

الفصل الثاني عشر

المناخ التفصيلي للسفوح

تأثير السفوح على الإشعاع الشمسي:

على المقياس الصغير، بصرف النظر عن الغيوم والتغيرات الجوية الأخرى، تحدد الطبوغرافيا توزيع الإشعاع الشمسي الوارد، ويمكن أن يؤدي التباين في زاوية المنحدر واتجاه المنحدر، بالإضافة إلى الظلال التي تلقيها العوامل الطبوغرافية، إلى تدرجات محلية تفصيلية قوية في الإشعاع الشمسي⁽¹⁾.

في جو صاح تستلم السفوح الجنوبية طاقة شمسية أكبر مما تستلمه السفوح الشمالية في النصف الشمالي من الكرة الأرضية ما بعد المدار، ويحدث العكس في النصف الجنوبي أما السفوح الشرقية والغربية فتستلم طاقة متساوية تقريبا لما تستلمه المناطق المستوية المجاورة لها، وتزداد الاختلافات في كمية الإشعاع المكتسب بين السفوح الجنوبية والشمالية والمسطوح المستوية بشكل حاد أو أقل في الربيع وأواخر الخريف، أما منتصف الصيف لا تكون كبيرة، وفي

(1) C. Aguilar, J. Herrero and M. J. Polo, Topographic effects on solar radiation distribution in mountainous watersheds and their influence on reference evapotranspiration estimates at watershed scale, Hydrology and ... published by

حالة الغيوم والاضطراب الجوي تتغير الخصائص المناخية المحلية المذكورة انفا
تماماً^(١).

كقاعدة عامة مع الاتجاه نحو دائرة الاستواء تكون الاختلافات في كمية
الطاقة المستلمة فوق السفوح الجبلية والمناطق السهلية المستوية المجاورة لها
قليلة نسبياً، فعلى دائرة عرض 60° شمالاً تكون الفروقات $1\% - 4\%$ ، وعند
دائرة عرض 50° تقل الى ما بين $1\% - 2\%$. وعند دائرة عرض 42° شمالاً
عند منحدرات السفوح الجبلية ذات زوايا الانحدار 10° تبلغ كمية الطاقة
المستلمة خلال شهر حزيران الكمية نفسها في المناطق السهلية المجاورة،
وتختلف الكمية في السفوح ذات درجة الانحدار 20° حيث تكون 98% من
قيمة الاشعاع الساقط على الجهات السهلية المجاورة، مما يعني أنه في حالة
ارتفاع كبير للشمس في العروض الدنيا لا يسقط الاشعاع بصورة كاملة فوق
سطوح السفوح الجنوبية^(٢).

تأثير السفوح على رطوبة التربة:

تختلف السفوح الجبلية في اتجاهها ودرجة انحدارها، لذا تتباين رطوبتها، إذ
تميل السفوح الشديدة الانحدار لأن تكون أكثر جفافاً من السطوح بطيئة
الانحدار، إذ تقل شدة الانحدار من القيمة الفعلية للأمطار، وتصبح الأمطار
الغزيرة الساقطة، لا تنفع الا لنمو الحشائش، فضلاً عن ضعف التربة، وظهور

(١) أحمد سعيد حديد، فاضل باقر الحسني، حازم توفيق العاني، المناخ المحلي، المصدر
السابق، ص ٣٥، ٣٦.

(٢) المصدر نفسه، ص ٤٤.



اجزاء صخرية من السفح، بينما تنمو الأشجار في السفوح البطيئة الانحدار لتزايد القيمة الفعلية للأمطار^(١).

إذ أنه كلما كان الانحدار شديدا كلما قلت كمية المياه المتوغلّة داخل تربة السفوح، و كلما كان الانحدار بطيئا كلما زادت قدرة التربة على الاحتفاظ بمياه الأمطار الساقطة عليها. لذا تكون تربة السفوح ذات الانحدار الشديد أكثر جفافا من تلك التي تتميز سفوحها بانحدار بسيط أو معتدل^(٢).

كذلك أن مواجهة السفوح للرياح الرطبة دور في رطوبة التربة، إذ تزداد رطوبة التربة في السفوح المواجهة للرياح الرطبة لزيادة كمية الأمطار الساقطة من جهة، والنسبة العالية من الغيوم التي تحجب الأشعاع الشمسي فتقلل من ساعات السطوع الفعلي من جهة ثانية.

