دار المنظومة
DAR ALMANDUMAH
الرواد في قواعد المعلومات العربية

العنوان:	تكنولوجيا الاستشعار عن بعد لقياس الانعكاسية الطيفية للغطاء النباتي
المصدر:	مجلة قاريونس العلمية
الناشر:	جامعة قاريونس
المؤلف الرئيسي:	الداغستاني، نبيل صبحي
المجلد/العدد:	س12, ع3,4
محكمة:	نعم
التاريخ الميلادي:	1999
الصفحات:	137 - 160
رقم MD:	831327
نوع المحتوى:	بحوث ومقالات
قواعد المعلومات:	HumanIndex, AraBase, EduSearch, EcoLink
مواضيع:	نظم المعلومات الجغرافيا، الاستشعار عن بعد، الغطاء النباتي، الانعكاسية الطيفية
رابط:	http://search.mandumah.com/Record/831327

© 2020 دار المنظومة. جميع الحقوق محفوظة.
هذه المادة متاحة بناء على الإتفاق الموقع مع أصحاب حقوق النشر، علما أن جميع حقوق النشر محفوظة. يمكنك تحميل أو طباعة هذه المادة للاستخدام الشخصي فقط، ويمنع النسخ أو التحويل أو النشر عبر أي وسيلة (مثل مواقع الانترنت أو البريد الالكتروني) دون تصريح خطي من أصحاب حقوق النشر أو دار المنظومة.

تكنولوجيا الإستشعار عن بعد لقياس الإنعكاسية الطيفية للغطاء النباتي

د. نبيل صبحي الداغستاني
جامعة قاريونس ـ كلية العلوم ـ قسم علوم الأرض

تتحكم الصبغات النباتية في انعكاسية النباتات المختلفة في منطقة الطيف المرئي 0.7 ــ 0.4 مايكروميتر ، وتدعى الصبغات النباتية التي تمتص الطاقة الضوئية وتحولها إلى طاقة كيميائية بصبغات التركيب الضوئي Photosynthetic Pigments . يمكن تمييز منطقتين مهمتين في الطيف المرئي يكون فيها انعاكسية الورقة النباتية واطئة جدا وهي المنطقة الزرقاء والحمراء ، وتدعى مناطق الانعكاسية الواطئة بحزمتي امتصاص اليخضور Chlorophyll Absorption Bands ، وتسمى هكذا لأن اليخضور الموجود في الورقة النباتية يمتص معظم الطاقة الضوئية الساقطة عليه لحزم الأطوال الموجية المتمركزة عند الأطوال الموجية 0.45 ، 0.65 مايكروميتر ، وهذا يؤدى إلى ظهور ذروة الانعكاس عند 0.54 مايكروميتر ، وهي التي تمثل منطقة الأطوال الموجية الخضراء ، وهو الذي يؤدى إلى ظهور أوراق النبتة السليمة لعين الناظر باللون الأخضر .

إن التركيب الداخلي لأوراق النبات تعد الصفة السائدة التي تؤثر بدرجة كبيرة في طبيعة تفاعل الأشعة مع النبات في منطقة تحت الحمراء القريبة 1.3 ــ 0.7 مايكروميتر ، تتميز النباتات السليمة في هذه المنطقة بانعكاسية عالية جدا .

إن الاستجابة الطيفية للنباتات الخضراء في منطقة تحت الحمراء المتوسطة 3ــ1.3 مايكروميتر ، وبالتحديد المناطق التي تسيطر عليها حزم امتصاص الماء Water Absorption Bands القوية التي تقع عند الأطوال الموجية 2.7 ، 1.9 ، 1.4 مايكروميتر وهذا يعني أن ماء النبات له تأثير كبير في انعكاسية النبات في هذه المنطقة .

إن عملية تحليل البيانات الفضائية في تحديد أماكن انتشار الأمراض النباتية ، وتحديد العديد من النيران والحرائق في عدد كبير من الغابات وهي في بداياتها يساهم في محاولة التخفيف من التلوث الذي يصيب البيئة ، بأخذ الإجراءات اللازمة لمنع هذه الحوادث والحد منها بأقصى القدرات والأساليب

أهداف البحث :

1- تحديد طبيعة النباتات في الاستجابة الطيفية عند سقوط الأشعة الكهرومغناطيسية (

2.7 ــ 0.4 مايكروميتر) عليها .

2- مــراحل تدهور الورقة النباتية وكيفية ظهورها على الصور الجوية تحت الحمراء Color Infrared Aerial Photography

3- تحديــد الفــائدة الكامنة من استخدام بيانات الاستشعار عن بعد فى حماية الغابات والحد من تلوث البيئة .

المقدمة :

ســنتطرق فى هذا البحث إلى طبيعة النباتات فى الإستجابة الطيفية عند سقوط الأشعة الكهرومغناطيســية عليها وفى حدود 2.7 ــ 0.4 مايكروميتر ، لأن النباتات المختلفة تتباين فــى استجابتها (انعكاسيتها ، وامتصاصها ونفاذيتها) للأشعة عند طيف معين ، كما تتميز الخــواص الطيفــية للنباتات الخضراء وتختلف بعضها عن البعض الآخر باختلاف الطول الموجى للطيف كما موضح فى الشكل (1) . لذلك من الضرورى استخدام أكثر من منطقة فــى الطيف الكهرومغناطيسي عند جمع البيانات بوسائل الاستشعار عن بعد ، للاستفادة منها فى إعطاء معلومات أكثر وأدق عن المجاميع النباتية المختلفة .

وللأسباب المذكورة تم صناعة آلات تصوير متعددة الأطياف ومشاط متعدد الأطياف (Multispectral Scanner) يســتخدم فــى الحقل أو يحمل جوا على متن الطائرات ، وعلى متن الأقمار الصناعية الخاصة بدراسة الموارد الطبيعية على سطح الكرة الأرضية .

عــدد قــنوات المشاط الإلكترونى المتعدد الأطياف Multispectral Scanner هى أربــع قــنوات تســجل شدة الأشعة المنعكسة عند منطقة معينة بصورة متزامنة ، وستظهر النباتات فى كل قناة بصورة تختلف عن القناة الثانية ، لذلك من الضرورى أن يكون المفسر (محلــل) لبــيانات الاستشــعار عــن بعــد ملمــا بطبــيعة العلاقــة بين النبات والأشعة الكهرومغناطيسية ، ليتمكن من إعطاء معلومات مؤكدة عن النباتات المختلفة .

