاصيل الزراعية (°م)*

| المحصول | الحدود الصغرى | الحدود المثلى | الحدود العظمى |
|---|---|---|---|
| القمح | 5-3 | 25 | 12-10 |
| البازيلاء | 3-2 | 28-20 | 15 |
| الجزر | 1 | 30 | 17 |
| عباد الشمس | 9-8 | 28 | 35 |
| الارز | 12-10 | 32-30 | 36-18 |
| الفاصوليا | 10 | 32 | 37 |
| التبغ | 14-13 | 28 | 35 |
| البطيخ | 15-12 | 35 | 40 |
| الخيار | 12 | 35 | 40 |
| الكوسا | 12 | 34-30 | 40 |
| القطن | 12 | 32 | 40 |
| الشوفان | 5-4 | 25 | 30 |
| الشيلم | 2-1 | 25 | 30 |
| الذرة البيضاء | 10-8 | 35-32 | 44-40 |
| الذرة الصفراء | 10-8 | 35-32 | 40 |
| الكتان | 3-2 | 25 | 30 |
| البرسيم الحجازي | 1 | 30 | 37 |
| العدس | 5.0-3.9 | 30 | 36.1 |
| الرقي | 15-12.2 | 35 | 40 |
| الخضراوات | 18-13 | 35-32 | 49 |
| الشعير | 5-4 | 20 | 30-28 |

(*) تم جمع الحدود الحرارية من مصادر متعددة منها :

(1) علي أحمد هارون، جغرافية الزراعة، ط3، دار الفكر العربي، القاهرة، 2008، ص101.

(2) حسن ابو سمور، الجغرافية الحيوية والتربة، ط2، دار المسيرة، عمان، الاردن، 2009، ص79 .

(3) مخلف شلال مرعي وإبراهيم محمد حسون القصاب، جغرافية الزراعة، دار الكتب، الموصل، 1996، ص24 .

(4) G. V. Ustimen. Ko-Bakumovsky, Plant Growing in the Tropics and Subtropics, Mir Publishers, Moscow, 1983, P.100. 116, 136.



Scanned by CamScanner

أما من حيث اختلاف الحدود الصغرى من الحرارة من صنف نباتي إلى آخر، فإن أصناف الحمضيات تتباين فيما بينها، إذ يوجد لكل صنف حدود حرارية دنيا لنموه يختلف فيها عن الآخر. فالبرتقال له حدود حرارية دنيا أقل مما لليمون الحلو والليمون الحامض، إذ يتأثر الأخيران بدرجات الحرارة الدنيا أسرع من البرتقال في نموهما .

كما أن القمح الشتوي تحتاج أصنافه إلى درجات حرارة منخفضة من صفر – 8°م لعدة أسابيع خلال فترة تكوين التفرعات قبل ان تبدأ بالاستطالة لأحداث التزهير، بينما لا تحتاج أصناف القمح الربيعي إلى درجات منخفضة خلال فترة تكوين التفرعات وقبل أن تبدأ بالاستطالة، ولا تتحمل أصناف هذه المجموعة البرودة أو الانجماد، لذا تبدأ بالتزهير، عندما تكون فترة الضوء طويلة، فتزرع كمحصول ربيعي في المنطقة الباردة أواخر الربيع وتنضح أواخر الصيف[1].

أما من حيث اختلاف الحدود الدنيا للحرارة اللازمة للنمو من طور إلى آخر فكما يوضحه جدول(6). أن درجة الحرارة الصغرى لإنبات بذور القمح الوسطي بين الصنفين الشتوي والربيعي يحتاج إلى 0– 5°م، في حين يحتاج نبات الشعير في طور الإنبات إلى 3– 5°م، أما طور النمو فيحتاج القمح فيه إلى 5°م، و 10°م للشعير، في حين يحتاج طور النضج إلى 22°م لنبات القمح، و 20°م لنبات الشعير.

---

(1) عبد الحميد احمد اليونس ومحفوظ عبد القادر محمد وزكي عبد الياس، محاصيل الحبوب، جامعة الموصل، 1987، ص42-43.



Scanned by CamScanner

جدول (6)درجات الحرارة الصغرى والمثلى والعظمى(°م) لمراحل النمو المختلفة لنباتي القمح والشعير.

| الطور | الصغرى | | المثلى | | العظمى | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | القمح | الشعير | القمح | الشعير | القمح | الشعير |
| الإنبات | 0-5 | 3-5 | 25-31 | 20 | 31-43 | 30 |
| النمو | 5 | 10 | 29 | 25 | 43 | 39 |
| النضج | 22 | 20 | 27 | 30 | 32 | 40 |

المصدر : عبد الحميد احمد اليونس ومحفوظ عبد القادر محمد وزكي عبد الياس، محاصيل الحبوب، جامعة الموصل، 1987، ص43، 158 .

أما أشجار العنب فتبدأ بطور النمو حال بلوغ درجات الحرارة 10°م، وتتفتح البراعم عند درجة حرارة 11– 12م°، كما تتفتح الأزهار حال بلوغ درجات الحرارة 15°م، أما عند طور النضوج فتتطلب 30°م[1].

فضلاً عن ذلك فأن هناك درجات حرارية دنيا تضر بالنبات إذا ما انخفضت إليها، أو تجاوزتها نحو الهبوط، فانخفاض درجات الحرارة في شمال آسيا شتاءاً له دوراً في تحديد الزراعة فيها إذ ينخفض متوسط حرارة كانون الثاني إلى أقل من -36 °م، وفي فرخويانسك تنخفض إلى – 46,8°م[2]، وذلك لوقوعها في العروض العليا.

أن درجات الحرارة الدنيا الضارة بالنبات تتباين من نبات إلى آخر كما في أشجار الفاكهة فهي إذ تصل إلى – 4°م للحمضيات، فأنها تنخفض إلى – 8°م للزيتون، و – 10°م لكل من الكمثرى والمشمس، و – 12°م لكل من النخيل والتفاح

(1) إبراهيم حسن محمد السعيدي، زراعة وإنتاج الكروم، جامعة الموصل، 1982، ص44-45 .

(2) علي موسى ومحمد الحمادي، جغرافية القارات، دار الفكر المعاصر، بيروت، لبنان، 2001، ص203 .



Scanned by CamScanner

والخوخ والعنب والتين، بينما تنخفض إلى – 13°م لاشجار اللوزيات، وتصل أدناها – 17°م لأشجار الرمان. يلاحظ جدول (7).

جدول (7) الحدود الحرارية الدنيا والعليا الضارة والملائمة لنمو بعض أنواع الفاكهة.

| نوع الفاكهة | الدنيا الضارة | الملائمة للنمو | العليا الضارة |
|---|---|---|---|
| النخيل | 12- | 44-18 | 50 |
| الحمضيات | 4- | 38-15 | 45 |
| التفاح | 12- | 24-17 | 43.3 |
| الكمثري | 10- | 26-18 | 49 |
| الخوخ | 12- | 34-21 | 43 |
| المشمش | 10- | 28-21 | 49 |
| العنب | 12- | 38-21 | 40 |
| الرمان | 17- | 38-21 | 43.3 |
| التين | 12- | 38-21 | 43.3 |
| الزيتون | 8- | 37-18 | 50 |
| اللوزيات | 13- | 20-12 | 38 |

المصدر : خلف شلال مرعي، التباين المكاني لأشجار الفاكهة وإمكانات تنمية زراعتها في العراق، أطروحة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، 1980، ص101.

لا تقتصر الاختلافات في درجات الحرارة على النباتات فيما بينها، بل تتعداها إلى أصناف النوع الواحد، فالأصناف الأوربية من العنب تتضرر ابتداء من – 15°م تحت الصفر، بينما لا تتضرر الأنواع الأمريكية لحد – 20 إلى – 30°م تحت الصفر، بينما تقاوم الأصناف الأسيوية لحد – 40°م تحت الصفر[1].

(1) إبراهيم حسن محمد السعيدي، مصدر سابق، ص46 .



Scanned by CamScanner

إن قدرة تحمل النباتات للدرجات الحرارية الدنيا تتوقف على عوامل عدة أهمها:

1. الأصناف التي يتكون منها ذلك النبات، إذ أن بعضها يبدي مقاومة أكثر من غيره، بينما تكون بعضها أكثر حساسية لانخفاض درجات الحرارة.
2. الحالة الصحية التي يكون عليها النبات ومدى تعرضه للإصابة بالآفات. إذ كلما كانت الحالة الصحية للنبات سيئة ومعرضة للإصابة بالآفات كلما أدى ذلك إلى انخفاض درجة مقاومته لدرجات الحرارة المنخفضة.
3. الطور الذي يمر به النبات، كطور السكون، والبذار، والنمو، وتفتح الازهار والنضج. إذ لكل طور درجات ضارة به .
4. مدة انخفاض درجات الحرارة، إذ كلما كانت المدة أطول كلما كان الأثر السلبي أكثر .
5. سرعة انخفاض درجات الحرارة، كلما كان الانخفاض سريعاً كالتحول من حالة الدفء إلى الانخفاض المفاجئ والسريع، لاسيما دون الصفر المئوي يكون الضرر أكثر .
6. مدى نضوج خشب النبات، فالخشب الناضج يبدي مقاومة لانخفاض درجات الحرارة بصورة أفضل من الخشب الطري. لذا أن أول ما تتأثر بدرجات الحرارة المنخفضة هي الأجزاء الطرية من النبات .
7. تغذية النبات: إذا كانت تغذية النبات جيدة فانه يتحمل انخفاض درجات الحرارة أكثر من النبات ضعيف التغذية.
8. القابلية على التكيف: إذ تتباين النباتات فيما بينها على التكيف لانخفاض درجة الحرارة، ويعود ذلك إلى اختلاف الصفات المورفولوجية والحيوية من نبات لآخر.



Scanned by CamScanner

9. العامل البشري ودوره في الاعتناء بالنباتات ومحاولة استخدام الطرق المناسبة للحفاظ على النبات من انخفاض درجات الحرارة، كإضافة الأسمدة، لاسيما العضوية منها، أو استعمال تقليم الأغصان المصابة بالآفات من النبات، أو استخدام الري بصورة مناسبة للحيلولة دون تجمد التربة، أو استخدام بعض النباتات المعمرة التي لها القدرة على تحمل الظروف المناخية القاسية كأشجار النخيل والكالبتوس والأثل التي تستخدم في حماية الخضروات وأشجار الحمضيات، فضلاً عن استخدام البيوت الزجاجية شتاءً، أو إشعال النيران في أماكن متفرقة من الحقول والبساتين لتوفير دفئ نسبي لها .

10. عمر النبات: تتأثر النبتة الصغيرة بدرجات الحرارة المنخفضة أسرع من تأثر النباتات الناضجة أو الكبيرة .

قبل أن ننهي الحديث عن الحدود الحرارية الدنيا، لابد من ذكر ان انخفاض درجات الحرارة لبعض الأوقات تعد ضرورية للعديد من النباتات لاسيما اشجار الفاكهة، شرط أن لا تؤدي إلى هلاكها. فأن خروجها من طور السبات يتطلب أن تبقى درجاتها أقل من 7°م لعدة أيام، كما أن انخفاض درجات الحرارة دون الصفر المئوي يعمل على القضاء على العديد من الآفات الزراعية، فضلاً عن ذلك أن إنتاج بعض أنواع الفاكهة يكون أفضل كماً ونوعاً عندما تنخفض درجات الحرارة في طور سكونها لعدة أيام.

**2) الحدود الحرارية المثلى** *Optimum Temperature* :

هي الدرجات الحرارية التي تجعل النبات يقوم بأفضل فعالياته وأنشطته الفيزياوية والكيمياوية، لاسيما النمو. وهي تختلف وفقاً لنوع النبات، وأصنافه، وأطواره. متأثرة بالموقع من دوائر العرض المختلفة.



Scanned by CamScanner

فاختلافها وفقاً لنوع النبات، فأن نبات الشعير يحتاج إلى درجات حرارية مثلى تبلغ نحو 20°م، ونحو 25°م لكل من القمح والشوفان والشيلم والكتان، و 20– 28°م للبازيلاء، و 28°م لكل من عباد الشمس والتبغ، و 30°م لكل من نبات الجزر والبرسيم الحجازي والعدس، و 30– 32°م للرز، و 30– 34°م للكوسا، و 32°م لكل من الفاصوليا والقطن، و 32– 35°م لكل من الذرة بنوعيها والخضروات، اما الرقي والبطيخ والخيار فيحتاج كل منهما إلى نحو 35°م . يراجع جدول (5) .

ويعود سبب هذا التباين بين الدرجات الحرارية المثلى بين هذه النباتات إلى ان بعضها هي محاصيل شتوية تتطلب درجات حرارية مثلى أقل مما تتطلبه المحاصيل الصيفية التي تتطلب درجات حرارية مثلى أعلى. ومثال المحاصيل الشتوية القمح، والشعير، والشوفان، والشيلم، بينما مثال المحاصيل الصيفية الخيار، والبطيخ، والرقي، والقطن، والكوسا، فضلاً عن ذلك أن هذا الاختلاف في الدرجات الحرارية المثلى يعود إلى اختلاف العروض والمناطق التي تنمو فيها تلك النباتات والمحاصيل . فالذرة البيضاء تعد من محاصيل المنطقة الاستوائية، إلا أنه يمكن زراعتها في المنطقة المعتدلة شرط توفر موسم نمو دافئ طويل، لذا فهي تزرع في المنطقة المعتدلة كمحصول صيفي، أما في المنطقة الاستوائية فهي تزرع على مدار السنة. وتتحمل الذرة البيضاء درجات الحرارة العالية، أكثر من أي محصول آخر من محاصيل الحبوب[1]. كما أن الرز تجود زراعته في المناطق الحارة ويتطلب درجات حرارة خلال فترة النمو تزيد على 20°م[2]. بينما تنمو البطاطا في أقاليم متعددة من العالم، إلا أن أنسبها هي الأقاليم المعتدلة الباردة، والمعتدلة الدافئة، وتعد درجة الحرارة المثلى لنموها ما بين 16– 20°م[3].

---

(1) مجيد محسن الانصاري، انتاج المحاصيل الحقلية، جامعة بغداد، 1982، ص88 .

(2) نفس المصدر، ص55 .

(3) نوري خليل البرازي وإبراهيم عبد الجبار المشهداني، مصدر سابق، ص200 .



Scanned by CamScanner

في ضوء الظروف المناخية المثلى يمكن تقسيم النباتات إلى نباتات المناطق المدارية كالموز وقصب السكر، ونخيل الزيت، ونباتات المنطقة المعتدلة الدفيئة كنخيل التمر والزيتون، ونباتات المنطقة المعتدلة الباردة كالتفاح والخوخ والأجاص، ونباتات المنطقة الباردة كالقمح الربيعي وبعض النباتات الجذرية التي نجحت زراعتها فيها إلا أنه رغم ذلك قد تنجح زراعة نبات ما في عروض غير عروضه الأصلية أو في منطقة غير منطقته الأصلية إلا أنه لا يعطي نفس الإنتاج الكمي والنوعي الذي يعطيه في موطنه الأصلي. فالرز نبات يزرع في مناطق عديدة إلا أنه يمثل الصدارة في المنطقة المدارية وكذلك القمح إذ يزرع في عروض ومناطق عديدة إلا أنه يحتل الصدارة في المنطقة المعتدلة.

أما من حيث الاختلاف في الدرجات الحرارية المثلى وفقا لأصناف النوع الواحد من النبات، فكما في الدرجات الحرارية المثلى التي يحتاجها القمح الشتوي، إذ تكون غير التي يحتاجها القمح الربيعي، وذلك أن لكل منهما مناطقه التي تزرع فيها. فالقمح الشتوي يزرع في العروض المعتدلة، بينما يزرع القمح الربيعي في العروض العليا الباردة رغم وجود الثلوج، لكونها تحافظ على حرارة التربة من التسرب نحو الهواء، وبعد ذوبان الثلوج تبدأ البذور بالنمو مستغلة طول الفترة الضوئية في تلك العروض.

بينما تختلف النباتات في درجاتها المثلى وفقا لأطوارها، فأشجار النخيل تحتاج في بدأ تكون الثمار إلى درجة حرارة مقدارها 18°م، وعندما تبدأ الثمار بالنمو فتحتاج إلى درجات حرارة تبلغ نحو 25°م، وتحتاج الأطوار الأخرى كالجمري، والخلال إلى أكثر من 25°م[1]، بينما تكون شجرة النخيل أكثر إنتاجاً إذا ارتفعت درجة الحرارة

(1) حمدة حمودي العبيدي، مصدر سابق، ص9-10 .



Scanned by CamScanner

خلال طور النضوج، وتجاوزت 26.7°م، لاسيما خلال شهري تموز وآب[1]. ومن مراجعة جدول(6) وتحليله يتبين أن القمح يتطلب درجات حرارة مثلى متباينة نحو 25– 31°م في طور الإنبات، و 29°م في طور النمو، و27°م في طور النضج. أما الشعير فكانت درجاته المثلى أوسع من القمح فطور الإنبات يتطلب درجة حرارة 20°م، وطور النمو 25°م، وطور النضج 30°م.

من مراجعة وتحليل جدول (7) يتبين أن درجات الحرارة المثلى لنمو أشجار الفاكهة كانت متباينة فيما بينها، وذلك وفقاً لنوعها وموقعها من دوائر العرض المختلفة. إذ تعد أشجار اللوزيات أدناها في متطلباتها من درجات الحرارة المثلى نحو 12–20°م. لترتفع في أشجار التفاح من 17– 24°م، والكمثرى من 18– 26°م والمشمش من 21– 28°م، والخوخ 21– 34°م، والزيتون 18– 37°م، وكلاً من التين والرمان والعنب نحو 21– 38°م والحمضيات نحو 15– 38°م ، والنخيل الذي كان يتطلب درجات حرارية مثلى أعلى من غيره نحو 18– 44°م، لذا كان يستعمل لحماية الخضروات والحمضيات من تطرف الظروف المناخية في وسط وجنوب العراق، فضلاً عن الاستفادة من ثماره وما يحويه من مواد كالسعف الذي يستخدم في بعض الصناعات المنزلية البسيطة.

### 3) الحدود الحرارية العليا *Maximum Temperature* :

هي الدرجات الحرارية القصوى التي يمارس فيها النبات فعالياته الحيوية لاسيما النمو. وهي تتباين وفقاً لنوع النبات وصنفه وأطواره. وينبغي الإشارة إلى أن هذه الدرجات الحرارية قد لا تعد ضارة بالنبات، كما أن الدرجات الحرارية الدنيا قد لا تعد ضارة هي الأخرى. وإنما تعد حدوداً لازمة لنمو النبات .

---

(1) خطاب صكار العاني وإبراهيم عبد الجبار المشهداني، مصدر سابق، ص281 .



Scanned by CamScanner

فدرجة حرارة الحد الادنى لنمو التبغ هي 13°م، لكنه يستطيع تحمل درجات حرارة أقل من 10°م، بينما تعد درجة الحرارة 5°م مميتة له إذا ما استمرت لفترة طويلة، كما أن درجة حرارة الحد الأعلى للتبغ هي35°م، ولكنه يستطيع تحمل درجة الحرارة إلى 40°م[1].

تختلف هذه الحدود الحرارية العليا اللازمة من نبات لآخر باختلاف مناطق نموها، إذ بينما تموت محاصيل المناطق الباردة إذا ما زادت متوسطات درجات الحرارة اليومية عن 21.1°م أو 70°ف، نجد أن معظم محاصيل المناطق المدارية لا يؤذيها ارتفاع هذا المتوسط إذا وصل نحو 37.8°م أو 100°ف أو أكثر بقليل[2].

تتباين الحدود الحرارية العليا من نبات إلى آخر كما يظهر ذلك من مراجعة جدول (5) وتحليله، فالمحاصيل الشتوية لها حدود عليا تكون أقل من المحاصيل الصيفية. إذ تبلغ نحو 28 – 30°م للشعير، ونحو 30°م لكل من محاصيل الشوفان، والشيلم، والكتان، ونحو 30 – 32°م للقمح، و 35°م لكل من محاصيل البازيلاء، وعباد الشمس والتبغ، بينما تصل إلى نحو 37°م لكل من الجزر، والفاصوليا، والبرسيم الحجازي، ونحو 36.1°م للعدس، ونحو 36 – 38°م لمحصول الرز، بينما ترتفع إلى نحو 40°م لكل من البطيخ ، والخيار، والكوسا، والقطن، والذرة الرفيعة، والرقي، وترتفع أكثر إلى نحو 40 – 44°م في محصول الذرة البيضاء، أما أعلى الحدود العليا فتتطلبها الخضروات نحو 49°م .

كما تتباين الحدود الحرارية العليا من صنف نباتي إلى أخر، كما في أصناف الحمضيات المختلفة (إذ يمكن للكريب فروت أن يتحمل درجات حرارية أكثر من 50

---

(1) مخلف شلال مرعي وإبراهيم محمد حسون القصاب، مصدر سابق، ص21-22 .

(2) عبد علي الخفاف وعلي الشلش، مصدر سابق، ص59 .



Scanned by CamScanner

م صيفاً ولا تحدث أضراراً عليها) [1] في حين لا يمكن لليمون الحلو تحمل مثل تلك الدرجات العليا .

بينما تتباين الحدود العليا من طور نباتي إلى طور آخر لنفس النبات كما يبين ذلك جدول (6) الذي يظهر من مراجعته وتحليله ان الحدود العليا للقمح تبلغ نحو 31 – 43°م للإنبات، و 43°م للنمو، و 32°م للنضج، أما الشعير فله حدود عليا تختلف عن القمح إذ تصل نحو 30°م عند الإنبات، و 39°م عند النمو، و 40°م عند النضج .

إن لكل نبات كما ذكرنا له حدود حرارية عليا لازمة لنموه، وينبغي الإشارة هنا إلى أنه هناك حدود حرارية عليا ضارة به ويقصد بها الدرجات الحرارية العظمى التي يصاب النبات بالضرر حال بلوغها أو تجاوزها، وهي تختلف من نبات إلى أخر، إذ تصل نحو 50°م لأشجار النخيل، والزيتون، و 49°م لكل من الكمثري، والمشمش، و 45°م للحمضيات، و 43.3°م لكل من التفاح، والرمان، والتين، ونحو 43°م للخوخ، و 40°م للعنب، وأما اللوزيات فالدرجات الضارة بها تكون أقل من سابقها إذ تصل إلى نحو 38°م، يراجع جدول (7) .

تتباين قدرة النبات على تحمل درجات الحرارة المرتفعة وفقاً لعوامل عدة أهمها:

1. تباين أنواع النبات وأصنافه، فصنف التفاح المحلي الشرابي، والعجمي له قابلية على تحمل درجات الحرارة أكثر من الأصناف الأخرى غير المحلية في العراق كالحيفاوي والمغربي .
2. الحالة الصحية للنبات، إذ يمكن للنبات السليم ان يبدي مقاومة لدرجات الحرارة المرتفعة أكثر من النبات المصاب بالآفات .

---

(1) جعفر حسين محمود، أثر المناخ في تحديد إنتاج الفاكهة في المنطقة الوسطى من العراق، جامعة بغداد، كلية التربية ابن رشد، رسالة ماجستير غير منشورة، 1988، ص48 .



Scanned by CamScanner

3. الفجائية في ارتفاع درجات الحرارة، إذ كلما كان ارتفاع درجات الحرارة سريعاً كلما أدى إلى سرعة في التأثير .

4. المدة الزمنية التي يستغرقها ارتفاع درجات الحرارة، إذ كلما كانت المدة أطول كلما كان التأثير أكبر.

5. رطوبة التربة : أن التربة الرطبة تساعد على زيادة مقدرة النبات على تحمل ارتفاع درجات الحرارة، بينما التربة الجافة تجعل النبات أقل مقاومة لدرجات الحرارة المرتفعة . لأنه عند ارتفاع درجات الحرارة يزداد التبخر/ نتح فيتطلب ترطيب التربة لتعويضها عما ينقص منها بعملية التبخر/ نتح .

6. تغذية النبات، أن التغذية الجيدة للنبات تجعل النبات قادر على مقاومة الارتفاع الحاصل في درجات الحرارة بصورة أفضل.

7. العامل البشري ودوره في التقليل من تأثير درجات الحرارة المرتفعة، وذلك عن طريق استخدام الري عند جفاف التربة، أو تقليم الأغصان المصابة بالآفات، أو بإضافة الأسمدة العضوية، أو باستخدام بعض النباتات المعمرة كالنخيل الذي يوفر الحماية للنباتات المزروعة تحته (لذلك تنمو أشجار النخيل في ظروف ذات درجات حرارية عالية كما في الصحاري حيث وجود الواحات) [1].

8. القدرة على التكييف، إذ تتباين النباتات فيما بينهما على التكييف لارتفاع درجات الحرارة، وذلك يعود إلى الاختلاف الحاصل فيما بينها من حيث الخصائص المورفولوجية والحيوية .

9. عمر النبات، أن النبات البالغ يبدي مقاومة لارتفاع درجات الحرارة بصورة أفضل من النبات الحديث النمو.

---

(1)George F. Carter, Man and the Land, Second edition, Holt, rinehart and Winston, inc, USA, 1968, P.89.



Scanned by CamScanner

10. الطور الذي يمر به النبات، أن لكل طور نباتي درجات حرارة عليا يمكن أن يتحمله، فإذا ازدادت عن ذلك أدى إلى تأثر ذلك الطور بالحرارة المرتفعة، مثلاً إذا صادف ارتفاع درجات الحرارة عن حدودها اللازمة في طور تكون الازهار وعقد الثمار فأنه يؤدي إلى تساقطها والتقليل من انتاجيتها كما يحصل في العراق لمحاصيل كثير من الفواكه والخضروات، لاسيما اذا رافق ذلك هبوب رياح حارة جافة.

**4) درجات الحرارة المتجمعة** *Accumulated Temperature* :

هي مجموع متوسطات درجات الحرارة اليومية فوق الدرجة الحدية التي عندها يبدأ النمو[1]. والدرجة الحدية التي يبدأ عندها النمو تسمى بصفر النمو Zero Point of Growth وهي تختلف من منطقة إلى أخرى. إذ تكون نحو 6°م (43°ف) في العروض المعتدلة، وتكون أعلى من ذلك في العروض المدارية، وأدنى منها في العروض الباردة، كما تتباين هذه الدرجة الحرارية الحدية ما بين المحاصيل أن كانت شتوية أم صيفية. فهي تكون في المحاصيل الشتوية أدنى منها في المحاصيل الصيفية والعكس صحيح، كما تتباين من نبات إلى آخر، إذ تبلغ نحو 2°م للشعير، و 3°م للقمح، و 4°م للبازيلاء، و 4 – 5°م لكل من الحمص والماش والكتان والخشخاش والفجل، و 6°م للشوفان، و 6 – 8°م للشوندر، و 7 – 8°م للبطاطا، و 7–10°م للذرة البيضاء، و 8 – 10°م لفول الصويا، و 10°م لكل من الذرة الصفراء، والكروم، ونحو 10 – 12°م للفاصوليا، و 12 – 14°م للهانة، و 14 – 16°م للطماطة، و 15 – 16°م للباذنجان، و 11 – 17°م للزيتون، يلاحظ جدول (8) .

---

(1)Peter A. Furley and Other, Geography of the Biospher, Butter Worth and Co. First edition, London, 1983, P.97.



Scanned by CamScanner

جدول (8) صفر النمو( °م) لمختلف المحاصيل الزراعية والخضر واشجار الفاكهة(*)

| ت | المحصول | صفر النمو ( °م) |
|---|---|---|
| .1 | القمح | 3 |
| .2 | الشعير | 2 |
| .3 | الذرة الصفراء | 10 |
| .4 | الحمص | 5-4 |
| .5 | الماش | 5-4 |
| .6 | الفاصوليا | 12-10 |
| .7 | فول الصويا | 10-8 |
| .8 | اللهانة | 14-12 |
| .9 | الطماطة | 16-14 |
| .10 | الباذنجان | 16-15 |
| .11 | الخشخاش | 5-4 |
| .12 | الكتان | 5-4 |
| .13 | الفجل | 5-4 |
| .14 | الشوندر | 8-6 |
| .15 | البطاطا | 8-7 |
| .16 | الكروم | 10 |
| .17 | الذرة البيضاء | 10-7 |
| .18 | الزيتون | 17-11 |
| .19 | البزاليا | 4 |
| .20 | الشوفان | 6 |

(*) جمع فصل النمو من مصادر متعددة منها :

(1) فاضل الحسني ومهدي الصحاف، أساسيات علم المناخ التطبيقي، دار الحكمة، بغداد، 1990، ص141 .

(2) مجيد محسن الانصاري، إنتاج المحاصيل الحقلية، جامعة بغداد، 1982، ص14 و 44 و 75 و89.

(3) عدنان إسماعيل الياسين، الزيتون في محافظة نينوى، جامعة بغداد، كلية الآداب، رسالة ماجستير غير منشورة، 1974، ص17.

(4) عادل سعيد الراوي وقصي عبد المجيد السامرائي، المناخ التطبيقي، دار الحكمة، الموصل، 1990، ص193 .



Scanned by CamScanner

الحرارة المتجمعة يمكن أن تحتسب ليوم واحد، أو أسبوع، أو شهر، أو لأي فترة زمنية أخرى، إلا أنه المعتاد هو حسابها لفصل النمو، كما في المعادلة الآتية[1] :

**الحرارة المتجمعة = (متوسط الحرارة اليومية – 43°ف) × عدد أيام الشهر**

هذا إذا كانت الدرجات المستعملة هي بالفهرنهايت أما إذا كانت الدرجات المستعملة بالمئوي فتكون بدلاً من درجة 43°ف هي 6°م .

مثال: إذا كان متوسط الحرارة اليومي لدرجة حرارة شهر شباط نحو 50°ف فأن:

الحرارة المتجمعة له تكون (50 – 43) × 28 = 196°ف لشهر شباط .

مثال آخر : إذا كان متوسط الحرارة اليومي لدرجة حرارة شهر شباط نحو 10°م فأن :

الحرارة المتجمعة له تكون (10 – 6) × 28 = 112°م .

هناك معادلة أخرى وضعها العالم السوفيتي سلينينوف لتحديد الحرارة المتجمعة تكتب على النحو الآتي[2]:

$$X = \frac{a + b}{2} d$$

إذ أن

x= الحرارة المتجمعة بالدرجات المئوية .

b= درجة حرارة اليوم الأخير من الشهر بالمئوي .

a= معامل ثبات قدرة 10°م (مقدمة حرارية) أو العتبة الحرارية .

d= عدد الأيام التي تزيد حرارتها على 10°م في الشهر او السنة

مثال : إذا كانت درجة حرارة اليوم الأخير من شهر شباط نحو 14°م، وكان عدد أيامه التي تزيد حرارتها عن 10°م نحو 16 يوم فما هي الحرارة المتجمعة لهذا الشهر .

---

(1) عبد علي الخفاف وعلي الشلش، مصدر سابق، ص65 .

(2) فاضل الحسني ومهدي الصحاف، أساسيات علم المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص99.



Scanned by CamScanner

الجواب :

$$X = \frac{10 + 14}{2} \; 16$$

$$= \frac{24}{2} \; 16$$

$$= 192 \; C^{0}$$

ويمكن استخراج الحرارة المجتمعة لفصل النمو عن طريق مجموع درجات الحرارة التي تتجمع في جميع الشهور التي يشملها ذلك الفصل، ومعرفة الحرارة المتجمعة لفصل النمو لها أهمية كبيرة للحياة النباتية، والتوسع الزراعي في الأقاليم الباردة بصفة خاصة، فقد ساعد هذا النوع من الدراسة كثير من الدول الواقعة على حدود المناطق القطبية في زراعة بعض المحاصيل التي استطاع العلماء تطوير سلالات جديدة لها، تتطلب عدد قليل من الأيام وفصل قصير للنمو كالقمح الربيعي الذي يستطيع أن يتم دورة حياته في فترة زمنية أقصر من الفترة التي يتطلبها القمح الشتوي، الذي يحتاج إلى حوالي 1960°ف متجمعة لإتمام دورة حياته بينما القمح الربيعي يحتاج إلى حوالي 1350°ف وسبب ذلك هو طول نهار فصل الصيف ووفرة ضوء الشمس الذي يعوض النقص في درجة الحرارة من جهة، وقصر فصل النمو في تلك العروض من جهة أخرى[1].

ويمكن تقسيم بعض اصناف النباتات كأشجار نخيل التمر وفقاً لحاجة ثمارها إلى درجات الحرارة المتجمعة إلى ما يأتي[2]:

أ. أصناف مبكرة النضج تحتاج بين (2204– 2310°م) كحرارة متجمعة مثل

---

(1) عبد علي الخفاف وعلي الشلش، مصدر سابق، ص65 .

(2) حمدة حمودي العبيدي، مصدر سابق، ص12 .



Scanned by CamScanner

السابر والبرين والزهدي وحلوة الجبل وهذه تكون في طور الرطب

ب. أصناف متوسطة النضج تحتاج بين (2537 - 2648°م) كحرارة متجمعة مثل الخستاوي وعوينة أيوب والخيارة وتكون ثمارها نصف جافة

ج. أصناف متأخرة النضج تحتاج بين (3037 - 3270°م) كحرارة متجمعة مثل الاشرسي والجوزي والبيضاء وثمارها جافة القوام.

لا يقتصر التباين في درجات الحرارة المتجمعة على أصناف النبات الواحد، وإنما يمكن أن يتباين من نبات إلى آخر، إذ تحتاج الطماطة إلى نحو 1000-1600°م، والبطاطا 1500-1800°م، والقطن 3200-3600°م[1]. ويحتاج كل من التفاح والخوخ والمشمش والعنب واللوزيات إلى نحو 2000-3000°م، بينما يحتاج كل من الحمضيات والكمثرى والتين إلى نحو 3000-4000°م، في حين يحتاج كل من الرمان والزيتون إلى نحو 5000-6000°م[2]، بينما يحتاج الشعير إلى نحو 1858°ف. فضلاً عن ذلك تتباين حاجة النبات وفقاً لأطواره ومراحل نموه المختلفة، فرغم أن القمح يحتاج إلى 2330 وحدة حرارية إلا أنه يحتاج إلى نحو 150-180 وحدة في فصل الخريف، ونحو 500 وحدة في فصل الشتاء ونحو 850 وحدة في فصل الربيع و 800 وحدة في الأزهار والنضج[3]. كما أن تمر النخيل يحتاج عند بدا تكونه إلى نحو 195-209°م، وعند طور الجمري يحتاج إلى 845-900°م، بينما يحتاج في طور الخلال إلى نحو 374-383°م، بينما يحتاج في طور الرطب إلى نحو 242-352°م، في حين يحتاج

---

(1) فاضل الحسني ومهدي الصحاف، أساسيات علم المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص99.

(2) مخلف شلال مرعي، التباين المكاني لأشجار الفاكهة وإمكانات تنمية زراعتها في العراق، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، جامعة بغداد، 1980، ص101.

(3) عبد الله قاسم الفخري، الزراعة الجافة (أسسها وعناصر استثمارها)، دار الكتب، جامعة الموصل، 1981، ص309-312 .



Scanned by CamScanner

في طور التمر إلى حرارة متجمعة تبلغ نحو 250-300°م[1].

كما تتباين حاجة النبات من الحرارة المتجمعة من منطقة إلى أخرى فشجرة النخيل تحتاج من بدأ أزهارها إلى وصولها تمراً ناضجاً حوالي 3899°م في محافظة بغداد[2]. بينما تحتاج في المحافظات الواقعة جنوباً منها إلى أقل من ذلك، في حين تحتاج المحافظات الواقعة شمالاً منها إلى أكثر من ذلك وهذا يعود إلى عوامل عدة أهمها الموقع من دوائر العرض، الذي يؤدي إلى تباين شدة الإشعاع الشمسي وزاوية سقوطه التي تزداد جنوباً وتقل شمالاً، فضلاً عن نسبة العاكسية لهذا الإشعاع والذي يتأثر بلون التربة ومقدار رطوبتها في المنطقة.

### 5) فصل النمو *The Growing Season* :

يعرف فصل النمو بعدد الأيام التي تكون درجات حرارتها فوق الدرجة التي تمثل بداية للنمو، وهي تحدد بـ 6°م في العروض المعتدلة. كما أن هناك تعريف آخر يحدده بالمدة التي تكون بين الصقيع القاتل الماضي في الربيع، والصقيع القاتل القادم في الخريف[3].

كما يمكن أن يعرف بأنه الفترة الزمنية التي يتطلبها النبات لأتمام دورة حياته من مرحلة الأنبات إلى مرحلة النضوج. وتختلف طول فترة النمو باختلاف الموقع بالنسبة إلى دوائر العرض، إذ أن طولها يبلغ 365 يوماً في الجهات المدارية الحارة ويقل تدريجياً كلما ابتعدنا عن المنطقة المدارية، واقتربنا من المنطقة القطبية. فنباتات المنطقة الاستوائية كالموز والكاكاو والمطاط تنمو بفترة تمتد طوال السنة بينما تنمو محاصيل

---

(1) حمده حمودي العبيدي، مصدر سابق، ص10 .

(2) علي عبد الحسين، النخيل والتمور وآفاتهما في العراق، ط1، جامعة بغداد، بغداد، 1974، ص12.

(3) Peter A. Furley and Other, Op. Cit, P . 97 .



Scanned by CamScanner

المنطقة المعتدلة بفترة نمو أقصر، كما تنمو نباتات المنطقة الباردة بفترة نمو أقصر من ذلك[1]. ويعود سبب ذلك إلى أن الجهات الاستوائية فيها درجات حرارية مرتفعة لا تقل عن 18°م لكافة أيام السنة، وهي بهذا لا تنخفض إلى الحد الحرج للنمو (صفر النمو) مما يجعل نباتاتها في نمو مستمر. أما في المناطق المعتدلة فان هناك فصل بارد تنخفض فيه درجات الحرارة عن صفر النمو مما يجعل النبات يدخل في طور السبات Dormancy، لمقاومة ذلك الانخفاض، كما في أشجار الفاكهة النفضية التي تنفض أوراقها تكيفاً لتلك الظروف كالرمان والتين والخوخ والمشمش والتفاح والعنب والتوت. كما أن محاصيل الحبوب والخضروات لها صفر نمو خاص بها وعند الهبوط دونها تصاب بالضرر، وإذا استمر الانخفاض أكثر فانه يؤدي إلى موتها .

من خلال ذلك ظهرت في العروض المعتدلة محاصيل شتوية معظمها لها صفر نمو أقل من 6°م، ومحاصيل صيفية معظمها لها صفر نمو أكثر من 6°م تكيفاً مع درجات حرارة تلك العروض.

أما في المناطق الباردة فأن قصر فصل النمو، وانخفاض درجات الحرارة فيها دون صفر النمو لفترة طويلة جعل المحاصيل التي تزرع هناك متكيفة لذلك مستغلة طول الفترة الضوئية صيفاً لتعويض النقص في درجات الحرارة.

إن فصل النمو لا يقتصر تحديده بانخفاض درجات الحرارة، إذ قد يكون إرتفاعها محدداً له، إذ أن ما يزيد عن حاجة النبات يوقفه عن النمو فيدخل في سبات قصير محاولاً التخلص من درجات الحرارة الزائدة عن طريق التبخر/ النتح. وإذا لم يستطع ذلك فأنه سوف يصاب بالضرر وقد يؤدي إلى موته لاسيما إذا ارتفعت درجات الحرارة فوق 50°م.

---

(1) عبد علي الخفاف وعلي الشلش، مصدر سابق، ص61 .



Scanned by CamScanner

6) السكون (السبات) (*Dormancy*) :

تؤثر درجة الحرارة على التكيف الخريفي وكسر دور الراحة او السكون[1]، الذي يعنى به دخول النباتات في حالة السبات لمقاومة درجات الحرارة المنخفضة التي توقفها عن النمو، وقد يؤدي إلى نفض أوراقها كما في العديد من أشجار الفاكهة النفضية. ويختلف طور السكون من نبات إلى آخر (فنبات الزيتون الذي يعد من محاصيل المنطقة المعتدلة الدافئة يتحمل الحرارة المنخفضة إلى -7°م، إلا أنه يتعرض للضرر إذا انخفضت إلى أكثر من ذلك، ولكي تقاوم درجات الحرارة المنخفضة فانها تدخل في طور السبات، ولكي تنهي سباتها تحتاج إلى 1200 ساعة، أو 50 يوم لدرجة حرارة لا تزيد عن 7°م)[2]، أما نبات قصب السكر وهو من نباتات المنطقة المدارية فانه يتوقف عن النمو ويدخل طور السبات عند درجة حرارة 20°م[3]. وأن دلت تلك الأمثلة على شيء فانما تدل على اختلاف النباتات فيما بينها في حال دخولها طور السكون وفقاً لبيئتها المتأثرة بدوائر العرض المختلفة.

وقد تصاب البذور بالسكون النسبي والذي يعنى به عدم قدرة البذور الحية على الإنبات بشكل طبيعي، وهو يرجع إلى أسباب عديدة أما بيئية، أو داخلية في البذرة نفسها، فإذا كان عدم الإنبات يعود إلى نقص عامل أو أكثر من العوامل البيئية المناسبة للإنبات من حرارة، ورطوبة وأوكسجين فيعرف ذلك بالسكون الظاهري، وإذا كانت العوامل البيئية مناسبة للإنبات إلا أن السكون يرجع لعوامل أخرى تتعلق

---

(1) ميلفن ويستوود، علم فاكهة المنطقة المعتدلة، ترجمة يوسف حنا يوسف، مديرية مطبعة الجامعة، جامعة الموصل، 1983، ص79 .

(2) عدنان إسماعيل الياسين، الزيتون في محافظة نينوى، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة بغداد، 1974، ص12، 17 .

(3) نوري خليل البرازي وإبراهيم عبد الجبار المشهداني، مصدر سابق، ص50 .



Scanned by CamScanner

بـالجنين، أو بأغطيـة البـذرة نفسـها فهـذا يعـرف بسـكون البـذرة العميـق Seed dormancy[1].

### 7) درجة حرارة التربة *Soil Temperature* :

هي الوحدات الحرارية التي تختزنها التربة، وتستفيد منها النباتات كمصدر من مصادر الطاقة[2]. وتستمد التربة معظم حرارتها من الإشعاع الشمسي، فضلاً عن ذلك تستمد حرارتها من مصادر ثانوية اخرى كالأمطار الساخنة أو من باطن الأرض، أو من استعمال الاسمدة الكيمياوية والعضوية. لذا ينصح باستعمال الأسمدة لاسيما العضوية منها خلال الفصل البارد للحيلولة دون تجمد التربة وتلافي خطر الصقيع .

تعد درجة حرارة التربة 3, 18-9, 23°م (65-75°ف) بأنها الدرجة المثالية لنمو النباتات وممارسة نشاطاتها[3]، إذ تحتاج جذور النباتات إلى درجة حرارة لا تقل عن 4, 4°م لكي تنمو[4]. في حين كثير من النباتات تفقد القدرة على امتصاص الماء من التربة إذا كانت درجة الحرارة 10°م، أو أقل من ذلك، وتكون العلاقة ما بين مقدرة النبات على امتصاص الماء ودرجة الحرارة تصاعدية إلى أن تصل درجة الحرارة إلى نحو 25°م، إذ تقل فاعلية النبات في امتصاص الماء مرة اخرى مع ارتفاع درجة الحرارة عن ذلك المقدار، وفي كثير من الأحيان فأن درجات الحرارة العالية نحو 40°م فما فوق في المحيط الجذري تحد من مقدرة النبات على امتصاص الماء فتظهر على

---

(1) هشام قطنا ومحمد حسني جمال، المشاتل والأكثار الخضري، مطبعة الاتحاد، جامعة دمشق، 1998، ص62 .

(2) عبد خليل فضيل وعلوان جاسم الوائلي، مصدر سابق، ص48 .

(3) Thomas A. Blair and Robert C. Fite, Op. Cit, P :327.

(4) Lester E. Klimm and other, Introductory Economic Geography, third edition, Harcourt, Brace and Company inc, USA, 1956, P : 73 .



Scanned by CamScanner

النبات أعراض الذبول[1].

لا يقتصر تأثير درجة حرارة التربة على ارتفاعها فقط إذ أن انخفاض حرارة التربة له دوره في تقليل عملية امتصاص الماء والمواد الغذائية، كما يؤثر على نمو الجذور، ونشاط العمليات المختلفة التي يقوم بها النبات وتعود أسباب قلة الامتصاص إلى ما يأتي[2]:

أ- إن انخفاض درجات الحرارة يسبب نقص في نمو الجذور لاسيما في الترب الجافة، مما يقلل من كمية المياه الممتصة.

ب- زيادة لزوجة الماء مع انخفاض درجات الحرارة، كما في حال انخفاض درجات الحرارة من 25°م إلى الصفر المئوي، فانها تؤدي إلى لزوجة الماء أكثر من الضعف.

ج- مقاومة حركة الماء داخل الجذور بسبب ضعف اختراقه لنسيج الحجيرات وزيادة لزوجته.

د- ضعف التفاعلات الحيوية في حجيرات الجذور.

إن درجة حرارة التربة تختلف من تربة إلى أخرى وفقاً لمقدار رطوبتها. إذ أن التربة الرطبة تكون أبرد من التربة الجافة التي تستلم مقداراً مماثلاً من أشعة الشمس لأن الحرارة النوعية[*] للماء الذي يغلب في مسام التربة الرطبة أعلى بكثير من الحرارة النوعية للهواء الذي يغلب في مسام التربة الجافة. وإن ارتفاع الحرارة النوعية يعني بطأ

---

(1) جمعة سيد جمعة، الظروف البيئية وأثرها على الاستهلاك المائي للنبات، مجلة الاحتياجات المائية للمحاصيل والأشجار في المناطق البيئية العربية المختلفة، مطبعة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، بغداد، 1988، ص89 .

(2)Paul J.Kramer, Plant and Soil Water relationships, McGraw-Hill book Company, USA, 1969, P. 195, 198.

(*) الحرارة النوعية Specific heat : هي النسبة بين كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من المادة درجة مئوية واحدة، وبين كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من الماء درجة مئوية واحدة .



Scanned by CamScanner

في تغييرات درجات الحرارة بين النهار والليل وبين الصيف والشتاء. كما يعني تقليلاً في احتمال التعرض لحدوث صقيع مفاجئ. فضلاً عن ذلك أن وجود بخار الماء في أجواء التربة يقوي من البطء في التغييرات الحرارية، ومن تقليل احتمال التعرض إلى الصقيع لأن بخار الماء يمتص قسماً كبيراً من الموجات الحرارية الطويلة الأرضية. مما يجعل التربة تحتفظ في جوها بقسم كبير من الحرارة التي تشعها. كما أن الترب الرطبة أسرع توصيلاً للحرارة المكتسبة من أشعة الشمس بالمقارنة بتربة أخرى جافة لأن الماء أسرع توصيلاً للحرارة من الهواء[1]. لهذا يفضل ترطيب التربة المزروعة بالنبات لما ذكر من خواصها، فضلاً عن قيامها بعملية التعويض عما يفقده النبات بعملية التبخر/ النتح لاسيما صيفاً.

إن للتربة مدى حراري له تأثير مهم على النبات المزروع فيها، إذ يكون أعلاه عند السطح وذلك لتأثره المباشر بالإشعاع الشمسي المكتسب والإشعاع الأرضي المفقود، بينما يقل بالعمق (فإذا كان هذا المدى فوق سطح التربة مقداره حو 16°م، فأنه يكون على عمق 15 سم نحو 8°م، أما إلى عمق 30 سم فيعادل ما مقداره 4°م، ويقل أكثر عند عمق 45 سم إلى نحو 2°م، و عند عمق 60 سم ينخفض دون الصفر المئوي بدرجة واحدة -1°م)[2].

وفيما يخص المدى السنوي فانه يقل بالعمق أيضاً، حتى إذا ما وصلنا عمق 20 متراً في العروض الوسطى فأن هذا المدى يكون معدوماً لذلك ابتدأ من هذا العمق لا يكون هناك تغير أو تذبذب في الحرارة سواءً كان ذلك خلال العام او اليوم الواحد[3].

---

(1) إبراهيم إبراهيم شريف وعلي حسين الشلش، جغرافية التربة، مطبعة جامعة بغداد، بغداد، 1985، ص60، 71 .

(2) أحمد حديد وفاضل الحسني، علم المناخ، مطبعة جامعة بغداد، جامعة بغداد، 1984، ص62-63.

(3) أحمد حديد وفاضل الحسني، مصدر سابق، ص64 .



Scanned by CamScanner

الجدول (9) يشير إلى معدل درجات حرارة التربة في مدينة بغداد ويتبين من تحليله، وتحليل الأشكال (2، 3، 4) التي توضح المعدلات عند السطح وعمق 10 سم وعند عمق 30 سم. أن درجات الحرارة تبلغ ذروتها خلال فصل الصيف وتحديداً في شهر آب وذلك لما يرافقها من طول في النهار وكبر في زاوية سقوط الإشعاع الشمسي وشدته. وهي تنخفض بالعمق خلال الفصل الدافئ من السنة والذي تمثله الشهور (نيسان، مايس، حزيران، تموز، آب). وذلك لأن الطبقة السطحية تتعرض للإشعاع الشمسي المباشر الساقط عليها ويقل تأثيره بالعمق. في حين تبلغ أدنى درجات حرارة التربة في فصل الشتاء، وتحديداً شهر كانون الثاني وذلك لقصر النهار، وصغر زاوية السقوط وقلة شدة وكثافة الإشعاع الشمسي. وتزداد بالعمق خلال الفصل البارد من السنة والذي تمثله الشهور (أيلول، تشرين أول، تشرين ثاني، كانون أول، كانون ثاني، شباط، آذار). وذلك لأن الطبقة السطحية تكون ملامسة للهواء فتتأثر بدرجة حرارته مباشرة، فضلاً عن أن الإشعاع الأرضي يبلغ ذروته منها.

جدول (9) معدلات درجات حرارة التربة الشهرية والسنوية لمحطة بغداد (م°)

| الشهر / العمق | ك2 | شباط | آذار | نيسان | مايس | حزيران | تموز | آب | أيلول | ت1 | ت2 | ك1 | المعدل |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| السطح | 9.6 | 12.7 | 16.2 | 24.8 | 30.9 | 34.7 | 36.1 | 36.6 | 31.9 | 24 | 14.3 | 12.6 | 23.7 |
| 10سم | 9.5 | 11.7 | 16.3 | 24.6 | 30.4 | 34.3 | 36.4 | 37.1 | 32.7 | 24.5 | 15.2 | 13.2 | 23.8 |
| 30سم | 11.1 | 12.2 | 16.7 | 24.1 | 29.6 | 34.1 | 35.7 | 36 | 32.9 | 27.2 | 18.6 | 15.2 | 24.5 |

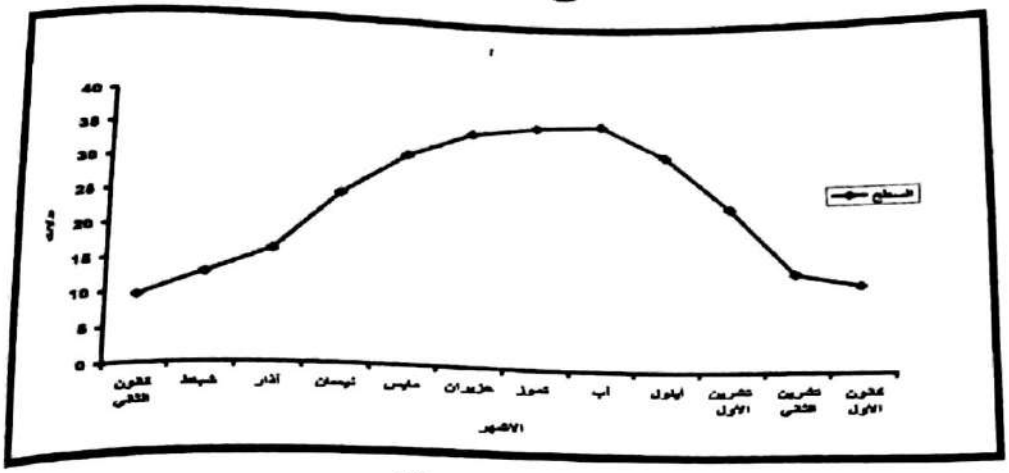
المصدر : الهيئة العامة للأنواء الجوية، قسم المناخ، بيانات غير منشورة .



Scanned by CamScanner

شكل (2) معدلات حرارة التربة

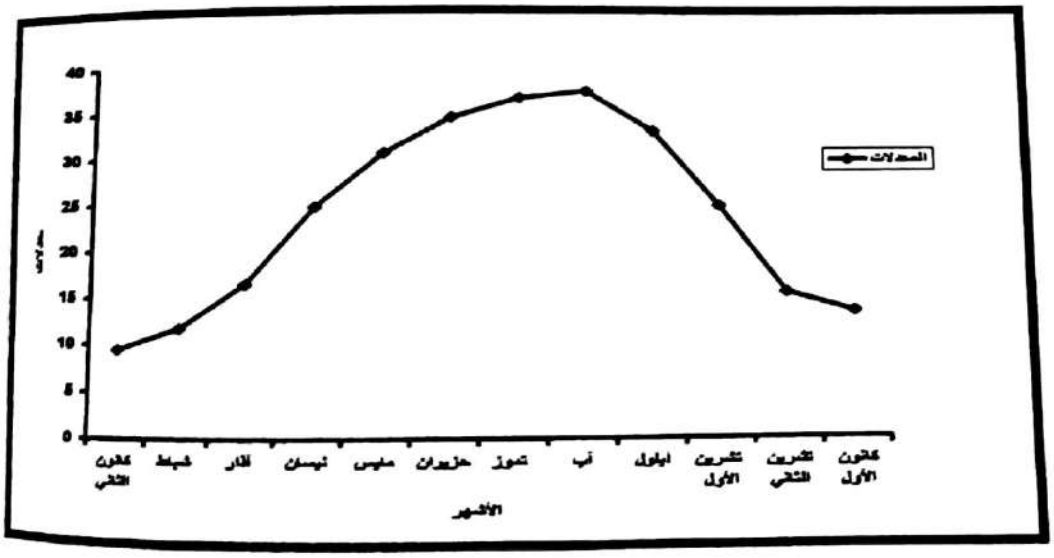
عند السطح لمحطة بغداد (مْ)




المصدر: من عمل المؤلف بالاعتماد على جدول(9).

شكل (3) معدلات حرارة التربة

عند عمق 10سم لمحطة بغداد (مْ)



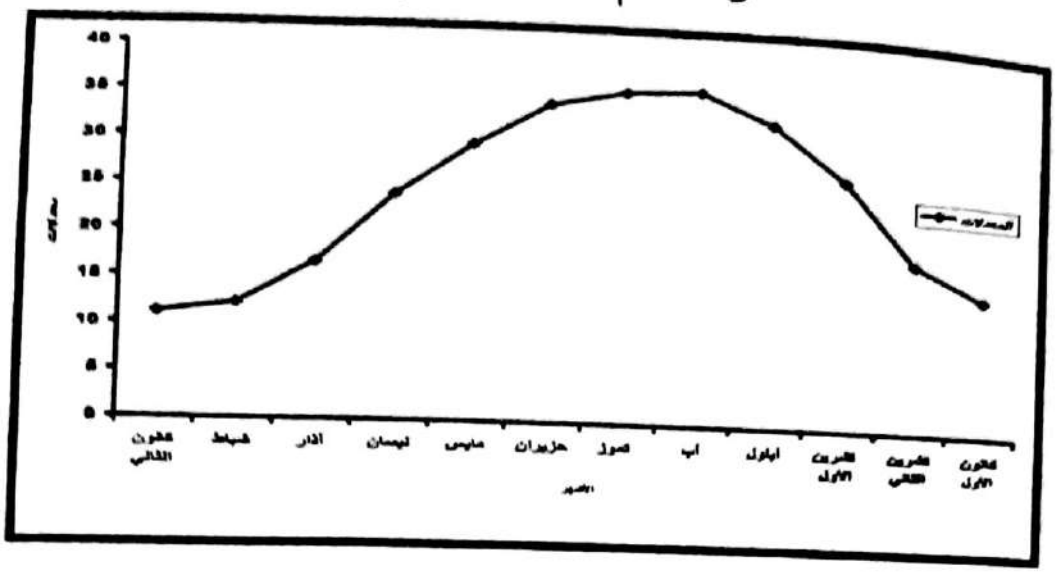

المصدر: من عمل المؤلف بالاعتماد على جدول(9).



Scanned by CamScanner

شكل (4) معدلات حرارة التربة عند

عمق 30سم لمحطة بغداد( م°)



المصدر: من عمل المؤلف بالاعتماد على جدول(9)

أن النباتات تتباين في مدى استجابتها لانخفاض وارتفاع درجة حرارة التربة وذلك وفقاً لما يأتي:

أ. نوع النبات وصنفه: أن النباتات المدارية يمكن أن تتحمل ارتفاع درجة حرارة التربة أكثر من نباتات المنطقة المعتدلة والباردة، في حين أن نباتات المنطقة الباردة يمكن أن تتحمل انخفاض درجة حرارة التربة أكثر من نباتات المنطقة المعتدلة وهذه تتحمل أكثر من نباتات المنطقة المدارية.

ب. طول الجذور ومقدار تشعبها : أن النبات الذي يمتلك شبكة كثيفة من الجذور وذات عمق أكبر يكون مقاومته لانخفاض درجات الحرارة وارتفاعها اكثر من غيره لذا أن بعض جذور نباتات المناطق ذات المدى الحراري الكبير تكون عميقه وكثيفة فضلاً عن أنها تكون غليظة القوام لمقاومة مثل تلك الظروف المتطرفة.

ج. عمر النبات : النبات البالغ يبدي مقاومة أكثر من النبات الصغير وذلك لما يمتلكه الأول من شبكة جذرية كثيفة.



Scanned by CamScanner

د. رطوبة التربة وجفافها : النبات المزروع في تربة رطبة له مقاومة أفضل من النبات المزروع في تربة جافة لأن التربة الرطبة تكون عامل تبريد أثناء الصيف، وعامل دفئ أثناء الشتاء .

ه. سرعة واتجاه الرياح : أن الرياح السريعة تزيد من عملية التبخر/ نتح وبالتالي تفقد التربة رطوبتها التي تعد عاملاً مهماً في الحفاظ على درجة حرارتها، كما أن لجهة الرياح بما تحمله من صفة حرارية دوراً في التأثير على درجة حرارة التربة السطحية.

و. الرطوبة الجوية: تعد الأمطار الساقطة أحد مصادر حرارة التربة، كما أن الثلج الساقط يحمي التربة من تسرب حرارتها، كما تعمل الرطوبة النسبية على امتصاص الإشعاع الأرضي وإرجاعه نحو سطح الأرض محاولة عدم تسربه.

ز. الحالة الصحية للنبات لاسيما جذوره: أن النبات المصاب له مقاومة أقل من النبات السليم لتطرف درجات حرارة التربة.



Scanned by CamScanner

## الفصل الثالث

# الضغـــط الجـــوي والريـــاح

# *Atmospheric Pressure and Winds*

- ✓ الحدود الحرارية الدنيا .
- ✓ الحدود الحرارية المثلى .
- ✓ الحدود الحرارية العليا .
- ✓ درجات الحرارة المتجمعة .
- ✓ فصل النمو.
- ✓ السكون.
- ✓ درجة حرارة التربة .

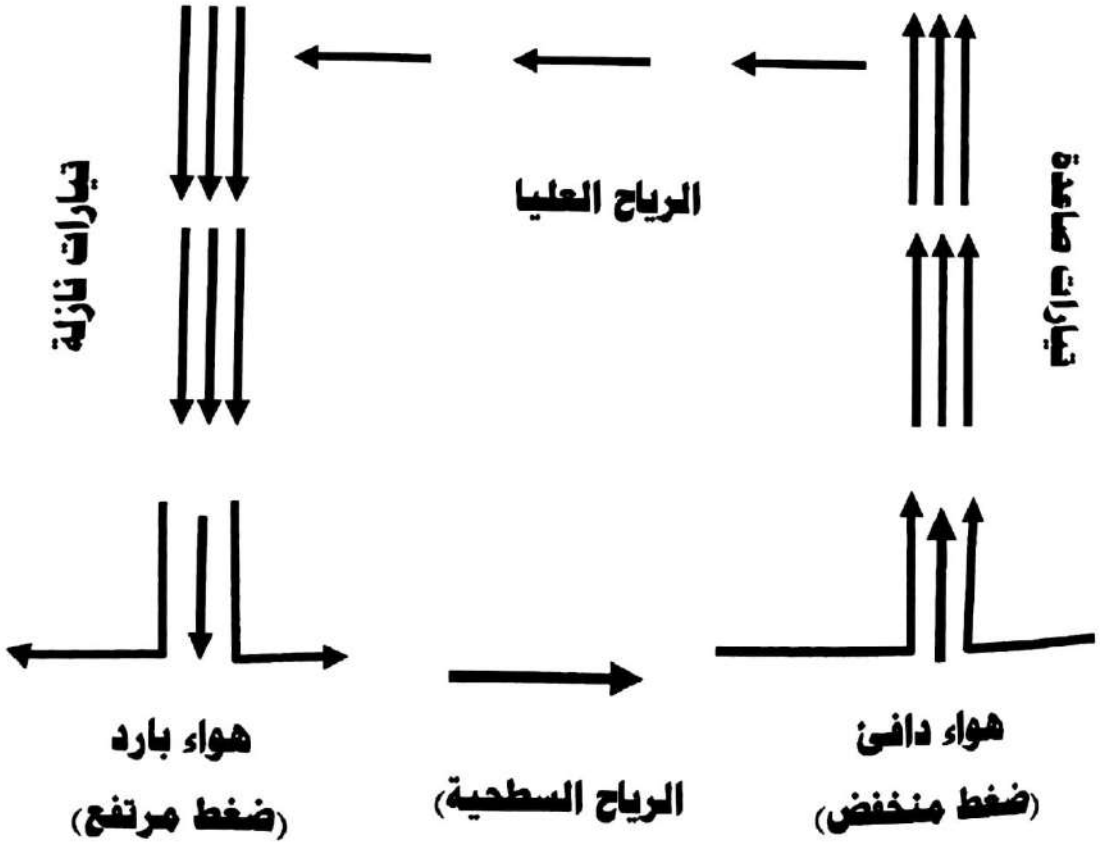
Scanned by CamScanner

# الضغط الجوي والرياح

## *Atmospheric Pressure and Winds*

يعد الضغط الجوي، والرياح عنصران مهمان من عناصر المناخ. وكلاهما له أهمية غير مباشرة في التأثير على الحرارة والتساقط، ولهذا دوره في تحديد صفات المناخ. فالرياح هي الحركة الأفقية للهواء، والموازية لسطح الأرض، ويكون هبوبها من منطقة الضغط المرتفع إلى منطقة الضغط المنخفض. أما الحركة العمودية للهواء فتسمى بالتيارات الهوائية، وتكون أما على شكل هواء صاعد تسمى التيارات الصاعدة، كالتي تحصل عند الدائرة الاستوائية. أو تكون على شكل هواءٍ نازل تسمى بالتيارات النازلة كالتي تحصل في عروض الثلاثين. وإذا كانت صاعدة يتكون ضغط منخفض عند سطح الأرض. أما إذا كانت نازلة فيتكون عنده ضغط مرتفع، يلاحظ شكل (5) .

شكل (5) هبوب الرياح من الضغط المرتفع إلى الضغط المنخفض.






Scanned by CamScanner

إن الرياح تكون نوعين: أما رياح عليا وإما رياح سطحية. والرياح السطحية هي حركة الهواء قرب سطح الأرض، وتكون استجابة لفقدان التوازن من القوى المؤثرة على جزيئات الهواء، ويعد الضغط الجوي الذي يعنى به وزن عمود الهواء فوق وحدة المساحة (سم$^2$) والذي يبلغ عند مستوى سطح البحر نحو 29,92 بوصة، أو 760ملم، أو 1013,25 مليبار (السبب الأساس في هبوب الرياح، أما العوامل الأخرى فلها دورها في بدأ الحركة ونمط الدورة العامة للرياح، وهناك عاملين أساسيين يوضحان الدورة العامة للهواء في الغلاف الغازي هما: أولا استلام الأرض كمية غير متساوية من الطاقة الحرارية في مختلف العروض. وثانيا دوران الأرض حول محورها[1]). ولأجل أجراء الموازنة الحرارية في الغلاف الغازي تقوم الرياح بنقل الحرارة من الهواء الأسفل إلى أعلى الغلاف الغازي وبالعكس. أو أفقياً من العروض الدنيا إلى العروض العليا. وللحركة العمودية أهمية للمناخيين لأنها تعبر عن تكون الغيوم وحدوث التساقط. كما أن للحركة الأفقية دورها الكبير في الغلاف الغازي، التي لا تقل في أهميتها عن الحركة العمودية[2].

إن سرعة الرياح واتجاهها تتأثر بقوى أساسية ثلاث يمكن ذكرها على النحو الآتي:

### 1) التدرج في أقيام الضغط الجوي *Pressure Gradient Force*:

تتحرك الرياح نتيجة وجود اختلاف في الضغط الجوي، إذ يوجد ضغط مرتفع وضغط منخفض تهب بسببهما الرياح من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض، وتعتمد سرعتها على التدرج في أقيام الضغط الجوي. فإذا كان هذا التدرج قليل فتكون سرعة الرياح بطيئة وهادئة، وأما إذا كان هذا التدرج عالي، أي أن الفرق

---

(1)H. J. de Blij and Peter O. Muller, Op. Cit, P.97.

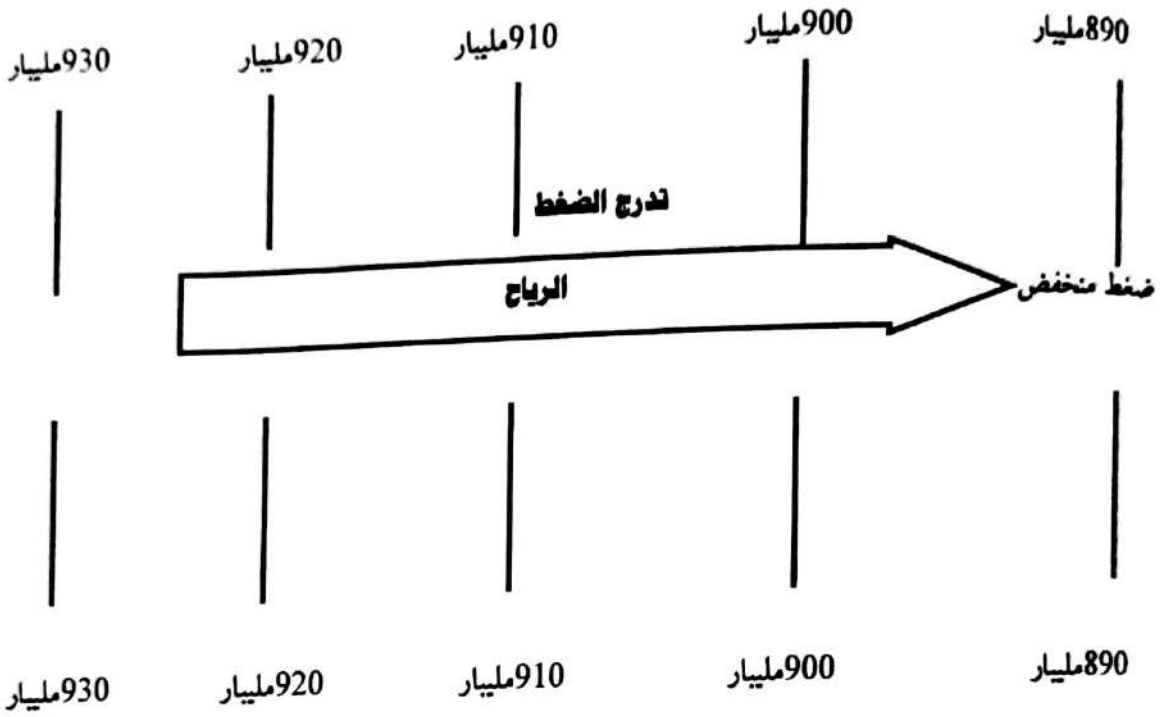
(2) Glenn T. Trewartha, An introduction to Climate, Third edition, McGraw-Hill Book Company, inc. USA, 1954, P.60.



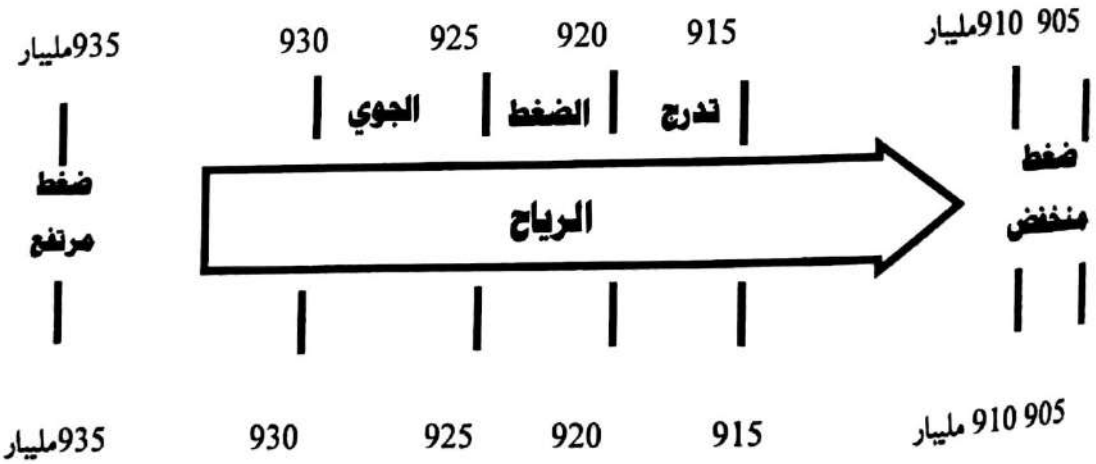
Scanned by CamScanner

بين قيمة وأخرى من قيم الضغط الجوي كبير فتكون الرياح سريعة، وفقاً لهذا التباين في القيم الضغطية. كما يظهر ذلك من الشكل (6 و7).

شكل (6) منحدر عالي للضغط الجوي.




شكل (7) منحدر قليل للضغط الجوي.

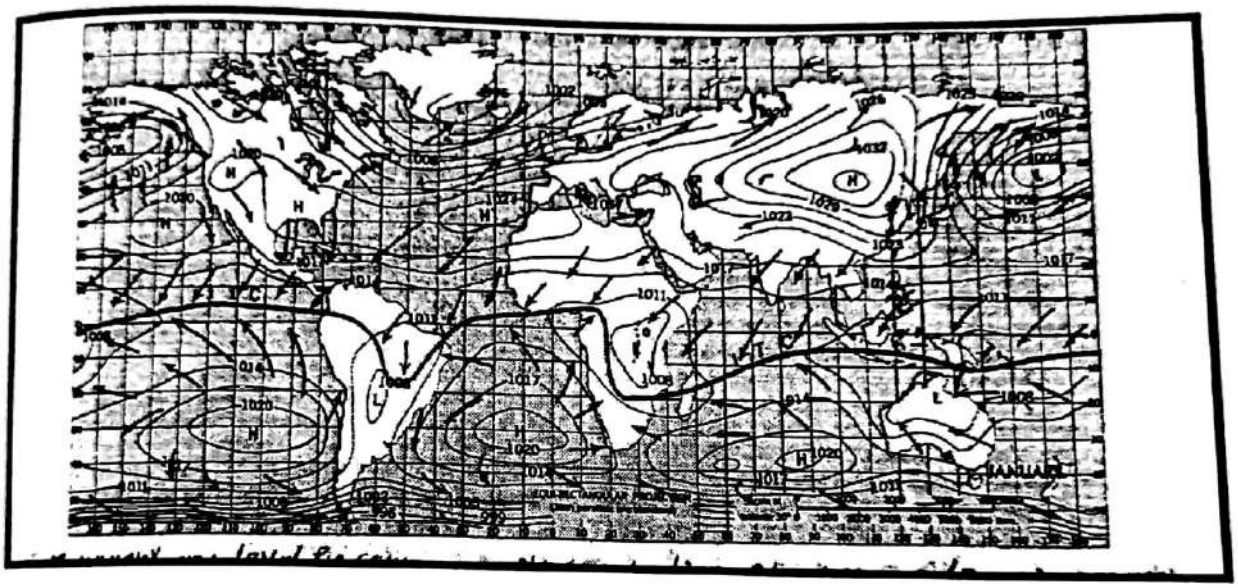





Scanned by CamScanner

من تحليل الخريطة (4 و 5) يتبين إن تقارب خطوط الضغط المتساوي يعني هناك تباين كبير في أقيام الضغط الجوي مما يزيد من سرعة الرياح الهابة، في حين يعني تباعد خطوط الضغط المتساوي أن هناك تدرج قليل في أقيام الضغط الجوي مما يبطئ من سرعة الرياح الهابة.

خريطة (4) الضغط الجوي بالملليبار عند مستوى
سطح البحر في شهر كانون ثاني والرياح الهابة.