أحيانا يكون السفح الغربي ذو تربة جافة رغم مواجهته المحيط، وخير مثال لذلك السفح الغربي لجبال الأنديز سواء كان ذلك في شمال بيرو أو حتى في شمال وسط شيلي الذي بسبب جفاف تربته تغطيه نباتات صحراوية وشبه

(١) محسن المظفر، جغرافية الأحياء الأساسية الكاملة، ط ٢، دار صفاء للنشر والتوزيع،
٢٠١٥، ص ٢٠٣.

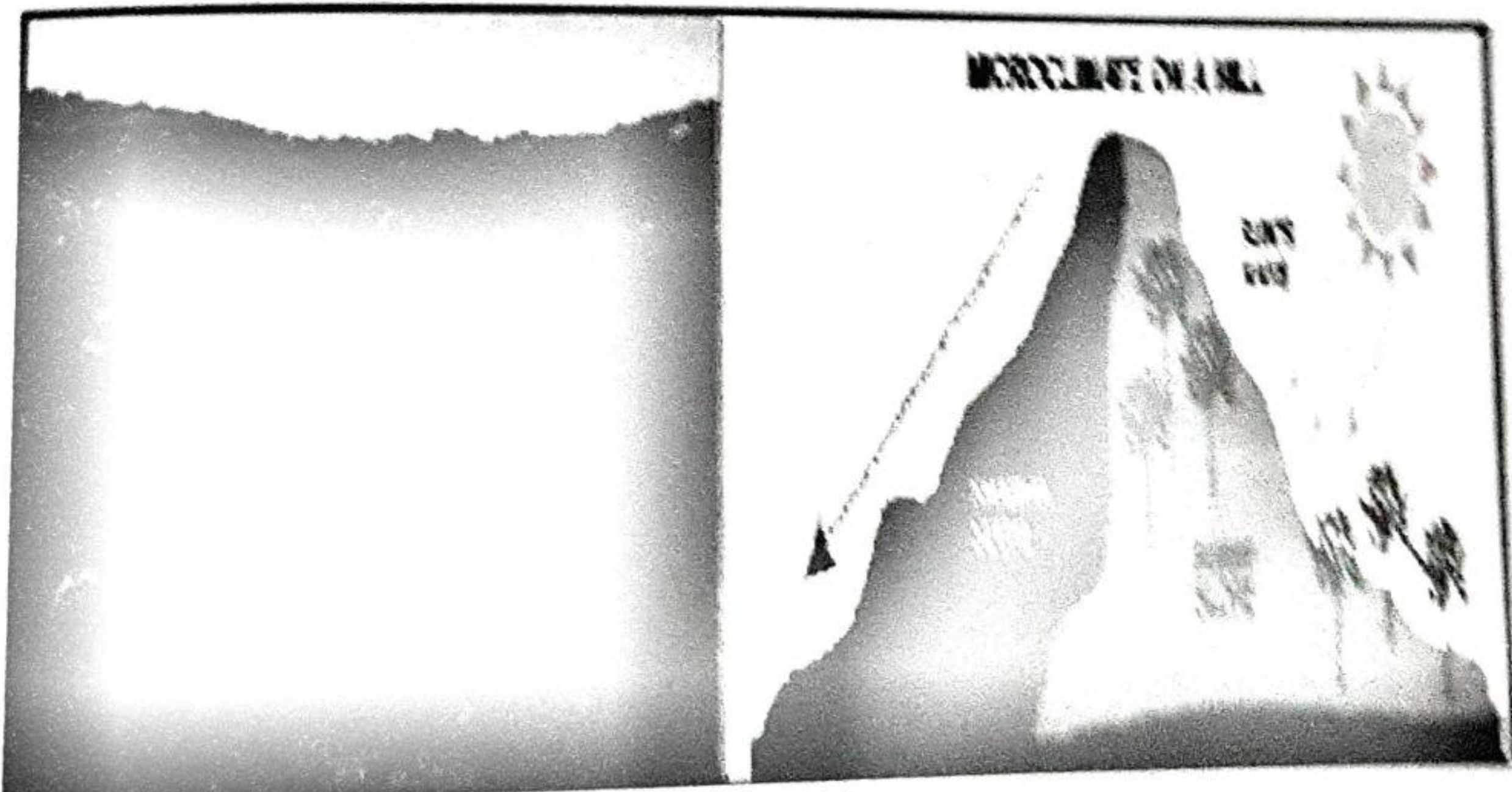
(٢) العاق، ١٩٨١، ص ٢٠٣.