ولــزيادة المعــرفة بطبــيعة الــتفاعل بين الأشعة الكهرومغناطيسية والنبات . فمن الضــرورى دراسة الصفات النباتية وخاصة السائدة منها التى تؤثر بشكل أو آخر فى طبيعة انعكاســية الأشعة . ويبين الشكل (1) مسار المنحنى النموذج للانعكاسية الطيفية فى النباتات الخضراء ، كما يمكن تحديد مناطق الاستجابة الطيفية الرئيسية والمهمة التى يمكن دراستها ، للاســتفادة مــنها بصــورة مفردة أو مجتمعة لإعطاء معلومات مفيدة عن المجاميع النباتية المخــتلفة أو عن طبيعة محصول معين ، أو تحديد مناطق انتشار الأمراض النباتية لتخفيف الذى يصيب البيئة والطبيعة ، بأخذ الإجراءات اللازمة لمنع هذه الحوادث والحد منها بأقصى القدرات والأساليب .

الانعكاسية الطيفية للغطاء النباتي : Spectral Reflectance Characteristics of Vegetation

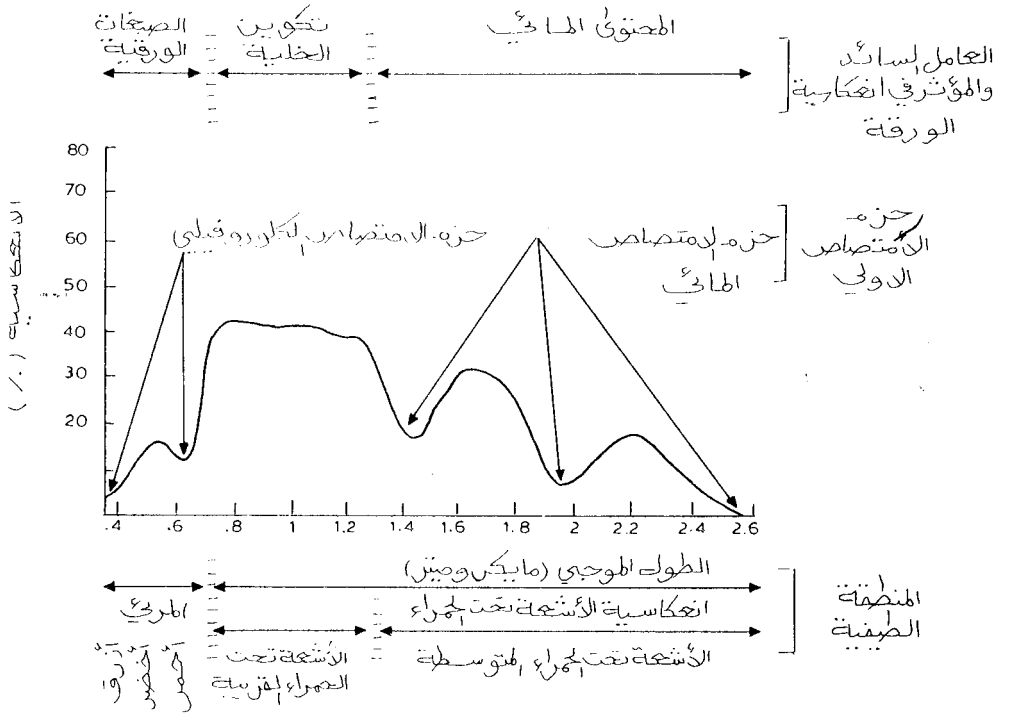
يمكـــن تقســـيم الطيف الكهرومغناطيسى اعتمادا على الصفات النباتية التى تؤثر على انعكاسية النبات إلى ثلاثة أقسام هى :

أولا : منطقة الطيف المرئى (0.7 ــ 0.4 مايكروميتر) Visible Region :

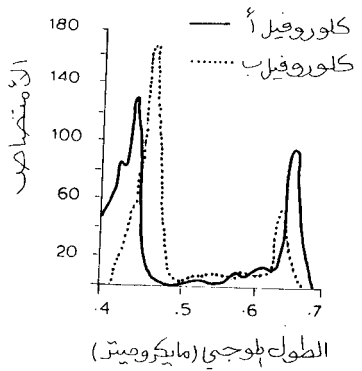
يتبيـــن مـــن دراسة منحنى الانعكاسية (شكل 2) أن الصبغات النباتية الموجودة في أوراق النبات لها دور مهم فى الاستجابة الطيفية للنباتات ولاسيما صبغة اليخضور ، ويمكن تمييز منطقتين مهمتين فى الطيف المرئي يكون فيها انعكاسية الورقة النباتية واطئة جدا وهى المنطقة الزرقاء والحمراء . وتدعى مناطق الانعكاسية الواطئة بحزمتى امتصاص اليخضور Chlorophyll Absorption Bands ، وتسمى هكذا لأن اليخضور الموجود فى الورقة النباتـــية يمتص معظم الطاقة الضوئية الساقطة عليه لحزم الأطوال الموجية المتمركزة عن الأطوال الموجية 0.66 ، 0.65 ، 0.45 ، 0.43 مايكروميتر .

يلاحـــظ بـــأن هـــناك نقصا نسبيا فى امتصاص الأشعة الضوئية فى منطقة الأطوال الموجـــية المحصـــورة بيـــن حزمـــتى امتصاص اليخضور ، وهذا يؤدى إلى ظهور دورة الانعكاس عند 0.54 مايكروميتر ، وهى التى تمثل منطقة الأطوال الموجية الخضراء . ومن هـــنا يمكننا القول بأن الامتصاص الواطىء نسبيا فى منطقة الأطوال الموجية الخضراء هو الـــذى يـــؤدى إلـــى ظهور أوراق النبتة السليمة لعين الناظر باللون الأخضر ، ولكن عندما تـــتعرض النبتة للآفات ((الأمراض)) وتنقص صبغة اليخضور فيها فإن هذا النقص يؤدى إلى قلة امتصاص النبات عند حزم امتصاص اليخضور ، ومثل هذه النبتة المريضة سيكون لهـــا انعكاســـية أعلى عند المناطق الصفراء والحمراء من الطيف ولهذا تبدو للعين صفراء شاحبة .