المصدر: *Gleen T. Trewarth and Other, Fundamentals of Physical geography, third edition, McGraw-Hill Book Company, USA, 1977, P.83.*



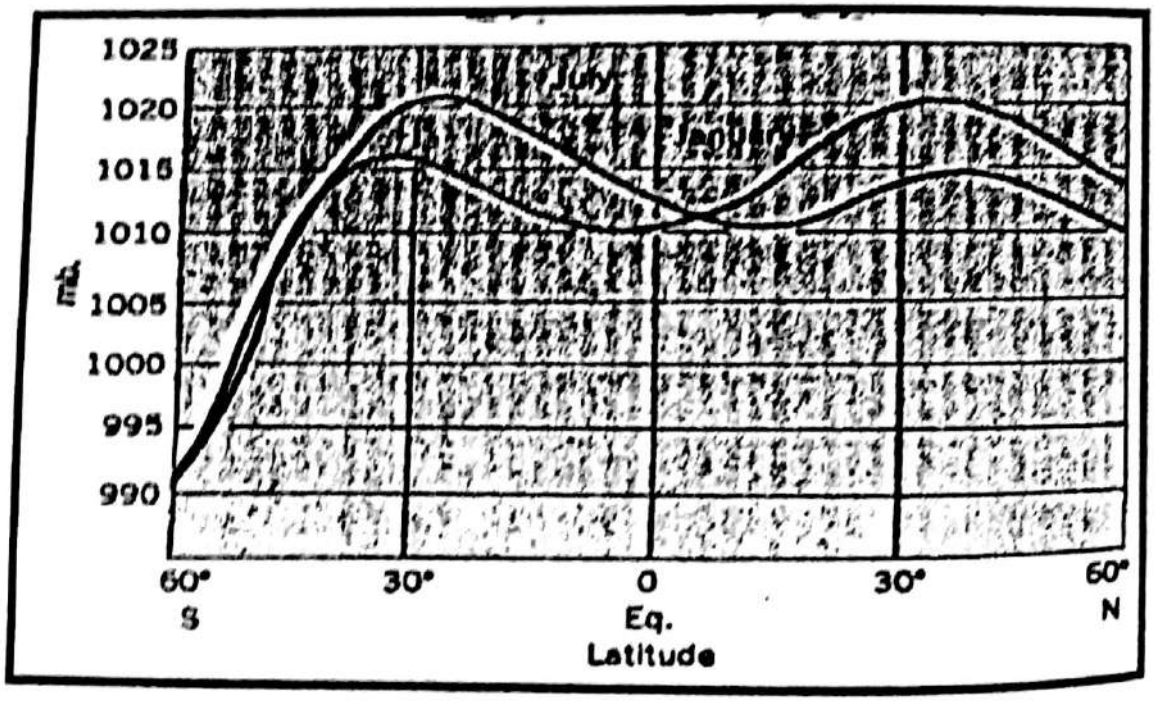
Scanned by CamScanner

خريطة (5) الضغط الجوي بالملبار عند مستوى سطح البحر في شهر تموز والرياح الهابة.

المصدر: *Gleen T. Trewarth and Other, Fundamentals of Physical geography, third edition, McGraw-Hill Book Company, USA, 1977, P.83.*

ومن ملاحظة شكل (8) وتحليله يتبين ما يأتي :

شكل (8) الرياح والضغط الجوي.




المصدر: *Glenn T. Trewartha, Arthur H. Robinson and Edwin H. Hammond, elements of geography, Fifth edition, McGraw-Hill Book Company, USA, 1967, P. 72.*



Scanned by CamScanner

أ. انخفاض قيم الضغط الجوي بالاقتراب من الدائرة الاستوائية إلى حدود 1010 مليبار لكلا شهري تموز وكانون الثاني وذلك بسبب إرتفاع درجات الحرارة وقلة المدى الحراري السنوي. مما يعني أن التدرج في قيم الضغط الجوي قليل وهذا يجعل سرعة الرياح بطيئة أو تكون هادئة. لذا يوجد منطقة عند دائرة عرض 5° شمالاً وجنوباً تسمى منطقة الرهو أو الركود الاستوائي.

ب. أن قيم الضغط الجوي ترتفع عند عروض الثلاثين في نصفي الأرض الشمالي والجنوبي، لأن الهواء يكون نازلاً فيها.

ج. أن قيم الضغط الجوي لشهر كانون الثاني في عروض الثلاثين في النصف الشمالي تكون أعلى من قيمها في النصف الجنوبي بسبب انخفاض درجات الحرارة في الأول وارتفاعها في الثاني.

د. أن قيم الضغط الجوي لشهر تموز في عروض الثلاثين في النصف الشمالي تكون أقل من قيمها في النصف الجنوبي، وذلك لارتفاع درجات الحرارة في الأول وانخفاضها في الثاني .

ه. انخفاض قيم الضغط الجوي في عروض الستين في النصف الجنوبي والذي يصل إلى نحو 990 مليبار لشهري كانون الثاني وتموز، وهي أدنى من قيمها في عروض الستين في النصف الشمالي، والتي تصل نحو 1010 مليبار لشهر تموز وقريباً من 1015 مليبار لشهر كانون الثاني مما يدل أن قيم الضغط الجوي هي أكثر انحداراً في عروض الستين في النصف الجنوبي مما هي عليه في النصف الشمالي لنفس تلك العروض، ويعود ذلك إلى سعة المسطحات المائية في النصف الجنوبي والذي يكون هناك فرق كبير بينها وبين اليابس مقارنة بالنصف الشمالي.

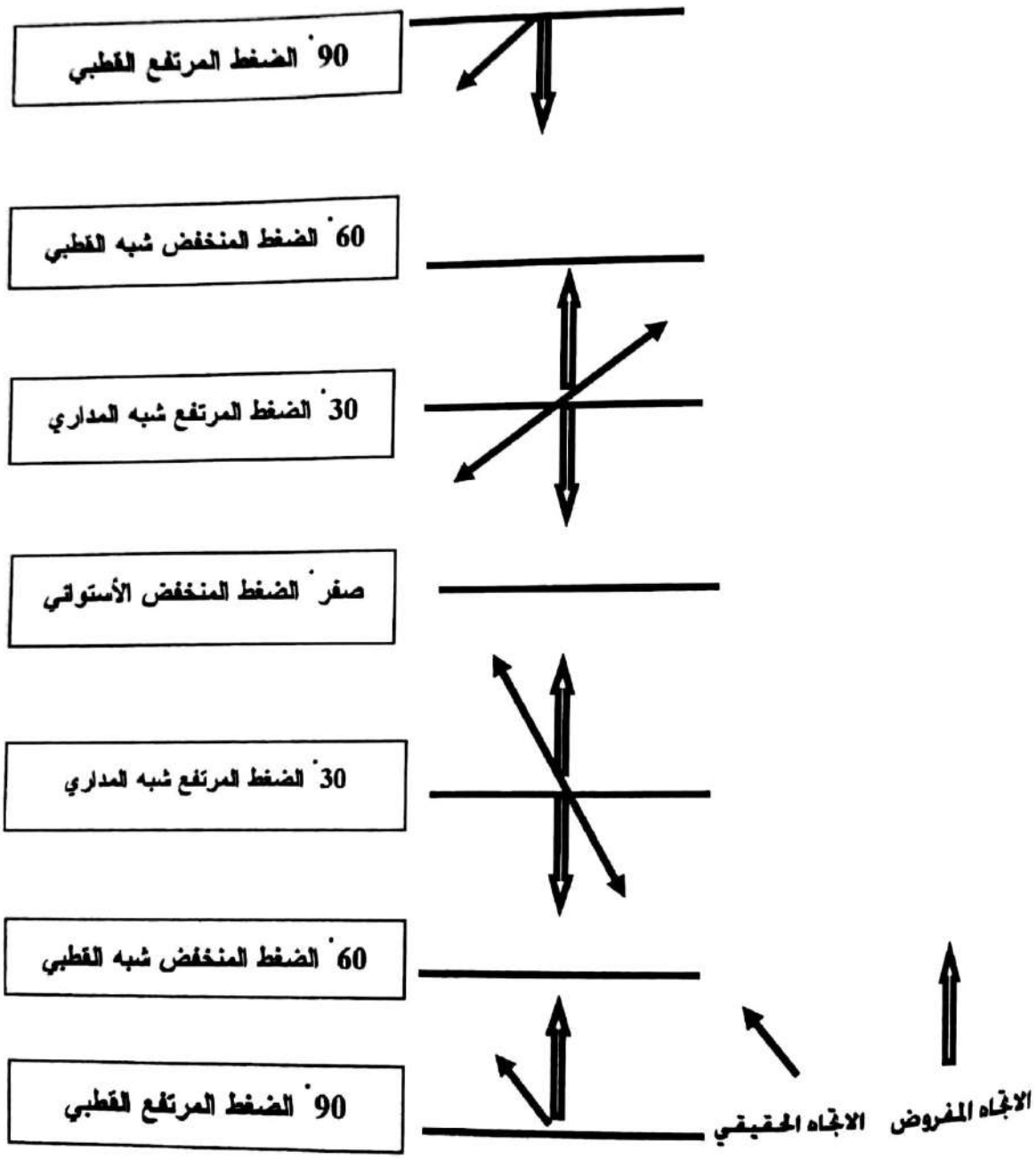


Scanned by CamScanner

2) **قوة كوريولس** *Coriolis Force* :

تسمى هذه القوة بقوة الانحراف، وذلك لانحراف الرياح إلى يمين اتجاهها في نصف الأرض الشمالي، وإلى يسار اتجاهها في نصف الأرض الجنوبي بسبب دوران الأرض حول نفسها. يلاحظ شكل (9).

**شكل (9) قوة انحراف الرياح وفقاً لدوائر العروض المختلفة.**






Scanned by CamScanner

فالهواء يجري نحو مناطق الضغط المنخفض نحو الشمال أو نحو الجنوب على طول خطوط الطول، إلا إنه بسبب قوة كوريولس ينحرف فيكون شرقياً وغربياً موازياً لدوائر العرض [1]. وذلك حسب قانون فريل Ferrel's Law الذي ينص أن أي شيء أو سائل يتحرك أفقياً في النصف الشمالي يميل إلى الانحراف إلى اليمين من حركته بغض النظر عن اتجاهه. ويميل إلى الانحراف إلى اليسار من حركته في النصف الجنوبي وأن قوة كوريولس لا تتواجد عند الدائرة الاستوائية لكنها تزداد بالتقدم نحو القطبين[2].

### 3) قوة الاحتكاك *The Frictional Force* :

هي تلك القوة التي تعمل على تخفيض سرعة الرياح نتيجة احتكاكها بظاهرات سطح الأرض المختلفة، وتقل تلك القوة بالارتفاع عن سطح الأرض. (فالسرعة عند ارتفاع 33 قدم تبلغ حوالي مرتين قدر الارتفاع من 2-11 قدم، أما سرعتها عند 100 قدم فتبلغ نحو 1,2 مرة عند 33 قدم. ويستمر الشعور بتأثير سطح الأرض حتى على ارتفاع9,000-6,000 قدم نحو 2,700-1,800 متر)[3].

## تأثير الضغط الجوي على النبات :

للضغط الجوي تأثير مهم على المحاصيل النباتية والأشجار المثمرة عن طريق ما يقوم به من تجديد لهواء التربة Aeration أي أغنائه بالأوكسجين الضروري لتنفس كل أحيائها، ولعملية الأكسدة, وفي تخليصه من المقدار الزائد من ثاني أوكسيد الكاربون، ومن الغازات الأخرى غير المرغوب في وجودها والتي تعد ضارة للنبات في

---

(1)Glenn T. Terwarth and Other, Fundamentals of Physical Geography, Third edition, McGraw-Hill Book Company, USA, 1977, P. 81.
(2)Arthur N. Strahler, Introduction to Physical Geography, Op. Cit, P.78-79.
(3)Thomas A. Blair and Robert C. Fite, Op. Cit, P. 32.



Scanned by CamScanner

المنطقة المحيطة بالجذور. فعندما ينخفض الضغط الجوي يتمدد هواء التربة ويخرج قسم منه إلى الغلاف الغازي حيث تقوم الرياح بإزاحته ليحل محله هواء آخر جديد. أما عندما يرتفع الضغط الجوي فأن هواء التربة ينكمش فيدخل هواء جديد محمل بالأوكسجين الضروري لعملية تنفس الإحياء والأكسدة ونمو الجذور خاصة والنبات عامة[1]. فضلاً عن ذلك إن للضغط الجوي تأثير على هبوب الرياح، وما تحمله معها من تأثيرات سواء كانت إيجابية أم سلبية على النبات المزروع.

## تأثير الرياح على النبات :

للرياح تأثير إيجابي وسلبي على النبات سواءً كان متمثلاً بالمحاصيل الزراعية أو بالأشجار المعمرة المثمرة. وللإحاطة بهذا الجانب سيتم التطرق لها على النحو الآتي:

### 1) التأثير الإيجابي للرياح على النبات :

تقوم الرياح بعمل موازنة حرارية عن طريق نقل الطاقة بين العروض الدنيا والعليا، بالرغم من عدم وجود موازنة إشعاعية بين تلك العروض، ولولاها لما استطاع الإنسان التوسع الزراعي نحو العروض الباردة، كما تقوم الرياح بنقل بخار الماء من المحيطات نحو اليابسة فتجهزها بالرطوبة اللازمة لحصول التساقط[2].

وتقوم الرياح بالتخفيف من درجات الحرارة العالية صيفاً إذا كانت قادمة من مناطق شمالية باردة, فتعمل على تقليل المفقود بعملية التبخر / النتح، ولها دورها في التخفيف من شدة الإشعاع الشمسي وذلك لما تحمله من ذرات الغبار والشوائب وبخار الماء وجزيئات بعض الغازات فتعمل على امتصاص بعض الإشعاع، كما تقوم بعكس بعضه الأخر وكذلك تعمل على انتشاره وبعثرته، كما تقوم بنقل الرطوبة من المناطق

---

(1) إبراهيم إبراهيم شريف وعلي حسين الشلش، مصدر سابق، ص61 .

(1) Vernor C. Finch and Other, Physical elements of geography, McGraw-Hill Book Company, inc, USA, 1957, P.46.



Scanned by CamScanner

الرطبة إلى المناطق الجافة المزروعة بالنبات والمحاصيل الزراعية فتعمل على تقليل المفقود بعملية التبخر / النتح، وللرياح دورٌ مهم في إجراء عملية التلقيح الطبيعي لبعض النباتات، كما إذا هبت في وقت تلقيح اشجار النخيل، إذ تعمل على نقل حبوب اللقاح من ذكورها إلى أزهار إناثها، وللرياح دور في سقوط الأمطار، كما عند هبوب الرياح الجنوبية الشرقية الدافئة المحملة بالرطوبة جراء مرورها فوق المسطحات المائية مسببة سقوط الأمطار على العراق, لأنها تهب في مقدمة المنخفضات الجوية القادمة من البحر المتوسط. وكالرياح الغربية (العكسية) الهابة على غرب أوربا. ولا يقتصر الأمر الإيجابي للرياح على ذلك، إذ أن لها دور مهم في إجراء عملية التذرية وفصل بعض انواع الحبوب عن شوائبها كالقمح والشعير، كما تعمل على تجديد هواء التربة المحيط بالجذور وبصورة مستمرة عن طريق ازاحتها للهواء القديم، وإحلال هواء جديد محله محمل بالأوكسجين الضروري لإجراء عملية التنفس من قبل النبات وأحياء التربة. وتعمل الرياح أيضاً على توفير ثاني أوكسيد الكاربون الضروري لعملية التمثيل الضوئي، وتوفير النيتروجين الضروري لبعض النباتات كالبقوليات. وتقوم بمد التربة بصورة غير مباشرة بالمواد العضوية المتكونة من تحلل الأوراق والأغصان والثمار المتساقطة على الأرض بسببها .

وينبغي هنا أن نذكر أن للرياح طاقة تعمل على تحريك الطواحين الهوائية كما في الأراضي المنخفضة في أوربا ولها دورها في طحن الحبوب، كما يمكن ان تستعمل في ضخ المياه[1]، وتوليد الطاقة الكهربائية التي يمكن ان تستغل في توفير المياه لري النباتات والمحاصيل الزراعية في المناطق الجافة وشبه الجافة لاسيما وقت فصل الجفاف.

فضلاً عن ذلك فقد أسهمت الرياح في بناء مناطق واسعة من الأراضي الزراعية عن طريق ترسيبها لمادة غرينية في نسجتها ذات لون أصفر شاحب تسمى

---

(1) Alan Strahler and Arthur Strahler, Physical geography, Op. Cit, P.186.



Scanned by CamScanner

باللويس Loess وتتواجد هذه التربة في نطاق عروض أحزمة الرياح الغربية، والتي تغطي مساحات واسعة من الولايات المتحدة الأمريكية ووسط أوربا ووسط آسيا والارجنتين وهي تكون أكثر تطوراً في شمال الصين إذ تغطي مئات أو الاف الأميال المربعة وبعمق أكثر من 100 قدم[1].

كما أن الرياح وبسبب ما تعمله من رفع في نسبة الرطوبة في جو المناطق القريبة من المسطحات المائية تساعد في تقليل نسبة التباين الحراري، وتساهم في بقاء درجات الحرارة فوق مستوى درجة التجمد، وهذا يساعد بدوره على نجاح زراعة بعض المحاصيل الزراعية التي تمتاز بحساسيتها لانخفاض درجات الحرارة، أو تباينها في المناطق الساحلية[2]. وللرياح دور مهم في زراعة سفوح المنحدرات الجبلية بسبب ظاهرة نسيم الجبل والوادي التي تحدث نتيجة الانخفاض السريع لحرارة هواء سفوح المنحدرات الجبلية بسرعة أكبر من حرارة هواء بطون الأودية الذي يكون أدفأ منه نسبياً، الأمر الذي يؤدي إلى صعود الهواء الدافئ إلى أعلى السفوح الجبلية لخفته وتمدده وقلة كثافته، ونزول الهواء البارد من السفوح الجبلية إلى بطون أوديتها لثقله وارتفاع كثافته، وبالتالي فإنها تحول دون انخفاض درجات حرارة سفوح المنحدرات الجبلية دون الصفر المئوي مجنبة المحاصيل الزراعية خطر تكون الصقيع .

### 2) التأثير السلبي للرياح على النبات :

إن للرياح أثار سلبية عديدة، إذ إنه كلما تزداد سرعتها استطاعت حمل ذرات من الاتربة والغبار أكثر فتعمل على تمزيق أوراق النبات وتكسير أغصانه لاسيما الطرية منها، كما تقوم بقلع بعض الأشجار والمحاصيل الزراعية لاسيما الكبيرة الحجم

---

(1)Arthur Getis, Judith Getis and Jerome Fellmann, Geography, Macmillan publishing Co., Inc., USA, 1981, P.69.

(2) مخلف شلال مرعي وإبراهيم محمد حسون القصاب، جغرافية الزراعة، مصدر سابق، ص40.



Scanned by CamScanner

وذات الجذور الضحلة، وتقوم بنقل الأملاح من مكان إلى آخر لاسيما إلى الأراضي الزراعية. وللرياح أثار سلبية من حيث أنها تقوم بنقل درجات الحرارة المنخفضة من الجهات الهابة منها إلى المناطق التي تهب عليها كالذي يحصل في العراق شتاءاً أثناء هبوب الرياح الشمالية الشرقية القادمة من منطقة الضغط العالي السيبيري والتي تسبب أحياناً انخفاض درجات الحرارة إلى ما دون الصفر المئوي لعدة أيام فتسبب أضراراً خطيرة للنبات حتى على أشجار النخيل، كما انها تنقل معها درجات الحرارة العالية في الفصل الحار من السنة فتسبب ارتفاعاً ملحوظاً في معدلات التبخر / النتح، فتظهر علامات الذبول على النبات, وربما تؤدي إلى جفاف بعض الأوراق وتساقطها وموت بعض الأغصان لذا ينبغي تداركها باستعمال الري لتلافي مثل تلك الأضرار لاسيما إذا كانت منطقة هبوبها من اليابس الجاف ذو الحرارة الشديدة.

فضلاً عن ذلك أن للرياح دورا في تخفيض إنتاجية بعض المحاصيل الزراعية عن طريق ما تقوم به من عملية السقوط للأزهار والثمار العاقدة حديثاً لاسيما حال اشتداد سرعتها وجفافها، كالذي يحدث في شهور نيسان ومايس لأزهار وثمار الحمضيات في المنطقة الوسطى والجنوبية من العراق، وللرياح دورٌ في نقل بعض بذور الأعشاب الضارة إلى الأراضي الزراعية كالحلفا، وحال اشتداد سرعتها تعيق عملية تلقيح بعض النباتات من قبل بعض الحشرات كالنحل، وتقوم الرياح بازاحة الهواء المشبع بالرطوبة فتأتي بهواء أقل رطوبة أو هواء جاف يزيد من عملية التبخر / نتح، كما أن الرياح وبسبب حملها للأتربة والغبار وحال هدوئها تسبب تساقط تلك الذرات من التراب والغبار على النباتات والمحاصيل الزراعية فتسبب سد الثغور التنفسية لاسيما على الأوراق مما يعمل على أعاقة إجراء عملية التمثيل الضوئي الضرورية لتزويد النبات بالطاقة والمواد الغذائية فتسبب اللون الشاحب للنبات وتبدو علبه علامات الضعف والاصفرار.



Scanned by CamScanner

لا يقتصر الأثر السلبي للرياح على ذلك إذ إن للرياح دورٌ مهم في نقل بعض الآفات الزراعية كما في نقل الآفات الحشرية كمنكبوت الغبار الذي يصيب الكثير من النباتات لاسيما الحمضيات والفواكه والتمور، كما تنقل بعض الآفات المرضية من منطقة إلى أخرى وذلك بحملها للبكتريا والفطريات المسببة لها. وتعمل الرياح على انتقال الإصابة بالآفات من نبات مريض إلى نبات سليم أو من الأجزاء المصابة بالنبات الواحد إلى الأجزاء غير المصابة وذلك عن طريق عملية الاحتكاك ببعضها. كما أن الرياح عن طريق سرعتها وبسبب كسرها للأغصان في النبات تجعل من هذه الخدوش والجروح مخابئ مناسبة للآفات الزراعية، لاسيما وقت الشتاء، إذ تقضي فيها طور سباتها.

وللرياح دور مهم في تعرية التربة فهي تساوي أو تتجاوز ما تقوم به المياه الجارية خصوصاً في المناطق ذات المناخ الجاف وذات الأراضي المسطحة نسبياً مما يفقد الأرض الزراعية ترتبها، إذ أن الرياح المحملة بالغبار قد تنقله من قارة إلى أخرى، فالعواصف الترابية في شمال أفريقيا تحمل حوالي واحد بليون طن من التربة فوق المحيط الاطلسي والبحر المتوسط كل سنة مما يسبب غشاوة في الغلاف الغازي وقد يصل تأثيرها إلى جزر الكاريبي والتي تبعد نحو 5000كم أو3000ميل، ولهذا تأثيرات مناخية مهمة فضلاً عن تأثيرها على النباتات، ويقدر أن الرياح الهابة فوق حوض نهر المسيسبي تمتلك قدرة تقدر بـ1000 مرة في حملها الاتربة مما يحمله النهر نفسه، وقد سجلت بعض معدلات التعرية المرتفعة في العالم في الولايات المتحدة الامريكية وكندا إذ أن بعض الاقسام الزراعية منها سجلت فقد 69 مليون هكتار (170 مليون إيكر) من التربة وهذه المعدلات المرتفعة تقلل من إنتاجية تلك الأراضي الزراعية[1].

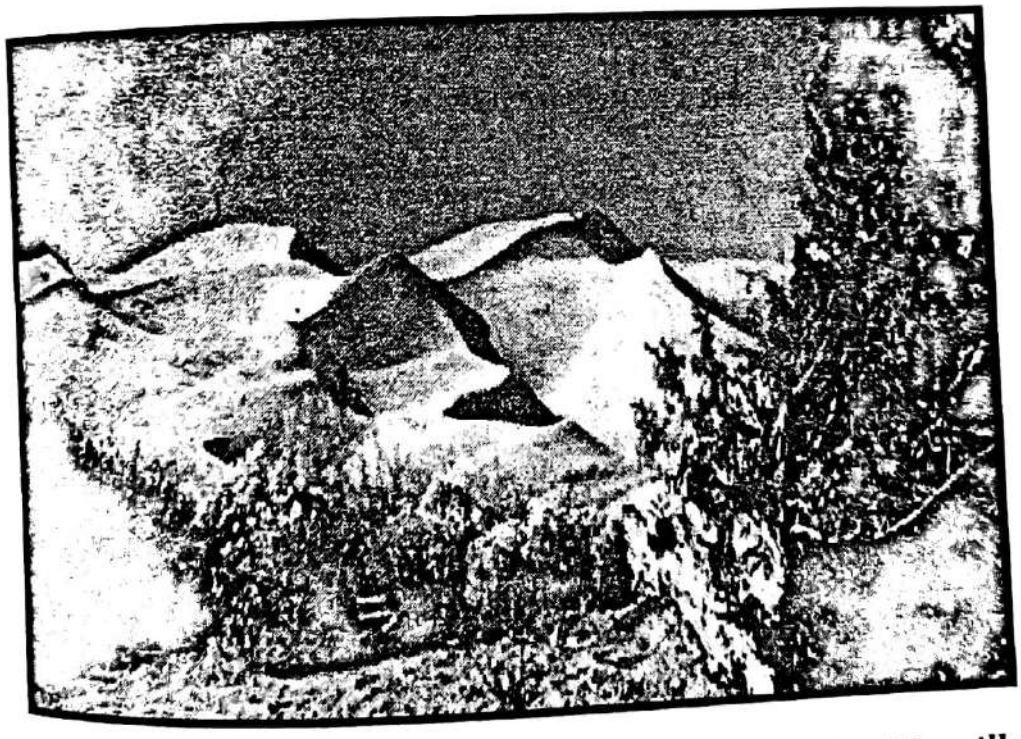
(1) William P. Cunningham, Mary Ann Cunningham and Barbara Wood Worth Saigo, Environmental Science, ninth edition, McGraw-Hill Company, New York, USA, 2007, P.197.



Scanned by CamScanner

فالرياح في المناخات الجافة تعد عامل تجوية وتعرية ونقل وترسيب، لكن في المساحات الرطبة يبرز تأثيرها بصورة رئيسة على مساحات الساحل الرملي البحري، فتتعرض أوراق النباتات لذرات الرمال والصلصال والطين المتحركة بواسطة الرياح كما أن عواصف الرمل والغبار التي تحدث في المساحات الجافة تجعلها غير صالحة للزراعة، لأنها تقوم بترسيب الرمال فيها، لذا تحولت الكثير من المناطق الزراعية والمأهولة بالسكان في ولايات اوكلاهوما، وتكساس، وكولورادو، واصبحت قاعاً للغبار المتراكم في الولايات المتحدة كما في شكل (10)، وكالذي عملته الرياح من زحف للكثبان الرملية اتجاه المناطق الزراعية، كما في المناطق الزراعية المحاذية للصحراء الغربية في العراق، (وكما يحدث لحركة الكثبان الرملية التي تجتاح المناطق الزراعية في منطقة الإحساء بالمملكة العربية السعودية [1]).

**شكل (10) كثبان رملية في ولاية نيو مكسيكو الأمريكية.**



المصدر : *Arthur Getis, Judith getis and Jerome Fellmann, Geography, Macmillan Publishing Co. inc, USA, 1981, P.68.*

(1) علي أحمد هارون، جغرافية الزراعة، ط3، دار الفكر العربي، القاهرة، 2008، ص102.

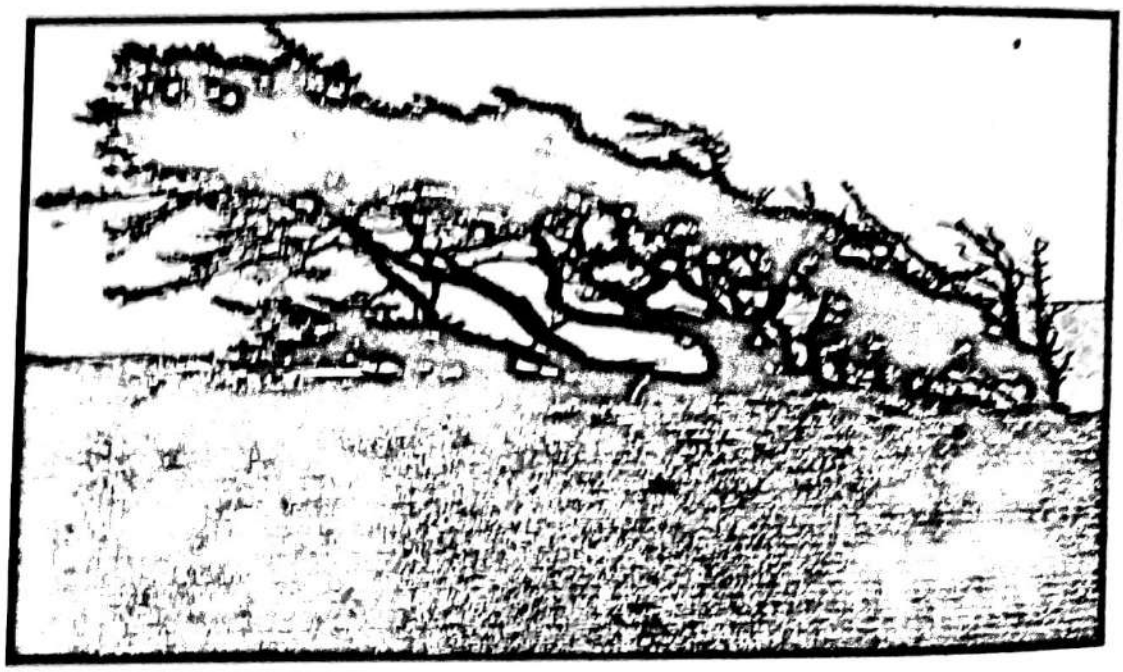


Scanned by CamScanner

إن بعض المحاصيل الزراعية تحتاج إلى هواء الرياح وقت ازهارها لكي يتم بعملية التلقيح، فتزرع في مناطق بعيدة عن تأثيرها مثل في محصول القطن الذي لا يحمل الرياح وقت التزهير لأنها تؤدي إلى سقوط الأزهار، وتزرع القطن في المناطق المحمية كمناطق الوهو الاستوائي[1].

فضلاً عن تلك الآثار السلبية للرياح فان الرياح التي تهب من جهة معينة طوال السنة في المناطق الجافة تعمل على تجريد الأغصان من أوراقها أو جهة الأغصان المواجهة لها كما أنها تعمل على انحناء الجذوع والأغصان فتجعل الشجرة تنمو بشكل افقي على الجانب البعيد عن اتجاه الرياح، كما أنها قد تعطي النبات الشكل المتخزم، كما في الشكل (11).

**شكل (11) انحناء الشجرة وتقزمها ونموها الأفقي بالاتجاه البعيد عن هبوب الرياح.**



المصدر: *H. J. de Blij and Peter O. Muller, Physical geography of the global environment, Second edition, John Wiley and Sons, inc, USA, 1996, P.95*

(1) نفس المصدر، ص102 .



Scanned by CamScanner

## الحد من أثر الرياح السلبي :

للحد من تاثير الرياح السلبي يقترح مما يأتي:

1. عمل مصدات الرياح، وينبغي توافر شروط معينة لهذه المصدات يمكن تلخيصها على النحو الآتي[1]:

أ. يجب أن لا تقل نفاذية مصدات الرياح للهواء عن 30٪، ولا تزيد عن 50٪، لأن المصدات الكثيفة تؤدي إلى اصطدام الرياح بها، والصعود من فوقها، وبعد أن تبتعد قليلاً عن الحاجز تنخفض وتهب على النباتات بشدة وبسرعة مسببة تمزق أوراقها وتكسر أغصانها وقلع بعضها.

ب. يجب أن تكون مصدات الرياح عالية بحيث يكون أمتداد تأثيرها نحو (20) مرة بقدر ارتفاعها، فمثلاً عند ارتفاع المصد نحو (5) متر يكون له تأثير فعال في حماية النباتات والمحاصيل الزراعية من أثر الرياح (100) متر، وفي حال ارتفاع المصد نحو (10) متر يكون تأثيره نحو (200) متر، وكلما زاد الارتفاع زادت مقدرته على حماية النباتات المزروعة.

ج. ينبغي أن تكون مصدات الرياح على شكل خطوط إذا كانت القطعة المزروعة المراد حمايتها كبيرة، فيجب زراعة خط ثاني وثالث وقد يتطلب أكثر من ذلك. وينبغي أن تكون على أبعاد متساوية من أجل توفير الحماية للنباتات المرزوعة.

د. ينبغي زراعة المصدات امام الجهة التي تهب منها الرياح .

2. زيادة عدد الريات في فصل الجفاف، وعند هبوب الرياح الجافة، وعند قلة الرطوبة الجوية لاسيما النسبية منها للتقليل من دورها في سقوط الأزهار، والثمار العاقدة حديثاً.

---

(1) كيردكروس مان وجبورج فينيوت وهاينز أيدكرتون، المشاتل، ترجمة عادل خضير سعيد الراوي، دار الكتب، جامعة الموصل، 1986، ص90 .



Scanned by CamScanner

3. حماية النباتات من أنتقال الآفات الزراعية، وذلك بعمل المصدات، واستخدام المكافحة الكيمياوية والبايولوجية لها. فضلاً عن تقليم النبات بإزالة الأجزاء المصابة والحيلولة دون حدوث الخدوش والجروح في النباتات المزروعة لأنها تشكل مخابئ مناسبة للآفات لاسيما وقت انخفاض أو ارتفاع درجات الحرارة.
4. إتباع الأساليب الحديثة في الري كالتنقيط والرش، وتجنب استعمال الري بالغمر، وذلك لأنه يزيد من رطوبة التربة، والماء الأرضي، فتكون النباتات سهلة القلع عند هبوب الرياح الشديدة والعواصف.
5. العمل على تثبيت الكثبان الرملية، ومنع تقدمها نحو الأراضي الزراعية، لاسيما المحاذية لمناطق تواجدها كزراعتها بالأشجار المقاومة لها كالكافور، أو بعمل الاسيجة الكونكريتية، وحفر الخنادق امامها.



Scanned by CamScanner

## الفصل الرابع

# الرطوبـــة

# *Humidity*

- ✓ الرطوبة الجوية .
- ✓ الرطوبة النوعية .
- ✓ الرطوبة المطلقة .
- ✓ ضغط بخار الماء ونسبة الخلط .
- ✓ نقطة الندى .
- ✓ الرطوبة النسبية
- ✓ رطوبة التربة .

Scanned by CamScanner

# الرطوبـــة

# *Humidity*

ينبغي التمييز هنا بين الرطوبة الجوية والرطوبة الأرضية، ولكلا المصطلحين تأثير مهم على حياة النبات وأنشطته الحيوية، لذا سيتم دراستهما كلاً على إنفراد، وعلى النحو الآتي:

**الرطوبة الجوية** *Atmospheric Humidity*:

هي تعني ما يوجد من ماء في الغلاف الغازي بحالته الغازية غير المرئية. ويتباين بخار الماء من منطقة إلى أخرى، فهو إذ يصل إلى نحو 4٪ من حجم الهواء الكلي في المناطق الدافئة الرطبة كالمنطقة الاستوائية. فأنه ينخفض إلى أدناه في المناطق الصحراوية الجافة كما ينخفض إلى مستوى متدني في العروض الباردة، وذلك لأن الهواء الدافئ يستطيع أن يستوعب كمية من بخار الماء أكثر من الهواء البارد بسبب تمدد الأول وانضغاط الثاني (فعند درجة حرارة 20°م يستطيع الهواء حمل ثلاث مرات قدر بخاء الماء الذي يحمله في درجة الصفر المئوي[1]). كما يتباين بخار الماء وفقاً للارتفاع، إذ يقل بالارتفاع، وذلك للابتعاد عن مصدره الأساس، ألا وهو سطح الأرض, لاسيما المسطحات المائية. كما أنه يتباين وفقاً لدرجة الحرارة، وسرعة الرياح واتجاهها، فضلاً عن ذلك أنه يتباين زمانياً من وقت لآخر سواءً كان ذلك من فصل إلى آخر أو من ساعة لأخرى من ساعات اليوم الواحد.

(1) Alan Strahler and Arthur Strahler, Physical Geography, Second edition, John Wiley and sons, inc, USA, 2002, P.136.



Scanned by CamScanner

كمعدلٍ يشكل بخار الماء نحو 2٪ من مجموع حجم الغلاف الغازي، وهو يعد مصطلح طقسي ومناخي مهم وذلك لأنه[1]:

أ. هو مصدر لجميع أشكال التكاثف والتساقط.

ب. يعد من أساسيات الغلاف الغازي في امتصاص الطاقة الشمسية، وطاقة الإشعاع الأرضي، لذا فهو يعد كمنظم حراري.

ج. الحرارة الكامنة في بخار الماء تعد مصدر طاقة مهم للتقلبات الحاصلة في الغلاف الغازي والعواصف.

د. بسبب الحرارة الكامنة لبخار الماء فانها تؤثر بصورة غير مباشرة على قابلية الطفو في الهواء، لهذا السبب يميل بخار الماء إلى الصعود والاستدارة مع ميل الهواء للصعود بصورة محكمة، كما يعد مصدر معلومات عن الغيوم والتساقط.

ه. الرطوبة عامل رئيس يؤثر على معدل التبخر من النبات والحيوان، كما يؤثر على معدل برودة جسم الإنسان وعلى مقدار إحساسه بالحرارة.

و. من غير شك أن بخار الماء يختلف عن مكونات الهواء المحيط إذ أنه يستطيع التغير إلى الحالة السائلة والأشكال الصلبة مع سلسلة من درجات الحرارة الكائنة في الغلاف الغازي، ولهذا أهمية في التطبيقات المناخية.

إن بخار الماء يعمل بالإضافة إلى الغازات الأخرى لاسيما ثاني أوكسيد الكاربون في امتصاص كمية صغيرة من الإشعاع الشمسي تبلغ نحو 14٪ من الموجات القصيرة القادمة من طاقة الإشعاع الشمسي. في حين يتمكن من أن يحتفظ بـ90٪ من الموجات الطويلة القادمة من الإشعاع الأرضي. وهذه الكمية الممتصة من قبل بخار الماء لكمية الإشعاع الأرضي يمكن أن تلاحظ فروقاتها في الليالي ذات الهواء الجاف والسماء الصافية التي تسمح بسرعة في هروب الطاقة كما في ليالي الصحاري

---

(1) Glenn T. Trewartha, Arthur H. Robinson and Edwin H. Hammond, elements of Geography, fifth edition, McGraw-Hill book company, USA, 1967, P.87-88.



Scanned by CamScanner

الباردة[1]. في حين أن وفرة بخار الماء نهاراً يعمل على امتصاص الأشعة الطويلة الموجة ولا يتسرب منها إلا القليل وببطء. ولولاه لانخفضت درجة الحرارة نحو (33°ف) وكانت أبرد منها في الوقت الحالي. إلا أن بخار الماء وغاز ثاني أوكسيد الكاربون يعملان عمل البيوت الزجاجية، إذ يحافظان على حرارة سطح الأرض والطبقة السفلى من الغلاف الغازي من الانخفاض[2].

إنّ كمية كبيرة من طاقة الإشعاع الشمسي الواصلة إلى سطح الأرض يستهلك في تبخير الرطوبة من سطح الأرض ومن النبات. وهذا يبدل هيئة الطاقة الشمسية في بخار الماء إلى حرارة كامنة، ومتى يحدث التكاثف تنطلق هذه الحرارة ثانية بداخل الغلاف الغازي. لذا يعد بخار الماء مصدراً أساسياً في حرارته. إذ أن 50٪ من مجموع الطاقة الشمسية تمتصها سطوح البحار والمحيطات خلال السنة فتستهلك في تبخير مياهها، لذا تعد الطاقة الكامنة في بخار الماء والمشتقة من تبخير مياه المحيطات العنصر الأساس في ميزانية حرارة الغلاف الغازي[3]. فبخار الماء يعد من أكثر الغازات الأخرى في الغلاف الغازي إمتصاصاً للطاقة من سطح الأرض والغلاف الغازي حتى إنه أكثر تأثيراً من غاز ثاني أوكسيد الكاربون في أسر الإشعاع الحراري، إذ أنه لا يمتصه فقط لكنه يستطيع خزنه بصورة جيدة، وأين ما يتحرك بخار الماء يحمل معه هذه الطاقة المختزنة[4].

من خلال ذلك يتبين أن للرطوبة الجوية (بخاء الماء) دورٌ مهم ومؤثر على الكائنات الحية فوق سطح الأرض ومنها النباتات المزروعة. فهي تؤثر من ناحية انخفاضها في زيادة التبخر/ نتح في النبات، في حين أن ارتفاعها يؤدي إلى قلة التبخر / النتح، ولهذا دوره في تقليل الرطوبة الأرضية في الأولى ووفرتها في الثانية. كما أن

---

(1)Vernor C. Finch and other, Op. Cit, P.33.

(2) William P. Cunningham, Mary Ann Cunningham and Barbar a Wood Worth, Op. Cit, P.324.

(3) Gleen T. Trewartha, An introduction to Climate, Op. Cit, P.23.

(4) H. J. de Blij and Peter O. Muller, Op. Cit, P.65.



Scanned by CamScanner

ارتفاع بخار الماء في الجو يؤدي إلى التخفيف من شدة الإشعاع الشمسي، بينما في المناطق الجافة وذات الرطوبة القليلة التي تتصف بانخفاض نسبة بخار الماء فيها، يصل الإشعاع الشمسي بشدة كبيرة يؤدي إلى جفاف الأوراق واغصان النباتات وثمارها فيصيبها بلفحة الشمس المحرقة، كما أن انخفاض الرطوبة الجوية لاسيما وقت التزهير وعقد الثمار يؤدي إلى تساقطها مما يعمل على قلة إنتاجية الشجرة الواحدة من الثمار، لاسيما إذا صادف ذلك مع ارتفاع درجات الحرارة وهبوب رياح جافة وقلة في الرطوبة الأرضية. بينما تعطي وفرة بخار الماء والرطوبة في الجو تقديرات مناسبة عن سقوط الأمطار، الا ان ارتفاع الرطوبة الحاد المرافق لارتفاع درجات الحرارة آثاره السلبية على النباتات والذي يتمثل في انتشار الآفات النباتية، إذ تعد مثل تلك الظروف بيئة مثالية للآفات.

إن للرطوبة الجوية وبخار الماء مصطلحات عدة يمكن توضيحها على النحو الآتي:

1) **الرطوبة النوعية** *Specific Humidity* :

هي الكمية الحقيقية من بخار الماء الموجود في وزن معين من الهواء، وهذا المقياس مهم لأنه يصف كمية بخار الماء التي تكون ملائمة للتساقط فيستفيد منها النبات. فالرطوبة النوعية أذن هي كتلة من بخار الماء محتواة في كتلة من الهواء، ويعبر عنها بنسبة غرام/ كيلوغرام[1]. ومن ملاحظة وتحليل شكل (12) يتبين أن هناك تناسباً طردياً بين ارتفاع درجات الحرارة، وارتفاع الرطوبة النوعية، وهذا يحصل كلما كان الاقتراب من الدائرة الاستوائية حيث الدفء والرطوبة. إذ تبلغ درجات الحرارة نحو 25°م (77°ف)، فأن كمية الرطوبة النوعية تبلغ نحو 18غم/ كيلوغرام. في حين بانخفاض درجات الحرارة باتجاه القطبين تنخفض معها الرطوبة النوعية في الغلاف الغازي لتصل عند دائرة عرض 60° شمالاً وجنوباً نحو 4 غرام/ كيلوغرام بدرجة

---

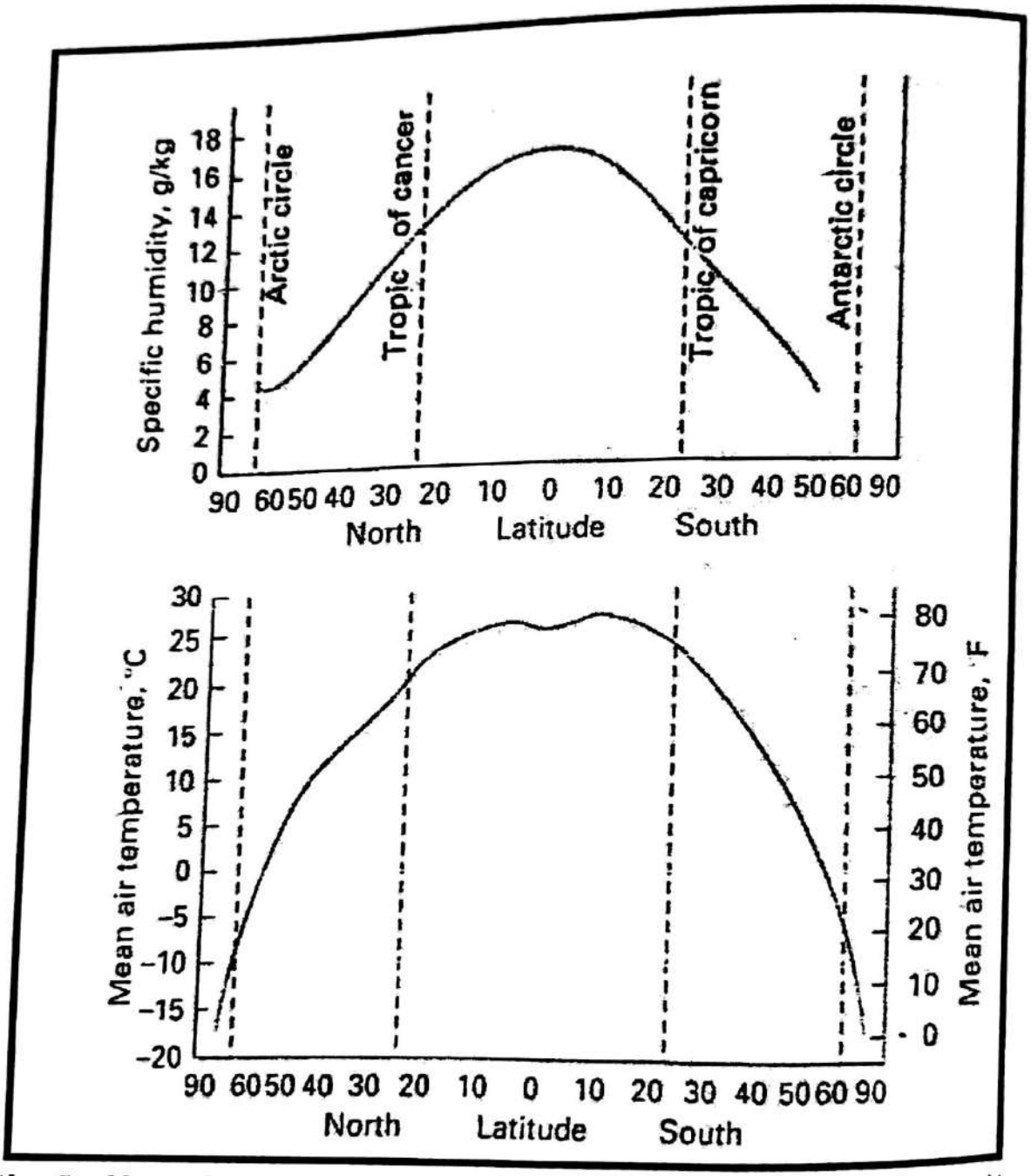
(1) Alan Strahler and Arthur Strahler, Physical geography, Op. Cit, P.136.



Scanned by CamScanner

حرارة – 10°م (14°ف) . أما عند القطب حيث درجات الحرارة تكون في أدناها والتي تبلغ نحو – 20°م (–4°ف) فأن الرطوبة النوعية تصل إلى أدناها أيضاً .

شكل (12) معدل درجات الحرارة والرطوبة النوعية
وفقاً لدوائر العرض المختلفة.



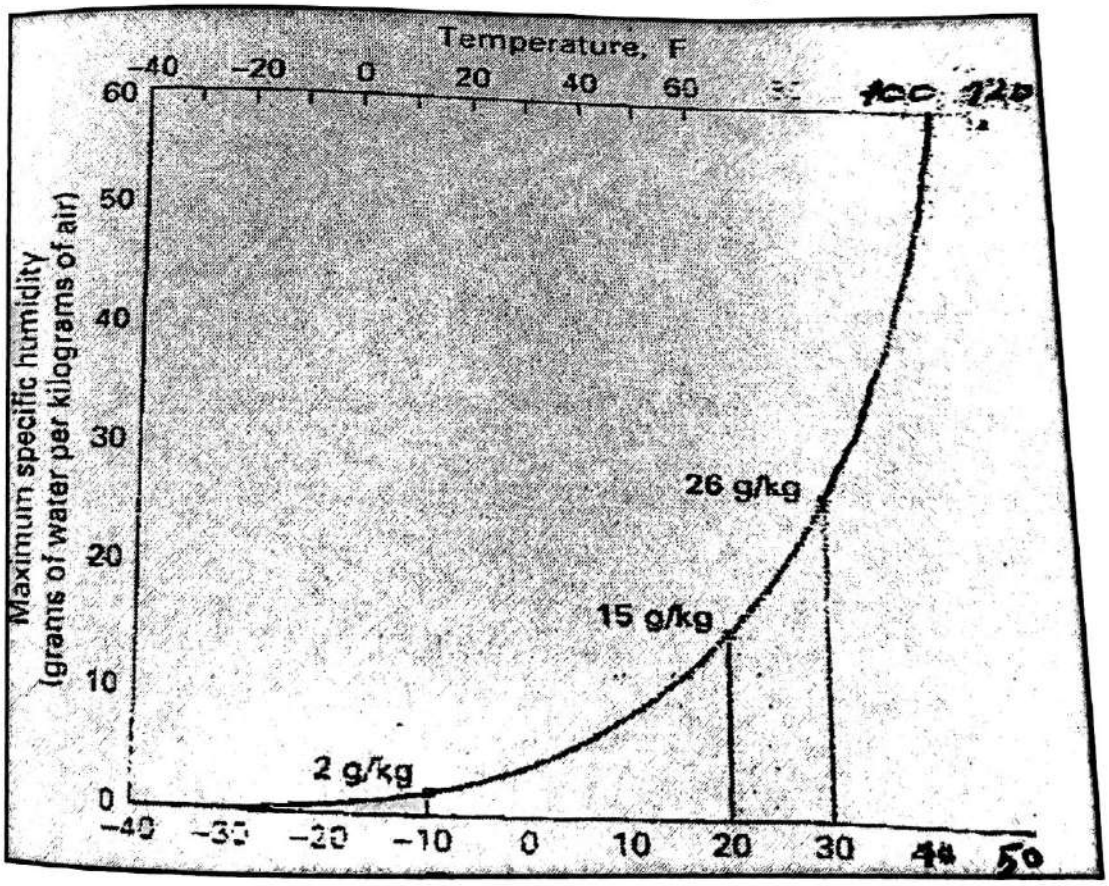

المصدر: *Alan Strahler and Arthur Strahler, Physical Geography, Second edition, John Wiley and Sons, inc, USA, 2002, P.138.*



Scanned by CamScanner

أما من ملاحظة وتحليل شكل (13) والذي يظهر منه أن الرطوبة النوعية القصوى والتي تبلغ نحو 26 غرام/ كيلوغرام تكون عند درجة حرارة 30°م (86°ف)، في حين تبلغ عند درجة حرارة 20°م (68°ف) نحو 15غم/ كيلوغرام. أما عند درجة حرارة – 10°م (14°ف) فتكون نحو 2 غم/ كيلو غرام. بينما تكون الرطوبة النوعية القصوى عند درجة حرارة – 30°م (-22°ف) نحو الصفر. وهذا يعكس العلاقة الطردية بين ارتفاع درجات الحرارة وإرتفاع كمية الرطوبة النوعية في وزن كتلة من الهواء، والعكس صحيح، إذ بإنخفاض درجات الحرارة تنخفض الرطوبة النوعية. ولهذا آثاره على النباتات النامية في العروض المختلفة في درجات حرارتها المتباينة. إذ كلما ارتفعت كمية الرطوبة النوعية كلما كانت آثارها إيجابية أكثر عن نمو النبات والعكس صحيح .

**شكل (13)الرطوبة النوعية ودرجات الحرارة.**




**المصدر :** *Alan Strahler and Arthur Strahler, Physical Geography, Second edition, John Wiley and Sons, inc, USA, 2002, P.136.*



Scanned by CamScanner

2) الرطوبة المطلقة *Absolute Humidity* :

هي كمية بخار الماء الموجودة في حجم معين من الهواء، ويعبر عنها بالجرين إلى قدم مكعب أو بالغرام إلى متر مكعب. فالرطوبة المطلقة تعبر عن بخار الماء الفعلي الذي يحتويه الهواء، ولهذا أهمية ومغزى كأداة لقياس كمية الأمطار الممكن تساقطها من الغلاف الغازي[1].

إن الرطوبة المطلقة تتأثر بدرجات الحرارة بوضوح، إذ أن هناك علاقة طردية بينهما. فالتوزيع السنوي لها يظهر أنها تزداد في الفصل الدافئ من السنة لاسيما بالاقتراب من فصل الصيف وتحديداً شهر تموز، في النصف الشمالي من الكرة الارضية. في حين أنها تنخفض في الفصل البارد من السنة لاسيما بالاقتراب من فصل الشتاء وتحديداً شهر كانون الثاني لهذا (أن الهواء فوق الجزء الشمالي الأوسط من الولايات المتحدة تبلغ رطوبته المطلقة في شهر تموز نحو 3,5 – 5,5 مرات أكبر من الرطوبة المطلقة في شهر كانون الثاني)[2]. كما أنه بسبب إرتفاع درجات الحرارة بالقرب من الدائرة الاستوائية فأن الرطوبة المطلقة ترتفع فيها، في حين تنخفض بالاتجاه نحو القطبين، فضلاً عن ذلك أن الرطوبة المطلقة تزداد بالاقتراب من المسطحات المائية وتنخفض بالابتعاد عنها، كما أنه نتيجة لارتفاع حرارة النهار فأن الرطوبة المطلقة تكون فيه أعلى منها في الليل .

من تحليل شكل (14) الذي يوضح علاقة الرطوبة المطلقة بدرجات الحرارة وجدول (10)، يتبين أنه عند درجة حرارة – 40°م ( – 40°ف) تكون الرطوبة المطلقة اقل من غرام في المتر المكعب إذ تبلغ نحو 0,120 غم/ م$^3$، ثم تزداد مع ارتفاع درجات الحرارة تدريجياً لتصل عند الصفر المئوي (32°ف) نحو 4,847غم/ م$^3$،

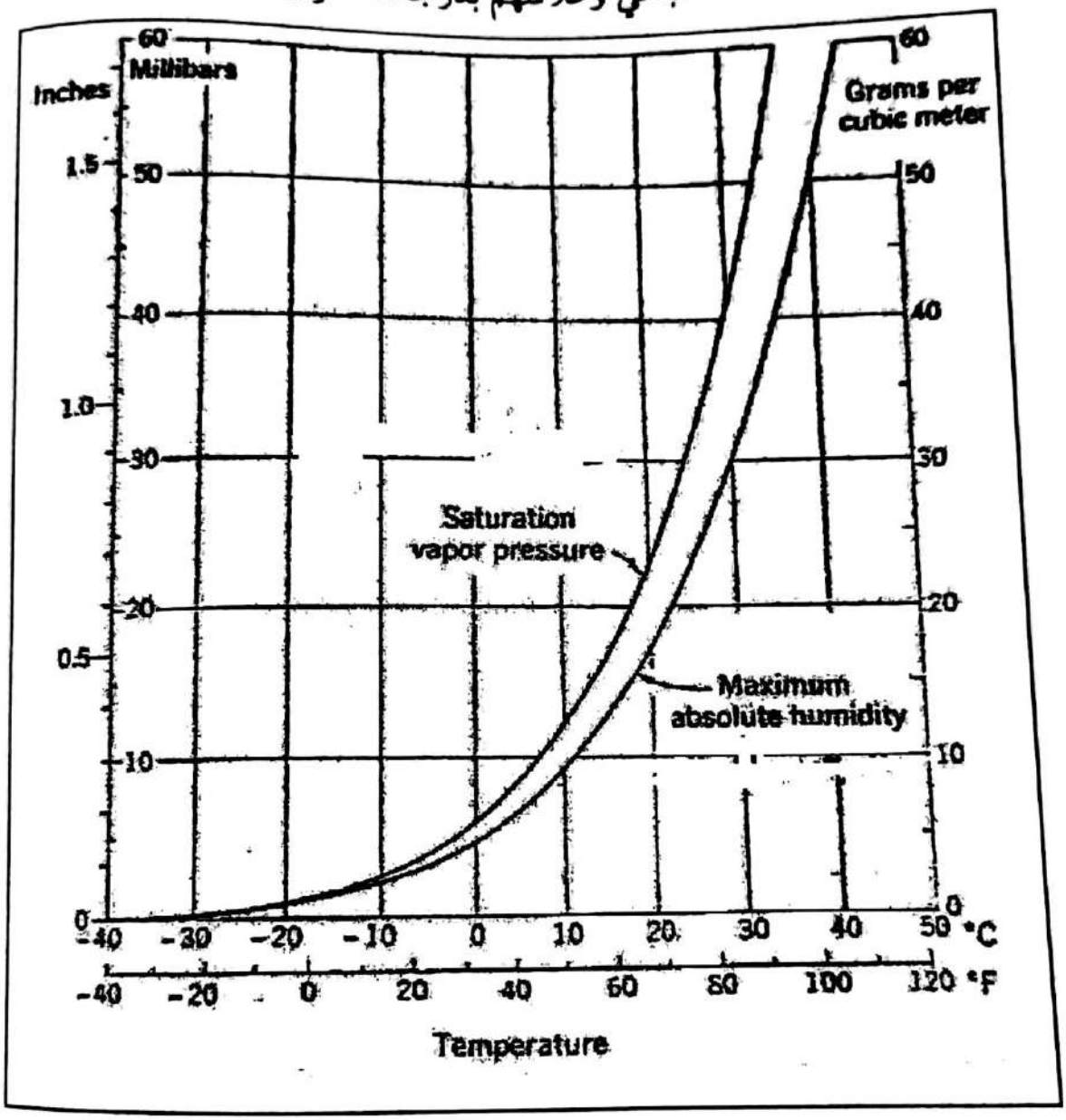
(1)Vernor C. Finch and Glenn T. Trewartha, Physical elements of Geography, Third edition, McGraw Book Company, inc, USA, 1949, P.75.
(2) Vernor C. Finch and Glenn T. Trewartha, Op. Cit, P.73.



Scanned by CamScanner

وتزداد أكثر مع ارتفاع درجات الحرارة حتى إذا ما بلغت نحو 40°م (104°ف) كانت الرطوبة المطلقة قد بلغت نحو 51,117 غم/م$^3$.

شكل (14) الرطوبة المطلقة القصوى وضغط البخار الأشباعي وعلاقتهم بدرجات الحرارة.




المصدر : *Arthur N. Strahler, Introduction to Physical geography, John Wiley and Sons, Inc., USA, 1965, P.74.*



Scanned by CamScanner

جدول (10) العلاقة بين درجات الحرارة

وأعلى رطوبة مطلقة وضغط بخار الماء

| درجة الحرارة | الرطوبة المطلقة غم/ م3 | ضغط بخار الماء مليبار | درجة الحرارة | الرطوبة المطلقة غم/ م3 | ضغط بخار الماء مليبار |
|---|---|---|---|---|---|
| 40- | 0.120 | 0.127 | 5+ | 6.797 | 8.704 |
| 35- | 0.205 | 0.129 | 10+ | 9.401 | 12.38 |
| 30- | 0.342 | 0.372 | 15+ | 12.832 | 17.05 |
| 25- | 0.559 | 0.627 | 20+ | 17.300 | 23.36 |
| 20- | 0.894 | 1.028 | 25+ | 23.049 | 31.67 |
| 15- | 1.403 | 1.654 | 30+ | 30.371 | 42.43 |
| 10- | 2.158 | 2.596 | 35+ | 39.99 | 56.22 |
| 5- | 3.261 | 4.013 | 40+ | 51.117 | 73.76 |
| صفر | 4.847 | 6.104 | | | |

المصدر: صادق جعفر الصراف،علم البيئة، دار الكتب،الموصل، 1980، ص94 .

فضلاً عن ذلك أن أعلى نسبة للرطوبة المطلقة تكون عند سطح الأرض مباشرةً وتقل بالارتفاع مع وجود استثناء لذلك في حالتين[1]: الأولى عندما تكون هناك عملية تصعيد قوية للهواء المحمل ببخار الماء إلى الطبقات العليا. والثانية عندما يحدث تكاثف في طبقة من الهواء تعلو بعض الشيء عن سطح الأرض.

وللرطوبة المطلقة تأثير مهم على النبات والمحاصيل الزراعية، إذ أنها تعمل على التقليل من عملية التبخر/ نتح، كما أنها في حال وفرتها تؤدي إلى سقوط الأمطار وبالتالي لها دورٌ في التقليل من عملية ري المحاصيل الزراعية، إلا أن ما يؤخذ عليها أنه

(1) يوسف عبد المجيد فايد، مصدر سابق ص115 .



Scanned by CamScanner

في حال ارتفاع كميتها والتي تكون مرادفة لارتفاع درجات الحرارة، فأنها تسبب إصابة المحاصيل الزراعية بالآفات التي تعمل على التقليل من إنتاجيتها, وتدني في نوعيتها كما يحصل لأشجار النخيل في محافظة البصرة لاسيما القريبة من المسطحات المائية كما إن لانخفاضها دورٌ في ارتفاع عملية التبخر/ نتح وبالتالي تبرز الحاجة إلى تعويض التربة عما فقدته بتلك العملية عن طريق الري وهذا يحصل بوضوح في المناطق الجافة وشبه الجافة حيث جفاف الهواء وارتفاع درجات الحرارة.

3) **ضغط بخار الماء ونسبة الخلط** *Vapor Pressure and Mixing Ratio*:

يقصد بضغط بخار الماء بأنه الضغط الذي يسببه بخار الماء، ويقاس بملم/ زئبق أو بالمليبار، وهناك ما يسمى بضغط بخار الماء المشبع Saturation Vapor Pressure الذي يعنى به الضغط الذي يسببه بخار الماء في حالة التشبع، كما أن هناك مصطلح النقص في التشبع Saturation Deficit والذي يقصد به الفرق بين ضغط بخار الماء المشبع، وضغط بخاء الماء في الجو. أما نسبة الخلط فهي وزن بخار الماء بالغرام في وحدة الوزن الجاف بالكيلوغرام[1].

من مراجعة جدول (10) وتحليله يتبين ان ضغط بخار الماء يزداد مع زيادة درجة الحرارة، والرطوبة المطلقة، فعند درجة حرارة -40°م وحيث تبلغ الرطوبة المطلقة نحو 0,120غم/ م$^3$ يكون ضغط بخار الماء نحو 0,127 مليبار، ويرتفع إلى نحو 1,028 مليبار عندما تصبح درجات الحرارة – 20°م، والرطوبة المطلقة نحو 0,894 غم/ م$^3$، في حين يرتفع ضغط بخاء الماء أكثر إلى نحو 6,104 مليبار عند درجة الصفر المئوي وعند رطوبة مطلقة نحو 4,847 غم/ م$^3$. وتستمر الزيادة لضغط بخار الماء طردياً ما دام هناك زيادة في ارتفاع درجات الحرارة والرطوبة المطلقة حتى تبلغ عند

(1) صادق جعفر الصراف، مصدر سابق، ص93 .



Scanned by CamScanner

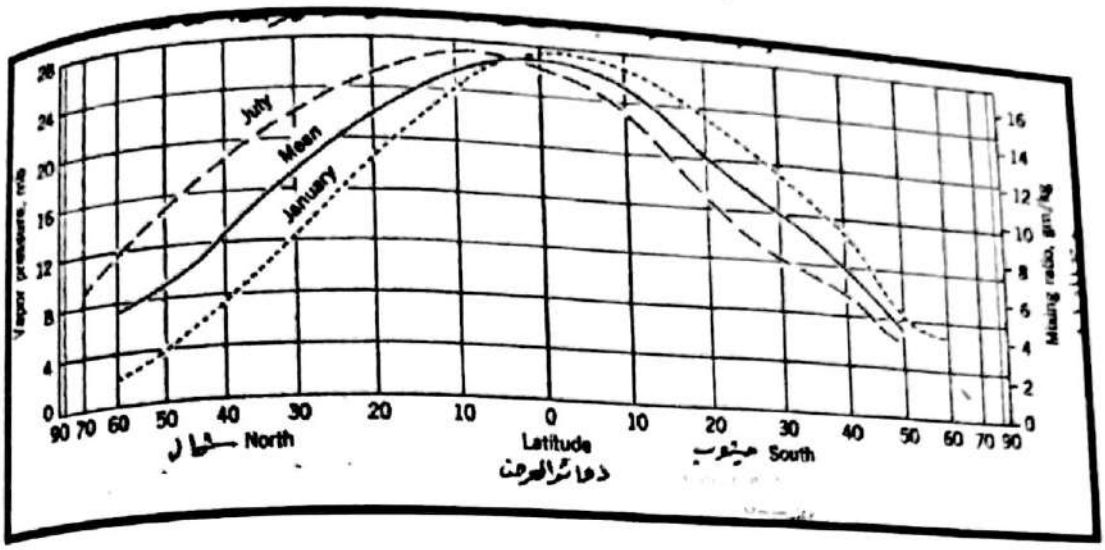
درجة حرارة 10°م وعند رطوبة مطلقة نحو 81.117 غم/م³ نحو 73.76 مليبار.

أما من تحليل شكل (15) فيظهر أن ضغط بخار الماء ونسبة الخلط يزدادان في فصل الصيف، لاسيما في شهر تموز، في النصف الشمالي من الكرة الارضية، وشهر كانون الثاني في النصف الجنوبي من الكرة الارضية، كما أنهما يزدادان مع الاقتراب من الدائرة الاستوائية، ويعود ذلك إلى إرتفاع درجات الحرارة وارتفاع كمية الرطوبة المطلقة في الغلاف الجوي، حتى يصل ضغط بخار الماء نحو 27 مليبار، بينما تصل نسبة الخلط نحو 16 غرام/ كيلوغرام، في حين تنخفض قيمة ضغط بخار الماء ونسبة الخلط في فصل الشتاء، لاسيما في شهر كانون الثاني، في نصف الارض الشمالي، وشهر تموز في نصف الارض الجنوبي، كما أنهما ينخفضان مع الابتعاد عن الدائرة الاستوائية، والاقتراب من القطبين، وذلك لانخفاض درجات الحرارة، وكمية الرطوبة المطلقة، فتصبح قيمة ضغط بخار الماء نحو 2 مليبار عند دائرة عرض 60° شمالاً، وقيمة نسبة الخلط نحو 4 غرام/ كيلوغرام. كما يظهر من تحليل هذا الشكل أن قيم ضغط بخار الماء ونسبة الخلط تقترب قيمهما في شهري تموز وكانون الثاني قرب الدائرة الاستوائية حتى تكاد تشترك في قيمة واحدة نحو 27 مليبار لضغط بخار الماء و 16 غم/ كيلوغرام لنسبة الخلط وذلك يعود إلى صغر المدى الحراري السنوي عند الدائرة الاستوائية. بينما تبتعد قيمهما بالاقتراب من القطب لاسيما في النصف الشمالي من الكرة الأرضية وذلك لسعة مساحة اليابسة مقارنة بالنصف الجنوبي الذي تكون سعة المسطحات المائية أكثر والذي لهما الأثر في كبر المدى السنوي في النصف الشمالي وصغره في النصف الجنوبي، لذا أن قيم هذين الشهرين تكون متقاربة في النصف الجنوبي أكثر من النصف الشمالي لاسيما عند دائرة عرض 50° جنوباً.



Scanned by CamScanner

شكل (15) ضغط بخار الماء ونسبة الخلط
وفقاً لدوائر العرض المختلفة




المصدر :

*Arthur N. Strahler, Introduction to Physical geography, John Wiley and Sons, inc. USA, 1965, P.74.*

من مراجعة شكل (14) وتحليله يظهر أن ضغط بخار الماء المشبع يزداد مع ارتفاع درجات الحرارة، وارتفاع كمية الرطوبة المطلقة أيضاً، إذ يصل قرابة 3 مليبار عند درجة حرارة – 10°م (14°ف)، وعندها تكون الرطوبة المطلقة نحو 2,158غم/ م$^3$، في حين يرتفع ضغط بخار الماء المشبع مع ارتفاع درجات الحرارة، والرطوبة المطلقة حتى يصل قرابة 5 مليبار عند درجة الصفر المئوية (32°م)، وحيث تكون كمية الرطوبة المطلقة نحو 4,847غم/ م$^3$، أما عند درجة حرارة 30°م (86°ف) ورطوبة مطلقة نحو 30,371 غم/ م3، فأن ضغط بخار الماء المشبع يصبح نحو 40 مليبار.

ومن تحليل الشكل (14) نفسه يظهر أن قيم الرطوبة المطلقة وقيم ضغط بخار الماء المشبع تقترب بانخفاض درجات الحرارة وتبتعد بارتفاعها، وبذلك يمكن القول أن ضغط بخار الماء له تأثير على عملية التبخر/ نتح فأنه يعمل على تقليلها، لاسيما إذا



Scanned by CamScanner

وصل حد الإشباع، مما يجعل التربة تحافظ على رطوبتها فلا تحتاج إلى عملية أرواء لها، كما أنه يوفر رطوبة جوية تمتصها النباتات لتستفيد منها في مراحل نموها. إلا أن ما يؤخذ عليه هو أن ارتفاع ضغط بخار الماء يعني ارتفاع الرطوبة في الجو ولهذا أثر سلبي إذا تزامن ذلك مع ارتفاع درجات الحرارة فانه يعمل على نمو الآفات الزراعية ونشاطها فتتعرض المزروعات لخطر الإصابة بها.

4) **نقطة الندى** *Dew Point* :

هي الدرجة الحرارية التي يصل عندها بخار الماء حالة التشبع، أو هي تلك الدرجة الحرارية التي تصل عندها الرطوبة النسبية 100٪، وهذه الدرجة يصل إليها الهواء خلال الليل، إذ تكون الرطوبة النسبية مرتفعة بسبب انخفاض درجة الحرارة وتكون الرطوبة الاشباعية تبعاً لذلك قليلة[1]. فالهواء إذا كان غير مشبع كفاية، فانه عندما يبرد فأن سعته للرطوبة تقل وكلما قلت الحرارة تزداد قدرة الهواء على التشبع حتى تصل في النهاية إلى حد الإشباع نتيجة لاستمرار البرودة بينما كمية بخار الماء لم تتغير في الحقيقة، لكن الذي يحصل هو استمرار انخفاض درجات الحرارة حتى تصل إلى الدرجة التي يحدث عندها التشبع والتي تسمى بنقطة الندى. وإذا انخفضت درجة حرارة الهواء إلى أقل من ذلك فأن بخار الماء يتحول إلى قطرات ماء دقيقة إذا كانت الحرارة فق الصفر المئوي (32°ف)، أو إلى جليد إذا هبطت دون الصفر المئوي[2].

من ملاحظة وتحليل شكل (16) يتبين أن نقطة الندى تزداد عند منتصف الليل لانخفاض درجات الحرارة، ثم تنخفض نهاراً مع ارتفاع درجات الحرارة لتصل أدناها ظهراً، وبعده ترتفع تدريجياً لتعود مرتفعة عند منتصف الليل.

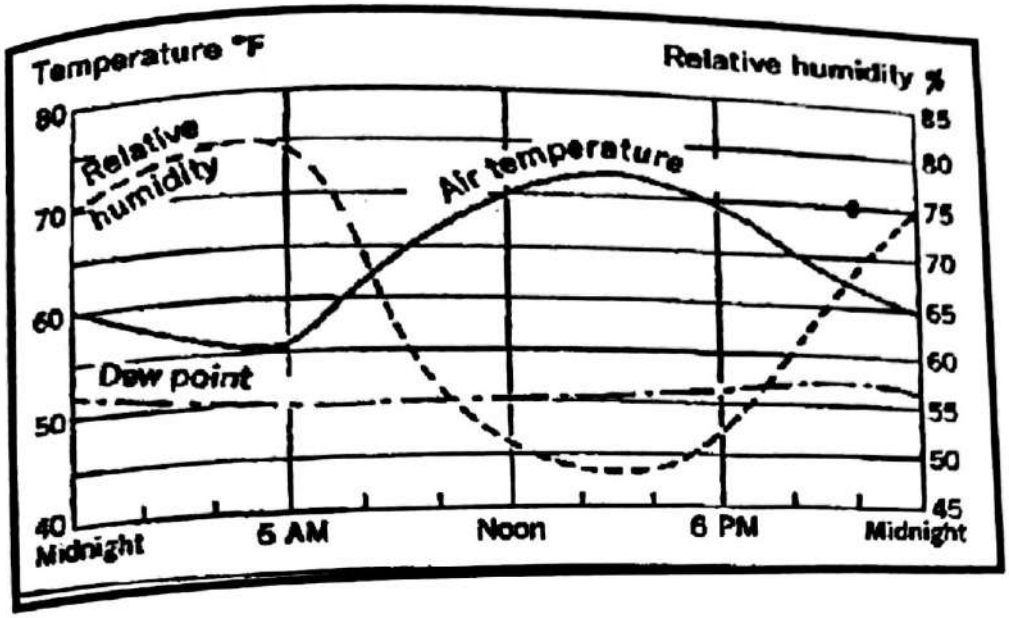
---

(1) Herbert riehl, Op. Cit, P.69.
(2) Vernor C. Finch and Other, Op. Cit, P.72-73.



Scanned by CamScanner

شكل (16) علاقة الرطوبة النسبية ونقطة الندى بدرجات الحرارة اليومية لشهر مايس في العاصمة واشنطن.




المصدر: *Arthur N. Strahler, Introduction to Physical Geography, John Wiley and Sons, inc, USA, 1965, P.73.*

إن لنقطة الندى دوراً في تقليل الفاقد من النبات والتربة بعملية التبخر/نتح، فضلاً عن دورها في تقليل عدد الريات للمحاصيل الزراعية، كما وأنه لكون الرطوبة النسبية تصل عندها حد الإشباع فأنه قد يحصل حدوث التساقط.

كما يمكن أن تتخذ نقطة الندى معياراً عاماً يقارن به مدى رطوبة الهواء أو جفافه فارتفاعها في مكان وانخفاضها في آخر يدل بنفس درجة الحرارة على أن هواء المكان الأول أكثر رطوبة (محتواه من بخار الماء) من هواء الآخر [1].

(1) إبراهيم إبراهيم شريف، جغرافية الطقس، الكتاب الأول، دار الحكمة، بغداد، 1991، ص247.



