الفصل السادس

تكيف الحيوانات للمعيشة في الصحراء

Adaptation of Animals to Desert Life

تعج الصحاري بالكثير من أنواع الحيوانات البرية من ذوات الدم متغير الحرارة وذوات الدم ثابت الحرارة، وتشمل هذه المفصليات والقواقع والبرمائيات والزواحف والطيور والثدييات؛ وتواجه هذه الحيوانات إجهادات بيئية تتمثل في الجفاف والتطرف في درجات الحرارة، وقد ميزها الله سبحانه وتعالى بخصائص أحيائية تمكنها من التكيف على المعيشة في الصحراء، وتتمثل هذه في تكيفات سلوكية، وإيقاعات حياة يومية، وموسمية، وتكيفات مورفولوجية، وفسيولوجية مختلفة؛ وسنستعرض بيان ذلك فيما يلي بإيجاز:

(٦,١) التكيفات السلوكية Behavioural Adaptations

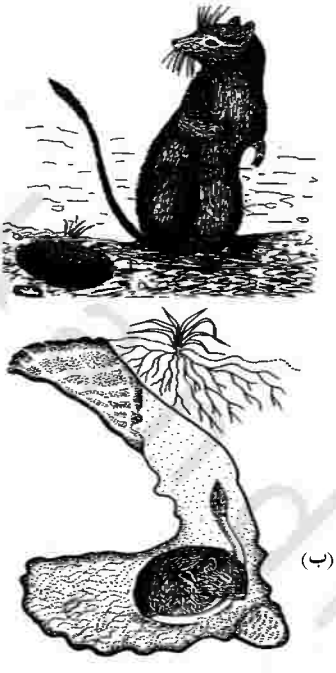
تعد ظاهرة إنشاء الحفر والخنادق في الأرض للجوء إليها حين يشتد الحر، من أهم التحورات السلوكية للحيوانات الصحراوية الصغيرة؛ وتتمثل أهم تحورات المفصليات السلوكية لمواجهة ظروف البيئة الصحراوية، في أنها تلجأ لعادة حفر مساكن لها داخل التربة. وظاهرة الحفر هذه شائعة بين الحشرات والعنكبوتيات؛ فعلى سبيل المثال تتحاشى مجتمعات النمل الأبيض (الأرضة Termites) حرارة

الشمس المحرقة بحفر أعشاشها وتمديدها في إتجاه شمال – جنوب، حيث تتعرض فقط مساحات صغيرة منها لشمس النهار المحرقة، وكما تعتبر الدهاليز التي تبنيها هذه الحشرات – عبر مراتها – إجراءات و قائية من الحرارة والتبخر الشديدين ؛ وتحفر العقارب حفراً عميقة في الأرض، وتقفل مداخلها بأوراق النباتات الجافة مما يساعد على إستقرار الظروف المناخية الدقيقة في داخلها ؛ وتتميز العقارب التي تنتمي للعائلة Scorpionidae بقدرة كبيرة على الحفر، إذ إن مخالبها المتسعة العريضة القوية تساعد على القيام بهذه المهمة على خير وجه. هذا ويحفر نوعا العقارب ليرس كوينكيستریاتس *Leiurus quinquestriatus* وباربـاثس هنتيري *Parabuthus hunteri* اللتان تعيشان في الصحراء السودانية حفراً عميقة.

وبعض الطيور التي تعمر صحراء أريزونا تتخذ لنفسها مساكن وملاجىء في حفر في سيقان أفراد من نوع نبات الصبار العملاق *Carnegiea giganteus* التي كانت قد حفرتها طيور الخشب الحفارة ؛ وعلى سبيل المثال تتخذ أفراد نوعين من طائر البوم وهما : ميكروبالاس وتني *Micropallas whitneyii* أوتس آسيو *Otus asio* مساكن لها في حفر في سيقان أفراد من نوع نبات الصبار العملاق كانت قد هجرتها طيور الخشب الحفّارة.

كما تحفر القوارض الصغيرة حفراً تتخذ منها مساكن وملاجىء لها ؛ فمثلاً الجربوع الكبير من نوع *Rhobomys opimus* (الشكل رقم١٣أ) يحفر حفراً يخزن فيها القش، والسعد *Carex physods*، ويترك هذه المادة النباتية لتجف عند مداخلها فتساعد على إستقرار الظروف المناخية الدقيقة داخل الحفر ؛ ويرص هذا الحيوان القش بنفس الطريقة التي يتبعها الإنسان، ويمنع الرياح من نقله بعيداً عنها، بتثبيته بأوتاد بعمق بوصتين في الرمل، وتصنع هذه الأوتاد من نوع نبات الكداد *Astragalus conlirmatus*.

واتضح أن السعد الجاف الذي جمع بالقرب من حفرة واحدة بلغ وزنه ٦٣٧ جم (Cloudsley – Thompson , 1975). كما يوضح الشكل رقم(١٣ب) فأر الكنغر (Kangaroo rat)الذي يرقد في قاع جحره (Louw and Seely , 1982).