وبمـــا أن أفـــلام تحت الحمراء الملونة Color Infrared Aerial Photography حساسة الأطوال الموجية المرئية الخضراء والحمراء إضافة إلى الأطوال الموجية المنعكسة للأشـــعة تحـــت الحمراء القريبة (0.9 ــ 0.7 مايكروميتر) ، فإن الاختلاف فى الصبغات سيؤدى إلى ظهور اختلافات متميزة فى أفلام تحت الحمراء الملونة ، على الرغم من أن هذا الاخـــتلاف فـــى الصبغات لا يسبب اختلافا واضحا فى الانعكاسية فى منطقة تحت الحمراء القريبة (1.3ــ 0.7 مايكروميتر) .



شكل (1) : صفات التوقيع الطيفي الدال للنبات الأخضر



شكل (2) : منحنيات أطياف الامتصاص لليخضور أ واليخضور ب

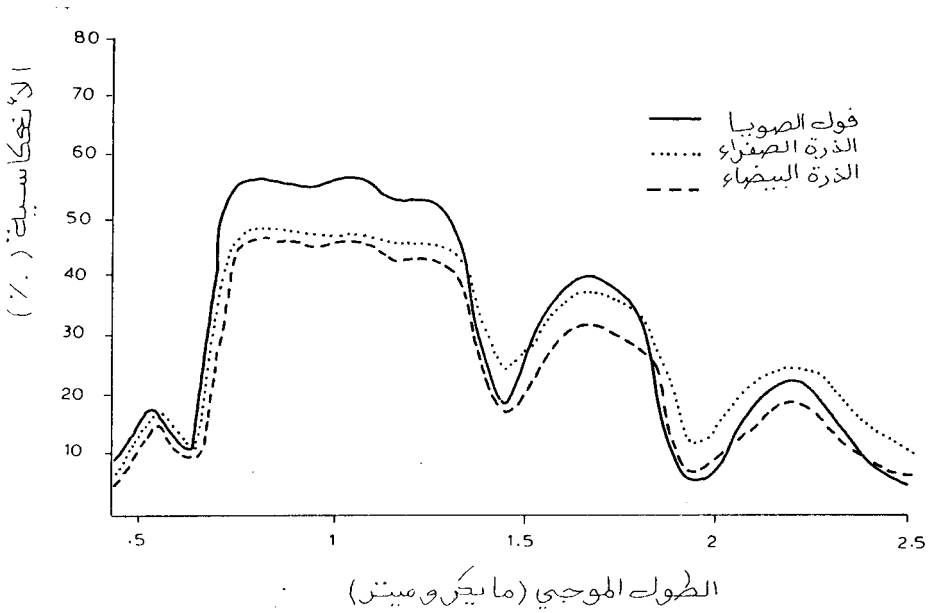
ثانيا : منطقة تحت الحمراء القريبة (1.3 ــ 0.7) مايكروميتر Near Infrared Region :

من دراسة منحنى انعكاسية النبات فى منطقة الأشعة تحت الحمراء القريبة الموضحة فى الشكل (3) نلاحظ وجود زيادة واضحة جدا فى الانعكاسية عند العبور من الجزء المرئى إلى منطقة تحت الحمراء القريبة ، وتقريبا عند الطول الموجى 0.7 مايكروميتر . تتميز النباتات السليمة فى هذه المنطقة بانعكاسية عالية جدا ونفوذية عالية جدا وامتصاصية واطئة جدا مقارنة مع الأطوال الموجية المرئية ، وتتراوح النسبة المئوية للانعكاسية فى معظم النباتات بين 50 ــ 45% والنفوذية بين 50 ــ 45% ، وأقل من 5% يمتص من قبل النبات فى منطقة الأطوال الموجية للأشعة تحت الحمراء القريبة ، ومن ملاحظة الشكل (4) يبين بأن تأثير اختلاف الصبغات غير واضح فى انعكاسية النبات فى منطقة تحت الحمراء القريبة ، فى حين يمكن تمييز النباتات المختلفة الموضحة فى شكل (3) فى هذه المنطقة . ونتيجة للدراسات التى قام بها الكثير من الباحثين تبين بأن التركيب الداخلى لأوراق النبات تعد الصفة السائدة التى تؤثر بدرجة كبيرة فى طبيعة تفاعل الأشعة مع النبات فى هذا الجزء من الطيف .

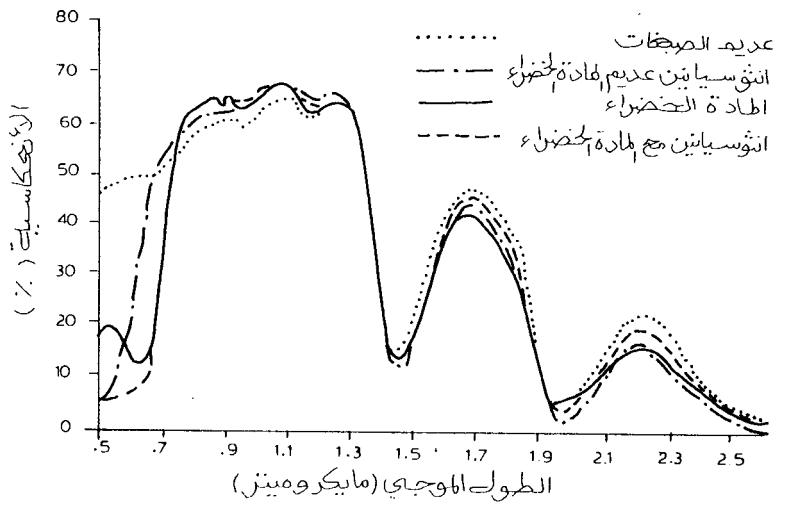
يعد تركيب ومكونات الورقة من الصفات المهمة التى تؤثر على الخاصية الطيفية عند تفاعل الأشعة الكهرومغناطيسية مع ورقة النبات ، وتعد أوراق النبات أكثر أعضاء النبات اختلافا بين النباتات المختلفة ، سواء من الناحية المورفولوجية أو من الناحية التشريحية .

ويرجع ذلك إلى ضرورات فسيولوجية ، لأن الأوراق أكثر أعضاء النبات تأثرا بالظروف البيئية نظرا لسطوحها الكبيرة ، وزيادة على ذلك فإن تركيب الورقة يجب أن يفى بعملية التركيب الضوئى وضرورة الوقاية من شدة النتح ، لذلك تعد الأوراق أهم أعضاء النباتات استخداما فى التعرف على النباتات من قبل الخبراء فى علم النبات .

