

## บทที่ 3

### องค์ประกอบทางกายภาพต่อสิ่งมีชีวิต

สิ่งมีชีวิตทุกชนิดในโลกดำรงชีวิตและสืบพันธุ์ต่อเนืองอยู่ได้ตราบนานเท่าไรก็ตามในวันนี้ต้องอาศัยปัจจัยธรรมชาติเป็นสิ่งแวดล้อมทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น มนุษย์ต้องการปัจจัยสี่ในการดำรงชีวิต สิ่งมีชีวิตอื่นก็เช่นเดียวกัน คือ ต้องการอาหาร และพลังงาน ตลอดจนสภาพสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดนั้นต้องการสารอาหารและสภาพสิ่งแวดล้อมทั้งในด้านชนิด ปริมาณ และคุณภาพที่ต่างกัน บางครั้งสารอาหารและสภาพสิ่งแวดล้อมที่มีความพอเหมาะพอดีกับสิ่งมีชีวิตหนึ่ง อาจจะไม่พอเหมาะพอดีกับสิ่งมีชีวิตอื่นก็ได้ โดยจะมีผลทำให้เจริญเติบโตช้าหรือผิดปกติไปจากธรรมชาติ ตั้งแต่ชั้นเล็กน้อยไปจนถึงชั้นรุนแรง หรือเป็นอันตรายจนไม่สามารถจะมีชีวิตอยู่ได้

#### 1. องค์ประกอบทางกายภาพต่อสิ่งมีชีวิต

องค์ประกอบทางกายภาพนั้นนับว่าเป็นปัจจัยสำคัญหรือเป็นบริบทขั้นต้นสำหรับการดำเนินชีวิตของสรรพชีวิต หากแต่ในระบบชีวภูมิศาสตร์ทั้งสิ่งมีชีวิตและองค์ประกอบทางกายภาพนั้น ต่างก็เป็นทั้งตัวแปรต้นและตัวแปรตามให้แก่กันและกัน องค์ประกอบทางกายภาพที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตมีดังนี้

1. แสงสว่าง
2. อุณหภูมิ
3. ความชุ่มชื้น
4. ก๊าซในบรรยากาศ
5. ดิน
6. ความเป็นกรดเป็นด่าง
7. ธาตุอาหาร

8. น้ำ
9. ความกดดัน
10. กระแสน้ำและลม
11. ไฟป่า
12. ความลาดชันของพื้นที่
13. ความสูงของพื้นที่

ซึ่งแต่ละองค์ประกอบมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 1. แสงสว่าง

ดวงอาทิตย์นับว่าเป็นต้นกำเนิดแสงที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง แสงอาทิตย์ที่ส่องมาสู่โลกจะเป็นปัจจัยตัวจำกัดต่ออินทรีย์ทั้งในด้านความเข้มของแสง (light intensity) คุณภาพของแสง (light quality) และช่วงแสง (photoperiod) โดยอิทธิพลของแสงที่มีต่ออินทรีย์แต่ละชนิดจะแตกต่างกัน โดยเฉพาะพืชชั้นสูงนอกจากแสงจะมีความจำเป็นสำหรับการสังเคราะห์แสงแล้ว ยังมีอิทธิพลต่อพืชบางชนิดทำให้ดำรงชีวิตได้ครบวงจร (cycle) อีกด้วย

ในลักษณะตามธรรมชาติแล้ว แสงจะมีอิทธิพลเกี่ยวข้องกับพืชมากกว่าสัตว์เพราะพืชเป็นผู้ผลิตขั้นปฐม (primary producer) โดยกระบวนการสังเคราะห์แสง นอกจากนี้กระบวนการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์หรือการผลิตดอกออกผลของพืชล้วนมีความเกี่ยวข้องกับแสงชนิดที่แยกกันไม่ออก สำหรับสัตว์นั้นแสงมีความสำคัญต่อการมองเห็นเพื่อเคลื่อนที่ในกิจกรรมต่างๆ ของสัตว์

#### 1.1 ช่วงแสง (photoperiod)

หมายถึงช่วงเวลาที่แสงส่องมายังระบบนิเวศต่าง ๆ ความยาวของกลางวันและกลางคืนในรอบ 24 ชั่วโมงจะแปรผันไปตามฤดูกาล ในฤดูร้อนความยาวของกลางวันจะมากกว่าความยาวของกลางคืน เราเรียกพืชที่ตอบสนองต่อการออกดอกเมื่อความยาวของกลางวัน ยาวกว่า critical photoperiod ว่า long day plant และเรียกพืชที่ออกดอกเมื่อความยาวของกลางวันน้อยกว่า critical photoperiod ว่า short day plant ส่วนพืชที่ไม่ตอบสนองต่อความยาวของกลางวันและกลางคืนเรียกว่า day neutral plant

ค่า critical photoperiod มีค่าอยู่ระหว่าง 11-14 ชั่วโมง (ความยาวของกลางวัน) เช่นชา และกาแฟจัดเป็นพวก short day plant จะออกดอกเมื่อกลางวันน้อยกว่า  $11\frac{1}{4}$  ชั่วโมง ข้าวบางพันธุ์มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงความยาวของวันเป็นอย่างมาก แม้กลางวันมีความยาวเพิ่มขึ้นเพียง 15 นาทีก็มิผลต่อการออกดอกและการผสมเกสร

### 1.2 คุณภาพของแสง(light quality)

หมายถึงคลื่นสีต่างๆ ที่ประกอบกันเข้าเป็นแสงสว่าง คลื่นแสงที่มีผลต่อการสังเคราะห์แสงของพืชมากที่สุดคือ violet – blue และ orange-red ตามพื้นที่ปฏิกิริยาส่วนหนึ่งของแสงสีแดงจะลดน้อยลงเพราะพืชชั้นบนได้ดูดซับเอาไว้ แต่อัตราส่วนของแสง infrared จะเพิ่มขึ้น

คุณภาพของแสงมีความสำคัญต่อการงอกของเมล็ดพืชบางชนิดมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมล็ดของผักสลัด จะงอกได้ก็ต่อเมื่อได้รับแสงสีแดง (red light) จากการศึกษาและทดลองสรุปได้ว่า แสงที่มีช่วงคลื่นยาวมีอิทธิพลต่อการงอกได้ดีกว่าแสงที่มีช่วงคลื่นสั้น และพืชแต่ละชนิดก็สังเคราะห์แสงได้ต่างกันด้วย ขึ้นอยู่กับว่าพืชชนิดนั้นมีเม็ดสี (pigment) ชนิดใดอยู่บ้าง และเม็ดสีชนิดนั้นสามารถดูดช่วงคลื่นแสงสีใดได้มากอีกด้วย