مصرية، ويعود سبب ذلك الى الهواء المستقر على سفوح تلك السلاسل
الحضبية التي يمنع توغل الهواء الرطب من المحيط الهادي^(١).

تتغير السفوح على درجة حرارة التربة:

تؤثر الطاقة الشمسية الواصلة الى سفوح الجبال في درجة حرارة تربة
السفوح الحضبية بدرجة أكبر من تأثيرها في درجة حرارة الهواء، الأمر الذي يجعل
درجة حرارة تربة السفوح المواجهة للإشعاع الشمسي أعلى من درجة حرارة
الهواء، وهذا يجعل السفوح الجبلية مدعمة بالحياة النباتية، يلاحظ الشكل (٢٣).

شكل (٢٣) مقارنة بين السفوح المشمسة والسفوح الواقعة في الظل.



المصدر: نظام عالم ألف أحمد الجبري، علم المناخ التفصيلي، ط ١، مكتبة دليز للطباعة
والنشر، بغداد، ٢٠١١، ص ٣٥٣.

(١) التربة تتغير عند الارتفاع، الجغرافيا الطبيعية (الكتاب الأول النبات والحيوان)، ط ١،
مكتبة دليز للطباعة والنشر والتوزيع، الإسكندرية، جمهورية مصر العربية، ٢٠١٨،
ص ١٤٥.

تقل كمية الطاقة الواصلة الى تربة المناطق المنخفضة والوديان عن تلك التي تصل السفوح الجبلية، فتكون درجة حرارة تربتها أقل، لأن الاشعاع الشمسي لكي يصل تربة المنخفضات والوديان الجبلية عليه أن يقطع مسافة اطول في الغلاف الجوي، ومعنى ذلك أنه سيتعرض لمزيد من الامتصاص والانعكاس والتشتت عند المرور فيه.

تختلف درجة حرارة التربة وفقا لاتجاه السفوح ومواجهتها للشمس فتربة الجوانب المشمسة من منحدرات مروج الألب على هضبة شينغهاي في التبت تبلغ درجة حرارتها 19.43°C بينما تنخفض درجة حرارة تربة السفوح الواقعة في الظل الى نحو 14.33°C (1).

يمكن لدرجة حرارة تربة السفوح الجبلية ان تزيد كثيرا عن حرارة المناطق السهلية المجاورة الواقعة في الاسفل في حالة وضع جيد وانحدار شديد، وفوق السفوح التي يختلف اشعاعها تختلف درجة حرارة التربة، ويتجاوز الاختلاف الى الأعماق بحيث يصل الاختلاف بين حرارة تربة السفوح الجنوبية والشمالية خلال الصيف عند عمق 80 سم نحو 4°C ، وعلى هذا الاساس تكون اكثر السفوح تسخيناً تلك التي تواجه الجنوب الشرقي، و الجنوب الغربي (2).

(1) Ran Xue & other, Slope aspect influences plant biomass, soil properties and microbial composition in alpine meadow on the Qinghai-Tibetan plateau, Journal of soil science and plant nutrition, Vol.18, No.1, Temuco mar, China 2010

خلال فصل الشتاء يقل اختلاف درجة حرارة تربة السفوح ذات الاتجاهات المختلفة لانخفاض فترة الاشعاع، وتكون حرارة التربة في عمق ٨٠ سم في السفوح المتجهة الى الجنوب، والجنوب الغربي، والغرب بحدود ١ - ٢°م ادفاً من تربة بقية اتجاهات المنحدر، وتتصف منحدرات الجبال والهضاب ذات التسخين الجيد باختلاف كبير بين حرارة سطح التربة والهواء الملامس لها نهاراً، اما ليلاً فيتساوى الاختلاف تقريباً^(١).

تأثير السفوح على درجة حرارة الهواء:

تتخفض درجة حرارة الهواء في المناطق الجبلية حسب الارتفاع، ويختلف الانخفاض اعتماداً على مستوى ارتفاع المكان، وموضع او موقع السفح او المنحدر، وعلاقة ذلك بالإشعاع الشمسي، ثم تأثير التيارات الهوائية، وشكل التضاريس الجبلية واخيراً اوقات السنة^(٢).