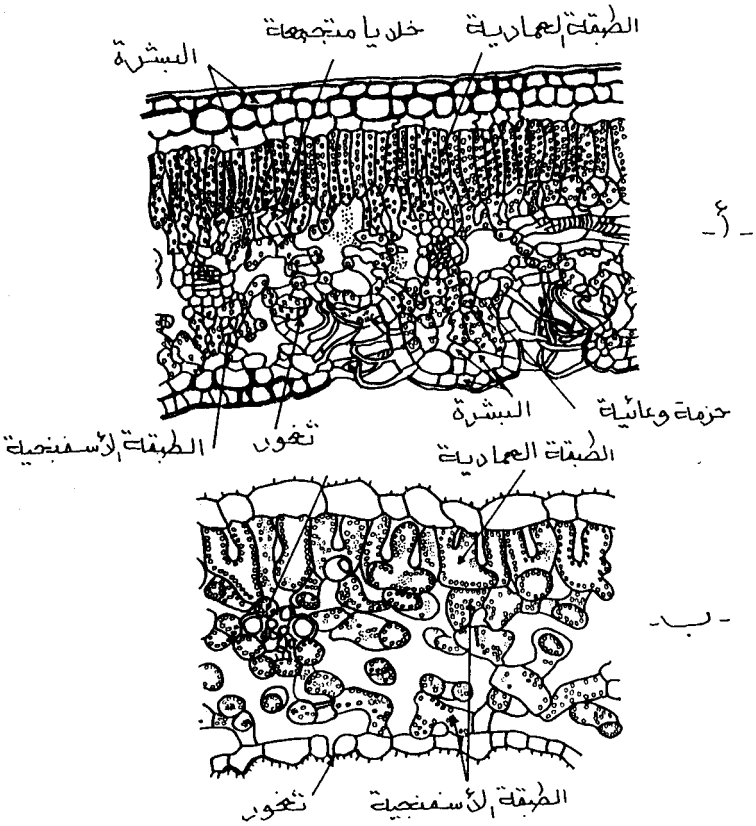
إن التركيب الداخلى لورقة نباتية معقد جدا ويختلف من نبات إلى آخر ، وهوالذى يتحكم غالبا بالانعكاسية فى هذا الجزء من الطيف ، وكما هو واضح من الشكل (5) فإن التركيب الداخلى لكل من أوراق نبات الذرة (ذات الفلقة الواحدة) ونبات فول الصويا (ذات الفلقتين) مختلف تماما ، ويمكن تلخيص الاختلافات فى التركيب الداخلى لأوراق النباتات المذكورة بالآتى :



شكل (3) : منحنى الانعكاسية الطيفية لثلاثة أنواع من المحاصيل الزراعية (غطاء نباتي أخضر)



شكل (4) : منحنيات أطياف الانعكاس لأربع صبغات مختلفة لورقة الكوليوس ضمن الطول الموجي 0.5-2.5 مايكروميتر



شكل (5) : الاختلاف في تركيب ورقة النبات بين :

أ - فول الصويا (فلقتين)

ب - الذرة (الفلقة الواحدة)

1- تتكون البشرة في أوراق نبات فول الصويا من صف واحد من الخلايا قد تكون مضلعة وبها ثغور مبعثرة ، كما تتميز بشرة نبات الذرة بخلايا متخصصة تعرف بالخلايا المحركة ، تكون كبيرة الحجم رقيقة الجدران خالية من الأدمة ، تتعرض لفقد الماء بسهولة فتتكمش الورقة .

2- يتميز النسيج المتوسط في أوراق نبات فول الصويا إلى طبقة عمادية وأخرى إسفنجية ، تكون خلايا الطبقة الأولى مرتبة بصورة عمودية على سطح الورقة ، وبين الخلايا العمادية مسامات بينية مستطيلة ، والطبقة الثانية تتكون من خلايا غير منتظمة الشكل تفصلها مسافات بينية واسعة ، في حين لايتميز النسيج المتوسط في ورقة نبات الذرة إلى الطبقات المذكورة ، بل يكون جميعه متشابها ، ويمتاز بالتوزيع العشوائي للخلايا، وتكون المسافات البينية كبيرة الحجم .

إن هذا الاختلاف هو المسؤول عن الاختلافات في الانعكاسية لكل من هذين النباتين عند منطقة الأشعة تحت الحمراء القريبة ، وكما هو موضح في شكل (4) هناك العديد من أنواع النباتات بين المجاميع المختلفة أو ضمن المجموعة نفسها التي يكون فيها مثل هذا الإختلاف الواضح في الانعكاسية في منطقة تحت الحمراء القريبة والمتوسطة ، على الرغم من عدم وجود اختلاف واضح في الانعكاسية عند الأطوال الموجية المرئية .

ومن الضروري معرفة أن النسبة المئوية لانعكاسية النبات في هذه الحزمة من الطيف تتناسب طرديا مع زيادة عدد طبقات أوراق النبات ، ومايسجلها متحسس أو صورة فوتوغرافية من الأشعة المنعكسة عبارة عن انعكاسية تراكمية من جميع أوراق النبات ، وإذا ما أخذنا على سبيل المثال ثلاثة أوراق بنائية الواحدة فوق الأخرى ، ومن خاصية ورقة هذا النبات عكس 50% ونفوذ 50% من طاقة الأشعة تحت الحمراء القريبة الساقطة عليها ، وهذا يعني أن الطبقة الأولى تعكس 50% من الطاقة والنصف الآخر ينفذ من الورقة الأولى ويسقط على ورقة الطبقة الثانية ، حيث ينفذ نصفها مرة أخرى وينعكس نصفها الآخر ، ثم تمر الطاقة المنعكسة من الثانية خلال طبقة الأوراق العليا (الأولى) ، التي تسمح لنصف هذه الطاقة 12.5% بالنفاذ وتعكس النصف الآخر .