### 1.3 ความเข้มของแสง (light intensity)

ระดับความเข้มของแสงที่พอเหมาะจะแตกต่างกันตามชนิดของพืช พืชอาจจำแนกออกตามความต้องการแสงสว่างเป็น พวกชอบแสงมาก (heliophyte) และพวกพืชที่ชอบร่ม (sciophyte) การที่พืชต่าง ๆ ปรากฏอยู่เป็นชั้นๆ ในป่าก็เป็นผลสืบเนื่องมาจากการปรับตัวให้เข้ากับความเข้มของแสงในแต่ละระดับ เมื่อแสงมีความเข้มน้อยถ้าเราเพิ่มความเข้มของแสงสว่างมากขึ้น อัตราการสังเคราะห์แสงของพืชจะเพิ่มขึ้น แต่การหายใจของพืชนั้นจะเกิดขึ้นตลอดเวลาทั้งกลางวันและกลางคืนไม่ได้ขึ้นอยู่กับแสงสว่างโดยตรง จะมีความเข้มของแสงสว่างจุดหนึ่งซึ่งพลังงานที่ได้จากการสังเคราะห์แสงเท่ากับพลังงานที่ใช้ไปในการหายใจพอดี ความเข้มของแสงตรงจุดนี้เรียกว่า compensation point

## 2. อุณหภูมิ

องค์ประกอบทางกายภาพที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งที่มีต่อสิ่งมีชีวิตก็คืออุณหภูมิโดยจะบังเกิดผลทั้งทางตรงและทางอ้อม ทางตรงก็คือมีผลต่อการเจริญเติบโตและการแพร่กระจาย

ของทั้งพืชและสัตว์ ผลที่เกิดทางอ้อมก็คือจะเป็นตัวการสำคัญในการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบ  
อื่นๆด้วย

### 2.1 อุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนในน้ำ

มาตรฐานของความสามารถในการละลายออกซิเจนในน้ำจืดบริสุทธิ์จาก  
อากาศที่ความดันปกติจะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของน้ำ คือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น  
ความสามารถในการละลายของออกซิเจนในน้ำจะลดลง ดังนั้นในแหล่งน้ำที่มีอุณหภูมิสูง  
สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่มักประสบปัญหาเกี่ยวกับการขาดแคลนออกซิเจนอยู่เสมอ

### 2.2 อุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปพรรณสัณฐานและสรีระของ สิ่งมีชีวิต

โดยธรรมชาติแล้วสิ่งมีชีวิตจะวิวัฒนาการโดยการปรับตัวให้เข้ากับ  
สิ่งแวดล้อม ในกรณีของอุณหภูมิพบว่ามีการสร้างพิเศษหลายอย่างที่ถูกร่างขึ้นมาเพื่อ  
ต่อต้านกับปัญหาเกี่ยวกับอุณหภูมิ เช่นสัตว์และพืชบางชนิดสร้างสปอร์ (spore) และเกราะหุ้ม  
(cysts) ในระยะตัวอ่อนขึ้นมา ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีความต้านทานต่ออุณหภูมิที่สูงหรือต่ำเกิน  
กว่าปกติได้ดี นอกจากการปรับตัวทางโครงสร้างดังกล่าวแล้ว สิ่งมีชีวิตบางชนิดจะมีการ  
จัดแปลงเพียงบางส่วน เช่นพืชบางชนิดจัดแปลงลำต้นไปเป็นเง้า(stolon) เง้าคือเมื่ออยู่ใน  
สภาวะอุณหภูมิไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต พืชนั้นจะทิ้งส่วนอื่นของลำต้นเหลือเพียงเง้า  
หรือรากที่สะสมอาหารไว้สำหรับแตกใบหรือยอดได้ใหม่เมื่อถึงฤดูกาลที่เหมาะสมต่อการ  
เจริญเติบโต สำหรับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นกับสัตว์ เช่น สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมมีความแตกต่าง  
ในขนาดของรยางค์ อาจจะเป็นหู หาง และขา โดยพวกที่อยู่ในเขตหนาวจะมีขนาดสั้นกว่าพวก  
ที่อยู่ในเขตร้อน หรือในกรณีที่สัตว์เมืองหนาวมีขนยาวกว่าสัตว์เมืองร้อนเพื่อปกคลุมตัวเองให้  
เกิดความอบอุ่น ก็ถือว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากอุณหภูมิเช่นเดียวกัน

### 2.3 อุณหภูมิมีผลต่ออัตราเมตาโบลิซึมของร่างกาย

โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสัตว์เลือดเย็น (poikilothermous animal) แต่ใน  
สัตว์เลือดอุ่นนั้นแม้จะมีความสามารถในการปรับระดับและควบคุมอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่  
ได้ก็ตาม แต่ก็มักมีผลจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในทางอ้อมได้เช่นกัน เช่น ในระยะที่มีการ

เปลี่ยนแปลงฤดูกาลเข้าสู่ฤดูหนาว จะเห็นว่าผู้ที่มีร่างกายอ่อนแอหรือเด็กมีอาการป่วยไข้เป็นหวัดหรือในวันที่มีอากาศร้อนจัด เราจะรู้สึกอ่อนเพลียได้ง่าย ตามกฎของแวนฮอฟ (Vant Hoff's law) กล่าวว่า อัตราเมตาโบลิซึมจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 หรือ 3 เท่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นอีก  $10^{\circ}\text{C}$  โดยยกเว้นเมื่ออุณหภูมิใกล้ถึงขีดสูงสุดของขีดจำกัดความอดทน

#### 2.4 อุณหภูมิมีผลทำให้เกิดการอพยพของสัตว์

การอพยพหรือการเคลื่อนที่หนีความร้อนจัดหรือหนาวเย็น (thermal migration) คือการเคลื่อนที่ของสัตว์ตั้งแต่ระยะทางเพียงเล็กน้อยไปจนถึงระยะทางนับร้อยไมล์ เช่นการเคลื่อนที่จากที่ร่มไปยังที่มีแสงแดดเพื่อได้รับความอบอุ่น ซึ่งพบได้ในพวกสัตว์ที่อาศัยอยู่ในเขตหนาว หรืออาจจะเป็นการเคลื่อนที่หลีกเลี่ยงความร้อนระอุของทะเลทรายจนกระทั่งสัตว์ทะเลทรายส่วนใหญ่ได้เปลี่ยนวิถีชีวิตไปโดยออกหากินในตอนกลางคืน

การอพยพของหมีและกวางที่อาศัยอยู่ตามภูเขาสูงไปยังหุบเขาเพื่อหลีกเลี่ยงความรุนแรงของอากาศที่หนาวจัด เป็นการอพยพที่ไกลออกไปอีก ส่วนใหญ่จะเป็นการอพยพของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เช่น กวางคาริบู วัวไบสัน และปลาวาฬ นอกจากนี้ยังพบในแมลงและนก ซึ่งมีการอพยพจากเขตหนาวลงสู่เขตอบอุ่นในฤดูหนาว และจะอพยพกลับในฤดูร้อน

#### 2.5 อุณหภูมิมีผลต่อการแพร่กระจายพืชและสัตว์

เนื่องจากพืชและสัตว์แต่ละชนิดมีขีดจำกัดความอดทนต่ออุณหภูมิไม่เท่ากัน ส่วนใหญ่มีขีดจำกัดความอดทนที่แคบหรือค่อนข้างแคบจึงทำให้ไม่สามารถแพร่กระจายไปในที่ต่างๆ ของโลกได้มาก คืออยู่ได้แต่บริเวณที่อุณหภูมิเหมาะสมต่อการเจริญเท่านั้น อันเป็นสาเหตุอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดชุมชนสุดยอด (climax community) ในเขตต่างๆ ของโลกในลักษณะที่ไม่เหมือนกัน