قام بنجامين وآخرون ٢٠٠٨ بدراسة آثار الاختلافات المرتبطة بالجوانب في المناخ التفصيلي، وتم فحص عدة أخاديد بعمق ٦٠-١٠٠ متر في شمال شرق شبه جزيرة أريزونا، وتكشفت البيانات الميدانية ونموذج الارتفاع الرقمي عالي الدقة عن وجود اختلافات مورفولوجية ومناخية بين منحدرات الشمال والجنوب، اذ ظهر أن السفوح المواجهة للجنوب كانت أكثر انحداراً بمقدار ١-٣ درجة من

(١) المصدر نفسه، ص ٤١.

(٢) المصدر نفسه، ص ٤١.

الصفوح المواجهة للشمال ولها صخور أقل مقاومة للعوامل الجوية، وكانت
الصفوح المواجهة للجنوب أكثر دفئا بنحو ١.٤-٥.٦ درجات مئوية^(١).

فوق الاجزاء السفلى من الصفوح يرصد تذبذب ومدى حراري وسنوي
كبير، وتغيرات سنوية حادة في التدرج العمودي لها، أما في الاجزاء العليا من
الصفوح ونتيجة لزيادة تأثير الهواء الحر المجاور تنخفض قيمة التذبذب والمدى
الحراري اليومي والسنوي وتتساوى تغيرات الحرارة خلال اشهر السنة المختلفة،
لذا تتميز المحطات الواقعة أعلى الصفوح الجبلية بصفة المناخ البحري^(٢).

تأثير الصفوح على الرياح:

أن خواص السطوح في المناطق الجبلية تؤدي الى بعث أنواع مختلفة
من دورات الرياح المحلية فوق منحدر السلاسل الجبلية والصفوح الجانبية للوديان
الواسعة، وتحت تأثير عوامل حرارية متمثلة بالاختلاف في عملية تسخين
الاجزاء العليا والسفلى للصفح ينبعث ما يسمى برياح المنحدر^(٣). أو رياح الصفوح
التي يمكن إيجازها على النحو الآتي:

(1) Benjamin N. Burnett, Grant A. Meyer and Leslie D. McFadden,
Aspect-related microclimatic influences on slope forms and
processes northeastern Arizona, Journal of geophysical
research, vol. 113, Issue F3, American geophysical union, USA,
2008, p.1.

(2) أحمد حديد، فاضل الحسني، علم المناخ، المصدر السابق، ص ٤٤.

(3) المصدر نفسه، ص ٣٤.

اولا. الرياح السفحية الصاعدة: Anabatic wind

هو جريان الهواء الدافئ الى أعلى المنحدر الجبلي بسبب التسخين السطحي للسفح أثناء النهار نتيجة للتشميس أي امتصاصه للإشعاع الشمسي، فيسخن الهواء الملامس للمنحدر بصورة اشد من الهواء البعيد عن السفح عند المستوى نفسه، وربما يحدث هذا النوع من الرياح أيضا عند وجود حمل اسفل المنحدر، وهي رياح ضعيفة، يجري الهواء على شكل نسيم لطيف، بسبب جاذبية الأرض لجزيئات الهواء الصاعد، ويكون هذا النوع من الرياح أكثر وضوحا في الايام المشمسة الحارة لاسيما صيفا^(١).

ثانيا. الرياح السفحية الهابطة: Katabatic wind

هي تيار هوائي بارد يتجه من قمة المنحدر الى اسفله اثناء الليل، بسبب التبريد السطحي لمنحدر التل او الجبل، وهي أكثر شدة وسرعة من الرياح السفحية الصاعدة، وتساعد هذه الرياح على جرف الهواء المشبع بالرطوبة الذي يظهر على شكل ضباب في كثير من الأحوال الجوية باتجاه اسفل المنحدر، وبذلك يكون المنحدر نفسه خاليا من هذه الظاهرة. ويمكن أن تساعد هذه الرياح على تشكل الضباب أو الشابورة فوق سطح الوادي عندما يكون هذا السطح على شكل مستنقع أو مغطى بالمياه. وتزداد هذه الرياح شدة اذا كان الانحدار شديدا وأملسا ومغطى بالثلج الى القمة^(٢).

(١) أحمد سعيد حديد، فاضل باقر الحسني، حازم توفيق العاني، المناخ المحلي، المصدر

السابق، ص ١٢٣.

(٢) المصدر نفسه، ص ١٢٤.