Scanned by CamScanner

5) **الرطوبة النسبية** *Relative Humidity* :

هي النسبة المئوية لما موجود فعلاً من بخار الماء في الهواء إلى أكبر كمية منه يستطيع الهواء حملها تحت نفس درجة الحرارة، وهي التي يعنى بها في النشرات الجوية، كما أنها تعد أهم مصطلحات الرطوبة الجوية وذلك لعوامل عدة أهمها:

- أن ارتفاع الرطوبة النسبية يعمل على تقليل كمية التبخر/ نتح من النبات والتربة.
- في حالة وصولها حد الإشباع تؤدي إلى حصول عملية التكاثف.
- تعطي تقديرات لا تفشل عن احتمالية سقوط الأمطار.
- تؤثر على مدى شعور الإنسان بالراحة، كما تؤثر على تبخير كمية العرق من جسمه.
- يمكن استخدامها للمقارنة بين منطقة وأخرى.
- تتأثر بدرجات الحرارة. إذ تزداد بانخفاضها، وتقل بارتفاعها.
- لها دورها في التخفيف من شدة وحدة الإشعاع الشمسي.
- ارتفاعها يقلل من الدور السلبي للرياح على النبات.
- انخفاضها يجعل النبات يصاب بلفحة الشمس .
- ارتفاعها يقلل من عمليات ري المحاصيل الزراعية.
- ارتفاعها المتطرف المصاحب لارتفاع درجات الحرارة يؤدي إلى انتشار الآفات الزراعية.
- انخفاضها في موسم الأزهار وعقد الثمار يؤدي إلى تساقطها، فتنخفض إنتاجية النبات من الثمار.
- أن الانخفاض المتطرف يؤدي إلى انتشار آفات الحلم والعناكب.
- أن انخفاضها يؤدي إلى انخفاض كمية عصير بعض الثمار، وتدني نوعيتها.



Scanned by CamScanner

- أما تقدير الرطوبة النسبية فيتم عن طريق تحديد ضغط بخار الماء الإشباعي الذي يقابل درجة حرارة الميزان الجاف، ثم تحديد ضغط بخار الماء الإشباعي عندما تكون درجة الحرارة مساوية لنقطة الندى، كما يمكن الحصول على الرطوبة النسبية بقسمة ضغط بخار الماء الإشباعي عند نقطة الندى على ضغط بخار الماء الإشباعي عند درجة حرارة الهواء وضرب نتيجة القسمة في 100[1].

ويمكن للرطوبة النسبية أن تقاس بالمعادلتين الآتيتين[2]:

$$\text{الرطوبة النسبية} = \frac{ك}{ك^{-}} \times 100$$

$$\text{أو الرطوبة النسبية} = \frac{ض}{ض^{-}} \times 100$$

حيث أن :

ك = الرطوبة المطلقة الفعلية .

كَ = الرطوبة المطلقة الفعلية عند التشبع .

ض = ضغط بخار الماء الفعلي .

ضَ = ضغط بخار الماء المشبع .

**إن الرطوبة النسبية في الغلاف الغازي تتغير بإحدى الطرق الآتية:**

الأولى : خلال فقدان الماء بالتبخر من سطح مائي أو تربة رطبة، إذ يستطيع بخار الماء

---

(1) نعمان شحادة، المناخ العملي، عمان، الأردن، 1983، ص72 .

(2) صادق جعفر الصراف، مصدر سابق، ص93 .



Scanned by CamScanner

دخول الهواء فترتفع رطوبته النوعية. وهذه العملية بطيئة لأن جزيئات بخار الماء تنتشر نحو الأعلى داخل طبقة الهواء فوقه[1].

الثانية : التغير في درجات الحرارة، إذ أن بخار الماء لا يضاف عندما تكون درجات الحرارة منخفضة، وذلك لأرتفاع الرطوبة النسبية، لأن قدرة الهواء على أمساك بخار الماء تعتمد على درجة الحرارة، ومتى ما يكون الهواء بارداً فأن قدرته تقل[2].

الثالثة : سرعة واتجاه الرياح، أن الرياح السريعة الجافة الدافئة تعمل على قلة كمية الرطوبة النسبية عكس الرياح الرطبة ذات السرعة الهادئة الباردة التي ترفع من كمية الرطوبة النسبية.

من مراجعة شكل (16) وتحليله يظهر أن للرطوبة النسبية منحنى عكسي لمنحنى درجات الحرارة اليومية، فعندما تصل درجات الحرارة نحو 60° ف خلال منتصف الليل فأن مقادير الرطوبة النسبية ترتفع إلى نحو 75٪ وكلما اقتربنا من الساعة السادسة صباحاً فأن مقادير الرطوبة النسبية ترتفع أقصاها لتصل عند هذه الساعة نحو 80٪ وذلك لأن درجات الحرارة انخفضت إلى أدناها نحو 55°ف ، وبعد الساعة السادسة صباحاً، وحيث تبدأ الشمس بالشروق، فأن درجات الحرارة تأخذ مسارها نحو الارتفاع لتصل أعلى درجاتها عند الساعة الثالثة بعد الظهر نحو 73°ف، لذا فأن مقادير الرطوبة النسبية تنخفض لتصل أدنى مقاديرها نحو 48٪، وبعد الساعة الثالثة مساءً وحيث تبدأ درجات الحرارة بالانخفاض مع صغر زاوية سقوط الإشعاع الشمسي وانخفاض شدة الإشعاع الشمسي فأن الرطوبة النسبية تزداد حتى تصل مقاديرها نحو 52٪ عند درجة حرارة 70°ف وذلك في تمام الساعة السادسة مساءً.

---

(1)Alan Strahler and Arthur Strahler, Introducing Physical Geography, Op. Cit, P.124.
(2) Arthur N. Strahler, Introduction to Physical Geography, Third edition, John Wiely and sons, inc, USA, 1965, P. 73.

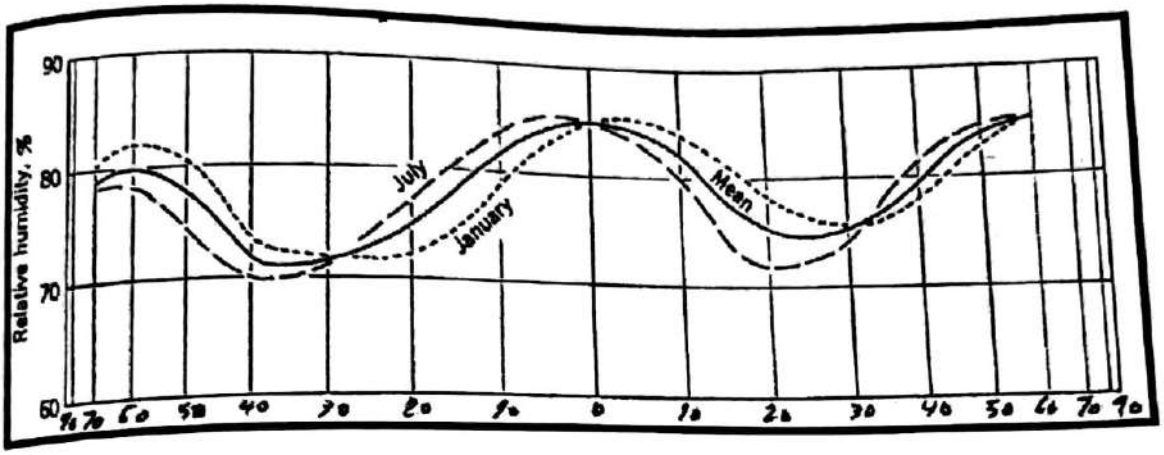


Scanned by CamScanner

وبعد هذه الساعة تزداد الرطوبة النسبية لتصل نحو 75٪ عند منتصف الليل ثانيةً في حين كانت درجات الحرارة قد انخفضت إلى نحو 60°ف.

وتتباين مقادير الرطوبة النسبية وفقاً لدوائر العرض المختلفة في نصفي الأرض وعلى النحو الآتي، يلاحظ شكل (17) :

**شكل(17) الرطوبة النسبية وفقاً لدوائر العرض المختلفة.**




المصدر : *Arthur N. Strahler, Introduction to Physical geography, John Wiley and Sons, inc. USA, 1965, P.74.*

أ. تصل أعلى مقادير الرطوبة النسبية قرب الدائرة الاستوائية وذلك لكثرة التبخر وهطول الأمطار التصاعدية بسبب ارتفاع درجات الحرارة، وتحديداً 5° شمالاً لشهر تموز حيث تكون الشمس عمودية على مدار السرطان فتتقدم الدائرة الاستوائية نحو 5° شمالاً، في حين تصل أعلى مقاديرها عند دائرة عرض 5° جنوباً لشهر كانون الثاني، وذلك لأن الشمس تكون عمودية على مدار الجدي فتتراجع الدائرة الاستوائية نحو 5° جنوباً، بينما يكون المتوسط ذروته عند الدائرة الاستوائية مباشرة .

ب. تنخفض مقادير الرطوبة النسبية بالابتعاد عن الدائرة الاستوائية لتصل أدناها عند دائرة عرض 40° شمالاً لشهر تموز والمتوسط السنوي، و 30° شمالاً



Scanned by CamScanner

لشهر كانون الثاني. في حين تصل أدنى مقادير الرطوبة النسبية في النصف الجنوبي عند دائرة عرض 20° جنوباً لشهر تموز، أما المتوسط السنوي فيكون أدناه عند دائرة عرض 25° جنوباً، في حين يكون أدنى مقاديرها في شهر كانون ثاني عند دائرة عرض 30° جنوباً. ويعود هذا الانخفاض في مقادير الرطوبة النسبية عند هذه العروض إلى انتشار معظم صحاري العالم عندها. أما تذبذبها شمالاً وجنوباً في تلك العروض فيعود إلى حركة الشمس الظاهرية شمالاً وجنوباً.

ج. إن انخفاض الرطوبة النسبية في النصف الشمالي هو أكثر من انخفاضها في النصف الجنوبي ويعود ذلك إلى سعة مساحة اليابسة في النصف الشمالي وصغر مساحة المسطحات المائية فيه مقارنة بالنصف الجنوبي.

د. ترتفع مقادير الرطوبة النسبية بالاقتراب من الدائرة القطبية سواءً كان ذلك في النصف الشمالي، والنصف الجنوبي من الكرة الأرضية، وذلك يعود إلى انخفاض درجات الحرارة، الذي يؤدي إلى اتفاع مقادير الرطوبة النسبية فيها، إذ أن سعة الهواء على استيعاب بخار الماء تقل بانخفاض درجات الحرارة مما يؤدي إلى ارتفاع الرطوبة النسبية.

ه. إن ارتفاع مقادير الرطوبة النسبية في النصف الجنوبي بالاقتراب من الدائرة القطبية تزداد أكثر مما في النصف الشمالي، وذلك لسعة المسطحات المائية بالنصف الجنوبي مقارنة بالنصف الشمالي.

وقبل أن ننهي حديثنا عن الرطوبة الجوية نذكر أن نقص رطوبة الهواء يكون في حالتين. أما نقص مؤقت كما في الأقاليم ذات الفصول الجافة والتي تهب عليها رياح جافة، وأما نقص مستمر كما في الأقاليم الصحراوية , ويحمي النبات نفسه من



Scanned by CamScanner

ذلك من خلال سمك جذعه وقصر شجرته، وتناقص عدد الأوراق وصغر حجمها، والجلد السميك للأوراق، أو وجود طبقة من الشعر أو الشمع أو الصمغ لمقاومة التبخر، وقد تلتف الورقة على نفسها، والقشرة السميكة للجذور أو تتكون الشعيرة من غطاء من الفلين، أو تكون ذات جذور عميقة أو تقوم بخزن الماء في انسجتها[1].

**رطوبة التربة** *Soil Moisture* :

تتأثر رطوبة التربة بعوامل عدة أهمها:

1. عناصر الطقس والمناخ .
2. نوعية التربة.
3. اختلاف المتطلبات المائية بين النباتات .
4. عمق الماء الأرضي ومقدار الاستفادة منه.
5. انحدار سطح الأرض.

سيتم دراسة كل من هذه العوامل بصورة منفردة لإعطاء صورة واضحة لها وعلى النحو الآتي:

1) **عناصر الطقس والمناخ :**

تعد عناصر الطقس والمناخ من أهم العوامل المؤثرة في رطوبة التربة وهي تتمثل بالإشعاع الشمسي، ودرجة الحرارة، والرطوبة الجوية، والرياح، وأشكال التكاثف، والتساقط. إذ أن المفقود من رطوبة التربة يزداد بزيادة كمية الإشعاع الشمسي الواصلة إلى سطح الأرض. فالمفقود من الرطوبة يزداد مع كبر زاوية سقوط الإشعاع الشمسي، وشدته، وطول النهار، كما أن المفقود منها يزداد بارتفاع درجات

(1) يوسف عبد المجيد فايد، مصدر سابق، ص297 .



Scanned by CamScanner

حرارة الهواء، ودرجة حرارة التربة، إذ أن هناك علاقة طردية بين المفقود من الرطوبة وبين ارتفاع درجة حرارة الهواء ودرجة حرارة التربة. أما من حيث الرطوبة الجوية فانه توجد علاقة وثيقة بين رطوبة التربة والرطوبة الجوية. إذ كلما كانت الرطوبة الجوية مرتفعة كلما أدى ذلك إلى المحافظة على رطوبة التربة، وبالتالي تقل المتطلبات المائية من قبل النبات عن طريق الري، في حين إذا كانت الرطوبة الجوية قليلة فان ذلك يؤدي إلى قلة في الرطوبة الأرضية بسبب عملية التبخر / نتح وهذا يؤدي إلى وجوب تلبية المتطلبات المائية للنبات عن طريق تعويضها بعملية الري. فضلاً عن ذلك إن لسرعة الرياح دورٌ في زيادة المفقود من رطوبة التربة لأنها تعمل على أزاحة الهواء الرطب أو المشبع بالرطوبة وتأتي بهواء غير رطب أو غير مشبع بالرطوبة. كما إنّ لجهة هبوب الرياح من حيث كونها تهب من مناطق جافة أو رطبة دورٌ في التأثير على رطوبة التربة، فإذا كانت قادمة من جهات جافة أو من مناطق يابسة فأنها تكون متعطشة للرطوبة إذ تعمل على زيادة التبخر / نتح، في حين إذا كانت قادمة من أماكن رطبه أو مسطحات مائية فأنها تقلل من كمية المفقود بعملية التبخر / نتح. كما أن لأشكال التساقط والتكاثف التي تحصل دورٌ في تقليل الفاقد من رطوبة التربة عن طريق زيادة نسبة بخار الماء في الجو.

### 2) نوعية التربة :

إنّ لنوعية التربة وما تحمله من صفات بمساميتها، ونفاذيتها، ونسجتها، ولونها، وبنيتها دوراً في مقدار المفقود من رطوبتها سواءً كان ذلك عن طريق التبخر / نتح أو عن طريق التسرب نحو الأسفل. فالترب الرملية بسبب كبر مساميتها ونفاذيتها العالية فأنها تفقد من رطوبتها أكثر من أنواع الترب الأخرى رغم قلة عدد مساماتها والتي تكون أقطار جزيئاتها أكبر من غيرها نحو 2-1 ملم في الرمل الخشن جداً، ونحو



Scanned by CamScanner

1-0,5ملم في الرمل الخشن ونحو 0,5-0,25ملم للرمل المتوسط، بينما تبلغ نحو 0,25-0,10ملم للرمل الناعم، في حين تبلغ 0,10-0,05ملم للرمل الناعم جداً. أما الترب الطينية والترب المتكونة من الغرين والصلصال فان الفاقد يكون أقل بسبب صغر مساميتها ونفاذيتها القليلة رغم كثرة عدد مساماتها والتي تكون أقطار جزيئاتها صغيرة جداً تبلغ نحو 0,05-0,002 للغرين وأقل من 0,002 للصلصال، يلاحظ جدول (11)، أما التربة المزيجية والتي تأخذ صفاتها من خلط الأنواع المذكورة من الرمل والغرين فانها تكون أفضل للنبات من غيرها.

جدول (11) رتب الترب وأحجامها.

| المرتبة | حدود الأقطار ملم | المرتبة | حدود الأقطار ملم |
|---|---|---|---|
| رمل خشن جداً | 1-2 | رمل ناعم جداً | 0.05-0.10 |
| رمل خشن | 0.5-1 | غرين | 0.002-0.05 |
| رمل متوسط | 0.25-0.5 | صلصال | أقل من 0.002 |
| رمل ناعم | 0.10-0.25 | | |

المصدر : إبراهيم إبراهيم شريف وعلي حسين الشلش، جغرافية التربة، مطبعة جامعة بغداد، بغداد، 1985، ص116-117.

أن للون التربة أهمية لا تقل عن الصفات الأخرى المذكورة فالتربة ذات اللون الفاتح تحتفظ برطوبتها بصورة أفضل من الترب الغامقة لأن نسبة العاكسية في الترب الأولى أعلى من الترب الثانية. بينما يكون نسبة الإشعاع الممتص في التربة الغامقة أكثر. ولهذا اختلاف في درجة حرارة كلٍ منهما. إذ تكون حرارة الترب الممتصة للإشعاع أكثر من الترب العاكسة، ولهذا دوره في أن يكون المفقود من الرطوبة في الترب الغامقة أكثر من الترب الفاتحة اللون.



Scanned by CamScanner

كما أن التربة ذات البنية المفككة تفقد من رطوبتها أكثر من الترب ذات البنية المتلاحمة الأجزاء سواءً كان ذلك متسرباً نحو الأسفل أو عن طريق التبخر / نتح .

**3) اختلاف المتطلبات المائية بين النباتات :**

إن لكل نبات احتياجات مائية يختلف بها عما يحتاجه النبات الأخر، ولهذا تأثيره على رطوبة التربة، فبعض النباتات تستهلك كميات كبيرة من رطوبة التربة كأشجار البساتين التي يصل استهلاكها المائي الفصلي إلى نحو 4875م$^3$، يأتي بعدها المحاصيل الصيفية كالرز نحو 4133م$^3$، والقطن نحو 2728م$^3$ والفلفل نحو 2573م$^3$ وكثير من الخضروات الصيفية نحو 2750م$^3$، في حين ينخفض الاستهلاك المائي الفصلي للمحاصيل الشتوية إلى نحو 548م$^3$ للباقلاء، ونحو 545م$^3$ لكلٍ من القرنابيط واللهانة، ونحو 460م$^3$ لكلٍ من الخس والسبانغ. أما الاحتياج المائي الحقلي فيبلغ ذروته للنباتات المزروعة في البساتين نحو 6500م$^3$، يأتي بعدها المحاصيل الصيفية كالرز نحو 5325م$^3$، والفلفل نحو 3430م$^3$، والطماطمة 3500م$^3$ وكثير من الخضراوات نحو 3800م$^3$ في حين ينخفض في المحاصيل الشتوية الى نحو 613م$^3$ لكلٍ من الخس والسبانغ ونحو 558م$^3$ للبصل الأخضر، و728م$^3$ لكلٍ من القرنابيط واللهانة، ونحو 730م$^3$ للباقلاء، أما الأحتياج المائي الكلي فهو يصل أقصاه لأشجار البساتين نحو 8125 م$^3$ يأتي بعدها محصول الرز نحو 7025 م$^3$ ثم القطن نحو 4562م$^3$، فالطماطة نحو 4500م$^3$، وعدد من الخضروات الصيفية نحو 4583م$^3$، بينما تنخفض في المحاصيل الشتوية إلى نحو 768م$^3$ لكلٍ من الخس والسبانغ، ونحو 908م$^3$ لكلٍ من القرنابيط واللهانة، ونحو 913م$^3$ للباقلاء، أما من حيث عدد الريات خلال فصل النمو فتبلغ أقصاها لمحصول الرز نحو 23، فأشجار البساتين نحو 22، فالجت نحو 17، وكلٍ من البصل اليابس والقطن نحو 16 والفلفل 12 وعدد من الخضروات الصيفية



Scanned by CamScanner

نحو 14، في حين تنخفض عدد الريات إلى نحو 6 لمحاصيل القمح والشعير والباقلاء والقرنابيط واللهانة والخس والسبانخ وعدد من المحاصيل الشتوية الأخرى. ويختلف مقدار الري وعدد الريات وفقاً لأشهر فصل النمو بالنسبة لكل نبات، إذ تزداد في شهور الصيف وتقل في شهور الشتاء، كما تزداد للمحاصيل الصيفية وتقل للمحاصيل الشتوية. ويعود ذلك لتباين عناصر المناخ، إذ أنه كلما كانت درجات الحرارة مرتفعة وحصول زيادة في شدة الإشعاع الشمسي وطول النهار وكبر زاوية سقوط الإشعاع وقلة الرطوبة النسبية، وزيادة سرعة الرياح، وهبوب الرياح الجافة، وارتفاع معدلات التبخر / نتح، وانعدام التساقط والتكاثف صيفاً دوراً في زيادة الاحتياجات المائية المذكورة، بينما كان لانخفاض درجات الحرارة وانخفاض شدة الإشعاع الشمسي، وقصر النهار، وصغر زاوية سقوط الإشعاع، وارتفاع الرطوبة النسبية، وانخفاض سرعة الرياح، وهبوب الرياح الرطبة، وانخفاض معدلات التبخر النتح، وحدوث التساقط، والتكاثف دوراً في تقليل تلك الاحتياجات المائية للنباتات شتاءً وكما في جدول(12).

### 4) عمق الماء الأرضي ومقدار الاستفادة منه :

يخضع الماء في التربة لتأثير ثلاث قوى، تعرف أحداها بقوة الامتصاص Absorption، أو بقوة الالتصاق Adhesion، أو ما يسمى بالماء الهيكروسكوبي Hygroscopic Water، ويوجد في كل أنواع الترب، ويتمثل بأغلفة رقيقة تحيط دائماً بسطوح الجسيمات، وترتبط بها بقوة كبيرة، إلى الحد الذي يمنع حركتها أو تبخرها بدرجات حرارة الجو أو درجة حرارة التربة. كما تمنع أيضاً جذور النبات من امتصاصها. أما القوة الثانية فتسمى بقوة الخاصية الشعرية Capillarity، أو بقوة التماسك Cohesions ويعرف بالماء الشعري لأنه يتحرك من المسام بالخاصية الشعرية،



Scanned by CamScanner

ويعرف بماء التماسك لأن جزيئاته تتماسك بعضها ببعض بأواصر هيدروجينية لها قوة أكبر من قوة جاذبية الأرض، وتكون حركته بطيئة، وهو يتحرك من سطح التربة نزولاً فيها، كما يتحرك صعوداً فيها من داخلها، أو من مستوى الماء الأرضي، ويكون اينما تحرك في مجال امتداد الجذور، ومتيسر لامتصاصها، لهذا يمكن تسميته أيضاً بالماء المتيسر Available Water، ويختلف باختلاف أنسجة التربة، والأحوال المناخية السائدة، ومحتواها من الدبال. أما القوة الثالثة فتسمى بقوة جاذبية الأرض Earth gravity ويسمى ماءها بماء الجاذبية، أو الماء المجذوب Gravitational Water وهو يخضع لجاذبية الأرض وحدها، ويكون وجوده مؤقتاً ويقتصر على الأوقات التي تسقط فيها أمطار غزيرة، أو التي تكون التربة فيها مشبعة بماء الري، ثم ينصرف بعد يومين من توقف المطر، أو توقف الري إلى الطبقة السفلى من التربة في الأقاليم الجافة، وإلى الماء الأرضي في الأقاليم الرطبة،



Scanned by CamScanner

جدول (12)الاستهلاك المائي الفصلي والاحتياج المائي الحقلي والكلي (م3/ دونم) مع عدد الريات والاحتياجات المائية الحقلية حسب أشهر النمو.

| المحصول | الاستهلاك المائي الفصلي م3 | الاحتياج المائي الحقلي م3 | الاحتياج المائي الكلي م3 | عدد الريات خلال فصل النمو | تشرين الأول | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | عدد الريات | مقدار الري |
| القمح | 1285 | 1713 | 2143 | 6 | | |
| الشعير | 1258 | 1713 | 2143 | 6 | | |
| الباقلاء | 548 | 730 | 913 | 6 | 1 | 122 |
| الجت | 4760 | 6348 | 7923 | 17 | 1 | 373 |
| البرسيم | 1486 | 1980 | 2475 | 11 | 2 | 360 |
| البصل اليابس | 2425 | 3248 | 4058 | 16 | | |
| العدس | 753 | 1002 | 1255 | 8 | | |
| المحاصيل الشتوية الأخرى | 1500 | 2000 | 3222 | 6 | | |
| القرنابيط | 545 | 728 | 908 | 6 | 2 | 242 |
| اللهانة | 545 | 728 | 908 | 6 | 2 | 242 |
| الخس | 460 | 613 | 768 | 6 | 2 | 204 |
| الكتان | 1200 | 1600 | 2000 | 8 | 2 | 400 |
| البصل الأخضر | 418 | 558 | 695 | 10 | | |
| البطاطا الخريفية | 1308 | 1743 | 2180 | 8 | 1 | 426 |
| القطن | 2728 | 2650 | 4562 | 16 | | |
| الماش | 2675 | 3593 | 4450 | 8 | | |
| الذرة البيضاء | 2440 | 3253 | 4068 | 10 | 2 | 655 |
| الذرة الصفراء | 2083 | 2278 | 2470 | 10 | 2 | 556 |
| السمسم | 1991 | 2663 | 3230 | 10 | | |
| المحاصيل الصيفية الأخرى | 1925 | 2600 | 3250 | 10 | | |



Scanned by CamScanner

| المحصول | الاستهلاك المائي الفصلي م3 | الاحتياج المائي الحقلي م3 | الاحتياج المائي الكلي م3 | عدد الريات خلال فصل النمو | تشرين الأول | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | عدد الريات | مقدار الري |
| الطماطة | 2500 | 3500 | 4500 | 10 | | |
| الفلفل | 2573 | 3430 | 4288 | 12 | | |
| البطاطا الربيعية | 2265 | 3020 | 2775 | 8 | | |
| الخضروات الصيفية الأخرى | 2750 | 3800 | 4583 | 14 | | |
| الرز | 4133 | 5325 | 7025 | 23 | 3 | 696 |
| السبانخ | 460 | 613 | 768 | 6 | 2 | 204 |
| البساتين | 4875 | 6500 | 8125 | 22 | 1 | 295 |

يتبع

| المحصول | تشرين الثاني | | كانون الأول | | كانون الثاني | | شباط | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | عدد الريات | مقدار الري | عدد الريات | مقدار الري | عدد الريات | مقدار الري | عدد الريات | مقدار الري |
| القمح | 1 | 286 | 1 | 286 | 1 | 286 | 1 | 286 |
| الشعير | 1 | 286 | 1 | 286 | 1 | 286 | 1 | 286 |
| الباقلاء | 1 | 122 | 1 | 122 | 1 | 122 | 1 | 122 |
| الجت | 1 | 3723 | 1 | 273 | 1 | 273 | 1 | 273 |
| البرسيم | 1 | 180 | 1 | 180 | 1 | 180 | 1 | 180 |
| البصل اليابس | 1 | 203 | 1 | 203 | 1 | 203 | 2 | 406 |
| العدس | 2 | 250 | 1 | 125 | 1 | 125 | 1 | 125 |
| المحاصيل الشتوية الأخرى | 1 | 333 | 1 | 333 | 1 | 333 | 1 | 333 |
| القرنابيط | 1 | 121 | 1 | 121 | | | | |



Scanned by CamScanner

| المحصول | تشرين الثاني | | كانون الأول | | كانون الثاني | | شباط | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | عدد الريات | مقدار الري | عدد الريات | مقدار الري | عدد الريات | مقدار الري | عدد الريات | مقدار الري |
| اللهانة | 1 | 121 | 1 | 121 | | | | |
| الخس | 2 | 204 | 1 | 102 | 1 | 102 | | |
| الكتان | 1 | 200 | 1 | 200 | 1 | 200 | 1 | 200 |
| البصل الأخضر | 2 | 112 | 1 | 56 | 1 | 56 | 1 | 56 |
| البطاطا الخريفية | 1 | 218 | | | | | | |
| القطن | | | | | | | | |
| الماش | | | | | | | | |
| الذرة البيضاء | | | | | | | | |
| الذرة الصفراء | | | | | | | | |
| السمسم | | | | | | | | |
| المحاصيل الصيفية الأخرى | | | | | | | | |
| الطماطة | | | | | | | 1 | 350 |
| الفلفل | | | | | | | | |
| البطاطا الربيعية | | | | | 1 | 278 | 1 | 278 |
| الخضروات الصيفية الأخرى | | | | | | | | |
| الرز | | | | | | | | |
| السبانغ | 1 | 102 | 1 | 102 | | | | |
| البساتين | 1 | 295 | 1 | 295 | 1 | 295 | 1 | 295 |

Scanned by CamScanner

بنج

| المحصول | آذار | | نيسان | | مايس | | حزيران | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | عدد الريات | مقدار الري | عدد الريات | مقدار الري | عدد الريات | مقدار الري | عدد الريات | مقدار الري |
| القمح | 1 | 286 | 1 | 286 | | | | |
| الشعير | 1 | 286 | 1 | 286 | | | | |
| الباقلاء | 1 | 122 | | | | | | |
| الجت | 1 | 273 | 2 | 746 | 2 | 746 | 2 | 746 |
| البرسيم | 2 | 360 | 2 | 360 | 1 | 180 | | |
| البصل اليابس | 2 | 406 | 3 | 609 | 3 | 609 | 3 | 609 |
| العدس | 1 | 125 | 1 | 125 | 1 | 125 | | |
| المحاصيل الشتوية الأخرى | 1 | 333 | 1 | 333 | | | | |
| القرنابيط | | | | | | | | |
| اللهانة | | | | | | | | |
| الخس | | | | | | | | |
| الكتان | 1 | 200 | 1 | 200 | | | | |
| البصل الأخضر | 3 | 168 | 2 | 111 | | | | |
| البطاطا الخريفية | | | | | | | | |
| القطن | 2 | 456 | 2 | 456 | 2 | 456 | 2 | 684 |
| الماش | | | | | | | | |
| الذرة البيضاء | | | | | | | | |
| الذرة الصفراء | | | | | | | | |
| السمسم | 1 | 266 | 1 | 266 | 3 | 798 | 3 | 798 |
| المحاصيل الصيفية | | | 1 | 260 | 2 | 520 | 2 | 780 |



Scanned by CamScanner

| المحصول | آذار | | نيسان | | مايس | | حزيران | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | عدد الريات | مقدار الري | عدد الريات | مقدار الري | عدد الريات | مقدار الري | عدد الريات | مقدار الري |
| الأخرى | | | | | | | | |
| الطماطة | 3 | 1050 | 3 | 1050 | 3 | 1050 | | |
| الفلفل | 2 | 572 | 3 | 858 | 3 | 858 | 3 | 858 |
| البطاطا الربيعية | 2 | 756 | 2 | 1134 | 1 | 378 | | |
| الخضروات الصيفية الأخرى | 1 | 271 | 3 | 812 | 4 | 1084 | 4 | 1084 |
| الرز | | | 1 | 232 | 3 | 696 | 3 | 696 |
| السبانغ | | | | | | | | |
| البساتين | 1 | 295 | 2 | 590 | 2 | 590 | 3 | 585 |

يتبع

| المحصول | تموز | | آب | | ايلول | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | عدد الريات | مقدار الري | عدد الريات | مقدار الري | عدد الريات | مقدار الري |
| القمح | | | | | | |
| الشعير | | | | | | |
| الباقلاء | | | | | | |
| الجت | 2 | 746 | 2 | 746 | 1 | 373 |
| البرسيم | | | | | | |
| البصل اليابس | | | | | | |
| العدس | | | | | | |
| المحاصيل الشتوية الأخرى | | | | | | |



Scanned by CamScanner

| المحصول | تموز | | آب | | ايلول | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | عدد الريات | مقدار الري | عدد الريات | مقدار الري | عدد الريات | مقدار الري |
| القرنابيط | | | | | 2 | 242 |
| اللهانة | | | | | 2 | 242 |
| الخس | | | | | | |
| الكتان | | | | | | |
| البصل الأخضر | | | | | | |
| البطاطا الخريفية | | | 3 | 654 | 2 | 426 |
| القطن | 2 | 684 | 2 | 684 | 1 | 628 |
| الماش | 2 | 1247 | 2 | 1247 | 2 | 898 |
| الذرة البيضاء | 2 | 975 | 3 | 975 | 2 | 650 |
| الذرة الصفراء | 2 | 834 | 3 | 834 | 2 | 556 |
| السمسم | 2 | 532 | | | | |
| المحاصيل الصيفية الأخرى | 2 | 780 | 1 | 260 | | |
| الطماطة | | | | | | |
| الفلفل | | | | | | |
| البطاطا الربيعية | | | | | | |
| الخضروات الصيفية الأخرى | 2 | 542 | | | | |
| الرز | 4 | 928 | 5 | 1160 | 4 | 928 |
| السبانغ | | | | | 2 | 204 |
| البساتين | 3 | 585 | 4 | 1180 | 2 | 590 |

المصدر : غازي مجيد الكواز، المقنن المائي وحساباته، مجلة الاحتياجات المائية للمحاصيل والأشجار في المناطق البيئية العربية المختلفة، مطبعة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، بغداد، 1988، ص47.



Scanned by CamScanner

وما يبقى منه في الطبقة السفلى يخلف فيها ما ينقله معه من الطبقة العليا ويكون في الوقت نفسه مورداً إضافياً للجذور مع الماء الشعري. أما ما يخرج منه من التربة إلى الماء الأرضي فانه يفقد التربة كثيراً من مواردها الغذائية وقد يؤدي في النهاية إلى رفع مستوى الماء الأرضي إلى مجال امتداد الجذور فيقتلها بحرمانها من الأوكسجين، وبارتفاع نسبة الأملاح فيه، وعندما ينصرف ماء الجاذبية من المسام غير الشعرية ويبقى الماء الشعري يملئ المسام الشعرية فأن التربة توصف بأنها عند سعتها الحقلية Field Capacity، أو توصف بأنها عند سعتها للامساك بالماء، وتكون التربة في أحسن أحوالها عندما تكون دون هذه السعة بقليل، لأن الأوكسجين يتجدد ويكون متيسراً لتنفس أحيائها، ولعمليات الأكسدة، بينما تجد الغازات غير المرغوب فيها منافذ تنتشر منها إلى الغلاف الغازي، كما يكون الماء متيسر أيضاً للعمليات الحياتية بالقدر المناسب بدون زيادة فيه أو نقص، فزيادة الماء حول الجذور تعد ضارة لأنها تحدث نقصاً في الأوكسجين، وتراكماً لثاني أوكسيد الكاربون والغازات الأخرى غير المرغوب في وجودها، وقد تحدث أطالة في فترة اخضرار أوراق الغلة كالقمح على حساب نضج الحبوب، بينما يحدث النقص في الماء تقلصاً في خلايا النبات، وزيادة في معدل النتح من الأوراق عن معدل امتصاص الجذور فيذبل النبات ثم يموت. كما أنها قد تجعل النبات يصل الى مرحلة نضجه قبل أوانه فتكون بذوره ضعيفة، والإنتاج منها قليل[1].

وتختلف النباتات فيما بينها من حيث مدى الاستفادة من الماء الأرضي وفقاً لعمق جذورها، فهناك بعض النباتات التي تمتلك جذوراً عميقة تستطيع أن تصل إلى الماء الأرضي وتستفيد منه بصورة أفضل من غيرها كقصب السكر، والحمضيات، والقهوة، والتفاح، والأناناس، والعصفر، والتي تمتلك جذور تصل إلى عمق نحو

(1) إبراهيم إبراهيم شريف، جغرافية التربة، مصدر سابق، ص52-55.



Scanned by CamScanner

180سم في تربة عميقة جيدة البزل، بينما هناك نباتات لها جذور عميقة إلا أنها أقل من الأولى تصل إلى نحو 120سم كالذرة الصفراء، والقطن، والذرة البيضاء، والدخن، وفول الصويا، والبنجر السكري، والطماطم، في حين أن بعض النباتات تتعمق جذورها بدرجة متوسطة نحو 90سم كالقمح، والتبغ، والخروع، والبطيخ(الشمام)، والجزر، والبازيلاء، واللوبيا. بينما هناك نباتات تمتلك جذور تمتد في منطقة ضحلة نحو 60سم كالرز، والبطاطا، والقرنابيط، واللهانة، والخس، والبصل، يلاحظ جدول (13).

جدول (13)عمق المنطقة الجذرية الفعالة (بصورة تقريبية) لبعض المحاصيل المزروعة في تربة عميقة جيدة البزل.

| تعمق الجذور | | | |
|---|---|---|---|
| ضحل (60سم) | متوسط (90سم) | عميق (120سم) | عميق جداً (180سم) |
| الرز | القمح | الذرة الصفراء | قصب السكر |
| البطاطا | التبغ | القطن | الحمضيات |
| القرنابيط | الخروع | الذرة البيضاء | القهوة |
| اللهانة | البطيخ (الشمام) | الدخن | التفاح |
| الخس | الجزر | فول الصويا | الاناناس |
| البصل | البازلاء | البنجر السكري | العصفر |
| | اللوبيا | الطماطم | |

المصدر : عبد الله نجم العاني، علاقة التربة بالماء وأثرها على فترات الري وكمية ماء الري المضافة، مجلة الاحتياجات المائية للمحاصيل والأشجار في المناطق البيئية العربية المختلفة، مطبعة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، بغداد، 1988، ص102.



Scanned by CamScanner

إن النباتات التي لها القابلية في أن تمد جذورها لأعماق كبيرة بإمكانها أن تستفيد من الماء الأرضي سواء كان ذلك للماء الشعري أو للماء المجذوب لاسيما وقت فصل الجفاف بصورة أفضل من النباتات التي لا تمتلك مثل تلك القابلية والتي لا تتعمق جذورها إلا إلى منطقة ضحلة من التربة، ولكن ارتفاع الماء الأرضي يؤدي إلى الضرر بتلك النباتات ذات الجذور العميقة، بينما تستفيد منه النباتات ذات الجذور الأقل منها، وفي حال تغدق التربة وتشبعها بالمياه فأن ذلك يضر بالنباتات جميعاً، لأن ذلك يسبب نقصان الأوكسجين الموجود في التربة كما يعمل على تكوين مركبات سامة حول الجذور، ويؤدي إلى انعدام أو ضعف التهوية وذلك لأن مسامات التربة قد أحتلتها المياه.

5) **انحدار سطح الأرض:**

يؤثر انحدار سطح الأرض في مقدار ما يتوافر من رطوبة وفقاً لتأثير بعض عناصر المناخ على السطح المنحدر. كتعرضه للإشعاع الشمسي من حيث كمية وشدته وزاوية سقوطه، فضلاً عن مدى تعرضه للرياح ووقوعه ضمن المناطق الممطرة أو في ظل المطر، كما أن السطح ذو الانحدار الشديد يكون قليل الرطوبة لأن رطوبته تنحدر نحو جهاتٍ أدنى مما لا يفسح المجال للنبات الاستفادة من تلك الرطوبة بصورة كافية. أما السطح المستوي فيتشبع بالرطوبة أن لم يكن هناك مبازلٌ لتصريف المياه الزائدة عن حاجة النبات، ويفضل في السطح أن يكون ذو انحدار معتدل، يعمل على توفير رطوبة مناسبة للنبات، ليس هو بالذي يعمل على تصريفها بسرعة فيحرم النبات من الاستفادة منها، ولا بالذي يعمل على تجميعها فيوصلها إلى حد التغدق فيسبب الضرر للنبات.



Scanned by CamScanner

## الفصل الخامس

# التكاثف والتساقط

- ✓ حالات الماء .
- ✓ التكاثف .
- ✓ كيفية حصول التكاثف .
- ✓ نويات التكاثف .
- ✓ انطلاق الحرارة الكامنة .
- ✓ أسبات تحرك الهواء نحو الأعلى .
- ✓ سبب برودة الهواء الرطب .
- ✓ أنواع التكاثف .

Scanned by CamScanner

### حالات الماء *States of Water* :

يتواجد الماء في ثلاث حالات هي: الحالة الصلبة ويمثلها الجليد ice، والحالة السائلة ويمثلها الماء Water، والحالة الغازية ويمثلها بخار الماء Water Vapors، وإن التغير من حالةٍ إلى حالة كما في الصلب إلى سائل فتسمى هذه العملية بالذوبان Melting، والسائل إلى غاز وتسمى هذه العملية بالتبخر Evaporation، والصلب إلى غاز وتسمى هذه العملية بالتسامي Sublimation، وأن ذلك يتطلب طاقة حرارية لحدوث تلك العمليات تسمى هذه الطاقة بالحرارة الكامنة، التي تخزن في جزيئات الماء، ومتى يحدث التغير بحالة معاكسة كأن يكون من الحالة السائلة إلى الصلبة وتسمى هذه العملية بالتجمد Freezing، والحالة الغازية إلى السائلة وتمسى هذه العملية بالتكاثف Condensation، والحالة الغازية إلى الصلبة وتسمى هذه العملية بالترسيب Deposition، فأن هذه الحرارة الكامنة تنطلق إلى المحيط العام. يلاحظ شكل (18).

### التكاثف والتساقط *Condensation and Precipitation* :

تتكون أنسجة النبات وخلاياه من الماء، وهو يشكل نحو 90٪ من وزن الكائنات الحية عامة[1]، وبدون الماء لا يمكن للنبات أن ينمو، كما أنه بدونه لا يمكن لعملية التمثيل الضوئي، وصنع الغذاء أن تتم، فالماء يقوم بامتصاص المواد الغذائية من أملاح ومواد معدنية عن طريق الجذور ثم عن طريق النسغ الصاعد، وبعملية التمثيل الضوئي يتم صنع الغذاء ثم يقوم بتوزيع الغذاء والطاقة الناتجة إلى أجزاء النبات المختلفة بالنسغ النازل، وبذلك يعد الماء عنصر لا غنى عنه للنبات، فهو الذي يحدد زراعة المحاصيل والنباتات المختلفة إلى جانب درجات الحرارة. إذ

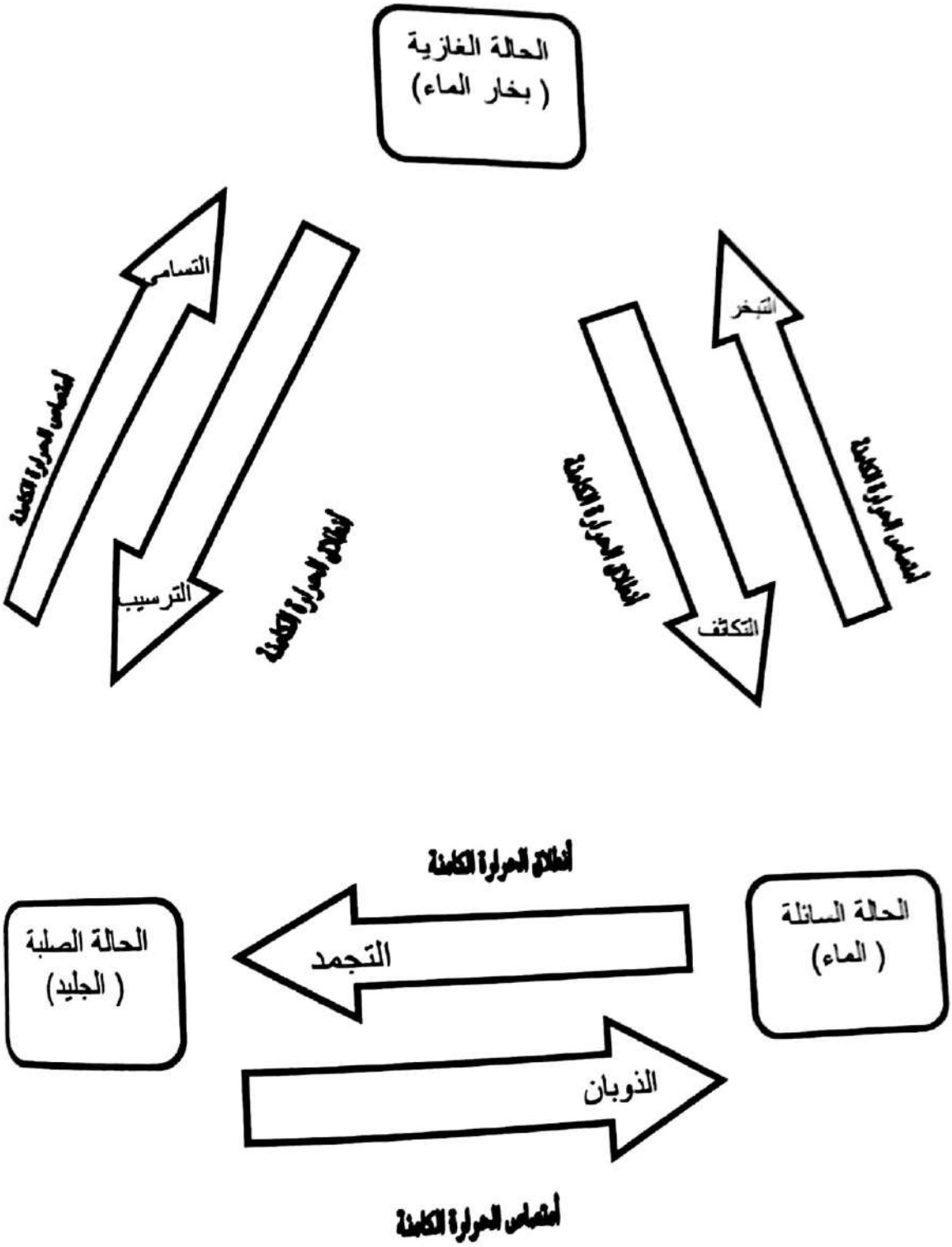
---

(1) حسن أبو سمور، الجغرافية الحيوية والتربة، ط2، دار المسيرة، عمان، الأردن، 2009، ص84.



Scanned by CamScanner

شكل (18) حالات الماء وامتصاص الطاقة الحرارية، أو انطلاقها اعتماداً على التغير من حالةٍ إلى حالة.




المصدر : *Alan Strahler and Arthur Strahler, Physical geography, Second edition, John Wiley and sons, inc, 2002, P.134.*



Scanned by CamScanner

لكل نبات متطلبات مائية لا غنى عنها، إذا زادت عن تلك الحدود وجب التخلص من تلك الكميات الزائدة لأن مسامات التربة تمتلئ بالمياه فتصاب بالتغدق وتطرد الأوكسجين فتكون رديئة التهوية مما يؤدي إلى تكوين مركبات سامة حول الجذور تؤدي إلى ضعف النبات وهلاكه، إذا بقيت تلك المسألة دون حلول، كما أنه إذا انخفضت كمية المياه عن تلك المتطلبات المائية، وجب تعويضها بمياه الري، وإلا فإن النبات يصاب بالذبول ثم خطر الموت لاسيما في المناطق الجافة وشبه الجافة التي تستوجب الري، ولتوضيح أهمية المياه ودورها في حياة النبات المزروع كان لابد من التطرق لموضوع التكاثف ثم التساقط على النحو الآتي:

## التكاثف *Condensation* :

### كيفية حصول التكاثف :

يحصل التكاثف بسبب انخفاض درجة الحرارة دون نقطة الندى، ويحصل هذا الانخفاض لأسباب عديدة هي[1]:

1. التبريد الذاتي، الذي يتكون عندما تحدث عملية رفع للهواء عن طريق السلاسل الجبلية.
2. انخفاض درجة الحرارة عن طريق الإشعاع في الليالي الصافية.
3. انخفاض درجة الحرارة عن طريق انتقال الهواء إلى مناطق باردة.
4. انخفاض درجة الحرارة عن طريق التوصيل عندما تلامس كتلة هوائية دافئة وتستقر على سطح بارد.

(1) عبد العباس فضيخ الغريري، سعدية عاكول الصالحي وعلي مصطفى القيسي، جغرافية المناخ والغطاء النباتي، ط1، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، 2001، ص133.



Scanned by CamScanner

تقل سعة الغلاف الغازي لبخار الماء بانخفاض درجات الحرارة، وأن الوصول إلى نقطة الندى في أي كتلة هواء يرتبط بمقدار رطوبتها النسبية، إذ أن ارتفاع الرطوبة النسبية في الهواء يجعله يقترب من نقطة التشبع، وإن انخفاض قليل في درجات الحرارة ربما يتطلبه الهواء المشبع قبل الوصول إلى نقطة الندى. إما في الصحاري الحارة، وحيث يكون انخفاض في مقدار الرطوبة النسبية فأن ذلك يتطلب انخفاض كبير في درجات الحرارة قبل الوصول إلى نقطة الندى[1].

وفقاً لذلك فأن عملية التكاثف تعتمد على متغيرين هما :

1. مقدار مناسب من البرودة.
2. الرطوبة النسبية للهواء .

فإذا كانت نقطة الندى لم تحصل حتى هبوط درجات الحرارة أسفل من 32°ف أو الصفر المئوي، فأن التكاثف لبخار الماء يكون في شكل بلورات جليدية صغيرة جداً كالصقيع الأبيض White Frost، والثلج Snow، وقليل من الغيوم. أما إذا كان التكاثف قد حصل فوق نقطة التجمد فأن التكاثف يكون في حالة سائلة Liquid State كالندى Dew، والضباب Fog، وكثير من الغيوم Cloud[2].

## نويات التكاثف *Nuclei* :

في كثير من الحالات إن بخار الماء يتكاثف حالما تصل الرطوبة النسبية قريبة من 100٪، إلا أن هناك تجربة أجريت نهاية القرن التاسع عشر، أظهرت أن الهواء النقي لا يحدث فيه تكاثف رغم وصول الرطوبة النسبية نحو 100٪، إذ أن الهواء النقي الخالي من الشوائب والذرات المألوفة لا يمكن للتكاثف أن يحدث فيه حتى تصل الرطوبة النسبية إلى 400٪. إذ أن الذرات الصغيرة جداً تعد عملياً نقطة بداية لحدوث

---

(1) Vernor C. Finch, Glenn T. Trewartha, Physical elements of geography, Op. Cit, P.75.
(2) Vernor C. Finch, Glenn T. Trewartha, Op. Cit, P.75.



Scanned by CamScanner

التكاثف، كما أنّ التشبع الجيد للهواء بالرطوبة النسبية إلى أكثر من 101٪ يعد نادراً لحدوث التكاثف مع تلك النويات، فهذه الذرات يصل قطرها نحو 1/ 10 ميكرون (1/ 100,000سم) فأن بخار الماء سوف يتكاثف عليها في رطوبة نسبية فوق 100٪، بينما تكون نوية التكاثف ذات قيمة كبيرة إذا كانت أكبر من الحجم الأدنى المتطلب، فكثير من الذرات والدقائق تمتلك قطر واحد ميكرون وبعض منها (10) ميكرون تسمى بالنويات العملاقة. وهناك نويات تتكون من ذرات الملح(*) غير ذرات الغبار التي تتكون فوق القارات قادمة من المحيطات بواسطة الرياح، وهي تكون أكثر تأثيراً كنوية للتكاثف، إذ تسمى هذه النويات بالنويات المتميعة، لأنها تذوب في قطرات الماء، لذلك فأن التكاثف ربما يحدث في رطوبة نسبية أقل من 75٪ في حال توفرها[1].

تكمن أهمية نويات التكاثف المتميعة في أن بخار الماء يبدأ في التكاثف عليها قبل أن يصل الهواء درجة التشبع، كما انها تساعد على بقاء قطرات الماء الموجودة في طبقات الجو العليا سائلة، رغم انخفاض درجات الحرارة إلى أقل من درجة التجمد، أما السبب في بدء بخار الماء في التكاثف قبل أن يصل الهواء مرحلة التشبع، فهو أن ضغط بخار الماء الاشباعي حول تلك النويات أقل منه حول قطرات الماء العادية، ولهذا فأن قطيرات الماء الصغيرة الموجودة في الغيوم تتبخر على نويات التكاثف العادية

---

(*) يعتقد العلماء أن وجود الأملاح الذائبة في ماء البحار أساسه صخور القشرة الأرضية وإن عمليات التجوية (أي تحويل الصخور بفعل المحاليل المائية والهواء) تؤدي إلى إذابة بعض محتويات هذه الصخور التي تحملها الأنهار إلى المحيطات على هيئة محاليل مائية، وربما كان مصدر جزء من هذه الأملاح المذابة من البحار النشاط البركاني الذي يتم على سطح القارات، وفي قاع المحيطات حيث أن هذا النشاط البركاني تصحبه عادة انبثاقات من الغازات والمحاليل المائية الساخنة المحملة بالأملاح الذائبة.

انظر: مهدي محمد علي الصحاف وفاضل باقر الحسني، الجغرافية الطبيعية، القسم الأول، بغداد، 1990، ص75 .

(1) Herbert Riehl, Op. Cit, P.74.



Scanned by CamScanner

وتتكاثف عليها، ولقد ثبت فعلاً، أن التكاثف يمكن أن يبدأ حول نويات من كلوريد الصوديوم عندما تصل الرطوبة النسبة 71٪. أما السبب في بقاء قطرات الماء المتكاثفة حول تلك النويات سائلة رغم انخفاض درجة الحرارة إلى أقل من التجمد، فيرجع إلى أن درجة تجمد السائل المائع الذي ينتج عن ذوبان تلك الأملاح والحوامض في الهواء الرطب أقل من درجة التجمد العادية للماء، ولهذا فأنه قد أمكن ملاحظة بعض قطرات الماء سائلة في هواء درجة حرارته أقل من -25°م[1].

من خلال ذلك يتبين أن للتكاثف شروط لابد من توفرها تتمثل بـ:

1. نويات التكاثف، لاسيما المتكونة من الاملاح والأحماض، والتي تسمى بالنويات المتمعية.
2. توفر رطوبة مناسبة في الهواء، لاسيما إذا وصلت إلى درجة التشبع، وهو وصول الرطوبة النسبية نحو 100٪ .
3. انخفاض درجات الحرارة إلى ما دون نقطة الندى.

## انطلاق الحرارة الكامنة :

إن الهواء يبرد ذاتياً بالارتفاع، وذلك يكون عندما لا يوجد سبب لحرارة مضافة، لذلك أن نقطة الندى تصل بسهولة، بعد بدأ الهواء بالصعود حيث تبدأ الغيوم بالتشكل، وكتلة الهواء المرتفعة تبرد في الهواء الجاف كمعدل 5,5°ف لكل 1000 قدم، أو 1°م لكل 100متر. ونحو 0,6°م للهواء الرطب، وعند حصول التكاثف فأن نفس الكمية من الحرارة تنطلق للغلاف الغازي بالغرام من الرطوبة المكثفة، التي كانت تحتاجها لتبخر الماء، ويمتلك الهواء المداري حرارة ورطوبة مرتفعة، وتنطلق هذه الحرارة خلال التكاثف أكثر من الهواء القطبي الذي يمتلك حرارة ورطوبة نوعية منخفضة.

(1) نعمان شحادة، علم المناخ، ط2، مطبعة النور النموذجية، الأردن، 1983، ص169.



Scanned by CamScanner

لذلك فأن الحرارة تتناقص في الهواء المداري ببطئ أكثر مع الارتفاع من الهواء القطبي. وإن أكثر بخار الماء في كلا النوعين من كتل الهواء يتكاثف في الأجزاء السفلى من التروبوسفير فوق 500 مليبار (18,000 قدم) [1].

إن انطلاق الحرارة الكامنة في الغلاف الغازي لأي منطقة يحول دون التطرف في انخفاض درجات الحرارة شتاءاً، وهذا ما يخدم النباتات المزروعة، إذ يقيها من خطر تكون الصقيع الذي يتكون في الأجواء الصاحية لاسيما ليلاً بسبب انخفاض درجات الحرارة عن طريق تسرب الإشعاع الأرضي نحو الفضاء مقارنة بالأجواء الغائمة والتي تؤدي إلى سقوط الأمطار وانطلاق الحرارة الكامنة.

## أسباب تحرك الهواء نحو الأعلى :

هناك ثلاث أسباب رئيسة لتحرك الهواء نحو الأعلى[2]:

1. يحدث صعود للهواء عندما ترفعه الرياح اثناء صعودها لحاجز جبلي.
2. يحدث صعود للهواء عندما يكون عدم تساوي بالحرارة على سطح الأرض مما يخلق فقاعة من الهواء الدافئ مقارنة بالمحيط العام فيكون أقل كثافة من الهواء المحيط فيجعله يطفو إلى فوق بما يشبه قطعة الفلين acork على مسطح مائي.
3. انزلاق هواء مكثف تحت كتلة من الهواء الدافئ .

## سبب برودة الهواء الرطب :

إن حركة الهواء للأعلى في الغلاف الغازي يجعله يبرد، لأن حرارة الهواء المحيط تميل إلى الانخفاض بالارتفاع بسبب المبادئ الفيزياوية التي تشير إلى أنه متى يتوسع الهواء، فأنه يبدأ بفقدان حرارته ويبرد بسبب نقصان الضغط الجوي بالارتفاع، لذا فأن

---

(1) Herbert Riehl, Op. Cit, P.75.
(2) Alan Strahler and Arthur Strahler, Physical geography, Op. Cit, P.133-134.



Scanned by CamScanner

الهواء يتحرك متوسعاً؟ نحو الأعلى، ولذا في نفس الوقت هذا يؤدي إلى برودته[1].

**أنواع التكاثف :**

للتكاثف أنواع منها ما يكون قريب من سطح الأرض أو ملاصق له، ومنها ما يكون بعيداً عنه، ويمكن ذكرها على النحو الآتي:

1) **الندى** *Dew* :

هي قطرات ماء صغيرة ترى واضحة عند الصباح على سطوح الأجسام الصلبة، والنباتات والصخور، نتيجة انخفاض درجات الحرارة إلى ما دون نقطة الندى، على أن تكون نقطة الندى فوق درجة الصفر المئوي (32°ف)، نتيجة صفاء السماء ليلاً، التي تسمح بهذا الانخفاض في درجات الحرارة لهروب الإشعاع الأرضي إلى الفضاء, فضلاً عن ذلك يتطلب الندى أجواء غير جافة، وهدوء نسبي للرياح من أجل عدم إزالة الهواء الرطب، وإحلال هواء جاف محله.

إن للندى فوائد مهمة للنبات رغم محدودية كمياته المتكونة أحياناً لاسيما في المناطق الجافة وشبه الجافة، إذ أن النباتات تقوم بامتصاصه مباشرة عن طريق جذورها وأوراقها، كما إن له دورٌ مهم في التقليل من عملية التبخر/ النتح مما يساعد التربة على الاحتفاظ برطوبتها فيقلل من عمليات الري أثناء حصوله لأنه يعد أحد مصادر الرطوبة.

لقد قدر ما يقدم الندى للنبات من ماء نحو 15٪ من حاجته، كما يبلغ متوسط كمية الندى خلال الليل 0,3ملم، كما أن الندى يحفظ النبات من بعض الآفات الزراعية التي لا تستطيع دخول أوراق النبات المبلل بالندى، كما أن من تأثيرات الندى المناخية والمهمة للنبات أنه يقلل من درجة الحرارة الصغرى والتي

---

(1) Ibid, P.133.



Scanned by CamScanner

تسجل عادة قبل شروق الشمس، إذ أن الطاقة الكامنة المنطلقة من تكاثف بخار الماء وتشكل الندى تقلل من انخفاض درجة الحرارة، كما إنه عندما يتبخر الندى بعد شروق الشمس يزيد من الرطوبة الجوية[1].

2) الصقيع *Frost* :

يتكون الصقيع من نوعين هما : النوع الأول ويسمى بالصقيع الأبيض White Frost وهو بلورات جليدية تتكون فوق الأجسام والسطوح الصلبة والنباتات مسببة خسائر واضحة لها، ويتطلب حصوله انخفاض درجات الحرارة إلى ما دون نقطة الندى، ولحصل عندما يكون انخفاض درجات الحرارة إلى ما دون درجة التجمد بسبب الفقدان الليلي الشديد للإشعاع الأرضي. كما يتطلب حصول الصقيع سكون الرياح، ورطوبة جوية مناسبة يصل عندها الهواء إلى حد الإشباع ببخار الماء.

ومن أنواع الصقيع الأبيض ما يسمى بالصقيع الزجاجي Glaze وهو عبارة عن طبقة جليدية تغلف المواد أو السطوح، وتحدث بسبب تجمد قطرات الأمطار فوق المبردة عند اصطدامها بالسطوح الباردة ذات درجة الحرارة دون التجمد[2].

أما النوع الثاني من الصقيع فهو الصقيع الأسود Black Frost وسمي بالصقيع الأسود لما يتركه من لون أسود في الأعضاء النباتية التي يصيبها ويحدث عندما يكون الهواء جافاً فتنخفض درجة حرارة السطح إلى ما دون درجة التجمد بدون أن تصل إلى درجة الندى، وهو يسمى بالصقيع القاتل Killing Frost، لأنه يقتل النبات، وقد يكون هذا الصقيع صقيعاً إشعاعياً أو صقيعاً منقولاً نتيجة هبوب الرياح، إذ قد تتدنى درجة الحرارة في اثناء هبوب مثل هذه الرياح إلى أقل من -10°م، وقد يحدث

---

(1) علي احمد غانم، الجغرافيا المناخية، ط2، دار المسيرة، عمان، الأردن، 2007، ص183.
(2) نفس المكان .



Scanned by CamScanner

هذا الصقيع ليلاً أو نهاراً وفقاً لهبوب الرياح الباردة[1].

ولوقاية من خطر الصقيع على النبات ينبغي القيام بما يلي:

أ. تجنب زراعة المحاصيل الحساسة للصقيع في المناطق التي تتعرض له كالقطن وقصب السكر.

ب. زراعة المحاصيل الحساسة للصقيع تحت الأشجار المعمرة كأشجار الزيتون والأشجار التي تصلح كأسيجة للمنطقة المزروعة كالكالبتوس والأثل.

ج. استعمال وسائل التدخين في مناطق متفرقة من الحقول الزراعية والبساتين للحيلولة دون انخفاض درجات الحرارة إلى ما دون درجة الانجماد.

د. العمل على تحريك الهواء بمراوح معدة لهذا الغرض، لمنع سكون الرياح وتكون الصقيع الأبيض.

هـ. استعمال الري بصورة مناسبة، لاسيما الري بالتنقيط، للحيولة دون تجمد التربة والجذور.

و. استعمال الأسمدة لاسيما العضوية منها لغرض توفير الحماية لجذور النبات لأن هذه الأسمدة توفر نوع من الدفئ النسبي لها.

ز. استعمال الأغطية الزجاجية، والبلاستيكية لحماية النبات والتربة.

ح. تغطية التربة بالتبن والقش والمخلفات النباتية.

أن حدوث الصقيع يسبب خسائر لكثير من المحاصيل الزراعية وأشجار الفاكهة وثمارها لاسيما الحمضيات وتحديداً منها أشجار الليمون الحلو، والليمون الحامض. وللصقيع وقتين في حصوله، فهو يحصل في فصل الخريف ويكون ضرره عظيماً، وذلك عندما تنخفض درجات الحرارة إلى ما دون التجمد بصورة مفاجئة

(1) علي موسى، المناخ والأرصاد الجوية، جامعة دمشق، 2003، ص182-183.



Scanned by CamScanner

وبدون أن تكون النباتات قد هيئت نفسها لانخفاض درجات الحرارة، إذ كانت لا تزال في طور النمو، كما أن الصقيع قد يحدث وقت الربيع، بعد أن أخذت النباتات بالنمو والأزهار نتيجة الدفء الذي يحصل بعد الخروج من فصل الشتاء، وإذا فجاءة تنخفض درجات الحرارة دون التجمد فتسبب لها اضراراً واضحة، وموتاً لبعضها.

3) **الضباب** *Fog* :

يطلق على الضباب مصطلح Fog إذ كان حجم قطراته أكبر من 10 ميكرون، في حين يطلق عليه مصطلح Mist إذا كان حجم قطراته أقل من 10 ميكرون[1]، ويختلف الضباب باختلاف ظروف تكوينه فمنه الكثيف ومنه الخفيف. ومنه ما يقتصر تكوينه على وقت الليل، ومنه ما يحصل نهارا. كما أن منه ما يكون ذو سمك قليل، ومنه ما يكون سمكه كبير. ويوجد الضباب على أنواع عدة يمكن إيجازها عن النحو الآتي:

**أ- الضباب الإشعاعي** *Radiation Fog* :

يحدث هذا النوع من الضباب للتبريد السريع لسطح الأرض الرطب نتيجة صفاء السماء، الذي يسمح بهروب الإشعاع الأرضي نحو الفضاء، فيبرد سطح الأرض والهواء الملامس له إلى ما دون نقطة الندى، فيتكون الضباب لاسيما في فصل الشتاء.

**ب- الضباب المنقول** *Advection Fog* :

يحدث عندما تهب كتلة هوائية دافئة رطبة على سطح بارد نسبياً ذو درجة حرارة أقل من درجة الندى، فيبرد الهواء السفلي من الكتلة الهوائية لملامسته للسطح

---

(1) صباح محمود محمد، جغرافية تلوث الهواء، مركز دراسات البحر المتوسط، قبرص، 1999، ص26 .



Scanned by CamScanner

البارد، ويؤدي ذلك إلى حدوث التكاثف وتكون الضباب. وربما يحدث الضباب المنقول أيضاً عندما تهب كتلة هوائية باردة على سطح دافئ نسبياً ورطب، فالتبخر الذي يحدث من السطح الدافئ يضيف بخار ماء إلى الهواء البارد في الأعلى فيصل إلى التشبع فيتكون الضباب الذي يسمى أيضاً بضباب التبخر Evaporation Fog الذي يتكون فوق البحار والبحيرات الكبيرة بعد شروق الشمس. ومن هذا النوع من الضباب أيضاً هو تكونه عند هبوب الهواء الدافئ الرطب على مياه البحار الباردة، أو عندما تهب كتلة هوائية دافئة رطبة من البحار على السواحل الباردة نسبياً فيتكون ضباب السواحل[1].

**جـ- ضباب الجبهات الهوائية *Frontal Fog* :**

يحدث عند التقاء كتلتين هوائيتين مختلفتين في خصائصهما فيحصل تساقط للأمطار نتيجة صعود الهواء الدافئ فوق الهواء البارد. ونتيجة لتبخر قطرات ماء المطر الساقطة يصل الهواء البارد حد الإشباع بعد انخفاض درجة حرارته إلى ما دون نقطة الندى مكوناً الضباب.

**د- ضباب السفوح الجبلية *Upslope Fog* :**

يحدث نتيجة صعود الهواء على السفوح الجبلية المواجهة له، مما يؤدي إلى برودته إلى ما دون نقطة الندى، فيصل إلى حد الإشباع بالرطوبة، فيتكاثف مكوناً هذا النوع من الضباب.

**هـ-الضباب الدخاني *Smoke Fog* :**

ويحصل فوق المدن لوجود نويات تكاثف متكونة من الملوثات، وقد يحدث هذا النوع من الضباب برطوبة نسبية أقل من 90٪[2].

---

(1) علي أحمد غانم، مصدر سابق، ص187 .

(2) Glenn T. Trewartha, An Introduction to Climate, Op. Cit, P.119.



Scanned by CamScanner

و- الضباب الجليدي Ice Fog :

يتكون في مطارات العروض الباردة، وفي بعض مطارات العروض الوسطى بناءً ضباب كثيف بسبب ما ينطلق من انبوب العادم من الطائرات من كميات كبيرة من بخار ماء دافئ في الهواء البارد، وإذا كانت درجة الحرارة تحت الصفر بحوالي 40° م فان البخار يتحول مباشر إلى ثلج. ويصبح الضباب مكوناً من بلورات ثلجية[1]

أن للضباب أهمية للنبات يمكن تلخيصها على النحو الآتي:

أ. يعد أحد مصادر الرطوبة للنبات.

ب. يعمل على تقليل المفقود بعملية التبخر/ النتح.

ج. يعد عاملاً من عوامل انطلاق الحرارة الكامنة، لذلك فهو يحول دون انخفاض درجات الحرارة إلى ما دون درجة التجمد والحيلولة دون حصول الصقيع الضار.

د. يعد عامل محدد لانتشار بعض الآفات النباتية، إذ أن بقاء بعض الآفات ضمن قطرات الضباب لمدة معينة يعد عاملاً مميتاً لها.

ه. يعمل على تقليل عدد الريات للنبات، ولهذا أهمية كبيرة لاسيما اذا حصل في المناطق الجافة وشبه الجافة.

و. يمنع ارتفاع درجات الحرارة العظمى كثيراً إذا حصل نهاراً لأنه يحجب الإشعاع الشمسي من الوصول إلى سطح الأرض، كما يمنع من انخفاض درجات الحرارة الصغرى كثيراً إذا حدث ليلاً لأنه يعمل على انطلاق الحرارة الكامنة أثناء تحول بخار الماء إلى الحالة السائلة، كما إنه يمنع جزء من الإشعاع الأرضي من التسرب نحو الفضاء.

---

(1) أحمد سعيد حديد وإبراهيم شريف وفاضل الحسني، جغرافية الطقس، دار الكتب، جامعة الموصل، 1979، ص228.



Scanned by CamScanner

4) **الغيوم** *Clouds* :

هي كتلة مرئية تتكون من قطرات ماء صغيرة جداً للغاية يتراوح قطرها بين 0,0024-0,0008 انج، او 0.02-0.06 ملم، أو تتكون من دقائق من بلورات الجليد، ولكي تتشكل قطرات الغيوم فمن الضروري توافر جزيئات الغبار الميكروسكوبية، التي تعد نواة للتكاثف، كما ينبغي توفر قطرات ماء غزيرة في كل مكان في الغلاف الغازي[1]، وقد يصل تركيز هذه القطرات المائية إلى نحو 600-500 قطرة/ سم$^3$. وتتكون القطرات المائية نتيجة لعملية التكاثف، وتنمو عن طريق جذبها لجزيئات الماء حولها، ورغم أن الغيوم تتكون من قطرات ماء عندما تكون درجة حرارتها أعلى من الصفر المئوي[2]. إلا أنه عندما تكون حرارة الهواء أسفل من درجة التجمد فأن الغيوم تتشكل من بلورات جليد دقيقة، وأن دقائق الماء تستطيع أن تبقى سائلة لأسفل من درجة حرارة التجمد الاعتيادية، ذلك أن قطرات الماء توجد في حرارة دون 10°ف (-12°م)، كما تتواجد قطرات ماء مختلطة ببلورات الجليد من 10°ف الى – 20°ف ،(-12°م إلى -29°م) أو أدنى من ذلك. وتسود بلورات الجليد في أدنى من 20°ف (-29°م)، وفي أدنى من-40°ف (-40°م) فأن جميع الغيوم تتكون من الجليد[3].

إن الغيوم تتكون من أنواع مختلفة في ارتفاعها وسمكها وفرصة سقوط الأمطار منها، إذ كلما كان الارتفاع الذي تتكون فيه الغيوم عالياً والسمك قليلاً فان فرصة سقوط الأمطار تقل. وإن حصل سقوط للأمطار فأنه لا يصل سطح الأرض لأنه يتبخر قبل وصوله والعكس صحيح، فأنواع غيوم السمحاق Cirrus التي تتكون عند ارتفاع 7-10كم وبسمك عدة مئات من الأمتار فأن أمطارها لا تصل الأرض،

---

(1) Arthur N. Strahler, Introduction to Physical geography, Op. Cit, P.76.

(2) علي احمد غانم، مصدر سابق، ص188-189 .

(2) Arthur N. Strahler, Introduction to Physical geography, Op. Cit, P.76-77.



Scanned by CamScanner

وكذلك الغيوم السمحاق الطبقية Cirrostratus المتكونة على ارتفاع 6-8كم، وبسمك 100 متر إلى عدة كيلومترات فان امطارها لا تصل الأرض ايضاً واما الغيوم السمحاقية الركامية Cirrocumulus المتكونة على ارتفاع 6-8كم، وبسمك 0,2-0,4 كم فانها تكون غير ممطرة. اما الغيوم الركامية Cumulus، والتي تتكون على ارتفاع 0,8-1,5 كم، وذات سمك يبلغ مئات الأمتار إلى كيلو مترات فان امطارها نادرة، وتكون الأمطار نادرة جداً في الغيوم الركامية المتوسطة Altocumulus التي تتكون على ارتفاع يصل 2-6كم، وبسمك 0,2- 0,7 كم، كما تكون الأمطار نادرة وخفيفة في الغيوم الركامية الطبقية Stratocumulus التي تتكون على ارتفاع 0,6-1,5 كم، وبسمك 0,2- 0,8 كم. اما غيوم المزن الركامية Cumulonimbus التي تكون على ارتفاع 0,24-1 كم، وذات سمك يبلغ عدة كيلومترات إلى طبقة التروبوبوز فانها تكون ذات أمطار وبرد. في حين تكون الغيوم الطبقية Stratus نادرة الأمطار وعلى شكل رذاذ عندما تكون على ارتفاع 0,14-0,7كم، وبسمك 0,2-0,8 كم، لكن الغيوم الطبقية المتوسطة Altostratus التي تتكون على ارتفاع 3-5كم، وبسمك 1-2كم فانها تعمل على سقوط أمطار وثلوج شتوية، بينما أمطارها صيفاً لاتصل سطح الأرض. بينما تكون الأمطار والثلوج بشكل متواصل في غيوم المزن الطبقية Nimbostratus المتكونة على ارتفاع يبلغ نحو 0,1-1 كم، وذات سمك يصل عدة كيلومترات يلاحظ جدول (14) .



Scanned by CamScanner

جدول (14)أنواع الغيوم وخصائصها.

| الغيوم | الارتفاع | السمك | الأمطار |
|---|---|---|---|
| الركامية | 0.8-1.5كم | مئات الامتار إلى كيلومترات | نادرة الأمطار |
| الركامية المتوسطة | 2-6كم | 0.2-0.7كم | نادرة جداً |
| الركامية الطبقية | 0.6-1.5كم | 0.2-0.8كم | نادراً أمطارخفيفة |
| المزن الركامية | 0.2-1كم | عدة كيلومترات إلى التروبوبوز | أمطار وبرد |
| الطبقية | 0.1-0.7كم | 0.2-0.8كم | نادرة الأمطار رذاذ |
| الطبقية المتوسطة | 3-5كم | 1-2كم | أمطار وثلوج شتوية، أمطار الصيف لا تصل الأرض |
| المزن الطبقية | 0.1-1كم | عدة كيلومترات | أمطار وثلوج متواصل |
| السمحاق | 7-10كم | مئات الأمتار إلى كيلومترات | لا يصل الأرض |
| السمحاق الركامية | 6-8كم | 0.2-0.4كم | غير ممطرة |
| السمحاق الطبقية | 6-8كم | 100متر إلى عدة كيلومترات | لا يصل الأرض |

المصدر : علي أحمد غانم، الجغرافيا المناخية، ط2، دار المسيرة، عمان، الاردن، 2007، ص190.