### 3. ความชุ่มชื้น

ความชื้นในอากาศเป็นแหล่งที่มาของน้ำในดิน ความชื้นในอากาศมีผลต่อการระเหยของน้ำและการคายน้ำของพืช จากการศึกษาพบว่าพืชจะมีการคายน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 6 เท่า เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศลดลงจาก 95% เป็น 5% พืชบางชนิดมีความไวต่ออากาศ

แห้งมาก จะพบก็แต่ในที่ซึ่งอากาศชุ่มชื้นเท่านั้น พืชพวกนี้เรียกว่า hygrophyte เช่นพวกเฟิร์น ไลเคนในอากาศยังช่วยลดความเข้มข้นของแสงอาทิตย์ พืชบางชนิดสามารถใช้ไอน้ำจากอากาศ โดยตรงไม่ต้องผ่านการควบแน่นเสียก่อน เช่นพวกมอสและไลเคนที่ขึ้นอยู่บนก้อนหิน พืชพวกนี้จะมีมากเป็นสัดส่วนกับความชื้นในอากาศ กล้วยไม้บางชนิดก็สามารถใช้ไอน้ำจากอากาศได้ โดยตรงเมื่อความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 85% ปริมาณน้ำฝนที่ตกก็มีความสำคัญต่อการกระจายทางภูมิศาสตร์ของป่าเขตร้อน ความแตกต่างในเรื่องปริมาณน้ำฝนในแต่ละท้องที่ของประเทศ ไทยทำให้เกิดป่าหลายประเภท ในทางภาคใต้มีปริมาณน้ำฝนมากกว่า 2,000 มม.ต่อปี ป่าส่วนใหญ่เป็นป่าดิบชื้น ในภาคอีสานและภาคเหนือซึ่งมีปริมาณน้ำฝน 1,000 - 1,500 มม.ต่อปีจะเกิดป่าเบญจพรรณผลัดใบและป่าเต็งรัง ถึงแม้ว่าปริมาณน้ำฝนจะเป็นตัวกำหนดชนิดของป่าอย่างกว้างๆ ในทางภูมิศาสตร์ แต่รายละเอียดของการกระจายชนิดป่าในท้องที่จริง ๆ ขึ้นอยู่กับความชุ่มชื้นของดิน เช่นในทางภาคใต้บางแห่งเป็นที่ลุ่มน้ำขังเกือบตลอดปีก็มีป่าพรุเกิดขึ้นซึ่งอยู่ใกล้ๆ กับป่าดิบชื้นที่เกิดขึ้นบนดินที่มีการระบายน้ำดีกว่า ทั้งที่ปริมาณน้ำฝนในป่าสองแห่งนี้ได้รับทัดเทียมกันปริมาณน้ำฝนที่ตกในป่าดิบแล้งกับป่าเต็งรังก็มีใกล้เคียงกัน

การกระจายของปริมาณน้ำฝนในรอบปีก็มีความสำคัญต่อพรรณพืช ในที่สองแห่ง แม้จะมีปริมาณฝนรวมในรอบปีเท่ากัน แต่หากที่หนึ่งมีฝนตกสม่ำเสมอเกือบตลอดปีแต่อีกที่หนึ่งฝนตกเพียงช่วงหนึ่งของปี ที่เหลือเป็นฤดูแล้ง สังคมพืชที่เกิดขึ้นในสองแห่งนี้จะแตกต่างกัน กล่าวคือสังคมพืชในที่แรกจะมีลักษณะชุ่มชื้นกว่าประกอบด้วยพืชที่ไม่ผลัดใบมากกว่า โดยธรรมชาติแล้วความชื้นในอากาศจะเปลี่ยนแปลงขึ้นลงเป็นช่วงๆ ในแต่ละวันตอนกลางคืนจะมีความชื้นสูง และเวลากลางวันความชื้นจะต่ำ สภาพความชื้นดังกล่าวจะผันแปรไปตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและแสง สภาพความชื้นที่มีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละฤดูจะมีผลอย่างยิ่งต่อการสืบพันธุ์ของสัตว์และพืช เช่นเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและแสง

#### 4. ก๊าซในบรรยากาศ

ในบรรยากาศประกอบไปด้วยไอน้ำ ฝุ่นละออง และก๊าซต่างๆ ชนิดปริมาณ และสัดส่วนของก๊าซไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงมากนัก เช่นมีคาร์บอนไดออกไซด์ 0.03% ออกซิเจน 21% และไนโตรเจน 79% สำหรับก๊าซที่จำเป็นต่อสิ่งมีชีวิตและมีการแลกเปลี่ยน

ระหว่างสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมอยู่ตลอดเวลา โดยกระบวนการทางเคมีคือออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนก๊าซดังกล่าวคือการหายใจ ซึ่งเป็นกระบวนการพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด และการสังเคราะห์แสงซึ่งเกิดขึ้นในพืชส่วนใหญ่ ดังนั้นทั้งสองกระบวนการจึงมีผลอย่างยิ่งต่อปริมาณของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ที่จะปรากฏอยู่ในสิ่งแวดล้อม

#### 4.1 ออกซิเจน

เป็นปัจจัยตัวจำกัดของพืชและสัตว์ ส่วนใหญ่ต้องการในรูปของออกซิเจนอิสระ (free oxygen) เพื่อนำไปเผาผลาญสารอาหารให้ได้เป็นพลังงานออกมาใช้ จึงถือว่าออกซิเจนอิสระที่ปรากฏอยู่ในสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ โดยปกติปริมาณออกซิเจนในบรรยากาศมีประมาณ 21% หรือ 210 ลบ.ซม./ลิตร ส่วนในน้ำมีปริมาณออกซิเจนซึ่งสามารถละลายอยู่ได้เพียง 5-10 ลบ.ซม.เท่านั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความเค็ม (salinity) ของน้ำ คือน้ำที่มีความเค็มสูงจะรับออกซิเจนไว้ได้น้อยกว่าน้ำจืด อย่างไรก็ตามสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำมักประสบปัญหาเกี่ยวกับการขาดออกซิเจนมากกว่าสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บนบก

แหล่งที่มาของออกซิเจนในน้ำอาจได้มาจากการแพร่จากบรรยากาศโดยตรง แหล่งให้ออกซิเจนแก่น้ำที่สำคัญอีกทางหนึ่งคือ แพลงตันพืชและพืชใต้น้ำ เมื่อมีการสังเคราะห์แสงก็จะปล่อยออกซิเจนสู่น้ำ ขณะเดียวกันแหล่งน้ำก็มีโอกาสสูญเสียออกซิเจนได้มากโดยการแพร่โดยตรงจากน้ำสู่บรรยากาศ เช่นเดียวกัน รวมทั้งการถูกนำไปใช้หายใจของสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย และการสลายสารอินทรีย์อีกด้วย

#### 4.2 คาร์บอนไดออกไซด์

เป็นก๊าซซึ่งปรากฏอยู่ในบรรยากาศน้อยมากแต่ก็เพียงพอสำหรับการเจริญของพืชทั้งหมด การเพิ่มความเข้มของแสงให้สูงมากกว่าที่ปรากฏในธรรมชาติ ทำให้คาร์บอนไดออกไซด์กลายเป็นตัวการจำกัดไป และในทางตรงกันข้าม ถ้าเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ขณะที่มีความเข้มของแสงสูง จะทำให้พืชเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศมากๆ กลับทำให้เกิดอันตรายต่อสัตว์ได้ ตามธรรมชาติในบางบริเวณ เช่นหุบเขามรณะ (death valleys) ในชวา ซึ่งเกิดอยู่ระหว่าง