الشكل رقم (١٣). يوضح (أ) الجربوع الكبير من نوع روبوميس أوبيمس *Rhobomys opimus* الذي يقف عند الجحر، الذي يأوي إليه أثناء النهار الحار (Cloudsley – Thompson and Chadwick , 1964) (ب) فأر الكنغر Kangaroo rat يرقد في قاع جحره.

(عن Louw and Seely , 1982)

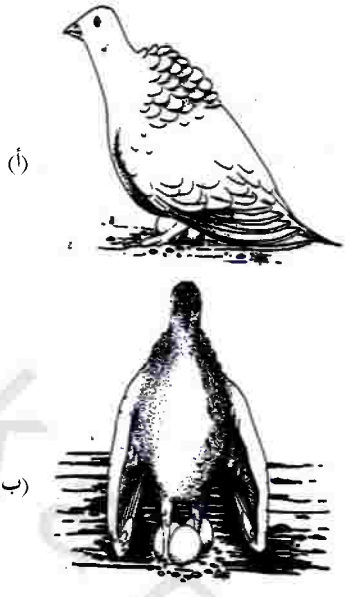
وكثير من القوارض الصغيرة تقفل مداخل حفرها خلال النهار بحفنة من التربة ، مما يساعد على إستقرار الظروف المناخية الدقيقة في الداخل ، ويمثل هذه المجموعة نوعا جاكيلس لوفتسي *Jaculus loftusi* وديبوديلس دازيورس *Dipodillus dasyurus*.

هذا فالحشرات التي تمارس نشاطها بالنهار، تتجه إلى أن تغادر الرمال حينما تصل درجة حرارتها حوالي ٥٠مْ؛ فبعضها يتسلق الحشائش، وبعضها تندفع بسرعة إلى جحورها، بينما تطير فوق سطح الأرض ثم تهبط بسرعة مندفعة لتدخل جحورها ومخابئها (Chapman *et al.* , 1926). وهنالك عدد قليل من الحيوانات التي تمارس نشاطها نهاراً في الصيف، وتشمل هذه صغار الجراد (العتاب Grasshoppers)، والخنافس والعناكب التي خصها الله تعالى بأرجل طويلة تقف عليها فترفع أجسامها بعيداً عن سطح الرمال المحرقة.

هذا وكثير من حيوانات الصحراء من غير الحفارة تهرع للظل في ساعات النهار الحارة. وتلجأ الطيور الصغيرة إلى ظل الأشجار والشجيرات، إذ كثيراً ما تشاهد فاغرة مناقيرها ورافعة أجنحتها، بينما تحلق الطيور الكبيرة، كالصقر والنسر عالية في السماء حيث تكون درجة الحرارة منخفضة بدرجة كبيرة.

لقد لوحظ أن بعض الطيور تنتهج مناهج سلوكية مختلفة لتحمي بيضها من التعرض لحرارة الشمس؛ فبعضها يبني عشه بقدر الإمكان تحت الشجيرات والنباتات العشبية المعمرة الأخرى؛ أما أنواع الطيور التي تتوالد في العراء فإنها قد دأبت على أن تجلس على أعشاشها فوق بيضها منذ أن تضع أول بيضة لها، حتى لا يتعرض البيض لحرارة النهار ولا برد الليل.

يوضح الشكل رقم(١٤أ) طائر القطا Sandgrouse الذي يضع عشه فوق سطح الرمال ويجلس فوق بيضه ويوضح الشكل رقم (١٤ب) نفس الطائر يقف فوق عشه مرتفعاً فوق سطح الرمال، وبذلك يبرد البيض المظلل ويفقد الحرارة بطريقة الحمل.



الشكل رقم (١٤). يوضح (أ) طائر القطا Sandgrouse يضع بيضه في عشه فوق الرمال ويجلـ . س علي . ه ليحميه من حرارة النهار (ب) نفس الطائر، واقفاً فوق عشه مظللاً بيضه.

(عن Dixon and Louw , 1978)

(٦,٢) إيقاعات الحياة اليومية Diurnal Rhythms

يعتمد بقاء الحيوانات الصحراوية الصغيرة، بمشيئة الله، على حلول فترة تكون فيها الظروف البيئية ملائمةً بحيث تتمكن من ممارسة نشاطها الحيوي؛ وتمارس معظم الحيوانات الصغيرة نشاطها ليلاً (أي أنها حيوانات ليلية)، حيث تنخفض حرارة الجو وترتفع الرطوبة النسبية، وتقضي فترة النهار الحارة في جحورها ومخابئها، حيث يكيف الجو نظراً لإنخفاض درجة الحرارة نسبياً؛ فمثلاً تتميز الخنافس من نوعي بايميليا قراندس *Pimelia grandus* أوكنيرا هيسبدا *Ocnera hispida* بأنها حشرات ليلية؛ وتعتبر العقارب من العنكبوتيات الليلية المشهورة.

أما الحيوانات ذات الجلد الرطب مثل الديدان، أو ذوات أغشية خارجية مسامية مثل قمل الخشب، والديدان الألفية الأرجل وبعض السوس، وأم أربعة وأربعين والبرمائيات فإنها تمارس نشاطها ليلاً.