تأثير السفوح على التبخر:

يعد التبخر المحتمل عنصر مناخي له توزيع تفاضلي في المناطق الجبلية، فمقادير التبخر تتعين بالمصادر الطاقوية الحرارية من جهة، ومدخرات التربة من الرطوبة من جهة أخرى. ففي التلال والجبال يتغير كل من هذين العاملين تغيرا كبيرا من مكان الى آخر ومن سفح الى آخر، بل حتى وفقا لدرجة الانحدار. ويتحدد التبخر المحتمل بالظروف الجوية القصوى متمثلة بدرجات الحرارة وسرعة الرياح والرطوبة الجوية في الجبال وتباينها من سفح الى آخر^(١).

تأثير السفوح على رطوبة الهواء:

تنخفض الرطوبة المطلقة في الجهات الجبلية مع الارتفاع، لانخفاض درجة حرارة الهواء، ولكن رطوبة الجهات الجبلية تكون أعلى منها في الهواء الحر وقد يصل الاختلاف الى ١٠%، وتنخفض الرطوبة المطلقة ببطيء في المناطق الجبلية مقارنة بالهواء الحر في مستوى الارتفاع نفسه، وتكون رطوبة الهواء المطلقة داخل السلاسل الجبلية أقل عادة من السفوح التي تواجه الرياح، ويرصد الحد الأعلى لرطوبة الهواء المطلقة فوق السفوح في ساعات النهار والحد الأدنى قبل شروق الشمس^(٢).

أما الرطوبة النسبية فلها تغير فصلي منتظم استنادا الى السفوح الجبلية، بالعلاقة الى الاشعاع الشمسي والتيارات الهوائية وشكل التضاريس الأرضية. ففي السفوح التي تحدث فيها ظاهرة الانقلاب الحراري شتاء دائما تنخفض

(١) المصدر نفسه، ص ٢٠٩.

(٢) أحمد حديد، فاضل الحسني، علم المناخ، المصدر السابق، ص ٤٦.

الرطوبة النسبية بشكل حاد حسب الارتفاع، أما صيفا فتزداد، ويصل حدها الأعلى عند طبقة تكوين الغيوم^(١).

يتوقف موقع المستوى الذي تحصل فيه دورة التوزيع السنوي للرطوبة النسبية على الظروف المناخية للجهات الجبلية، وموضع السفوح الجبلية بالنسبة الى الرياح المحملة بالرطوبة، ففي جبال الألب يكون عند حدود ١٥٠٠ مترا، أما في السفوح الغربية لجبال القفقاس يقع بين ١٥٠٠ - ١٦٠٠ مترا، وفي السفوح الشرقية يقع بين ١٧٠٠ - ٢٠٠٠ مترا^(٢).

تأثير السفوح على التكاثف:

تختلف نوعية الغيوم السائدة وفقا لوجهة السفح ورطوبة الرياح من جهة، ووفقا لوجهة السفح من اشعة الشمس من جهة أخرى. فبعد الظهر، عندما تسخن السفوح، كما في الجبال المدارية تتشكل الغيوم الركامية (الركام، والركام المزني) لاسيما على السفوح الغربية^(٣). يلاحظ الشكل (٢٤).

أما في ساعات الصباح الباكر فتسود الغيوم الطبقيّة. أما في حال هبوب رياح عامة باتجاه السفح الجبلي فتتشكل انواعا مختلفة من الغيوم حسب: سرعة الرياح، ودرجة الانحدار، وزاوية اصطدام الرياح بالسفح، وتتمثل

(١) المصدر نفسه، ص ٤٧.