ภูเขาไฟมีคาร์บอนไดออกไซด์รั่วไหลออกมารวมกันอยู่จนมีปริมาณมาก ทำให้สัตว์ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวการจำกัดการแพร่กระจายของสัตว์ด้วย

คาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่ละลายน้ำได้ดี ในน้ำทะเลจะมีก๊าซนี้ละลายอยู่ประมาณ 47 ลบ.ซม./ลิตร หรือประมาณ 150 เท่าในอากาศ การละลายของคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำอาจจะอยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์อิสระ หรือในรูปของคาร์บอเนต ( $\text{HCO}_3^-$ ) และคาร์บอเนตไอออน ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) การปรากฏไอออนเหล่านี้เป็นจำนวนมาก ยังช่วยควบคุมสภาพความเป็นกรดเป็นด่างให้เหมาะสมได้อีกด้วย

## 5. ดิน

ดินกับพืชมีความสัมพันธ์กันมากโดยเฉพาะดินชั้นบน เพราะพืชอาศัยเป็นที่ยึดเกาะและเป็นแหล่งให้น้ำหรืออาหาร ลักษณะโครงสร้าง ส่วนประกอบ และความอุดมสมบูรณ์ของดินมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชมาก โดยเฉพาะการถ่ายเทของอากาศในดิน ถ้าการแลกเปลี่ยนระหว่างก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างอากาศในดินกับบรรยากาศเกิดขึ้นในอัตราที่ต่ำ จะเป็นตัวการจำกัดที่มีผลต่อการเจริญของพืชอย่างมากทั้งทางตรงและทางอ้อม เนื่องจากการหายใจของรากพืชถูกจำกัดลง รวมทั้งมีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ในดิน ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้มีอิทธิพลในการควบคุมปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอีกทอดหนึ่ง เมื่ออยู่ในสภาพนี้จุลินทรีย์พวกที่ไม่ต้องการออกซิเจนจะมีโอกาสเจริญได้มาก การสลายอินทรีย์วัตถุในดินก็จะเปลี่ยนไปเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุแบบนี้ นอกจากจะทำให้เกิดสารที่พืชทั่วไปนำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้แล้ว ยังอาจจะเป็นพิษต่อสัตว์ที่อาศัยอยู่ในดินและทำให้ธาตุอาหารพืชต้องสูญเสียไปในรูปของก๊าซอีกด้วย เช่น ก๊าซไข่เน่า ( $\text{H}_2\text{S}$ ) และมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) เป็นต้น

สภาพของดินอาจเป็นตัวการจำกัดต่อการเจริญของสิ่งมีชีวิตในดินได้อีกหลายอย่าง เช่น ความอุดมสมบูรณ์ของดิน อุณหภูมิของดิน สภาพความเป็นกรดเป็นด่าง และระดับความชื้นของดิน ด้วยเหตุที่พืชมีความสัมพันธ์กับดินมากกว่าสัตว์ และพืชแต่ละชนิดมีการปรับตัวในการทนต่อสภาพของดินต่างกันด้วย ด้วยเหตุนี้เราจึงสามารถใช้ลักษณะของดิน



เป็นดัชนีบอกถึงชนิดหรือ สังคมของพืช หรืออาจจะใช้ชนิดของสังคมพืชที่ปรากฏเป็นดัชนีชี้ถึงสภาพของดินบริเวณนั้นได้

## 6. ความเป็นกรดเป็นด่าง

ความสนใจถึงความสำคัญของความเป็นกรดเป็นด่างเริ่มขึ้นตั้งแต่นักสรีระวิทยาได้ค้นพบว่า ระดับ pH มีความสำคัญมากต่อการควบคุมการหายใจและระบบการทำงานของเอนไซม์ภายในร่างกาย เพราะถ้ามีการเปลี่ยนแปลง pH เพียงเล็กน้อยอาจเป็นอันตรายได้

สัตว์น้ำบางชนิดมีการเจริญได้ดีแม้จะอยู่ในสภาวะที่มีความเป็นกรดมากๆ เช่น ยูกลีนา ซึ่งพบอยู่ในน้ำที่มี pH 1.8 รวมทั้งแบคทีเรียและราบางชนิด เช่นเดียวกันนี้ในน้ำที่มีสภาวะเป็นด่างมากๆ โดยมี pH สูงถึง 11.2 ในทะเลสาบบางแห่งก็ยังมีสิ่งมีชีวิตบางชนิดอาศัยอยู่ได้

## 7. ธาตุอาหาร

การที่สัตว์และพืชจะมีชีวิตอยู่ได้ก็ต้องกินอาหารต่างๆ พืชต้องได้รับอาหารเพียงพอจึงจะเจริญเติบโต นอกจากนั้นแล้วธาตุอาหารเหล่านี้ต้องอยู่ในสัดส่วนที่ดี ถ้ามีอย่างหนึ่งมากเกินไปหรือน้อยเกินไป พืชก็ไม่งอกงามเช่นกัน

พืชได้รับคาร์บอนและออกซิเจนจากอากาศเป็นส่วนมาก ส่วนไฮโดรเจนนั้นพืชได้จากน้ำ ดังนั้นเราจึงไม่ค่อยได้ยินคนพูดถึงธาตุ 3 ธาตุนี้มากนัก ถึงแม้ว่า 94 – 99 % ของน้ำหนักพืชเป็นน้ำหนักที่ได้จากธาตุทั้ง 3 ก็ตาม

นอกจากธาตุอาหาร 3 ชนิดดังกล่าวแล้ว พืชได้ธาตุอาหารชนิดอื่นๆ จากดิน ธาตุไนโตรเจน หรือฟอสฟอรัส และโปตัสเซียมนั้น เราเรียกว่า ธาตุอาหารหลัก ทั้งนี้เพราะพืชต้องการเป็นอันมาก ส่วนแมกเนเซียม แคลเซียม และกำมะถันเราเรียกอหารรอง ทั้งนี้มีเหตุผลอยู่ว่าพืชไม่ค่อยขาดธาตุเหล่านี้ เพราะมีความต้องการน้อยกว่าธาตุอาหารหลัก ส่วนธาตุอื่นนอกจากนั้น เราเรียกว่าอาหารไมโครหรือธาตุอาหารที่พืชใช้น้อย

**ตารางที่ 3.1** ธาตุอาหารที่จำเป็นของพืช 16 ธาตุ

ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) คาร์บอน (C)	95 – 99% ของน้ำหนักต้นพืชทั้งหมดประกอบด้วยธาตุทั้งสามซึ่งได้มาจากน้ำและอากาศ
ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โปแตสเซียม (K)	เป็นธาตุในดินที่พืชใช้เป็นปริมาณมากที่สุดซึ่งมักจะมีอยู่ในดินจำนวนน้อยไม่เพียงพอให้พืชได้ใช้
แคลเซียม (Ca) แมกเนเซียม (Mg) กำมะถัน (S)	เป็นธาตุอาหารในดินที่พืชใช้เป็นจำนวนมากรองลงไป บางครั้งอาจมีในดินไม่เพียงพอ
โบรอน (B) แมงกานีส (Mn) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) เหล็ก (Fe) โมลิบดีนัม(Mo) คลอรีน(Cl)	เป็นธาตุอาหารในดินที่พืชต้องการใช้ในจำนวนน้อย แต่อาจจะขาดแคลนได้ในดินบางแห่ง