إن للغيوم فوائد عديدة للنبات، إذ أنها تمنع التطرف الشديد في انخفاض درجة الحرارة وذلك لأنها تعمل على منع تسرب الإشعاع الأرضي نحو الفضاء، لاسيما ليلاً، إذ تقوم بامتصاصه وإعادة إشعاعه إلى الأرض من جانب، كما تقوم بعكسه نحو سطح الأرض من جانب آخر. لذا إنّ وجود الغيوم يحول دون حدوث ظاهرة الصقيع الضار بالنبات. كما أن الغيوم تمنع ارتفاع درجات الحرارة في النهار كثيراً، لذا فهي تعمل على التقليل من درجات الحرارة العظمى، لأنها تقوم بعكس جزء لا بأس به من الإشعاع الشمسي نحو الفضاء وتمنعه من الوصول إلى سطح الأرض، كما تقوم



Scanned by CamScanner

بعثرة وتشتت الإشعاع الشمسي فتقلل من شدة الإشعاع الشمسي وتركيزه، لاسيما إذا كان ذلك وقت فصل الصيف، فضلاً عن ذلك فانها تعمل على تقليل المفقود بعملية التبخر/ النتح، لأنها تعمل على تخفيض درجات الحرارة، وهذا ما يؤدي إلى تقليل عدد ريات المحاصيل الزراعية. كما أن للغيوم دورٌ مهم وعلاقة طردية مع ارتفاع الرطوبة الجوية وسقوط الأمطار الضرورية للنبات.

رغم هذه المزايا المهمة للغيوم وذات الفائدة الكبيرة للنبات، إلاّ أنّ لها دورٌ سلبي إذا حدثت بكثافة أثناء وقت نضج الثمار، وبسبب حجبها للإشعاع الشمس فانها تعمل على تأخير نضج بعض الثمار التي لها متطلبات ضوئية معينة، كما أنها قد لا تعطي الثمار ألوانها الطبيعية عند النضج، فضلاً عن تغير طعمها.

**التساقط** Precipitation :

ولو أن جميع التساقط يعود بأصله إلى الغيوم، إلا أن هذا لا يعني أن جميع الغيوم تعطي تساقطاً، والسبب في ذلك يعود إلى أن التكاثف في الغيمة يحدث حول الكثير من نويات التكاثف التي لا تحصى، فتتكون ذرات صغيرة جداً في الغيمة لها قابلية الطفو أي أنها تسبح في الغيمة وتمتنع من السقوط إلى الأرض لخفتها وصغر حجمها. أما عملية التساقط فانها تتطلب تجمع أكبر كمية من قطرات الغيمة الميكروسكوبية بعدد أقل من الوحدات الكبيرة فتكون قادرة على السقوط نحو الأرض، لذا فأن الحجم الجيد لسقوط قطرة المطر، ربما تحتوي على كمية من الماء تقدر بنحو 8 مليون ذرة في الغيمة[1].

أن تجمع القطرات الميكروسكوبية في قطرات أكبر تسقط نحو سطح الأرض يحدث بعمليتين أساسيتين: العملية الأولى، تحدث في هواء الغيمة الذي هو فوق

(1) Vernor C. Finch and Other, Physical elements of geography, Op. Cit, P.79.



Scanned by CamScanner

مستوى التجمد إذ أن بعض القطرات السائلة تتغير إلى جليد، وهذه الذرات الجليدية تصبح فعالة جداً حول النوية، إذ تجذب ذرات الماء في الغيوم لتتجمع وتشكل قطرات مطر أكبر. أما العملية الثانية فأن التساقط الثاني يحدث ميكانيكياً، إذ أن قطرات الغيمة تتصادم وتندمج فتسقط بسرع مختلفة من الغيمة[1]، وللتساقط أشكال عديدة فهي أما تكون على شكل مطر أو على شكل برد أو ثلوج. ولكل من هذه الأشكال آثاره الخاصة على النبات المزروع، لذا سيتم دراستها على النحو الآتي:

**1- المطر** *Rain* :

يعد المطر من أهم أشكال التساقط ويتكون من قطرات مائية يزيد قطرها على 0,5 ملم وأقل من 8 ملم، إذ تنشطر القطرات الكبيرة أثناء سقوطها إلى عدة أجزاء أخرى أصغر منها[2]. وتتباين سرعة نزول قطرة المطر وفقاً لقطرها، إذ كلما كان قطر القطرة صغيراً كلما كانت السرعة أبطأ، وكلما كان قطرها أكبر كلما كانت سرعة نزولها أكبر، فعندما يكون قطر القطرة المائية 0,5ملم فأن سرعتها تصل نحو 3,5م/ ثا، وتزداد السرعة تدريجياً حتى إذا ما بلغ قطر القطرة نحو 5,8ملم فان السرعة تصل نحو 9,17م/ ثا، يلاحظ جدول (15)، وشكل (19).

---

(1) Glenn T. Trewartha, Arthur H. Robinson and Edwin H. Hammond, elements of geography, Op. Cit, P.96.

(2) خروموف س. ب، الطقس والمناخ والإرصاد الجوي، ترجمة فاضل باقر الحسني ومهدي محمد علي الصحاف، ج1، مطبعة جامعة بغداد، بغداد، 1977، ص339.



Scanned by CamScanner

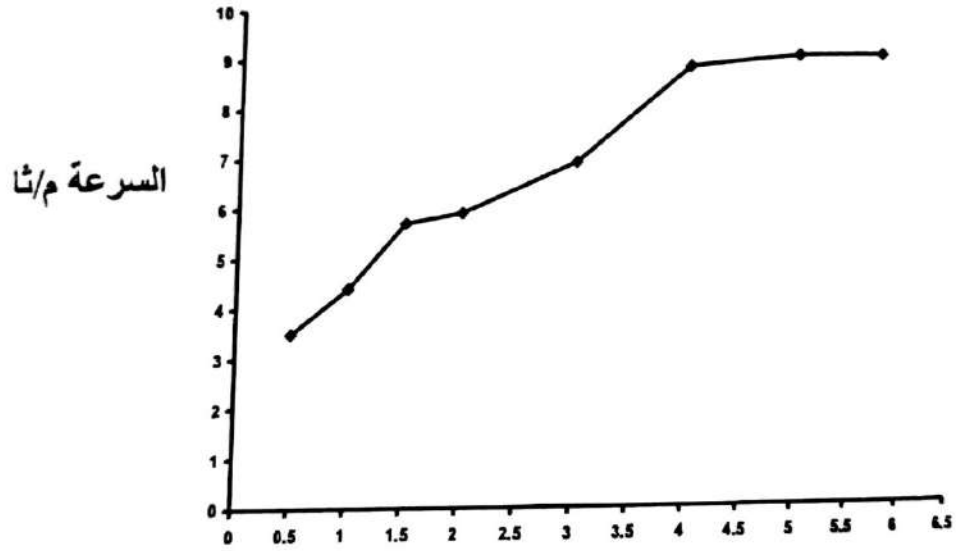
جدول (15) العلاقة بين حجم القطرات المائية

وسرعة نزول المطر في جوٍ هادئ

| القطر (ملم) | السرعة م/ ثا | القطر (ملم) | السرعة م/ ثا |
|---|---|---|---|
| 0,5 | 3,5 | 3,0 | 6,9 |
| 1,0 | 4,4 | 4,0 | 8,83 |
| 1,5 | 5,7 | 5,0 | 9,09 |
| 2,0 | 5,9 | 5,8 | 9,17 |

المصدر: صادق جعفر الصراف، علم البيئة والمناخ، دار الكتب، الموصل، 1980، ص126.

شكل (19) العلاقة بين حجم القطرات المائية وسرعة نزول المطر في جوٍ هادئ.




المصدر: من عمل المؤلف بالاعتماد على جدول(15).

إنّ التساقط يكون على ثلاثة أنواع: الأول هو التساقط التصاعدي Convectional Precipitation ويحدث نتيجة لارتفاع درجات الحرارة وسخونة سطح الأرض الرطب، فتتكون تيارات هوائية رطبة صاعدة تبرد بصعودها فتتكاثف غيوماً



Scanned by CamScanner

مسببة تساقطاً غزيراً، وينتشر هذا النوع من التساقط في المناطق الاستوائية والمدارية. أما النوع الثاني فهو التساقط التضاريسي topographic Precipitation ويحدث نتيجة صعود الرياح الرطبة سفوح الجبال والهضاب العالية المواجهة لها مما يؤدي إلى انخفاض درجة حرارتها بالارتفاع فيتكاثف ما تحمله من بخار ماء إلى غيوم محدثة تساقطاً على تلك السفوح المواجهة لهبوبها. أما النوع الثالث فهو التساقط الجبهوي Frontal Precipitation وينشأ من تكون جبهة بين كتلتين مختلفتين في خصائصها من حيث الحرارة والرطوبة مؤدية إلى حدوث تساقط جبهوي.

تأتي الأمطار في مقدمة مظاهر التساقط تأثيراً على النبات المزروع وتوزيعه على سطح الأرض، ويتوقف دور الأمطار في عملية الإنتاج الزراعي على الأمور الآتية[1]:

أ. كمية الأمطار.

ب. التوزيع السنوي للأمطار.

ج. مقدار ما يستفيده المحصول الزراعي من تلك الأمطار.

ولأهمية كل واحدٍ من هذه الأمور بالنسبة للنبات سيتم دراسة كلٍ منها على انفراد وعلى النحو الآتي:

## أ. كمية الأمطار:

يحتاج النبات إلى كمية معينة من الأمطار لكي ينمو ويمارس فعالياته الحيوية، وتختلف هذه الكمية من نبات إلى آخر، إذ تتراوح بين 200-500ملم/ سنة لمحصول الشعير، و 300-500ملم/ سنة لمحصول القمح، وترتفع لمحصول العدس إلى نحو 350-600ملم/ سنة، ولمحصول القطن نحو 400-1000ملم/ سنة، أما الذرة البيضاء

(1) نوري خليل البرازي وإبراهيم عبد الجبار المشهداني، مصدر سابق، ص51-52.



Scanned by CamScanner

والبطاطا، والشوندر فتتطلب كمية من الأمطار تتراوح بين 600ملم/ سنة كحدود دنيا و 1000ملم/ سنة كحدود عليا لكل واحدٍ منهما، بينما تحتاج الذرة الصفراء إلى كمية أكبر تبلغ حدودها الدنيا نحو 800ملم/ سنة، في حين تبلغ حدودها العليا نحو 1400ملم/ سنة، وفي حال عدم كفاية الأمطار الساقطة لحاجة المحصول فلابد من تعويضها بمياه الري. والجدول (16) يعطي الكمية المتكافئة من مياه الري لكمية الأمطار بالأمتار المكعبة في الهكتار الواحد في ظروف بيئية كتلك السائدة في حوض البحر المتوسط.

**جدول (16)كمية المطر اللازمة ملم/ سنة مع الكمية المكافئة من مياه الري بالأمتار المكعبة/ هكتار**

| المحصول | كمية المطر اللازمة | | الأمتار المكعبة/ هكتار المكافئة لكمية المطر | |
|---|---|---|---|---|
| | الحدود الدنيا | الحدود العظمى | الدنيا | العظمى |
| قمح | 300 | 500 | 3000 | 5000 |
| شعير | 200 | 500 | 2000 | 5000 |
| عدس | 350 | 600 | 3500 | 6000 |
| قطن | 400 | 1000 | 4000 | 10000 |
| ذرة بيضاء | 600 | 1000 | 6000 | 10000 |
| بطاطا | 600 | 1000 | 6000 | 10000 |
| شوندر | 600 | 1000 | 6000 | 10000 |
| ذرة صفراء | 800 | 1400 | 8000 | 14000 |

المصدر : علي موسى، الوجيز في المناخ التطبيقي، ط1، دار الفكر، دمشق، سورية، 1982، ص148.



Scanned by CamScanner

إن حاجة النبات لكمية الأمطار الساقطة لا يقتصر اختلافها بين نبات وآخر، إذ أنها تتباين وفقاً لأصناف النبات الواحد. فالقمح الصلب ينتج في ظروف تتطلب كمية من الأمطار أقل من القمح اللين الذي ينتج في المناطق الأكثر رطوبة ومطراً[1].

فضلاً عن ذلك أن حاجة النبات لكمية الأمطار الساقطة تختلف وفقاً لأطوار نموه المختلفة فالرز يتطلب كمية أمطار سنوية لا تقل عن 50 بوصة أو ما يعادلها من مياه الري، لأنه نبات يجب أن تغمر جذوره بالماء، وتغطي سيقانه أيضاً بالماء طوال فصل النمو، وأن حاجة الرز إلى الماء تزداد حتى نهاية تكوين السنابل، ثم تتناقص بعد ذلك لكي تتم عملية نضج الحبوب[2].

إن وفرة الأمطار بدرجة كافية على مدار السنة تعمل على زراعة المحصول الزراعي أكثر من مرة في السنة في حال توفرت ظروف الحرارة الملائمة، كما في زراعة الرز في جنوب شرق آسيا الذي جعل الفلاحين يتوسعون في زراعته مستغلين كل قطعة أرض ملائمة[3].

إن كمية الأمطار التي يحتاجها كل نبات أو ما يعادلها من مياه الري تعتمد على معدل النتح، لأن النبات عادة يقوم بتعويض ما يفقده من الماء عن طريق النتح، ومثال ذلك أن إنتاج طن من الحبوب يصاحبه فقد كمية من الماء عن طريق النتح تتراوح ما بين 400-500طن، في حين إن إنتاج طن من النباتات العشبية يصاحبه فقدان أكثر من 800 طن من المياه عن طريق النتح[4].

---

(1) احمد حبيب رسول، الموارد الاقتصادية، ج2، مطبعة جامعة بغداد، بغداد، 1981، ص43.

(2) نفس المصدر، ص56 .

(3) Frederick P. Stutz and Anthony R. de Souza, World economy, third edition, Prentice Hall, USA, 1998, P.242.

(4) منصور حمدي أبو علي، الجغرافيا الزراعية، ط1، دار وائل للنشر، عمان، الأردن، 2004، ص95.



Scanned by CamScanner

إن هناك أقاليم زراعية اعتمدت في امتدادها على كمية الأمطار الساقطة كما في أمريكا الشمالية، إذ تمتد الأقاليم الزراعية من الشرق إلى الغرب في الجهة الشرقية ذات الأمطار الكافية لإنتاج القطن، والذرة، ومن الشمال إلى الجنوب في الجهات شبه الجافة والجافة كإقليم القمح الشتوي، والربيعي، فامتداد إقليم القطن وإقليم الذرة من جهة الغرب يتوقف تقريباً عند خطي المطر المتساويين 20-25 بوصة، في حين يحل محلها إقليم القمح بنوعية الربيعي والشتوي الممتد من الشمال إلى الجنوب، ويحدد امتداد إقليم القمح غرباً خطي المطر المتساويين 12-15 بوصة، إذ تصبح كمية المطر غير كافية لنمو القمح فيحل محله إقليم الري المنظم[1].

من خلال ذلك ووفقاً لكمية الأمطار فقد أنقسم العالم إلى أقاليم مطرية تتباين في نباتاتها المزروعة فهناك الإقليم الاستوائي ذو الأمطار الغزيرة على مدار السنة مع وجود قمتين لها في وقت الاعتدالين حيث تكون الشمس عمودية على الدائرة الاستوائية، والإقليم الموسمي ذو الأمطار الصيفية التي يكون سببها هبوب الرياح الموسمية، وإقليم السفانا ذو الأمطار الصيفية، وإقليم غرب أوربا الذي تكون أمطاره طول العام مع قمة لها في فصل الشتاء والتي يعود سببها قدوم المنخفضات الجوية المتجهة من الغرب نحو الشرق والقادمة من المحيط الأطلسي. والإقليم الصيني ذو الأمطار الدائمة مع تركز لها في فصل الصيف، والإقليم الصحراوي ذو الأمطار القليلة والمتذبذبة، وإقليم البحر المتوسط ذو الأمطار الشتوية والصيف الجاف. وهذا كله انعكس على طبيعة وانواع النباتات التي تنمو في كل اقليم من الاقاليم المطرية المذكورة.

---

(1) علي حسين الشلش، جغرافية أمريكا الشمالية الإقليمية، مطبعة جامعة البصرة، البصرة، 1980، ص188-190.



Scanned by CamScanner

**ب. التوزيع السنوي للأمطار :**

يعد التوزيع السنوي للأمطار وانتظامه الأساس الثاني الذي يظهر فيه دور الأمطار في الإنتاج الزراعي، فقد تكون كمية الأمطار الساقطة في منطقة معينة تتفق مع المقننات المائية لإنتاج بعض المحاصيل، إلا أن توزيع تلك الكمية يمثل الأثر الحقيقي للأمطار، فمثلاً كمية الأمطار اللازمة لنمو الشعير تقدر بحوالي 10 بوصات في المناطق المعتدلة الباردة فيما إذا سقطت بصورة موزعة على أشهر النمو، أما إذا صادف وسقطت تلك الكمية في بداية فصل النمو ثم انعدمت عند نضج المحصول فيعني ذلك عدم تكامل عملية نضج البذور، ونفس الشيء ينطبق على بقية المحاصيل الأخرى، وتبرز هذه الحالة واضحة في أثر كمية الأمطار الساقطة في المناطق شبه الصحراوية، إذ تسقط فيها كمية قد تساعد على نمو بعض المحاصيل الزراعية، إلا أن طبيعة تلك الأمطار المتمثلة في قلة سقوطها وتباينها من حيث الزمان والمكان نجد دورها في الإنتاج الزراعي من الناحية الإيجابية محدوداً[1]. فالنبات قد يحتاج إلى كميات موزعة على مدار السنة لكي ينمو بالصورة الأفضل ويعطي أنتاجه بالصورة الأحسن. كما أن بعضه ينمو في فصل دون آخر لذا يتطلب سقوط تلك الكميات في فصل النمو، فالمحاصيل الشتوية تتطلب سقوط تلك الأمطار شتاءً، في حين تتطلب المحاصيل الصيفية سقوط تلك الكميات صيفاً .كما أن بعض النباتات تحتاج إلى كمية من الأمطار الكافية خلال فترة الإنبات والنمو، ولكنها تحتاج إلى أمطار أقل عند نضج ثمارها أو انها تحتاج إلى فترة جفاف، (فإقليم القطن في الولايات المتحدة يحدده أمطار الصيف الغزيرة وعدم وجود فترة جفاف في وقت اقتطاف التيلة[2]).

---

(1) نوري خليل البرازي وإبراهيم عبد الجبار المشهداني، مصدر سابق، ص52.

(2) علي حسين الشلش، جغرافية أمريكا الشمالية الإقليمية، مصدر سابق، ص190 .



Scanned by CamScanner

ج. **مقدار ما يستفيده المحصول الزراعي من تلك الأمطار :**

قد تسقط أمطاراً كافية تفي بالمتطلبات المائية للنبات المزروع، كما أنها قد تكون موزعةً توزيعاً يتلائم ومراحل نموه المختلفة، إلا أنه هناك عامل ثالث ذا تأثير مهم على النبات يجب أن يأخذ بالحسبان وهو مقدار ما يستفيده المحصول من تلك الأمطار الساقطة، وهذا يعتمد على عوامل عدة أهمها:

- **نوع المطر** : وذلك من حيث كونه رذاذاً أو وابلاً، ذا قطرات صغيرة أم كبيرة، متوقفاً ذلك على حجم القطرات، وسرعة سقوطها، إذ أن لها دوراً فيما يستفاد منه النبات من الأمطار الساقطة، فإذا كان التساقط رذاذاً، ذا قطرات صغيرة الحجم وسرعة بطيئة فإن ذلك يسمح للقطرات المتساقطة بالتوغل نحو أعماق التربة مع قلة ما يجري على سطحها، أو ينصرف نحو الأنهار والبحيرات فيستفيد منها النبات. في حين أن المطر إذا كان وابلاً وبأحجام كبيرة فأن سرعته تكون أكثر لذا فأن جريانه السطحي يكون أكثر مما يتوغل داخل التربة, فيكون الاستفادة من هذه الكمية من الأمطار محدوداً جداً.
- **درجة الحرارة** : هناك تناسب عكسي بين ما يستفاد النبات المزروع من هذه الكمية من الأمطار المتساقطة وبين درجات الحرارة ، إذ أن ارتفاع درجات الحرارة يؤدي إلى قلة القيمة الفعلية للأمطار، لذا فأن الأمطار الساقطة في الفصل البارد من السنة تكون فائدتها للنبات أكثر من سقوطها في الفصل الحار. كما أن سقوطها ليلاً يكون أكثر فائدة من سقوطها نهاراً، وهذا يعود للتبخر الذي يزداد صيفاً ونهاراً ويقل شتاءاً وليلاً.



Scanned by CamScanner

لذا ان أراضي منطقة الاستبس الباردة BSK مناخها ملائم لإنتاج القمح، كما في ولاية مونتانا الأمريكية[1]، رغم أنها منطقة شبه جافة ذات تساقط قليل إلا ان انخفاض درجات الحرارة يزيد من القيمة الفعلية للأمطار فيها.

- **سرعة الرياح** : كلما كانت الرياح سريعة، كلما أدى ذلك إلى قلة استفادة النبات من الأمطار، لأن الرياح السريعة تساعد على سرعة تبخر القطرات الساقطة.
- **نوع التربة** : إن لنوع التربة دوراً مؤثراً في مقدار ما يستفيد النبات من الأمطار الساقطة. إذ أن التربة المفككة تسمح للأمطار بالتوغل فيها في حين ان التربة المتراصة لا تسمح بذلك، لذا أن معظم الأمطار الساقطة عليها تجري على سطحها منصرفة إلى الأنهار والأماكن المنخفضة. فالتربة بما لها من صفات تتعلق ببنيتها ونسجتها ومساميتها ونفاذيتها دوراً في ذلك، وإن أفضل الترب هي التي تكون من النوع المزيجي بين الترب الخشنة والترب الناعمة فهي وسط بين النوعين المذكورين, إذ لا تسمح بالتسرب السريع لمياه الأمطار نحو الأعماق، فضلاً عن أنها لا تكون كالترب المتراصة التي تجري معظم الأمطار على سطحها.
- **انحدار سطح الأرض** : كلما كان سطح الأرض ذو انحدار عالي، كلما ساعد ذلك على سرعة حركة الأمطار اساقطة على سطح المنحدر نحو المناطق المنخفضة وعدم الاستفادة الجيدة منها في تلك السفوح المنحدرة، لأنها لا تعطي الفرصة الكافية لتوغل قطرات المطر في التربة الساقطة عليها، وهذا بطبيعة الحال يتوقف على درجة الانحدار. بينما يعد السطح المستوي، لاسيما إذا كان بمستوى سطح البحر او دونه له دوراً سلبياً أيضاً. إذ أن الأمطار الساقطة، والتي تتراكم على التربة المستوية تسبب تغدقها فتكون ضارة بالنبات، لذا أن أحسن الأراضي

---

(1) Clavence E. Koppe and George C. De long, Weather and Climate, McGraw-Hill Book Company, inc, USA, 1958, P.221.



Scanned by CamScanner

المزروعة عندما يكون انحدارها معتدل يسمح لقطرات المطر بالتوغل خلالها إلى منطقة جذور النبات فيستفيد منها، كما يعمل على تصريف المياه الزائدة عن حاجة النبات ويحول دون تجمعها لتجنب الأضرار الناتجة عن ذلك بسبب الانحدار.

- **كثافة النبات وحجمه** : كلما كانت النباتات ذات كثافة عالية وحجم كبير، كلما كان مقدار ما يصل إلى سطح الأرض قليل، وذلك لأن النبات يعمل على حجز كمية من الأمطار ويتناسب ذلك طردياً مع كثافة النبات وحجمه. إذ تتعرض تلك القطرات المحتجزة إلى عملية التبخر، لاسيما في المناطق الجافة وشبه الجافة.

**الأمطار الحامضية :**

إنّ الأمطار الساقطة من الغيوم تكون غير نقية من الشوائب والملوثات الجوية نتيجة لتفاعل تلك القطرات مع الملوثات الجوية الموجودة في الغلاف الغازي كثاني أوكسيد الكاربون وأول أوكسيد الكاربون وثاني أوكسيد الكبريت وغيرها. لذا إنها بنزولها إلى سطح الأرض وسقوطها على النبات فأنها تسبب أضراراً كبيرة واضحة، وذلك لكونها تحتوي على أحماض مضرة بالنبات وقد تؤدي إلى موت بعضٍ منها وفقاً لكمية الأمطار الساقطة، ونسبة ما يوجد من ملوثات جوية في الغلاف الغازي، وعمر النبات، ونوعه، ومدى حساسيته لحموضة تلك الأمطار. كما إن الأمطار الحامضية تعمل على تغير صفات تربة المنطقة المزروعة كيميائياً نتيجة تفاعل الأمطار الحامضية مع بعض مركباتها مما يغير من تركيبة الماء الممتص من قبل الجذور، وبذلك فهي تؤثر على غذاء النبات عن طريق زيادة نسبة بعض المكونات الضارة بالنبات، فضلاً عن أضرارها للكائنات الحية والبكتريا النافعة في التربة والتي تعد ذات أهمية للنبات.



Scanned by CamScanner

**الاستمطار:**

لأهمية الأمطار للنبات، ولأن بعض الغيوم تكون غير ممطرة، كما إن بعضها يمطر وتتبخر قطراته قبل وصولها سطح الأرض فلا يستفيد منها النبات. لجأ الإنسان إلى استخدام عملية الاستمطار، وهي عملية تحدث لتدخل الإنسان في تغيير بعض خصائص الغيوم محاولاً استمطارها، أي اسقاط ما بها من قطرات ماء.

تتم عملية الاستمطار برش مواد صناعية في الغيوم لتكوين أنوية تكاثف تنمو بسرعة إلى قطرات كبيرة. وتنفذ عملية الاستمطار في الغيوم الدافئة عن طريق إضافة أنوية تكاثف أو جسيمات لها القدرة على امتصاص الماء مثل ذرات الملح او نترات الأمونيا. أما في الغيوم الباردة فتتم بتجميد قطرات الماء فوق المبردة عن طريق إضافة مواد مثل ثاني أوكسيد الكاربون الجاف، أو يوديد الفضة، وترش المواد بالطائرات فتسبب انخفاضاً كبيراً في درجة الحرارة فتتكون بلورات جليدية في الغيوم خلال دقائق وتنمو بسرعة على حساب القطرات المائية وتسقط الأمطار بعد حوالي20 دقيقة من رش الغيوم، لذا إن عملية الاستمطار في الغيوم الباردة أفضل مما في الغيوم الدافئة[1].

إن مما يؤخذ على عملية الاستمطار، هي أنها قد تسبب ضرراً لبعض المناطق والدول التي تصل إليها الغيوم وقد فقدت معظم ما فيها من رطوبة وقطرات ماء بسقوطها على المناطق والدول التي استمطرتها، فضلاً عن ذلك أن عملية الاستمطار قد تسبب مشكلة للدولة نفسها التي يريد أجراء الاستمطار فيها وذلك أن عملية زيادة نويات التكاثف في الغيمة المراد استمطارها يؤدي إلى نمو القطرات الصغيرة جداً التي لا تستطيع السقوط على حساب القطرات الكبيرة، لذا قد تتعرض عملية الاستمطار للفشل وتكون مخيبةً للآمال المرجوة منها.

---

(1) علي أحمد غانم، مصدر سابق، ص209-210.



Scanned by CamScanner

2- البرد *Hail* :

هو تساقط صلب على شكل كرات من الجليد يتراوح قطر الواحدة منها بين 0,5 ملم إلى أكثر من 10 سم، كما يزيد وزن الواحدة في بعض الأحيان على نصف كيلوغرام[1]، ويتكون البرد حول قطعة من الجليد تمتلك تركيب داخلي من طبقات متجعمة تشبه البصل، ويتكون البرد في غيوم نوع Cumulonimbus التراكم المزنية[2]، وتقترن ظاهرة البرد بالعواصف الرعدية في العروض الوسطى وفي مرحلة نضج العاصفة إذ تحصل دورة في حركة مستمرة للبلورات الجليدية نحو أعلى وأسفل مستوى التجمد فتتكون كراة من الجليد في شكل برد التي تكون في رحلات متعددة خلال مستوى التجمد قبل أن تسقط إلى سطح الأرض، إذ تعجز تيارات الحمل على حملها لثقلها[3]. وقد تصل تيارات الهواء الصاعدة إلى مستويات عليا تبلغ نحو 6-12كم أو 20,000 – 40,000قدم أو أعلى من ذلك مملوءة بالطاقة مكونة لحبات البرد المذكورة[4].

إنّ للبرد آثار سلبية للمحاصيل والنباتات الزراعية فهو يقوم بتمزيق أوراق بعض النباتات وتكسر أغصانها لاسيما الطرية منها، مع حدوث بعض الخدوش والجروح في النبات، مما يتيح ذلك الفرصة لدخول بعض الآفات النباتية لاسيما المرضية منها إليها، ويتناسب ذلك طردياً مع كبر حبات البرد الساقطة، إلا أنه رغم تلك الأضرار للبرد فأن لحباته وعند وصولها سطح الأرض وتعرضها للذوبان فأنها تعد مصدراً من مصادر الرطوبة للنبات.

---

(1) علي موسى، المناخ والأرصاد الجوية، مصدر سابق، ص451 .

(2)Arthur N. Strahler, Introduction to Physical Geography, Op. Cit, P.80.

(3)H. J. de Blij and Peter O. Muller, Physical Geography of The global Environment, Op. Cit, P.139.

(4)Alan Strahler and Arhur Strahler, Introducing Physical Geography, Op. Cit, P.136.



Scanned by CamScanner

### 3- الثلج Snow:

هو الشكل الأكثر مألوفاً للتساقط الصلب، ويتكون من كتل من البلورات الجليدية، تنمو مباشرة من بخار الماء في هواء درجة حرارته تكون تحت التجمد، ويتكون الثلج على أنماط متعددة ذو تفرعات معقدة، أهمها الشكل المسطح السداسي الجوانب البلوري في أكثره، ولا يسقط الثلج فوق المحيطات بين الدائرة الاستوائية ودائرة عرض 35°،أما فوق القارات الباردة فيسقط أحياناً الى دائرة عرض10° بالقرب الدائرة الاستوائية، كما يسقط الثلج فوق الارتفاعات العالية قرب السلاسل الاستوائية[2].

أن الثلج يعد مصدراً مهماً من المصادر التي تزود الأنهار بمياهها الضرورية للزراعة، كما أن له فائدة مهمة لبذور النباتات، إذ يحميها من انخفاض درجة حرارة التربة وتكون الصقيع، فهو يعمل كغطاء يحافظ على حرارة التربة من التسرب (الذي ذوبانه بسبب رياح الشينوك النازلة من جبال روكي على السهول العظمى الأمريكية والتي ترفع درجات الحرارة لدرجة كبيرة وبسرعة، يحرم القمح الشتوي من غطاء الحماية مسببةً الضرر والخسارة للمحصول لاسيما إذا تجمدت الأرض قبل سقوط الثلج مرةً أخرى) [3].

إن للثلج بعض الأضرار على المحاصيل والنباتات الزراعية فهو يساعد على نمو بعض الحشائش الضارة للمحاصيل الزراعية كما يحدث عند زراعة القمح الشتوي والشيلم في شمال السويد[4]، كما أنه يسبب الفيضانات المدمرة أثناء ذوبانه، فبطغى الفيضان على مساحات زراعية واسعة، مما يعمل على موت الكثير من المحاصيل والنباتات المزروعة.

---

(1)Arthur N. Strahler, Introduction to Physical Geography, Op. Cit, P.79-80.

(2)Gleen T. TreWartha, Arthur, Arthur H. Robinson and Edwin H. Hammond, elements of Geography, Op. Cit, P.96.

(3)Clavence E. Koppe and George C. De long, Weather and Climate, Op. Cit, P.222.

(4) علي أحمد هارون، مصدر سابق، ص104 .



Scanned by CamScanner

## الفصل السادس

# التبخـــر

# *Evaporation*

- ✓ دورة الماء في الطبيعة .
- ✓ التبخر والنتح .
- ✓ العوامل المؤثرة على التبخر والنتح .
- ✓ أولاً : العامل المناخي .
- ✓ ثانياً : العوامل الأرضية .
- ✓ ثالثاً : العامل النباتي .
- ✓ رابعاً : العامل البشري .
- ✓ استخدام المعادلات التجريبية في قياس التبخر/نتح

Scanned by CamScanner

# التبخـــــر

# *Evaporation*

قبل البدء بدراسة التبخر لابد من إعطاء فكرة واضحة عن دورة الماء في الطبيعة لعلاقتها به.

**دورة الماء في الطبيعة :**

تقدر كمية المياه بأشكالها الثلاث الغازية والسائلة والصلبة في الكرة الأرضية، والغلاف الغازي بنحو 1520 مليون كيلو متر مكعب، تكون مياه البحار والمحيطات نحو 97٪ والثلج والجليد نحو 2٪، بينما تمثل المياه الجوفية، ومياه الأنهار، والبحيرات، وبخار الماء نحو 1٪ فقط[1].

يعد الماء أحد مصادر الحياة الضرورية على سطح الكرة الأرضية، إذ بدونه لا يمكن أن توجد حياة عليها، ويوجد الماء بحالاته الثلاث التي تشكل أحد عناصر ما يسمى بدورة الماء في الطبيعة، والتي تعد الشمس بما تصدره من أشعاع شمسي المصدر المحرك لها، لما يحمله من طاقة كهرومغناطيسية تتحول إلى حرارة تعمل على تبخر المياه من سطح الأرض من يابسها وماءها، فضلاً عن ذلك ما يتم فقده من النبات والذي يسمى بالنتح.

بعد حصول التبخر / نتح يصبح الماء في حالته الغازية، فتحمله الرياح والتيارات الهوائية إلى ارتفاعات معينة تنخفض عندها درجات الحرارة فيتكاثف على شكل غيوم تتكون من بخار ماء، وقطرات ماء مكروسكوبية، وبلورات جليدية، ونتيجة لعملية إندماج القطرات الصغيرة، وحالما تصبح قدرة الرياح والتيارات ضعيفة على حملها نتيجة ثقلها أو ضعف سرعة الرياح والتيارات تتساقط إلى سطح الأرض

---

(1) عبد الرحمن الطيب عبد الحفيظ، المقننات المائية لبعض المحاصيل البستانية وأشجار الفاكهة في السودان، مجلة الاحتياجات المائية للمحاصيل والأشجار في المناطق البيئية العربية المختلفة، مطبعة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، بغداد، 1988، ص142.



Scanned by CamScanner

وحال سقوطها فانها تأخذ مسارات عدة كما يوضحها شكل (20) تكون نتيجتها الى التبخر وعلى النحو الآتي

1. أثناء التساقط يتعرض قسم منها إلى التبخر لا سيما القطرات الصغيرة قبل وصولها سطح الأرض.
2. قسم منها يمتصه النبات ثم يفقده عن طريق عملية النتح
3. منه ما يسقط على الأرض فيجري على سطحها فيتعرض إلى التبخر، او يتسرب إلى باطن الأرض فيشق طريقه نحو المياه الجوفية، والقسم الآخر الذي يجري على سطح الأرض يشق طريقه إلى الأنهار والجداول ثم المحيطات.
4. قد يكون التساقط فوق المسطحات المائية مباشرة فيتعرض للتبخر.
5. ماء محتجز من قبل أوراق واغصان وجذوع النبات يتعرض فيما بعد لعملية التبخر أيضاً.
6. هناك تبخر من سطح الأرض ويحدث للتربة سواءً كانت رطبة أو جافة. إذ يتساوى التبخر الحقيقي مع التبخر الممكن في الترب الرطبة بينما يتوقف التبخر الحقيقي من الترب الجافة، في حين يبقى التبخر الممكن مستمرا لتأثره بالعناصر المناخية.
7. شكل يسقط على المناطق الجبلية والقطبية والباردة على شكل ثلوج، فيكون جزءً من المجالد والحقول الثلجية، وفي حال ذوبانها فانها تشق طريقها إلى البحار والمحيطات، وفي حالة عدم ذوبانها فانها تشكل إضافات جديدة لما موجود من جليد سابق. (فالمجالد تخزن مؤقتاً كميات كبيرة من المياه بإنقاصها من الدورة المائية، فإذا ما أذيبت المياه المختزنة في المجالد فأن مستوى سطح البحر سيرتفع عشرات الأمتار ليغمر مناطق ساحلية كثيرة آهلة بالسكان)[1].

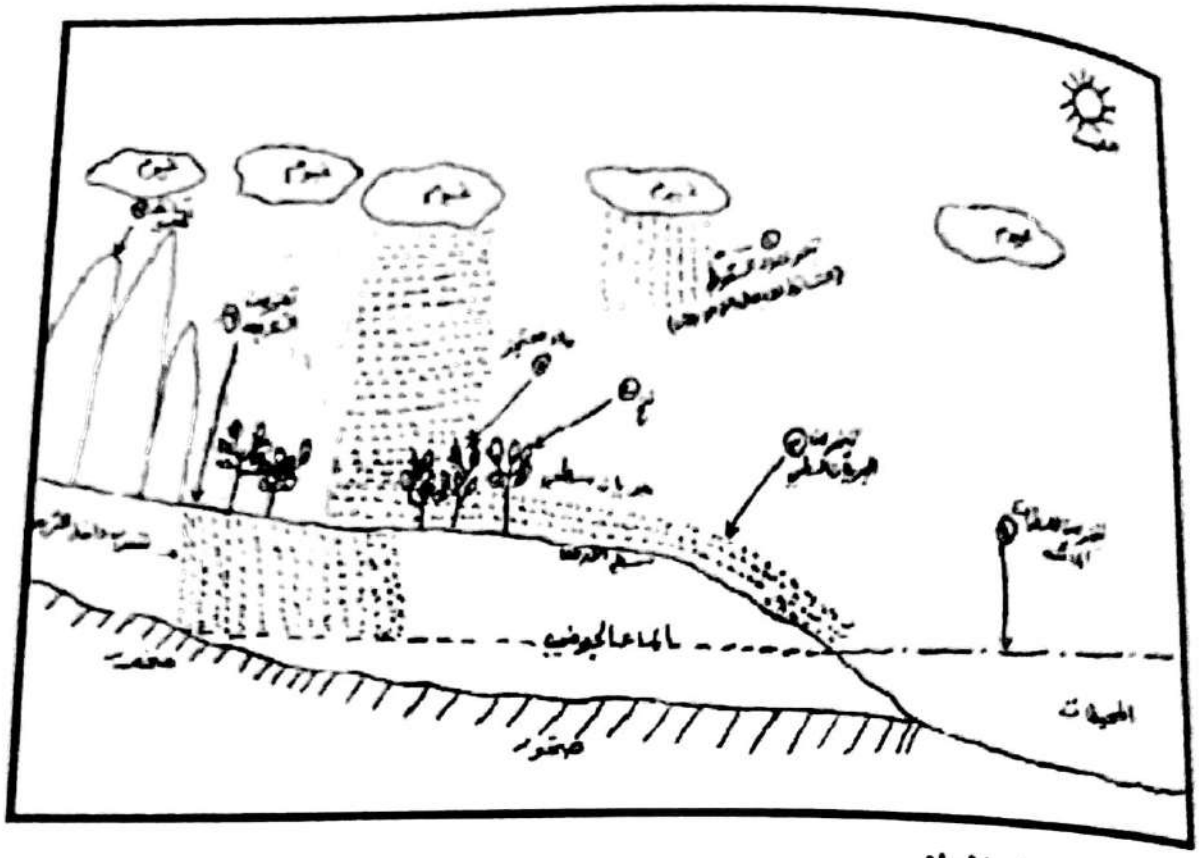
---

(1) تاربوك، لوتجنز، الأرض، ترجمة عمر سليمان حمودة، البهلول علي اليعقوبي ومصطفى جمعة سالم، 1984، ص226 .



Scanned by CamScanner

شكل(٥٠) دورة الماء في الطبيعة.



المصدر: من عمل المؤلف.

**التبخر والنتح** *Evaporation and Transpiration* :

التبخر هو عملية تحول الماء من حالته السائلة إلى الحالة الغازية. وللتبخر آثارٌ مهمة على النباتات المزروعة، اذ ان بخار الماء الناتج عن عملية التبخر يعمل على التقليل من حدة الإشعاع الشمسي وشدته، كما يعمل على منع تسرب الإشعاع الأرضي لذا يعد أحد عوامل ظاهرة الأحتباس الحراري، فضلاً عن ذلك فأنه يقوم بالتخفيف من درجة الحرارة صيفاً، لذا فهو يعد عامل ملطف للجو، وفي حال وصول الهواء حد التشبع وقريباً منه فأنه يعمل على التقليل من ريات النباتات المزروعة في المناطق الجافة وشبه الجافة.



Scanned by CamScanner

إنّ للتبخر مصطلحات عديدة منها ما يطلق عليه بالتبخر إذا كان ذلك يحدث من المسطحات المائية والتربة، ومنها ما يسمى بالنتح إذا كان التبخر يحدث من نفوذ النبات الذي تنبع أهميته من تخلص النبات من طرحه للماء الزائد بالتبخر، كما أنها عملية تؤدي إلى تبريد الجو ووقاية النبات من لفحة الحرارة الشديدة، كما يؤدي إلى تكوين ممص دائم للطاقة يجعل من الاختلاف الكبير بين الجهد في الجذر والجهد في الأوراق مجالاً يكفل صعود النسغ إلى أعلى الأوراق وإكمال بقية وظائف النبات الحيوية[1]. وهناك ما يسمى بالتبخر الحقيقي Actual Evaporation وهو التبخر الفعلي من المسطحات المائية والترب الرطبة مع انعدامه في الترب الجافة، وهناك التبخر الممكن أو الكامن أو المحتمل Potential Evaporation وهو التبخر الحاصل من المسطحات المائية والترب المشبعة وبذلك يتساوى مع التبخر الحقيقي، إلا أنه يستمر حتى في الترب الجافة لتأثرها بعناصر المناخ السائدة لذا يسمى بالتبخر المناخي أيضاً فضلاً عن ذلك هناك ما يسمى بالتبخر / النتح Evapotranspiration وهو يطلق على التبخر من المسطحات المائية والتربة والنتح من النبات بصورة مجتمعة ولصعوبة تحديد الكميات المتبخرة من المسطحات المائية والتربة من جهة والنباتات من جهة أخرى وجب ذلك استخدام مصطلح التبخر/ النتح للتعبير عنها مجتمعة.

باستخدام مصطلح التبخر/ النتح ظهر مصطلح التبخر والنتح الحقيقي Actual or Real ET (ETR) ويمثل التبخر والنتح بواسطة غطاء نباتي في ظروف نموه الحقيقية متأثراً بعوامل الماء والنبات والمناخ، كما ظهر مصطلح التبخر والنتح الأقصى Maximum ET (ETM) ويساوي التبخر والنتح بالنسبة لغطاء نباتي تحت ظروف مياه وافرة. وهناك مصطلح التبخر والنتح الكامنين Potential ET (ETP) وعرفه بنمان بكمية الماء المتبخرة في وحدة زمنية بواسطة نبات قصير أخضر يغطي سطح الأرض

---

(1) نجيب خروفة، علاقة الظروف البيئية بتحديد طرق الري المناسبة، مجلة تقويم طرق الري الحديثة وتطبيقاتها في الوطن العربي، مطبعة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، الرباط، المملكة المغربية، 1984، ص40 .



Scanned by CamScanner

بأكمله، يكون ذو علوٍ متساوٍ لا يعاني من شحة في الماء، ويعد المناخ العامل الوحيد المحدد له. وهذا المفهوم أدى إلى اتجاهات معاكسة لاستعماله، إذ أن بنمان استعمل الحشائش Grasses كنبات تطبق عليه الخواص في تعريفه، وبالتالي فان التبخر – نتح الأقصى للحشائش كان يؤخذ كمقياس للتبخر النتح الكامن الذي يمثل قابلية الهواء على تبخير الماء لكونها لا تخضع إلا للظروف المناخية. لذا ظهرت مصطلحات أخرى كمصطلح التبخر والنتح الكامنين المقاسين Measured ETP ويمثل التبخر والنتح الأعلى ETM بالنسبة لحشائش قصيرة سليمة ذات طول متساوٍ تغطي التربة بأكملها وتكون رطوبة التربة عند السعة الحقلية، ومصطلح التبخر والنتح الكامنين المناخيين Climatic ETP ويستخرج باستعمال المعادلات المعتمدة على المعطيات المناخية، أما التبخر والنتح المرجع Etr or Eto (et Reference) وهو التبخر والنتح بالنسبة لنبات مأخوذ كأساس في طور نمو كامل لا يشكو من أمراض ذو علو متساوٍ يغطي التربة كلياً مع ظروف مائية متوفرة.

وهذه النباتات هي تتكون من الحشائش أو الجت لذا عرف دورنبوس وبرويت التبخر والنتح الأساس بقيمتهما لمساحةٍ ممتدة من نبات عشبي أخضر ذو علو متساو مقدر بـ8-15سم يغطي التربة بصورة كاملة ولا يشكو من قلة الماء. وبالتالي فان المعادلات المقدمة من قبل منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (FAO) تعطي كلها التبخر – نتح الأساس للحشائش. أما في الولايات المتحدة الأمريكية فأن جينسن سنة 1974 عرف ETr بالحد الأقصى للتبخر والنتح الذي يحصل تحت ظروف مناخية ينمو فيها نبات يتمتع بوفرة الماء ارتفاعه 12-18 أنج، وقد أصبح ETr المصطلح الأكثر استعمالاً بالنسبة لباقي المصطلحات[1].

---

(1) أبو بكر الصافي، الاحتياجات المائية للنباتات في المملكة المغربية، مجلة الاحتياجات المائية للمحاصيل والأشجار في المناطق البيئية العربية المختلفة، مطبعة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، الأمانة العامة، بغداد، 1988، ص206-209.



Scanned by CamScanner

## العوامل المؤثرة على التبخر والنتح :

يتأثر التبخر والنتح بعوامل عدة منها ما يتعلق بالمناخ وعناصره المختلفة ومنها ما يعود إلى عوامل التربة والسطح والمياه، كما إنّ منها ما يتعلق بعامل النبات والآخر يعود إلى العامل البشري، لذا سيتم التطرق لها على النحو الآتي :

### أولاً : العامل المناخي :

ويشمل عناصر المناخ المختلفة وهي كالآتي :

1. **الإشعاع الشمسي** : تزداد عملية التبخر / نتح بزيادة كمية الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض، كما تزداد مع كبر زاوية السقوط، وطول النهار والعكس صحيح. (وأن للكثافة الضوئية تأثير مهم على فتح ثغور النبات وبالتالي فهي تؤدي إلى زيادة النتح من النبات[1]).
2. **درجة الحرارة** : هنالك علاقة طردية بين ارتفاع درجة الحرارة وزيادة التبخر / نتح، حتى إذا ما وصلت درجة الحرارة حداً معيناً تطلب ذلك تعويض ما يفقد بهذه العملية عن طريق الري وتحديداً في المناطق الجافة وشبه الجافة. والتي قد تصل حالة النبات إلى مرحلة الذبول، وقد تؤدي إلى موته.
3. **سرعة واتجاه الرياح** : تعمل الرياح السريعة على إزاحة الهواء الرطب وجلبها هواء جاف يحل محله، وذلك اعتماداً على الجهة التي تهب منها الرياح. فالرياح القادمة من أماكن جافة تزيد من عملية التبخر / نتح لحملها صفة الجفاف معها، بعكس الرياح القادمة من المناطق الرطبة التي تحمل معها صفة الرطوبة والتي تؤدي إلى التقليل من عملية التبخر / نتح .

---

(1) عبد المحسن حسن النادي، متطلبات المحاصيل الحقلية من الري في السودان، مجلة الاحتياجات المائية للمحاصيل والأشجار في المناطق البيئية العربية المختلفة، مطبعة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، الأمانة العامة، بغداد، 1988، ص120 .



Scanned by CamScanner

وقد دلت الدراسات أن لسرعة الرياح تأثير على الكمية المفقودة بعملية التبخر / نتح وفقاً لطريقة الري، إذ وجد أن الفاقد من المياه بطريقة الري بالرش يصل في بعض الأحيان إلى 40٪ عندما تصل سرعة الرياح إلى 3 متر / الثانية، وتتراوح هذه النسبة ما بين 10-20٪ عندما تكون سرعة الرياح 1 - 2 متر / الثانية[1]

وقد وجد الباحثان العراقيان علاوي وعزوز أن الفقد من الماء بواسطة التبخر كان 3,9٪ عندما كانت سرعة الرياح 3,564 ميل (5,73 كيلو متر) في الساعة، وعند متوسط درجة حرارة مقداره 80,7°ف (27,0°م) في شهر حزيران، أما في شهر آب وعندما إرتفع متوسط درجة الحرارة الى 89,4°ف (31,9°م) وكانت سرعة الرياح السائدة قد انخفضت الى 2,383 ميل (3.82 كيلو متر) في الساعة كان الفقد في الماء بالتبخر نتيجة الري بالرش انخفض الى نحو 3,5٪[2]. وهذا يدل على أن لسرعة الرياح تأثير مهم على المفقود بالتبخر لا يقل عن تأثير درجات الحرارة، وكما أشار المثال أعلاه أنه رغم ارتفاع درجات الحرارة من شهر حزيران الى شهر آب فأن التبخر انخفض لانخفاض سرعة الرياح، لاسيما أن الرياح السائدة في فصل الصيف في العراق هي الرياح الشمالية الغربية الجافة .

1. **الرطوبة النسبية:** بزيادة الرطوبة النسبية في الجو يقل التبخر / نتح، لاسيما إذا وصلت حد الإشباع، إذ أن الهواء لا يستقبل جزيئات أخرى من بخار الماء لتشبعه. (وإذا لم يكن الهواء مشبعاً فأن جزيئات الماء تنتشر حتى يصبح حجم

---

(1) جمعة سيد جمعة، دراسة التوازن المائي تحت أنظمة الري والظروف البيئية المختلفة، مجلة تقويم طرق الري الحديثة وتطبيقاتها في الوطن العربي، مطبعة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، الرباط، المملكة المغربية، 1984، ص52.

(2) توفيق فهمي دميان، تطبيقات الري بالرش ومعداته في الوطن العربي، مجلة تقويم طرق الري الحديثة وتطبيقاتها في الوطن العربي، مطبعة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، الرباط، المملكة المغربية، 1984، ص96 .



Scanned by CamScanner

الهواء مشبعاً. وهذه العملية تستمر ما دام ضغط البخار في الهواء الحر أقل من ضغط الحجم المشبع على السطح) [1].

2. **الضغط الجوي** : بزيادة الضغط الجوي ينخفض التبخر / نتح، وذلك لثقل الهواء فوق السطح. إذ أن جزيئاته تكون متقاربة لا تسمح لجزيئات بخار الماء بالصعود إليه لعدم وجود الفراغ المناسب لها. في حين بانخفاض الضغط الجوي يزداد تخلل الغازات فيه لتمدده فيكون المجال مفسوحاً لمزيد من بخار الماء، لذا يزداد التبخر / نتح وفقاً لذلك.

3. **درجة حرارة التربة** : كلما زادت درجة حرارة التربة أدت إلى زيادة عملية الامتصاص، وبالتالي تزداد عملية النتح، حتى إذا ما ارتفعت إلى حدٍ معين فان عملية النتح تكون هدامة للنبات وقد تؤدي إلى موته. في حين تنخفض عملية النتح بانخفاض درجة الحرارة حتى إذا ما انخفضت إلى حدود معينة فانها تكون ذات تأثير سلبي على حياة النبات .

4. **ضغط بخار الماء** : إذا كان ضغط بخار الماء عالياً فأنه يؤدي إلى قلة عملية انتقال جزيئات الماء على شكل بخار إلى الهواء المحيط وبالتالي يقل التبخر / نتح، في حين إذا كان ضغط بخار الماء منخفضاً فأنه يؤدي إلى زيادة انتقال جزيئات بخار الماء إلى الهواء وبالتالي يزداد التبخر / نتح وفقاً لذلك.

## ثانياً : العوامل الأرضية :

تشمل عوامل عدة يمكن إيجازها على النحو الآتي :

1. **نوع السطح** : يتباين التبخر والنتح وفقاً لنوع السطح إذا كان مسطحاً مائياً، أو أرضاً جرداء، أو أرضاً عامرة بالنبات، ففي المسطحات المائية يزداد التبخر، وفي

---

(1) Albert Miller, Elements of Meteorology, Fourth edition, published by Charles E. Merrill Publishing Company and Howell Company, USA, 1983, P.98.



Scanned by CamScanner

الأرض الجرداء يقل التبخر، في حين يزداد النتح من الأرض المزروعة بالنبات.

2 مقدار رطوبة التربة : بزيادة رطوبة التربة يزداد التبخر / نتح، وبانخفاض رطوبة التربة يقل التبخر/ نتح، وهذا يتوقف على عوامل المناخ المذكورة سابقاً، إلا أنه ينبغي الانتباه هنا، أنه عند تغدق التربة وزيادة رطوبتها إلى أقصاها فإن عملية النتح من النبات تقل، في حين ترتفع معدلات التبخر من التربة.

إن هذه العملية غالباً ما تحدث بعد الأمطار الغزيرة أو الري الكثير، إذ تظهر على النبات أعراض الذبول، لأن غمر التربة بالماء يؤدي إلى انخفاض الأوكسجين وارتفاع تركيز ثاني أوكسيد الكاربون حول الجذور، كذلك فأن المواد والعناصر السامة كالكحول والمنغنيز والحديد يزيد تركيزها في منطقة الجذور بسبب الظروف اللاهوائية المختزلة، إذ تؤثر سيادة كل هذه العوامل على امتصاص الأيونات من قبل النبات وزيادة تركيز بعض المواد السامة داخله، إما نقص الأوكسجين فيقلل من فاعلية الشعيرات الجذرية في امتصاص الماء والعناصر الغذائية بسبب تأثير ذلك على عملية التنفس وعلى تحرير الطاقة المطلوبة للامتصاص، كذلك فأن التركيز العالي لثاني أوكسيد الكاربون يؤثر على نفاذية الغشاء النباتي وامتصاصه للماء، ونظراً لأن نقص الأوكسجين يحد من نمو الجذور فأن ذلك يقلل من المساحة السطحية التي يتم عن طريقها الامتصاص، زيادة على ذلك فأن الغمر قد يؤدي إلى خلق جيوب هوائية حول الجذور مما يقلل من تماس الجذور بالتربة وبالتالي يقل امتصاص الماء فتقل تبعاً لذلك عملية النتح لدى النبات[1].

3. نوع التربة : تعتمد نوعية التربة على نسجتها، وبنيتها، ومساميتها، ومقدار نفاذيتها، ولونها. فالترب الرملية وبسبب صفاتها التي تمتاز بها من نسجة خشنة

---

(1) جمعة سيد جمعة، الظروف البيئية وأثرها على الاستهلاك المائي للنبات، مصدر سابق، ص90.



Scanned by CamScanner

ومسامية ذات حجم كبير, ونفاذية كبيرة، يزداد فيها التبخر / نتح ويكون أكثر مما في التربة ذات النسجة الناعمة والمسامية الصغيرة الحجم, والنفاذية الأقل كالترب الطينية والصلصالية. لذا فأن الترب المفككة البنية تكون نسبة التبخر / نتح منها أكثر من الترب ذات البنية المتراصة. كما أن للون التربة تأثير مهم في مقدار المعكوس والممتص من الإشعاع الشمسي وحصول الطاقة الحرارية, إذ ان الترب الفاتحة اللون تعكس من الإشعاع أكثر من الترب الغامقة، بينما الترب الغامقة تمتص من الإشعاع أكثر من الترب الفاتحة اللون, ولهذا دوره في ارتفاع حرارة الترب الغامقة بأكثر من الترب الفاتحة, مما يؤدي الى زيادة التبخر / نتح من الترب الغامقة، وقلته في الترب الفاتحة اللون، ويعود الاختلاف في اللون طبقاً لما تحتويه الترب من مواد معدنية أو عضوية .

4. **عمق الماء الأرضي** : كلما كان الماء الأرضي قريباً من المجموعة الجذرية للنبات كلما كان التبخر / النتح أكثر من الماء الأرضي البعيد عن متناول جذور النبات شرط أن لا يؤدي إلى تغدق التربة التي يزداد فيها التبخر فقط.

5. **الخاصية الشعرية**: تتوقف الخاصية الشعرية على نوعية التربة، وعمق ماءها، إذ يزداد التبخر/ نتح في الترب ذات الخاصية الشعرية الجيدة، في حين ينخفض التبخر/ نتح في الترب ذات الخاصية الشعرية الرديئة.

6. **اتجاه المنحدر**: إن لمنحدر سطح الأرض دوراً في عملية التبخر/ نتح، فكلما كانت درجة الانحدار كبيرة، كلما كانت عملية التبخر/ نتح أقل والعكس صحيح. لأن الانحدار الكبير يعمل على تصريف رطوبة التربة إلى أسفل المنحدرات وحرمان السفوح منها. كما أن لجهة المنحدر ومقدار تعرضه للإشعاع الشمسي، وحركة الرياح دوراً في التأثير على التبخر/ نتح، إذ يزداد التبخر/ نتح في السفوح المواجهة للإشعاع الشمسي أكثر من السفوح البعيدة عن مواجهة الإشعاع



Scanned by CamScanner

الشمسي. فضلاً عن ذلك أن السفوح المواجهة للرياح تكون عملية التبخر/ نتح فيها اكثر من السفوح غير المواجهة لها لأن الرياح تزيح الطبقة الرطبة فتعمل على تنشيط عملية التبخر/ نتح. كما أن الرياح الرطبة تؤدي إلى سقوط الأمطار على السفوح المواجهة لها فتزيد من رطوبتها، وبزيادة رطوبتها يزداد التبخر/ نتح.

7. **عمق مياه المسطحات المائية:** كلما كان المسطح المائي عميق قل التبخر مقارنة بالمسطحات المائية القليلة العمق او الضحلة، لان سطح الماء يتأثر بدرجات الحرارة, فسطح الماء في المسطحات المائية العميقة يتأثر بارتفاع درجات الحرارة لكن اعماق المسطح تكون بعيدة عنها، وهذا ما يجعل تيارات الحمل تقوم بنقل الحرارة الى اعماق المسطحات المائية لتسخين الطبقات السفلى من المياه، وبسبب العمق الكبير يكون التسخين بطيء، حيث ستتوزع الحرارة عموديا، وهذا يجعل التبخر من هذه المسطحات المائية اقل من المسطحات المائية ذات العمق المحدود، او الضحلة، التي تتأثر بارتفاع درجة حرارة الهواء بصورة واضحة، لذا يكون التبخر اكثر من المسطحات المائية العميقة، اذا ما اخذ في الحسبان نفس كمية المياه في كلا النوعين.

8. **عكورة الماء :** كلما كان ماء الري عكراً كاحتوائه على ذرات الغرين، والأملاح، فأن التبخر / نتح يقل وذلك لأن هذه الذرات تعمل على عكس الإشعاع الشمسي وقلة الممتص منه فتقل بذلك درجات الحرارة التي تؤثر في انخفاض التبخر / نتح .



Scanned by CamScanner

**ثالثاً : العامل النباتي :**

يمكن إيجاز العامل النباتي على النحو الآتي :

1. اختلاف حجم وعدد الثغور التنفسية في النباتات : إذ كلما كانت الثغور أكبر وذات عدد أكثر، كلما كان التبخر / نتح أكثر من النبات .
2. حجم وسطح الورقة النباتية : إذ أن الأوراق الكبيرة تفقد بالنتح أكثر مما تفقده الأوراق الصغيرة، كما في أوراق شجرة الموز ذات الأوراق الكبيرة وشجرة الزيتون ذات الأوراق الصغيرة.
3. مدى احتواء النبات على بعض المواد الشمعية أو الشوكية للحيلولة دون فقدان كميات أكبر خلال النتح، كما في نبات الزيتون والنخيل الذي يغطي أوراقه بمادة شمعية لتقليل المفقود بالنتح .
4. مدى طراوة أغصان وجذوع النباتات المزروعة : إذ أن الأغصان والجذوع الطرية تفقد بالنتح كميات من المياه أكثر من الجذوع والأغصان الغليظة .
5. حجم المجموعة الجذرية : كلما كانت المجموعة الجذرية أكثر كلما كان امتصاص الماء أكبر، وبالتالي المفقود بالنتح أكثر، والعكس صحيح .
6. كثافة النبات : تقل الكميات المفقودة بالنتح مع وجود النبات بكثافة عالية، لأن الهواء يصل حد الإشباع بسرعة اكبر في حين يزداد النتح من النباتات التي توجد بصورة قليلة ومبعثرة لأن الهواء يحتاج إلى المزيد من بخار الماء ليصل إلى حد التشبع.
7. عمق الجذور : مع زيادة عمق الجذور يزداد التبخر/ نتح، وذلك لأن النباتات تحاول مد جذورها نحو الأعماق للوصول إلى الماء الأرضي والاستفادة منه، وهذا يتوقف على نوع النبات ونوع التربة.
8. سرعة نمو الجذور: أن الجذور السريعة النمو تؤدي إلى امتصاص كمية أكبر من



Scanned by CamScanner

المياه من الجذور البطيئة النمو، وبالتالي فأن المفقود بالتتح يكون أكثر.

9. المقنن المائي لكل محصول أو نبات، أن المحاصيل ذات المقنن العالي كالرز والبصل اليابس والفلفل والطماطة تفقد بالتبخر/ نتح مقداراً أكبر من المحاصيل ذات المقنن المائي القليل كالشعير والباقلاء والقرنابيط واللهانة.

10. حجم النبات: إن النبات ذا الحجم الكبير يفقد من الماء بالتبخر / نتح أكثر من النبات ذا الحجم الصغير، إلا إنه ينبغي ملاحظة إن النبات الصغير يحتاج إلى المياه أكثر وذلك لأن النبات الصغير تمتد جذوره لعمق محدود فيحتاج إلى ترطيب التربة السطحية بفترات متقاربة، بينما تمتد جذور النباتات الأكبر حجماً إلى عمق أكثر لذا يمكن أن تستفيد من الماء الأرضي بصورة أفضل سواء بالوصول إليه أو عن طريق الخاصية الشعرية. وهذا يتوقف بطبيعة الحال على نوع النبات المزروع.

11. موسم الزراعة : تفقد النباتات والمحاصيل المزروعة صيفاً، أو في الفصل الدافئ من السنة من التبخر / نتح كمية أكبر من النباتات والمحاصيل المزروعة شتاءً، أو في الفصل البارد من السنة، وذلك لأن المحاصيل الأولى تحتاج إلى كمية أكبر من المياه كمحصول الرز والقطن والخضروات الصيفية، في حين تحتاج المحاصيل الثانية إلى كمية من المياه أقل كمحصول الشعير والسبانغ والخس وكثير من الخضروات الشتوية، وهذا يتوقف على عناصر المناخ المختلفة ونوع النبات والمحصول الزراعي.

12. الطور أو المرحلة التي يمر فيها النبات : يختلف ما يفقده النبات المزروع بالتبخر/ نتح وفقاً للطور الذي يمر به النبات، فطور نمو البادرات يختلف عن طور نمو الأوراق والأغصان وهذا يختلف عن طور الأزهار، كما يختلف كلٍ منها عن طور النضج، ويختلف طور السبات عن الأطوار السابقة، فبينما يزداد التبخر/ نتح في طور النمو مثلاً فأنه يقل في طور النضج لبعض المحاصيل كالرز، كما ينخفض في طور السبات كما في أشجار الفاكهة النفضية.



Scanned by CamScanner

**رابعاً : العامل البشري :**

لا يقل العامل البشري في تأثيره على مقدار المفقود بعملية التبخر / نتح عن العوامل السابقة، ويمكن توضيح هذا العامل عن طريق ما يأتي :

1. طريقة الري : يتأثر التبخر / نتح بطريقة الري المستخدمة فهو يصل أقصاه في الطرائق التقليدية القديمة كالري بالغمر وري المروز عن طريق استخدام الري السيحي أو الري بالواسطة، في حين يقل في طرق الري الحديثة كالري بالتنقيط أو الري بالرش.
2. وعي الفلاح وثقافته: لا تزال الفكرة السائدة لدى بعض الفلاحين هو أنه بزيادة الري والمياه المعطاة للنبات يزداد النمو والإنتاج، وهي فكرة خاطئة لأن كثرة المياه عن حاجة النبات قد تسبب تغدق التربة، كما ان قابلية الارض الإنتاجية تتدهور عن طريق تبخر هذه المياه الكثيرة تاركة أملاحها على سطح التربة. او قد تسبب زيادة المياه الجوفية لاسيما في الأراضي ذات الانحدار القليل او المستوية السطح، والتي لا توجد فيها المبازل المناسبة لتصريف المياه الزائدة.
3. استخدام الأسمدة العضوية: أن استخدام الأسمدة العضوية في الزراعة يحافظ على رطوبة التربة من الفقدان لفترة أطول من الأراضي التي لا تستخدم فيها مثل هذه الأسمدة عند زراعتها، أو تقوم باستخدام الأسمدة الكيمياوية عوضاً عنها .
4. استخدام البيوت الزجاجية أو البلاستيكية : باستخدام هذه الوسائل الحديثة فأن التبخر / نتح الذي يحصل للنباتات المزروعة في هذه البيوت الزجاجية يقل، لأنها تمنع انتشار ذرات البخار خارج هذه البيوت، لذا فأن هواءها يصل حد التشبع بسرعة فائقة .
5. استخدام الأسيجة النباتية: أن استخدام الأسيجة النباتية يخفف من شدة الإشعاع



Scanned by CamScanner

الشمس ويلطف من درجة الحرارة ويقلل من تأثير سرعة الرياح، وتزيد من الرطوبة النسبية، ولهذا دوره في تقليل التبخر / نتح من الأرض المزروعة مقارنة بالأراضي التي لا تستخدم فيها مثل هذه الأسيجة النباتية. لذا يلجأ المزارعون في وسط وجنوب العراق إلى زراعة بساتينهم ومحاصيلهم لاسيما من الخضراوات تحت أشجار النخيل للاستفادة منها بدل الأسيجة النباتية.

6. زراعة بعض الأصناف المتطورة التي لا تتطلب مياها كثيرة، كما تكون لها القدرة على مقاومة الظروف المتطرفة في عناصر المناخ، والتي يكون المفقود منها بدرجة أقل.

7. تحسين صفات التربة: كما ذكرنا في العوامل الأرضية أن هناك ترب يكون فيها المفقود بالتبخر / نتح أكثر من غيرها كالترب الرملية، في حين يقل في ترب أخرى إلى مستوى متدني كالترب الصلصالية والطينية، إذ رغم عدد مساماتها الكثيرة فأن صغر هذه المسامات، ووجود قوة التجاذب الكبيرة بين جزيئات الماء تجعل المفقود منها قليل جداً، بينما تعد الترب المزيجية نوعاً وسطاً بين الصنفين المذكورين، إذ أنها تسمح بفقدان كميات معتدلة بالتبخر النتح مقارنة بالترب الرملية، كما تمنع تغدق التربة التي تحدث في الترب الصلصالية والطينية.

## استخدام المعادلات التجريبية في قياس التبخر / نتح :

من الواجب دراسة هذين العاملين معاً لارتباطهما الوثيق بالنسبة للنبات ويمكن أن يقدر هذا العامل عن طريق التجربة مع تتبع وزن خزانات تحوي التربة والنبات، إلا أن هذا يستغرق وقتاً طويلاً وإشرافاً فنياً عالياً ودقيقاً زيادة على كثرة التكاليف مع ما يتطلبه من دقة في النتائج تكون عادة غير مقبولة عند المقارنة مع المساحات المزروعة من الأرض الطبيعية من 10٪ - 40 ٪. لذلك أجريت كثير من



Scanned by CamScanner

الدراسات والأبحاث لتقييم هذين العاملين معاً عن طريق معادلات تهدف إلى الربط بين المعلومات المناخية المتوفرة والمؤثرة على كمية التبخر / نتح المقاسة[1].

من هذه المعادلات :

**1- معادلة بليني – كريدل Blaney and Criddle :**

تكتب معادلة بليني – كريدل بالصيغة الرياضية التالية[2] :

$$u = 25.4 \quad KF$$

إذ أن :

u = الاستهلاك المائي[*] للمحصول بالملم لفترة محددة من الزمن .

K = معامل استهلاك المحصول للماء الذي يحصل عليه من التجارب الحقلية (جدول 17) .

F = مجموع عوامل استهلاك الماء للفترة المحددة وتحسب من المعادلة الآتية :

$$F = \frac{tp}{100}$$

إذ أن :

t = معدل درجة الحرارة بالفهرنهايت .

P = معدل النسب اليومية لساعات النهار السنوية،( جدول 18) .

---

(1) سالم لعور، المقننات المائية للمزروعات في دول المغرب العربي، مجلة الاحتياجات المائية للمحاصيل والأشجار في المناطق البيئية العربية المختلفة، مطبعة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، الأمانة العامة، بغداد، 1988، ص164 .

(2) غازي مجيد الكواز، مصدر سابق، ص41 .

(*) يقصد بالاستهلاك المائي للمحصول مجموع عمق الماء الذي يفقده النبات بواسطة النتح والتبخر من سطح التربة والماء ومن سطوح أوراق النباتات فضلاً عن الماء المستهلك في بناء أنسجة النبات.



Scanned by CamScanner

جدول (17)قيم معامل المحصول الزراعية (K)

الفصلية لمعادلة بليني - كريدل

| المحصول | معامل المحصول الفصلي | المحصول | معامل المحصول الفصلي |
|---|---|---|---|
| القطن | 0.79 | الأعناب | 0.70 |
| الكتان | 0.78 | الحمضيات | 0.53 |
| البنجر السكري | 0.77 | اللهانة | 0.72 |
| العصفر | 1.21 | القرنابيط | 0.78 |
| فول الصويا | 0.68 | الخس | 0.50 |
| الخروع | 0.84 | البصل الجاف | 0.80 |
| الجت | 1.20 | البصل الأخضر | 0.88 |
| الشعير | 1.09 | البطاطا | 1.01 |
| الحنطة | 0.99 | البطيخ | 0.74 |
| الذرة | 0.90 | السبانغ | 0.84 |

المصدر : غازي مجيد الكواز، المقنن المائي وحساباته، مجلة الاحتياجات المائية للمحاصيل والأشجار في المناطق البيئية العربية المختلفة، مطبقة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، الأمانة العامة، بغداد، 1988، ص42 .



Scanned by CamScanner

جدول (18)معدل النسب اليومية لساعات النهار السنوية لمختلف دوائر العرض في نصفي الأرض الشمالي والجنوبي

| دائرة العرض (°) | النصف الشمالي | 2ك | شباط | آذار | نيسان | ت1 | مث2 | مايس | حزيران | 1ك | النصف الجنوبي |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | النصف الجنوبي | تموز | آب | أيلول | ت1 | مث2 | مايس | نيسان | آذار | شباط | 2ك |
| 60 | 0.15 | 0.20 | 0.26 | 0.32 | 0.38 | 0.41 | 0.40 | 0.34 | 0.28 | 0.22 | 0.17 |
| 58 | 0.16 | 0.21 | 0.26 | 0.32 | 0.37 | 0.40 | 0.39 | 0.34 | 0.28 | 0.23 | 0.18 |
| 56 | 0.17 | 0.21 | 0.26 | 0.32 | 0.36 | 0.39 | 0.38 | 0.33 | 0.28 | 0.23 | 0.18 |
| 54 | 0.18 | 0.22 | 0.26 | 0.31 | 0.36 | 0.38 | 0.37 | 0.33 | 0.28 | 0.23 | 0.19 |
| 52 | 0.19 | 0.22 | 0.27 | 0.31 | 0.35 | 0.37 | 0.36 | 0.33 | 0.28 | 0.24 | 0.20 |
| 50 | 0.19 | 0.23 | 0.27 | 0.31 | 0.34 | 0.36 | 0.35 | 0.32 | 0.28 | 0.24 | 0.21 |
| 48 | 0.20 | 0.23 | 0.27 | 0.30 | 0.34 | 0.35 | 0.34 | 0.32 | 0.28 | 0.24 | 0.21 |
| 46 | 0.20 | 0.23 | 0.27 | 0.30 | 0.33 | 0.35 | 0.34 | 0.32 | 0.28 | 0.25 | 0.22 |
| 44 | 0.21 | 0.24 | 0.27 | 0.30 | 0.33 | 0.34 | 0.33 | 0.31 | 0.28 | 0.25 | 0.22 |
| 42 | 0.21 | 0.24 | 0.27 | 0.30 | 0.32 | 0.34 | 0.33 | 0.31 | 0.28 | 0.25 | 0.23 |
| 40 | 0.22 | 0.24 | 0.27 | 0.30 | 0.32 | 0.33 | 0.32 | 0.31 | 0.28 | 0.25 | 0.23 |
| 35 | 0.23 | 0.25 | 0.27 | 0.29 | 0.31 | 0.32 | 0.31 | 0.30 | 0.28 | 0.26 | 0.24 |
| 30 | 0.24 | 0.25 | 0.27 | 0.29 | 0.31 | 0.32 | 0.31 | 0.30 | 0.28 | 0.26 | 0.24 |
| 25 | 0.24 | 0.26 | 0.27 | 0.29 | 0.30 | 0.31 | 0.31 | 0.30 | 0.28 | 0.26 | 0.25 |
| 20 | 0.25 | 0.26 | 0.27 | 0.28 | 0.29 | 0.30 | 0.30 | 0.29 | 0.28 | 0.26 | 0.25 |
| 15 | 0.26 | 0.26 | 0.27 | 0.28 | 0.28 | 0.29 | 0.29 | 0.28 | 0.28 | 0.27 | 0.25 |
| 10 | 0.26 | 0.27 | 0.27 | 0.28 | 0.28 | 0.29 | 0.29 | 0.28 | 0.28 | 0.27 | 0.26 |
| 5 | 0.27 | 0.27 | 0.27 | 0.28 | 0.28 | 0.28 | 0.28 | 0.28 | 0.28 | 0.27 | 0.27 |
| 0 | 0.27 | 0.27 | 0.27 | 0.27 | 0.27 | 0.27 | 0.27 | 0.27 | 0.27 | 0.27 | 0.27 |

المصدر : *J. Doorenbos and W. O. Pruitt, guidelines for Predicting Crop Water requirement, FAO Irrigation and Drainage Paper. No. 24, Rome, 1977, P.6.*



Scanned by CamScanner

مثال : اوجد الاستهلاك المائي الفصلي لمحصول الحنطة (التبخر / النتح الكامن) بواسطة معادلة بلينى – كريدل. إذا كان معامل استهلاك المحصول الفصلي لحو 0.99، ومعدل درجة الحرارة الفصلي في محطة بغداد لحو F° 58 ، وقيمةp(*) تساوي 45 .