والطاقة النافذة من الطبقة الثانية تسقط على الطبقة الثالثة وينعكس نصفها 12.5% وينفذ النصف الآخر ، والقسم المنعكس يمر خلال طبقة الورقة الثانية فينعكس نصفها وينفذ نصفها الآخر 6.25% ، والقسم النافذ يسقط على الورقة الأولى (العليا) حيث ينعكس نصفه وينفذ نصفه الآخر 3.125% . إن الطاقة الكلية الناتجة والقادمة من طبقة الأوراق العليا في هذا المثال هي 50% 12.5% + 3.125 = 65.625 % من الطاقة الساقطة على النبات ، إن نمذجة الأوراق المتعددة توضح أن هناك زيادة مهمة في الانعكاسية في منطقة تحت الحمراء القريبة ، كلما أضيفت طبقة أخرى من الأوراق ، ولحد ست طبقات تقريبا كما موضح في الشكلين (6 ، 7) . إن تأثير هذه الحالة على الانعكاسية الكلية يمكن استخدامها

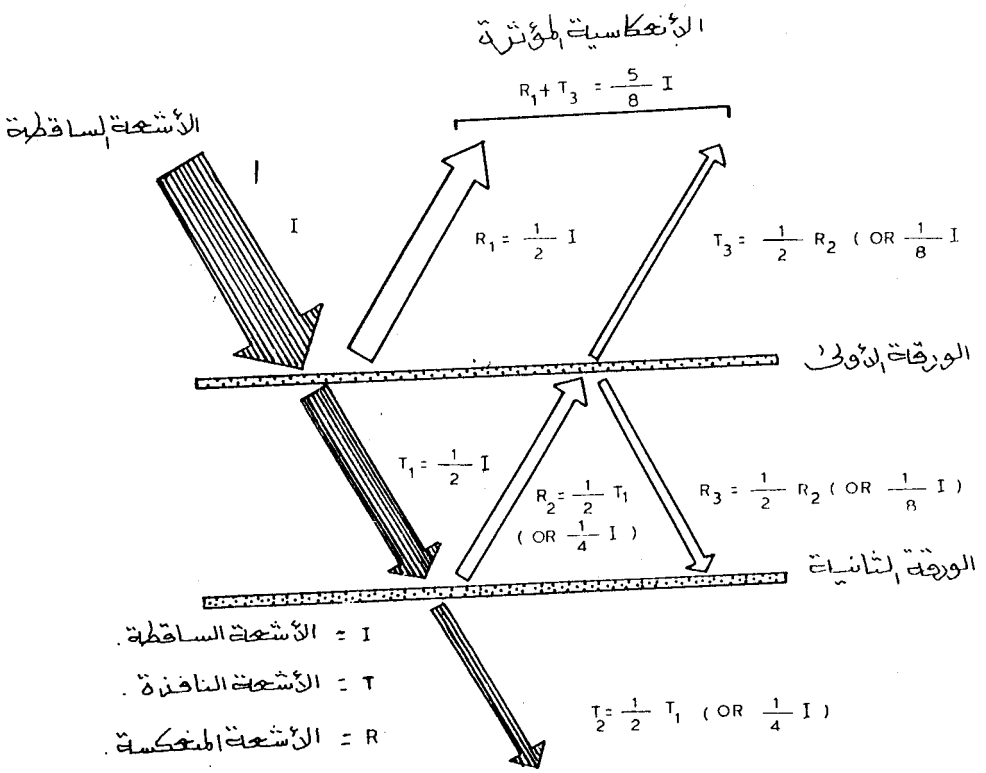
مؤشـــرا للتميـــيز بين النباتات المختلفة بسبب الاختلاف فى تركيب أوراقها ، بالإضافة إلى إمكانـــية استخدام هذا الطيف فى تقدير مرحلة نمو محصول معين ومعرفة كمية المادة الحية لوحدة المساحة ، ومن ثم التنبؤ بإنتاجية المحصول من مراقبة مراحل نموه .

ثالثا : منطقة تحت الحمراء المتوسطة (3.0 ــ 1.3 مايكروميتر) Middle Infrared Region

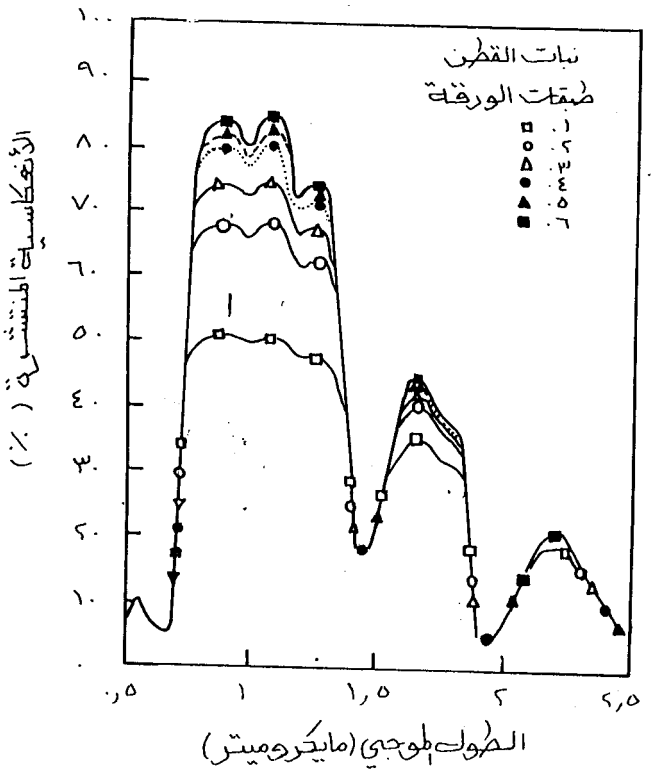
هـــناك ثلاث حزم لامتصاص الماء فى هذا الجزء من الطيف الكهرومغناطيسى وهى عـــند الأطوال الموجية 1.4 ، 1.9 ، 2.7 ، وتمثل حزمة الامتصاص عند 2.7 مايكروميتر الحـــزمة الرئيسية ويشار إليها بحزمة امتصاص الماء الأساسية ، وبالتحديد فان هذه الحزمة تـــتكون مـــن ترابط حزمتى امتصاص ماء اهتزازية أساسية أحدهما عند 2.66 مايكروميتر والأخـــرى عـــند 2.73 مايكروميتر (هناك حزمة امتصاصية الماء اهتزازية أساسية مماثلة عند 6.27 مايكروميتر) .