**8. น้ำ**

ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์มีน้ำเป็นส่วนประกอบที่มีปริมาณมากกว่าส่วนประกอบอื่นๆ นอกจากนี้น้ำยังประกอบเป็นสภาพสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต เช่นน้ำทำให้อุณหภูมิของอากาศชุ่มชื้นเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์ น้ำจึงเป็นปัจจัยตัวจำกัดทั้งทางบกและในน้ำโดยลักษณะต่างๆ เช่น ปริมาณน้ำของผิวดิน ความเค็มของน้ำทะเล ปริมาณน้ำฝน น้ำในอากาศ (Precipitation) และน้ำในดิน

ถ้ามีปริมาณมากหรือน้อยเกินไป หรือไม่ตรงต่อช่วงเวลาที่ต้องการของสิ่งมีชีวิต จะมีผลกระทบต่อพืชและสัตว์ จึงนับว่าเป็นปัจจัยตัวจำกัดที่นับว่ามีความสำคัญยิ่งอย่างหนึ่ง

## 8. ความกดดัน

ความกดดันเป็นตัวการสำคัญอย่างหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะในมหาสมุทรซึ่งมีระดับความดันเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่ระดับความลึกต่าง ๆ ที่ระดับน้ำทะเลมีความดัน 760 มม.ปรอท เมื่อสูงขึ้นจากระดับน้ำทะเลความดันจะลดลงเรื่อยๆ ด้วยอัตราส่วน 25 มม.ปรอทต่อความสูง 300 เมตร แต่ถ้าระดับที่ลึกไปจากระดับน้ำทะเลความดันจะยิ่งเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และเพิ่มในอัตราที่สูงกว่ากรณีแรก กล่าวคือจะเพิ่มขึ้น 1 บรรยากาศต่อความลึกของน้ำ 10 เมตร ดังนั้นที่ระดับความลึกเฉลี่ยของมหาสมุทรซึ่งเท่ากับ 3,700 เมตร จะมีความดันถึง 370 เท่าของที่ระดับน้ำทะเล อย่างไรก็ตามจากการสำรวจพบว่าสัตว์ทะเลหลายชนิดสามารถปรับตัวอยู่ในที่มีความดันสูงมากๆ ได้ เช่นบริเวณสำรวจที่มีความลึกถึง 10,500 เมตร เมื่อใช้คราดลากหน้าดินพบสัตว์หลายชนิด คือ ดอกไม้ทะเล ปลิงทะเล หอยสองฝา และครัสเตเชีย สัตว์ที่อาศัยอยู่ย่อมต้องปรับตัว โดยให้ความดันภายในร่างกายเท่ากับความดันภายนอก

พืชทะเลไม่มีปัญหาด้านความกดดัน เพราะปกติแสงเป็นตัวการจำกัดให้พืชมีการกระจายอยู่เฉพาะบริเวณตื้นๆ อยู่แล้ว แต่สัตว์ทะเลซึ่งมีการกระจายกว้างในระดับความลึกต่างๆ ต้องปรับตัวให้อยู่ในความดันนั้นๆ ได้ เช่นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังชนิดต่างๆ มีการกระจายตั้งแต่น้ำขึ้นน้ำลงไปจนถึงระดับความลึก 4,000 – 5,000 เมตร ปลาบางชนิดซึ่งมีการอพยพในแนวตั้ง (vertical migration) ระหว่างช่วงวันเป็นระยะทางถึง 400 เมตร โดยว่ายต่ำลงในเวลากลางวัน และว่ายสูผิวน้ำตอนกลางคืน และยังพบการอพยพในลักษณะเดียวกันนี้ในพวกแพลงตันพืชด้วย

สัตว์ทะเลหลายชนิดถูกจำกัดให้อยู่ในช่วงความลึกที่แคบ ทั้งนี้ความดันเป็นตัวการจำกัดที่สำคัญนอกเหนือไปจากอุณหภูมิ แสง และอาหาร ซึ่งได้มีผู้ทำการทดลองถึงอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงความดันที่มีต่อสัตว์ต่างๆ พบว่า สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ปลาที่ไม่มีกระเพาะลม และแบคทีเรีย จะมีความเฉื่อยลงหรืออาจตายได้เมื่อได้รับความดันหลายร้อย

บรรยากาศ สำหรับพวกสัตว์ที่มีช่องอากาศอยู่ในตัว เช่น ปลา นก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม จะได้รับความกระทบกระเทือนอย่างรุนแรงเช่นกัน โดยพบว่าเมื่อสัตว์เหล่านี้เคลื่อนลงสู่ที่ลึกกระเพาะลมจะถูกบีบลง และเมื่อเคลื่อนสู่ผิวกระเพาะลมจะแตกออก ทั้งนี้เกิดจากการเคลื่อนที่ของก๊าซที่อยู่ภายในกระเพาะลมเพื่อควบคุมการลอยตัวให้สมดุล ปลาในเขตน้ำลึกซึ่งถูกพัดพาขึ้นสู่ผิวน้ำอย่างรวดเร็วเมื่อเกิดการปั่นป่วนของทะเลจะตายในลักษณะที่มีกระเพาะอาหารยื่นออกมาทางปาก ทั้งนี้เนื่องมาจากแรงดันของกระเพาะลมภายในช่องตัวนั่นเอง

## 10. กระแสน้ำและลม

กระแสน้ำ มีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในน้ำ ทางอ้อมก็คือการมีผลต่อความเข้มข้นของก๊าซและธาตุอาหารที่ละลายอยู่ในน้ำ ส่วนทางตรงคือเป็นตัวการจำกัดต่อการดำรงชีวิตและการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตในน้ำ ดังจะเห็นได้จากความแตกต่างของชุมชนในแหล่งน้ำไหล โดยเฉพาะที่มีกระแสน้ำไหลแรงจะต้องมีการปรับตัวเป็นพิเศษ ทั้งทางด้านสรีระและทางด้านรูปพรรณสัณฐานเพื่อให้ดำรงอยู่ได้ในที่นั้นพวกที่ไม่มีมีการปรับตัวดังกล่าวจะถูกจำกัดอยู่แต่เฉพาะบริเวณที่มีน้ำนิ่งเท่านั้น สัตว์ที่เกาะอยู่กับที่ (sessile animals) ทั้งน้ำจืดและน้ำเค็มจะเจริญได้ดีในที่ที่มีกระแสน้ำไหลมากกว่าในน้ำนิ่ง และบางชนิดก็สามารถที่จะดำรงชีวิตได้ดีในที่ที่มีกระแสน้ำไหลแรงเท่านั้น ทั้งนี้เพราะต้องอาศัยออกซิเจนและอาหารที่พัดพามากับน้ำ