الجواب:

$$u = 25.4\,KF \qquad = 25.4*0.99*\frac{58*45}{100}$$

$$=656.311\ mm$$

لتحديد الاستهلاك المائي للمحصول يتوجب إضافة كمية أخرى من الماء كضائعات في الحقل وضائعات لنقل الماء وعليه تكون المتطلبات المائية للمزروعات بصورة عامة كالآتي[1]:

المتطلبات المائية للمزروعات الشتوية = الاستهلاك المائي الفصلي + 58 ٪ منه للضائعات المائية، لحو 33٪ ضائعات حقلية و 25٪ضائعات نقل.

المتطلبات المائية للمزروعات الصيفية = الاستهلاك المائي الفصلي + 70٪ منه للضائعات المائية لحو 40٪ ضائعات حقلية و30٪ ضائعات نقل .

وفي مثالنا السابق عن الحنطة، ولكونه يعد من المحاصيل الشتوية فأن المتطلبات المائية له تكون .

$$=656.311\frac{58}{100}$$

$$=380.66\ mm$$

ثم نجمع القيمة المستخرجة مع الاستهلاك المائي الفصلي على النحو الآتي لاستخراج المتطلبات المائية لمحصول الحنطة :

$$380.66 + 656.311 = 1036.97mm$$

---

(*) أستخرجت قيمة أ من جدول (18) لمدة ستة أشهر التي تمثل فصل نمو المحصول .

(1) غازي مجيد الكواز، مصدر سابق، ص45 .



Scanned by CamScanner

وفي حالة أيجاد التبخر / النتح بدون استخدام معامل المحصول فان معادلة بليني – كريدل تكتب بالصيغة التالية، بعد أن اشتقت هذه المعادلة من ظروف مناخية جافة وقارية في الولايات المتحدة الأمريكية تشبه إلى حدٍ ما مناخ القطر العراقي وهي على الصورة الآتية[1]:

$$E_o = K\,P\,(0.46C+8.13)$$

$E_o$ = التبخر / النتح بالملم.

K = معامل تصحيح يستخرج من المعادلة الآتية: $K = (0.0311C+0.24)$

P = النسبة المئوية لمجموع ساعات النهار لأيام الشهر كلها من مجموع ساعات النهار للسنة الكاملة وتؤخذ من جدول (18).

C = معدل درجة الحرارة الشهرية بالمئوي.

مثال : استخرج معدل التبخر / النتح بالملم لمحطة كركوك في شهر آذار الواقعة على دائرة عرض 35,28°، علماً أن معدل درجة حرارة هذا الشهر تبلغ نحو 14.5 $^{0}C$.

الجواب :

أ- نستخرج قيمة K على النحو الاتي : $K = (0.0311*14.5+0.24)$

$= 0.691$

ب-نستخرج قيمة P على النحو الآتي : $P = 0.27*31$

$=8.37$

ج- نطبق المعادلة الرئيسية لاستخراج التبخر / نتح بالملم :

$E_o = KP\,(0.46C + 8.13)$

$= 0.691 * 8.37\,(0.46 * 14.5 + 8.13)$

$= 5.784\,(14.8)$

$\approx 85.6$ mm

---

(1) فاضل الحسيني ومهدي الصحاف، أساسيات علم المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص89.



Scanned by CamScanner

2- معادلة كوتاجن Coutagne :

اعتمد كوتاجن سنة 1942 على المعدل السنوي للحرارة (t) في استخراج التبخر في أواسط افريقيا كما في المعادلتين التاليتين[1] :

$V = 50.4\ t$

$V = 210 + 30\ t$

مثال : إذا كان المعدل السنوي لدرجة الحرارة نحو $25^0C$ في محطة البصرة فما مقدار التبخر وفقاً لمعادلتي كوتاجن :

الجواب:

المعادلة الأولى: $V = 50.4 * 25$

$=1260mm$

المعادلة الثانية : $V = 210 + 30 * 25$

$=960mm$

فضلاً عن ذلك يمكن استخدام المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة لاستخراج التبخر في كل شهر على إنفراد.

إن المعادلتين السابقتين أجريت في الأراضي السهلية أما في المناطق المرتفعة فأضاف كوتاجن الضغط الجوي (B) مقاساً بالملم / زئبق لذا أصبحت المعادلة تكتب بالصيغة الآتية[2] :

$$V = (210 + 30t)\frac{760}{B}$$

مثال : إذا كان معدل درجة حرارة شهر كانون الثاني في محطة سنجار نحو $6.3^0C$، ومقدار الضغط الجوي نحو 1020.5 ملليبار للشهر نفسه فما مقدار التبخر لهذا الشهر في المحطة نفسها .

الجواب :

---

(1) صادق جعفر الصراف، مصدر سابق، ص156 .

(2) المصدر نفسه، ص157.



Scanned by CamScanner

أولاً نقوم بتحويل الضغط الجوي بالمليبار إلى الميلمترات لأن المعادلة تعتمد على الضغط الجوي بالمليمترات، إذ أن الملم = 1.33 ملليبار، لذا يكون مقدار الضغط الجوي على النحو الآتي:

$$B = 1020.5 \div 1.33$$
$$= 767.29$$

والآن نطبق المعادلة بالشكل الآتي :

$$V = (210 + 30t)\frac{760}{B}$$

$$= (210 + 30 * 6.3)\frac{760}{767.29}$$
$$= 395.21mm$$

### 3- معادلة أيفانوف Evanove :

تعتمد معادلة العالم الروسي أيفانوف على معدل درجة الحرارة، ومقدار الرطوبة النسبية في استخراج التبخر وهي تكتب بالصيغة الآتية[1]:

$$E_o = 0.0018\ (t + 25)^2\ (100-a)$$

إذ أنّ :

$E_o$ = مقدار التبخر (ملم) .

t = معدل درجة الحرارة الشهري أو السنوي بالدرجة المئوية.

a = معدل الرطوبة النسبية.

مثال : ما مقدار التبخر (ملم) في محطة ربيعة لشهر نيسان، إذا كان معدل درجة حرارته نحو $16.1^0C$، وكان معدل رطوبته النسبية نحو 67.1%، وفقاً لمعادلة أيفانوف :

---

(1) عادل سعيد الراوي وقصي عبد المجيد السامرائي، المناخ التطبيقي، دار الحكمة، الموصل، 1990، ص105 .



Scanned by CamScanner

الجواب

$$E_o = 0.0018\,(10.25)^2\,(100-a)$$
$$0.0018(16.1+25)^2(100-67.1)$$
$$= 100.035$$

٩- معادلة ثورنثويت Thornthwaite Equation :

اعتمد ثورنثويت على الحرارة كأساس لحساب قيمة التبخر، فهو يرى أن جميع العناصر الأخرى التي تؤثر على التبخر ترتبط بطريقة أو أخرى بارتفاع وانخفاض درجة الحرارة وكمية الإشعاع الشمسي، ولأن هذه العناصر تقاس بصورة مستمرة وفي جميع محطات الرصد، لذلك أصبح من السهولة استخدامها لحساب قيمة التبخر، ولإيجاد المعادلة التي تحسب التبخر قام ثورنثويت بتجارب حقلية واسعة، ثم دمج بين التبخر من سطح التربة والتبخر من على سطح أوراق النباتات، لذا استخدم مصطلح التبخر/ النتح Evapotranspiration، ولتحديده استخدام ثورنثويت المعادلة ذات الصيغة الآتية[1]:

$$E = 16\,(\frac{10\,T}{I})^{a}$$

إذ أنّ :

E = التبخر / النتح الشهري مقاساً بالملم .

T = معدل درجة الحرارة الشهرية ( °م) .

I = معامل الحرارة ويحسب من معادلة Σi .

$$i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1.514}$$

---

(1) نصي عبد المجيد السامرائي وعبد مخور نجم الريحاني، جغرافية الأراضي الجافة، مطابع دار الحكمة، بغداد، 1990، ص80 .



Scanned by CamScanner

a = قيمة ثابتة تحسب من تطبيق المعادلة الآتية:

$$a = 6.75*10^{-7} I^3 - 7.71*10^{-5} I^2 + 1.792*10^{-2} I + 0.49239$$

ولتعديل قيمة E المستخرجة بالنسبة إلى كمية الإشعاع الشمسي وضع ثورنثويت معادلة أخرى مكملة للمعادلة السابقة، وفقاً لدائرة عرض المحطة المناخية المقاسة، إذ يتم ضرب قيمة E المستخرجة بنسبة الإشعاع الشمسي لكل شهر وعلى الصيغة المعدّلة الآتية:

(المستخرجة) E = N*E (المعدلة)

إذ أنّ :

N = نسبة الإشعاع الشمسي الذي يستخرج من جدول (19) .

Scanned by CamScanner

جدول (19) قيمة (N) التي تمثل متوسط زمن شروق الشمس المحتملة حسب الأشهر ودائر العرض في نصف الكرة الشمالي

| ن | ل | ك | ي | ط | ح | د | ب | ا | ه | و | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.04 | 1.01 | 1.04 | 1.01 | 1.04 | 1.04 | 1.01 | 1.04 | 1.01 | 1.04 | 0.94 | 1.04 | |
| 1.02 | 0.99 | 1.03 | 1.01 | 1.05 | 1.06 | 1.03 | 1.06 | 1.02 | 1.03 | 0.93 | 1.04 | |
| 0.99 | 0.98 | 1.02 | 1.02 | 1.07 | 1.08 | 1.06 | 1.08 | 1.03 | 1.03 | 0.91 | 1.0 | |
| 0.97 | 0.95 | 1.01 | 1.02 | 1.08 | 1.12 | 1.08 | 1.11 | 1.04 | 1.03 | 0.91 | 0.97 | |
| 0.94 | 0.93 | 1 | 1.02 | 1.11 | 1.14 | 1.11 | 1.12 | 1.05 | 1.03 | 0.90 | 0.95 | |
| 0.91 | 0.91 | 0.99 | 1.02 | 1.12 | 1.17 | 1.14 | 1.15 | 1.06 | 1.03 | 0.89 | 0.93 | |
| 0.91 | 0.91 | 0.99 | 1.02 | 1.12 | 1.17 | 1.15 | 1.15 | 1.06 | 1.03 | 0.88 | 0.92 | |
| 0.90 | 0.90 | 0.99 | 1.02 | 1.13 | 1.18 | 1.15 | 1.16 | 1.07 | 1.03 | 0.88 | 0.92 | |
| 0.90 | 0.90 | 0.98 | 1.02 | 1.13 | 1.18 | 1.16 | 1.16 | 1.07 | 1.03 | 0.88 | 0.91 | |
| 0.89 | 0.90 | 0.98 | 1.03 | 1.13 | 1.19 | 1.16 | 1.17 | 1.07 | 1.03 | 0.87 | 0.91 | |
| 0.88 | 0.89 | 0.98 | 1.03 | 1.14 | 1.20 | 1.17 | 1.18 | 1.08 | 1.03 | 0.87 | 0.90 | |
| 0.88 | 0.89 | 0.98 | 1.03 | 1.14 | 1.20 | 1.18 | 1.18 | 1.08 | 1.03 | 0.87 | 0.90 | |
| 0.87 | 0.88 | 0.98 | 1.03 | 1.15 | 1.21 | 1.19 | 1.19 | 1.08 | 1.03 | 0.86 | 0.89 | |
| 0.86 | 0.88 | 0.97 | 1.03 | 1.15 | 1.22 | 1.20 | 1.19 | 1.09 | 1.03 | 0.86 | 0.88 | |
| 0.86 | 0.87 | 0.97 | 1.03 | 1.16 | 1.22 | 1.20 | 1.20 | 1.09 | 1.03 | 0.85 | 0.88 | |
| 0.85 | 0.86 | 0.97 | 1.03 | 1.16 | 1.23 | 1.21 | 1.21 | 1.09 | 1.03 | 0.85 | 0.87 | |
| 0.84 | 0.86 | 0.97 | 1.03 | 1.16 | 1.24 | 1.22 | 1.21 | 1.10 | 1.03 | 0.85 | 0.87 | |
| 0.83 | 0.85 | 0.97 | 1.03 | 1.17 | 1.25 | 1.23 | 1.22 | 1.10 | 1.03 | 0.84 | 0.86 | |
| 0.83 | 0.84 | 0.96 | 1.04 | 1.17 | 1.25 | 1.24 | 1.23 | 1.10 | 1.03 | 0.84 | 0.85 | |
| 0.82 | 0.84 | 0.96 | 1.04 | 1.18 | 1.26 | 1.24 | 1.23 | 1.11 | 1.03 | 0.84 | 0.85 | |
| 0.81 | 0.83 | 0.96 | 1.04 | 1.18 | 1.27 | 1.25 | 1.24 | 1.11 | 1.03 | 0.83 | 0.84 | |
| 0.80 | 0.82 | 0.96 | 1.04 | 1.19 | 1.27 | 1.26 | 1.25 | 1.11 | 1.03 | 0.83 | 0.83 | |
| 0.79 | 0.82 | 0.95 | 1.04 | 1.19 | 1.28 | 1.27 | 1.26 | 1.12 | 1.03 | 0.83 | 0.82 | |
| 0.77 | 0.81 | 0.95 | 1.04 | 1.20 | 1.29 | 1.28 | 1.26 | 1.12 | 1.02 | 0.82 | 0.81 | |
| 0.76 | 0.80 | 0.95 | 1.04 | 1.20 | 1.30 | 1.29 | 1.27 | 1.13 | 1.02 | 0.82 | 0.81 | |
| 0.75 | 0.79 | 0.94 | 1.04 | 1.21 | 1.31 | 1.29 | 1.28 | 1.13 | 1.02 | 0.81 | 0.80 | |
| 0.74 | 0.79 | 0.94 | 1.04 | 1.22 | 1.32 | 1.31 | 1.29 | 1.13 | 1.02 | 0.81 | 0.79 | |
| 0.73 | 0.78 | 0.93 | 1.04 | 1.22 | 1.33 | 1.32 | 1.30 | 1.14 | 1.02 | 0.80 | 0.77 | |
| 0.72 | 0.77 | 0.93 | 1.05 | 1.23 | 1.34 | 1.33 | 1.31 | 1.14 | 1.02 | 0.80 | 0.76 | |



Scanned by CamScanner

المصدر : قصي عبد المجيد السامرائي وعبد منور نجم الربيعاني، جغرافية الأراضي الجافة، دار الحكمة، بغداد، 1990، ص351-352 .

مثال : جد قيمة التبخر / النتح (ملم)، وفقاً لمعادلة ثورنثويت في محطة الناصرية، الواقعة على دائرة عرض $31.08^{\circ}$ C، وكانت معدلات الحرارة الشهرية للمدة 1978-2008 موضحة في دول (20) .

جدول (20) قيم التبخر / النتح الممكن (ملم) وفقاً لمعادلة ثورنثويت في محطة الناصرية

| الشهر | درجة الحرارة (م°) | قيمة (i) | قيمة E المستخرجة | قيمة E المعدلة |
|---|---|---|---|---|
| ك2 | 11.9 | 3.72 | 7.2 | 6.5 |
| شباط | 14.4 | 4.96 | 14.4 | 12.5 |
| آذار | 19.2 | 7.67 | 41.1 | 42.3 |
| نيسان | 25.5 | 11.38 | 116.1 | 125.4 |
| مايس | 31.8 | 16.46 | 260.2 | 307.04 |
| حزيران | 35.6 | 19.53 | 393.1 | 463.9 |
| تموز | 37.5 | 21.13 | 475.4 | 570.5 |
| آب | 36.8 | 20.53 | 443.8 | 505.9 |
| أيلول | 33.5 | 17.81 | 314.8 | 324.2 |
| ت1 | 27.4 | 13.14 | 150.95 | 147.9 |
| ت2 | 19.1 | 7.61 | 40.4 | 35.96 |
| ك1 | 13.3 | 4.4 | 10.8 | 9.5 |
| قيمة I | | 148.3 | | |
| قيمة a | | 3.656 | | |

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات درجات الحرارة من الهيئة العامة للأنواء الجوية، قسم المناخ .

الجواب :



Scanned by CamScanner

من تطبيق المعادلات والصيغ المذكورة لثورنثويت تبينت النتائج الآتية:

من استخراج E المعدلة يظهر أن قيمها انخفضت عن قيمة E الأولى المستخرجة في شهور تشرين أول، وتشرين ثاني، وكانون أول، وكانون ثاني، وشباط. في حين ارتفعت قيمها عن القيم الأولى في بقية شهور السنة والتي بلغت سبعة شهور وهي آذار، ونيسان، ومايس، وحزيران، وتموز، وآب، وايلول. وذلك يعود إلى انخفاض تأثير الإشعاع الشمسي في الشهور الخمس الأولى بسبب تكون الغيوم وقصر النهار، وميل زاوية سقوط الإشعاع، وانخفاض شدة الإشعاع الشمسي، بسبب أن الشمس تكون أبعد ما تكون خلال هذه الشهور عن النصف الشمالي من الكرة الأرضية إذ تتعامد على مدار الجدي في 22 كانون الأول، في حين يعود ارتفاع قيمة E المعدلة عن قيمة E الأولى المستخرجة في الأشهر السبعة المتبقية إلى طول النهار وكبر زاوية السقوط وازدياد شدة الإشعاع الشمسي وقلة تكون الغيوم وانعدامها في بعض من شهورها وذلك مقارنة بالشهور الخمسة الأولى من السنة، إذ أن الشمس تكون أقرب ما تكون في هذه الشهور لاسيما في 21 حزيران حيث تكون عمودية على مدار السرطان.

5- معادلة خوسلا Khosla :

تمكن خوسلا من احتساب الفاقد المائي عن طريق التبخر / النتح الكامن، في حالة توفر رطوبة في التربة تمول حاجة غطاء نباتي متصل وبمستوى واحد من الارتفاع، بواسطة المعادلة الآتية[1]:

$$Lm = \frac{Tm - 32}{9.5}$$

إذ أنّ :

Lm = التبخر / النتح الكامن (بوصة) .

---

(1) علي العنانزة، الموازنة المائية بناءً على معدلات الأمطار وكميات التبخر والنتح المحتملة في حوض وادي الكرك، مؤتة للبحوث والدراسات، المجلد 11، العدد 5، 1996، ص162 .



Scanned by CamScanner

Tm = معدل درجة الحرارة الشهرية (ف°) .

مثال : إذا كان معدل حرارة شهر تموز $37.5\ ^0C$ في محطة الناصرية، استخرج قيمة التبخر/ التنح الكامن وفق معادلة خوسلا :

الجواب :

ينبغي اولاً أن نحول الدرجة المئوية إلى الفهرنهايتية لأن المعادلة تتعامل بالدرجة الفهرنهايتية وعلى النحو الآتي :

$$F^0 = C^0 \frac{9}{5} + 32$$

$$=99.5$$

الآن نطبق المعادلة

$$Lm = \frac{Tm - 32}{9.5}$$

$$Lm = \frac{99.5 - 32}{9.5}$$

بوصة = 7.11

ولتحويل البوصة إلى ملم ينبغي ضرب الناتج في 25.4 :

$$= 7.11 * 25.4$$

$$= 180.59 \text{ mm}$$

6- معادلة خروفه Kharrufa. N :

قام الباحث نجيب خروفه باشتقاق معادلة $ETO = \frac{P}{3}\ ^0C^{1.31}$ تلائم ظروف العراق المناخية، تكتب بالصيغة الآتية [1]:

إذ أن :

---

(1) نافع ناصر القصاب، أقاليم الزراعة المطرية لمحصولي الحنطة والشعير في العراق في ظل المعايير المناخية، مجلة الجمعية الجغرافية، المجلد السادس عشر، 1985، ص13 .



Scanned by CamScanner

... التبخر / النتح الكامن (ملم)

... النسبة المئوية لعدد ساعات سطوع الشمس في الشهر بالنسبة لعددها في السنة، والمستخرج من جدول (18) وفق دائرة العرض

... معدل درجة الحرارة الشهرية بالمئوي

... ما مقدار التبخر / النتح الكامن في محطة الناصرية الواقعة على دائرة عرض 31° شهر آب، وفق معادلة هارفه، إذا كان معدل حرارته يبلغ 36.8 (°) مئوية.

الجواب :

$$ETo = \frac{9.3}{3} 36.8^{(31)}$$

$$= 348.8 \text{ mm}$$

7- معادلة بنمان Penman equation :

تستخدم معادلة بنمان في المناطق التي تتوفر فيها قياسات عن درجات الحرارة والرياح ومدة سطوع الشمس، بعد تحويرها للظروف الخاصة بالمناطق الجافة، وشبه الجافة، إذ أن معادلة بنمان الأصلية تقدر فقدان الماء عن طريق تبخره من سطوح الماء الحر. وحددت معاملات المحصول بين 0,6 شتاءً إلى 0,8 صيفاً نسبة إلى التبخر / نتح من منطقة عشبية في مناخ انكلترا، وتحتوي معادلة بنمان حدين هما: حد الطاقة (الإشعاع) ، وحد ديناميكية الرياح (الرياح والرطوبة النسبية)، وتتحدد أهمية كل من الحدين بالاعتماد على الظروف المناخية السائدة في المنطقة، إذ أن في ظروف الرياح الهادئة تزداد الأهمية النسبية لحد الطاقة، وفي مثل هذه الظروف تصبح المعادلة الأصلية لبنمان مع استخدام معامل محصول مقداره 0,8 ملائمة لتقدير التبخر / نتح ليس في المناطق الرطبة فحسب بل في المناطق الجافة أيضاً. لكن حد الرياح للمعادلة يصبح



Scanned by CamScanner

مهماً في المناطق الجافة غير الهادئة، وعند استخدام معالة بنمان غير المحورة في المناطق الشديدة الرياح تكون قيمة التبخر / نتح أقل من القيمة الفعلية. لذلك لابد من تحوير المعادلة الأصلية لاسيما فيما يتعلق بحد الرياح، وأن هذه الطريقة تستخدم معدل المعلومات المناخية اليومية، وبما أن الظروف الطقسية بين الليل والنهار تؤثر بصورة كبيرة على مستوى التبخر / نتح، فلابد من إجراء التعديلات المناسبة لها.

إن حساب قيمة التبخر / نتح ETo، ربما تبدو معقدة إلى حد ما، بسبب أن المعادلة تحوي مكونات بحاجة إلى اشتقاقها من المعلومات المقاسة عن الظروف المناخية في حالة عدم القدرة على قياسها مباشرة، فعلى سبيل المثال عندما لا تتوفر قياسات مباشرة لصافي الإشعاع الشمسي للمناطق المراد حساب ETo لها، فانه يمكن الاستفادة من قياسات الإشعاع الشمسي، أو مدة سطوع الشمس، او من ملاحظات نسبة الغيوم في الجو مع الرطوبة النسبية، ودرجة حرارة الجو، وفيما يلي معادلة بنمان المحورة وكيفية حساب التبخر / نتح ETo منها[1]:

$$ETo = C[W.Rn + (1-W).F(u).(ea-ed)]$$

حد الإشعاع — حد ديناميكية الرياح

إذ أن :

ETo = التبخر / نتح للمحصول (ملم/ يوم).

W = عامل معياري يتعلق بدرجة الحرارة.

Rn = صافي الإشعاع بما يكافئه من التبخر بالملم / يوم.

F(u) = دالة تتعلق بالرياح .

(ea-ed) = الفرق بين ضغط البخار المشبع عند معدل درجة حرارة الهواء، ومعدل

---

(1) J. Doorenbos and W. O. Pruitt, Guidelines for Predicting Crop Water requirement. FAO Irrigation and Drainage Paper, No.24, Rome, 1977, P.15-28.



Scanned by CamScanner

ضغط البخار الفعلي في الهواء، وكلاهما بالمليبار.

C = عامل تعديل يأخذ تأثير ظروف الطقس في الليل والنهار بالاعتبار.

هناك اعتبارات إضافية عند المعادلة المحورة، إذ أنه نظراً لترابط المتغيرات المكونة للمعادلة، لابد من الاستعمال الصحيح للوحدات للتعبير عن المتغيرات فمثلاً إذا كانت دالة الرياح المقترحة في أشهر الصيف عندما تكون الرياح معتدلة والرطوبة النسبية القصوى مقاربة الى 70٪، ونسبة سرعة الرياح بين الليل والنهار ما بين 1,5-2,0، فلا حاجة لتعديل الحسابات ولكن عند استخدام مجموع سرعة الرياح خلال 24 ساعة سيكون تقدير ETo أقل بما يعادل 15-30٪ في المناطق التي تكون فيها سرعة الرياح في النهار أعلى بكثير من سرعتها في الليل، وذلك عندما تقترب الرطوبة النسبية القصوى من 100٪، وحيث يكون الإشعاع الشمسي كبيراً، وبالعكس في المناطق التي تكون الرياح فيها بين المتوسطة إلى الشديدة، والرطوبة النسبية قليلة، والإشعاع الشمسي قليل فأن تقدير التبخر / نتح يكون أعلى من الواقع وترتفع نسبة هذه الزيادة في قيمة التبخر – نتح بنقصان نسبة الرياح في النهار إلى الليل، وتحت هذه الظروف لابد من وضع معامل معياري وهو (C) للمعادلة المذكورة عند التطبيق.

ولوصف المتغيرات وطريقة الحساب يتبع ما يلي(*) :

أ- **ضغط البخار** (ea-ed) VaPour Pressure :

إن لرطوبة الهواء تأثير على قيمة التبخر / النتح، لذا يعبر عن الرطوبة هنا بفرق ضغط البخار على الشكل الآتي : (ea-ed) إذ أن :

ea = معدل ضغط البخار المشبع .

ed = معدل ضغط البخار الفعلي .

---

(*) يراجع J. Doorenbos and W.O. Pruitt, Op. Cit, P.16-29.

ويراجع غازي مجيد الكواز، مصدر سابق، ص48-68.



Scanned by CamScanner

ويمكن الحصول على ضغط البخار المشبع والفعلي كما في المثال الآتي:

مثال : إذا كانت درجة الحرارة العظمى= $35\ ^0C$، ودرجة الحرارة الدنيا= $22^0C$،

وكانت الرطوبة النسبية العظمى= 80%، والرطوبة النسبية الدنيا

= 30%، فما مقدار الفرق بين ضغط البخار المشبع والفعلي.

الجواب :

معدل درجة الحرارة هو $\frac{22+35}{2} = 28.56\ ^0C$

معدل الرطوبة هو: $\frac{30+80}{2} = 55\%$

إذن قيمة ea = 38.95 ملليبار عند درجة حرارة $28.5^0C$ (جدول (21) ).

**جدول (21) ضغط البخار المشبع (ea) بالملليبار كدالة على معدل درجة حرارة الهواء (T) م°.**

| Temperature C | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ea Mbar | 6.1 | 6.6 | 7.1 | 6.7 | 8.1 | 8.7 | 9.3 | 10.0 | 10.7 | 11.5 |
| Temperature C | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| ea Mbar | 12.3 | 13.1 | 14.0 | 15.0 | 16.1 | 17.0 | 18.2 | 19.4 | 20.6 | 22.0 |
| Temperature C | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| ea Mbar | 23.4 | 24.9 | 26.4 | 28.1 | 29.8 | 31.7 | 33.6 | 35.7 | 37.8 | 40.1 |
| Temperature C | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 |
| ea Mbar | 42.4 | 44.9 | 47.6 | 50.3 | 53.2 | 56.2 | 59.4 | 62.8 | 66.3 | 69.9 |

وقيمة ed هي : $ed = \frac{ea * RH}{100} = 21.4m \quad bar$



Scanned by CamScanner

حيث أن RH هي الرطوبة النسبية.

ثم نطبق

ea –ed = 17.5 m bar

ب-دالة الرياح Wind Function F(u) :

ويمكن استخراجها من الصيغة الآتية : $$F(u) = 0.27\left(1+\frac{u}{100}\right)$$

إذ أن u = سرعة الرياح خلال 24 ساعة / كم في اليوم وعلى ارتفاع 2متر، وهناك نسبة للتصحيح مأخوذة من قياسات لارتفاعات مختلفة في جدول (22).

جدول (22)معامل تصحيح لارتفاعات مختلفة

| Measurement height (m) | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Correction Factor | 1.35 | 1.15 | 1.06 | 1.00 | 0.93 | 0.88 | 0.85 | 0.83 | 0.81 | 0.8 | 0.79 | 0.78 |

مثال : إذا كانت سرعة الرياح تبلغ 234 كم/ يوم فما قيمة F(u) :

الجواب :

$$F(u) = 0.27\left(1+\frac{234}{100}\right)$$

=0.90

ج- العامل المعياري Weighting Factor (1-W):

(1-W) العامل المعياري يستعمل لحساب تأثير الرياح والرطوبة على التبخر/ نتح .

مثال : إذا كان الارتفاع عن سطح البحر يبلغ نحو 95 متر، ودرجة الحرارة العظمى 35



Scanned by CamScanner

$^0C$ ، ودرجة الحرارة الدنيا $22^0C$ ، فما مقدار (1-W) .

الجواب : من جدول (23) تبلغ قيمة (1-W) نحو 0.23.

**جدول (23) قيم العامل المعياري (1-W) لتأثير الرياح والرطوبة على ETo للدرجات حرارة مختلفة ومناسيب مختلفة فوق سطح البحر**

| Temperature $^0C$ | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (1-W)at altitude M | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.57 | .54 | .51 | .48 | .45 | .42 | .39 | .36 | .34 | .32 |
| 500 | .56 | .52 | .49 | .46 | .43 | .40 | .38 | .35 | .33 | .30 |
| 1000 | .54 | .51 | .48 | .45 | .42 | .39 | .36 | .34 | .31 | .29 |
| 2000 | .51 | .48 | .45 | .42 | .39 | .36 | .34 | .31 | 29 | .27 |
| 3000 | .48 | .45 | .42 | .39 | .36 | .34 | .31 | .29 | .27 | .25 |
| 4000 | .46 | .42 | .39 | .36 | .34 | .31 | .29 | .27 | 25 | .23 |
| Temperature $^0C$ | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 | 40 |
| (1-W)at altitude M | | | | | | | | | | |
| 0 | .29 | .27 | .25 | .23 | .22 | .20 | .19 | .17 | .16 | .15 |
| 500 | .28 | .26 | .24 | .22 | .21 | .19 | .18 | .16 | .15 | .14 |
| 1000 | .27 | .25 | .23 | .21 | .20 | .18 | .17 | .15 | .14 | .13 |
| 2000 | .25 | .23 | .21 | .19 | .18 | .16 | .15 | .14 | .13 | .12 |
| 3000 | .23 | .21 | .19 | .18 | .16 | .15 | .14 | .13 | .12 | .11 |
| 4000 | .21 | .19 | .18 | .16 | .15 | .14 | .13 | .12 | .11 | .10 |

### د- العامل المعياري للإشعاع (W) :

(W) هو العامل المعياري لتأثير الإشعاع على التبخر / النتح، وقيمة W ترتبط بدرجة الحرارة ودوائر العرض المعطاة في جدول (24) علماً أن درجة الحرارة تستخرج من جمع الحرارة العظمى والصغرى وقسمة الناتج على أثنين.

مثال : إذا كان الارتفاع 95 متر، ودرجة الحرارة العظمى $35^\circ C$ ، ودرجة الحرارة الصغرى $22^\circ C$.

الجواب : معدل درجة الحرارة = $28.5^\circ C$ .

W = 0.77 (جدول 24) .



Scanned by CamScanner

جدول (24)قيم العامل المعياري (W) لتأثير الإشعاع على ETo عند درجات حرارة مختلفة ومناسيب مختلفة فوق سطح البحر

| Temperature $^0$C | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (W)at altitude m | | | | | | | | | | |
| 0 | 0.43 | .46 | .49 | .52 | .55 | .58 | .61 | .64 | .66 | .69 |
| 500 | .44 | .48 | .51 | .54 | .57 | .60 | .62 | .65 | .67 | .70 |
| 1000 | .46 | .49 | .52 | .55 | .58 | .61 | .64 | .66 | .69 | .71 |
| 2000 | .49 | .52 | .55 | .58 | .61 | .64 | .66 | .69 | .71 | .73 |
| 3000 | .52 | .55 | .58 | .61 | .64 | .66 | .69 | .71 | .73 | .75 |
| 4000 | .54 | .58 | .61 | .64 | .66 | .69 | .71 | .73 | .75 | .77 |
| Temperature $^0$C | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 | 40 |
| (W)at altitude m | | | | | | | | | | |
| 0 | .71 | .73 | .75 | .77 | .78 | .80 | .82 | .83 | .84 | .85 |
| 500 | .72 | .74 | .76 | .78 | .79 | .81 | .82 | .84 | .85 | .86 |
| 1000 | .73 | .75 | .77 | .79 | .80 | .82 | .83 | .85 | .86 | .87 |
| 2000 | .75 | .77 | .79 | .81 | .82 | .84 | .85 | .86 | .87 | .88 |
| 3000 | .77 | .79 | .81 | .82 | .84 | .85 | .86 | .87 | .88 | .89 |
| 4000 | .79 | .81 | .82 | .84 | .85 | .86 | .87 | .89 | .90 | .90 |

### د - صافي الإشعاع (Rn) Net Radiation :

صافي الإشعاع (Rn) هو الفرق بين جميع الإشعاع القادم، والإشعاع الخارج، وتعتمد كمية الإشعاع الواصلة إلى أعلى الغلاف الغازي (Ra) على دائرة العرض والوقت خلال السنة .جدول (25).



Scanned by CamScanner

## جدول (25) فائض الإشعاع الأرضي (Ra) المقاس بـ مكافئ التبخر بالملم / اليوم.

| Northern Hemisphere | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Jan | Feb | Mar | Apr | May | June | July | Aug | Sept | Oct | Nov | Des | Lat |
| 3.8 | 6.1 | 9.4 | 12.7 | 15.8 | 17.1 | 16.4 | 14.1 | 10.9 | 7.4 | 4.5 | 3.2 | 50 |
| 4.3 | 6.6 | 9.8 | 13.0 | 15.9 | 17.2 | 16.5 | 14.3 | 11.2 | 7.8 | 5.0 | 3.7 | 48 |
| 4.9 | 7.1 | 10.2 | 13.3 | 16.0 | 17.2 | 16.6 | 14.5 | 11.5 | 8.3 | 5.5 | 4.3 | 46 |
| 5.3 | 7.6 | 10.6 | 13.7 | 16.1 | 17.2 | 16.6 | 14.7 | 11.9 | 8.7 | 6.0 | 4.7 | 44 |
| 5.9 | 8.1 | 11.0 | 14.0 | 16.2 | 17.3 | 16.7 | 15.0 | 12.2 | 9.1 | 6.5 | 5.2 | 42 |
| 6.4 | 8.6 | 11.4 | 14.3 | 16.4 | 17.3 | 16.7 | 15.2 | 12.5 | 9.6 | 7.0 | 5.7 | 40 |
| 6.9 | 9.0 | 11.8 | 14.5 | 16.4 | 17.2 | 16.7 | 15.3 | 12.8 | 10.0 | 7.5 | 6.1 | 38 |
| 7.4 | 9.4 | 12.1 | 14.7 | 16.4 | 17.2 | 16.7 | 15.4 | 13.1 | 10.6 | 8.0 | 6.6 | 36 |
| 7.9 | 9.8 | 12.4 | 14.8 | 16.5 | 17.1 | 16.8 | 15.5 | 13.4 | 10.8 | 8.5 | 7.2 | 34 |
| 8.3 | 10.2 | 12.8 | 15.0 | 16.5 | 17.0 | 16.8 | 15.6 | 13.6 | 11.2 | 9.0 | 7.8 | 32 |
| 8.8 | 10.7 | 13.1 | 15.2 | 16.5 | 17.0 | 16.8 | 15.7 | 13.9 | 11.6 | 9.5 | 8.3 | 30 |
| 9.3 | 11.1 | 13.4 | 15.3 | 16.5 | 16.8 | 16.7 | 15.7 | 14.1 | 12.0 | 9.9 | 8.8 | 28 |
| 9.8 | 11.5 | 13.7 | 15.3 | 16.4 | 16.7 | 16.6 | 15.7 | 14.3 | 12.3 | 10.3 | 9.3 | 26 |
| 10.2 | 11.9 | 13.9 | 15.4 | 16.4 | 16.6 | 16.5 | 15.8 | 14.5 | 12.6 | 10.7 | 9.7 | 24 |
| 10.7 | 12.3 | 14.2 | 15.5 | 16.3 | 16.4 | 16.4 | 15.8 | 14.6 | 13.0 | 11.1 | 10.2 | 22 |
| 11.2 | 12.7 | 14.4 | 15.6 | 16.3 | 16.4 | 16.3 | 15.9 | 14.8 | 13.3 | 11.6 | 10.7 | 20 |
| 11.6 | 13.0 | 14.6 | 15.6 | 16.1 | 16.1 | 16.1 | 15.8 | 14.9 | 13.6 | 12.0 | 11.1 | 18 |
| 12.0 | 13.3 | 14.7 | 15.6 | 16.0 | 15.9 | 15.9 | 15.7 | 15.0 | 13.9 | 12.4 | 11.6 | 16 |
| 12.4 | 13.6 | 14.9 | 15.7 | 15.8 | 15.7 | 15.7 | 15.7 | 15.1 | 14.1 | 12.8 | 12.0 | 14 |
| 12.8 | 13.9 | 15.1 | 15.7 | 15.7 | 15.5 | 15.5 | 15.6 | 15.2 | 14.4 | 13.3 | 12.5 | 12 |
| 13.2 | 14.2 | 15.3 | 15.7 | 15.5 | 15.3 | 15.3 | 15.5 | 15.3 | 14.7 | 13.6 | 12.9 | 10 |
| 13.6 | 14.5 | 15.3 | 15.6 | 15.3 | 15.0 | 15.1 | 15.4 | 15.3 | 14.8 | 13.9 | 13.3 | 8 |
| 13.9 | 14.8 | 15.4 | 15.4 | 15.1 | 14.7 | 14.9 | 15.2 | 15.3 | 15.0 | 14.2 | 13.7 | 6 |
| 14.3 | 15.0 | 15.5 | 15.5 | 14.9 | 14.4 | 14.6 | 15.1 | 15.3 | 15.1 | 14.5 | 14.1 | 4 |
| 14.7 | 15.3 | 15.6 | 15.3 | 14.6 | 14.2 | 14.3 | 14.9 | 15.3 | 15.3 | 14.8 | 14.4 | 2 |
| 15.0 | 15.5 | 15.7 | 15.3 | 14.4 | 13.9 | 14.1 | 14.8 | 15.3 | 15.4 | 15.4 | 14.8 | 0 |

Scanned by CamScanner

| Southern Hemisphere | | | | | | | | | | | | Lat |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Jan | Feb | Mar | Apr | May | June | July | Aug | Sept | Oct | Nov | Des | |
| 17.5 | 14.7 | 10.9 | 7.0 | 4.2 | 3.1 | 3.5 | 5.5 | 8.9 | 12.9 | 16.5 | 18.2 | 50 |
| 17.6 | 14.9 | 11.2 | 7.5 | 4.7 | 3.5 | 4.0 | 6.0 | 9.3 | 13.2 | 16.6 | 18.2 | 48 |
| 17.7 | 15.1 | 11.5 | 7.9 | 5.2 | 4.0 | 4.4 | 6.5 | 9.7 | 13.4 | 16.7 | 18.3 | 46 |
| 17.8 | 15.3 | 11.9 | 8.4 | 5.7 | 4.4 | 4.9 | 6.9 | 10.2 | 13.7 | 16.7 | 18.3 | 44 |
| 17.8 | 15.5 | 12.2 | 8.8 | 6.1 | 4.9 | 5.4 | 7.4 | 10.6 | 14.0 | 16.8 | 18.3 | 42 |
| 17.9 | 15.7 | 12.5 | 9.2 | 6.6 | 5.3 | 5.9 | 7.9 | 11.0 | 14.2 | 16.9 | 18.3 | 40 |
| 17.9 | 15.8 | 12.8 | 9.6 | 7.1 | 5.8 | 6.3 | 8.3 | 11.4 | 14.4 | 17.0 | 18.3 | 38 |
| 17.9 | 16.0 | 13.2 | 10.1 | 7.5 | 6.3 | 6.8 | 8.8 | 11.7 | 14.6 | 17.0 | 18.2 | 36 |
| 17.8 | 16.1 | 13.5 | 10.5 | 8.0 | 6.8 | 7.2 | 9.2 | 12.0 | 14.9 | 17.1 | 18.2 | 34 |
| 17.8 | 16.2 | 13.8 | 10.9 | 8.5 | 7.3 | 7.7 | 9.6 | 12.4 | 15.1 | 17.2 | 18.1 | 32 |
| 17.8 | 16.4 | 14.0 | 11.3 | 8.9 | 7.8 | 8.1 | 10.1 | 12.7 | 15.3 | 17.3 | 18.1 | 30 |
| 17.7 | 16.4 | 14.3 | 11.6 | 9.3 | 8.2 | 8.6 | 10.4 | 13.0 | 15.4 | 17.2 | 17.9 | 28 |
| 17.6 | 16.4 | 14.4 | 12.0 | 9.7 | 8.7 | 9.1 | 10.9 | 13.2 | 15.5 | 17.2 | 17.8 | 26 |
| 17.5 | 16.5 | 14.6 | 12.3 | 10.2 | 9.1 | 9.5 | 11.2 | 13.4 | 15.6 | 17.1 | 17.7 | 24 |
| 17.4 | 16.5 | 14.8 | 12.6 | 10.6 | 9.6 | 10.0 | 11.6 | 13.7 | 15.7 | 17.0 | 17.5 | 22 |
| 17.3 | 16.5 | 15.0 | 13.0 | 11.0 | 10.0 | 10.4 | 12.0 | 13.9 | 15.8 | 17.0 | 17.4 | 20 |
| 17.1 | 16.5 | 15.1 | 13.2 | 11.4 | 10.4 | 10.8 | 12.3 | 14.1 | 15.8 | 16.8 | 17.1 | 18 |
| 16.9 | 16.4 | 15.2 | 13.5 | 11.7 | 10.8 | 11.2 | 12.6 | 14.3 | 15.8 | 16.7 | 16.8 | 16 |
| 16.7 | 16.4 | 15.3 | 13.7 | 12.1 | 11.2 | 11.6 | 12.9 | 14.5 | 15.8 | 16.5 | 16.6 | 14 |
| 16.6 | 16.3 | 15.4 | 14.0 | 12.5 | 11.6 | 12.0 | 13.2 | 14.7 | 15.8 | 16.4 | 16.5 | 12 |
| 16.4 | 16.3 | 15.5 | 14.2 | 12.8 | 12.0 | 12.4 | 13.5 | 14.8 | 15.9 | 16.2 | 16.2 | 10 |
| 16.1 | 16.1 | 15.5 | 14.4 | 13.1 | 12.4 | 12.7 | 13.7 | 14.9 | 15.8 | 16.0 | 16.0 | 8 |
| 15.8 | 16.0 | 15.6 | 14.7 | 13.4 | 12.8 | 13.1 | 14.0 | 15.0 | 15.7 | 15.8 | 15.7 | 6 |
| 15.5 | 158 | 15.6 | 14.9 | 13.8 | 13.2 | 13.4 | 14.3 | 15.1 | 15.6 | 15.5 | 15.4 | 4 |
| 15.3 | 15.7 | 15.7 | 15.1 | 14.1 | 13.5 | 13.7 | 14.5 | 15.2 | 15.5 | 15.3 | 15.1 | 2 |
| 15.0 | 15.5 | 15.7 | 15.3 | 14.4 | 13.9 | 14.1 | 14.8 | 15.3 | 15.4 | 15.4 | 14.8 | 0 |

أن جزء من Ra يمتص ويتبعثر خلال اجتياز الإشعاع الغلاف الغازي. أما باقي الإشعاع ومنه الإشعاع المبعثر فيصل سطح الأرض ويسمى بالإشعاع الشمسي Solar Radiation (RS). أن RS يعتمد على Ra وعلى الانتقالية خلال الغلاف الجوي، والتي تعتمد كثيراً على مقدار غطاء الغيوم، وأن جزءً من RS ينعكس ثانية إلى الجو بواسطة التربة والنبات فيضيع في الغلاف الغازي. أما الانعكاس Reflection ($\alpha$) يعتمد على طبيعة الغطاء السطحي للأرض وعموماً تتراوح قيمته بين 5-7٪



Scanned by CamScanner

للماء و 15-25٪ لمعظم المحاصيل. وتختلف نسبة الانعكاس اعتماداً على الغطاء النباتي واختلاف رطوبة التربة المكشوفة. والمتبقي من الإشعاع الشمسي فيعرف بصافي الموجة القصيرة للإشعاع الشمسي (Rns).

ان الأرض تشع إلى الجو ثانية على شكل موجات طويلة التي تعد جزءاً من الطاقة الممتصة وتكون كمية الإشعاع الطويل الموجة المنبعث من سطح الأرض اكبر من الكمية التي تأتي من الجو. أذن فالفرق بين الإشعاع الطويل الموجة المنبعث من سطح الأرض والقادم من الجو يعرف بصافي الإشعاع الطويل الموجه (RnL). لذا فأن مجوع صافي الإشعاع (Rn) يساوي الفرق بين صافي الإشعاع القصير الموجة وصافي الإشعاع الطويل الموجة.

وفق الصيغة الآتية : Rn=Rns-RnL

ويعبر عن الإشعاع بوحدات مختلفة، وإذا تم تحويله إلى حرارة فيمكن ربطه بمقدار الطاقة Energy اللازمة لتبخير الماء من سطح مائي حر، ويعبر عنه بوحدات من عمق الماء المتبخر بالملم / يوم، ولحساب صافي الإشعاع (Rn) نتبع الخطوات الآتية :

- عند عدم التمكن من قياس الإشعاع الوارد (Rs) فيمكن اختيار قيمة الإشعاع فوق الغلاف الغازي (Ra) من جدول (25) وفقاً للشهر المطلوب، ودائرة العرض المطلوبة.
- للحصول على قيمة (Rs) تصحح قيمة (Ra) من نسبة عدد ساعات سطوع الشمس المقاسة (n) إلى عدد الساعات القصوى المحتملة (N) من المعادلة الآتية :

إن قيمة (N) $Rs = (0.25 + 0.50\frac{n}{N})Ra$ تستخرج من جدول (26)، وفقاً للشهر ودائرة العرض، وتستخرج قيمة (n) و (N) على أساس المعدل اليومي للفترة المطلوبة، وفي حالة توفر ملاحظات عن الغيوم يمكن حساب (Rs). لذا يطلب القيام بملاحظات لفترات متعددة عن الغيوم يومياً ولفترات طويلة، ويعبر عن درجة



Scanned by CamScanner

الغيوم بالأثمان (صفر-8) وأحيانا تقاس بالأعشار (صفر-10) والتي يجب تحويلها إلى ما يكافئها من قيم. وكما في جدول (27).

جدول (26)معدل فترات النهار لأقصى عدد من ساعات النهر المشمسة (N) للأشهر المختلفة ودوائر العرض المختلفة.

| Northern Lats | Jan | Feb | Mar | Apr | May | June | July | Aug | Sept | Oct | Nov | Des |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Southern Lats | July | Aug | Sept | Oct | Nov | Des | Jan | Feb | Mar | Apr | May | June |
| 50 | 8.5 | 10.1 | 11.8 | 13.8 | 15.4 | 16.3 | 15.9 | 14.5 | 12.7 | 10.8 | 9.1 | 8.1 |
| 48 | 8.8 | 10.2 | 11.8 | 13.6 | 15.2 | 16.0 | 15.6 | 14.3 | 12.6 | 10.9 | 9.3 | 8.3 |
| 46 | 9.1 | 10.4 | 11.9 | 13.5 | 14.9 | 15.7 | 15.4 | 14.2 | 12.6 | 10.9 | 9.5 | 8.7 |
| 44 | 9.3 | 10.5 | 11.9 | 13.4 | 14.7 | 15.4 | 15.2 | 14.0 | 12.6 | 11.0 | 9.7 | 8.9 |
| 42 | 9.4 | 10.6 | 11.9 | 13.4 | 14.6 | 15.2 | 14.9 | 13.9 | 12.6 | 11.1 | 9.8 | 9.1 |
| 40 | 9.6 | 10.7 | 11.9 | 13.3 | 14.4 | 15.0 | 14.7 | 13.7 | 12.5 | 11.2 | 10.0 | 9.7 |
| 35 | 10.1 | 11.0 | 11.9 | 13.1 | 14.0 | 14.5 | 14.3 | 13.5 | 12.4 | 11.3 | 10.3 | 9.8 |
| 30 | 10.4 | 11.1 | 12.0 | 12.9 | 13.6 | 14.0 | 13.9 | 13.2 | 12.4 | 11.5 | 10.6 | 10.2 |
| 25 | 10.7 | 11.3 | 12.0 | 12.7 | 13.3 | 13.7 | 13.5 | 13.0 | 12.3 | 11.6 | 10.9 | 10.6 |
| 20 | 11.0 | 11.5 | 12.0 | 12.6 | 13.1 | 13.3 | 13.2 | 12.8 | 12.3 | 11.7 | 11.2 | 10.9 |
| 15 | 11.3 | 11.6 | 12.0 | 12.5 | 12.8 | 13.0 | 12.9 | 12.6 | 12.2 | 11.8 | 11.4 | 11.2 |
| 10 | 11.6 | 11.8 | 12.0 | 12.3 | 12.6 | 12.7 | 12.6 | 12.4 | 12.1 | 11.8 | 11.6 | 11.5 |
| 5 | 11.8 | 11.9 | 12.0 | 12.2 | 12.3 | 12.4 | 12.3 | 12.3 | 12.1 | 12.0 | 11.9 | 11.8 |
| 0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 12.0 |

جدول (27) قيمة n/N وفقاً لدرجة الغيوم ويعبر عن درجة الغيوم بالأثمان (صفر-8) وأحيانا تقاس بالأعشار (صفر-10) والتي يجب أولاً تحويلها إلى ما يكافئها من قيم n/N وكما يلي :

| شدة الغيوم (أثمان) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (n/N) | 0.95 | 0.85 | 0.75 | 0.65 | 0.55 | 0.45 | 0.3 | 0.15 | - |

| شدة الغيوم (أعشار) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (n/N) | 0.95 | 0.85 | 0.8 | 0.75 | 0.65 | 0.55 | 0.5 | 0.4 | 0.3 | 0.15 | - |



Scanned by CamScanner

- للحصول على صافي الإشعاع قصير الموجة (Rns) لابد من تصحيحه بالنسبة إلى الانعكاس بواسطة سطوح النبات وفق الصيغة الآتية :

$$Rns=(1-\alpha)Rs$$

وأن قيمة الانعكاس ($\alpha$) لمعظم المحاصيل مساوية لـ 0,25 ، ولغرض تبسيط الخطوتين الثانية والثالثة يمكن استخراج $\frac{n}{N}$ وقيمة الانعكاس ($\alpha$ =0,25) .

ويحسب صافي الإشعاع الكلي من الفرق بين صافي الإشعاع قصير الموجة Rns، والطويل الموجة (RnL) : Rn=Rns-RnL .

مثال : تقع القاهرة على دائرة عرض 30° شمالاً، وارتفاعها عن سطح البحر يبلغ نحو 95م جد Rn في شهر تموز الذي يبلغ معدل درجة حرارته نحو 28,5°م، ومعدل الرطوبة النسبية 55٪، ومعدل عدد الساعات المشمسة (n) في اليوم لشهر تموز نحو 11,5 ساعة.

الجواب :

- من جدول (25) Ra = 16.8mm/day

$$Rs= Ra (0.25+ 0.50 \frac{n}{N})$$

إذ أن ساعات السطوع الفعلية n=11.5

من جدول (26) N = 13.9

$$\frac{n}{N} =0.83$$

أذن : $Rs = 16.8(0.25+0.50(0.83))$

$= 11.2mm/day$

وباستخراج قيمة Rs يمكن تطبيق المعادلة الآتية لاستخراج Rns :

$$Rns =(1-\alpha )Rs$$
$$=(1-0.25)11.2$$
$$= 8.4 mm /day$$



Scanned by CamScanner

ولإيجاد RnL ستعمل المعادلة الآتية :

$$RnL = f(T) f(ed) f(\frac{n}{N})$$

إذ أن f(T) يستخرج من جدول (28) ويساوي 16,3

جدول (28) تأثير درجة الحرارة على الإشعاع طويل الموجة (RnL)

| T C$^0$ | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| f(T)= TK4 | 11.0 | 11.4 | 11.7 | 12.0 | 12.4 | 12.7 | 13.1 | 13.5 | 13.8 | |
| T C$^0$ | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | 36 |
| f(T)= TK4 | 14.2 | 14.6 | 15.0 | 15.4 | 15.9 | 16.3 | 16.7 | 17.2 | 17.7 | 18.1 |

و f (ed) يستخرج من جدول (29) ويساوي 0,13

جدول (29) تأثير ضغط البخار على الإشعاع طويل الموجة (RnL)

| Ed mbar | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| f(ed)=0.34-0.044 $\sqrt{}$ ed | 0.23 | .22 | .20 | .19 | .18 | .16 | .15 | .14 | .13 |
| Ed mbar | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 | 40 |
| f(ed)=0.34-0.044 $\sqrt{}$ ed | .12 | .12 | .11 | .10 | .09 | .08 | .08 | .07 | .06 |

و $f\frac{n}{N}$ يستخرج من جدول (30) ويساوي 0,82



Scanned by CamScanner

جدول (30) تأثير النسبة بين ساعات الشمس شديدة السطوع الحقيقية / ساعات الشمس شديدة السطوع العظمى على الإشعاع طويل الموجة (RnL)

| n/N | 0 | .05 | .1 | .15 | .2 | .25 | .3 | .35 | .4 | .45 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $f(\frac{n}{N}) = 0.1 + 0.9\frac{n}{N}$ | 0.10 | .15 | .19 | .24 | .28 | .33 | .37 | .42 | .46 | .51 |
| n/N | .5 | .55 | .6 | .65 | .7 | .75 | .8 | .85 | .9 | .95 | 1.0 |
| $f(\frac{n}{N}) = 0.1 + 0.9\frac{n}{N}$ | .55 | .60 | .64 | .69 | .73 | .78 | .82 | .87 | .91 | .96 | 1.0 |

وبذلك فأن :

RnL= 16.3 * 0.13 *0.82

= 1.74 mm/day

وبعد أن تم استخراج Rns و RnL نستخرج صافي الإشعاع Rn عن طريق المعادلة الآتية :

Rn=Rns-RnL

=8.4-1.74

=6.66

و: عامل التعديل (C) Adjustment Factor:

يفترض في معادلة بنمان أن الظروف الجوية هي عادية، إذ أن مقدار الإشعاع معتدل إلى مرتفع، وان قيم الرطوبة النسبية القصوى بين المتوسطة إلى العالية، وأن متوسط سرعة الرياح في النهار تقارب ضعف متوسطها في الليل. لكن مثل هذه الظروف قد لا تتوفر بصورة مستمرة فمثلاً في المناطق الساحلية التي تتميز بنسيم البحر الواضح وهدوء الليل تتراوح نسبة رياح النهار إلى الليل بين 3و5، وبعض أقطار الشرق الأوسط تتميز بالرياح الجافة أثناء النهار مع هدوء الرياح أثناء الليل ورطوبة نسبية تصل إلى 100٪ فلهذه الحالات لابد من تصحيح معادلة بنمان.



Scanned by CamScanner

يوضح الجدول (31) قيم عامل التعديل لمختلف القيم من الرطوبة النسبية العظمى والإشعاع الوارد إلى سطح الأرض (Rs) وسرعة الرياح في النهار ونسبة سرعة الرياح في النهار إلى سرعتها في الليل. وإليك ثلاثة أمثلة توضح ذلك عن منطقة الشرق الأوسط :

• مثال : إذا كانت الرطوبة النسبية العظمى RH Max = 90٪، والإشعاع الوارد Rs = 12ملم/ يوم، وسرعة الرياح في النهار = 3م/ ثا، والنسبة بين سرعة الرياح في النهار/ الليل = 3 .

الجواب : عامل التعديل = 1,28 (جدول 31) .

## جدول (31) عامل التعديل (C) في معادلة بنمان المحورة

| | RH Max = 30% | | | | RH Max = 60% | | | | RH Max = 90% | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rs mm/day | 3 | 6 | 9 | 12 | 3 | 6 | 9 | 12 | 3 | 6 | 9 | 12 |
| Uday m/sec | Uday/Unight = 4.0 | | | | | | | | | | | |
| 0 | .86 | .90 | 1.00 | 1.00 | .96 | .98 | 1.05 | 1.05 | 1.02 | 1.06 | 1.10 | 1.10 |
| 3 | .79 | .84 | .92 | .97 | .92 | 1.00 | 1.11 | 1.19 | .99 | 1.10 | 1.27 | 1.32 |
| 6 | .68 | .77 | .87 | .93 | .85 | .96 | 1.11 | 1.19 | .94 | 1.10 | 1.26 | 1.33 |
| 9 | .55 | .65 | .78 | .90 | .76 | .88 | 1.02 | 1.14 | .88 | 1.01 | 1.16 | 1.27 |
| | Uday/Unight = 3.0 | | | | | | | | | | | |
| 0 | .86 | .90 | 1.00 | 1.00 | .96 | .98 | 1.05 | 1.05 | 1.02 | 1.06 | 1.10 | 1.10 |
| 3 | .76 | .81 | .88 | .94 | .87 | .96 | 1.06 | 1.12 | .94 | 1.04 | 1.18 | 1.23 |
| 6 | .61 | .68 | .81 | .88 | .77 | .88 | 1.02 | 1.10 | .86 | 1.01 | 1.15 | 1.22 |
| 9 | .46 | .56 | .72 | .82 | .67 | .79 | .88 | 1.05 | .78 | .92 | 1.06 | 1.18 |
| | Uday/Unight = 2.0 | | | | | | | | | | | |
| 0 | .86 | .90 | 1.00 | 1.00 | .96 | .98 | 1.05 | 1.05 | 1.02 | 1.06 | 1.10 | 1.10 |
| 3 | .69 | .76 | .85 | .92 | .83 | .91 | .99 | 1.05 | .89 | .98 | 1.10 | 1.14 |
| 6 | .53 | .61 | .74 | .84 | .70 | .80 | .94 | 1.02 | .79 | .92 | 1.05 | 1.12 |
| 9 | .37 | 48 | .65 | .76 | .59 | .70 | .84 | .95 | .71 | .81 | .96 | 1.06 |
| | Uday/Unight = 1.0 | | | | | | | | | | | |
| 0 | .86 | .90 | 1.00 | 1.00 | .96 | .98 | 1.05 | 1.05 | 1.02 | 1.06 | 1.10 | 1.10 |
| 3 | .84 | .71 | .82 | .89 | .78 | .86 | .94 | .99 | .85 | .92 | 1.01 | 1.05 |
| 6 | .43 | .53 | .68 | .79 | .62 | .70 | .84 | .93 | .72 | .82 | .95 | 1.00 |
| 9 | .27 | .41 | .59 | .70 | .50 | .76 | .75 | .87 | .62 | .72 | .87 | .96 |



Scanned by CamScanner

- مثال ثاني: إذا كانت الرطوبة النسبية العظمى= 60٪، والإشعاع الوارد 6ملم/ يوم، وسرعة الرياح في النهار =3م، والنسبة بين سرعة الرياح في النهار/ الليل = 2 .

  الجواب : عامل التعديل = 0,91 (جدول 31) .

- مثال ثالث : القاهرة، الشهر = تموز، Rs = 11,2ملم/ يوم، RH Max = 80٪، سرعة الرياح في النهار = 3,2م/ ثا، سرعة الرياح في الليل = 2,1م/ ثا، نسبة سرعة الرياح في النهار/ الليل = 1,5 .

  الجواب : عامل التعديل C = 1,01 (جدول 31) .

بعد أن تم استخراج جميع قيم معادلة بنمان المحورة نطبق المعادلة المحورة الآتية ونستخرج التبخر / نتح في القاهرة :

$$ETo = C[W.Rn + (1-W).F(u).(ea-ed)]$$

$$= 1.01[0.77*6.66+(0.23)\ (0.90)(17.5)]$$

$$= 8.8 \text{ mm /day}$$

لذا سيكون معدل التبخر / نتح لشهر تموز نحو 31*8.8=

=272.8mm



Scanned by CamScanner

الفصل السابع

# الجفـــــاف

- ✓ تعريف الجفاف .
- ✓ حالات الجفاف .
- ✓ الأسباب الطبيعية للجفاف .
- ✓ العوامل البشرية .
- ✓ السبل المقترحة لمواجهة مشكلة الجفاف .
- ✓ الزراعة في المناطق الجافة وشبه الجافة .



Scanned by CamScanner

# الجفـــاف

## تعريف الجفاف *Aridity*:

الجفاف ظاهرة مناخية بايولوجية تتمثل بقلة سقوط الأمطار، وارتفاع درجات الحرارة، وقيم التبخر، فضلاً عن اشتداد سرعة الرياح. لذا لا يمكن أن يفهم الجفاف بانه ظاهرة مرتبطة بسقوط الأمطار فقط بل ترتبط بعناصر مناخية متعددة لها دورها في تحديد القيمة الفعلية للأمطار، وارتفاع معدلات التبخر كالحرارة والرياح.

في بداية القرن العشرين كان لعدم توفر المعلومات المناخية المطلوبة أثره الكبير في اقتصار الباحثين على استخدام عنصر مناخي واحد لتحديد الجفاف الا وهو الأمطار، إذ جرت محاولات لتعريفه على أساس كمية الأمطار الساقطة، حيث كان لنشر أول خريطة لخطوط المطر المتساوي للعالم أثره الكبير في اختيار هذا العنصر. وقد اختير خط المطر المتساوي 250ملم حداً فاصلاً بين المناطق شبه الجافة والرطبة. وخط المطر المتساوي 127 ملم حداً بين المناطق شبه الجافة والجافة. ومن الملاحظ على هذا الاختيار ان فيه تعميم كبير، إذ أهملت الفروق الحاصلة في درجات الحرارة في المناطق التي تسقط عليها الأمطار، كما أهمل هذا التحديد فصلية سقوط الأمطار، إذ أنه كلما ارتفعت درجة الحرارة كانت الحاجة ماسة إلى كميات أكبر من الأمطار. لهذا أن المناطق ذات الأمطار الشتوية تحتاج إلى أمطار أقل من المناطق ذات الأمطار الصيفية حتى يمكن اعتبارها جافة أم لا. وذلك لاختلاف نسبة المفقود من الأمطار في الفصلين بسبب التبخر[1].

---

(1) نصي عبد المجيد السامرائي وعبد محور الريحاني، جغرافية الأراضي الجافة، مصدر سابق، ص27.



Scanned by CamScanner

**حالات الجفاف:**

للجفاف ثلاث حالات وهي كما يأتي:

1. **الجفاف الدائم** : ويحصل في المناطق ذات المناخ الصحراوي الذي لا تسقط فيه أمطار كافية للزراعة، إذ تتصف أمطار هذا الصنف بالقلة والتذبذب وعدم الانتظام، وبالتالي فأن قيام الزراعة لا تتم إلا باستخدام عمليات الري.
2. **الجفاف الفصلي** : ويحصل في المناطق التي تسقط فيها أمطار كافية في فصل معين، بينما تنقطع الأمطار في الفصل الآخر. لذا أن الزراعة يمكن أن تتم بالاعتماد على الأمطار في فصل سقوطها، في حين لا يمكن الاعتماد إلا على الري في الفصل الآخر كما في مناخ البحر المتوسط.
3. **الجفاف الطارئ** : ويحصل في المناطق الرطبة وشبه الرطبة، إذ تحصل فيها حالة من الجفاف الطارئ والمفاجئ لأسباب مناخية لا يستطيع الإنسان تلافيها، مما يسبب خسارة للمحاصيل الزراعية التي تزرع بالاعتماد على الأمطار في تلك المناطق سواءً بموتها أو بقلة إنتاجيتها وتدهور نوعيتها .

## الأسباب الطبيعية للجفاف :

يمكن ذكر عدد من الأسباب الطبيعية التي تؤدي إلى الجفاف على النحو الآتي:

### 1) دورة الرياح العامة:

تعد دورة الرياح العامة من الأسباب الطبيعية المهمة في حدوث ظاهرة الجفاف، وترتبط دورة الرياح العامة بدرجات الحرارة ارتباطاً وثيقاً. إذ أنه نتيجة ارتفاع درجات الحرارة عند الدائرة الاستوائية بسبب تعامد الأشعة الشمسية عليها وارتفاع شدة تركيزها، فأن هواءها يتمدد نحو الأعلى مكوناً ضغطاً خفيفاً على سطح



Scanned by CamScanner

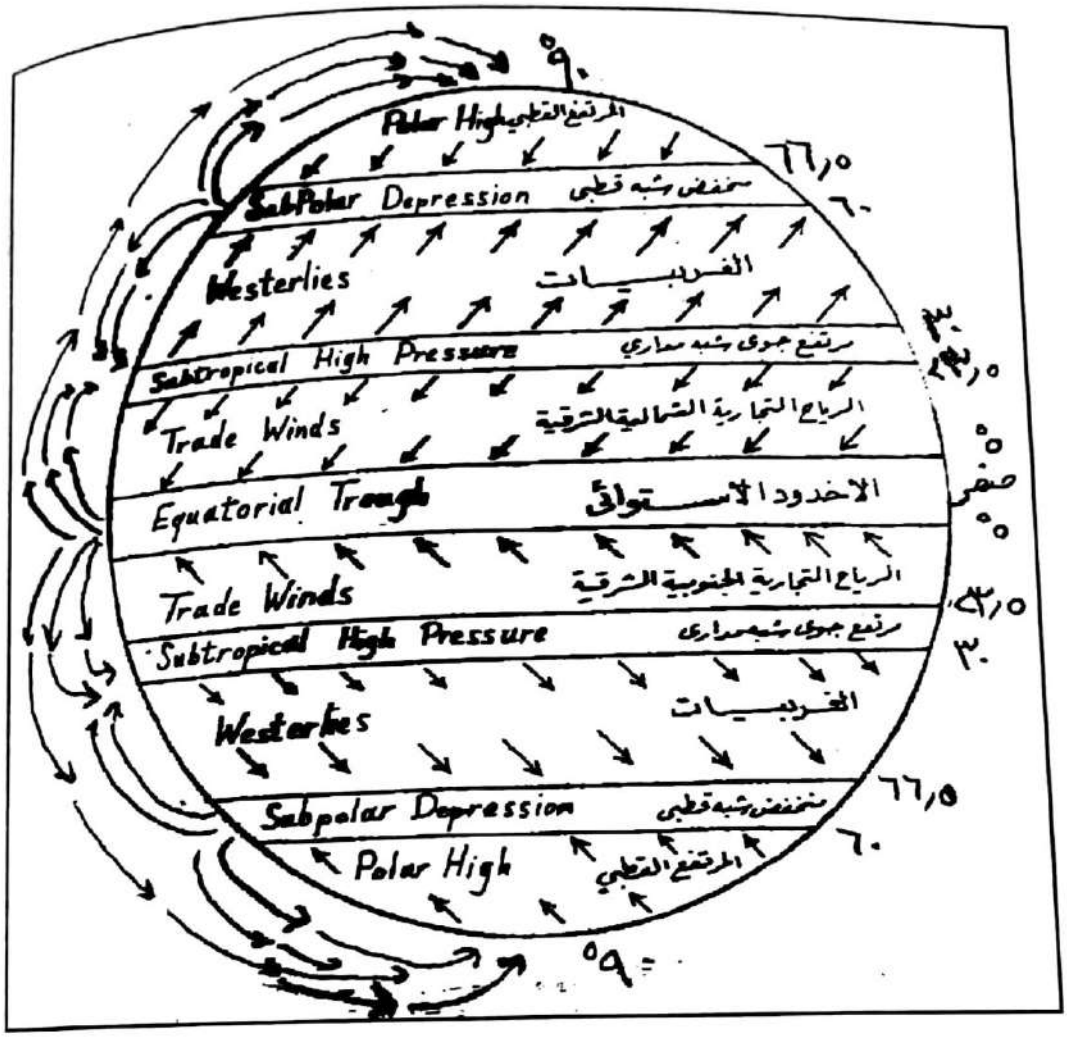
الأرض، وبصعود الهواء على شكل تيارات هوائية صاعدة نحو الأعلى حاملاً للطاقة الحرارية معه، وعند وصوله إلى ارتفاعات معينة فانه يتكاثف مؤدياً الى سقوط الأمطار. وبصعوده إلى الأعلى يتكون ضغط ثقيل في المستويات العليا من الدائرة الاستوائية يؤدي إلى هبوب الرياح المحملة بالطاقة الحرارية نحو المناطق القطبية الباردة، ونتيجة دوران الأرض حول نفسها فأن جزءاً من الرياح العليا القادمة من الدائرة الاستوائية يهبط في عروض الثلاثين باتجاه سطح الأرض مكوناً ضغطاً ثقيلا، إذ انه بهبوط الهواء ترتفع درجة حرارته فتحدث عند السطح منطقة لتفرق الهواء. لذا تكون السماء صافية خالية من الغيوم مؤدية إلى نشوء أكبر الصحاري في العالم عند هذه العروض كالصحراء العربية الكبرى، وصحراء شبه الجزيرة العربية، وصحراء الهضبة الغربية من العراق في النصف الشمالي من الكرة الأرضية، وكصحراء استراليا في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية.

ومن عروض الثلاثين ولكونها منطقة لتفرق الهواء تخرج رياح سطحية نحو الدائرة الاستوائية تسمى بالرياح التجارية، وباتجاه المنطقة القطبية تسمى بالرياح الغربية، وتلتقي الرياح الغربية بالرياح الشمالية الشرقية القادمة من القطب الشمالي وبالرياح الجنوبية الشرقية القادمة من القطب الجنوبي في عروض الستين شمالاً وجنوباً مكونةً ضغطاً خفيفاً يؤدي إلى حدوث تصاعد للهواء وتساقط في تلك العروض لاختلاف صفات كلٍ نوع من أنواع الرياح الهابة عليها. بينما تكون المنطقة القطبية منطقة ضغط عالي بسبب انخفاض درجات الحرارة فيها لميلان الأشعة الشمسية الساقطة عليها وارتفاع نسبة الالبيدو (العاكسية) بسبب وجود وتراكم الثلوج عليها، وهبوط الرياح على شكل تيارات هوائية نازلة فيها، يلاحظ شكل (21) .



Scanned by CamScanner

شكل (21)الدورة العامة للرياح ومراكز الضغط الأساسية ومناطق نزول وصعود التيارات الهوائية.




## 2) تحرك أنطقة الضغط العالي :

إنّ أنطقة الضغط الجوي في نصفي الأرض تتحرك شمالاً وجنوباً مع حركة الشمس الظاهرية بين المدارين، لاسيما أنطقة الضغط العالي في عروض الثلاثين. فعندما تتحرك الشمس باتجاه مدار السرطان فأن أنطقة الضغط العالي تتحرك نحو الشمال مسببةً انقطاع مرور المنخفضات الجوية صيفاً، كتلك التي تمر على منطقة البحر المتوسط فيكون صيفها جافاً ذا سماء صافية خالية من الغيوم، في حين عندما تتحرك الشمس باتجاه مدار الجدي، فأن أنطقة الضغط الجوي تتحرك معها جنوباً، كتحرك



Scanned by CamScanner

نطقة الضغط العالي في عروض الثلاثين إلى الجنوب من موقعها، مسببة انقطاع الأمطار الشتوية عن تلك المناطق التي تسقط فيها الأمطار الصيفية فقط ولهذا دوره في زيادة رقعة المناطق الجافة.

3) **المرتفعات :**

عندما تواجه الرياح الهابة المرتفعات أمامها، فانها تؤدي إلى الصعود على سفوحها المواجهة لها. وبصعودها تتعرض للبرودة فيتكاثف ما بها من بخار ماء مؤدياً ذلك إلى سقوط الأمطار على تلك السفوح، كما في الرياح الهابة على سفوح جبال الروكي، والانديز والهملايا. في حين بعد اجتيازها لتلك السفوح المواجهة، ونزولها على السفوح الخلفية لها، فأنها تزداد درجة حرارتها من جهة، وبازدياد درجة حرارتها تزداد قابلية الهواء على حمل بخار الماء، فيقل التساقط الى درجة كبيرة, لذا اصبحت والتي تسمى السفوح الخلفية للجبال بالسفوح الواقعة في ظل المطر. ومن الأراضي الجافة الناشئة بهذا العامل صحراء بتكونيا في أمريكا الجنوبية الواقعة في ظل جبال الانديز، والأراضي الجافة وشبه الجافة في الولايات المتحدة الامريكية الواقعة في ظل جبال الروكي، وصحراء غرب استراليا الواقعة خلف سلسلة جبال غرب استراليا.

4) **التيارات البحرية والموقع في شرق القارات أو غربها:**

إن التيارات الباردة تسبب عملية استقرار للهواء، وذلك لأن الهواء الملامس لها يبرد فيصبح ثقيل مستقر، وكذلك يتصف الهواء البارد بقدره محدودة على حمل بخار الماء, وهذا ما يسود في غرب القارات مسبباً جفاف تلك المناطق المارة بها، كما في صحراء شيلي حيث يمر تيار بيرو البارد (هبمولت)، وصحراء ناميبيا حيث يمر تيار بنجويلا البارد، وصحراء شمال غرب أفريقيا حيث يمر تيار كناري البارد. في حين يكون الهواء الملامس للتيارات الدافئة هواء دافئاً رطباً له حالة من عدم الاستقرار إذ



Scanned by CamScanner

يتمدد ويصعد إلى مستويات يبرد عندها ويتكاثف مؤدياً إلى سقوط الامطار على السواحل والمناطق التي تمر بها تلك التيارات، كما في شرق اليابان والصين حيث تمر تيار اليابان الدافئ، وغرب أوربا حيث يمر تيار الخليج الدافئ، وشرق استراليا حيث يمر تيار شرق استراليا الدافئ .