تقـــع ذروة الانعكـــاس للأطـــوال الموجية تحت الحمراء المتوسطة عند 1.6 ، 2.2 مايكروميـــتر بيـــن حزم امتصاص الماء . ويوضح الشكل (8) بأن انعكاسية الورقة عند مـــنطقة تحت الحمراء المتوسطة تتناسب عكسيا مع امتصاص طبقة ماء سمكها ملم واحد ، وان الدرجـــة الـــتى يمـــتص بهـــا النبات الطاقة الشمسية عند منطقة الأشعة تحت الحمراء المتوسطة من الطيف تعتمد على كمية الماء الكلية الموجودة فى الورقة ، وهذا يعتمد بدوره على محتوى الورقة من الرطوبة وعلى سمكها فى الوقت نفسه .

عـــندما يقل محتوى الرطوبة فى الأوراق فإن انعكاسيتها عند منطقة الأطوال الموجية للأشعة تحت الحمراء المتوسطة تزداد بصورة ملحوظة وهذا واضح فى الشكل (8) ، وفيه استعمل عدد من المنحنيات الطيفية لنبات الذرة لأربع مجاميع مختلفة فى المحتوى الرطوبى ، وكمـــا هو واضح من الشكل ، فإن انخفاض محتوى الرطوبة لا يسبب اختلافا ملحوظا فى الانعكاسية إلى أن يصبح محتوى الرطوبة فى النبات قليلا جدا (أقل من 54%) .



شكل (6) : رسم مبسط يوضح تأثير الانعكاسية لأكثر من ورقة لنبات واحد


نبات القطن
طبقات الورقة
١
٢
٣
٤
٥
٦
الانعكاسية المنتشرة (٪)
١٠٠
٩٠
٨٠
٧٠
٦٠
٥٠
٤٠
٣٠
٢٠
١٠
٠
٠,٥
١
١,٥
٢
٢,٥
الطول الموجي (مايكروميتر)

وعلى كل حال فعند المستويات الواطئة جدا من محتوى الرطوبة والمرتبطة بالمنحنين العلويين في هذا الشكل يكون النبات في طريقه إلى الموت أو أنه ميت فعلا ، حيث تفقد الأوراق معظم اليخضور وتنكمش الخلايا ، ويكون الازدياد في الانعكاسية واضحا عند منطقة الانعكاس من الطيف ، وتزداد النسبة المؤية للانعكاسية عند حزم امتصاص الماء بصورة كبيرة جدا .

ولما كانت نسبة الماء في الأوراق تتناسب مع حيوية النبات ، لذلك يمكن إعطاء معلومات عن حالة المحصول من دراسة الخاصية الطيفية في هذه المنطقة من الطيف (3.0 ــ 1.3 مايكروميتر) .

مراحل تدهور الورقة النباتية :

تمر الورقة النباتية بسلسلة من التدهور يمكن تحديدها في الانعكاس الطيفي للورقة ، ونوجزها كما يأتي :

أ- الشكل (9) يوضح ورقة نباتية سليمة (خضراء اللون) وكيفية تفاعل حزمة ضوئية (0.9 ــ 0.4 مايكروميتر) مع اليخضور والخلايا الإسفنجية . يؤدى هذا التفاعل إلى انعكاس شديد في طيف تحت الحمراء القريب من قبل الخلايا الإسفنجية ، وانعكاس متوسط في الطيف الأخضر ، وامتصاص الطيفان الأزرق والأحمر من قبل اليخضور (للتمثيل الضوئي لصنع الغذاء) .

ب- الشكل (10 ب) يوضح التدهور الكامن (غير الظاهر) في تركيب الورقة النباتية ، مما يؤدى إلى انخفاض في انعكاسية طيف تحت الحمراء القريب .

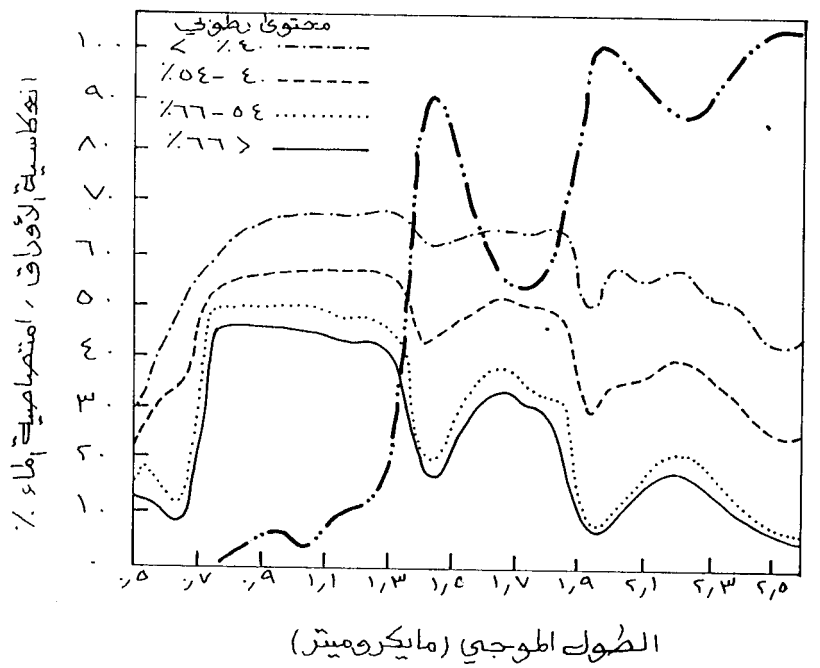
ج- الشكل (10 جـ) يوضح التدهور الظاهر ممثلا في زوال اللون الأخضر شحوب يخضوري ــ اصفرار ، مما يؤدى إلى انخفاض في انعكاسية الطيف الأخضر وارتفاع طفيف في الطيف الأحمر .

د- موت الورقة النباتية قهوائي محمر) يؤدى إلى ارتفاع في انعكاسية الطيف الأحمر ، وانخفاض مستمر في انعكاسية طيف تحت الحمراء القريب .