กระแสน้ำเป็นตัวการจำกัดต่อการดำรงชีวิตและการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตบนบก โดยเฉพาะในบริเวณที่แห้งแล้ง ลมเป็นตัวการจำกัดที่สำคัญของพืชมาก เนื่องจากทำให้มีอัตราการสูญเสียน้ำสูงขึ้นจากการคายน้ำ โดยปกติแล้วพืชที่เจริญในที่ที่มีลมแรงมักจะเจริญได้ดีกว่าพืชที่อยู่ในบริเวณลมสงบ เพราะพืชมีโอกาสได้รับคาร์บอนไดออกไซด์และฝนมากขึ้น อิทธิพลอื่นๆของกระแสน้ำมีทั้งที่เป็นประโยชน์และมีโทษ เช่นช่วยในการแพร่กระจายพันธุ์ของพืช หรือทำให้เกิดเนินทรายซึ่งเมื่อเคลื่อนไปที่ชุมชนใด ๆ ไร่จะทำให้มีโครงสร้างผิวดินและมีผู้สังเกตพบว่าลมทำให้แมลงแพร่กระจายไปในทิศทางที่ลมพัดไปได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ลมยังมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปทรงของพืชด้วย

ต้นไม้หลายชนิดอาศัยลมในการผสมเกสร ลมช่วยพัดพาเมล็ดที่แก่แล้วไปตกยังที่ใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพันธุ์ไม้ในตระกูลยางซึ่งเป็นไม้ขนาดใหญ่ต้องอาศัยลมในการแพร่กระจายของเมล็ด นอกจากนี้แล้วความแรงของกระแสลมยังทำให้กิ่งก้านของต้นไม้หักหรืออาจทำให้ต้นไม้ที่มีรากตื้นต้องหักโค่นก็ได้ กระแสลมยังทำให้อัตราการคายน้ำของพืชและการระเหยของน้ำเพิ่มขึ้นด้วย ลมที่หอบเอาเมล็ดทรายมาด้วยสามารถทำอันตรายต่อลำต้น และทำให้ตาของต้นไม้ที่อยู่ด้านปะทะลมเสียหายได้ จะสังเกตเห็นต้นไม้ที่ขึ้นอยู่ในที่ลมแรง เช่น ริมทะเล หรือบนภูเขาสูงๆ จะมีกิ่งก้านเฉพาะด้านตามลมเท่านั้น บนยอดเขาสูงๆ ที่มีลมแรง บางครั้งจะพบต้นไม้ขึ้นอยู่เป็นหย่อมๆ หลังโขดหินใหญ่ เพราะได้อาศัยโขดหินใหญ่ๆ เหล่านี้เป็นที่กำบังลม ป่าชายเลนในอ่าวพังงาที่อยู่ในช่องลมพัดมีลักษณะแคระแกรนกว่าในที่ซึ่งลมพัดไม่รุนแรง

## 11. ไฟป่า

ระบบนิเวศน์บางแห่ง เช่น ป่าเบญจพรรณ ป่าแดง และป่าสนเขาซึ่งมีสภาพเป็นป่าโปร่งรวมทั้งทุ่งหญ้า มักจะเกิดไฟป่าขึ้นเมื่อมีความแห้งแล้ง และไฟจะเป็นตัวการจำกัดที่สำคัญต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น อิทธิพลของไฟป่าอาจเป็นผลทั้งทางตรงและทางอ้อม เนื่องจากไฟป่าเป็นตัวการอันสำคัญของการเกิดชะล้างผิวหน้าดินและการไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน รวมทั้งเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดิน เช่น การทำให้ดินอัดตัวกันแน่นขึ้นมีความสามารถอุ้มน้ำได้น้อยลง การทำให้อนุกรมวิธานที่ผิวหน้าดินเพิ่มขึ้น และการลดความชื้นในดิน นอกจากนี้ไฟยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของดิน โดยแร่ธาตุจะถูกปลดปล่อยในกระบวนการของการเผาไหม้ และถูกชะล้างลงไปสู่ดินชั้นล่าง ธาตุแคลเซียม โปแตสเซียม และกรดฟอสฟอริกจะมีมากขึ้นเมื่อเกิดไฟไหม้ป่า ทำให้ต้นไม้มีการเจริญเติบโตได้ดีถ้าไม่ถูกชะล้างไปเสียก่อน ดังนั้นในดินที่เป็นทรายซึ่งการชะล้างเกิดขึ้นได้ง่าย พืชจะไม่สามารถได้รับประโยชน์จากภาวะเช่นนี้ สำหรับไนโตรเจนซึ่งเป็นส่วนประกอบของอินทรีย์วัตถุจะสูญหายไปในอากาศจากการที่อินทรีย์วัตถุถูกไฟไหม้อย่างรวดเร็ว แต่ปรากฏว่าปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมิได้ลดน้อยลงไป เนื่องจากได้ทดแทนจากกระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) และดินที่เคยถูกไฟเผาจะก่อให้เกิดกระบวนการนี้ได้มากขึ้น ซึ่งอาจเนื่องมาจากสภาพความเป็น

กรดเป็นต่างของดินที่ถูกไฟเผาแล้วนั้นอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อปฏิกิริยาของกระบวนการนี้ก็ได้

พืชซึ่งไม่สามารถเคลื่อนที่ได้จะต้องมีการปรับตัวเพื่อให้สามารถมีชีวิตอยู่ได้ บางชนิดที่ไม่สามารถปรับตัวทางด้านนี้ได้ก็จะตาย ดังนั้นในเขตที่มีไฟไหม้เป็นประจำจะพบแต่พืชที่ทนไฟเท่านั้น โดยพืชเหล่านี้มีการปรับตัวต่างๆ กันไป เช่น มีวงจรวีตสัน มีเมล็ดที่ทนไฟ ได้แก่พวกสน พืชบางชนิดมีเรื้อนยอดสูงพ้นระดับไฟและใบหนา มีขนอยู่มากซึ่งทนไฟกว่าใบทั่วไป พวกนี้จะทนไฟได้ดีและไม่ค่อยได้รับอันตรายจากไฟ โดยเฉพาะไฟหน้าดิน (surface fire) พวกหญ้ามีเหง้า (rhizome) อยู่ใต้ดิน แม้ส่วนบนจะไหม้ไฟหมด เหง้าก็ยังสามารถงอกขึ้นมาใหม่ได้ ไม้สักซึ่งมีมากทางภาคเหนือของไทยเจริญอยู่ได้ในป่าที่มีไฟไหม้เป็นประจำ เนื่องจากมีเหง้าที่ทนไฟฝังอยู่ใต้ดิน หรือพืชบางชนิดที่มีตาพิเศษ (adventitious bud) ที่รากสามารถงอกได้เมื่อลำต้นถูกเผาไป