5) **الموقع من المسطحات المائية :**

إن لقرب أي منطقة من المسطحات المائية دوراً مهماً في زيادة رطوبتها وتساقطها وهذا ما يسمى بالموقع البحري كموقع غرب أوربا المحاطة بالمياه من جهات ثلاث. في حين كان لابتعاد أي منطقة عن المسطحات المائية دوراً في انخفاض مقدار رطوبتها، وبالتالي قلة تساقطها، وهذا ما يطلق عليه بالموقع القاري كصحراء تكلاماكان وتركمانستان .

6) **التقاء الكتل الهوائية :**

عندما تلتقي كتلة دافئة جافة بكتلة دافئة رطبة فأن رطوبة الكتلة الرطبة تتبلد في الهواء الجاف لمقدرة الهواء الدافيء على حمل المزيد من الرطوبة فلا يحدث تساقط عندئذ، مما يؤدي إلى زيادة رقعة المساحات الجافة كصحراء ثار في الهند.

7) **اتجاه الرياح وسرعتها :**

إذا كانت الرياح قادمة من جهات يابسة فأنها تحمل معها صفة الجفاف، فلا تؤدي إلى حصول التكاثف والتساقط كرياح سانتانا التي تهب من صحراء اريزونا وكولورادو نحو المنخفضات الجوية على طول الساحل الغربي لولاية كاليفورنيا في الولايات المتحدة الامريكية. في حين كان لهبوب الرياح الرطبة دوراً مهماً في حصول التساقط بسبب ما تحمله من رطوبة، لأنها قادمة من مسطحات مائية كالرياح الموسمية الهابة على جنوب وجنوب شرق أسيا. فضلاً عن ذلك إن لسرعة الرياح تأثير في زيادة



Scanned by CamScanner

التبخر، وهذا ما يحصل للرياح الشمالية الغربية التي تشتد سرعتها على العراق صيفاً مسببة عدة ظواهر غبارية بسبب جفاف التربة. في حين كان لانخفاض سرعة الرياح شتاءاً دوراً في قلة التبخر.

### 8) ارتفاع مدى الحرارة اليومي والسنوي :

من اسباب تكون المناطق الجافة وشبه الجافة هو صفاء السماء وجفاف الهواء اللذان يجعلان الواصل من الإشعاع الشمسي عالياً وبتركيز كبير بعكس السماء الملبدة بالغيوم وذات الهواء الرطب والتي تعمل على تخفيض الواصل من الإشعاع الشمسي. فضلاً عن ذلك يكون فقدان الإشعاع الأرضي أعلى في المناطق ذات السماء الصافية والهواء الجاف، وأقل في المناطق ذات السماء الغائمة والهواء الرطب، وهذا ينعكس بطبيعة الحال على ارتفاع المدى الحراري اليومي والسنوي في الأولى وانخفاضه في الثانية.

### العوامل البشرية :

رغم أن ظاهرة الجفاف تعود بأسبابها إلى العوامل الطبيعية المناخية، إلا أنّ هناك بعض العوامل البشرية التي تساعد في حصول هذه الظاهرة، مكونة ظاهرة التصحر Desertification التي تعني زحف المظاهر الصحراوية الجافة باتجاه المناطق شبه الجافة وشبه الرطبة . ومن هذه العوامل البشرية هي إزالة الغطاء النباتي لاسيما الغابات التي تعد أحد عوامل الحفاظ على رطوبة التربة فضلاً عن تزويد الهواء بالرطوبة عن طريق النتح، وبقطع الغطاء النباتي تتعرض التربة للجفاف كما تقل رطوبة الهواء تبعاً لذلك، فضلاً عن ارتفاع درجات الحرارة لأن الغطاء النباتي يعد عامل ملطف لها. كما أن التربة تفقد تماسكها نتيجة لتلك الظروف فتصبح مؤهلة لعمل الرياح. ولا يقتصر العامل البشري على أزالة الغطاء النباتي، وانما كان للرعي



Scanned by CamScanner

الجائر الذي يستخدمه الإنسان بسبب زيادة عدد الحيوانات أكثر من قابلية المرعى او باستخدام بعض الحيوانات، كالماعز الذي يعمل على قلع الأعشاب الطبيعية مع جذورها لاسيما في الأراضي المنحدرة دوراً في زحف الجفاف اليها. ويعد عامل تملح التربة نتيجة الري الزائد عن حاجة النبات او باستعمال الري بالغمر لاسيما في الأراضي ذات الانحدار القليل أو المستوية والتي تفتقد إلى المبازل دوراً في تغدق التربة وتبخر مياهها تاركة املاحاً ضارة بالنبات عليها، عاملة لتدهور قابلية الأرض الإنتاجية ومهيأة لزحف ظاهرة التصحر نحوها جاعلة أياها ضمن الأراضي الجافة.

فضلاً عن ذلك أن قيام الإنسان بزراعة الأراضي الهامشية الحدية في المناطق شبه الجافة ذات الأمطار القليلة والمتذبذبة دون مراعاة الأساليب المناسبة للزراعة يسبب خسائر كبيرة في الإنتاج حال عدم سقوط الأمطار، أو عدم كفايتها لحاجة النبات المزروعة بالقمح والشعير مثلاً، كما أنها تعمل على حرمان الأرض من نباتها الطبيعي الذي يشكل مرعى طبيعي للحيوانات فضلاً عما يقوم به النبات الطبيعي من تماسك للتربة، التي عمل الإنسان على حراثتها فجعلها أقل تماسكاً وأكثر جفافاً.

## السبل المقترحة لمواجهة مشكلة الجفاف :

هناك عدد من الطرق يمكن طرحها لمعالجة ظروف الجفاف والتصحر، والتي يمكن إيجازها على النحو الآتي :

1. استخدام الطرق الحديثة في الري، لاسيما الري بالتنقيط، والري بالرش، وتجنب استعمال الطرق القديمة، كالري السيحي والري بالغمر. وذلك تجنباً للهدر في المياه التي يكون الإنسان بأمس الحاجة إليها للزراعة في المناطق الجافة وشبه الجافة، فضلاً عن تجنب أعطاء المحاصيل والنباتات المزروعة أكثر من احتياجاتها المطلوبة، لأنها تسبب تملح التربة في الأراضي المستوية وذات الانحدار القليل.



Scanned by CamScanner

2. معرفة المقنن المائي لكل نبات، من أجل اعطاء الكمية المناسبة له تماشياً مع الظروف المناخية السائدة، وتلافي اعطاء كمية أكثر من حاجته.

3. زراعة مصدات للرياح توفر الحماية للمزروعات من حرارة الشمس العالية، ودرجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة، وسرعة الرياح العاتية، وتقلل من كمية التبخر / النتح منها.

4. زراعة النباتات التي تعمل على تثبيت الكثبان الرملية، وتمنعها من الوصول إلى الأراضي الزراعية (كما في استخدام الأحزمة الشجرية من الكافور لمقاومة زحف الرمال المهددة لمشروع الجزيرة بالسودان الذي يعد من أكبر المشاريع المروية في العالم، إذ يقع المشروع في منطقة جافة ذات تبخر عالي، رغم أن كمية الأمطار السنوية فيه تتراوح بين 250-400ملم، إلا أنها تسقط في شهور تموز وآب وأيلول، حيث درجات الحرارة مرتفعة، والقيمة الفعلية للأمطار قليلة. وقد تعرضت الأراضي التي تحيط بالمشروع والتي تغطي مئات الكيلومترات لتدهور مريع بفعل الجفاف الذي حدث في العقود الأخيرة من القرن العشرين. وقد أثبتت هذه التقنية نجاحها، حيث أن أشجار الكافور حمت المشروع نهائياً من زحف الرمال عليه. وأنها لم تمت رغم أن ارتفاع الرمال المحجوزة في الجانب المواجه للرياح قد فاق الثلاثة أمتار [1]).

5. زراعة النباتات التي تلائم الأحوال الجوية السائدة .

6. إنشاء حزام أخضر حول المناطق الجافة (كالحزام الأخضر الذي أنشأته سورية بالتعاون مع برنامج الغذاء العالمي WEP، في موقع البغيلية وهو أول موقع تم أنشائه في محافظة دير الزور، إذ تبلغ المساحة المشجرة نحو 3000دونم، استخدمت

---

(1) أحمد الطيب محمد وآخرون، تأسيس الأشجار في أراضي شديدة التصحر، مجلة أبحاث البيئة والتنمية المستدامة، المجلد الأول، العدد الأول، 1998، ص23 .



Scanned by CamScanner

فيه أنواع حراجية ابتداءً من موسم 1982-1983 في المرحلة الأولى، وبعد ذلك تم إدخال أنواع مثمرة ابتداءً من عام 1986، وهناك موقع عياش على بعد 7كم غربي مدينة دير الزور، تبلغ المساحة الإجمالية للموقع نحو 1500دونم وقد بدأت أعمال التشجير في الموقع عام 1986. وهناك موقع آخر هو طريق الشام الذي يقع إلى الغرب من طريق ديرالزور – تدمر – دمشق. انشئ هذا الموقع عام 1986، وهو ذو مساحة تبلغ 5000 دونم، وأهم الأنواع الحراجية المستخدمة في هذه المواقع هي الصنوبر البروتي، والصنوبر الثمري، والسرو دائم الأخضرار العمودي، والسرو دائم الأخضرار الأفقي، والازدرخت، والكازورينا، والكالبتوس، والبطم الأطلسي، والنخيل الثمري، والصنوبر الحلبي، والغلاديشيا، وزهرة العنقود. وقد نجح هذا الحزام الأخضر في هذه المناطق على حفظ وصيانة التنوع البيولوجي فيها) [1].

7. استخدام عملية الاستمطار، إذ قد تمر أيام غائمة في المناطق الجافة، وشبه الجافة دون أن تسقط منها قطرة واحدة إلى سطح الأرض، لذا يمكن استخدام هذه الطريقة في هذه المناطق التي هي بأمس الحاجة للأمطار، وهي إسقاط المطر اصطناعياً عن طريق تدخل الإنسان في تغيير صفات الغيوم من أجل إسقاط ما بها من رطوبة .

8. استخدام طرق الزراعة الجافة، والتي يمكن أن يحقق تطبيقها نجاحاً كبيراً في المناطق شبه الجافة أكثر من المناطق الجافة، إذ أن الزراعة الجافة تحتاج إلى كمية من الرطوبة في التربة، لذلك فأن كل الفعاليات المستخدمة في الزراعة الجافة

---

(1) إبراهيم حنا وعامر مجيد آغا، دور التشجير الحراجي الوقائي في صيانة التنوع الحيوي في المنطقة الشرقية والشمالية الشرقية من القطر العربي السوري، مجلة أبحاث البيئة والتنمية المستدامة، المجلد الثاني، العدد الثاني، 1999، ص54، 59، 60 .



Scanned by CamScanner

تهدف إلى استغلال هذه الرطوبة أقصى استغلال وذلك بتقليص الهامش الذي يستخدمه التبخر ومن هذه الطرق[1]:

أ- **طريقة التبوير**: وهي من الطرائق التقليدية المتبعة في الزراعة الجافة، إذ تترك الأرض لسنة أو أكثر دون زراعة لاستعادة التربة رطوبتها التي فقدتها في الموسم الزراعي السابق. فلو تركت الأرض بدون زراعة فأن الأمطار الساقطة ستصبح جزءً من رطوبة التربة فإذا ما جفت الطبقة العليا من التربة فانها ستكون عازلاً بين حرارة الجو وطبقات التربة الرطبة الأخرى.

ب-**زراعة المناطق المنخفضة في المناطق الجافة وشبه الجافة** : وهي من الطرائق التقليدية، حيث يقوم الفلاحون بزراعة المناطق المنخفضة لأنه عندما تسقط الأمطار فأن المنخفضات تتجمع فيها الأمطار المنصرفة من المناطق المجاورة وبذلك فانها تستلم كميات من المياه أكثر بثلاثة أو أربعة أضعاف ما تستلمه المناطق المجاورة. وبذلك تكون رطوبة التربة في هذه المناطق أكثر من المناطق المجاورة مما يساعد ذلك على أنجاح العملية الزراعية.

ج- **ترك بقايا النبات في الحقل**: وهي من الفعاليات الحديثة، إذ أثبتت البحوث العلمية فعاليتها، إذ أن ترك بقايا النبات في الحقل بعد جني المحصول يعد أحدى الطرق الحديثة المستخدمة في تقليل التبخر من سطح التربة. فالبقايا النباتية ستكون طبقة عازلة بين حرارة الجو وسطح التربة مما يقلل كثيراً من التبخر المباشر من سطح التربة. وبذلك يمكن أن تحتفظ التربة بكميات من الرطوبة يمكن استخدامها فيما بعد لإنجاح العملية الزراعية.

د- **تقليل الحراثة** : أثبتت البحوث أن تقليل الحراثة إلى أقل حد ممكن عن طريق تقليل

---

(1) نصي عبد المجيد السامرائي وعبد مخور نجم الربحاني، جغرافية الأراضي الجافة، مصدر سابق، ص266-270.



Scanned by CamScanner

عدد مرات الحراثة وتقليل عمقها أو الاستغناء عنها أحياناً يؤدي إلى الحفاظ على كمية كبيرة من رطوبة التربة لاسيما أثناء الموسم الزراعي، وذلك لأن الحراثة هي عملية قلب التربة الرطبة التي في الاسفل وتعريضها للتبخر المباشر فتصبح التربة الجافة التي كانت على السطح في العمق، وبذلك تعمل على تبخر رطوبة التربة العميقة التي لم يكن ليصل إليها لولا الحراثة .

هـ - **التهجين** : وهو من أكثر طرائق الزراعة الجافة أهمية وتأثيراً. فالتهجين انتخاب نوع من النباتات بمواصفات خاصة تكون ملائمة للمنطقة التي يزرع فيها. إذ ان النبات المطلوب في المناطق الجافة وشبه الجافة هو النبات الذي يستهلك اقل كمية ممكنة من المياه مع بقاء إنتاجيته عالية. وأفضل مثال على ذلك هو الحنطة المكسيكية القصيرة.

و-**استخدام الدورة الزراعية (الزراعة الكثيفة)** : وهي من الطرائق الحديثة في الزراعة الجافة، حيث يتم زراعة الأرض لسنة كاملة، وعندما ينتهي المحصول يتم زراعة محصول آخر مكانه بعدما يتم انتخاب منتوجات زراعية تلائم طبيعة المنطقة، وبعد ذلك تترك الأرض من أجل أعادة رطوبتها التي فقدتها خلال الدورة الزراعية. وهذه الطريقة تمثل استغلالاً جيداً للأرض إضافة إلى زيادة إنتاجيتها.

## الزراعة في المناطق الجافة وشبه الجافة:

يوجد تباين واضح في الزراعة فيما بين المناطق الجافة والمناطق شبه الجافة، ففي المناطق الجافة Arid Lands لا يمكن أن تتم الزراعة إلا بوجود مياه الري التي تعد شريان الحياة في هذه المناطق. وذلك لأن الأمطار قليلة جداً لا تفي باحتياجات المحاصيل الزراعية. لذا وجدت الزراعة حيث وجدت الأنهار، كنهر النيل في مصر، ونهري دجلة والفرات في العراق، ونهر السند في باكستان. وأقيمت عدد من السدود



Scanned by CamScanner

والخزانات على مثل هذه الأنهار لاستغلال مياهها وتنظيمها كسدة الهندية ومشروع الثرثار والحبانية في العراق، والسد العالي والقناطر الخيرية في مصر، فضلاً عن ذلك يمكن ان تقوم الزراعة في المناطق الجافة اعتماداً على مياه الواحات والآبار ولكن على نطاق محدود وتحدده وفرة المياه الجوفية، كما في المملكة العربية السعودية التي نجحت بعض المشاريع الزراعية المعتمدة على تلك المياه.

إن أحسن الأمثلة على استغلال الأرض زراعياً في المناطق الجافة هو في العالم الجديد، إذ تم الاهتمام بمشاريع الري بشكل كبير لاسيما في الولايات المتحدة واستراليا. حيث أن قناة كل الأمريكيين All Americans، والتي تم العمل فيها عام 1942 ساعدت على تطوير الزراعة في وادي امبريال في ولاية كاليفورنيا، إذ بلغت المساحة المزروعة في هذه المنطقة بالنخيل نحو 2429هكتار، وما يزيد عن 2843هكتاراً بالعنب الخالي من البذور، وخصص 1000هكتار لزراعة العلف، والبرسيم وأعشاب الرعي لتربية الحيوانات الموجودة عند المزارعين، هذا فضلاً عن 25900هتكار خصصت لزراعة الخضر المعدة للتصدير، و 11331هكتار خصصت لزراعة القطن، و13759هكتار لزراعة بنجر السكر. ولإنجاح هذا المشروع فقد تم بناء عدة سدود على نهر كولورادو لخدمة المنطقة بما فيها ولايات اريزونا وكاليفورنيا مثل سد ياما وسد هوفر وسد باركر وسد ديفز، كما تم زراعة حوالي 7700هكتار بمحاصيل التمور والزيتون والعنب والحمضيات والقطن في مدينة فينكس عاصمة ولاية اريزونا[1].

أما في المناطق شبه الجافة فأنه يمكن الاعتماد على الري ومياه الآبار في الزراعة، كما يمكن الاعتماد على الأمطار إذا ما روعي تطبيق الطرق والأساليب العلمية والمناسبة في الزراعة لاسيما استخدام طرق الزراعة الجافة التي جاءت بنتائج

---

(1) قصي عبد المجيد السامرائي وعبد محور نجم الريحاني، جغرافية الأراضي الجافة، مصدر سابق، ص272.



Scanned by CamScanner

جيدة عند استخدامها في هذه المناطق، وخصوصاً أن الأمطار الساقطة في هذه المناطق شبه الجافة تكون أكثر من أمطار المناطق الجافة. إلا أنه رغم ذلك ان اعتماد السكان على الأمطار يشوبه مخاطر كبيرة للمحاصيل المزروعة كماً ونوعاً. إذ ربما تسقط أمطار غزيرة في سنوات معينة فيزدهر الإنتاج فيها، ولكن فجأة ولبعض المواسم والسنين تقل الأمطار بدرجة كبيرة فتسبب خسائر فادحة للمحاصيل الزراعية، إذ أن الأمطار في هذه المناطق رغم قلتها فانها تتصف بالتذبذب الكبير وعدم الانتظام.

ولو اخذنا أحد محطات العراق ولتكن كركوك(*) مثلاً لوجدنا فيها تذبذباً كبيراً في مقدار أمطارها السنوية، فأمطارها خلال المدة 1977-2007 تراوحت ما بين 669,4 ملم سنة 1992 وبين 173,1 ملم سنة 2007، وكان مقدار الفرق بينهما نحو 496,3ملم،وانخفضت كمية الأمطار السنوية الساقطة في العقد الأول من القرن الحادي والعشرين عن العقود السابقة له انخفاضاً كبيراً كما يتضح ذلك من سنة 2007، فضلاً عن ذلك لا يقتصر تذبذب كمية الأمطار الساقطة سنوياً فقط. فلو أخذنا المعدلات الشهرية لوجدنا أن قمة الأمطار الساقطة في بعض السنوات كانت خلال شهر كانون الثاني كسنة 1982 نحو 125,1، وسنة 2004 نحو 125,0ملم، وفي بعض السنين كانت الذروة في شهر شباط كسنة 1985 نحو 101,1ملم، وسنة 1990 نحو 107,7ملم. وفي بعضها الآخر كانت قمة الأمطار خلال شهر آذار كسنة 1989 نحو 116,8 ملم، وسنة 1988 نحو 103,7ملم وبعضها الآخر كان شهر نيسان هو شهر الذروة كسنة 1993 نحو 122,5ملم، كما قد تكون ذروة الأمطار في شهر كانون الأول كما في سنة 1977 نحو 83,3ملم، وسنة 1978 نحو 63,6ملم، وسنة 1981 نحو 104,4ملم، وسنة 1987، نحو 123,5ملم، وسنة 2002 نحو

(*) تعد محطة كركوك من محطات المناطق شبه الجافة وفقاً لتصنيف كوبن Bsh .



Scanned by CamScanner

180,5ملم، كما أن بعض السنوات تكون ذروة تساقطها الشهري في شهر تشرين ثاني كما في سنة 1984 نحو 136,0ملم، وسنة 1992 نحو 157,9ملم، وسنة 1997 نحو 119,7ملم، فضلاً عن ذلك أن التذبذب الشهري قد وصل حداً كبيراً إذ بلغ ما بين 20,4ملم سنة 1985 ونحو 148,8ملم سنة 1996 خلال شهر كانون ثاني. وما بين 14,2ملم سنة 1996 ونحو 191,9ملم سنة 2006 خلال شهر شباط. وما بين 0,2 ملم سنة 2006 ونحو 116,8ملم سنة 1989 خلال شهر آذار. اما في شهر نيسان فتراوحت كمية الأمطار الساقطة بين أقل من واحد ملم سنة 1989 ونحو 122,5ملم سنة 1993. وفي شهر مايس تراوحت بين الصفر سنة 1992 وسنة 1998 ونحو 66,0ملم سنة 1993. وفي شهر تشرين ثاني تراوحت بين أقل من واحد ملم سنة 2007 ونحو 157,9 ملم سنة 1992. وفي شهر كانون أول تراوحت كمية الأمطار الساقطة بين 2,4ملم سنة 1998، ونحو 180,5ملم سنة 2002[1].

وهناك دولاً عديدة يمكن أن تكون مثالاً واضحاً عن تعرضها لجفاف خطير ضمن المناطق شبه الجافة فدول الساحل الأفريقي أصابها جفاف خطير استمر عدة سنوات ومدة بعد مدة أدى إلى انتشار المجاعة فيها إذ أن الأمطار الساقطة كانت قليلة لا تكفي لقيام موسم زراعي ناجح، كما أن الجفاف الذي حصل في وسط الغرب الأمريكي في الثلاثينات من القرن العشرين يعد خير مثال على ما يمكن أن يحدث في المناطق شبه الجافة. فقد ادى الجفاف إلى أن تسود المنطقة عواصف ترابية وحصل فشلاً متعاقباً للمواسم الزراعية مما دفع المستوطنين إلى الهجرة إلى المناطق المجاورة الأخرى تخلصاً من الضائقة الاقتصادية[2].

---

(1) الهيئة العامة للأنواء الجوية، قسم المناخ، بيانات غير منشورة.

(2) نصي عبد المجيد السامرائي وعبد مخور نجم الريحاني، جغرافية الأراضي الجافة، مصدر سابق، ص275-276.



Scanned by CamScanner

**دلائل الجفاف :**

يعد خط المطر المتساوي 250ملم حداً فاصلاً للمناطق الجافة، كما يعد الخط المطري 400ملم حداً للمناطق شبه جافة في الصحراء الكبرى، ومن الخطأ تعميم هذين الحدين لجميع انحاء العالم للاختلاف في الظروف الجوية الأخرى[1]، لذا استنبط العلماء معادلات رياضية كدلائل للجفاف أو الرطوبة او القيمة الفعلية للامطار بالاعتماد على عناصر المناخ المختلفة لاسيما الحرارة، والإمطار، والرطوبة، والرياح، والتبخر، وسيتم التطرق لمعظم هذه المعادلات على النحو الآتي:

## 1- معامل لانج Lang :

وضع لانج معامل المطر Rain Factor وفقاً للمعادلة البسيطة الآتية[2]:

$$F = \frac{N}{T}$$

إذ أن :

F = معامل المطر .

N = مجموع التساقط (ملم) سنوياً .

T = معدل الحرارة السنوي ( °م) .

ووضع صيغة نتائج المعادلة على أربعة أصناف وعلى النحو الآتي: (جدول 32) .

---

(1) صادق جعفر الصراف، مصدر سابق، ص172 .

(2) عادل سعيد الراوي وقصي عبد المجيد السامرائي، المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص115.



Scanned by CamScanner

## جدول (32) أصناف معامل المطر وفقاً لمعادلة لانج

| معامل لانج | صفة المنطقة |
|---|---|
| صفر – 10 | شديد الجفاف |
| 10 – 40 | جاف |
| 40 – 160 | شبه رطب |
| 160 فأكثر | رطب |

مثال : إذا كان معدل درجة الحرارة ، ومعدلات الأمطار الشهرية والسنوية، كما في جدول (33) جد معامل لانج لهذه المحطة .

**جدول (33)معدل درجات الحرارة الاعتيادية (°م)، ومعدل الأمطار (ملم) ومعدل الرطوبة النسبية (٪) الشهرية والسنوية للمدة 1971-2007 لمحطة بغداد**

| العنصر | ك2 | شباط | آذار | نيسان | مايس | ن حزيران | تموز | آب | أيلول | ت1 | ت2 | ك1 | المعدل |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| درجة الحرارة (°م) | 9.2 | 11.8 | 16.7 | 22.5 | 28.6 | 32.5 | 34.8 | 34.2 | 30.3 | 24.1 | 15.95 | 10.7 | 22.6 |
| المطر (ملم) | 27.4 | 19.4 | 22.6 | 16.1 | 3.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.87 | 12.5 | 21.2 | 125.3 |
| الرطوبة النسبية (٪) | 72.6 | 61.5 | 52.0 | 22.9 | 31.9 | 24.6 | 24.2 | 26.7 | 30.6 | 40.8 | 56.8 | 71.2 | 44.7 |

المصدر : الهيئة العامة للأنواء الجوية، قسم المناخ، بيانات غير منشورة .



Scanned by CamScanner

الجواب:

$$F = \frac{N}{T}$$

$$F = \frac{125.3}{22.6}$$

$$= 5.5$$

وفقاً لمعامل لانج 5,5 فأن المحطة تقع ضمن منطقة شديدة الجفاف.

2- معامل دي مارتون De Martone

وضع دي مارتون سنة 1926 معامل الجفاف I وفقاً للمعادلة الآتية[1] :

$$I = \frac{N}{T + 10}$$

إذ أن :

N = مجموع التساقط السنوي .

T = معدل الحرارة السنوي ( °م) .

واستناداً إلى هذه المعادلة قسم العالم إلى خمسة مناطق كما في جدول(34).

(1) صادق جعفر الصراف، مصدر سابق، ص174 .



Scanned by CamScanner

جدول (34)معامل الجفاف ، والغطاء النباتي الطبيعي ووصف المنطقة وفقاً لمعادلة دي مارتون

| معامل الجفاف | الغطاء النباتي الطبيعي | وصف المنطقة |
|---|---|---|
| أقل من 5 | السهوب والصحاري | جافة |
| 9,9 – 5 | الزراعة الجافة (الديمية) | شبه جافة |
| 19,9 – 10 | الأعشاب | شبه رطبة |
| 29,9 – 20 | الأشجار | رطبة |
| 30 أو أكثر | الغابات | رطبة جداً |

مثال : جد معامل دي مارتون وفقاً لمعدلات الحرارة والأمطار في جدول (33) ، لمحطة بغداد .

الجواب :

$$I = \frac{N}{T+10}$$

$$= \frac{125.3}{22.6} = 3.8$$

أذن المحطة تقع ضمن السهوب والصحاري فهي جافة وفقا لمعامل دي مارتون.

3- معادلة شرف :

اقترح شرف عام 1951 في دراسة لمعدلات معامل المطر الفعال بضمنها معادلتي كوبن، ودي مارتون، معادلة أطلق عليها تسمية متوسط المعادلات ذات الصيغة الآتية[1]:

(1) حارث عبد الجبار حميد الضاحي، الأمطار في العراق (دراسة في المناخ التطبيقي)، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية، 1989، ص177 .



Scanned by CamScanner

$$E = \frac{P}{T+9}$$

إذ أن :

E = معامل المطر الفعال .

P = كمية الأمطار السنوية (ملم) .

T = المعدل السنوي لدرجات الحرارة ( °م) .

مثال : جد معامل شرف وفقاً لمعدلات الحرارة والأمطار في جدول (33) لمحطة بغداد .

الجواب :

$$E = \frac{125.3}{22.6+9}$$

$$=3.97$$

أن المحطة تقع ضمن المناطق الجافة وفقاً لمعامل شرف.

4- دليل إيفانوف Evanov

انطلق العالم الروسي إيفانوف من أن كمية المطر السنوي لا تحدد درجة رطوبة التربة، بل تعتمد على متغيرات أخرى كالتبخر الممكن، ويتطلب هذا دراسة الظروف المناخية الأخرى كدرجات الحرارة والرطوبة النسبية، وفقاً لذلك وضع أيفانوف دليله وفق المعادلة الآتية[1]:

$$K = \frac{r}{E}100$$

إذ أن :

K = دليل الرطوبة .

r = كمية التساقط / ملم .

E = التبخر (ملم) ويستخرج من معادلة ايفانوف الآتية :

(1) فاضل الحسني ومهدي الصحاف، أسياسات علم المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص97.



Scanned by CamScanner

$$E_o = 0.0018\,(t+25)^2(100-a)$$

إذ أن :

t = معدل درجة الحرارة ( °م) .

a = معدل الرطوبة النسبية ٪ .

ووضع ايفانوف تحديد درجة جفاف أقاليم العالم المناخية من مقارنة قيمة K الشهرية فإذا كانت قيمة K أقل من 100٪ فأن مناخ المنطقة لا يكون رطباً بشكل دائم، وعند تفاوت قيمة K بين 25٪ - 100٪ في جميع شهور السنة فيصنف مناخ المنطقة بأنه شبه جاف (جاف نسبي). أما إذا كانت قيمة K أقل من 25٪ في جميع أشهر السنة فيعد المناخ جافاً جداً (دائم الجفاف) .

مثال : جد دليل الرطوبة وفقاً لمعادلة ايفانوف وطبقاً لمعلومات درجات الحرارة والأمطار والرطوبة النسبية ٪ لمحطة بغداد للمدة 1971-2007 في جدول (33) .

الجواب :

أولاً : نستخرج التبخر وفق معادلة ايفانوف الآتية :

$$E_o = 0.0018\,(t+25)^2(100-a)$$

وكانت النتائج كما في جدول (35).

ثانياً : تستخرج قيمة K وفق المعادلة:

$$K = \frac{r}{E}100$$



Scanned by CamScanner

جدول (35)معدلات التبخر وقيمة K لمحطة بغداد خلال المدة 1971-2007
وفقاً لمعادلة ايفانوف

| الشهور | ك2 | شباط | آذار | نيسان | مايس | حزيران | تموز | آب | ايلول | ت1 | ت2 | ك1 | المجموع |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| معدلات التبخر (ملم) | 57.7 | 93.8 | 150.2 | 231.9 | 352.2 | 448.7 | 487.9 | 462.4 | 382.02 | 256.9 | 130.4 | 66.1 | 1120.2 |
| قيمة K | 47.5 | 20.7 | 15.1 | 6.9 | 0.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.1 | 9.6 | 32.1 | |

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على جدول (33) ومعادلات ايفانوف للتبخر، والجفاف.

من خلال نتائج جدول (35) يتبين أن قيمة K كانت بين 25٪-100٪ خلال شهري كانون الثاني وكانون الأول، لذا يعد هذان الشهران بانهما ذا جفاف نسبي، في حين كانت بقية الشهور من شهر شباط إلى شهر تشرين الثاني ذات قيمة أقل من 25٪، حتى أن المدة من شهر حزيران إلى شهر أيلول كانت قيمة K صفرا، وفقاً لذلك تعد هذه الشهور العشرة بأنها ذات مناخ جاف جداً أي دائم الجفاف .

## 5- معامل جفاف كابوت ري Capot Rey

تمكن العالم الفرنسي كابوت ري من تحديد معامل الجفاف طبقاً لمعطيات المحطات المنتشرة في الصحراء الكبرى، كما تمكن من الوصول إلى نتائج القيمة الفعلية للأمطار Rainfall Efficiency وفق المعادلة الآتية[1]:

$$I = [\ (100\ P/E) + (12\ Pm/e)\ ] \div 2$$

إذ أن :

I= القيمة الفعلية للامطار.

P= معدل المطر السنوي / ملم.

(1) كنيث والطون، الاراضي الجافة، ترجمة علي عبد الوهاب شاهين، منشأة المعارف، الاسكندرية، 1990، ص24.



Scanned by CamScanner

E = التبخر السنوي / ملم.

Pm = كمية المطر لأغزر الشهور مطراً (ملم).

e = التبخر من أغزر الشهور مطراً (ملم).

وقد وجد أن أوطأ نتائج هذه المعادلة تظهر في المحاطات ذات التساقط الصيفي أو الفصل الدافئ وتقع هذه النتائج بين (4-5) على حدود النطاق الصحراوي[1].

مثال : جد معامل الجفاف لمحطة بغداد وفقاً لمعادلة كابوت ري إذا كانت كمية الأمطار السنوية نحو 125,3ملم، وكمية التساقط في شهر كانون ثاني نحو 27,4ملم، وكانت معدلات التبخر السنوية وفقاً لمعادلة ايفانوف نحو 3120,2ملم، وكمية التبخر في اغزر الشهور مطراً وهو كانون ثاني نحو 57,7ملم .

الجواب:

$$I = [\ (100 \times 125.3/3120.2) + (12 \times 27.4/57.7)\ ] \div 2 = 4.86mm$$

**6- معامل ستينز Stenz :**

استخرج ستينز معامل الجفاف D في أفغانستان وفق المعادلة الاتية[2]:

$$D = \frac{E}{R}$$

إذ أن : E = المعدل السنوي للتبخر / نتح الممكن (ملم) .

R = المعدل السنوي للتساقط (ملم).

فإذا كانت نتيجة المعادلة أقل من (6) فقد اعتبر ستينز المنطقة معتدلة الجفاف، وإذا تراوحت بين (6-20) اعتبرها من البوادي (شبه جافة)، وإذا كانت أكثر من (20) فاعتبرها ضمن الصحاري، أي منطقة جافة.

---

(1) فاضل الحسني ومهدي الصحاف، اساسيات علم المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص98 .

(2) صادق جعفر الصراف، مصدر سابق، ص178 .



Scanned by CamScanner

مثال : جد معامل ستينز للجفاف لمحطة الناصرية التي تقع على دائرة عرض 31.08° شمالاً، وكانت معدلات الحرارة الاعتيادية والأمطار كما في جدول(36).

**جدول (36)معدلات الحرارة الاعتيادية (°م) والأمطار الساقطة (ملم) في محطة الناصرية للمدة 1978-2008**

| الشهور | ك2 | شباط | آذار | نيسان | مايس | حزيران | تموز | آب | أيلول | ت1 | ت2 | ك1 | المعدل |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| درجة الحرارة (°م) | 11.9 | 14.4 | 19.2 | 25.2 | 31.8 | 35.6 | 37.5 | 36.8 | 33.5 | 27.4 | 19.1 | 13.3 | 25.5 |
| الأمطار (ملم) | 26.6 | 16.9 | 20.2 | 12.97 | 3.6 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 7.8 | 15.4 | 20.3 | 124.6 |

المصدر : الهيئة العامة للأنواء الجوية، قسم المناخ، بيانات غير منشورة .

استخدمت معادلة نجيب خروفة لاستخراج التبخر / النتح الممكن وكانت النتائج كما في جدول (37) .

**جدول (37)معدلات التبخر / نتح الممكن وفقاً لمعادلة نجيب خروفة في محطة الناصرية للمدة 1978-2008**

| الشهور | ك2 | شباط | آذار | نيسان | مايس | حزيران | تموز | آب | أيلول | ت1 | ت2 | ك1 | المجموع |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| التبخر/نتح الممكن | 63.6 | 76.8 | 133.9 | 201.8 | 297.7 | 344.8 | 369.5 | 348.8 | 278.6 | 205.4 | 114.4 | 70.5 | 2505.8 |

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على جدولي (36 و 18) ومعادلة نجيب خروفة لاستخراج التبخر / النتح الممكن .

تطبيق المعادلة :

$$D = \frac{E}{R} = \frac{2505.8}{124.6} = 20.1mm$$

بما أن معامل ستينز للجفاف بلغ 20.1mm في محطة الناصرية، لذا أن المحطة



Scanned by CamScanner

تنخ في منطقة جافة صحراوية.

7- معامل جفاف ماير Meyer :

استعاض ماير (1926) عن التبخر بالنقص في التشبع وفقاً للمعادلة الآتية[1]:

$$I = \frac{N}{E - e}$$

إذ أن :

I = معامل الجفاف .

N = السواقط السنوية (ملم) .

E – e = النقص في التشبع (ملم/ زئبق) .

مثال : استخرج معامل جفاف ماير إذا كان المعدل السنوي لدرجة الحرارة العظمى لمحطة بغداد نو 30,6°م، والمعدل السنوي لدرجة الحرارة الصغرى نحو 14,8 °م، وكانت كمية التساقط نحو 125,3ملم، ومقدار الرطوبة النسبية نحو 44,7٪ للمدة 1971-2007 .

الجواب :

يستخرج النقص في التشبع على النحو الآتي :

معدل درجة الحرارة هو : $= \frac{14.8 + 30.6}{2} = 22.7$

من جدول (21) يتبين أن : E=27.3m bar

أما قيمة e فتستخرج من المعادلة الآتية: $e = \frac{E * RH}{100} = 12.2\,m\,bar$

إذ أن RH= الرطوبة النسبية

---

(1) صادق جعفر الصراف، مصدر سابق، ص179 .



Scanned by CamScanner

$E-e = 27.3 - 12.2 = 15.1$ m bar

وبما أن كل واحد ملم = 1.333 مليبار

أذن :

$$\frac{15.1}{1.333} = 11.3mm$$

الآن تطبق معادلة ماير :

$$I = \frac{N}{E-e} = \frac{125.3}{11.3} = 11.1mm$$

(فإذا كان نتيجة المعادلة أقل من 44 تحدد المنطقة ضمن المناخ الجاف، وإذا كانت النتيجة أقل من 89 فتحدد المنطقة ضمن المناخ شبه الجاف) [1]، وبما أن معامل ماير المستخرج بلغ 11.1، فالمحطة تقع ضمن المناخ الجاف.

**8- معامل كوبن للجفاف** Koppen :

حاول كوبن مقارنة حدود المناطق الجافة مناخياً بحدود النبات الطبيعي فأوجد معادلة رياضية يحسب على أساسها معامل الجفاف، معتمداً بذلك على درجة الحرارة والأمطار، وأعطى أهمية للفصل الذي تسقط فيه الأمطار فأوجد معادلة خاصة لكل فصل وعلى النحو الآتي [2]:

حدود المناطق شبه الجافة أو البوادي(BS):

1. للمناطق التي يكون 70٪ من تساقطها خلال نصف السنة الشتوي : $r \leq 2t$
2. للمناطق التي يكون 70٪ من تساقطها خلال نصف السنة الصيفي : $r \leq 2(t+14)$
3. للمناطق ذات التساقط الموزع على مدار السنة : $r \leq 2(t+7)$

---

(1) فاضل الحسني ومهدي الصحاف، أساسيات علم المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص96.

(2) نفس المصدر، ص96.



Scanned by CamScanner

إذ أن :

r = التساقط (سم) .

t = معدل درجة الحرارة السنوية ( °م) .

أما حدود المناطق الجافة أو الصحاري (BW) فقام كوبن بحذف رقم (2) من المعادلات السابقة فأصبحت على النحو الآتي :

1- للمناطق التي يكون 70٪ من تساقطها خلال نصف السنة الشتوي : $r \leq t$

2- للمناطق التي يكون 70٪ من تساقطها خلال نصف السنة الصيفي :

$r \leq (t+14)$

3- للمناطق التي يكون التساقط فيها على مدار السنة : $r \leq (t+7)$

فضلاً عن ذلك وضع كوبن رمز h إذا كان المعدل السنوي للحرارة 18م° فأكثر ورمز K إذا كان المعدل السنوي للحرارة أقل من 18م°.

مثال : ما هو معامل جفاف كوبن لمحطة بغداد إذا كان معدل درجة حرارتها الاعتيادية السنوي نحو 22,6°م، وكمية التساقط السنوية نحو 12,5سم، علماً أن التساقط فيها يكون في النصف الشتوي من السنة .

الجواب :

بما أن كمية التساقط أقل من درجة الحرارة فأن المحطة تقع في منطقة جافة، رمزها يكون (Bwh) .

مثال آخر : ما هو معامل جفاف كوبن لمحطة كركوك إذا كان معدل درجة حرارتها الاعتيادية السنوي نو 23,3°م، وكمية التساقط السنوية فيها نحو 35,65سم، والتساقط فيها يكون في النصف الشتوي من السنة.

الجواب :

بما أن كمية التساقط أكثر من درجة الحرارة فأن المحطة لا تقع في منطقة جافة،



Scanned by CamScanner

لذا تطبق المعالة الخاصة بالمناطق شبه الجافة الآتية:

$$P \leq 2t$$
$$35.65 \leq 2(23.3)$$
$$35.65 \leq 46.6$$

أذن المحطة شبه جافة لأن كمية التساقط المستخرجة هي أقل من ضعف درجة الحرارة، لذا يكون رمزها (BSh) .

## 9- معامل سلخوزبروم Selkozprom :

درست شركة سلخوزبروم الموارد المائية، والتربة، والتساقط في العراق، وتوصلت إلى تقسيمه إلى عدة أقاليم، وحددت لكل إقليم معامل مطري خاص به وفي أمثلتنا عن كركوك وبغداد والناصرية فأن معامل مطرها كان على النحو الآتي:

**جدول (38)معامل المطر الفعال (ملم) وفق شركة سلخوزبروم الروسية لمحطات كركوك وبغداد والناصرية**

| الشهور | آذار | نيسان | مايس | حزيران | تموز | آب | أيلول | ت1 | ت2 | ك1 | المجموع السنوي |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| معامل كركوك | 0.60 | 0.65 | 0.75 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.70 | 0.65 | 0.60 | 5.1 |
| معامل بغداد | 0.75 | 0.75 | 0.80 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.70 | 0.70 | 0.65 | 5.7 |
| معامل الناصرية | 0.75 | 0.80 | 0.80 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.70 | 0.70 | 0.65 | 5.8 |

**المصدر:** *SSRV/O Selkozprom export, general Scheme of Water resources and land development in Iraq, ministry of irrigation, VolumeIII, Book1, 1982, P.33.*

## 10-معادلة ميز واندروز Maze and Androws :

يحدد جفاف الأشهر وفقاً لصيغة المعادلة الآتية[1] :

(1) صادق جعفر الصراف، مصدر سابق، ص183.



Scanned by CamScanner

$$I = \frac{r}{t+10}$$

إذ أن :

r = المعدل الشهري للأمطار (ملم) .

t = المعدل الشهري لدرجات الحرارة ( °م) .

ويعد الشهر جافاً إذا كانت نتيجة العلاقة أقل من واحد .

مثال : من جدول (33) جد معامل ميز واندروز الشهري لمحطة بغداد .

الجواب :

**جدول (39)معامل ميز واندروز الشهري لمحطة بغداد.**

| الشهور | ك2 | شباط | آذار | نيسان | مايس | حزيران | تموز | آب | أيلول | ت1 | ت2 | ك1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| معامل الجفاف | 1.4 | 0.9 | 0.85 | 0.5 | 0.09 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.08 | 0.05 | 1.02 |

**المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على جدول (33) ومعادلة ميز واندروز .**

أن الشهور من شباط إلى تشرين ثاني والتي تبلغ عشرة أشهر كان معاملها دون الواحد، لذا تعد هذه الشهور جافة في محطة بغداد خلال المدة 1971-2007، في حين كان كل من شهري كانون ثاني وكانون أول معاملهما اكثر قليلاً من واحد، لذا يعدان شهران غير جافان. وتعد الشهور من حزيران إلى أيلول من أكثر الشهور جفافاً لأن معاملها كان صفراً.



Scanned by CamScanner

**11-علاقة سكاتا** Scatta :

وضع سكاتا معادلة لتحديد الشهر الجاف عبر العلاقة الآتية[1]:

$$\frac{r}{t+10} \geq 1.66$$

من تطبيق معادلة سكاتا، ونتائج جدول (39) يظهر أن جميع شهور السنة في محطة بغداد كانت أقل من 1,66، لذا تعد جميع هذه الشهور جافة.

**12-معامل جفاف كوسن ووالتر الشهري** Gaussen and Walter :

أنطلق كل من كوسن سنة 1952 في غرب البحر المتوسط ووالتر سنة 1955 في تركيا من نظرة بيئية للنبات وحددوا فترة الجفاف استناداً للمعادلة التالية[2]:

$$r = 2t$$

إذ أن :

r = السواقط الشهرية (ملم).

T = المعدل الشهري لدرجات الحرارة ( °م) .

وكانت نتائج التطبيق على محطة بغداد في جدول (33) كما يلي :

**جدول (40) معامل جفاف كوسن ووالتر لمحطة بغداد.**

| الشهور | ك2 | شباط | آذار | نيسان | مايس | حزيران | تموز | آب | أيلول | ت1 | ت2 | ك1 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| معامل الجفاف | رطب | جاف | جاف | جاف | جاف | جاف | جاف | جاف | جاف | جاف | جاف | جف |

**المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على جدول (33) ومعالة كوسن ووالتر .**

من خلال تطبيق معادلة كوسن ووالتر على محطة بغداد ظهر أن كافة شهور السنة كانت جافة لأن تساقطها أقل من ضعف الحرارة، عدا شهر كانون ثاني الذي كان أكثر من ضعف درجة الحرارة .

---

(1) نفس المكان .

(2) المصدر نفسه، ص184 .



Scanned by CamScanner

الفصل الثامن

# الموازنة المائية المناخية

## *Climatic Water Budget*

- ✓ مفهوم الموازنة المائية المناخية .
- ✓ طرق استخراج الموازنة المائية المناخية .
- ✓ أهمية الموازنة المائية المناخية .

Scanned by CamScanner

# الموازنة المائية المناخية

## *Climatic Water Budget*

### مفهوم الموازنة المائية المناخية :

يمكن توضيح مفهوم الموازنة المائية المناخية من نظرة مناخية زراعية بأنها العلاقة بين كمية المياه التي يحتاج إليها المحصول وكمية الأمطار الساقطة خلال فترة نموه[1]، وترتبط حاجة المحاصيل الزراعية ارتباطاً وثيقاً بعملية التبخر/ نتح، والتي ترتبط بتأثير عناصر المناخ المختلفة متمثلة بالإشعاع الشمسي ودرجات الحرارة والضغط الجوي والرياح سرعةً واتجاهاً والرطوبة النسبية.

كما يمكن صياغة مفهوم آخر بسيط للموازنة المائية المناخية بأنها تمثل العلاقة بين كمية التساقط من جهة ومقدار التبخر / النتح الممكن من جهة أخرى. وبهذا المفهوم تخضع الموازنة المائية المناخية لتأثير مختلف العناصر المناخية السائدة عن طريق تأثيرها على مقدار التبخر / النتح الممكن.

ونتيجة لأن كمية التساقط، لا يتمكن النبات من الاستفادة منها بأجمعها، لذا ظهر مفهوم آخر للموازنة المائية المناخية نتيجة ظهور مصطلح المطر الفعال والقيمة الفعلية للأمطار، إذ قد تسقط كميات متساوية من الأمطار في منطقتين، إلا أن ما يستفاد منها النبات تختلف فيما بينها، وذلك وفقاً لعناصر المناخ السائدة في كلا المنطقتين، فضلاً عن اختلاف الخصائص المتعلقة بالتربة وأخرى تتعلق بالنبات المزروع. لذا يمكن أعطاء مفهوم آخر للموازنة المائية المناخية بأنها العلاقة بين كمية المطر الفعال ومقدار التبخر/ النتح الممكن .

---

(1) محمد جعفر جواد السامرائي، مشاريع الري والبزل الحديثة في محافظات ميسان وذي قار والبصرة (دراسة في جغرافية الموارد المائية)، أطروحة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، جامعة بغداد، 1999، ص158 .



Scanned by CamScanner

إذ أنه ليس كل المطر الساقط يعد فعالاً، لأن جزءاً منه يفقد عن طريق الجريان السطحي، أو الرشح العميق، أو التبخر. وأن جزءاً فقط من الأمطار الساقطة الشديدة قد يغيض في التربة ليخزن في منطقة الجذور، وبالتالي فأن فعالية هذا المطر تكون منخفضة. وغالباً ما تكون فعالية الأمطار الخفيفة المتكررة والساقطة على الغطاء النباتي للحقل المغطى بصورة كاملة بالمحصول قريبة من 100٪. أما عندما يكون سطح التربة جافاً مع غطاء نباتي ضعيف أو معدوم فأن كمية المطر المفقودة بالتبخر وحده قد تصل إلى 8ملم. أما الأمطار التي تصل كميتها إلى 25-30ملم والتي تسقط على أرض قليلة الغطاء النباتي فأن فعاليتها ستكون 60٪ فقط[1].

فضلاً عن ذلك أن هناك من الباحثين من يعد التبخر / النتح الممكن جزءاً من التبخر الكلي، لذا ينبغي أن يكون مفهوم الموازنة المائية المناخية بأنه العلاقة بين كمية التساقط وكمية التبخر الكلي الذي يشمل التبخر / النتح الممكن والتبخر الحقيقي. وفقاً لذلك ظهرت عدة مفاهيم وعدة طرق لاحتساب الموازنة المائية المناخية.

ويعد العالم ثورنثويت أول من استخدم مفهوم الموازنة المائية في الدراسات المناخية، واستعان به سنة 1948 كأساس في التصنيف المناخي، وأنتشر استعمال اسلوب الموازنة المائية في الدراسات المناخية، وتعددت الوسائل المتبعة في حسابها، إذ كانت جميعها تنطلق من منطلق واحد هو أن رطوبة التربة تمثل توازناً ديناميكياً في كميات المياه المضافة على التربة سواءً عن طريق الأمطار أو الري، وبين ما تفقده التربة من مياه عن طريق التبخر والنتح والجريان السطحي، لهذا فأن تمثيل الموازنة المائية يمكن

---

(1) غازي مجيد الكواز، تطبيقات الاحتياجات المائية في مشاريع الري، مجلة الاحتياجات المائية للمحاصيل والأشجار في المناطق البيئية العربية المختلفة، مطبعة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، الأمانة العامة، بغداد، 1988، ص286-287.



Scanned by CamScanner

أن تكتب بالصيغة الرياضية التالية[1]:

$$در = ط - ت - ج$$

إذ أن :

در = رطوبة التربة .

ط = كمية الأمطار (ملم) .

ت = معدل التبخر والنتح (ملم).

ج = الجريان المائي السطحي (ملم) .

كما يمكن كتابة معادلة التوازن المائي بالصيغة الآتية[2] :

$$P = E + D + R + u$$

إذ أن :

P = كمية الأمطار السنوية.

E = التبخر .

D = الجريان السطحي .

R = كمية المياه المخزونة في التربة مؤقتاً .

u = كمية المياه المستعملة.

فضلاً عن ذلك يمكن وضع المعادلة بشكل تفصيلي أكثر على النحو الآتي:

$$E=I-P-o-og+\Delta s+F$$

إذ أن :

I = كمية المياه المضافة .

---

(1) فاضل الحسني ومهدي الصحاف، أساسيات علم المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص91 .

(2) جمعة سيد جمعة، دراسة التوازن المائي تحت أنظمة الري والظروف البيئية المختلفة، مجلة تقويم طرق الري الحديثة وتطبيقاتها في الوطن العربي، مطبعة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، الرباط، المملكة المغربية، 1984، ص45-46.



Scanned by CamScanner

O = المفقود منها أو المستعمل .

$\Delta S$ = الكمية المخزونة منها في التربة والمياه الجوفية .

og = التسرب .

F = المياه المحفوظة في المنطقة على شكل ثلج أو جليد .

P = التساقط.

E = التبخر .

يتضح مما تقدم ذكره أن معادلة التوازن المائي سهلة نظرياً إلا أن الصعوبة تكمن في تقدير مكونات المعادلة عملياً، وأن الأخطاء الناتجة عن تقدير أي منها يؤثر بالتالي في النتائج . ومن أهم الصعوبات التي تعترض تطبيق هذه المعادلة[1]:

1- إذا كانت كميات المياه المضافة (I) والكميات المستعملة أو المفقود (O) كبيرة بالمقارنة مع التبخر، فهذا يؤدي إلى أخطاء كبيرة في تقدير كمية التبخر.

2- لعله من أصعب المكونات في معادلة التوازن المائي هو التسرب (og)، الذي يتطلب معرفة دقيقة لدرجة نفاذية التربة والإيصالية الهيدروليكية للمياه وفارق الجهد في قطاع التربة. ورغم ذلك أن هذه الصعوبة تقل كلما صغرت المساحة.

3- تقدير التغيرات في كمية المياه المخزونة في التربة ($\Delta S$)، حيث تكمن الصعوبة في التغيرات التي تتم في فترات قصيرة ومتقاربة.

فضلاً عن ذلك يمكن أن تكتب معادلة التوازن المائي بالصيغة الآتية[2]:

$$P + I + D = E + g + AF$$

إذ أن :

---

(1) المصدر نفسه، ص47 .

(2) صباح محمود الراوي وعدنان هزاع البياتي، أسس علم المناخ، دار الكتب، جامعة الموصل، 2001، ص237 .



Scanned by CamScanner

P = التساقط .

I = الماء المجهز بواسطة الري .

D = ترسيب الندى .

E = التبخر أو التبخر / النتح .

g = خزين رطوبة التربة .

AF = فقدان الماء من خلال شبكة تفريغ الماء .

وفقاً لما تقدم سيتم التطرق إلى كيفية استخراج الموازنة المائية المناخية وفق طرق عدة معتمدة من قبل الباحثين.

## طرق استخراج الموازنة المائية المناخية:

أولاً : أن معظم الدراسات تعتمد على المعادلة البسيطة الآتية لحساب الموازنة المائية المناخية :

$$P- PE = \pm$$

إذ ان :

P = التساقط (ملم) .

PE = التبخر / النتح الممكن (ملم).

$\pm$ = أشارة الموجب تعني وجود فائض مائي، بينما تعني إشارة السالب وجود عجز مائي.

لتطبيق هذه المعادلة قام الباحث باستخدام أحدى معادلات التبخر / نتح الممكن، وهي معادلة نجيب خروفة عن محطة الناصرية للمدة 1978-2008 وتوصل إلى النتائج في جدول (41) .



Scanned by CamScanner

جدول (41)الموازنة المائية المناخية (P-PE= ±) في محطة الناصرية للمدة 1978-2008 وفقاً لمعادلة خروفة

| الشهور | التساقط (ملم) | التبخر / النتح الممكن (ملم) | الموازنة المائية المناخية |
|---|---|---|---|
| كانون ثاني | 26.6 | 63.6 | 37- |
| شباط | 16.9 | 76.8 | 59.9- |
| آذار | 20.2 | 133.9 | 113.7- |
| نيسان | 12.97 | 201.8 | 188.8- |
| مايس | 3.6 | 297.7 | 294.1- |
| حزيران | 0.1 | 344.8 | 344.7- |
| تموز | 0.0 | 369.5 | 369.5- |
| آب | 0.0 | 348.8 | 348.8- |
| أيلول | 0.9 | 278.6 | 277.7- |
| تشرين أول | 7.8 | 205.4 | 197.6- |
| تشرين ثاني | 15.2 | 114.4 | 99.2- |
| كانون أول | 20.3 | 70.5 | 50.2- |
| المجموع | 124.6 | 2505.8 | 2381.2- |

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على معادلة لمجيب خروفة للتبخر النتح الكامن (الممكن) وجدولي (36 و 18) .

من تحليل جدول (41) يتبين أن كافة شهور السنة سجلت عجزاً مائياً، أي أن الموازنة المائية كانت في حالة سالبة، إذ أن التبخر / نتح الممكن، كان دائماً أكثر من كميات التساقط في محطة الناصرية. إلا أن هذا العجز المائي يقل في الفصل البارد من السنة ليصل أدناه في شهر كانون ثاني نحو -37ملم لزيادة كميات التساقط فيه عن غيره من الشهور، فضلاً عن انخفاض درجات الحرارة وانخفاض النسب اليومية لساعات النهار عن النسبة السنوية إذ يكون النهار قصيراً ذو أشعة شمسية مائلة أي هنالك صغر في زاوية السقوط وانخفاض في شدة الإشعاع الشمسي. في حين تزداد قيمة العجز المائي بالاقتراب من فصل الصيف لتصل ذروته عند شهر تموز نحو -369,5ملم، وذلك لارتفاع درجات الحرارة فيه مقارنة ببقية شهور السنة، فضلاً عن ذلك هناك كبر في زاوية السقوط وطول في النهار وزيادة في شدة الإشعاع الشمسي.



Scanned by CamScanner

في ضوء معادلة الموازنة المائية المناخية المذكورة أعلاه يكن احتسابها على نطاق العالم كما في جدول (42) .

**جدول (42)الموازنة المائية المناخية للعالم**

**(القيم = 10 كم3)**

| القارة | التساقط (P) | التبخر (E) | الموازنة المالية |
|---|---|---|---|
| افريقيا | 2149 | 1762 | 378 |
| أسيا | 3038 | 1835 | 1203 |
| استراليا | 354 | 283 | 71 |
| أوربا | 641 | 374 | 267 |
| امريكا الشمالية | 1546 | 944 | 602 |
| امريكا الجنوبية | 2700 | 1549 | 1151 |
| القارة القطبية الجنوبية | 108 | 113 | 75 |
| المجموع | 10616 | 6860 | 3756 |

**المصدر : عادل سعيد الراوي وقصي عبد المجيد السامرائي، المناخ التطبيقي، دار الحكمة، الموصل، 1990، ص127 .**

من مراجعة وتحليل جدول (42) يظهر أن مجموع التساقط في قارات العالم بلغ نحو 106160كم$^3$ وهو أعلى من كمية التبخر الذي بلغ مقداره نحو 68600كم$^3$ لذا سجلت الموازنة المائية فائضاً مقداره 37560كم$^3$. إلا أنه في الحقيقة هذه الكميات تختلف ما بين القارات. إذ يظهر من الجدول نفسه أن أعلى قيم التساقط سجلت في أسيا نحو 30380كم$^3$، بسبب كبر مساحتها، والأمطار الغزيرة التي تسببها الرياح الموسمية، وكذلك سجلت فيها أعلى قيم التبخر لعظم مساحتها وارتفاع درجات الحرارة في العديد من مناطقها، لذا كانت قيمة الموازنة المائية المناخية أعلى من بقية القارات، إذ سجلت فائضاً بلغ مقداره نحو 12030كم$^3$. في حين تأتي القارة القطبية



Scanned by CamScanner

الجنوبية بأقل القارات في تساقطها والذي بلغ نحو 1880كم$^3$، كما أنها تعد أقلها في مقدار التبخر منها نحو 1130 كم$^3$ بسبب انخفاض درجات الحرارة فيها وصغر مساحتها، لذا سجلت فائضاً بلغ مقداره نحو 750 كم$^3$ ومما يلاحظ من الجدول المذكور هو أن قارة أمريكا الجنوبية تعد أكثر تساقطاً من قارة افريقيا، إلا أن قارة افريقيا تعد أكثر تبخراً منها بسبب أن قارة افريقيا تحتوي على مساحة أكبر من الصحاري فضلاً عن ارتفاع درجات الحرارة فيها أكثر من قارة أمريكا الجنوبية، إذ سجلت فيها أعلى الدرجات الحرارية المطلقة في منطقة العزيزية في ليبيا وهذا العكس على أن تكون الموازنة المائية المناخية ذات فائض في أمريكا الجنوبية أكثر إذ بلغ نحو 11510كم$^3$ من قارة أفريقيا الذي بلغ مقداره نحو 3780كم$^3$ فقط، ومما يلاحظ ايضاً أن قيم التساقط في قارة استراليا هي أكثر من القارة القطبية الجنوبية، إذ بلغ مقداره نحو 3540كم$^3$ في القارة الأولى، ونحو 1880كم$^3$ في القارة الثانية، وكذلك كانت قيم التبخر في استراليا نحو 2830كم$^3$ هي أعلى من تبخر القارة القطبية الجنوبية والتي بلغ مقداره فيها نحو 1130كم$^3$، إلا أن مقدار الفائض في قارة استراليا كان أقل إذ بلغ نحو 710كم$^3$، في حين بلغ في القارة القطبية الجنوبية نحو 750كم$^3$ ويعود ذلك إلى ارتفاع درجات الحرارة في الأولى وانخفاضها في القارة الثانية.

ثانياً : إن كمية التساقط لا يمكن للنبات ان يستفيد منها كلياً، لذا ظهر ما يسمى بالقيمة الفعلية للأمطار، التي تتأثر بعناصر المناخ المختلفة لاسيما درجات الحرارة والإشعاع الشمسي والرياح، لذا لجأ بعض الباحثين إلى استخراج القيمة الفعلية للأمطار عن طريق ضرب معامل المطر الفعال في كمية الأمطار الساقطة، وطرح كمية التبخر / النتح الممكن من كمية الأمطار الفعالة والناتج من ذلك يشير إلى مقدار الفائض أو العجز المائي، ويمكن تلخيص ذلك بالمعادلة الآتية :



Scanned by CamScanner

الموازنة المائية المناخية = الأمطار الفعالة – التبخر / النتح الممكن (الكامن)

القيمة الفعلية للامطار = معامل المطر الفعال × كمية التساقط

ولتوضيح ذلك نورد المثال الآتي في جدول (43) .

جدول(43)الموازنة المائية المناخية في محطة الناصرية للمدة 1978-2008 وفقاً لكمة الأمطار الفعالة ومعادلة خروفة للتبخر / النتح الممكن .

| الشهور | كمية الأمطار الفعالة (ملم) | التبخر/ النتح الممكن (ملم) | الموازنة المائية المناخية | الشهور | كمية الأمطار الفعالة (ملم) | التبخر/ النتح الممكن (ملم) | الموازنة المائية المناخية |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ك2 | 17.3 | 63.6 | 46.3- | تموز | 0 | 369.5 | 369.5- |
| شباط | 12.7 | 76.8 | 64.1- | آب | 0 | 348.8 | 348.8- |
| آذار | 15.2 | 133.9 | 118.7- | أيلول | 0 | 278.6 | 278.6- |
| نيسان | 10.4 | 201.8 | 191.4- | ت1 | 5.5 | 205.4 | 199.9- |
| مايس | 2.9 | 297.7 | 294.8- | ت2 | 10.6 | 114.4 | 103.8- |
| حزيران | 0 | 344.8 | 344.8- | ك1 | 13.2 | 70.5 | 57.3- |
| | | | | المجموع | - | 2505.8 | 2418- |

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على جداول (36، 37، 38) .

من تحليل جدول (43) يتبين ما يلي :

1. وفقاً لاستخدام معادلة خروفة في قياس التبخر النتح الممكن أو الكامن، كانت جميع شهور السنة ذات تبخر / نتح ممكن أعلى من كمية الأمطار الفعالة، لذا كانت نتائج الموازنة المائية في جميع شهور السنة ذات عجز مائي واضح تمثل ذلك بإشاراتها السالبة.
2. تقل قيمة العجز المائي بالاقتراب من أشهر الشتاء لتصل أدناها نحو -46,3 ملم في شهر كانون ثاني، لانخفاض درجات الحرارة، وزيادة القيمة الفعلية للأمطار الساقطة.



Scanned by CamScanner

3. تزداد قيمة العجز المائي بالاقتراب من أشهر الصيف لتصل أعلاها في شهر تموز نحو -369,5ملم بسبب جفاف الصيف، وارتفاع معدلات التبخر / النتح الممكن الى ذروتها.

4. من مقارنة جدول (43) بجدول (42) يتبين أن مجموع العجز المائي في استخدام المعادلة الأولى للموازنة المائية المناخية في جدول (41) بلغ نحو -2381,2ملم، في حين ارتفع في المعادلة الثانية للموازنة المائية المناخية في جدول (43) إلى نحو -2418,0ملم، وذلك لاستخدام الأمطار الفعالة في المعادلة الثانية والتي يستثنى منها بعض كميات التساقط التي تفقد نتيجة عناصر المناخ السائدة.

ثالثاً : لا يقتصر استخدام الباحثين في احتساب الموازنة المائية المناخية على المعادلات المذكورة سابقاً إذ أن هنالك من يعد حساب التبخر / النتح الحقيقي Actual Evapotranspiration عنصراً مهماً من عناصر الموازنة المائية المناخية. لكن الصعوبات التي تواجه حساب التبخر / النتح الحقيقي تجعل حساب الموازنة المائية المناخية غير دقيق. هذه الصعوبات تنتج من أن حجم التبخر / النتح الحقيقي يختلف من موقع لآخر مع اختلاف العوامل الآتية[1]:

أ. نوع التربة .

ب. طبيعة استغلال الأرض الزراعية.

ج. نوع الغطاء النباتي.

د. رطوبة التربة .

لذلك اعتمد الباحث على أدخال التبخر / النتح الحقيقي في حساب الموازنة

---

(1) عادل سعيد الراوي وقصي عبد المجيد السامرائي، المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص126.



Scanned by CamScanner

المائية المناخية لمحطة الناصرية للمدة 1978-2008 كمثال وفقا للخطوات الآتية:

1. حساب التبخر / النتح الكامن أو الممكن باستخدام أحدى معادلات حساب التبخر/ النتح الكامن أو الممكن ولتكن مثلاً معادلة بليني – كريدل :

$$ETo=Kp(0.46C+8.13)$$

2. حساب التبخر الكلي (الممكن + الحقيقي) وفقاً لمعادلة أيفانوف(*) :

$$E=0.0018(t+25)^2(100-a)$$

3. حساب التبخر / النتح الحقيقي ويتم ذلك عن طريق طرح قيم التبخر / النتح الكامن أو الممكن من قيم التبخر الكلي في حالة كون التساقط أقل من التبخر / النتح. أما إذا كان مقدار التساقط(**) أكبر من التبخر / النتح الممكن فأن التبخر الحقيقي يحمل قيمة مساوية لقيمة التبخر / النتح الممكن .

4. استخراج الفائض المائي من طرح التبخر / النتح الكامن أو الممكن من كمية المطر المتساقطة.

5. استخراج العجز المائي من استخدام المعادلة الآتية P-(P-PE)، إذ أن p = التساقط (ملم) و PE = التبخر / النتح الممكن، ثم يضاف لها التبخر الحقيقي. وتكون النتيجة مشاراً إليها بالسالب.

ولتوضيح ما ذكر يمكن تتبع خطوات ذلك من جدول (44) الذي يظهر من تحليله ما يلي :

أ. إن قيم معادلة ايفانوف هي أعلى من قيم معادلة بليني – كريدل، وذلك لأن معادلة ايفانوف تمثل التبخر الكلي في حين تمثل معادلة بليني – كريدل التبخر / النتح الممكن، وأن التبخر الكلي يتضمن التبخر / النتح الممكن مضافاً اليه التبخر الحقيقي .

---

(*) يراجع نفس المصدر، ص127.

(**) استخدم المطر عوضاً عن التساقط، وذلك لأن المطر هو الشكل السائد من أشكال التساقط في منطقة تواجد المحطة.



Scanned by CamScanner

ب. كانت نتائج الموازنة المائية تشير إلى وجود عجز مائي لكافة شهور السنة، بينما لم يسجل أي شهر من الشهور وجود فائض مائي لذا فأن الموازنة المائية كانت بحالة سالبة وهذا يستوجب تعويض ذلك العجز المائي بعمليات الري وإلا فأن الزراعة في هذه المنطقة تنذر بالتدهور والفشل.

ج. يتباين العجز المائي بين شهور السنة، فهو يصل أدناه نحو -74,3 ملم خلال شهر كانون الثاني، وذلك لأنه في هذا الشهر تسجل أدنى معدلات درجات الحرارة وأعلى معدلات الرطوبة النسبية، وأكبر كمية لسقوط الأمطار، وأدنى قيم التبخر الكلي، فضلاً عن انخفاض النسب المئوية لساعات النهار اليومية بالنسبة إلى السنوية، إذ لا يزال النهار قصير، وهناك صغر في زاوية سقوط الإشعاع الشمسي كما أن هنالك انخفاض في شدة الإشعاع الشمسي. ولهذا فأن المتطلبات المائية للزراعة في هذا الشهر تكون أقل من غيرها من شهور السنة.

د. يزداد العجز المائي بالابتعاد عن شهر كانون الثاني والتقدم نحو أشهر الصيف لتصل ذروته في شهر تموز نحو -549,1ملم وذلك لارتفاع معدلات درجات الحرارة إلى أقصاها، وانخفاض معدلات الرطوبة النسبية إلى أدناها، وانقطاع سقوط الأمطار، وزيادة التبخر الكلي إلى أعلى قيمة ومقادير، وارتفاع النسب المئوية لساعات النهار من النسب السنوية فضلاً عن كبر زاوية سقوط الإشعاع الشمسي وازدياد شدته. الأمر الذي ينعكس على أن تكون المتطلبات المائية للمحاصيل والنباتات الزراعية في ذروة احتياجاتها خلال فصل الصيف ولاسيما في شهر تموز.

هـ. انخفاض العجز المائي تدريجياً بالابتعاد عن شهر تموز، إذ تبدأ درجات الحرارة بالهبوط ومقادير الرطوبة النسبية بالارتفاع فضلاً عن انخفاض النسب المئوية لطول النهار وانخفاض قيم ومعدلات التبخر الكلي حتى يصل العجز المائي إلى



Scanned by CamScanner

شهر كانون أول لمحو -87,4ملم، وهو يعد الشهر الثاني في انخفاض قيمة العجز المائي، لأنه يعد الشهر الثاني أيضاً في كمية الأمطار الساقطة وارتفاع الرطوبة النسبية، وانخفاض درجات الحرارة وانخفاض قيم التبخر، لذا فهو يحتاج إلى متطلبات مائية أعلى من شهر كانون الثاني وأدنى من بقية شهور السنة.

و نتيجة عدم وجود فائض مائي، أصبحت قيم العجز المائي مساوية لقيم التبخر الكلي المستخرج وفقاً لمعادلة ايفانوف.

**جدول (44) الموازنة المائية المناخية لمحطة الناصرية للمدة 1978-2008 باستخدام معادلة بليني - كريدل للتبخر/ التتح الممكن وباستخراج التبخر/ التتح الحقيقي.**

| الشهور | درجات الحرارة الاحتمالية (°م) | كمية الامطار (ملم) | الرطوبة النسبية ٪ | التبخر / التتح الممكن (بليني كريدل) | التبخر الكلي (ايفانوف) | P-PE | التبخر الحقيقي | الموازنة المائية ( المعجز المائي) | الموازنة المائية ( الفائض المائي) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| كا2 | 11,9 | 26,6 | 69,7 | 61,7 | 74,3 | 35,1- | 12,6 | 74,3- | - |
| شباط | 14,4 | 16,9 | 59,3 | 71,3 | 113,7 | 54,4- | 42,4 | 113,7- | - |
| آذار | 19,2 | 20,2 | 49,5 | 119,7 | 177,6 | 99,5- | 57,9 | 177,6- | - |
| نيسان | 25,2 | 12,97 | 41,1 | 175,01 | 267,2 | 162,04- | 92,2 | 267,2- | - |
| مايس | 31,8 | 3,6 | 30,5 | 268,7 | 403,6 | 265,1- | 134,9 | 403,6- | - |
| حزيران | 35,6 | 0,1 | 22,9 | 317,6 | 509,7 | 317,5- | 192,1 | 509,7- | - |
| تموز | 37,5 | 0,0 | 21,9 | 343,5 | 549,1 | 343,5- | 205,6 | 549,1- | - |
| آب | 36,8 | 0,0 | 23,5 | 321,6 | 525,9 | 321,6- | 204,3 | 525,9- | - |
| أيلول | 33,5 | 0,9 | 27,6 | 253,1 | 445,99 | 252,2- | 192,9 | 446,0- | - |
| ت1 | 27,4 | 7,8 | 38,6 | 183,1 | 303,5 | 175,3- | 120,04 | 303,5- | - |
| ت2 | 19,1 | 15,2 | 54,4 | 101,1 | 159,6 | 85,9- | 58,5 | 159,6- | - |
| ك1 | 13,3 | 20,3 | 66,9 | 65,8 | 87,4 | 45,5- | 21,6 | 87,4- | - |
| المعدل | 25,5 | 124,6 | 42,2 | 2282,2 | 3617,6 | 2157,6- | 1335,4 | 3617,6- | - |

**المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على معادلتي بليني كريدل وايفانوف وبيانات الهيئة العامة للأنواء الجوية، قسم المناخ، بيانات غير منشورة.**



Scanned by CamScanner

## أهمية الموازنة المائية المناخية :

تكمن أهمية الموازنة المائية المناخية في جوانب عدة يمكن إيجازها على النحو الآتي :

1. للموازنة المائية المناخية أهمية في معرفة الاحتياجات المائية لمختلف النباتات والمحاصيل الزراعية.
2. للموازنة المائية المناخية دوراً مهماً في معرفة مقدار ما يمكن أن يتوافر من المياه الجوفية .
3. لها دورها في معرفة المقنن المائي لكل محصول أو نبات.
4. لها دورها في تحديد طريق الري المناسبة للزراعة في المناطق الجافة وشبه الجافة.
5. توضح الموازنة المائية المناطق التي فيها فائض مائي وكذلك المناطق التي فيها عجز مائي.
6. توضح الموازنة المائية المناخية الشهور التي فيها فائض مائي وكذلك الشهور التي فيها عجز مائي.
7. يستفاد من الموازنة المائية المناخية في معرفة وقت استخدام الري والكمية المناسبة لذلك.
8. يمكن التعرف من الموازنة المائية على مقدار الضائعات المائية ومنها التبخر/نتح.
9. من الموازنة المائية المناخية يمكن معرفة أسباب العجز المائي والفائض المائي.
10. عن طريق الموازنة المائية يمكن معرفة القيمة الفعلية للأمطار.
11. تساعد الموازنة المائية المناخية في معرفة أماكن إقامة السدود والخزانات ومقدار استيعابها من المياه.
12. يمكن عن طريق معرفة الموازنة المائية المناخية تلافي خطر الجفاف بوضع السبل الكفيلة لمعالجته.