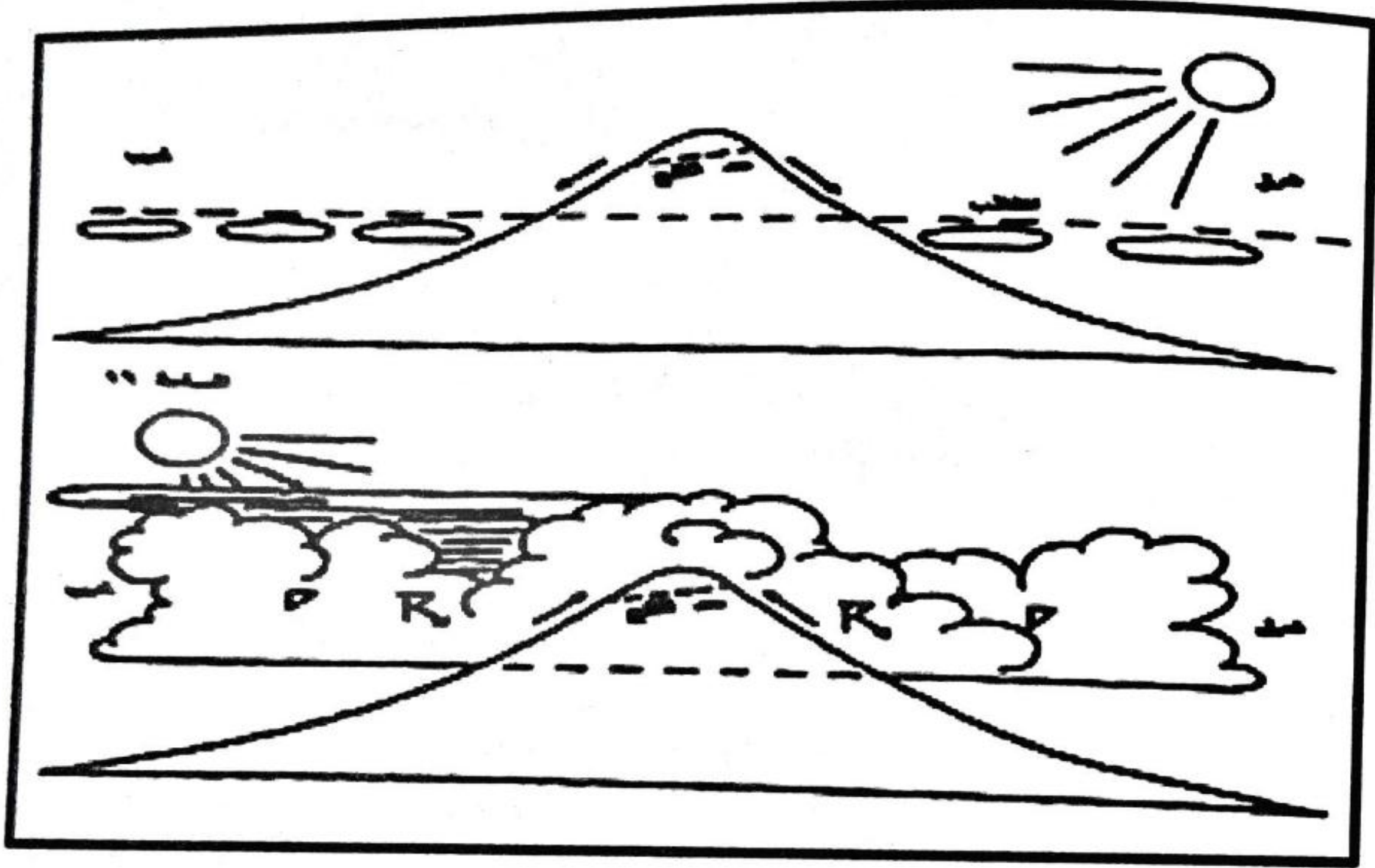
(٢) المصدر نفسه، ص ٤٨.

(٣) علي حسن موسى، المناخ الأصغري، المصدر السابق، ص ١٠٠.



بالدرجة الأولى في الغيوم الركامية: الركام، الركام المزني، الركام الطبقي، الركام المتوسط^(١).

شكل (٢٤) تأثير الشمس والحمل اليومي في تشكيل غيوم الجبال المدارية المنعزلة.



المصدر: علي حسن موسى، المناخ الأصغري، دار دمشق للطباعة والنشر، دمشق،

١٩٩١، ص ١٠٠.

تمتاز الجهات الجبلية بعدد كبير من الايام المصحوبة بالضباب، وتصل عدد الايام التي يحصل فيها الضباب فوق السفوح المواجهة للرياح حدود عشرة مرات عدد الايام التي يحصل فيها الضباب فوق السفوح الواقعة في ظل الرياح وكذلك الجهات السهلية. أما فوق القمم المغطاة بالثلوج والجليد فيحصل ضباب إشعاعي^(٢).

(١) المصدر نفسه، ص ١٠٠، ١٠١.

(٢) أحمد حديد، فاضل الحسني، علم المناخ، المصدر السابق، ص ٥١.

من حيث تدفقات الطاقة، يتم وصف التكاثف تقليدياً بتدفق حرارة كامن سلبى، بينما يوصف التبخر بتدفق الحرارة الكامن الإيجابى. ويعد التكاثف مصدراً إضافياً مهماً لرطوبة الأمطار على المنحدرات الجبلية، وتعتمد كمية التكاثف بشكل كبير على خصائص أوراق الشجر للنباتات السائدة وتفاصيل التضاريس وخصائص الرياح ودور التأفق^(١).