بيانات الاستشعار عن بعد وحماية الغابات والحد من تلوث البيئة :

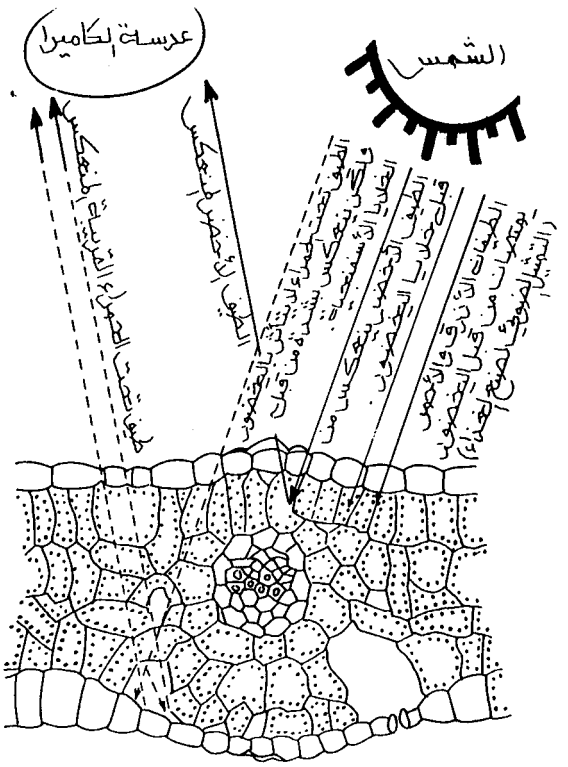
يعرف الجميع الأهمية الحيوية للغابات ، فمثلا هي مصدر هام جدا للمواد الخام ، ومن أهم أهدافها إنتاج الخشب الذي نستخدمه في مجالات عديدة ، وللغابات تأثير كبير في حياتنا ، ويمكن القول أنها تعطينا الحياة وتساعد في حفظ الأرض من الإصابة بالقحط والانهيارات ، وتحد من سرعة الرياح ، وتوفر للحيوانات والنباتات حياة جيدة .

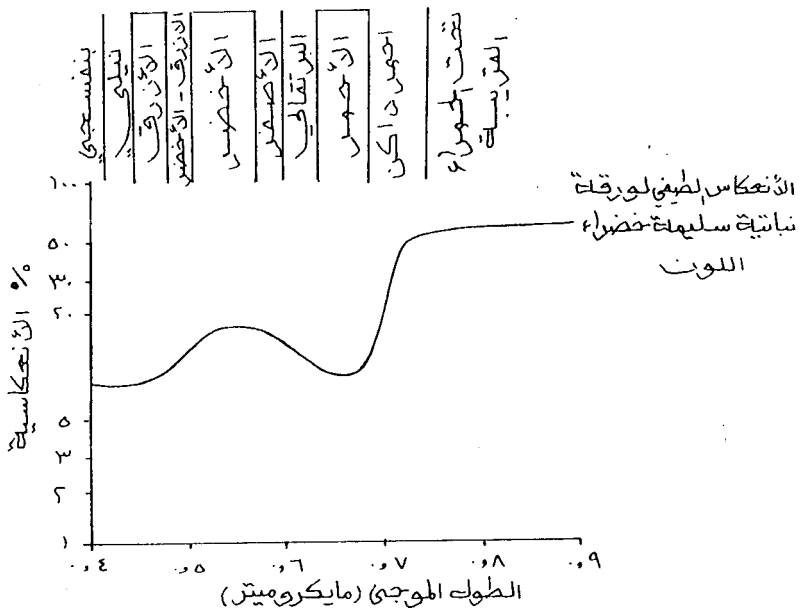
وتسهم الغابات في تنقية الجو من الغبار ، كما توجد ميزات كثيرة في تأمين بيئة

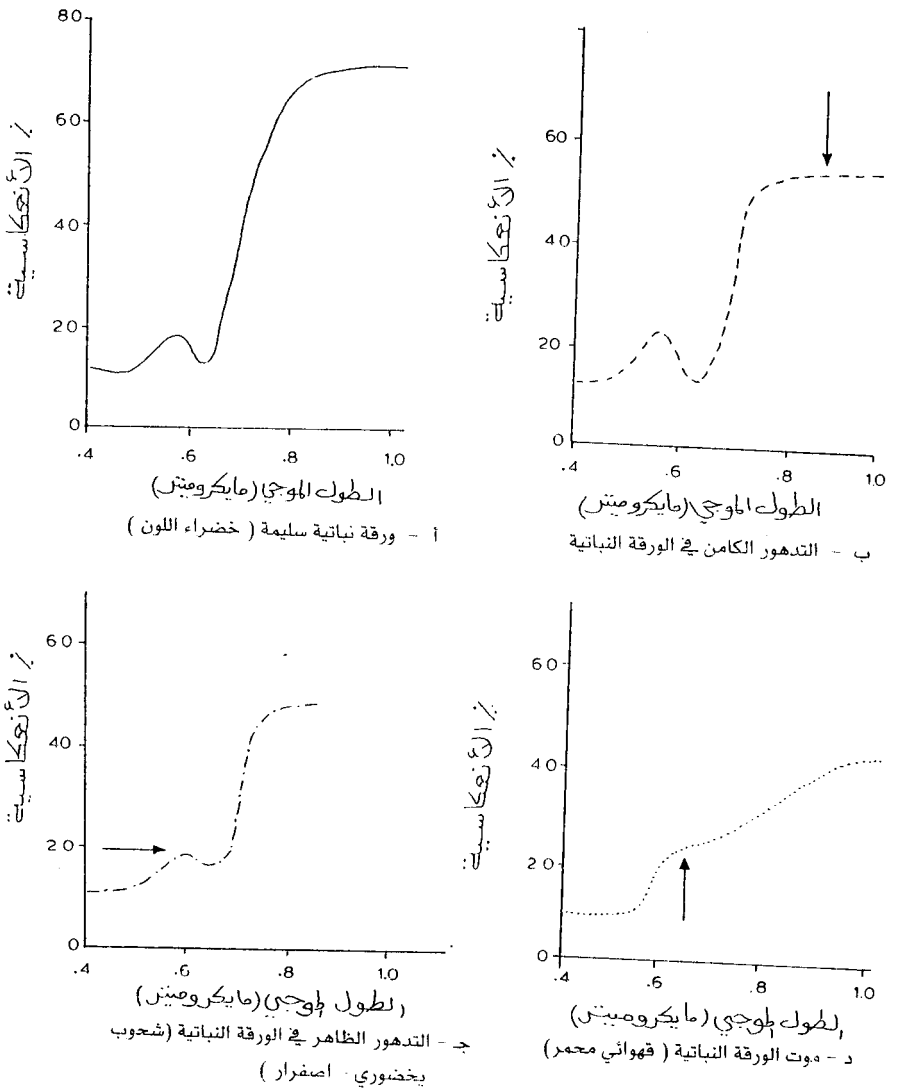


شكل (8) : العلاقة العكسية بين امتصاصية المحتوى الرطوبي لأوراق نبات الذرة وانعكاسيتها للأشعة .