هذا والحيوانات الليلية موجودة بين الزواحف والقوارض والثدييات أيضاً، ونذكر منها الثعلب من نوع فينيكس زيردا *Fennecus zerda* الذي يقضي نهاره في خندق متحاشياً حرارة النهار الحارقة؛ وهناك بعض الطيور التي يقتصر نشاطها على الليل مثل طائر أثيني نوكتيا *Athene noctua*.

وحتى الحيوانات النهارية، من المفصليات والزواحف، والقوارض والثدييات، فإنها تمارس نشاطها في ساعات الصباح الباكر وعند الأصيل، حتى تتحاشى الحرارة والجفاف.

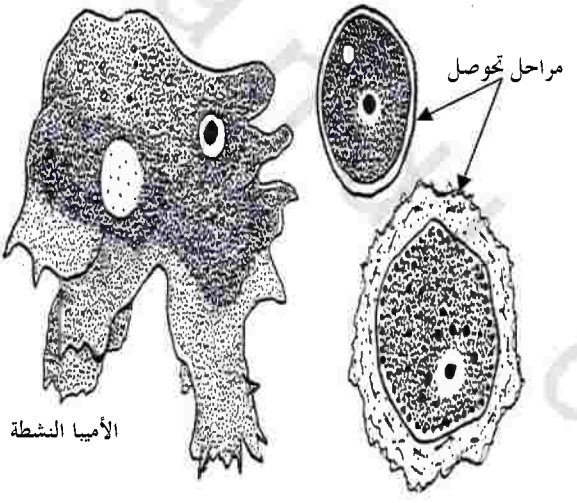
(٦,٣) إيقاعات الحياة الموسمية Seasonal Rhythms

تحدث التغييرات الموسمية في الصحراء الحارة لسببين: أحدهما حدوث الأمطار الموسمية وما يتبعها من نمو غزير للنباتات، وثانيهما حلول فصل تنخفض فيه درجة الحرارة حتى وإن لم يصاحب ذلك هطولٌ للأمطار.

وتنعكس هذه التغييرات في أعداد حيوانات الصحراء ومراحل نموها، بحيث إن مجتمعاتها تصل إلى قمتها في موسم الأمطار؛ ففي موسم الأمطار الغزيرة، الذي يصحبه نمو غزير للنباتات، تشهد الصحراء نشاطاً كبيراً للحيوانات بأنواعها المختلفة، بصورة لافتة للنظر؛ ويصف (Cloudsley – Thompson , 1975) هذه الظاهرة ويصورها بقوله: تزور الأزهار جحافلُ النحل والدبور، وتدحرج خنافس الروث (Dung-beetles) كُرات من روث الجمال والماعز، وتحصد مجتمعات النمل بذور النباتات، وتمدد مجتمعات النمل الأبيض دهاليزها الأرضية إلى سطح التربة، وتنهمك في نشاطها التكاثري، وتُتخم المفترسات وفرة فرائسها، كما يشهد موسم الأمطار قدوم أسراب الجراد

شستوسيرا جريجاريا *Schistocera gregaria* التي تتوالد في الرمال الرطبة، كما تلتهم جحافل اليسروع Caterpillar والجندب Crickets النباتات الحولية، كما يُكْسِرُ الصمتَ طنين الذباب والنحل والدبور، التي نادراً، ما تشاهد في غير هذا الموسم من العام.

وبالرغم من أن حيوانات البروتوزوا وحيدة الخلية تعيش عادة في البيئة المائية، فإن بعضها يوجد في رمال الصحراء، وتقضي هذه فترة الجفاف متحوصلة يغلفها غطاء خارجي يقاوم الجفاف والحرارة (الشكل رقم ١٥) وتخرج هذه الحيوانات من مرحلة كمونها لتمارس نشاطها حينما يبلل التربة ماء المطر، وتتحوصل مرة أخرى حينما تجف التربة، أي أنها تمارس نشاطها خلال أيامٍ معدودة في موسم الأمطار وتقضي بقية العام في حالة كمون.

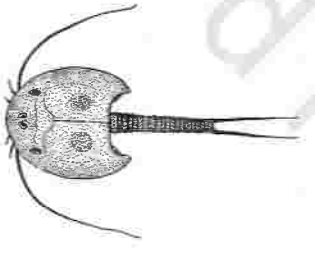


الشكل رقم (١٥). يوضح مراحل تحوصل حيوان الأميبا الذي يعمر رمال الصحراء.

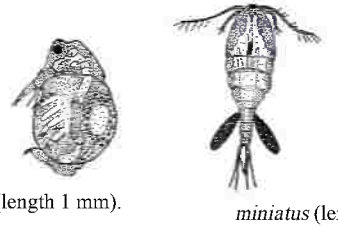
(عن Cloudsley–Thompson and Chadwick , 1964)

كما أن القشريات التي تعمر البرك المؤقتة التي تكّونها مياه الأمطار، تمارس نشاطها الحيوي خلال موسم الأمطار القصير، وتقضي فترة الجفاف الطويلة في حالة بيض مقاوم للتجفيف. ويشبه نمط حياتها هذا نمط حياة النباتات الحولية الصحراوية.