Scanned by CamScanner

الفصل التاسع

# المناخ وتربية الحيوانات

- ✓ درجة الحرارة .
- ✓ الأشعاع الشمسي .
- ✓ الرطوبة الجوية .
- ✓ الأمطار والثلوج .
- ✓ الندى .
- ✓ الضغط الجوي .
- ✓ الرياح .
- ✓ التبخر .
- ✓ الجفاف .

Scanned by CamScanner

## المناخ وتربية الحيوانات :

خطى الإنسان خطوات مهمة في مجال العلم والتكنولوجيا، الأمر الذي ذلل له كثير من الصعوبات في مجالات الحياة المختلفة، ومنها على نطاق تربية الحيوانات. إلا أن المناخ بعناصره المختلفة لا يزال العامل القوي والمؤثر في تحديد البيئة الملائمة لبعض الحيوانات دون غيرها، ولأصناف معينة ضمن النوع الواحد دون الأخرى. رغم أن الإنسان استطاع إيجاد أصناف من الحيوانات قام بتربيتها في مناطق ظروفها المناخية ليست كبيئتها الأصلية، ورغم استطاعتها العيش في هذه البيئة الجديدة، الا انها تأثرت بالظروف المناخية الجديدة، وكان هذا التأثير على مقدار انتاجيتها بصورة واضحة. إذ أن الحيوانات التي نشأت في بيئة حارة كانت معيشتها صعبة في البيئة الباردة والعكس صحيح، وذلك لأن المناخ يؤثر على غذاء الحيوان من حيث نوعيته وكميته فضلاً عن تأثيره على الكثير من الصفات الجسمية للحيوان والتي تكيفت مع البيئة التي كانت تعيش فيها أولاً.

تعد الأغنام، والماعز من أقدم الحيوانات التي استئنسها الإنسان، وذلك من أصول برية متعددة، ولا تزال هناك أغنام وحشية تعيش لحد الآن في الهند والتبت وفي جبال أطلس وجبال روكي. أما الماشية فتم استئناسها خلال العصر الحجري الحديث في أوربا وأسيا وأفريقيا، وتشير الأدلة التاريخية والرسوم والآثار الحضارية على أن الماشية قد أستؤنست منذ حوالي (7) آلاف سنة في وادي الرافدين والنيل. أما تدجين الدجاج والطيور في الهند والصين فيعود إلى أكثر من 1400 سنة ق.م[1].

[1] مخلف شلال مرعي وإبراهيم محمد حسون القصاب، جغرافية الزراعة، مصدر سابق، ص355.



Scanned by CamScanner

أن تربية الحيوان لازم ممارسة الزراعة، إذ أن الزراعة تظم صنفين مترابطين هما زراعة المحاصيل والنباتات من جهة، وتربية الحيوانات من جهة أخرى. لذا استغل الإنسان تربية الحيوانات وجعلها عاملا مساعدا في شؤونه الزراعية الأخرى. فهو استعمل الخيول والأبقار والجاموس في حراثة الأرض الزراعية، كما أنه يستعمل فضلاتها في تجديد خصوبة التربة. فضلاً عن ذلك أن الأرض الزراعية تمد الحيوان بما يحتاجه من علف سواء كان على شكل حشائش وأعشاب طبيعية أو زراعية كالجت والبرسيم والقمح والشعير، وكذلك مده بمخلفات بعض المحاصيل الزراعية بعد انتهاء موسم زراعتها كعلف وغذاء له.

ولأعطاء صورة واضحة عن تأثير المناخ على تربية الحيوانات سيتم تتبع ذلك من دراسة عناصر المناخ المختلفة وتأثيرها على مختلف أصناف الحيوانات وعلى النحو الآتي:

1) **درجة الحرارة :**

هناك اختلافات بين الحيوانات في مدى استجابتها للظروف البيئية المختلفة، لاسيما درجات الحرارة، فقد تعرض إنتاج بعض أصناف الحيوانات التي نقلت من مكان إلى آخر للفشل، أو تدهور إنتاجها، كما هو الحال بالنسبة إلى الماشية الأوربية التي تم نقلها إلى بعض المناطق الحارة في الهند، واستراليا، وبعض مناطق أفريقيا لعدم تمكنها من التكيف مع الظروف المناخية في البيئة الجديدة. إذ أن ارتفاع درجات الحرارة أكثر من 41°م يفقد الحيوان الشهية للطعام، كما يؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى حدوث الكثير من الاضطرابات الفسيولوجية، ويؤثر على الغدة النخامية المسيطرة على نمو الحيوان، مما يؤدي إلى توقف نموه، وقد يحول دون تكاثره[1].

---

(1) المصدر نفسه، ص356 .



Scanned by CamScanner

وفقاً لذلك وجدت أصناف عديدة للنوع الواحد لكل منها درجات حرارية خاصة بها، فالأبقار لها نوعان أساسيان هما الأبقار الأوربية Eyropean Cattle التي تكون متأقلمة جيداً في المناخ الذي لا تقل معدلات حرارته الشهرية عن 64°ف (18°م)، بينما يربى النوع الثاني المداري والمسمى Zebu في المناطق التي تزيد معدلاتها الحرارية عن 70°ف (21 م°). فالنوع الذي يعيش في المناطق المدارية تنتشر تربيته في دول جنوب أوربا، وأقطار أسيا، بينما تنتشر تربية النوع الأوربي في المناطق المعتدلة من شمال غرب أوربا، والولايات المتحدة، والارجنتين، والأوغواي، واستراليا[1].

إنّ الأبقار تتأثر بالأحوال الجوية أكثر من أي حيوان آهل آخر، ومن الواجب على الأبقار المحافظة على درجة حرارة جسمها ثابتة نسبياً كونها من ذوات الدم الحار. وتعد أبقار اللبن الأكثر تأثراً بالظروف المناخية لاسيما درجات الحرارة، إذ أنها تتطلب عناية أكثر مما تتطلبها أبقار اللحم، لذا يجب أن تؤمن لها بيوتاً تلجأ إليها في فترات من السنة التي تكون خلالها الظروف الجوية قاسية[2].

إن عامل المناخ مسؤول عن فشل تربية الأبقار الأوربية أو تدهور إنتاجها عند نقلها من بيئتها الأصلية المعتدلة الباردة إلى أحدى المناطق المناخية التي ترتفع فيها درجات الحرارة لكون تلك الأبقار لا تستطيع التأقلم مع ظروف البيئة الجديدة. وقد بينت التجارب الخاصة بدراسة الصفات الشكلية والمورفولوجية في أبقار اللحم، أن هناك اختلافات جوهرية في هذه الصفات بين أنواع الأبقار التي نشأت في المناطق المعتدلة الباردة، والأخرى التي نشأت في المناطق الحارة. ويمكن أجمال تلك الاختلافات

---

(1) نوري خليل البرازي، وإبراهيم عبد الجبار المشهداني، الجغرافية الزراعية، مصدر سابق، ص289.

(2) علي موسى، الوجيز في المناخ التطبيقي، ط1، دار الفكر، دمشق، سورية، 1982، ص161.



Scanned by CamScanner

أ. **الحجم** : تتفوق أبقار المناطق الحارة على الأبقار التي نشأت في المناطق المعتدلة الباردة في حجمها عند مقارنتها في الوزن، وهذا يرفع من كفائتها في التخلص من الحرارة عن طريق الإشعاع.

ب. **الشكل** : وجود بعض الزيادات الإضافية في أجسام الأبقار في المناطق الحارة كالسنام، واللبب الموجودة في بعض الأبقار الهندية ونمو الأطراف، واستطالة الرقبة، وكبر الرأس وصيوان الأذن. مما يساهم في أزدياد سطح الجسم في تلك الأنواع من الأبقار.

ج. **لون الشعر** : يغلب اللون الفاتح على شعر الأبقار في المناطق الحارة، بينما يتدرج لون الشعر في أبقار المناطق المعتدلة من الفاتح كما في أبقار الجرسي إلى اللون الغامق في أبقار الابردين أنجس، ويمتاز شعرها بالطول وقلة اللمعان مما يساعد في زيادة امتصاص موجات الضوء الحرارية.

د. **كثافة الشعر وتركيبه** : أن شعر أبقار المناطق الحارة يكون قصير وأملس مما يسهل تسرب حرارة الجسم، ويساعد الحيوان على مقاومة الجو الحار. بينما يكتسي جسم أبقار المناطق المعتدلة بغطاء سميك من الشعر الطويل صوفي الملمس، وهذا الغطاء يكون طبقة عازلة تحجز الحرارة داخل جسم الحيوان وتقية من انخفاض درجات الحرارة.

ه. **لون الجلد** : يغلب اللون الأصفر على جلود الأبقار في المناطق الحارة، وترتفع فيها صبغة الميلانين التي تساعد في وقاية الجسم من أشعة الشمس لاسيما فوق البنفسجية التي ترتفع نسبياً في المناطق الحارة. بينما يميل لون الجلد في أبقار المناطق

---

(1) مخلف شلال مرعي وإبراهيم محمد حسون القصاب، جغرافية الزراعية، مصدر سابق، ص363.



Scanned by CamScanner

المعتدلة إلى اللون اللحمي ويخلو من الصبغات لكي يسهل على الحيوان الاستفادة من اشعة الشمس القليلة في تلك المناطق كي تدفئ بها نفسها.

و. **سمك الجلد** : يزداد سمك الجلد في أبقار المناطق الحارة بالمقارنة مع سمك الجلد في أبقار المناطق المعتدلة. وتلعب الأعصاب المغذية للشعر والعضلات المحركة بالإضافة إلى سمك الجلد في تلك الأبقار دوراً مهماً في وقايتها من الطفيليات الخارجية كالذباب والقراد وغيرها من الطفيليات التي يكثر وجودها في تلك المناطق مما يقل أصابتها بالأمراض التي تنقلها تلك الحشرات .

إن درجات الحرارة تؤثر على الأبقار أكثر من بقية عناصر المناخ الأخرى، فهي تؤثر في كفاءة الأبقار الإنتاجية فارتفاعها يكون مشكلة للإنتاج، أما انخفاضها فهو اقل تأثيراً، لاسيما إذا توفرت وسائل التغذية الجيدة. فالمدى الحراري الملائم لإنتاج الأبقار التي تعيش في المناطق المعتدلة يتراوح بين (-1°م إلى 16°م) في حين يتراوح هذا المدى بالنسبة للأبقار التي تعيش في المناطق الحارة ما بين (-1°م إلى 27°م) . أما ارتفاع درجات الحرارة في الجو إلى أكثر من 27°م في المناطق المعتدلة، وأكثر من 35°م في المناطق الحارة فأن ذلك يؤدي إلى تعطيل طاقة الحيوان وقدرته على تنظيم درجة حرارة جسمه والتأقلم مع ظروف الجو الخارجي مما تنعكس آثاره على نمو الأبقار وإنتاجيتها. إذ تقل قابية الأبقار على تناول الغذاء، كما ترتفع نسبة الإجهاض، ولاسيما في أبقار المناطق المعتدلة. وتصاب الذكور بالعقم[1].

أثبتت بعض الأبحاث في الولايات المتحدة واتحاد جنوب أفريقيا، أن بقر اللحم من الولادة حتى ثلاثون شهراً يتأثر بصورة مباشرة بفصلية المناخ. كذلك تتاثر كمية اللبن التي تدرها البقرة بارتفاع درجة الحرارة. إذ وجد أنه إذا ارتفعت درجة

---

(1) المصدر نفسه، ص363-365 .



Scanned by CamScanner

الحرارة من 5°م إلى 35°م، فأن إنتاج الرأس الواحد من البقر ينخفض من 29 رطلاً إلى 17 رطلاً في اليوم. وفي سنغافورة عملت تجارب على بقر هاشتين Halstein ، فوجد أن المجموعة التي وضعت في حظائر تحت درجة حرارة تبلغ نحو 20°م تدر يومياً 24 رطلاً من اللبن، بينما مجموعة أخرى تركت في العراء حيث درجات الحرارة اكثر ارتفاعا فكانت البقرة منها تدر 9 أرطال فقط[1].

إن الأبقار تستمد حرارتها من الطرق الاتية[2] :

أ- **الاحتراق الداخلي** : هي الحرارة المتولدة ذاتياً، فبقرة عمرها عشرون شهراً، تولد في اليوم الواحد حرارة مقدارها 2400 كيلو حريره/ م$^2$ في اليوم، ويرتفع الرقم إلى 3800كيلو حرية/ م$^2$/ يوم في مرحلة الرضاعة القصوى، وإذا ما سارت البقرة مسافة كيلو متر واحد باتجاه الماء فأنها ستولد زيادة 45 كيلو حريرة / 100كغم وزن.

**ب-الإشعاع .**

**ج- الحمل والتوصيل.**

عند اختيار بيوت الأبقار تظهر مشاكل متعددة، فإذا ما استخدمت السقوف الحديدية فأنه من الممكن أن يحدث تكاثف وتنقيط للماء مما ينجم عنه انخفاض في معدل سمنة الحيوانات بسبب تواجد الماء فوق جلد الحيوان. وبالنسبة لأبقار اللحم يمكن اختيار مأوى طبيعي لها بشرط وجود مصدات رياح حال انخفاض درجات الحرارة إلى قرابة – 40°م. ومما تجدر الإشارة إليه أنه في حال كون درجات الحرارة مرتفعة فأن الجلد يكون عادة أبرد من الهواء، وإذا ما تعرض الحيوان لجريان هوائي فأنه سيفقد حرارة أكبر بواسطة الإشعاع، لذا يجب أن يؤمن المأوى المتمتع بحماية كافية

---

(1) يوسف عبد المجيد فايد، مصدر سابق، ص142 .

(2) علي موسى، الوجيز في المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص161 .



Scanned by CamScanner

للأبقار. وفي حالة معاناة الحيوان من ارتفاع درجات الحرارة، فأنه من الممكن أن تخفف تلك المعاناة، من خلال فقد الحيوان لجزء من حرارته عن طريق التبخير. ولقد استعملت طرق عدة لمساعدة الحيوانات في التخفيف من شدة الحرارة، وذلك بازدياد التبخير عن طريق رشها، أو تزويدها بالماء البارد. ولكي يفقد الحيوان حرارة أكثر بالتبخير، فأنه يأخذ عادة باللهاث بسرعة أكبر في حال أزدياد الضغط الحراري، ويزداد معدل اللهاث من 20-24 مرة في الدقيقة إلى حوالي 150-200 مرة في الدقيقة عند درجة حرارة 40°م. وتفقد الأبقار المدارية بارتفاع درجات الحرارة كمية من الماء بواسطة التعرق. ويقوم شعر الأبقار بدور مشابه للدور الذي تقوم به ملابس الإنسان. إذ كلما كان الشعر أكثر طولاً أمن طبقة عازلة أكثر وحمى الحيوان من الارتفاع الحراري الشديد. وتلعب نعومة الشعر ولونه دوراً في هذا القبيل. كما دلت الدراسات على أن العروق المقاومة للحرارة أكثر هي تلك التي تحتوي على عدد أكبر من الغدد التعرقية. وتتأثر آفات الأبقار بالمناخ، فالطفيليات الداخلية كالدود يقضي شتاءه في مضافة الأبقار، أما الطفيليات الخارجية، كالقراد والقمل، فأنها تجد صعوبة في احتمال مقاومة الحرارة الشديدة في الصيف لذا تقل إلى أدنى حدٍ ممكن[1].

وفي العراق نجد نوعين أساسيين من الأبقار تختلف أماكن عيشها وفقاً للظروف المناخية والظروف البيئية الأخرى لاسيما درجات الحرارة، فهناك أبقار المناطق الجنوبية التي تعد من الفصيلة الأسيوية ذات السنام واللغد، والثاني أبقار المنطقة الجبلية ومعظمها أسود اللون صغير الحجم[2].

أما الأغنام Sheep فهناك تباين جوهري بين أنواع الأغنام التي تعيش في

---

1) المصدر نفسه، ص161-163.

2) جاسم محمد الخلف، محاضرات في جغرافية العراق الطبيعية والاقتصادية والبشرية، ط2، مطبعة لجنة البيان العربي، 1961، ص274 .



Scanned by CamScanner

المناطق الحارة وشبه الاستوائية، وأنواع الأغنام التي تعيش في المناطق الشمالية الباردة من حيث الشكل والحجم والوزن وطبيعة أصوافها. فالأغنام التي تعيش في المناطق الحارة كأغنام الماساي الأفريقية يكون وزن الحيوان فيها صغيراً بالنسبة إلى حجمه. كما تكون القوائم طويلة. وهذا الأمر يجعل من سطح الجسم كبيراً بالنسبة للوزن، وبذلك يستطيع الحيوان التخلص من الفائض الحراري، والقدرة على تحمل حرارة الجو المرتفعة. وقد يكون جلد الأغنام في تلك المناطق الحارة رقيقاً يساهم في التخلص من الحرارة. وقد تغطي الجلد طبقة رقيقة من الصوف القصير الشعري الملمس، وتنتشر فيه صبغة الميلانين لوقاية الحيوان من أشعة الشمس الشديدة. أما الأذان فتكون طويلة ومدلاة لحماية العيون والأذن الداخلية من الحرارة وأشعة الشمس. أما الأغنام التي تعيش في المناطق الباردة كالأغنام الايسلندية فتكون أجسامها مندمجة، وأرجلها قصيرة مما يجعل سطح جسم الحيوان صغير بالنسبة إلى حجمه، وهذا يقلل من فقدان الحرارة، ويمكن الحيوان من الاحتفاظ بحرارة جسمه، ويتراوح المعدل الحراري الملائم لتربية الأغنام بين (-3°م إلى 25°م) [1].

إن صوف الأغنام يساعد على تحمل درجات حرارة منخفضة جداً تصل -45°م، مع توفر الحد الأدنى من الحماية في المأوى. ويقوم الصوف بدور جسم عازل فعال جداً، لذا تستطيع الأغنام العازلة المقاومة حتى لو دفنت تحت الثلج بشرط أن لا يتغلغل الثلج ضمن الصوف. وتقارب درجة الحرارة الشرجية في الأغنام من 38°م، غير أنه إذا ارتفعت درجة حرارة الهواء فوق 29°م، وزادت نسبة الرطوبة النسبية عن 65٪، فأن درجة الحرارة الشرجية ومعدل التنفس يرتفعان بصورة ملحوظة[2].

---

(1) مخلف شلال مرعي وإبراهيم محمد حسون القصاب، جغرافية الزراعة، مصدر سابق، ص388-390.

(2) علي موسى، الوجيز في المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص163 .



Scanned by CamScanner

وتصنف الأغنام في العراق إلى ثلاثة أصناف ، لكل صنف بيئته التي يعيش فيها متكيفاً مع ظروفها المناخية، لاسيماد رجات الحرارة، فهناك نوع الأغنام الكرادية، التي تربى في المناطق الجبلية ويغلب عليها اللون الأبيض، وأصوافها خشنة طويلة، أما الأغنام العواسية، فتكثر في شمال غرب العراق ووسطه، ولها القدرة على قطع المسافات الطويلة لطلب المرعى وصوفها أقصر من الأولى، لكنه أكثر نعومة منه. والنوع الثالث يسمى بالأغنام العربية (الشغالي)، وتربى في السهول الجنوبية من العراق ، ولها صوف قصير ناعم[1].

أما من حيث الدواجن فيعد المناخ من العوامل الأساسية في اختيار الموقع المفضل لإنشاء حقول الدواجن، وذلك لتأثيره على الدواجن. فالمناخ يحدد نظام البيوت التي تربى فيها الدواجن، ففي المناطق الباردة التي تصل فيها درجة الحرارة إلى تحت الصفر المئوي لفترة زمنية طويلة تكون البيوت ذات نظم مغلقة مع وجود فتحات خاصة للتهوية، وتكون الجدران مجهزة بمادة عازلة تمنع تسرب الحرارة. وكذلك الحال في المناطق الحارة، هي الأخرى تتخذ فيها الوسائل التي تمنع الحرارة الشديدة. أما المناطق المعتدلة فيكون نظام البيوت فيها هو النظام المفتوح. وقد ثبت أن الدجاج يعطي إنتاجية عالية من البيض في الأحوال المناخية الجافة ذات الشتاء المعتدل، كما في استراليا والبرازيل، ومن الملاحظ أن الدواجن تتأثر بالتغيرات السريعة المفاجئة لدرجات الحرارة، وتقلبات الجو خلال فصلي الصيف والشتاء. نظراً لحساسية الدجاج لهذه الظروف المناخية المتغيرة، لذلك تنعكس هذه الظاهرة على إنتاج البيض والنمو بصورة سلبية[2].

يعد الدجاج من الطيور التي تمتاز بثبات درجة حرارة أجسامها ضمن حدود

(1) جاسم محمد الخلف، مصدر سابق، ص273 .
(2) نوري خليل البرازي وإبراهيم عبد الجبار المشهداني، مصدر سابق، ص318 .



Scanned by CamScanner

حرارية معينة يتراوح معدل حرارتها بين 40°م كحد أدنى و 42,8°م كحد أعلى. ومما يساعد الدواجن على ثبات حرارة أجسامها قدرتها على التكيف مع درجات الحرارة في المحيط الخارجي، وذلك من خلال قيامه بالفعاليات الفيزياوية والكيمياوية المختلفة كالتنفس، والإشعاع، والتوصيل الحراري، وحرق وأكسدة المواد الغذائية، ولاسيما الدهون والمواد الكربوهيدراتية. وتتباين قابلية الدجاج على تنظيم درجة حرارة الجسم بتباين النوع والعمر والحالة الصحية. وأن انخفاض درجة الحرارة إلى -9°م، يؤدي إلى هلاك الدجاج البالغ، كما يتعرض الدجاج للهلاك عند ارتفاع درجة الحرارة أكثر من 42°م، أما درجات الحرارة الملائمة لنمو وإنتاج الدجاج فتقدر بنحو 32°م، للأفراخ بعمر أسبوع , وبحدود 30°م – 25°م للأفراخ بعمر 1–3 أسابيع، وبحدود 20°م – 25°م للأفراخ بعمر أكثر من ثلاثة أسابيع. أما الدجاج البالغ فتتراوح درجات الحرارة الملائمة لنموه بين 16°م – 18°م. وأن ارتفاع درجات الحرارة يقلل من شهية الطائر للطعام فلا يقبل على تناول غذاءه بصورة طبيعية. بينما يؤدي انخفاض درجات الحرارة إلى زيادة استهلاك العلف، ويقلل من درجة الاستفادة منه وذلك لكون نسبة من العلف المستهلك تصرف لتوليد الطاقة اللازمة لتدفئة جسم الطائر[1]. ولدرجات الحرارة فوق 21°م تأثير على حجم البيضة، فإذا ما ارتفعت درجة الحرارة عن ذلك لعدة أيام فأن حجم البيضة يقل، وإذا ما رافقت درجات الحرارة المرتفعة رطوبة نسبية عالية، فأن هذا سيؤدي إلى نقص في سماكة قشرة البيض[2].

أما نحل العسل(*)، فأن للمناخ تأثير كبير في نشاطه، إذ يقل نشاطه إذا

---

(1) مخلف شلال مرعي وإبراهيم محمد حسون القصاب، جغرافية الزراعة، مصدر سابق، ص409-410 .

(2) علي موسى، الوجيز في المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص165 .

(*) يعد نحل العسل من الحشرات وتم التطرق له هنا لعلاقة الإنسان بتربيته .



Scanned by CamScanner

انخفضت درجة الحرارة عن 10°م، أو زادت على 35°م، ولذلك فأن عدداً كبيراً من النحل يموت في الشتاء نظراً لعدم قدرة النحل على الخروج، وقلة الزهور شتاءاً، لذلك يلجأ المربون لنحل العسل إلى حمايته من برد الشتاء ويقومون بتغذيته صناعياً[1].

لا يقتصر تأثير درجات الحرارة على الحيوانات المذكورة فقط فهو يمتد حتى على الكائنات الحية التي تعيش في المياه كالأسماك، إذ أنه لانخفاض درجة حرارة الماء السطحية شتاءً في المناطق الشمالية يزيد من كثافتها فتهبط إلى الأسفل لتحل محلها مياه من الطبقات السفلى أدفئ منها، وعندما تبرد هذه المياه تعود للهبوط مرة أخرى وهكذا تكثر حركة المياه على شكل تيارات صاعدة وهابطة بسبب اختلاف درجة حرارة سطح الماء ليلاً ونهاراً، ولهذا أثره في حركة الأسماك تماشياً مع درجة حرارة الماء وحركة المواد الغذائية اللازمة لها صعوداً وهبوطاً[2].

إن الحيوانات التي تستوطن الماء كبيئة ومنها الأسماك في حقيقة الأمر تعد أكثر استقراراً من بيئة الحيوانات البرية من وجهة نظر مناخية. وتعد درجة الحرارة أهم عنصر مناخي بالنسبة للحيوانات المائية. ومن النادر أن يرتفع المدى الحراري السنوي إلى أكثر من 14°م في البحار، وإن كان مدى القيم المتطرفة يتراوح بين 30°م في البحر العربي إلى -2°م في البحار القطبية وبسبب السعة الحرارية الكبرى للماء فأن تغيرات درجة الحرارة تكون فيها بطيئة، ومعظم الحيوانات المائية تأقلمت مع هذه الظروف، وهي تموت فيما لو أصبحت تغيرات الحرارة سريعة، وتميل وجهة الحيوانات البحرية إلى مناطق التغيرات الحرارية البطيئة ففي فصل الصيف تجدها تتحرك أما باتجاه المناطق القطبية، أو نحو قيعان البحار باحثة عن المياه الأكثر برودة. وفي أثناء الشتاء تستوطن العديد من أنواع الحيوانات المائية في الطبقات السفلى حيث تكون درجة الحرارة هناك

---

(1) علي أحمد هارون، مصدر سابق، ص364 .
(2) نفس المصدر، ص372 .



Scanned by CamScanner

أعلى من درجة حرارة الطبقات السطحية بحدود 3°م إلى 6°م، أن العوامل المناخية تؤثر على تبدل وجهة حركة التيارات المحيطية حيث يتسبب ذلك في موت البلانكتون الذي يعد غذاء الأسماك الرئيس، ويتولد عند ذلك تناقص كبير في أعداد الأسماك التي تعيش عليه كغذاء[1].

2) **الإشعاع الشمسي :**

يتباين تأثير الإشعاع الشمسي ما بين منطقة وأخرى وفقاً لنوع الأشعة الشمسية وطول موجاتها، إذ أن الإشعاع الشمسي يتكون من الأشعة الحرارية تحت الحمراء ذات النسبة الأكبر والموجات الأطول، ثم الأشعة الضوئية، فالأشعة البنفسجية، ونسبة قليلة جداً لا تتجاوز 1٪ لأشعة كاما والأشعة السينية ذات الموجات القصيرة. كما يتباين تأثير الإشعاع الشمسي وفقاً لطبيعة الماشية ونوعها ولونها، فضلاً عن تباينه وفقاً لطول النهار وقصره.

إذ غالباً ما يفضل أن يكون لون الحيوانات التي تعيش في المناطق الجبلية داكناً، نظراً لحاجته في تلك المناطق إلى الطاقة الحرارية، والتي يمكنها الحصول عليها من الأشعة فوق البنفسجية، والأشعة تحت الحمراء، التي ترتفع نسبتها في تلك المناطق. ولهذا ترتفع نسبة فيتامين (D) في لبن الماشية التي تعيش في المناطق الجبلية حيث يكون تأثير الأشعة فوق البنفسجية أقصاه في تلك المناطق، لاسيما في فصل الصيف[2].

أما الأشعة تحت الحمراء فتعد من أكثر أنواع الأشعة الشمسية نسبة ولها دورها في تسخين سطح الأرض والغلاف الغازي، ولها أثارها السلبية في المناطق الحارة (لذا يجب التقليل من طاقة تلك الأشعة في تلك المناطق بتوفير الظل للحيوانات،

---

(1) علي موسى، الوجيز في المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص167-168.

(2) مخلف شلال مرعي وإبراهيم محمود حسون القصاب، جغرافية الزراعة، مصدر سابق، ص358.



Scanned by CamScanner

ويختلف تأثير الإشعاع باختلاف ألوان الحيوانات، لأن لون الحيوان يحدد نسبة ما يمكن امتصاصه من الأشعة الضوئية التي تقع عليه. إذ تقدر نسبة ما يمتص من ضوء الشمس في الماشية الأفريقية البيضاء White Africander بنحو 45٪ من كمية الإشعاع الشمسي، بينما ترتفع هذه النسبة إلى نحو 89٪ في ماشية الابردين انجس الأسود. وفي المناطق التي يتباين فيها طول النهار والليل باختلاف فصول السنة، يزداد طول الشعر في بعض أنواع الماشية أثناء فصل الشتاء حيث يقصر النهار مما يساعد على أكساء الحيوان وحمايته من انخفاض درجات الحرارة في هذا الفصل. أما في الصيف عندما يقصر الليل ويطول النهار تبدأ هذه الحيوانات في التخلص من الغطاء الشعري ويظهر الغطاء الصيفي القصير الأملس. ويمتاز صوف الأغنام بنعومته وغزارته واحتوائه على نسبة عالية من الدهون في المناطق التي يسود فيها النهار القصير والشتاء البارد. أما في المناطق الحارة فيمتاز الصوف بالخشونة وقلة محتوياته من المواد الدهنية ويكاد يكون الجلد في بعض أنواع الأغنام في المناطق الاستوائية عارياً من الصوف تماماً حيث تكون الأشعة الشمسية عمودية أو قريبة منها، وتكون درجات الحرارة مرتفعة[1].

ويؤثر الإشعاع الشمسي في المناطق الحارة في جلود الأبقار، ويؤدي عند ارتفاع كثافته إلى أصابة الأبقار بالاضطرابات الجلدية، فضلاً عن سرطان الجلد والعين، وقد ينتج عنه أيضاً بطء في النمو وفقدان في شهية الحيوان[2]. ويمكن التقليل من كمية الإشعاع التي يتلقاها جسم البقرة بزيادة التظليل الصناعي أو الطبيعي شرط أن لا يعيق التظليل تدفق الهواء على الحيوان. وبالنسبة للتظليل الصناعي، فالسطح العلوي للمظلل ينبغي أن يكون أبيض اللون والسفلي أسود. فإذا كانت كمية الإشعاع مرتفعة تقارب 2 كيلو حريره/ سم/ دقيقة، وإذا كان التظليل عند ارتفاع 3 متر، فأنه

---

(1) المصدر نفسه، ص357.

(2) المصدر نفسه، ص365-366.



Scanned by CamScanner

على بعد 60 سم من السقف تنخفض كمية الإشعاع إلى 36٪ من القيمة الواصلة للسطح الخارجي المعرض مباشرة، ويتزايد الانخفاض إلى 38٪ عند 2 متر، وإلى 45٪ عند 2,3متر، ومن الواضح أن وجود بعض الظل سوف يزيد من راحة الحيوان أثناء فترات الحرارة المرتفعة[1].

أما بالنسبة للدواجن فأن الضوء يعد عامل مطهر لبيئة الدواجن، كما يساعد الضوء على نمو الأفراخ وتزويدها بالفيتامينات لاسيما فيتامين (D) الذي يساعد على نموها وسلامة الهيكل العظمي، كما يساعد على أفرازات الغدة النخامية وتزويدها بالكالسيوم والفسفور، ورفع حيوية الجسم عموماً، وله تأثير على إنتاج البيض في فترة الإنتاج. أما كمية الضوء المناسبة لمختلف مراحل تربية الدجاج فهي واحد وات / متر المربع من سطح ارضية القاعة في فترة النمو, ونحو 2-3 وات/ م$^2$ في فترة الإنتاج. وفي عدد ساعات الإضاءة الاصطناعية فدجاج اللحم يحتاج إلى إضاءة مستمرة ليلاً ونهاراً اختصاراً لفترة التسمين، وأن عدم إتباع برنامج الإضاءة المستمرة يعمل على إطالة تلك الفترة. أما إذا كان الهدف من التربية هو إنتاج البيض فالضوء يساعد على التبكير في وضع البيض من خلال تأثيره في عصب العين وعلى القناة النخامية Pituitary gland لدى الدجاج، ويساعد في زيادة نشاط الأجهزة التناسلية وعندها يبدأ الدجاج بوضع البيض في وقت مبكر، ولكن بأحجام صغيرة[2].

ان إنتاج البيض يعتمد بصورة رئيسة على الضوء الذي يمثل أحدى الآليات المحركة في وضع البيضة. وطول الفترة الضوئية مهمة جداً في إنتاج البيض، كما أن طول النهار يؤدي بالدجاجة إلى التبكير في وضع

---

(1) علي موسى، الوجيز في المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص161 .

(2) مخلف شلال مرعي وإبراهيم محمد حسون القصاب، جغرافية الزراعة، مصدر سابق، ص411.



Scanned by CamScanner

البيض أكثر مما لو كان طول النهار قصير[1].

من الحيوانات المتكيفة للبيئة التي يعيش فيها هو الجاموس الذي يعيش في وسط وجنوب العراق, فرغم شدة الإشعاع الشمسي صيفاً وارتفاع درجات الحرارة، هناك نوع واحد يمتاز بقابليته الكبيرة على التكيف مع تلك البيئة، ويعد من أحسن أنواع الجاموس في العالم ويربى من أجل حليبه لاسيما في الأهوار، وأهم صفاته أنه يستمر في إعطاء الحليب لمدة عشرة شهور من السنة، ويعطي خلالها نحو 1500كغم من الحليب[2].

3) **الرطوبة الجوية :**

تقع غالبية المناطق الرعوية الجيدة في نصف الارض الجنوبي، وأكد بعض الباحثين أن 94٪ من تجارة الأغنام، ونحو 81٪ من استيراد الصوف، ونحو 57٪ من استيراد الأبقار والعجول، ونحو 38٪ من استيراد الزبدة مصدره الأساس القارات الجنوبية. ونتيجة ملائمة الظروف المناخية التي عملت على زيادة الموارد الإنتاجية فقد وجد بعض الباحثين علاقة ارتباطية وثيقة بين الرطوبة الجوية في شهر كانون الثاني، وزيادة إنتاج حليب الأبقار في القارات الجنوبية من العالم لاسيما في استراليا ونيوزيلنده. ونتيجة لعامل الرطوبة فقد نمت مراعي طبيعية واسعة في قارات النصف الجنوبي من الكرة الأرضية حتى أن بعض الدول تعتمد على مراعيها الطبيعية كالارغواي في أمريكا الجنوبية التي تؤلف مراعيها نحو 90٪ من مساحتها العامة. في حين تنخفض نسبة المراعي في الوطن العربي إلى نسبة كبيرة نتيجة المناخ الجاف وشبه

---

(1) علي موسى، الوجيز في المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص165 .

(2) خطاب صكار العاني وإبراهيم عبد الجبار المشهداني، جغرافية الوطن العربي، مصدر سابق، ص293 .



Scanned by CamScanner

الجاف غير الملائم لنمو مثل تلك المراعي[1].

أن للرطوبة تأثير مهم على طبيعة نمو الماشية واحجامها، إذ تعد كمية الأمطار الساقطة ونسبة الرطوبة في الجو مسؤولة إلى حد كبير عن توزيع المراعي، ودرجة كثافتها، وأنواعها، وطبيعة نموها، لهذا فهي تؤثر بشكل غير مباشر في تحديد نوعية الحيوانات، ودرجة تواجدها. كما أنها تؤثر في حجم الحيوان وطبيعة نموه. ففي المناطق الحارة التي تمتاز بغزارة أمطارها ورطوبتها المرتفعة تكون الحيوانات صغيرة الحجم لأن يجب عليها التخلص من العبيء الحراري الزائد عن طريق التبخر من جهة، ولأن المراعي في هذه المناطق تمتاز بسرعة نموها، وانخفاض قيمتها الغذائية لقلة محتوياتها من العناصر الغذائية الضرورية، وارتفاع محتوياتها من مادة السليلوز مما لا يساعد على النمو السريع للحيوان من الجهة الأخرى. أما في المناطق المعتدلة الرطبة فيكون نمو الحشائش بطيئاً، وتحتوي على نسبة قليلة من مادة السليلوز الخام، مما يترتب عليه أن الحيوانات تتغذى عليها فتنمو بسرعة بالمقارنة مع الحيوانات التي تتغذى على حشائش المناطق الحارة الرطبة. عليه أصبحت أبقار الحليب وصناعة الألبان تتركز في مناطق المناخ المعتدل الرطب في شمال وشرق أوربا، وشمال شرق الولايات المتحدة، وجنوب شرق كندا. كما تتركز أبقار اللحوم في المناطق التي تتوفر فيها كميات كبيرة من العلف وباسعار مناسبة لذلك تركزت أبقار اللحوم في الولايات المتحدة الأمريكية إلى الجنوب من منطقة البحيرات العظمى حيث الظروف المناخية الملائمة لنمو المراعي وزراعة محاصيل العلف وبعض الحبوب كالقمح والذرة[2].

---

(1) فاضل الحسني ومهدي الصحاف، أساسيات علم المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص158-159.

(2) مخلف شلال مرعي وإبراهيم محمد حسون القصاب، جغرافية الزراعة، مصدر سابق، ص357، 358، 366، 367 .



Scanned by CamScanner

أن بعض الأبحاث العلمية في الولايات المتحدة، واتحاد جنوب أفريقيا أثبتت أن بفر اللحم من الولادة حتى سن ثلاثون شهراً يتأثر بصورة مباشرة بفصلية المناخ، كذلك كمية اللبن التي تدرها البقرة تتأثر بالجفاف وحيث تقل الرطوبة الجوية، وأن كمية الدسم في اللبن تتأثر بحالة المناخ السائدة كالحرارة والرطوبة[1].

اما من حيث تأثير الرطوبة الجوية على الاغنام، فان الاغنام منها ما يربى لأجل لحومها، كما أن منها ما يربى لأجل أصوافها، وأن أجود أغنام اللحم تربى في مراعي المناطق الرطبة ذات الكلاء الأخضر في فصل الصيف، وتبقى في الفصل البارد داخل الحظائر يقدم لها العلف، وأجود أنواع أغنام اللحم هو النوع الانكليزي المسمى لانكولن Lincoln، الذي يمتاز بوزنه الكبير ولحمه اللذيذ. أما أجود أغنام الصوف هي التي تربى في الدول ذات المناخ الجاف، وتتميز بقدرة على الحركة للحصول على غذائها في المناطق الجافة، ذات الغطاء النباتي الطبيعي الفقير. وتكون في العادة هزيلة، وأقل قيمة من النوع السابق، كما تمتاز بلمعان صوفها الكثيف الطويل ومتانته، ولذلك يدخل في نسيج أجود الأقمشة الصوفية. وأشهر هذه الأغنام هو النوع المرعزي، أو الأنكليزي المسمى شيفيوت Cheviots، كما أن هناك أغنام المارينو التي تمتاز بغزارة صوفها وبياضه[2].

تتصف بعض سلالات الأغنام، كالاغنام الفارسية ذات الوجه الأسود، التي تعيش في المناطق شبه الجافة، بأن لها ذيلاً كبيراً يقوم بخزن الشحم خلال الفترة الجافة حيث تقل الرطوبة الجوية من السنة، حتى ما أن تنتهي هذه الفترة الجافة من السنة حتى يكون شحم الذيل قد تبدد، ولم يبق من الذيل إلا العظم والجلد[3]. وتتراوح

---

(1) يوسف عبد المجيد فايد، مصدر سابق، ص141-142.
(2) نوري خليل البرازي وإبراهيم عبد الجبار المشهداني، مصدر سابق، ص302 .
(3) علي موسى، الوجيزر في المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص163 .



Scanned by CamScanner

الرطوبة النسبية الملائمة لتربية الأغنام بين 55٪-70٪ في المناطق الحارة، وبين 65٪-96٪ في المناطق المعتدلة الباردة[1].

أما بالنسبة للدواجن فانه يجب أن تكون مقادير الرطوبة الملائمة بين 55٪-60٪ في المفرخات، ونحو 80٪ في المفاقس، أما داخل قاعات التربية فالرطوبة الملائمة تبلغ نحو 65٪-75٪، وأن النقص في معدل الرطوبة يعمل على سحب السوائل الموجودة في البيضة مما يؤثر على نسبة الفقس، ويؤدي إلى إنتاج أفراخ عارية ضعيفة. أما زيادة الرطوبة مع انخفاض درجات الحرارة فانه يؤدي إلى بطء مرور بخار الماء ومخلفات تنفس الجنين إلى خارج البيضة، مما يتسبب في أصابة الجنين بتشوهات مختلفة. كما يؤثر ارتفاع نسبة الرطوبة في الجو الحار تأثيراً سلبياً على عملية اللهاث Panting، التي يحاول الدجاج من خلالها تنظيم درجة حرارة الجسم. أما ارتفاع الرطوبة فو الجو البارد فتساعد على زيادة التوصيل الحراري، مما ينتج عنه فقدان الجسم لكميات اكبر من الطاقة[2].

إن مما يؤثر على نمو الماشية وإنتاجها هو تعرضها للإصابة بالآفات التي تنمو وتتكاثر على وجه الخصوص في الإجواء الحارة الرطبة، التي تشكل بيئة مناسبة لتلك الآفات لاسيما الطفيلية منها، والتي تنشط في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية، والمناطق ذات الأمطار الموسمية، إذ تكون الرطوبة فيها عالية.

### 4) الأمطار والثلوج :

للأمطار دورٌ مهم جداً في وجود المراعي. إذ أن نوعية المرعى وكثافته تتوقف على كمية الأمطار الساقطة، ومنطقة سقوطها، فالأمطار الغزيرة في المناطق الحارة

---

(1) مخلف شلال مرعي وإبراهيم محمد حسون القصاب، جغرافية الزراعة، مصدر سابق، ص391.
(2) المصدر نفسه، ص410.



Scanned by CamScanner

تؤدي إلى نمو أنواع من الحشائش والأعشاب الطبيعية ذات القيمة الغذائية المحدودة لكثرة مادة الألياف فيها فتكون قليلة الفائدة، وذلك لسرعة نموها في أجواء ذات حرارة مرتفعة، في حين تنمو المراعي الطبيعية في المناطق المعتدلة والباردة ذات الأمطار الموزعة والجو المعتدل أو البارد بصورة بطيئة، بسبب انخفاض درجات الحرارة، الأمر الذي يؤدي إلى غناها بالمواد الضرورية لنمو الماشية وإنتاجها من اللبن واللحم.

إن الحيوانات التي تعيش في المناطق الجبلية غالباً ما تكون صغيرة الحجم، وبطيئة النمو مقارنة مع الحيوانات التي تعيش في السهول والأودية، ويرجع ذلك إلى ارتفاع نسبة حموضة التربة بحكم ارتفاع التساقط في المناطق الجبلية، وما يترتب على ذلك من غسل مستمر للتربة، ونقص عنصر الجير الذي يعد الأساس في تكوين الهيكل العظمي للحيوان. وهناك أرتباط واضح بين معدلات الأمطار الساقطة وبين تركز الأغنام في العالم، إذ توجد أعلى كثافة للأغنام في المناطق التي تستلم كمية من الأمطار تتراوح في معدلها بين 500-1000ملم في السنة[1].

إن سقوط الأمطار بغزارة في الأجواء الحارة تؤدي إلى ارتفاع نسبة الرطوبة في الجو وبالتالي تشكل بيئة مناسبة لانتشار الطفيليات التي تصيب الماشية. (وكذلك تتصف الأغنام الحديثة الولادة بحساستها الشديدة للبرد والثلج، لذا تستوجب وقايتها من مثل تلك الظروف المناخية القاسية، فإذا تعرضت الأغنام المجزوزة حديثاً للمطر أو الثلج خلال اليوم الأول أو الثاني من الجز فأنها ستصاب بالتهاب رئوي)[2].

---

(1) مخلف شلال مرعي وإبراهيم محمد حسون القصاب، جغرافية الزراعة، مصدر سابق، ص359، 390، 391.

(2) علي موسى، الوجيز في المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص163-164.



Scanned by CamScanner

5) **الندى** :

يعد الندى في كثير من المناطق الجافة مصدراً يغذي المراعي، وتعيش عليه الأعشاب الحولية الموسمية، لاسيما في الفترة ما بين أواخر الشتاء، وأوائل الربيع. إذ تقدر كمية الماء الناتج عن الندى حوالي 120سم سنوياً بما يعادل كمية الأمطار الساقطة في منطقة ساحل غزة في فلسطين، وعلى سواحل ناميبيا في أفريقيا[1].

6) **الضغط الجوي**:

للضغط الجوي تأثيران أولهما مباشر على الحيوانات، إذ أنه بالارتفاع يقل الضغط الجوي باعتباره يمثل وزن عمود الهواء المكون من الغازات والمسلط على وحدة المساحة ولتكن السنتمتر المربع، عند مستوى سطح البحر ويبلغ ما مقداره نحو 76سم أو 760ملم، أو نحو 1013,2 مليبار، والثاني تأثير غير مباشر يبرز عن طريق تأثيره على سرعة واتجاه الرياح التي لها تأثير خاص على تربية الحيوانات.

يقل الضغط الجوي بالارتفاع عن مستوى سطح البحر إلى ارتفاع 2000قدم بمعدل يبلغ 4٪ في كل 1000قدم. ومن مستوى 2000قدم إلى مستوى 5000قدم يقل الضغط الجوي بمعدل 3٪ في كل 1000قدم. في حين يقل من مستوى 5000قدم إلى 10000قدم بمعدل يبلغ 2,5٪ في كل 1000قدم[2].

مع الارتفاع عن مستوى سطح البحر تظهر آثار مرضية على الحيوانات التي تنقل تربيتها من المناطق السهلية المنبسطة إلى المناطق الجبلية بسبب اختلاف الضغط الجوي(كما حصل للأبقار التي اشتراها سكان جبل مرة في مديرية دارفور بالسودان من البدو اللذين يعيشون في السهول المجاورة لهم وجلبوها لتربيتها في منطقتهم الجبلية

---

(1) منصور حمدي أبو علي، الجغرافيا الزراعية، ط1، دار وائل للنشر، عمان، 2004، ص97.

(2) أوستن ملر، علم المناخ، تعريب محمد متولي، مكتبة الانجلو المصرية، 1972، ص58.



Scanned by CamScanner

على ارتفاع يتراوح بين 4000-7000قدم، مما أدى إلى قلة خصوبتها أو انعدامها تماماً بعد مضي عدة سنوات عليها) [1].

7) الرياح:

إن للرياح تأثيران على تربية الحيوانات فالتأثير الأول هو المباشر، إذ أن الرياح توفر الأوكسجين الضروري لتنفس الحيوانات وتزيح ثاني أوكسيد الكاربون الناتج من زفيرها، وهذا يعد من التأثيرات الإيجابية للرياح. إلا أن للرياح تأثير سلبي يتمثل بنقلها للسموم الناتجة من المكافحة الكيمياوية للآفات النباتية مثل حشرة الدوباس والبق الدقيقي والعناكب (الحلم) وحفار أوراق الحمضيات.

كما تقوم الرياح بنقل الملوثات الجوية السامة من المناطق الصناعية باتجاه المناطق التي تربى فيها الحيوانات فتؤدي إلى هلاكها. فضلاً عن ذلك أن للرياح الباردة ذات درجات الحرارة المنخفضة تأثيرات سلبية على الأزهار والنباتات المزهرة والتي تشكل مصدر غذاء النحل، وبالتالي فأن موتها يعني حرمانه من مصدر غذائه الرئيس، كما أن الرياح الشديدة السرعة تمنع النحل من الخروج للبحث عن غذاءه، وقد تؤدي الى موته لاسيما إذا كانت باردة بسبب انخفاض درجات الحرارة.

لا يقتصر الأثر السلبي للرياح على نحل العسل، إذ أن انخفاض درجات الحرارة الشديد بسبب الرياح القارصة البرد يؤدي إلى موت العديد من حيوانات المائية، إذا لم تؤخذ الاحتياطات اللازمة لتفادي أخطار مثل تلك الرياح، لاسيما الأغنام التي جزَّ صوفها حديثاً.

كما يبرز تأثير الرياح على تصميم قاعات الدواجن، التي ينبغي مراعاة الاتجاهات العامة لهبوب الرياح عند بناءها. وبالنسبة للبيوت التي تتبع الطريقة المغلقة

(1) يوسف عبد المجيد فايد، مصدر سابق، ص142-143.



Scanned by CamScanner

في الإنتاج فيجب مراعاة أن يكون اتجاه القاعة باتجاه موازٍ لهبوب الرياح لتجنب أثرها على عمل المراوح الداخلية التي تسحب الهواء إلى القاعة. إذ أن انخفاض كمية الأوكسجين داخل المفاقس بنسبة 1٪ بالمقارنة مع نسبته في الهواء الطلق يترتب عليها انخفاض في نسبة الفقس بنسبة تقدر بنحو 5٪، وقد يتوقف فقس البيض في الحالات التي ترتفع فيها نسبة ثاني أوكسيد الكاربون في هواء المفاقس إلى 5٪، ولذلك تعد حركة الهواء وتجديد عناصره داخل المفاقس من الأمور الضرورية. وتزداد أهمية التهوية مع التقدم في مراحل النمو، وربما تحتاج الدجاجة الواحدة إلى أكثر من قدم مكعب من الهواء النقي في الدقيقة[1].

أما التأثير الثاني للرياح فهو التأثير غير المباشر ويتمثل ذلك بنمو المراعي عن طريق تأثير الرياح على وفرة الأمطار الساقطة والرطوبة الجوية. فإذا كانت الرياح رطبة فأنها تسبب سقوط الأمطار، وهذا ما يؤدي إلى نمو مراعي مناسبة لرعي الحيوانات. في حين إذا كانت الرياح جافة فأنها لا تسبب سقوط الأمطار بل العكس إذ تكون أحد أسباب جفاف التربة وفقرها بالمراعي الطبيعية. لذا أن أغلب المراعي في العالم توجد حيث تكون المنطقة رطبة ذات أمطار كافية لنموها لاسيما إذا كانت موزعة على مدار السنة.

### 8) التبخر :

يؤثر التبخر على إنتاجية الماشية من اللحوم والألبان، إذ كلما زاد التبخر كلما صرفت طاقة أكثر من قبل الحيوان وهذا يؤدي إلى قلة المنتج من اللحوم والألبان (إذ تعد الظروف الجوية الملائمة لإنتاجية الأبقار اللبنية العالية والجيدة تتمثل بانخفاض قيمة التبخر المحتمل في الهكتار الواحد بحيث لا يزيد عن 500ملم في السنة، وحوالي

---

(1) مخلف شلال مرعي، وإبراهيم محمد حسون القصاب، جغرافية الزراعة، مصدر سابق، ص412.



Scanned by CamScanner

470ملم في السنة للأغنام [1]).

كما أن للتبخر تأثير مهم على وجود المراعي وهذا يرتبط بطبيعة الحال بعناصر المناخ لاسيما درجات الحرارة، والرطوبة النسبية، والرياح . إذ أن أفضل المراعي تتواجد في المناطق ذات التبخر القليل، إذ تنمو أعشاب غنية على مدار السنة، في حين تنمو أعشاب غنية بالألياف في المناطق التي يزداد التبخر فيها، إذ تقل فيها نسبة البروتينات، كما أنه لانخفاض كمية التبخر تكون القيمة الفعلية للامطار الساقطة أكبر فتؤدي إلى نمو مراعي أجود وأدوم، في حين أن ارتفاع نسبة التبخر يؤدي إلى انخفاض القيمة الفعلية للأمطار فتكون مراعي أقل جودة وعمراً.

9) **الجفاف** :

بسبب عامل الجفاف، وجدت صحاري واسعة , لاسيما في النصف الشمالي من الكرة الأرضية , بسبب اتساع اليابسة، وتتصف هذه المناطق الجافة بانها ذات مراعي فقيرة جداً بسبب قلة سقوط الأمطار وتذبذبها، فضلاً عن ارتفاع درجات الحرارة، وانخفاض الرطوبة النسبية، وارتفاع قيم التبخر. حتى أن بعض المناطق الشديدة الجفاف خلت من النبات الطبيعي تماما، ولا توجد فيها غير الكثبان الرملية أو الحجارة. أما في المناطق الأقل جفافاً فتتواجد نباتات متجمعة أو مبعثرة وفقاً لكمية الأمطار الساقطة، وما يصلها من رطوبة المياه الجوفية. أي أن هذه النباتات تزداد بزيادة كمية الأمطار والمياه الجوفية وتقل بنقصانها. لذا إن بعضها ينمو حيث يسقط المطر فتسمى بالنباتات الحولية، وبعضها كيف نفسه للبيئة التي يعيش فيها عن طريق اكتساء أوراقه بمادة شمعية، أو يكون شكل أوراقه أبرية، أو يكون ذو أشواك بارزة، أو ذو لحاء سميك، وذلك لتقليل المفقود بالتبخر/ النتح. أو تكون ذات جذور طويلة

(1) فاضل الحسني ومهدي الصحاف، أساسيات علم المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص159.



Scanned by CamScanner

وغليظة تتغلغل في أعماق التربة، مستفيدة من المياه الأرضية ولو عن طريق الخاصية الشعرية. لذا أن الحيوانات التي تربى في مثل هذه المناطق كيفت نفسها للعيش في تلك الظروف القاسية كالجمال التي تعد الحيوان الأول حتى أن بعضهم يطلق عليه اسم سفينة الصحراء، وهنالك يربى الماعز الذي له القدرة على العيش في بيئات مختلفة، كما تربى بعض أنواع الأغنام التي يمكن لها أن تتحمل ظروف البيئة الجافة.

هناك مشاكل عدة تواجه الرعي في المناطق الجافة وشبه الجافة يمكن إيجازها على النحو الآتي[1]:

أ- **تكرار ظاهرة الجفاف**: هي ظاهرة متكررة الحدوث في المناطق الجافة وتكمن خطورتها إذا استمرت عدة سنوات متصلة مما يؤدي إلى قلة كمية المياه في الأنهار، وانخفاض مستوى المياه الجوفية وشحة النبات الطبيعي. ويكون أول المتضررين بهذه الظاهرة هم الرعاة، لأن حياتهم ترتبط بما تجود به الظروف الطبيعية من مياه ونبات طبيعي. واحسن مثال على ذلك أن مدة الجفاف الشديدة التي تعرضت لها الدول الأفريقية مالي والنيجر والسنغال وموريتانيا والسودان وتشاد والحبشة والصومال خلال أواخر الستينات وأوائل السبعينات، وما بعد ذلك من القرن العشرين أدت إلى وفاة 100-250 ألف نسمة من السكان للمدة 1968-1973 معظمهم من الرعاة جوعاً وعطشاً، فضلاً عن هلاك مئات الآلاف من الحيوانات التي يربونها، كما تضررت ثلاثون ولاية أمريكية في موجة الجفاف الشديدة التي أصابت الولايات المتحدة الأمريكية عام 1988، وقضي الجفاف على حوالي نصف محصول القمح الربيعي، وقدرت الخسائر في محصول الذرة الصفراء بنحو 10٪-40٪، واستناداً إلى ذلك توقعت وزارة الزراعة الأمريكية حدوث انخفاض في الأعلاف بنسبة 32٪ بسبب

---

(1) قصي عبد المجيد السامرائي وعبد محور لجم الريحاني، جغرافية الأراضي الجافة، ص298-306.



Scanned by CamScanner

تأثير الجفاف على المراعي.

ب- **الرعي الجائر** : نتيجة زيادة الطلب على اللحوم للاستهلاك العالمي بسبب الزيادة السكانية لدى بعض الدول، وارتفاع المستوى المعاشي لدى البعض الآخر منها، جعل الرعاة يزيدون من عدد قطعان حيواناتهم في المرعى دون النظر إلى أمور اخرى أبرزها طاقة المرعى، والمساحات المخصصة للرعي التي أخذت تتقلص بمرور الزمن. ففي محافظة نينوى كان الدونم الواحد يعيل 7 وحدات حيوانية، ازدادت سنة 1980 إلى نحو 15 وحدة حيوانية. وفي الأنبار ازدادت من 1,5 وحدة حيوانية إلى نحو 5 وحدات حيوانية، وفي كربلاء والنجف ازدادت من واحد الى 1,5، وفي المثنى ازداد عدد الحيوانات في الدونم الواحد من 2 إلى 7 وحدة حيوانية لتلك السنة .

ج- **عدم مرونة تنقل الرعاة** : إن الظروف القاسية في المناطق الجافة من قلة الأمطار وتذبذبها وارتفاع درجات الحرارة صيفاً أدى إلى شحة المياه والمرعى في فصل الصيف، وهذا أدى إلى ارتحال الرعاة مع حيواناتهم بين المناطق الهامشية للصحراء في فصل الصيف والمناطق الداخلية شتاءاً. إلا أن هذا الترحال الذي فرضته الظروف الطبيعية للمناطق الجافة لم يعد سهلاً في الحاضر لتدخل الحكومات المركزية ووجود الحدود الدولية، فضلاً عن قلة الأراضي المشاعة التي بأمكان البدو والرعاة من التصرف بمياهها وأراضيها.

د- **تناقص كمية المياه المخصصة لأغراض الرعي** : أخذت كثير من الدول ذات المناخ الجاف تخطط لاستثمار موارد المياه القليلة لأغراض الزراعة والصناعة لاسيما في الدول النفطية، إذ تجلب إليها ربحاً أكثر من حرفة الرعي. مما أدى إلى زيادة استهلاك المياه لأغراض مختلفة على حساب المياه الجوفية المخصصة للرعي. كما في دولة الإمارات العربية المتحدة، إذ زادت مساحة الأراضي الزراعية، ففي منطقة العين وحدها ارتفعت مساحة الأراضي الزراعية من 30,000 دونم سنة 1977



Scanned by CamScanner

إلى نحو 43,000 دونم سنة 1979. كما أخذ عدد السكان في المدن يزدادون لاسيما في الدول النفطية في المناطق الجافة بصورة مضطردة مما إلى زيادة استهلاك المياه للأغراض المنزلية، كما أن ارتفاع المستوى المعاشي يصاحبه زيادة في ذلك الاستهلاك .

هـ -**الفيضانات المفاجئة** : بقدر ما لشحة الماء في المناطق الجافة وشبه الجافة الذي يسبب أضرار كبيرة لتربية الحيوانات، إلا أن كثرته بشكل غير متوقع وبصورة فجائية تجعله من العوامل المدمرة التي تؤدي بحياة الرعاة وحيواناتهم، كما في محطة أورو في وسط الصحراء الكبرى التي يبلغ معدل أمطارها السنوي نحو 30ملم، إلا أن الأمطار انهمرت عليها بشكل غزير ولمدة ثلاثة أيام متواصلة سنة 1934 بلغت كميتها الساقطة نحو 370ملم، مما أدى إلى حدوث فيضانات مدمرة، نتيجة اندفاع المياه في الوديان فقضت على عدد كبير من السكان وأهلكت حيواناتهم.

و- **انخفاض عدد الرعاة في المناطق الجافة وشبه الجافة** : أن العديد من الرعاة في المناطق الجافة وشبه الجافة تركوا حرفة الرعي وتوجهوا للعمل في حرف أخرى نتيجة زحف النشاط الزراعي على حساب المناطق الرعوية، واستخراج الثروة المعدنية وإقامة المشاريع المتعلقة بها، فضلاً عن الاتجاه إلى تربية الحيوانات في مواقع معينة بدلاً من الرعي المتنقل.



Scanned by CamScanner

## الفصل العاشر

# الآفـــات الزراعيـــة

# *The Agricultural Pests*

- ✓ ضـوء الشـمس .
- ✓ درجـة الحـرارة .
- ✓ الرطوبة الجـوية .
- ✓ أشـكال التـكاثف .
- ✓ أشـكال التسـاقط .
- ✓ الضـغط الجـوي .
- ✓ الرياح .

Scanned by CamScanner

# الآفات الزراعية

## *The Agricultural Pests*

تضم الآفات الزراعية كلٍ من الحشرات، والأمراض، والأدغال، والقوارض. ولكل من هذه الآفات آثاره السلبية اعتماداً على النبات والمحصول الزراعي، والمناخ السائد، والحالة الصحية للنبات، فضلاً عن نوع الآفة الزراعية. ولأجل إعطاء هذا الموضوع أهميته ستكون دراسته على النحو الاتي:

### أولاً: الآفات الحشرية *Insect Pests* :

إن الحشرات المعروفة في العالم تقدر بنحو مليون نوع، إلا أن ما يسمى منها بالآفات الحشرية يقدر بنحو 10٪ من مجموع الحشرات المعروفة في العالم، وقد تتعرض هذه النسبة إلى الزيادة نتيجة تحول بعض الحشرات الثانوية إلى آفات حشرية مهمة تبعاً لتبدلات تحدث في بيئتها لصالح تكاثرها وانتشارها. أما بقية الحشرات فهي أما تكون ذات أهمية ثانوية، أو تعد من الحشرات النافعة كالطفيليات والمفترسات التي تهاجم الحشرات الضارة، وتقلل من أعدادها وتلعب دوراً في توازن البيئة. كما أن هناك حشرات ملقحة ودودة الحرير ونحل العسل[1].

تتأثر الآفات الحشرية بعوامل أساسية ثلاث هي: المناخ أولاً ثم النبات العائل ثانيا، فالأعداء الحيوية ثالثاً التي تشمل الطفيليات والمفترسات النافعة. وأن العامل المناخي يمتلك التأثير القوي على النبات العائل والآفات الحشرية، والأعداء الحيوية، فضلاً عن ذلك أن للنبات العائل والأعداء الحيوية تأثير قوي على وجود الآفات الحشرية، كما أن للآفات الحشرية تأثير قوي على النبات العائل. وهذا يمثله السهم

---

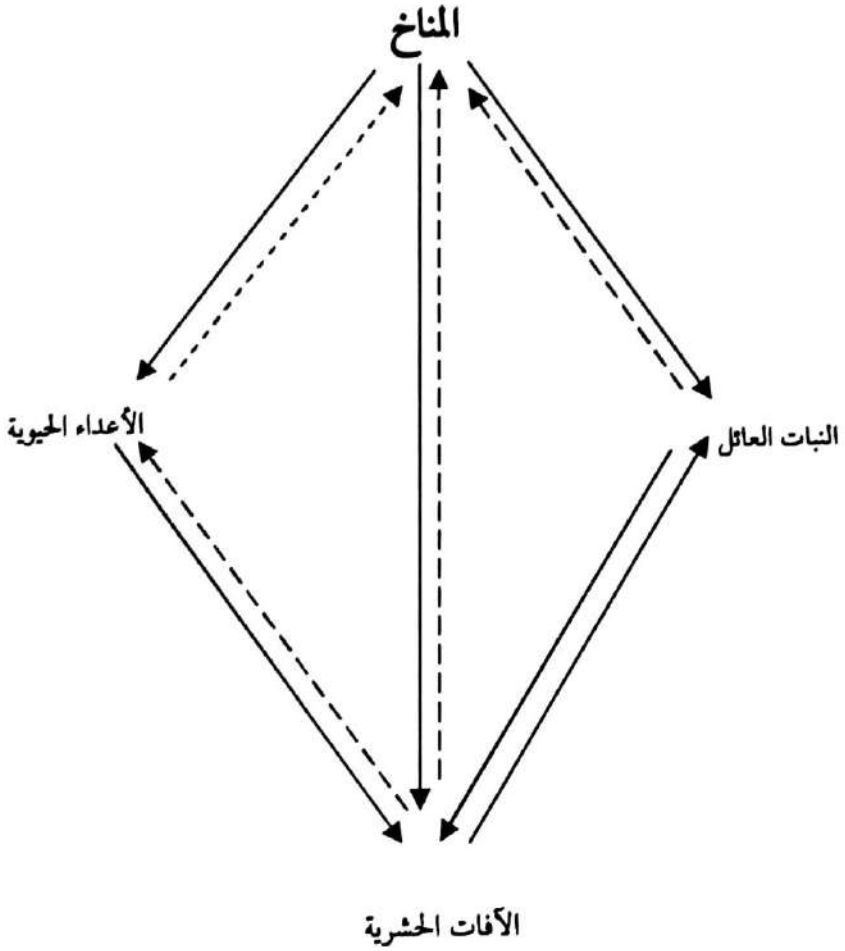
(1) وائل عبد الوهاب غائب، متى تكافح الآفة، مجلة الزراعة العراقية، العدد الثالث والرابع، مطبعة العمال المركزية، بغداد، 1987، ص72-73.



Scanned by CamScanner

المتصل (←) في حين يمتلك كل من النبات العائل، والأعداء الحيوية، والآفات الحشرية تأثير ضعيف على العامل المناخي، فضلاً عن تأثير الآفات الحشرية على الأعداء الحيوية أيضاً يتسم بالضعف وهذا يمثله السهم المنقط( ---←)، يلاحظ شكل (22).

**شكل (22)العوامل المؤثرة في الآفات الحشرية**




ولأن عامل المناخ يعد أقوى العوامل المذكورة في التأثير على بعضها البعض، لذا أن الدراسة ستكون وفق المنهجية الآتية:

1) **ضوء الشمس** *Sun Light* :

لضوء الشمس تأثيران الأول هو التأثير المباشر على الآفات الحشرية، والنبات العائل، والأعداء الحيوية، وذلك عن طريق طول الفترة الضوئية، وطول الموجه



Scanned by CamScanner

الضوئية، وشدة الضوء. أما التأثير الثاني فهو التأثير غير المباشر، وذلك على درجات الحرارة والرطوبة النسبية. ويؤثر الضوء على الآفات الحشرية عن طريق:

**أ- تأثير الضوء على نمو الحشرات :**

تشير بعض التجارب إلى أهمية التعرض للضوء وتأثير ذلك على سرعة النمو لدى الحشرات وخاصة اليرقات. فيرقات دودة الحرير المعرضة للضوء تنمو بسرعة عندما تتعرض إلى الأشعة البنفسجية، في حين أنها تصبح في أصغر أحجامها عندما تتعرض للضوء الأخضر، كما وجد أن الأشعة فوق البنفسجية كانت ذات تأثير سالب لخنفساء الحبوب، إذ أنها أدت إلى بطء في نمو اليرقات، وإطالة مدة الجيل، وانخفاض نسبة الفقس في البيوض، لكنه تبين من خلال التجارب أن كمية الغذاء الذي تتناوله يرقات أسد المن المفترس لا تختلف خلال فترة الإضاءة عنها في فترة الظلام[1].

**ب-تأثير الضوء على نشاط الحشرات :**

تقسم الحشرات وفقاً لاستجابة نشاطها للضوء إلى ثلاثة أنواع :

- **حشرات تستجيب للضوء**: وهي الحشرات التي تنشط أثناء تعرضها لعامل الضوء.
- **حشرات تستجيب للضوء خلال مدة من حياتها** : كحشرة البق الدقيقي التي تصيب أشجار الفاكهة، والتي تستجيب للضوء خلال فصل الربيع والخريف في المنطقة الوسطى من العراق، في حين تحمي نفسها من شدة الضوء صيفاً، لاسيما في شهر تموز وآب، إذ تلجأ للاحتماء في أماكن الظل وفي الخدوش الموجودة في الأشجار.
- **حشرات لا تستجيب للضوء** : كحشرة الأرضة التي تصيب النبات والتي يكثر تواجدها حيث الظل والرطوبة المناسبة.

---

(1) خالد علي رويشدي، وسليمان مفتاح أبو سيف، علم بيئة الحشرات، ط1، جامعة ناصر، الجماهيرية العربية الليبية، 1997، ص141 .



Scanned by CamScanner

ج- تأثير الضوء على تكاثر الحشرات :

يؤدي التعرض إلى الضوء في بعض الحشرات إلى تحفيزها على وضع البيض، كما في ذبابة الفاكهة. وكذلك يزداد وضع البيض للمفترس أسد المن. بينما هناك حشرات أخرى تضع معظم بيضها في الظلام مثل دودة الحرير، ودودة جوز القطن الشوكية. بينما حشرة سوسة البقول تضع بيضها خلال فترة الضوء الاعتيادي، وتضع عدداً أقل من البيض عند زيادة شدة الضوء. أما دودة ثمار التفاح فأنها تضع البيض عند الصباح الباكر وقبل الغروب متجنبةً الضوء الشديد في وسط النهار[1].

د- تأثير الضوء على طور السكون :

يمكن تقسيم الآفات الحشرية وفقاً لتأثير الضوء على دخولها في طور السكون إلى ثلاثة مجاميع[2]:

- **المجموعة الأولى**: تدخل الحشرات طور السكون عند تعرضها لفترة ضوئية قصيرة، وحدوث انخفاض في شدة الإشعاع الشمسي مثل خنفساء أوراق البطاطا، والعنكبوت الأحمر. وهذا ما يتوافق مع حلول فصل الخريف، إذ أن طول النهار يكون أقصر من طول الليل.
- **المجموعة الثانية** : وتدخل الحشرات طور السكون عند تعرضها إلى فترة ضوئية طويلة، مثل عذاري دودة ثمار العنب، وبيوض قراضة دودة الحرير، ويحصل هذا خلال فصل الصيف، إذ يكون النهار طويل.
- **المجموعة الثالثة** : تدخل الحشرات طور السكون نتيجة عوامل أخرى غير طول الفترة الضوئية، كما في ذبابة الغنم Melophangous Ovinus .

---

(1) عبد الباقي محمد حسين العلي ومولود كامل عبد ومؤيد أحمد يونس، علم بيئة الحشرات، دار الكتب، جامعة الموصل، 1987، ص53 .

(2) خالد علي رويشدي، وسليمان مفتاح أبو سيف، مصدر سابق، ص135-136 .



Scanned by CamScanner

ولابد من الإشارة إلى أنه ضمن المجموعة الأولى من الحشرات، تكون نسبة الأفراد التي تدخل في طور السكون في النوع الواحد مختلفة باختلاف فترة الظلام المطبقة من جهة ودرجة الحرارة السائدة من جهة أخرى. فقد ظهر لدى العنكبوت الأحمر انه تحت ظروف ثماني ساعات من الإضاءة، ودرجة حرارة 15°م تدخل كافة الأفراد في طور السكون، بينما تحت تأثير ساعات الإضاءة نفسها، مع رفع درجة الحرارة إلى 25°م، فأن 30٪ منها فقط دخلت في طور السكون[1].

2) **درجة الحرارة** *Temperature degree* :

تعد الحشرات عامة من ذوات الدم البارد، وتعتمد على درجة حرارة المحيط الذي تعيش فيه لديمومة حياتها ونشاطها. وتؤثر درجة الحرارة على معدلات الأيض Metabolic rates من خلال تغيير نشاطها الانزيمي، ونفاذية أغشيتها، فكلما ارتفعت درجة الحرارة إلى حدود معينة يرتفع الأيض مؤدياً إلى الإسراع في النمو، وزيادة في النشاط التكاثري وبالتالي زيادة في العدد[2].

تمر الحشرات بعدة مراحل حرارية تختلف حسب نوعها، ويمكن توضيح ذلك بالجدول (45) الذي يظهر من تحليله أن درجة الحرارة المثلى والملائمة لمختلف فعاليات الآفات الحشرية تبلغ نحو 25°م في المجموعة (أ) ونحو 35°م في مجوعة (ب)، وفي حال ارتفاع درجات الحرارة إلى نحو 40°م في المجموعة (أ)، ونحو 45°م في المجموعة (ب) فأن الحشرات تصاب بالخمول. وفي حال ارتفاعها أكثر من ذلك إلى نحو 45°م في المجموعة (أ)، ونحو 50°م في المجموعة (ب) فأن الحشرات تمر بالدرجة الحرارية الحرجة المهددة لها. أما إذا ارتفعت أكثر إلى نحو 47°م للمجموعة (أ) ونحو 57°م للمجموعة

---

(1) نفس المصدر، ص137 .

(2) حمزة كاظم الزبيدي، المقاومة الحيوية للآفات، دار الكتب، جامعة الموصل، 1992، ص48-49.



Scanned by CamScanner

(ب)، فأن الحشرات تدخل الدرجة الحرارية المميتة لها. بينما إذا انخفضت درجات الحرارة دون درجة الحرارة المثلى إلى نحو 10°م في المجموعة (أ)، ونحو 25°م للمجموعة (ب) فأنها تدخل في منطقة الخمول بسبب انخفاض درجات الحرارة، وهي تختلف عن مرحلة الخمول الأول الذي كان سببه ارتفاع درجات الحرارة. وحينما تنخفض درجات الحرارة أكثر من ذلك إلى نحو 5°م للمجموعة (أ) ونحو 20°م للمجموعة (ب) فأن الدرجة الحرارية المنخفضة تصبح حرجة للحشرات. وفي حال انخفاض درجة الحرارة إلى نحو 3°م للمجموعة (أ) ونحو 14°م للمجموعة (ب) فأن الدرجة الحرارية المنخفضة تكون مميتة. ومن تحليل الجدول نفسه يظهر أن الحشرات في مجموعة (ب) والتي تقاوم ارتفاع درجات الحرارة أكثر من مقاومة الحشرات في المجموعة (أ) فأنها لا تبدي مقاومة لانخفاض درجات الحرارة بنفس الكفاءة، إذ أن العكس هو الصحيح.