تأثير السفوح على كمية التساقط:

مع الارتفاع تزداد الأمطار على كلا السفوح المواجهة للرياح والمعاكسة لها، لكن السفوح المواجهة للرياح الرطبة تكون وفيرة الأمطار، بينما تكون السفوح الواقعة في الجانب الآخر قليلة الأمطار، لذا تسمى بسفوح ظل المطر، وتزداد الأمطار مع الارتفاع فوق السفوح المواجهة للرياح الرطبة الى مستوى معين إذ بعده يقل سقوط الأمطار لقلة كمية بخار الماء مع الارتفاع.

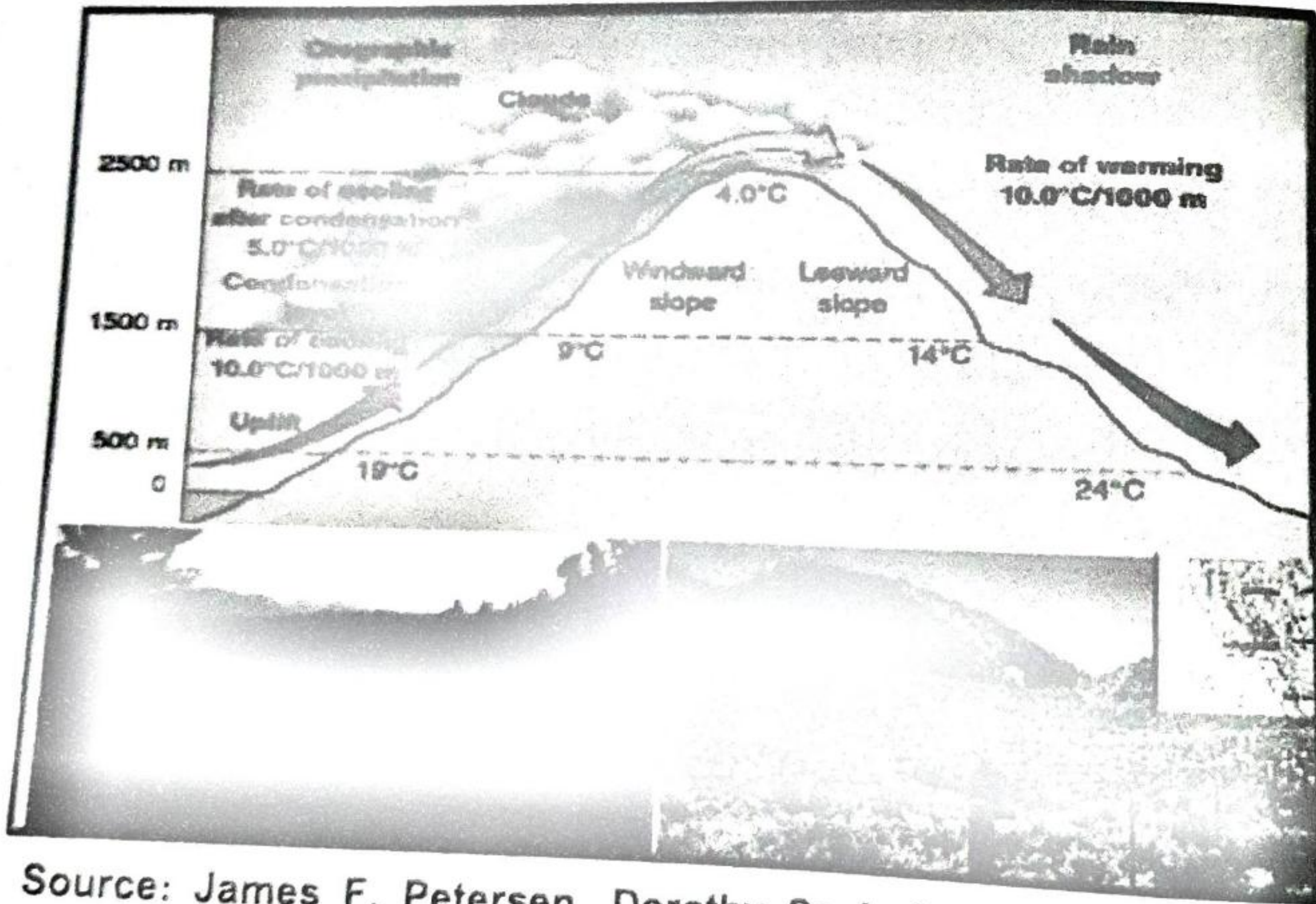
تتأثر زيادة الأمطار بالارتفاع بعوامل عديدة تتمثل بالقرب والبعد من المسطح المائى، ودرجة حرارة الرياح، ودرجة انحدار السفوح المواجهة للرياح، والمنافذ والممرات الموجودة في المرتفعات. وامكن تقدير الزيادة في المطر عموماً بنسبة تتراوح بين ١% - ٥% في كل ١٠٠ متر ارتفاعاً، لكن ليس باطراد، لأنها ترتفع الى حد معين، فيقل المطر تدريجياً مع الارتفاع، بسبب قلة