กล่าวโดยสรุปแล้วไฟมีผลต่อการลดการแก่งแย่ง (competition) เมื่อเกิดไฟไหม้เป็นประจำพวกที่ทนไฟจะกลายเป็นชนิดเด่น (dominant species) ในสังคมนั้นไป ปัจจุบันมนุษย์สามารถใช้หลักการนี้ไปใช้ประโยชน์ต่อการเผาป่าเป็นระยะๆ ทำให้บริเวณนั้นเป็นทุ่งหญ้าเนื่องจากหญ้าทนไฟและชอบขึ้นในที่โล่งมีความเข้มของแสงสูง รวมทั้งไม่ต้องการความชื้นมากนัก ในสหรัฐอเมริกาบางแห่ง ต้องการดำรงสภาพป่าสน มักจะใช้ไฟเผาอย่างไม่รุนแรงนักเพื่อทำลายพืชใบกว้างซึ่งขึ้นแทรกอยู่เสมอ ส่วนต้นสนยังคงดำรงอยู่ได้ และในบางแห่งก็ใช้ไฟในการกำจัดแมลงตามพื้นดิน เป็นต้น

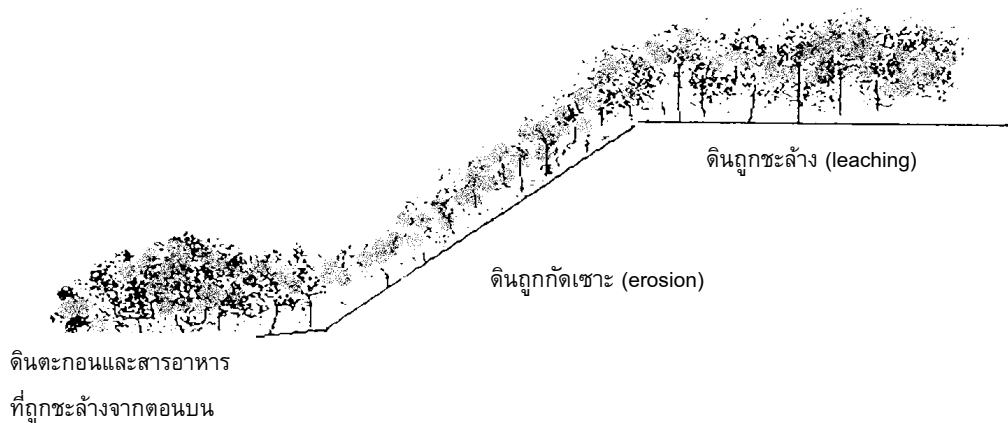
ในป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณผลัดใบมีไฟป่าไหม้เป็นประจำทุกปี ซึ่งส่วนใหญ่ก็เกิดจากคนจุดเผา ไฟป่าทำให้คุณสมบัติทางด้านเคมีและทางด้านฟิสิกส์ของดินเปลี่ยนแปลงได้ หลังจากไฟไหม้ ปริมาณของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียม ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณธาตุอาหารพวกที่เพิ่มขึ้นนี้จะคงอยู่ในดินนานเท่าไรก็ขึ้นอยู่กับชนิดของดินนั้นๆ ไฟป่าทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านชีวภาพในส่วนของจุลินทรีย์ในดิน กล่าวคือ พวกแบคทีเรียจะเจริญเติบโตดีหากดินมีค่า pH สูงขึ้นซึ่งช่วยให้กระบวนการ nitrification ในดินดีขึ้น พวกสัตว์ขนาดเล็กในดินมีจำนวนลดลงหลังจากไฟไหม้ใหม่ๆ แต่จำนวนจะเพิ่มเท่าเดิมได้ภายในเวลา 12 เดือน การปล่อยสัตว์เข้าไปหากินในป่า หรือสัตว์ป่า

เองก็ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในสังคมพืชได้เช่นกัน สัตว์จะเหยียบย่ำดินให้อัดแน่นขึ้น และทำลายกล้าไม้บางชนิดได้

## 12. ความลาดชันของพื้นที่(slope) และทิศของความลาดชัน(aspect)

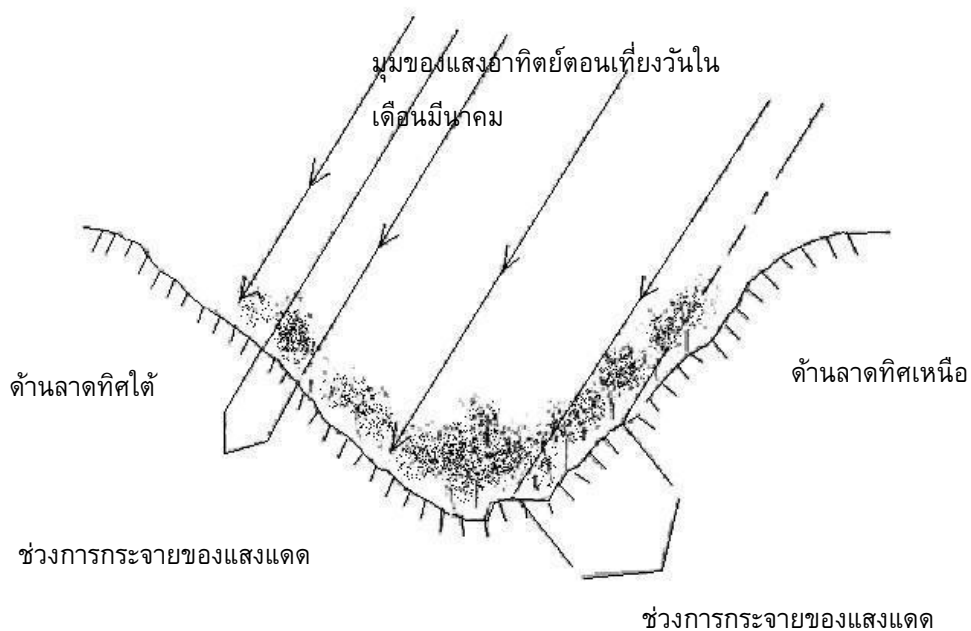
ความลาดชันของพื้นที่และทิศของความลาดชันก็เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อสภาวะแวดล้อมของพืชอย่างมาก ความลาดชันหมายถึง มุมที่ผิวดินทำกับพื้นราบ เรามักวัดความลาดชันเป็นองศาหรือ เป็นเปอร์เซ็นต์ ทิศของความลาดชันก็หมายถึงว่า slope นั้นหันไปทางทิศไหน

ในที่ที่มีความลาดชันเพียงเล็กน้อยการระบายน้ำตามผิวดินย่อมเป็นไปได้ยาก ในที่เช่นนี้อาจมีน้ำขังกลายเป็นบึงหรือพรุ พืชที่ขึ้นอยู่ก็เป็นพวกที่ชอบน้ำในดินมาก พอความลาดชันของพื้นที่เพิ่มขึ้นการระบายน้ำไปตามผิวดินก็จะมีมากขึ้น ซึ่งหากมีมากก็จะก่อให้เกิดการกัดเซาะและพัดพาผิวดิน เป็นการทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายผิวดินและสารอาหารจากที่หนึ่งไปสู่อีกที่หนึ่ง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในที่ซึ่งมีความลาดชันปานกลางดินมักจะตื่น ยิ่งมีความลาดชันมาก ๆ ดินมักจะปรากฏอยู่ตามแอ่ง และเราจะพบต้นไม้ขึ้นเป็นหย่อม ๆ ตามแอ่งที่มีดินสะสมอยู่ ซึ่งเหลือจากน้ำกัดชะ