لقد درس (Rzoska , 1961) القشريات التي تعمر البرك المؤقتة والتي تكونها الأمطار في منطقة الخرطوم بالسودان ؛ وقد اتضح أنها تنمو بمعدلات نمو عالية جداً، وتكمل دورة حياتها في وقت قصير بصورة لافتة للنظر، كأنما هي في سباق حقيقي مع الزمن ؛ فقد شوهدت أفراد نوع تريوبس جراناريس *Triops granarius* (الشكل رقم ١٦) كاملة النمو خلال اسبوع واحد من عمر البركة، كما إكتمل نمو بعض القشريات الصغيرة خلال أول يومين من تكوين البركة، وتمثل هذه المجموعة الأخيرة نوعا مونا دبيا *Moina dubia* وميتاسيكلوبس مينياتس *Metacyclops miniatus* (الشكل رقم ١٦) ؛ هذا فإن القشريات كاملة النمو، تتكاثر، في موسم الأمطار، بسرعة كبيرة، فتتكون مجتمعاتها من أفراد كثيرة العدد بصورة لافتة للنظر ؛ وتضع الأفراد بعد تمام نموها المزيد من البيض قبل أن تجف البركة ؛ ويظل هذا البيض في حالة كمون يتحمل التجفيف لفترات طويلة إلى حين هطول الأمطار مرة أخرى في عام لاحق.



Triops granarius (length 3 cm)

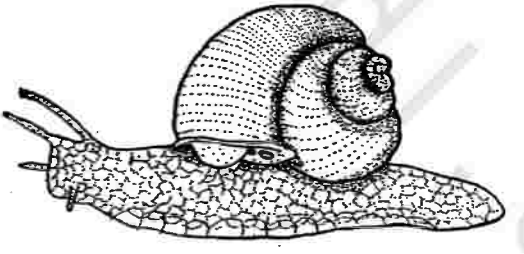


Moina dubia. (length 1 mm). *miniatus* (length 1.5 mm).

الشكل رقم (١٦). يوضح بعض القشريات التي تعمر البرك المؤقتة التي تكو ا مياه الأمط ـار في منطق ـة الخرطوم بالسودان.

(عن Rzoska , 1961)

وتشكل القواقع عنصراً بارزاً ضمن حيوانات الصحراء برغم قلة عدد أنواعها (الشكل رقم ١٧) ؛ ففي بعض أجزاء الصحراء الجزائرية والمغربية مثلاً، ينحصر نشاطها في أشهر الشتاء ويتم تزاوجها في موسم الأمطار، وتقضي فصل الجفاف، في حالة بيات صيفي، داخل تصدعات في التربة، وفي حالة البيات الصيفي هذه يقفل كل قوقع مدخل صدفته بحجاب حاجز سميك يقلل من فقد الماء بالتبخر. وقد عرفت قواقع الصحراء بأنها تظل في حالة البيات الصيفي لعدة أعوام، لا يخرجها منه إلا هطول الأمطار. وخلال فترة البيات الصيفي هذه، يتوقف نشاط الحيوان الحيوي، ممثلاً في عدم القدرة المؤقتة على النمو والتكاثر، وتخفيض عملية الأيض، وتزداد قدرته على مقاومة الجفاف ودرجة الحرارة العالية، وعوامل المناخ الأخرى غير الملائمة. هذا وتنظم الهورمونات عملية البيات الصيفي هذه، ويضمن ذلك عدم خروج القوقع من بياته بمجرد توافر (Cloudsley–Thompson and Chadwick , 1964).



Helix pomatia (length 8 cm).

الشكل رقم (١٧). يوضح أحد أنواع القواقع التي تعمر الصحراء .
(Cloudsley–Thompson and Chadwick , 1964)

وتمر معظم المفصليات بفترة كمون في واحد من اطوار نموها تتميز بقدرة كبيرة في مقاومتها للجفاف والحرارة ؛ وتتطابق فترة نشاطها الحيوي العظمى مع موسم الأمطار.

وقد نظمت معظم الطيور المستوطنة في الصحراء أوقات تكاثرها مع موسم الأمطار، إذ إن توالدها قد يتوقف تماماً في السنوات التي لا تهطل فيها أمطار، ولكنها

تتوالد بسرعة وفي فترات متتالية، مرتين أو ثلاث مرات خلال سنةٍ مطيرةٍ (Lofts and Murton , 1968). وقد لوحظت نفس الإستجابة للأمطار غير المنتظمة، بين الطيور التي تقطن الصحراء الأسترالية، حيث إن ٣٠ نوعاً من بين ٦٠ نوعاً تمت دراستها، بلغت مرحلة الإنجاب الكامل خلال شهر واحد من بداية هطول الأمطار (Keast and Marshal , 1954).