**جدول (45) المراحل الحرارية التي تعيش فيها نوعان من الحشرات**

| المجموعة (ب) (°م) | المجموعة (أ) (°م) | المرحلة الحرارية |
|---|---|---|
| 57 | 47 | الدرجة الحرارية المميتة Lethal Temperature |
| 50 | 45 | الدرجة الحرارية الحرجة Critical Temperature |
| 45 | 40 | منطقة الخمول Zone of Inactivity |
| 35 | 25 | درجة الحرارة المثلى Optimum Temperature |
| 25 | 10 | منطقة الخمول Zone of Inactivity |
| 20 | 5 | الدرجة الحرارية الحرجة Critical Temperature |
| 14 | 3 | الدرجة الحرارية المميتة Lethal Temperature |

**المصدر : عبد الباقي محمد حسين العلي ومولود كامل عبد ومؤيد أحمد يونس، علم بيئة الحشرات، دار الكتب ، جامعة الموصل، 1987، ص30 .**



Scanned by CamScanner

في حال ارتفاع درجات الحرارة فأن بعض الحشرات تكون قادرة على خفض درجة حرارة جسمها عن طريق تبخر الماء، غير أن التبريد بتبخير الماء يؤدي إلى الجفاف السريع للحشرة مالم يكن الماء سهل المنال فذبابة تسي تسي التي تصيب الأبقار في المناطق المدارية تتغذى وهي معرضة لأشعة الشمس الحارة على الجلد الساخن للذبابات عند درجة حرارة أعلى من 39°م. ومع ذلك فهي قادرة على خفض درجة حرارة جسمها بمقدار 2,1°م عن طريق التبخر من جهازها القصبي طالما أن وجبتها الغذائية تحتوي على سوائل تكفي لتعويض فقدان الماء. أما في حالة انخفاض درجة الحرارة فأن الحشرات تعاني من عواقب مختلفة عندما تنخفض درجة الحرارة عن مرحلة نموها أو نشاطها فتصبح مشلولة الحركة عند درجات حرارة أعلى من درجة التجمد، لاسيما الحشرات غير المعتادة على انخفاض درجات الحرارة. لذا أن بعض الاجناس تتعرض لمخاطر الموت بنسبة تتراوح بين 90٪-100٪ جراء البرودة الشديدة في فصل الشتاء. أما الحشرات التي تتحمل البرودة فأنها تدخل السبات الشتوي، ويعود تحمل بعض الحشرات للانجماد إلى وجود مادة الجليسيرول glecerol، والدهون ذات الوزن الجزيئي المنخفض، لاسيما في اليرقات والعذاري. وبصورة عامة فأن غالبية الحشرات قادرة على رفع درجة حرارة جسمها عن الوسط المحيط عن طريق امتصاص الحرارة مباشرة من أشعة الشمس وهو ما يسمى بالاستدفاء الخارجي Ectothermy، والحشرات التي تستمد الحرارة كلياً من بيئتها تسمى خارجية الحرارة Ectothermis. وهناك مصدر آخر للحرارة عن طريق طاقة الأيض، وهو ما يسمى بالاستدفاء الداخلي Endothermy. أما الحشرات ذات الحراشيف أو الشعيرات العازلة، أو ذات الغذاء الغني بالطاقة أو كليهما معاً تكون قادرة على رفع درجة حرارة جسمها والحفاظ عليها بمعدل أعلى من درجة حرارة المحيط الذي تعيش فيه لفترات مختلفة. كما تأتي الحرارة من النشاط العضلي بشكل أساس في الحشرات التي تتمتع



Scanned by CamScanner

بالقدرة على الطيران، حيث تستمر العضلات في إنتاج الحرارة بمجرد أن تطير الحشرة. فدرجة حرارة الصدر للجراد قد ترتفع بمقدار (5-10°م) أعلى من حرارة الوسط المحيط بمجرد طيرانها. لذل فأن خطر البرد يكون أشد في الحشرات غير القادرة على الطيران، أو أطوار الحشرات غير الكاملة التي لا يمكنها الاستدفاء بفضل حركة الأجنحة[1].

وبينت أحدى الدراسات تأثير درجة الحرارة على نشاط حشرة كابنودس اللوزيات Capnodis tenebriodis كما في جدول (46).

**جدول (46)تأثير درجة الحرارة على نشاط حشرة كابنودس اللوزيات.**

| درجة الحرارة | وضع الحشرة |
|---|---|
| أكثر من 45°م | تموت الحشرة خلال يوم واحد |
| أكثر من 33°م | يزداد النشاط وتطير الحشرة |
| 28 – 33°م | درجة الحرارة المثالية لوضع البيض |
| 25-26°م | الحد الحرج لوضع البيض |
| 20-22°م | الحد الحرج للنشاط |
| أقل من 20°م | خاملة وغير نشيطة |

**المصدر : خالد علي رويشدي وسليمان مفتاح أبو سيف، علم بيئة الحشرات، ط1، جامعة ناصر، الجماهيرية العربية الليبية، 1997، ص82 .**

من خلال ذلك يتبين اختلاف الحدود الحرارية ما بين الحشرات، إذ أنه لا توجد حدود موحدة لجميع الحشرات وهذا يتوقف على جملة من العوامل منها نوع الحشرة، والطور الذي تمر فيه، والمنطقة التي تعيش فيها، وعناصر المناخ الأخرى،

(1) حمزة كاظم الزبيدي، مصدر سابق، ص50-52 .



Scanned by CamScanner

كضوء الشمس، والرطوبة النسبية، والرياح .

مثلاً يختلف الحد الأدنى أو الحد الحرج للنمو باختلاف أنواع الحشرات واطورها كما يأتي[1]:

- خنفساء اللوبياء Callosobruchus maculatus: الحد الحرج لليرقة والعذراء 18 م.
- حشرة أبو دقيق الملفوف الصغرى Pieris rapae : الحد الحرج للبيضة 8,4 م ، ولليرقة 6 م، وللعذراء 7 م .
- فراشة درنات البطاطا Phoperculella : الحد الحرج للحشرة الكاملة 15 م، والدرجة الحرارية العليا 30 م، والدرجة الحرارة المثالية 24 م, والدرجة الحرارية التي تموت عندها 40 م العليا و10 م الصغرى .
- حشرة نفف الجلد الصغيرة Hypoderma SPP : الحد الحرج الأدنى لنشاط الحشرة 18 م .

ولتوضيح تأثير درجة الحرارة على الآفات الحشرية بصورة أكثر تفصيلاً يكون كما يلي :

**أ- تأثير درجة الحرارة على الانتشار:**

تؤثر درجة الحرارة على انتشار الآفات الحشرية سواء على نطاق الفصول، أو على نطاق اليوم. فعلى نطاق الفصول فأن الآفات تبدأ بالانتشار مع بدأ درجات الحرارة بالارتفاع خلال فصل الربيع، وتحديداً في شهر نيسان، وفي السنوات الدافئة في شهر آذار، ويتزايد انتشارها حتى فصل الصيف، إذ بحلوله تبدأ أكثر الحشرات بالاختفاء داخل الجروح والخدوش الموجودة في الشجرة، وفي أماكن الظل حيث

(1) خالد علي رويشدي وسليمان مفتاح أبو سيف، مصدر سابق، ص83 .



Scanned by CamScanner

تتشابك الأغصان، وهذا يحصل لاسيما في شهري تموز وآب حيث تكون درجات الحرارة مرتفعة إلى أقصاها في النصف الشمالي من الارض. وبعد انقضاء فصل الصيف الحار وحلول فصل الخريف، وتبدأ درجة الحرارة بالانخفاض تعود الحشرات للانتشار ثانية، إلا أن انخفاض درجات الحرارة إلى أكثر من ذلك في فصل الشتاء إلى ما دون الحد الحرج لنمو تلك الحشرات، يلجئها إلى الاختباء أو أنها تموت من شدة البرودة.

إن انتشار الآفات الحشرية لا يقتصر على الفصول، إذ أن بعض الآفات لاسيما في الفصل الدافئ من السنة تنتشر مع شروق الشمس، وقبل غروبها. بينما تحتمي من درجات الحرارة المرتفعة وسط النهار.

**ب-تأثير درجة الحرارة على سرعة النمو:**

تتباين سرعة نمو الآفة الحشرية وفقاً لدرجة الحرارة، ونوع الحشرة، والطور الذي تمر فيه الحشرة. إذ أن الطور اليرقي لآفة عنكبوت الحمضيات يستغرق 3 أيام عندما يكون معدل درجة الحرارة 20,2°م خلال المدة من تشرين ثاني إلى كانون ثاني، وتقل إلى 2,2 يوم عندما ترتفع معدلات الحرارة إلى نحو 25,4°م خلال المدة من شهر شباط إلى شهر مايس، وعند ارتفاع معدلات الحرارة أكثر إلى نحو 32,6°م خلال المدة من حزيران إلى أيلول فأن عدد الأيام للطور اليرقي تنخفض إلى نحو 1,6يوم، وهذا يلاحظ على الطور الحوري الأول أيضاً، إذ يستغرق 3,3 يوم عندما تكون معدلات الحرارة 20,2°م، وتستغرق سرعة النمو نحو يومين بارتفاع درجات الحرارة إلى نحو 25,4°م، وبارتفاع درجات الحرارة أكثر إلى نحو 32,6°م فأن الطور الحوري الأول يستغرق 1,3يوم، كما يلاحظ ذلك على الطور الحوري الثاني للحشرة، إذ تقل المدة التي تستغرق للنمو من 3 يوم عند درجة حرارة 20,2°م إلى نحو 2,2 يوم عند درجة حرارة 25,4°م، وإلى يوم واحد بارتفاع معدلات الحرارة إلى نحو 32,6°م،



Scanned by CamScanner

ويستمر ذلك على الحشرة الانثى الكاملة للآفة والتي استغرق معدل طول فترة طورها نحو 18,6 يوم عند معدل درجة حرارة 20,25°م، وبارتفاع معدل درجة الحرارة إلى نحو 25,4°م انخفضت السرعة التي استغرقت للنمو إلى نحو 12,2 يوم، كما انخفضت أكثر إلى نحو 8,3 يوم بارتفاع معدل درجة الحرارة أكثر من ذلك إلى نحو 32,6°م، يلاحظ جدول(47) .

**جدول (47)عدد البيض وفترات الأطوار المختلفة لعنكبوت الحمضيات، ونسبة الفقس، والنسبة الجنسية خلال أشهر السنة تحت ظروف المختبر.**

| المجموعة | الفترة | معدل درجة الحرارة (°م) | معدل عدد بيض الأنثى/يوم | معدل طول فترة الأطوار المختلفة / يوم | | | | | النسبة المئوية للفقس ٪ | النسبة الجنسية | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | حضانة البيض | الطور اليرقي | الطور الخوري الأول | الطور الخوري الثاني | الحشرة الكاملة الأنثى | | ذكر | انثى |
| الأولى | تشرين الثاني إلى كانون ثاني | 20.2 | 2.2 | 8 | 3 | 3.3 | 3 | 18.6 | 81.1 | 21 | 29 |
| الثانية | شباط إلى مايس | 25.4 | 6.3 | 8 | 2.2 | 2 | 2.2 | 12.2 | 95.1 | 23.3 | 77.7 |
| الثالثة | حزيران إلى أيلول | 32.6 | 3.4 | 5 | 1.6 | 1.3 | 1 | 8.3 | 82.1 | 22.8 | 77.2 |

**المصدر : عادل غبريال عوض ونضال حميد رشيد، تاريخ حياة العنكبوت** Eutetranychus Orientalis**، الكتاب السنوي لبحوث وقاية المزروعات، المجلد الثاني، ج1، الدار العربية، بغداد، 1982، ص153 .**



Scanned by CamScanner

ج- تأثير درجة الحرارة على الكثافة العددية للآفات :

أن لدرجة الحرارة تأثير على الكثافة العددية للآفات فالحشرة القشرية الصفراء جنس Aonidiella وفقا لما ذكره Onder عام 1983 أن الكثافة العددية لهذه الحشرة تزداد في أيار مع ارتفاع درجات الحرارة وتنخفض في تموز لأن درجات الحرارة تصل إلى أقصاها وكذلك يعود الأمر لنشاط الأعداء الحيوية لهذه الحشرة، إلا أنها تزداد مرة أخرى في شهر آب وتصل الذروة في فصل الخريف لبدأ انخفاض درجات الحرارة، ثم تنخفض كثافتها مجدداً إلى مستويات متدنية في كانون الثاني حتى شهر آيار المقبل بسبب انخفاض درجات الحرارة شتاءً وزيادة الأعداء الحيوية في فصل الربيع[1].

د- تأثير درجة الحرارة على معدل تكاثر الآفة :

أن لكل آفة حشرية درجة حرارة معينة يبلغ تكاثرها في ذروته، وبارتفاع معدلات الحرارة وانخفاضها عن ذلك المقدار يتأثر تكاثرها بذلك. ومن مراجعة جدول (47) يتبين أن معدل بيض أنثى العنكبوت الذي يصيب الحمضيات تصل ذروتها نحو 6,3 بيضة / يوم عند معدل درجة حرارة 25,4°م، وبانخفاض معدلات الحرارة إلى نحو 20,2°م قل معدل عدد البيض إلى نحو 2,2 بيضة / يوم، وكذلك بارتفاع معدلات الحرارة إلى نحو 32,6°م انخفضت معدلات عدد بيض الأنثى إلى نحو 3,4 بيضة / يوم، واختلف معدل حضانة البيض في اليوم الواحد ما بين 8 يوم عند درجة حرارة 20,2°م و 25,4°م لتنخفض المدة بارتفاع درجات الحرارة إلى نحو خمسة أيام فقط عند معدل درجة حرارة 32,6°م، كما يعد معدل درجة الحرارة 25,4°م هو أنسب معدلات الحرارة للنسبة الجنسية للذكور والتي بلغت نحو 23,3، وللإناث نحو

---

(1) أمل نادر خضير الخالدي، دراسة بيئية- حياتية على الحشرة القشرية الشرقية الصفراء على الحمضيات في وسط العراق، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الزراعة، جامعة بغداد، 2000، ص6.



Scanned by CamScanner

7,77، وبانخفاض معدلات درجات الحرارة عن ذلك المقدار تقل النسبة الجنسية سواء كان ذلك للذكور أو الإناث، وكذلك تقل بارتفاعها.

وتختلف فترة حضانة البيض والنسبة المئوية للفقس وفقاً لدرجات الحرارة، ونوع النبات العائل، مع رطوبة نسبية تتراوح بين 60-80٪، كما في حشرة الذبابة البيضاء التي تصيب الخضار والفاكهة. فبالنسبة إلى نبات الطماطة كانت فترة حضانة البيض للحشرة تنخفض بارتفاع درجات الحرارة، بينما تصل أكبر نسبة مئوية للفقس نحو 96,3٪ عند درجة حرارة 25°م، أما بالنسبة لنبات الباذنجان فكانت فترة الحضانة تنخفض أيضاً بارتفاع درجات الحرارة، أما النسبة المئوية لفقس البيوض فكانت أعلاها نحو 96,8٪ عند درجة حرارة 35°م، يلاحظ جدول (48).



Scanned by CamScanner

جدول (48) فترة حضانة البيض والنسبة المئوية للفقس في درجات الحرارة المختلفة ورطوبة نسبية (60-80٪) للذبابية البيضاء Bemisia Tabaci على نباتي الطماطة والباذنجان.

| درجة الحرارة | نبات الطماطة | | النسبة المئوية للفقس(*) ٪ | نبات الباذنجان | | النسبة المئوية للفقس٪ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | فترة الحضانة (باليوم) | | | فترة الحضانة (باليوم) | | |
| | المدى | المعدل | | المدى | المعدل | |
| 15(**) | - | - | - | 39-26 | 30.0 | 66.8 |
| 20 | 17-13 | 15.7 | 90.1 | 20-11 | 14.9 | 88.8 |
| 25 | 9-5 | 6.7 | 96.3 | 9-6 | 6.6 | 95.9 |
| 30 | 7-4 | 5.6 | 82.6 | 7-3 | 5.2 | 94.0 |
| 35 | 5-2 | 4.5 | 88.3 | 6-4 | 4.4 | 96.8 |

المصدر: سهيلة داود سلمان الجنابي، دراسة حياة الذبابة البيضاء في وسط العراق، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم،جامعة بغداد، 1986، ص20-22.

## هـ. التأثير المميت لدرجات الحرارة :

هناك تأثيران بسبب درجات الحرارة وكما يأتي:

- **التأثير المميت لدرجات الحرارة المرتفعة:**

إذا استمرت درجات الحرارة في الارتفاع إلى ما فوق الحد الأعلى لمنطقة النشاط الحراري فأن الحشرة تدخل حالة الخمول الحراري، وبعد ذلك تعاني توقفاً تاماً

---

(*) لا توجد فروق معنوية في نسبة الفقس المئوية للدرجات المختلفة .

(**) لم تسجل فترة الحضانة ونسبة الفقس فيها بسبب طول مدة الحضانة وموت النبات قبل أتمام الفقس .



Scanned by CamScanner

في نشاطها ينتهي بالموت عند وصول درجات الحرارة إلى منطقة الحرارة العالية القاتلة. وبذلك لم يعد بإمكان الحشرة استعادة نشاطها حتى لو انخفضت درجات الحرارة إلى حدود منطقة النشاط الحراري، وذلك لأن درجات الحرارة العالية تؤدي إلى أحداث تغيرات كيمياوية وفسيولوجية في أنسجة الحشرة تتعطل عندها وظائف الأجهزة الداخلية لاسيما عمليات التمثيل الغذائي مما يزيد من معدل أفراز المواد السامة عن معدل أخراجه، فتتجمع في أنسجة الجسم وتسبب موت البروتوبلازم. وتختلف المدة اللازمة لموت الحشرة بسبب ارتفاع درجات الحرارة باختلاف نسبة الرطوبة الموجودة في أجسامها، فكلما زادت نسبة الرطوبة في جسم الحشرة كان موتها أسرع. لذا يمكن القول أن درجة الحرارة الحرجة تنخفض لدى الحشرات التي تعيش في بيئة رطبة عما هي عليه لدى الحشرات التي تعيش في بيئة جافة. كما تختلف درجة الحرارة القصوى المميتة للحشرات باختلاف الأنواع فهي لدى الحشرات المحبة للحرارة (48-52°م) أعلى منها لدى الحشرات الأخرى (37-43°م) لأنها أقل تحملاً لدرجات الحرارة العالية[1].

## التأثير المميت لدرجات الحرارة المنخفضة:

يزداد التأثير المميت لدرجات الحرارة المنخفضة بالاقتراب من فصل الشتاء، كما في حشرة البق الدقيقي التي كان معدل إناثها الحية يتناقص بالاقتراب من الشهور الباردة ليصل أدناه نحو 2 حشرة في كل 25 ورقة خلال كل من شهري كانون الأول 1980، وكانون الثاني 1981 على التوالي بسبب انخفاض درجات الحرارة، ويرتفع عدد الإناث الحية إلى 8 في شهر آذار بسبب بدأ درجات الحرارة بالارتفاع، لكنه ينخفض إلى نحو 4 في شهر نيسان بسبب ارتفاع عدد الإناث الميتة بالافتراس من قبل

(1) خالد علي رويشدي وسليمان مفتاح أبو سيف، مصدر سابق، ص88-89.



Scanned by CamScanner

الأعداء الحيوية، ثم تعاود الارتفاع لتصل ذروتها لحو 54 حشرة في شهر تموز. أما معدل الإناث الميتة بسبب انخفاض درجات الحرارة فتصل ذروتها لحو 24 حشرة وذلك خلال شهر شباط 1981، بينما يصل ذروة الإناث الميتة بسبب الافتراس لحو 67 حشرة وذلك في شهر نيسان من سنة 1981. يلاحظ جدول (49) .

**جدول (49) معدل أعداد الأناث البالغة من البق الدقيقي في 25 ورقة من أشجار الحمضيات في محافظة نينوى.**

| الشهور | معدل الأناث الحية | معدل الأناث الميتة | |
|---|---|---|---|
| | | طبيعياً | بالافتراس |
| أيلول 1980 | 10 | 0 | 0 |
| تشرين الأول | 13 | 0 | 0 |
| تشرين الثاني | 10 | 0 | 0 |
| كانون الأول | 2 | 0 | 0 |
| كانون الثاني 1981 | 2 | 0 | 0 |
| شباط | 4 | 24 | 0 |
| آذار | 8 | 2 | 19 |
| نيسان | 4 | 3 | 67 |
| مايس | 20 | 12 | 2 |
| حزيران | 36 | 0 | 0 |
| تموز | 54 | 0 | 1 |
| آب | 27 | 3 | 40 |

**المصدر : عدنان إسماعيل شيث والياس موسى أسحق، الوجود الموسمي لحشرة البق الدقيقي (Nipaecoccus Vastator (Mask على الحمضيات في محافظة نينوى، الكتاب السنوي لبحوث وقاية المزروعات، المجلد الثالث، ج1، دار القادسية للطباعة، بغداد، 1983، ص208.**



Scanned by CamScanner

د- تأثير درجة الحرارة على تطور الأجيال :

إنّ لكل آفة حشرية درجة حرارة معينة تبلغ فيها الحشرة أقصى تطور لأجيالها خلال السنة، وتزداد مدة تطور الأجيال بالانخفاض عند تلك الدرجة الحرارية، كما في حشرة حفار أوراق الحمضيات Phyllocnistis Citrella (Cstaintion) ، إذ تعد درجة الحرارة 30°م الأفضل في تطور جيل هذه الحشرة والذي بلغ نحو 18,9 يوم، في حين ازدادت عدد الأيام إلى نحو 31,9 يوم و 24,2 يوم عند انخفاض درجة الحرارة إلى نحو 20°م و 25°م على التوالي[1].

3) **الرطوبة الجوية** *Atmospheric Humidity* :

تتكون الرطوبة الجوية من مصطلحات عديدة إلا أن أهمها واكثرها شيوعاً هو مصطلح الرطوبة النسبية، وهي ترتفع بانخفاض درجات الحرارة، كما تنخفض بارتفاع درجات الحرارة. لذا ستكون هي المعنية في دراستنا للرطوبة الجوية.

أن جسم الآفة الحشرية يتكون من نسبة عالية من الرطوبة شأنها شأن الكائنات الحية، لذا فان انخفاض الرطوبة في الجو يعني تأثر كثير من الآفات بذلك عن طريق ما يتبخر من جسمها من الرطوبة. كما أن الرطوبة العالية في الجو لها أضرارها على بعض الآفات الحشرية وفقاً لذلك يمكن تتبع دور الرطوبة الجوية وتأثيرها على الآفات الحشرية على النحو الآتي :

أ- **التأثير المميت للجفاف وانخفاض الرطوبة النسبية :**

يعتمد التأثير المميت للجفاف على طول مدة الجفاف، وسرعة تبخر الماء من جسم الحشرة، ومقدار الجفاف الذي يمكن أن تتحمله الحشرة داخل انسجتها. وهذا يعتمد على نوع الحشرة، والطور الذي تمر فيه، ودرجات الحرارة السائدة، ومدى قدرة الحشرة على التكيف.

---

(1) طارق رشيد احمد وآخرون، الوجود السنوي وحياتية حشرة حفار أوراق الحمضيات Phyllocnistis citrella (staintion) في العراق، مجلة الزراعة العراقية، المجلد الخامس، العدد الثالث، 2000، ص94 .



Scanned by CamScanner

إن معظم الحشرات لا يمكنها التحوير في مناخها المحلي المحيط بها، لذلك يجب أن تتفاعل وتستجيب للظروف غير الملائمة عن طريق الحركة والانتقال إلى ظروف مناخية أفضل. وبالرغم من صغر حجم الحشرات وما يخلفه ذلك من متاعب الاحتفاظ بالماء الذي بداخلها طبقاً لنسبة الحجم إلى المساحة السطحية، إلا أن بعض الحشرات مقاومة نوعاً ما للجفاف بسبب احتوائها على الطبقة الشمعية غير المنفذة عند الجزء السطحي للكيوتيكل، وكذلك وجود أجهزة غلق الثغور التنفسية التي تنظم فقدان الرطوبة من الجهاز القصبي. كما أن فقدها للماء عن طريق جهاز الاخراج محدود، ولها القابلية على إعادة امتصاص الماء الناتج من عمليات الأيض Metabolic Water، أو عن طريق امتصاص الماء من الأسطح الرطبة أو الهواء. وفي حال انعدام ذلك فأن حشرات عديدة كحشرة المن وقفازات الأوراق تموت بسهولة في الأماكن التي تنخفض فيها الرطوبة النسبية[1]. في حين تبدي بعض الحشرات العيش في مدى واسع من الرطوبة كحشرة حفار أوراق الحمضيات التي يمكن أن تعيش وتتكاثر في أجواء من الرطوبة تتراوح ما بين 10٪-100٪[2].

**ب-التأثير المميت للرطوبة العالية :**

إن للرطوبة العالية دورٌ مهم في الحد من انتشار بعض الآفات الحشرية عن طريق السماح لنمو وانتشار الأمراض البكتيرية والفطرية على حسابها[3]، وفي ظروف الهواء المشبع، أي عندما تكون الرطوبة النسبية 100٪، فأن الحشرة لا تفقد

---

(1) حمزة كاظم الزبيدي، مصدر سابق، ص52 .

(2) نصير الدين شرف الدين، تقرير فني عن مكافحة حشرة حفار أوراق الحمضيات بجمهورية العراق، المنظمة العربية للتنمية الزراعية، مطبعة المنظمة العربية للتنمية الزراعية، الخرطوم، 1995، ص4 .

(3) مولود كامل عبد ومؤيد أحمد يونس، بيئة الحشرات، دار الكتب، جامعة الموصل، 1980، ص84 .



Scanned by CamScanner

الماء عن طريق التبخر، كما لا يمكنها التخلص من ماء الأيض عند هذه الظروف. ويكون الأمر محرجا للحشرات عند ارتفاع درجات الحرارة ولو بمعدلات تفوق بقليل نشاطها الحراري، مما يتسبب في موتها بسبب عدم قدرتها على تبريد جسمها عن طريق تبخير الماء[1].

**ج- تأثير الرطوبة على تكاثر الآفة :**

إن لكل آفة مقدار مناسب من الرطوبة يمكن أن تضع فيه الأنثى أكبر كمية من البيض، ويتأثر ذلك بارتفاع وانخفاض الرطوبة النسبية عن ذلك المقدار (فحشرة البق الدقيقي يتأثر ما تضعه من بيض بانخفاض معدلات الرطوبة النسبية إلى ما دون 35٪ في المنطقة الوسطى، ويزداد عدد البيض بزيادة معدلات الرطوبة عن ذلك المقدار إلى حدود معينة [2]).

**د- تأثير الرطوبة على نمو الآفة:**

نتيجة لأن جسم الحشرة يتكون من نسبة كبيرة من السوائل كحشرة ألمن والذبابة البيضاء، فأن زيادة الرطوبة النسبية تؤدي إلى زيادة معدلات النمو للآفة شرط أن تكون درجات الحرارة ملائمة، وأن تكون الرطوبة النسبية أقل من درجة التشبع كما أن بعض الآفات لا يتأثر نموها بارتفاع وانخفاض الرطوبة النسبية كحشرة حفار أوراق الحمضيات، وذلك لأنها تبني أنفاق لها داخل الورقة النباتية توفر لها الحماية من ارتفاع وانخفاض مقادير الرطوبة النسبية في الهواء.

---

(1) حمزة كاظم الزبيدي، مصدر سابق، ص53 .

(2) سلام هاتف أحمد الجبوري، دور عناصر المناخ في التأثير على آفات الحمضيات للمنطقة الوسطى من العراق، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية التربية ابن رشد، جامعة بغداد، 2002، ص62 .



Scanned by CamScanner

4) **أشكال التكاثف** *Condensation* :

للتكاثف أشكال عديدة لكل منها آثاره الخاصة على الآفات، ويمكن ذكرها على النحو الآتي:

أ- **الغيوم** : إن لتلبد السماء بالغيوم تأثير سلبي على نشاط العديد من الآفات، ومن هذه الآفات هو الجراد، إذ أن حوريات الجراد المهاجر تتوقف عن المسير عند مرور سحابة فوقها ويرجع السبب في ذلك إلى النقص الشديد في مقدار الضوء نتيجة حجب أشعة الشمس من قبل الغيوم[1].

ب-**الندى** : يعد الندى عامل إيجابي بالنسبة للآفات الحشرية فهي تتناول قطرات الندى المتجمعة على أزهار النباتات لتركيز الرحيق لذا يعد أحد مصادر الغذاء، كما أن قطرات الندى الموجودة على الأوراق النباتية تعد مصدراً للماء لأنواع عديدة من الآفات[2].

ج- **الضباب** : يعد الضباب من المظاهر المعرقلة لنشاط بعض الحشرات، إذ أن حدوثه لا يفيد الحشرات والآفات الرهيفة مثل المن وقفازات الأوراق، لأن الضباب يزيد الرطوبة الجوية في بيئة الحشرة الأمر الذي يجعل الآفات الحشرية تلتصق بالأوراق، أو مع بعضها البعض، وبالتالي فإذا بقيت ملتصقة في الماء أكثر من نصف ساعة فأنها تتعرض لخطر الموت[3].

د- **الصقيع** : يعد الصقيع عامل ضار بالنسبة للآفات الحشرية، وذلك أنه يحدث نتيجة انخفاض درجات الحرارة إلى ما دون الصفر المئوي، وهذا يشكل خطراً على حياة

---

(1) خالد علي رويشدي وسليمان مفتاح أبو سيف، مصدر سابق، ص139 .

(2) عبد الباقي محمد حسن العلي ومولود كامل عبد ومؤيد أحمد يونس، علم بيئة الحشرات، مصدر سابق، ص40 .

(3) نفس المكان .



Scanned by CamScanner

الحشرات، فهو يشل حركة الآفات، ويعرضها لخطر الموت. وفقاً لذلك أن الكثير من الآفات تتعرض للموت فتقل نسب الإصابة بها، لاسيما خلال فصل الشتاء البارد حيث تكثر هذه الظاهرة.

### ٤) أشكال التساقط *Precipitation* :

تشمل أشكال التساقط على المطر، والبرد والجليد، فأما تأثير المطر السلبي والإيجابي على الآفات الحشرية فيمكن إيجازه على النحو الآتي[1]:

أ. أنه يؤدي إلى موت العديد من الأطوار الحشرية الرهيفة .

ب. أن المطر يسبب موت الحشرات غرقاً، عندما يسقط بغزارة ويستمر لساعات عديدة.

ج. يساعد المطر بطريقة غير مباشرة على خروج الحشرة من أطوارها الساكنة كطور البيضة، أو العذراء، ويرجع ذلك إلى التأثير الميكانيكي للماء على أغلفة البيضة أو العذراء مما يؤدي إلى امتصاص الماء بكميات كبيرة وهذا ينبه الدور الساكن أو الجنين ويسرع في النمو .

د. كثرة المطر تزيد الرطوبة النسبية في الجو ورطوبة الأرض مما يؤدي إلى زيادة أعداء بعض الآفات الحشرية، كنمو بعض الطفيليات .

ه. أن المطر يزيد المساحة الخضراء، وهذا يزيد من كمية الغذاء المتوفر للآفة.

و. توزيع الأمطار على مدار السنة يساعد بعض الآفات على التغذي على الأزهار التي تتواجد على طول مدار السنة، كما في حفار البن الذي يتغذى على الأزهار التي تتواجد في الهند، مما يزيد من عدد أجيالها ويزيد من أعدادها.

أما بالنسبة لأشكال التساقط الأخرى كالبرد فهو يعد عامل مساعد يوفر

---

(1) نفس المكان .



Scanned by CamScanner

مخابئ جيدة للآفات في النباتات، لأنه يعمل على تكسر الأغصان، والفروع الغضة فيسبب حدوث جروح وخدوش فيها يتناسب ذلك طردياً مع حجم حبة البرد، وبالتالي فأنه يعد عامل مساعد على تكاثر الآفة من جهة، كما أنه يعد عامل سلبي على الآفة من ناحية أخرى، لأنه عند اصطدام حبة البرد بالآفة فانه يؤدي إلى موتها نتيجة السرعة التي تسقط بها حبة البرد، وكلما كانت أكبر كان أثرها أكثر. في حين يعد الثلج عامل ضار بالآفات، وكلما كان أكثر وزاد سمكه فانه يحد من تحرك الآفة، ويحرمها من غذائها فيؤدي إلى موتها .

### 6) الضغط الجوي *Atmospheric Pressure* :

إن للحشرات قدرة على تحمل تغيرات كبيرة في مستوى الضغط الجوي، رغم ذلك أن ثمة تأثيرات لهذا العامل على الحشرات لا يمكن أهمالها. إذ أن نشاط الحشرات يزداد أثناء انخفاض الضغط الجوي، فهي تتحرك وتبحث عن غذائها بحيوية أكبر، ويتم التزاوج بشكل أنشط مما هو عليه في الأوقات العادية. وقد وجد أن الجراد ينتقل أثناء هجرته من مناطق الضغط العالي إلى مناطق الضغط الجوي المنخفض. وفي تجربة أجريت على الذبابة Calliphora Vicina حيث أجريت تغيرات في الضغط الجوي مماثل لتلك التي يمكن أن تحصل في الطبيعة في بيئة محدودة، ووجد العلماء أن نشاط الحشرة يزداد بطريقة واضحة عندما ينخفض الضغط الجوي[1].

### 7) الرياح *Wind* :

للرياح آثار سلبية وإيجابية عديدة يمكن إيجازها على النحو الآتي :

أ. تعمل الرياح على أعاقة الكثير من العمليات الحيوية للحشرات كالتزاوج، ووضع البيض. وكلما كانت سرعة الرياح أشد كلما كانت عملية الإعاقة أكبر.

---

(1) خالد علي رويشدي وسليمان مفتاح أبو سيف، مصدر سابق، ص149 .



Scanned by CamScanner

وهذا يؤثر على تكاثر وإنتاجية هذه الحشرات[1].

ب. تقوم الرياح بنقل الآفات الحشرية من مكان مصاب إلى آخر سليم لم تكن فيه اصابة، فتسبب انتشارها في ذلك المكان.

ج. ان لسرعة الرياح واتجاهها دور مهم في زيادة سرعة التبخر من جسم الحشرة مما يزيد من تعرضها لخطر الموت، لاسيما الحشرات التي تكون نسبة الماء عالية في جسمها، ولا تجد تعويض لما تفقده .

د. تعمل الرياح على نقل الآفات الحشرية من بيئتها الأصلية إلى بيئة غير ملائمة لنشاطها كالصحاري والمحيطات، فتؤدي إلى موتها لعدم ملائمة البيئة الجديدة التي نقلت إليها .

ه. في حال تحول الرياح إلى عاصفة ترابية فأنها تؤدي إلى انتشار آفات الحلم على ثمار النخيل وثمار وأوراق أشجار الفاكهة، ولهذه الآفات خطرها في تحديد نمو الأشجار وتدني نوعية ثمارها .

## ثانياً : الآفات المرضية *Disease Pests* :

ينبغي التمييز هنا بين النبات السليم، والنبات المريض. فالنبات السليم هو النبات الذي يستطيع القيام بمختلف الفعاليات والأنشطة الحيوية كالتنفس، والنتح، والامتصاص، وعملية التركيب الضوئي، وصنع الغذاء، والنمو. أما النبات المريض فهو النبات الذي لا يمكنه القيام بعملية أو أكثر من العمليات المذكورة بصورتها الطبيعية، نتيجة عوامل ثلاثة تتمثل بالعامل البيئي الذي يشمل المناخ بعناصره المختلفة، والتربة. والعامل الثاني هو العامل الممرض (المسبب المرضي). والعامل

---

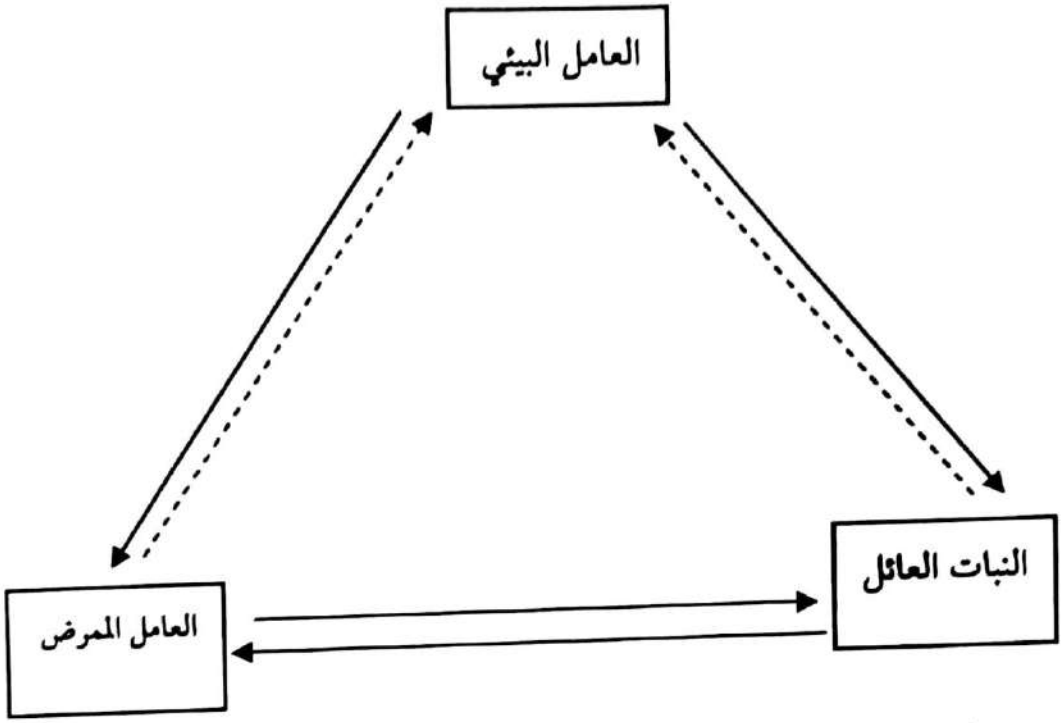
[1] صالح محمد سويلم وإسماعيل نجم المعروف، حشرات الغابات، دار الكتب، جامعة الموصل، 1981، ص25 .



Scanned by CamScanner

الثالث هو الحالة الصحية للنبات العائل. ويمكن تمثيل ذلك بالمخطط الآتي في شكل (23).

**شكل (23) العوامل الأساسية في نشوء المرض النباتي**




**المصدر : حسين الدخيل، أمراض النبات الوبائية، مجلة المهندس الزراعي العربي، العدد الخمسون، الأمانة العامة لاتحاد المهندسين الزراعيين العرب، دمشق، 2000، ص4.**

من تحليل شكل (23) يظهر أن العامل البيئي له تأثير قوي على النبات العائل، كما أن له تأثير قوي على العامل الممرض، فضلاً عن ذلك أن لكلٍ من النبات العائل، والعامل الممرض تأثير قوي لكل منهما على الآخر وهذا ما يمثله السهم المتصل (←) ، في حين أن النبات العائل، والعامل الممرض لكل منهما تأثير ضعيف على العوامل البيئية، أي أن تأثرهما بالعوامل البيئية هو أقوى من تأثيرهما عليها، وهذا ما يمثله السهم المنقط ( ----←)،ولأن عامل المناخ بعناصره المختلفة يعد أقوى العوامل البيئية، لذا ستقتصر الدراسة هنا على هذه العناصر وتأثيراتها على



Scanned by CamScanner

العوامل، والمسبب المرضي، ودورها في نشوء المرض(*)، وعلى النحو الآتي:

أ- ضوء الشمس :

إن لضوء الشمس تأثيران أولها التأثير المباشر، ويتمثل ذلك بالتأثير السلبي عن طريق إصابة النباتات مباشرة بالأمراض المناخية، كما في مرض لفحة الشمس، الذي يزداد بزيادة شدة ضوء الشمس أولاً، وارتفاع درجات الحرارة ثانياً، ونقص الرطوبة الجوية والأرضية ثالثاً. لذا أن كثيراً من النباتات في المنطقة الوسطى والجنوبية من العراق تصاب بهذا المرض إذا تعرضت للأسباب المذكورة أعلاه، والذي يعد شدة

---

(*) يطلق مصطلح الوباء Epiphytoty على المرض حال انتشاره بشكل كبير على نوع نباتي معين مع ازدياد شدة ووطأة هذا المرض على النبات. ولا تقل الأمراض النباتية الوبائية خطورة عن الكوارث الطبيعية التي تحدث من وقت لآخر، وذلك لكونها تظهر على نطاق واسع وفي فترات منتظمة، وتؤدي إلى تدمير كامل أو جزئي للمحاصيل الزراعية. وتتوقف هذه الخطورة على نوع المحصول الذي تصيبه وأهميته الغذائية والاقتصادية بالنسبة لسكان المنطقة التي يتشر فيها الوباء، فمثلاً أدى انتشار مرض اللفحة المتأخرة على البطاطا Phytophtora irfestans في أيرلندا عام 1847 إلى ظهور مجاعة واضطرابات اجتماعية واقتصادية خطيرة مات نتيجتها أكثر من مليون شخص، وهاجر أكثر من مليونين إلى الولايات المتحدة، لأن البطاطا هي المحصول الرئيس في البلاد والغذاء الأساسي لسكان ايرلندا، وفي جزيرة سيلان أوقفت زراعة البن في النصف الأخير من القرن التاسع عشر وحلت محلها زراعة الشاي نظراً للانتشار الشديد لمرض الصدأ الذي يسببه الفطر Hemilia Vastatrix على نبات البن. كما تسبب مرض التدهور السريع بالقضاء على سبعة ملايين شجرة برتقال في أقليم سان باولو في البرازيل خلال المدة 1936-1946. وفي سورية أدى الانتشار الوبائي لمرض البياض الزغبي على التبغ Peronospora tabacinae عام 1963 إلى خسائر فادحة. وفي حالة انتشار الوباء ليشمل بلدان كثيرة أو قارات كاملة فيطلق عليه عندئذ بالوباء المتسع Panphytoty وهي تحدث بشكل نادر وعلى نطاق واسع كالانتشار الواسع لمرض صدأ الساق الأسود عام 1932 في القارة الأوربية .

المصدر : حسين الدخيل، أمراض النبات الوبائية, مجلة المهندس الزراعي العربي، العدد الخمسون، الأمانة العامة لاتحاد المهندسين الزراعيين العرب، دمشق، 2000، ص3 .



Scanned by CamScanner

ضوء الشمس على رأسها. لذا تجنباً للإصابة بهذا المرض تزرع النباتات في المنطقتين الوسطى والجنوبية من العراق تحت أشجار النخيل لتوفير الحماية المناسبة لها. فضلاً عن ذلك أن الضوء الخافت ، وقصر النهار يهيئ بيئة مناسبة لنمو العديد من المسببات المرضية، التي تسبب العديد من الأمراض ، لاسيما الفطرية منها، والتي تتواجد حيث يكون الظل كثيف والضوء لا يصل بالمقدار المناسب للنبات، الأمر الذي يهيئ بيئة مناسبة لنمو الأمراض. أما إذا وصلت كميات الضوء بالصورة المناسبة فأن البيئة تكون صالحة لنمو النبات، وتبعد عنه الضعف، فتجعله مقاوماً للأصابة بالأمراض، فضلاً عن ذلك أن ضوء الشمس يقضي مباشرة على العديد من المسببات الفطرية والبكترية. أما التأثير غير المباشر لضوء الشمس فهو يتمثل بتأثيرها على درجات الحرارة، إذ أن هناك علاقة طردية بينهما، ولبيان تأثير درجات الحرارة على الآفات المرضية نتطرق لها في النقطة الثانية .

2) **درجة الحرارة :**

تعد درجة الحرارة عاملاً مناخياً أساسياً في نشوء المرض وتطوره، إذ أن هناك درجات حرارية مثلى لنشوء المرض وتطوره، كما أن هناك درجات حرارية دنيا وعليا تصيب المرض بالخمول وقد تدخله في حالة السكون. (وإذا كانت درجات الحرارة المثلى، والصغرى، والعظمى للمسبب المرضي، والنبات العائل هي نفسها تقريباً. فأن تأثير درجات الحرارة على تطور المرض تكون على أشده، وتكون الإصابة كبيرة. إلا أنه في العديد من الأمراض النباتية تكون درجات الحرارة المثلى للمسبب المرضي والنبات العائل مختلفة. فالمسبب المرضي والنبات العائل يحتاجان إلى درجات حرارية معينة لكي يقوم كل منهما بنشاطه الحيوي الذي يساعده على النمو والتطور، فضلاً عن ذلك أن المسببات المرضية تختلف فيما بينها من حيث تحملها لدرجات الحرارة المختلفة، فبعضها يحتاج لدرجات حرارية مرتفعة لكي تعمل على حدوث المرض



Scanned by CamScanner

ونطوره، وبعضها الآخر يحتاج لدرجات حرارية منخفضة [1]).

أن لدرجات الحرارة تأثير على المدة الزمنية التي يسبقها ظهور العلامات والأعراض المرضية، إذ تساعد درجات حرارية معينة في ظهور المرض خلال مدة زمنية قصيرة، كما في مرض لفحة الشمس. وقد يستغرق ظهور العلامات والأعراض المرضية مدة زمنية طويلة بسبب عدم ملائمة درجات الحرارة لظهورها بسرعة، كما في مرض التدهور البطيء في المنطقة الوسطى من العراق.

تسبب درجات الحرارة آثاراً كبيرة على النبات العائل، حال عدم ملائمتها له، فتؤدي درجات الحرارة المنخفضة إلى بطئ، أو توقف الأنشطة الكيموحيوية في النبات، كما تؤدي إلى تجمد الماء في خلايا النبات، وخارجها فتسبب تمزق جدرانها، وتؤدي إلى موتها، كما أن درجات الحرارة المرتفعة تؤدي إلى ارتفاع معدلات الأنشطة الحيوية للنبات عن طبيعتها المعتادة خلال مدة زمنية قصيرة، يتبعها هبوط سريع في تلك الأنشطة وعدم انتظامها بسبب اختلال الاتزان المائي داخل أنسجة النبات، وخارجها. مما يؤدي إلى حدوث أضرار بالنبات، وتعرضه لخطر الإصابة بالمرض [2].

يعد المدى الحراري اليومي الكبير سبباً من أسباب بعض الأمراض المناخية، كمرض اللفحة الخريفية التي تصيب أشجار الحمضيات في المنطقة الوسطى من العراق خلال شهور الخريف، لاسيما شهر تشرين الأول، إلا أن انخفاض المدى اليومي شتاءً عنه في الخريف، فضلاً عن انخفاض درجات الحرارة شتاءاً، والذي يؤدي إلى موت عناكب الحمضيات التي تعد أحد أسباب المرض، أدى إلى قلته في فصل الشتاء وانعدامه أحياناً.

---

(1) عبد الامام نصار ديري، تباين حالات الطقس والمناخ وعلاقتها بالآفات الزراعية التي تصيب محصول الطماطة في محافظة البصرة، أطروحة دكتوراه غير منشورة، كلية التربية / ابن رشد، جامعة بغداد، 1996، ص73-74.

(2) محمد جمال حسونه، مصدر سابق، ص1 .



Scanned by CamScanner

### 3) الرطوبة الجوية والأرضية وأشكال التكاثف والتساقط :

تعد الرطوبة الجوية من عناصر المناخ المهمة، والتي لها التأثير في نشوء المرض وتطوره وانتشاره. إذ أن كثير من الأمراض الفطرية، والأمراض التي تسببها البكتريا، والتي تسببها الديدان الثعبانية، تتطلب مقدار مناسب من الرطوبة الجوية والأرضية كي تنمو وتنتقل من المكان المصاب إلى المكان السليم، ومن النبات المصاب إلى النبات السليم، ومن أجزاء الشجرة المصابة إلى الأجزاء الأخرى السليمة.

فمرض أخضرار الحمضيات Greening Disease، الذي انتشر في الصين نهاية القرن التاسع عشر، وفي سنة 1929 شخص في جنوب أفريقيا، ومن ثم انتشر في دول عديدة كالهند وباكستان والفلبين واندونيسيا وتايوان والنيبال وروديسيا ومدغشقر وجزر القمر وزمبابوي وريونيون وموريشيوس، كما سجل هذا المرض لأول مرة في سنة 1982-1983 في كل من شمال اليمن والمملكة العربية السعودية يحتاج إلى درجات حرارة ملائمة له تتراوح بين 25°م – 30°م، ويشترط معها توفر الرطوبة الكافية كالندى وسقوط الأمطار والري السطحي[1].

كما أن لارتفاع الرطوبة الجوية دوراً مهماً في نشوء مرض الانثراكوز Anthracnose disease الذي يعد أحد الأمراض الفطرية وانتقاله من نبات مصاب إلى آخر سليم، كما أن من شروط تكون مرض التصمغ البني Brown Rot gummosis هو توفر الرطوبة الدائمة في التربة، ويسمى هذا المرض بمرض التعفن، الذي يعد من أكثر الأمراض الفطرية انتشاراً في العراق، ويصيب جذور النباتات بالتعفن وجذوعها بالتصمغ .

---

(1) عبد الستار عبد الحميد البلداوي، اخضرار الحمضيات وتقرحها مرضان خطران يجب أبعادهما عن العراق، مجلة الزراعة العراقية، وزارة الزراعة والري، العددان الثالث والرابع، مطبعة العمال المركزية، بغداد، 1987، ص23 .



Scanned by CamScanner

لا يقتصر دور الرطوبة على ارتفاعها فقط، إذ أن مرض لفحة الشمس Sun burn، رغم أنه يحدث نتيجة ارتفاع درجة الحرارة، وشدة ضوء الشمس، إلا أن لعامل الرطوبة أهمية لا تقل عن العنصرين السابقين فانخفاضها صيفاً يساعد على حدوث الإصابة بهذا المرض وتفاقمه لاسيما إذا رافق ذلك انخفاض في رطوبة التربة عن الحد المناسب لها.

ويعد تساقط حبات البرد أحد أسباب حدوث الجروح والخدوش في النباتات بسبب تكسرها للأغصان الغضة مما يهيئ مكاناً مناسباً لاحتضان الفطريات والبكتريا المسببة للعديد من الأمراض، والتي تنتقل إلى هذه النباتات بواسطة الرياح التي يرافقها سقوط الأمطار، لاسيما الغزيرة منها.

كما أن حصول الصقيع يصيب النبات بالضرر فهو يقوم بتدمير مادة الكلوروفيل الضرورية لصنع الغذاء للنبات، ويعمل على اصفرار أوراقه، وقد يؤدي الى موت النبات، لاسيما إذا حدث بصورة مفاجئة وبدرجة حادة. وأن بقي النبات حيا بعد تعرضه لضرر الصقيع فأنه يكون ضعيفا, وبضعفه يصبح أكثر عرضة للإصابة بالأمراض عن طريق مهاجمته من قبل المسببات المرضية لاسيما أنه أصبح قليل المقاومة لها.

4) **الرياح :**

للرياح تأثير مهم على النبات العائل، وانتشار المسببات المرضية، إذ أن الفطريات والبكتريا والفيروسات يمكن أن تنتقل بواسطتها من مكان إلى آخر ومن نبات إلى آخر، كما أن الرياح قد تساعد في تطور المرض النباتي وجعله مرضاً وبائياً عن طريق نقل المسببات المرضية إلى مناطق عديدة، أو أنها تقوم بنقل الحشرات الحاملة لها، أو بنقل الأجزاء النباتية الصغيرة المصابة بجراثيم المسببات المرضية إلى مسافات بعيدة تصيب بها المناطق المنقولة اليها ويشتد خطر الرياح مع حدوث الأمطار التي



Scanned by CamScanner

تزيح الجراثيم المرضية من الأنسجة المصابة فتحملها الرياح وتنقلها إلى الانسجة النباتية السليمة[1].

فضلاً عن ذلك أن الرياح الشديدة السرعة تعمل على تكسر الأغصان لاسيما الغضة الطرية فتهيئها لدخول المسببات المرضية. كما أن سقوط البرد مع الرياح الشديدة يشكل خطراً أكبر على النبات العائل. وأن الرياح الشديدة التي تحمل معها صفة الجفاف تعمل على إصابة اشجار الحمضيات باللفحة الخريفية عن طريق ما تسببه من زيادة في عملية التبخر / نتح، ونقلها لحشرات العناكب التي تصيب النبات العائل. كما أنها تسبب مرض موت الأطراف إذ تعمل بسرعتها وجفافها على جفاف أطراف النبات مسببة هذا المرض الذي يسمى أيضاً بمرض التدهور البطيء لاسيما إذا رافق ذلك ارتفاع الرطوبة الأرضية عن حاجة النبات. فضلاً عن ذلك أن الرياح الشديدة السرعة الجافة الهابة على المنطقة الوسطى من العراق في فصل الصيف لاسيما وقت الظهيرة لها دور مهم في الإصابة بمرض لفحة الشمس لأنها تؤدي إلى زيادة في عملية التبخر / نتح، وفي حال عدم تعويض التربة عما تفقده بسبب ذلك، فأن النباتات تصاب بالمرض المذكور سواء ثمارها أو أوراقها حتى أنها تؤدي إلى حدوث عملية ذبول للنبات .

## ثالثاً : الأدغال :

هي الحشائش والأعشاب التي تنمو طبيعياً دون تدخل الإنسان، وتكون أضرارها أكثر من منافعها. وهي نوعين أما دائمية أو موسمية (حولية). ورغم انها تعد غذاء لتربية الحيوانات، فضلاً عن حمايتها للتربة من خطر التعرية والانجراف لاسيما في

---

(1) جليل كريم أبو الحب وخالد عبد الرزاق حبيب، الآفات الزراعية (الجزء النظري)، دار الكتب للطباعة والنشر، الموصل، 1993، ص252 .



Scanned by CamScanner

المناطق المنحدرة، إلا أن للأدغال أضرار كبيرة على مختلف المحاصيل الزراعية. (إذ قدرت أضرارها بنحو 30٪ من الأجمالي العالمي، وقد يعادل ضررها الأضرار الناجمة عن الحشرات والأمراض معاً) [1]. لذا يمكن ايجاز سلبياتها بما يلي :

1. أنها تشكل بيئة مناسبة لاحتضان العديد من الآفات الحشرية والمرضية.
2. تعيق الأدغال عملية الري أثناء نموها في قنوات الري أو في المروز المزروعة.
3. تمنع الأدغال حصول النبات والمحاصيل الزراعية على متطلباتها من ضوء الشمس. لاسيما إذا ارتفعت فوق مستوى الارتفاع الذي يصل إليه النبات أو المحصول الزراعي.
4. تشكل بيئة مناسبة لاختفاء القوارض فيها، إذ انها توفر الحماية لها، فتبني انفاقها بداخل الترب التي تنمو فيها الأدغال.
5. تعيق الأدغال نمو جذور بعض النباتات والمحاصيل الزراعية في التربة، لاسيما إذا كانت جذور الأدغال غليظة كالثيل والقصب، وجذور النبات رقيقة.
6. تعد عامل منافس للنبات في الحصول على متطلباته من الماء والمواد الغذائية من التربة.
7. تعيق عملية حصاد بعض المحاصيل الزراعية، لاسيما إذا نمت بكثافة.
8. قد تغطي طرق الري الحديثة كالمرشات والأنابيب فتحول دون وصول قطرات الماء إلى النباتات المزروعة .

---

(1) علي عبد الحسين وفاضل حسين مصطفى، وقاية المزروعات، ط2، مطبعة سلمى الفنية الحديثة، بغداد، 1978، ص381.



Scanned by CamScanner

**رابعاً: القوارض :**

القوارض حيوانات لبونة تشكل ثلث عدد لبائن العالم من حيث النوع والانتشار، وتكاد لا تخلو منطقة منها إلا البحار والمحيطات، وللقوارض أضرار كبيرة في الإنتاج العالمي الأجمالي، إذ تقدر بنحو 5٪ من المجموع الكلي[1].

ويمكن إيجاز الأضرار التي تسببها على النحو الآتي :

1. أنها تقوم بتلف الكثير من ثمار النباتات والمحاصيل الزراعية كالحبوب والتمور والحمضيات وثمار الفاكهة الأخرى كالرمان والمشمس.
2. أن بعضها تحفر أنفاقا في التربة تعيق جريان مياه الري في المروز والقنوات.
3. أن بعضها يتطفل على جذور النباتات لاسيما الطرية منها فيسبب ميلانها، أثناء الري، أو موتها نهئيا.
4. تعد القوارض حاملة لكثير من الأمراض، وبتغذيتها على ثمار النباتات فأنها قد تنتقل منها إلى الإنسان.

---

(1) جليل كريم أبو الحب وخالد عبد الرزاق حبيب، مصدر سابق، ص193 .



Scanned by CamScanner

# قائمة المصادر والمراجع


1. أبو سمور، حسن الجغرافية الحيوية والتربة، ط2، دار المسيرة، عمان، 2009.
2. أبو علي، منصور حمدي، الجغرافيا الزراعية، ط1، دار وائل للنشر، عمان، الأردن، 2004.
3. أبو الحب، جليل كريم وخالد عبد الرزاق حبيب، الآفات الزراعية (الجزء النظري)، دار الكتب للطباعة والنشر، الموصل، 1993.
4. أحمد، رياض عبد اللطيف، الماء في حياة النبات، ط1، دار الفكر، عمان، الأردن، 2000.
5. أحمد، طارق رشيد وآخرون، الوجود السنوي وحياتية حشرة حفار أوراق الحمضيات Phylocnists citrella (Staintion) في العراق، مجلة الزراعة العراقية، المجلد الخامس، العدد الثالث، 2000.
6. الانصاري، مجيد محسن، إنتاج المحاصيل الحقلية، جامعة بغداد، 1982.
7. البرازي، نوري خليل وإبراهيم عبد الجبار المشهداني، الجغرافية الزراعية، ط2، دار الكتب، جامعة الموصل، 2000.
8. البلداوي، عبد الستار عبد الحميد، أخضرار الحمضيات وتقرحها مرضان خطران يجب ابعادهما عن العراق، مجلة الزراعة العراقية، وزارة الزراعة والري، العددان الثالث والرابع، مطبعة العمال المركزية، بغداد، 1987.
9. تاربوك، لوتجنز ، الأرض، ترجمة عمر سليمان حمودة والبهلول علي اليعقوبي ومصطفى جمعة سالم، 1984 .




Scanned by CamScanner

10. الجبوري، سلام هاتف أحمد، دور عناصر المناخ في التأثير على آفات الحمضيات للمنطقة الوسطى من العراق، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية التربية، ابن رشد، جامعة بغداد، 2002 .

11. جمعة، جمعة سيد، الظروف البيئية وأثرها على الاستهلاك المائي للنبات، مجلة الاحتياجات المائية للمحاصيل والأشجار في المناطق البيئية العربية المختلفة، مطبعة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، بغداد، 1988.

12. جمعة، جمعة سيد، دراسة التوازن المائي تحت أنظمة الري والظروف البيئية المختلفة، مجلة تقويم طرق الري الحديثة وتطبيقاتها في الوطن العربي، مطبعة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، الرباط، المملكة المغربية، 1984.

13. الجنابي، سهيلة داود سلمان، دراسة حياة الذبابة البيضاء في وسط العراق، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم، جامعة بغداد، 1986.

14. حديد، أحمد وفاضل الحسني، علم المناخ، مطبعة جامعة بغداد، جامعة بغداد، 1984.

15. حديد، احمد سعيد وإبراهيم شريف وفاضل الحسني، جغرافية الطقس، دار الكتب، جامعة الموصل، 1979 .

16. الحسني، فاضل ومهدي الصحاف، أساسيات علم المناخ التطبيقي، مطابع دار الحكمة، بغداد، 1990 .

17. حسونة، محمد جمال، أمراض النبات والبيئة، ط1، منشأة معارف الإسكندرية، مصر، 1999.

18. حنا، إبراهيم وعامر مجيد آغا، دور التشجير الحراجي الوقائي في صيانة التنوع الحيوي في المنطقة الشرقية والشمالية الشرقية من القطر العربي السوري، مجلة ابحاث البيئة والتنمية المستدامة، المجلد الثاني، العدد الثاني، 1999 .



Scanned by CamScanner

19. الخالدي، أمل نادر خضير، دراسة بيئية حياتية على الحشرة القشرية الشرقية الصفراء على الحمضيات في وسط العراق، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الزراعة، جامعة بغداد، 2000 .

20. خروفة، نجيب، علاقة الظروف البيئية بتحديد طرق الري المناسبة، مجلة تقويم طرق الري الحديثة وتطبيقاتها في الوطن العربي، مطبعة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، الرباط، المملكة المغربية، 1984 .

21. الخفاف، عبد علي وعلي شلش، الجغرافيا الحياتية، ط1، دار الفكر، عمان، الأردن، 2000 .

22. الخلف، جاسم محمد، محاضرات في جغرافية العراق الطبيعية والاقتصادية والبشرية، ط2، مطبعة لجنة البيان العربي، 1961 .

23. الدخيل، حسين، أمراض النبات الوبائية، مجلة المهندس الزراعي العربي، العدد الخمسون، الأمانة العامة لاتحاد المهندسين الزراعيين العرب، دمشق، 2000.

24. دميان، توفيق فهمي، تطبيقات الري بالرش ومعداته في الوطن العربي، مجلة تقويم طرق الري الحديثة وتطبيقاتها في الوطن العربي، مطبعة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، الرباط، المملكة المغربية، 1984.

25. ديري، عبد الإمام نصار، تباين حالات الطقس والمناخ وعلاقتها بالآفات الزراعية التي تصيب محصول الطماطة في محافظة البصرة، اطروحة دكتوراه غير منشورة، كلية التربية/ ابن رشد، جامعة بغداد، 1996.

26. الراوي، صباح محمود وعدنان هزاع البياتي، أسس علم المناخ، دار الكتب، جامعة الموصل، 2001 .

27. الراوي، عادل سعيد وقصي عبد المجيد السامرائي، المناخ التطبيقي، دار الحكمة، الموصل، 1990 .



Scanned by CamScanner

28. رسول، أحمد حبيب، الموارد الاقتصادية، ج2، مطبعة جامعة بغداد، بغداد، 1981 .

29. رويشدي، خالد علي وسليمان مفتاح أبو سيف، علم بيئة الحشرات، ط1، جامعة ناصر، الجماهيرية العربية الليبية، 1997 .

30. الزبيدي، حمزة كاظم، المقاومة الحيوية للآفات، دار الكتب، جامعة الموصل، 1992 .

31. السامرائي، قصي عبد المجيد وعبد مخور الريحاني، جغرافية الأراضي الجافة، مطابع دار الحكمة، بغداد، 1990 .

32. السامرائي، محمد جعفر جواد، مشاريع الري والبزل الحديثة في محافظات ميسان وذي قار والبصرة (دراسة في جغرافية الموارد المائية)، أطروحة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، جامعة بغداد، 1999.

33. س. ب. خروموف، الطقس والمناخ والإرصاد الجوي، ترجمة فاضل باقر الحسني ومهدي محمد علي الصحاف، ج1، مطبعة جامعة بغداد، بغداد، 1977.

34. سعيد، عادل خضر وعلي حسين عبد الله الدوري، المشاتل وتكثير النباتات، جامعة الموصل، 1982 .

35. السعيدي، إبراهيم حسن محمد، زراعة وإنتاج الكروم، جامعة الموصل، 1982.

36. سويلم، صالح محمد وإسماعيل نجم المعروف، حشرات الغابات، دار الكتب، جامعة الموصل، 1981.

37. شحادة، نعمان، المناخ العملي، الأردن، 1983 .

38. شحادة، نعمان، علم المناخ، ط2، مطبعة النور النموذجية، الأردن، 1983.

39. شرف الدين، نصير الدين، تقرير فني عن مكافحة حشرة حفار أوراق



Scanned by CamScanner

الحمضيات بجمهورية العراق، المنظمة العربية للتنمية الزراعية، مطبعة المنظمة العربية للتنمية الزراعية، الخرطوم، 1995 .

40. شريف، إبراهيم إبراهيم، جغرافية الطقس، الكتاب الأول، دار الحكمة، بغداد، 1991 .

41. شريف، إبراهيم إبراهيم، وعلي حسين الشلش، جغرافية التربة، مطبعة جامعة بغداد، بغداد، 1985 .

42. الشلش، علي حسين، جغرافية أمريكا الشمالية الإقليمية، مطبعة جامعة البصرة، البصرة، 1980 .

43. شيث، عدنان إسماعيل وألياس موسى أسحق، الوجود الموسمي لحشرة البق الدقيقي Nipaecoccus Vastator (Mask) على الحمضيات في محافظة نينوى، الكتاب السنوي لبحوث وقاية المزروعات، المجلد الثالث، ج1، دار القادسية للطباعة، بغداد، 1983 .

44. الصافي، بوبكر، الاحتياجات المائية للنباتات في المملكة المغربية، مجلة الاحتياجات المائية للمحاصيل والأشجار في المناطق البيئية العربية المختلفة، مطبعة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، الأمانة العامة، بغداد، 1988.

45. الصحاف، مهدي محمد علي وفاضل باقر الحسني، الجغرافية الطبيعية، القسم الأول، بغداد، 1990 .

46. الصراف، صادق جعفر، علم البيئة والمناخ، دار الكتب، الموصل، 1980.

47. الضاحي، حارث عبد الجبار حميد، الأمطار في العراق (دراسة في المناخ التطبيقي)، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية، 1989.



Scanned by CamScanner

48. العاني، خطاب صكار وإبراهيم عبد الجبار المشهداني، جغرافية الوطن العربي، مطابع التعليم العالي، الموصل، 1990 .

49. العاني، عبد الله، علاقة التربة بالماء وأثرها على فترات الري وكمية ماء الري المضافة، مجلة الاحتياجات المائية للمحاصيل والأشجار في المناطق البيئية العربية المختلفة، مطبعة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، بغداد، 1988.

50. العاني، عبد الله نجم، أهمية معرفة الاحتياجات المائية للنبات في الزراعة، مجلة الاحتياجات المائية للمحاصيل والأشجار في المناطق البيئية العربية المختلفة، مطبعة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، بغداد، 1988.

51. عبد الحفيظ، عبد الرحمن الطيب، المقننات المائية لبعض المحاصيل البستانية واشجار الفاكهة في السودان، مجلة الاحتياجات المائية للمحاصيل والأشجار في المناطق البيئية العربية المختلفة، مطبعة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، بغداد، 1988 .

52. عبد الحسين، علي، النخيل والتمور وآفاتهما في العراق، ط1، جامعة بغداد، بغداد، 1974 .

53. عبد الحسين، علي وفاضل حسين مصطفى، وقاية المزروعات، ط2، مطبعة سلمى الفنية الحديثة، بغداد، 1978 .

54. عبد، مولود كامل ومؤيد أحمد يونس، بيئة الحشرات، دار الكتب، جامعة الموصل، 1987 .

55. العبيدي، حمده حمودي، أثر المناخ على إنتاج التمور في العراق، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة بغداد، 1992 .

56. عقيل، خالد وفواز سيوف، تأثير ضوء الشمس في الخصائص الطيفية المميزة لزيت الزيتون، مجلة باسل الأسد للعلوم الهندسية، العدد الثالث عشر، وزارة



Scanned by CamScanner

التعليم العالي في الجمهورية العربية السورية، 2001 .

57. العلي، عبد الباقي محمد حسين ومولود كامل عبد ومؤيد أحمد يونس، علم بيئة الحشرات، دار الكتب، جامعة الموصل، 1987.

58. العنانزة، علي، الموازنة المائية بناءً على معدلات الأمطار وكميات التبخر والنتح المحتملة في حوض وادي الكرك، مجلة مؤتة للبحوث والدراسات، المجلد 11، العدد 5، 1996 .

59. عوض، عادل غبريال ونضال حميد رشيد، تاريخ حياة العنكبوت Eutetranychus Orientalis، الكتاب السنوي لبحوث وقاية المزروعات، المجلد الثاني، ج1، الدار العربية، بغداد، 1982 .

60. غائب، وائل عبد الوهاب، متى تكافح الآفة، مجلة الزراعة العراقية، العدد الثالث والرابع، مطبعة العمال المركزية، بغداد، 1987.

61. غازي، مجيد الكواز، المقنن المائي وحساباته، مجلة الاحتياجات المائية للمحاصيل والأشجار في المناطق البيئية العربية المختلفة، مطبعة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، بغداد، 1988.

62. غانم، علي أحمد، الجغرافيا المناخية، ط2، دار المسيرة، عمان، الأردن، 2007.

63. الغريري، عبد العباس فضيخ وسعدية عاكول الصالحي وعلي مصطفى القيسي، جغرافية المناخ والغطاء النباتي، ط1، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، 2001 .

64. فايد، يوسف عبد المجيد، جغرافية المناخ والنبات، دار النهضة العربية، بيروت، 1971 .

65. الفخري، عبد الله قاسم، الزراعة الجافة (أسسها وعناصر استثمارها)، دار الكتب، جامعة الموصل، 1981 .



Scanned by CamScanner

66. فضيل، عبد خليل وعلوان جاسم الوائلي، علم البيئة، مطبعة الجامعة، جامعة الموصل، 1985 .

67. قطنا، هشام ومحمد حسني جمال، المشاتل والأكثار الخضري، مطبعة الاتحاد، جامعة دمشق، 1998 .

68. القصاب، نافع ناصر، أقاليم الزراعة المطرية لمحصولي الحنطة والشعير في العراق في ظل المعايير المناخية، مجلة الجمعية الجغرافية، المجلد السادس عشر، 1985 .

69. الكواز، غازي مجيد، تطبيقات الاحتياجات المائية في مشاريع الري، مجلة الاحتياجات المائية للمحاصيل والأشجار في المناطق البيئية العربية المختلفة، مطبعة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، الأمانة العامة، بغداد، 1988.

70. لعور، سالم، المقننات المائية للمزروعات في دول المغرب العربي، مجلة الاحتياجات المائية للمحاصيل والأشجار في المناطق البيئية العربية المختلفة، مطبعة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، الأمانة العامة، بغداد، 1988.

71. مان، كيردكروس وجبورج فينيوت وهاينز ايدكرتون، المشاتل، ترجمة خضير سعيد الراوي، دار الكتب، جامعة الموصل، 1986 .

72. محمد، أحمد الطيب وآخرون، تأسيس الأشجار في أراض شديدة التصحر، مجلة أبحاث البيئة والتنمية المستدامة، المجلد الأول، العدد الأول، 1998 .

73. محمد، صباح محمود، جغرافية تلوث الهواء، مركز دراسات البحر المتوسط، قبرص، 1999 .

74. محمود، جعفر حسين، أثر المناخ في تحديد إنتاج الفاكهة في المنطقة الوسطى من العراق، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية التربية/ ابن رشد، جامعة بغداد، 1988 .

75.



Scanned by CamScanner

76. مرعي، مخلف شلال، التباين المكاني لأشجار الفاكهة وإمكانات تنمية زراعتها في العراق، أطروحة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، جامعة بغداد، 1980.

77. مرعي، مخلف شلال وإبراهيم محمد حسون القصاب، جغرافية الزراعة، جامعة الموصل، 1996 .

78. ملر، أوستن، علم المناخ، تعريب محمد متولي، مكتبة الانجلو المصرية، 1972.

79. موسى، علي، المناخ والإرصاد الجوية، جامعة دمشق، 2003 .

80. موسى، علي، الوجيز في المناخ التطبيقي، ط1، دار الفكر، دمشق، سورية، 1982.

81. موسى، علي ومحمد الحمادي، جغرافية القارات، دار الفكر المعاصر، بيروت، لبنان، 2001.

82. النادي، عبد المحسن حسن، متطلبات المحاصيل الحقلية من الري في السودان، مجلة الاحتياجات المائية للمحاصيل والأشجار في المناطق البيئية العربية المختلفة، مطبعة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، الأمانة العامة، بغداد، 1988 .

83. هارون، علي أحمد ، جغرافية الزراعة، ط3، دار الفكر العربي، القاهرة، 2008.

84. الهيئة العامة للأنواء الجوية، قسم المناخ، بيانات غير منشورة .

85. ويستود، ميلفن، علم فاكهة المنطقة المعتدلة، ترجمة يوسف حنا يوسف، مديرية مطبعة الجامعة، جامعة الموصل، 1983 .

86. الياسين، عدنان إسماعيل، الزيتون في محافظة نينوى، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة بغداد، 1974 .

87. اليونس، عبد الحميد أحمد ومحفوظ عبد القادر محمد وزكي عبد الياس، محاصيل الحبوب، جامعة الموصل، 1987 .



Scanned by CamScanner

88. Blair ,Thoms A. Robert C. Fite ,Weather elements ,Prentice hall ,inc ,Engle wood cliffs,N.J.USA,1965.1987.

89. Carter ,George F. , Man and Land , second Edition , Holt , Rinehart and Winston ,inc .USA,1968 .

90. Cunningham ,William P. , Mary Ann Cunningham and Barbara Wood Worth Saigo , environmental science , ninth edition, Mc graw – hill company ,New York,USA,2007.

91. De Blij,H .J. Peter O. Muller ,Physical geography of the global environment , second edition ,John Wiley and Sons,inc ,USA,1996.

92. Doorenbos ,J and W.O. Pruitt , guidelines for Predicting crop water requirement .FAO irrigation and drainage paper.No.24,Rome ,1977.

93. 92. Finch,Vernor C. and Glenn T. Trewartha , Physical elements of Geography, third edition ,Mc graw – hill book company ,inc USA,1949.

94. Finch,Vernor C. and other , Physical element's of Geography, Mc graw – hill book company ,inc USA,1957.

95. Furley ,Peter A. and other, geography of the biosphere , butter worth and Co. First edition , London ,1983.

96. Getis ,arthur ,Judith Geties and Jerome Fellman , geography , Macmill and Publishing ,Co, inc,USA ,1981.

97. Klimm , Lester E. and other introductory economic geography ,third edition ,Harcourt brace and company ,inc USA ,1956.

98. Koppe , clavence E. and George C. Delong ,weather and climat ,Mc graw-hillbook company ,inc ,USA ,1958.

99. Kramer ,Paul J .Plant and soil water relationships ,Mcgraw –hill book company ,USA ,1969.

100. Miller ,Albert , elements of meterology, fourth edition ,published by



Scanned by CamScanner

carles E. Merrill publishing company abell and howell company, UsA , 1983.

101. Riehl, Herbert ,Introduction to the atomspher, Mcgraw hill, inc, USA, 1965.

102. Selkhoz from export,SSRv/0 general scheme of water sources and land development in Iraq ,ministry of irrigation , Volume ,III , bookl, 1982.

103. Strahler ,Alan, Arthur strahler , introducing ,physical geography,third edition Wiley and sons ,inc , USA, 2003.

104. Strahler ,Alan and Arthur ,Strahler ,Physical geography , second edition, John Wiley and sons ,inc , USA, 2002.

105. Strahler, Arthur N. Introduction to physical geography ,third edition,John Wiley and sons ,inc USA, 1973.

106. Strahler, Arthur N. Introduction to physical geography, John Wiley and sons ,inc USA, 1965.

107. Stutz , Frederick P. and Anthony P.De souza, world economy ,third edition, Prentice hall, USA, 1998.

108. Trewartha, Glenn T. and other ,fundamentals of physical geography,third edition Mc graw-hill book company , USA, 1977.

109. Trewartha,Glenn T,An introduction to climate ,third edition ,Mc graw –hill book company , inc, USA, 1954.

110. Trewartha,Glenn T, Arthur H.Robinson and Edwin H. Hammond elements of geography ,fifth edition, Mc graw-hill , inc, USA, 1967.

111. Ustimenk, G.V. and Bakumovosky, plant growing in the tropics and subtropics Mir publisher, Moscow, 1983.



https://t.me/agricultural_eng

Scanned by CamScanner