(¹)Carmen de Jong, The contribution of condensation to the water cycle under high-mountain conditions, Hydrological processes, Volume 19, Issue 12, 2005, p.2419.

بخار الماء في طبقات الجو العليا، ويسبب درجات الحرارة الواطئة التي تحد من مقدرة الهواء على حمل بخار الماء المحدودة كميته^(١).

يستلم المنحدر الغربي من جبال سيرانيفادا المواجه للرياح الهابة امطارا تضاريسية تتسبب في نمو غابات كثيفة، بينما المنحدر الشرقي من سلسلة الجبال نفسها والواقع في ظل المطر حيث يكون عكس اتجاه مهب الرياح يؤدي الى سيادة مناخ شبه جاف^(٢). يلاحظ الشكل (٢٥).

شكل (٢٥) تأثير السفوح في الأمطار والنبات الطبيعي.



Source: James F. Petersen, Dorothy Sack & Robert E. Gabler, Physical Geography, Edition 11, Printed In Canada, 2016, p.162.

(١) علي شلش، أحمد حديد، ماجد ولي، جغرافية الأقاليم المناخية، المصدر السابق،

ص ٦٤، ٦٥.

(٢) James F. Petersen, Dorothy Sack & Robert E. Gabler, Physical Geography, Edition 11, Printed In Canada, 2016, p.162.

أن تباين الطاقة الشمسية المستلمة وفقا للسفوح، واختلاف درجة تسخين السفوح فيما بينها يؤدي الى بروز تأثير تفاضلي للسفوح الجبلية في عملية التوصيل الحراري الذي له تأثيره فيما بعد بسقوط الأمطار، ومن ثم تأثيره في ما ينمو من نباتات.

وفقا لذلك يشتد التساقط الصيفي ويزداد فوق السفوح الجنوبية والجنوبية الغربية في المناطق الجبلية الواقعة ضمن العروض المعتدلة وشبه المدارية كجبال الألب، والقرم، والقفقاس، وأواسط آسيا^(١).

يختلف التساقط بين الجهات السفلى والعليا من السفوح الجبلية، ففوق الأجزاء العليا من السفوح يحصل الحد الأعلى للتساقط في النصف الثاني من النهار وربما يكون احيانا في المساء، أما الحد الأدنى فيرصد في ساعات ما قبل الفجر مع سيادة واشتداد الحركة النازلة للهواء على السفوح^(٢).

تأثير السفوح على الغطاء الثلجي:

في حالة زيادة مستوى الارتفاع يسقط الثلج بصورة دائمة كما في المناطق السفلى من جبال الألب السويسرية يشكل التساقط الصلب نحو ٥% - ١٠% من مجموع التساقط العام، وعند الارتفاع ١٠٠٠ - ٢٠٠٠ متر تزداد النسبة الى ٢٥% - ٦٠%، وعند الارتفاع ٣٥٠٠ - ٣٦٠٠ يسقط الثلج

(١) أحمد حديد، فاضل الحسني، علم المناخ، المصدر السابق، ص ٥٢.
(٢) المصدر نفسه، ص ٥٤.



بنسبة ١٠٠%. وفوق السفوح الجبلية ذات التساقط الغزير تستغرق استمرارية بقاء طبقة الغطاء الثلجي ٨ - ١٠ يوم لكل ١٠٠ متر ارتفاعاً^(١).

عادة ما يكون السفح المواجه للجنوب ذو عمق ضحل للثلج عند مقارنته بالسفح المواجه للشمال^(٢).

رغم أن تساقط الثلوج تكون أكثر وفرة فوق السفوح المواجهة للرياح، إلا أنه قد يكون أكثر تراكماً على السفوح المعاكسة للرياح، ولا سيما في أعاليها، نظراً لشدة الرياح على السفوح المواجهة التي تعمل على تذرية الثلج منها ليتراكم على السفوح المعاكسة للرياح^(٣).