รูปที่ 3.1 การชะล้าง(leaching) และการกัดเซาะ (erosion) ของดินบริเวณที่ลาดชัน

พรรณไม้ที่อยู่บนด้านลาดที่หันไปสูทิศต่างกัน อาจมีลักษณะหรือการเจริญเติบโตต่างกันได้ ทั้งนี้เพราะด้านลาดในแต่ละทิศอาจได้รับปริมาณความร้อนจากดวงอาทิตย์แตกต่างกัน แสงอาทิตย์ที่ตกลงบนด้านลาดที่หันไปทางทิศเหนือจะกระจายบนเนื้อที่ที่กว้างกว่า ทำให้ความรุนแรงของแสงแดดที่ตกลงบนพื้นดินน้อยลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงของวันที่มีแดดจัด ส่วนด้านที่หันไปทางทิศใต้ได้รับแสงแดดในแนวที่เกือบตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ ทำให้ด้านลาดในทิศนี้ร้อนแรงกว่าและแห้งแล้งกว่า ส่วนด้านลาดที่หันไปทางทิศตะวันออกได้รับแสงแดดในช่วงเช้าซึ่งไม่ร้อนจัดนัก ฉะนั้นจึงเย็นกว่าและชุ่มชื้นกว่าด้านลาดที่หันไปทางทิศตะวันตก



**รูปที่ 3.2** อิทธิพลของความลาดชัน และทิศของด้านลาด ที่มีผลต่อความเข้มของพลังงานดวงอาทิตย์บนพื้นดิน



### 13. ความสูงของพื้นที่ (elevation)

เมื่อเราขึ้นภูเขาสูงๆ จะพบว่าพรรณพืชค่อยเปลี่ยนไปตามระดับความสูง นักนิเวศวิทยามักเรียกโซนของพืชนี้ว่า life zone

เราจะสังเกตการเปลี่ยนแปลงของพืชไปตามระดับความสูงนี้ได้โดยเริ่มจากที่ซึ่งสูงประมาณ 200 - 400 เมตรจากระดับน้ำทะเล พรรณพืชที่ขึ้นอยู่เป็นป่าเต็งรัง ที่ตรงใต้ดินค่อนข้างลึกมีซิลท์และดินเหนียวพอประมาณจะพบไม้พลวง และเหียง ซึ่งป่าที่ไม้พลวงและเหียงขึ้นเป็นไม้เด่นนั้นมักจะถูกบุกรุกได้ง่าย เพราะป่าประเภทนี้มักขึ้นอยู่บนดินค่อนข้างลึกและไม่ค่อยมีหิน ส่วนตอนใต้ที่แห้งแล้งมีดินเลวเป็นทรายจะพบไม้รัง เต็ง เป็นพรรณไม้เด่น ซึ่งชอบขึ้นในที่ที่มีโชดหินระเกะระกะ

ในระดับความสูง 400 - 600 เมตร จะมีพรรณพืชป่าดิบแล้งไม้ยืนต้นที่สำคัญ ได้แก่ ตะเคียนหิน ตะเคียนทอง ยางนา ตะแบกเปลือกบาง สมพง ปออีแก้ง สะตอ ส่วนไม้รองก็มี พลอง กัดลิ้น มะไฟ หมากเล็กหมากน้อย ค้างคาว

สูงขึ้นไปอีกในระดับความสูง 500 - 1,000 เมตร จะพบป่าดิบชื้นซึ่งมีพรรณไม้ตระกูลยางมากขึ้น คือยางกล่อง ยางเสียน กะบาก ในที่สูงๆ จะพบยางปาย ไม้หอม ทะโล้ จำปีป่า และจะพบไม้พวกก้ออีกหลายชนิด

ในที่ซึ่งมีความสูงตั้งแต่ 1,000 เมตรขึ้นไปเราจะไม่พบพืชตระกูลยางอีกเลย แต่จะพบพวกสนสามพันปี ญ้าไม้ มะขามป้อมดง อันเป็นพืชจำพวก จิมโนสเปิร์ม

สรุปได้ว่า การดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตจะมีการเจริญเติบโตตามปกติได้ ต้องอาศัยอาหารและสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ที่เหมาะสม ความต้องการเหล่านี้จะแตกต่างกันไปในสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ และสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโต อาจหมายถึงสภาพแวดล้อมที่มีปริมาณต่ำหรือสูงเกินไปจากจุดวิกฤติของความต้องการของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ ซึ่งเรียกว่า “ตัวการจำกัด” (limiting factors) ของสิ่งมีชีวิต และสภาพแวดล้อมใดที่เป็นปัจจัยต่อการเจริญเติบโต ถ้ามีน้อยกว่าจุดวิกฤติของความต้องการ ก็ถือได้ว่าสิ่งนั้นคือตัวการจำกัด เช่นเดียวกัน เรียกว่า “กฎปริมาณต่ำสุดของไลบิจ”(Liebig's Law of Minimum) และไม่เพียงแต่ปัจจัยที่มีน้อยเกินไปเท่านั้นที่มีผลต่อการเจริญเติบโต แต่ถ้ามีมากเกินไปก็มีผล เช่นเดียวกัน เนื่องจากสิ่งมีชีวิตดำรงชีวิตอยู่ได้ภายในช่วงหนึ่งๆ ซึ่งเป็นขีดจำกัดความอดทน

ของชีวิตนั้น ๆ เท่านั้นเรียกว่า “กฎแห่งขีดจำกัดความอดทน”(Law of Tolerance) ลักษณะของขีดจำกัดความอดทนคือ สิ่งมีชีวิตหนึ่งอาจมีขีดจำกัดความอดทนในช่วงกว้างสำหรับปัจจัยจำกัดสิ่งหนึ่ง แต่อาจจะมีขีดจำกัดความอดทนในช่วงแคบของอีกปัจจัยหนึ่ง และสิ่งมีชีวิตใดที่มีขีดจำกัดความอดทนในช่วงกว้างในตัวจำกัดมากเท่าใดก็จะทำให้สามารถแพร่กระจายได้กว้างขึ้นเท่านั้น สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ตามธรรมชาติอาจจะไม่ได้ดำรงอยู่ในสภาพที่มีสภาพพอเหมาะทุกอย่างเสมอไป เพราะอาจมีปัจจัยอื่นที่สำคัญกว่าเกี่ยวข้องอยู่ ดังนั้นเมื่อนำกฎปริมาณต่ำสุดของไลบิคผสมผสานกับกฎแห่งขีดจำกัดความอดทน จึงอาจสรุปได้ว่าสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติจะอยู่รอดได้ ณ ที่นั้นจะต้องมีสิ่งที่เป็นต่อการดำรงชีวิตเพียงพอและปัจจัยสิ่งแวดล้อมไม่เกินขอบเขตของความอดทน อย่างไรก็ตาม สิ่งมีชีวิตจะสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ จะต้องมีความสามารถในการปรับตัวให้เหมาะกับสภาพแวดล้อมหรือแหล่งที่อยู่อาศัย โดยสัตว์ที่ประสบความสำเร็จในการปรับตัวก็จะสามารถดำรงชีพและแพร่ขยายพันธุ์ต่อไป เรียกว่า การปรับตัว (adaption) ซึ่งเป็นกระบวนการที่จะเพิ่มโอกาสในการดำรงชีวิตในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ โดยการเปลี่ยนแปลงให้เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อม