وبرغم أن توقيت دورة التوالد عند الطيور يعتمد أساساً على طول الفترة الضوئية اليومية، فإن توالد الطيور الصحراوية يتم إستجابة لهطول الأمطار أو نتيجة للحافز الذي تثيره رؤية النباتات الخضراء (Cloudsley – Thompson , 1975).

كما تبين أن تناسل بعض الجرابيع Gerbils يتم في فصل الربيع القصير، ويبدو أن وفرة الغذاء الطري تحفز هذه العملية ؛ وكذلك الأمر في الثدييات الصحراوية إذ إن لها تحورات تضمن توقيت ولادتها وتكاثرها في الوقت المناسب ؛ فمثلاً الجمال التي تعيش في فلسطين المحتلة تتطابق فترة حملها وولادتها مع فترة ظهور النباتات الغزيرة من يناير إلى مارس من كل عام (Cloudsley – Thompson , 1975)

(٦,٤) التوازن المائي لحيوانات الصحراء
Water Balance of Desert Animals

لابد لحيوانات الصحراء من أن تحقق لنفسها توازناً مائياً سليماً حتى تتمكن من مواجهة الإجهادات المائية ؛ وسنستعرض بإيجاز مصادر المياه التي تعتمد عليها وطرق المحافظة عليها.

(٦,٤,١) المفصليات Arthropoda

تحصل على الماء من المصادر الآتية :

١- ماء الندى أو الضباب المكثف أو منهما كليهما.

٢- بخار الماء حتى من الجو غير المشبع بالبخار.

٣- تشكل الفرائس أهم مصدر للماء للمفصليات المفترسة.

٤- ماء الأيض بهضمها مواد النباتات الجافة الغنية بالطاقة، مثل البذور.

كما إنها تحافظ على الماء بتخفيض فقده عبر أغشيتها أو أغطيتها الخارجية غير المنفذة للماء؛ هذا ويفقد، عادة، قدر من الماء أثناء عملية التنفس، ولكن القصبات الهوائية في الحشرات، والرئات الكتبية في العنكبوت والعنكبوتيات الأخرى، تغلق عادة عن طريق عضلات خاصة وتفتح لتسهيل عملية التنفس حينما يرتفع تركيز ثاني أكسيد الكربون في أجسامها بدرجة كبيرة.

(٦,٤,٢) الزواحف Reptiles

تحصل على الماء من المصادر الآتية:

تشكل الفرائس المصدر الأساسي للماء للزواحف المفترسة كما تشكل النباتات العصارية مصدر الماء للزواحف العاشبة؛ هذا ويتم إبعاد الأملاح الناتجة عن أكل النباتات العصارية الملحية عن طريق غدد إخراجية مثلما يوجد في نوع حيوان ديبسوساريس دورساليس *Dipsosaurus dorsalis*.

وتتم المحافظة على الماء في أجسام الزواحف بتقليل التبخر نظراً لوجود غطاء خارجي يغلفها، غير منفذ للماء؛ كما إنها تخرج بولاً في حالة شبه جافة (كريات اليورات Urate pellets)

(٦,٤,٣) الطيور Birds

١- يرتبط توزيع الطيور في الصحراء بوجود مصادر مياه سطحية للشرب، ويعتمد بقاء الطيور الصغيرة على شرب الماء أو التغذية بغذاء عصيري (Chew , 1961)، ويلاحظ أن معظم أنواع الطيور في صحراء كالفورنيا هي طيور آكلة الحشرات أو لاحمة. هذا وبالرغم من أن طائر كاربوداكتس ميكسيكانس *Carbodactus mexicanus* مرتبط بالمياه

السطحية إلا أنه بإمكانه البقاء معتمداً على التغذي بالنباتات العصيرية (Bartholomew and Cade , 1959). وفي الصحراء الكبرى على سبيل المثال يتغذى صقر الباز فالكور بيارميكس *Falco biarmicus* ، لدرجة كبيرة على السحلية ذات الذنب الشوكي *Uromastix sp.* ، وكذلك يتغذى الطائران جيوكوكيس كالفورنيانس *Geococcyx californianus* وساجيتاريس سيربنتاريس *Sagitarius serpentarius* بانتظام على الثعابين.

٢- ويمثل فقد الماء عن طريق التبخر أكثر العوامل الفسيولوجية خطورة بالنسبة للطيور في الصحراء ؛ وبالرغم من أن الطيور الصحراوية تخلد للراحة في الأماكن الظليلة ، أثناء فترات النهار الحارة ، فإنها تتعرض لأشعة الشمس أكثر من مما تتعرض لها القوارض الحفارة ؛ ويستثنى من ذلك طيور البوم وغيرها من الطيور التي تتخذ لنفسها ملاجىء تقيها حرارة شمس النهار المحرقة. وتتحاشى الطيور فقد الماء بممارسات سلوكية تتمثل في خلودها للراحة في الأماكن الظليلة بين الأشجار ، والتحليق في الجو على علو شاهق حيث تنخفض درجة الحرارة ، مثلما تفعل الطيور الكبيرة كالنسر والصقر ؛ هذا وتخرج الطيور بولاً مركزاً بدرجة كبيرة ، إذ إنها تخرج حامض اليوريك في هيئة صلبة تقريباً.

(٦,٤,٤) الثدييات Mammals

وتشمل هذه القوارض والثدييات الكبيرة :

(٦,٤,٤,١) القوارض Rodontia

١- تشكل الفرائس مصدراً للماء للقوارض اللاحمة ، فعلى سبيل المثال يتغذى نوع حيوان أكوميس رَسَاتَس *Acomys russatus* على القواقع ذات المحتوى المائي الكبير ؛ كما تشكل النباتات العصارية مصدراً لأنواع القوارض العاشبة.

٢- يزداد محتوى الماء في الغذاء النباتي الذي تخزنه القوارض في أجحارها (مثل البذور الجافة نسبياً) نتيجة إمتصاصه بخار الماء من الهواء الرطب.

٣- ربما يشكل ماء الأيض (الذي يتكون نتيجة عمليات الأيض) المصدر الأساسي للماء.

٤- تشرب بعض أنواع الزواحف الماء عالى الملوحة (ماء البحر)، وتبتلع العصير الخلوي في النباتات الملحية.

٥- تتم المحافظة على الماء في أجسامها بإخراجها برازاً جافاً تقريباً وبولاً عالى التركيز، وبعضها يدخل في حالة بيات صيفي.

(٦,٤,٤,٢) الحيوانات الثديية الكبيرة Large Mammals

١- تشكل المياه السطحية مصدر الماء للحيوانات الثديية الكبيرة.

٢- تستطيع بعض هذه الحيوانات البقاء لفترة طويلة، بمشيئة الله، بدون أن تشرب، كما يستطيع بعضها أن يتحمل جسمه فقد قدر كبير من الماء دون أثر بالغ الضرر، كما يمكنها تعويض ما فقدته من ماء خلال دقائق معدودة نظراً لقدرتها الفائقة لتناول قدر كبير من الماء في وقت وجيز دون أن يصيبها ضرر يذكر.

٣- تخرج برازاً جافاً تقريباً وكمية قليلة من البول.

٤- يقدر بعضها على فقد قدر كبير من الماء من أجسامها دون أن يحدث ذلك تغييراً يذكر في حجم دمها ولا حتى في تكوينه.

(٦,٥) تكيفات الحيوانات التي تعمر المواطن البيئية الرملية
Adaptations of Animals Inhabiting Sandy Habitats

(٦,٥,١) تكيفات بعض الحيوانات والحشرات والسحالي والثعابين
Adaptations of Some Animals, Insects, Reptiles and Snakes

لقد خص الله تعالى الحيوانات الصحراوية التي تعمر الكثبان الرملية بصفات موروفولوجية تمكنها المعيشة في هذه المواطن البيئية المتخصصة، فبعضها يساعد على السير فوق سطح الرمال السائبة بسرعة دون أن تغوص أقدامها فيها، وبعضها يساعدها على الغوص في الرمال والإختفاء فيها بسرعة؛ وسنستعرض هذا الموضوع بإيجاز فيما يلي:

١- وعلى سبيل المثال تتميز الكثير من الحيوانات التي تقطن الكثبان الرملية في الصحراء الكبرى، كغيرها من المناطق الأخرى، بتحورات مورفولوجية تسهل حركتها السريعة في الرمال السائبة دون أن تغوص أقدامها أو تحفر حفراً فيها.

٢- فمثلاً يتميز السطح السفلى لأرجل العديد من أنواع الحشرات والعناكب بوجود وفرة من الشعر المسطح، يسهل حركتها فوق سطح الرمال (Pierre , 1958).

٣- وللسحالي التي تعمر الكثبان الرملية تحورات تلائم طبيعة حركتها، فتتميز الأنواع التي تجري على سطح الأرض، بأن أصابع أطرافها الأمامية والخلفية تُحَفُ بحراشف ممدودة تعمل على توسيع السطح الذي تطأ به الرمل السائب.

٤- ومثال آخر للتحور الذي يساعد الحيوان على الجري فوق سطح الرمال ما يشاهد في أقدام نوع الحيوان الليلي بالماتوجيككو رانجي *Palmatogekcko rangei* التي تشبه أقدام طائر البط المكففة، حيث تتصل الأصابع بالأقدام إتصالاً تاماً بجليدات تساعد الحيوان على الجري فوق رمال صحراء كلاهاري التي يعيش فيها (Cloudsley-Thompson and Chadwick , 1964).

٥- أما الحيوانات التي تسبح في الرمال، مثل الثعابين والسحالي، فإنها تنعم بتحورات تمكنها من أن تحفر في الرمال السائبة فتغوص فيها بسرعة، حيث إن أُنوفها أو مناخيرها مستدقة الرأس تشبه الجاروف، وتستطيع أنواع منها أن تغطس في الرمل كما يفعل الغطاس في الماء. هذا وتتجه فتحات الأنف إلى أعلى بدلاً من إتجاهها إلى الأمام الأمر الذي يقيها دخول الرمال، وربما تقي هذه الفتحات صممات معقدة التركيب، أو تكون هي ضيقة بحجم ثقب الدبوس (Buxton , 1923). كما أن هنالك تدابير تقي العيون من الرمال وفي ذات الوقت لا تحجب الرؤية، فمثلاً في السحالي من جنس مابيا *Mabuya* يتضخم جفن العين الأسفل وبه نافذة شفافة حتى تسمح بالرؤية حينما تُغلق العين. أما فتحتا الأذن، فقد تكونان صغيرتين تحفهما حواشٍ من حراشيف تحميهما، أو قد تنعدمان في بعض الزواحف.

٦- وتتميز سحالي وثعابين الصحراء بأجسام مستعرضة تمكنها من الحفر في الرمل عن طريق حركتها الجانبية والعمودية بدلاً من أن تحرث إلى الأمام في الرمل. كما تبدو بعض الخنافس *Tenebrionid beetles* مسطحة صفيحية الشكل، وذات أرجل قصيرة، ويمتد صدرها ومعدتها ويتسعان ليكونا صفائح عريضة رقيقة وذات حواف حادة؛ وتحفر هذه في الرمل بسرعة بحركة إنحراف على الجنب. وبعض هذه الخنافس المسطحة، التي تبحث عن غذائها في جانب الكثيب الرملي الذي تهب في إتجاهه الرياح، تنبسط أفقياً، بحيث إن أبسط محاولة حفر تقوم بها، تسقط عليها شلالاً من الرمل من أعلى فيغمرها بسرعة فائقة (Lawrence , 1959).

٧- هذا وللثدييات أيضاً تحورات تساعدها على المعيشة في المواطن البيئية الرملية؛ فالجمل يساعده خفه اللحمي السميك العريض (صورة ٧٠) على السير على الرمال دون أن تغوص أقدامه فيها، كما تحمي عينيه من الرمال رموش كثيفة؛ كما يمكنه قفل مناخيره متى ما أراد وبحرية تامة ليمنع دخول الرمال فيها. هذا وإن المناخير الواسعة لبقر الوحش (الظبي) من نوع سايجا تاتريكا *Saiga tatrica* تتجه إلى الخلف حتى تمنع دخول الرمل فيها حين ممارسته لعملية الرعي.

٨- والجدير بالذكر أن التحورات التي تمكن الحيوانات التي تعمر المواطن البيئية الرملية المتخصصة لا تقتصر على تحوراتها المورفولوجية، بل ميزها الله سبحانه وتعالى، كغيرها من حيوانات الصحراء، بتحورات أخرى متنوعة أوردنا جانباً منها سابقاً.

(٦,٥,٢) تكيفات الجمل Adaptations of Camel

الجمل (صورة ٧٠) الذي تحدى الله سبحانه وتعالى عباده بخلقه وأمرهم بالتفكر والتدبر في خلقه بقوله: ﴿أَفَلَا يَنظُرُونَ إِلَى ٱلْإِبِلِ كَيْفَ خُلِقَتْ ﴿١٧﴾﴾(سورة الغاشية، آية ١٧). فتتجلى فيه عظمة الخالق عز وجل، إذ خصه بمميزات فريدة تمكنه المعيشة في الصحراء؛ وتجعله بحق سفينة الصحراء. وسنستعرض بإيجاز بعض هذه المميزات:

١- وكما ذكرنا سابقاً فأن للجمل خفاً لحمياً سميكاً عريضاً يساعده على السير في رمال الصحراء السائبة دون أن تغوص أقدامه فيها، كما تحمي عينيه من الرمال رموش كثيفة، كما يمكنه من قفل مناخيره متى أراد وبحرية تامة ليمنع دخول الرمال فيها.

٢- كما أن وبر الجمل الخشن يمثل عازلاً يحجز أثر الحرارة على جسمه، إذ إنه يساعد في إبطاء إنتقال الحرارة من البيئة المحيطة إلى جسمه و بذلك يحمي جسمه من أشعة الشمس مما يحد من الإفراط في تسخين جسمه. ويتحمل الجمل العطش الشديد ويبقى لفترة طويلة دون أن يشرب الماء، كما أنه يستطيع تحمل فقد جسمه قدراً كبيراً من الماء.

٣- لقد وجد (Schmidt-Nelson *et al.*, 1965) أن جمال الصحراء الكبرى من نوع كاميلسَ دورميداريس *Camelus dromedarius* تتحمل درجة عالية من التجفيف وفقد الماء من أجسامها، فقد وجدوا أن هذه الجمال تتحمل فقط ما يعادل ٣٠٪ من الوزن الكلي لماء أجسامها خلال تسعة أيام؛ وقد أبانوا أن فقد ما يعادل ١٢ — ١٤ ٪ منه يشكل خطورة على معظم أنواع الحيوانات الكبيرة الأخرى.

٤- وحينما يجد الجمل الماء بعد عطش دام فترة طويلة، فإنه يعب الماء عباً، فيملأ جوفه بالماء خلال فترة قصيرة. أفاد (Cloudsley-Thompson and Chadwick , 1964) أن جملاً عطشان يزيد وزنه عن ٣٢٥ كجم شرب حوالي ١٠٣ لتراً من الماء في أقل من عشر دقائق، وأن الماء يتوزع بالتساوي خلال جسمه في أقل من يومين، كما يتم تخفيف السوائل في أنسجته، ودمه بسرعة لا تحتملها كل الحيوانات الثديية التي تموت عادة من كثرة الماء حينما تتناول قدراً من الماء أقل مما يتناوله الجمل.

٥- ولا يفقد الجمل شهيته في الطعام إذا ما حرم من شرب الماء، ولكنه يستمر في الأكل بطريقة عادية حتى يبلغ به العطش، وفقد الماء درجة كبيرة وحادة، مما يمكن الجمل من أن يرعى عبر مساحات كبيرة شاسعة أينما توفر الكلأ، أكثر مما يفعل أي حيوان صحراوي آخر (Schmidt – Nelson, *et al.*, 1964).

٦- وفي الثدييات الصحراوية الأخرى التي تتعرض لدرجة الحرارة العالية والجفاف، يتقدم تجفيف أجسامها ببطء، بينما تبقى درجة حرارتها ثابتة، و لكن يصبح

دمها تدريجياً أكثر لزوجة، مما يشكل إجهاداً على القلب، يستمر حتى يفقد الحيوان الثديي حوالي ١٧ – ١٨٪ من وزنه، وعندئذٍ لا يستطيع الدم دورانه بالسرعة المطلوبة، لينقل الحرارة الناتجة عن عمليات الأيض إلى الجلد، وعندها ترتفع درجة حرارة الجسم بسرعة ينتج عنها موت الانفجار الحراري (Explosive heat death)؛ ولكن هذا لا يحدث للجمل بل إنه يتحاشى ذلك – بمشيئة الله تعالى – ، بآلية فسيولوجية، تضمن أن يبقى دمه من الناحية العملية، ثابتاً دون أن تفقد بلازما الدم شيئاً يذكر من الماء، بينما يكون فقد الماء بنسبة ٥٪ من الماء الموجود في أحشائه و٣٠ ٪ من الماء داخل خلايا الأنسجة الأخرى و٢٠٪ من الماء الموجود في المسافات بين الخلايا.

٧- إن تكيف الجمل للمعيشة في الصحراء لا تأتي فقط من درجة تحمله للاستغناء عن الماء لفترة طويلة، ولكن من قدرته على ترشيد إستعماله، إذ إن الجمل يتحاشى فقد الماء غير المبرر من خلال العرق، وذلك بسماحه لدرجة حرارة جسمه أن تتغير عبر مدى واسع، لا يجاريه في ذلك أى حيوان ثديي آخر. وفي مثال أورده الباحثان (Cloudsley-Thompson and Chadwick , 1964) أن جملاً وزنه ٤٥٠ كجم، بلغت درجة حرارة جسمه في الصباح الباكر ٣٤°درجة مئوية وبلغت أقصاها في النهار ٤٠,٧ درجة مئوية، يحتاج رفع ٤٥٠ كجم خلال ٧ درجات مئوية إلى قدر كبير من الحرارة التي يخزنها الجمل في جسمه أثناء النهار ليبددها أثناء ساعات الليل الباردة عن طريق عمليتي الحمْل والإشعاع. وفي مثال آخر أورده (Louw and Seely , 1982) أن جملاً وزنه ٥٠٠ كجم، يسمح لدرجة حرارة جسمه لترتفع من ٣٤,٥°درجة مئوية إلى ٤٠,٥°درجة مئوية أثناء النهار، يخزن في جسمه ما يعادل ٢٥٠٠ كيلو سعرة حرارية، ليبددها أثناء ساعات الليل الباردة عن طريق عمليتي الإشعاع والحمل، دون أن يفقد من ماء جسمه بالعرق ليخفض درجة حرارة جسمه.

٨- هذا فإن الفرق بين درجة حرارة جسم الجمل و درجة حرارة البيئة الحارة المحيطة به طفيف ؛ ونظراً لأن إنتقال الحرارة بين وسطين يتناسب مع الفرق في درجة الحرارة، فإن ما ينتقل منها إلى جسم الجمل قليل، وما يحتاج إنفاقه من الماء ليخفف به أي زيادة قليلة تطرأ في درجة حرارة جسمه، هو الآخر قليل. وكغيره من كثير من الثدييات التي تعيش في الصحراء الحارة، فإن شحمه لا ينتشر في طبقة تحت الجلد، ولكنه يتركز في سنامه، وبهذا يبقى سطح الجمل كالمشعاع (Radiator) الذي يفقد عن طريقه الحرارة التي خزنها في النهار.

وأخيراً فإن سرعة جريان البول في الجمل بطيئة، كما إن الجمل يفقد قدراً قليلاً من الماء مع البراز.

صورة (٧٠).الجمل ، سفينة الصحراء ؛ يلاحظ أن للجمل خفاً سميكاً ووبراً خشناً.