منحنى الماء الممتص يمثل كمية الامتصاص المتسببة عن طبقة الماء ولعمق واحد ملم


عدسة الكاميرا
الشمس
الضوء المنعكس
الضوء المنعكس من الورقة النباتية الخضراء
الضوء المنعكس من الورقة النباتية الخضراء
الضوء المنعكس من الورقة النباتية الخضراء


بنفسجي
نيلي
أزرق
أزرق - أخضر
أخضر
أصفر
برتقالي
أحمر
أحمر داكن
تحت الحمراء القريبة
الانعكاس الطيفي لورقة نباتية سليمة خضراء اللون
% الانعكاسية
الطول الموجي (مايكروميتر)



أ - ورقة نباتية سليمة (خضراء اللون)

ب - التدهور الكامن في الورقة النباتية

جـ - التدهور الظاهر في الورقة النباتية (شحوب يخضوري - اصفرار)

د - موت الورقة النباتية (قهوائي محمر)

شكل (10) التغيير الحاصل في مراحل تدهور الورقة النباتية

طبيعـــية جيدة . ولكن ومع الأسف الشديد فان الكثير من غابات العالم التى لها أهمية حيوية بالنسبة للإنسان تعانى الآن من الأمراض التى يكون نتيجتها موت أشجارها ، مما يؤدى إلى التأثير فى اقتصاد تلك الدول التى تغطى الغابات جزءا كبيرا من مساحة أراضيها . الأسباب الرئيسية لموت أشجار الغابات تعود إلىعوامل حيوية وغير حيوية ، ففى المجموعة الأولى نـــرى تأثير الإنسان فى الغابات وتأثير الحشرات والنباتات السامة فى خراب ودمار الثروة الطبيعـــية ، أمـــا تأثير الحرائق والنيران والتلوث الصناعى وتأثير البقايا الغازية للسيارات ..الخ فيعود إلى المجموعة الثانية . جدول (1) يوضح جانبا من تأثيرات الكوارث الطبيعية والحشرات والأمراض فى الغابات وكيفية تمييزها بموجب المشاهدة الحقلية .

إن الإجـــراءات والأســـاليب المتخذة فى حماية الغابات من التلوث وكذلك فى حماية الأشـــجار من الموت متعددة وكثيرة ، ولكن هنا أود أن أذكر أحدث الطرائق المستخدمة فى معظـــم الـــدول المتقدمة ، التى تعتمد على استخدام الأجهزة والآلات الحساسة والتى تكشف جميع الأخطار التى يسببها التلوث .

إن الطريقة الجديدة والمستخدمة الآن هى الاستفادة من الاستشعار عن بعد ، حيث إن هذه العملية مهمة جدا فى تحديد الأجزاء المريضة داخل الغابة ، وذلك بالقيام بالمسح الجوي أو الفضـــائي ، وشـــكل (11) وجدول (2) يوضحان المعلومات المطلوبة لإدارة الغابات وبـــيانات الاستشـــعار عن بعد المستخدمة . وقد حدث أن الكثير من الدول الأوربية فى أول الخمســـينيات استغلت الصور الجوية فى رسم خرائط الغابات ، وباستخدام نتائج الاستشعار عـــن بعـــد ، أى مـــثلا باستخدام الصورة الجوية والفضائية ، نستطيع تحديد أماكن انتشار الأمـــراض (شكل 10) ، وذلك يساعد فى حماية فعالة مع اتخاذ الإجراءات الضرورية للحد من انتشار المرض . كما نعلم فإن عملية الاستشعار عن بعد تعتمد كليا على استخدام الأشعة الكهرومغناطيســـية ، حيـــث تستخدم الأجهزة التى تستقبل الأشعة المنعكسة (المرتدة) عن الجســـم ، من الأشجار مثلا ، وبمعرفة طول الموجة المرتدة فإنه يمكننا التمييز بين مجموعة الأشجار المريضة من غير المريضة (جدول 3) .

والواقـــع أن اســـتخدام التصوير الجوى والفضائى مهم بالنسبة للدول الكبيرة المساحة مـــثل الولايـــات المـــتحدة الأمريكية التى فيها المساحات الشاسعة من الغابات .وتعد عملية الاستشـــعار عـــن بعد من أهم الطرائق فى حماية الغابات حيث بها تتخذ الإجراءات اللازمة والضـــرورية . ففـــى الولايـــات المتحدة الأمريكية ، وبعملية الاستشعار عن بعد وباستخدام البيانات الفضائية (الطيف الحرارى 15 ــ 3.0 مايكروميتر) ،

جدول (١) دليل العوامل الحيوية / غير الحيوية المؤثرة فى الغابات

دليل العوامل المؤثرة Key Strain Symptoms	الإصابة Stress
العوامل البيئية ــ غير الحيوية Abiotic Environmental	
1 ــ نقص فى المياه (الجفاف) .	1- الأوراق الأولية تكون صغيرة وذابلة .
2 ــ زيادة فى المياه (فيضان) .	2- علاقة بطوبوغرافية الأرض (السهول الفيضية) الأوراق الأولية تكون غير ملونة أو ميتة .
3 ــ تلوث الهواء (مثال SO2) .	3- يؤثر فى أنواع كثيرة ، تداخل بين تبقع داكن إلى شحوب يخضورى نظرا لابتعاده عن مصدر التلوث .
4 ــ الرياح (العواصف) .	4- سيقان مكسورة .
5 ــ الحرائق .	5- آثار حرق ، أرض مسودة .
6 ــ الأمطار الحامضية .	6- تكون القمم النامية ذات موت تراجعى ، الأوراق السفلى تبدو جيدة (سليمة) .
العوامل الحيوية ــ الحشرات Biotic - Insects	
7 ــ خنافس القلف لأشجار الدوكلاس فير .	7 ــ الأوراق الأولية مأكولة ولونها قهوائى محمر .
8 ــ آكلات الأوراق (يرقات براعم التنوب)	8 ــ أغصان عارية وأوراق أولية لونها قهوائى محمر
9 ــ آكلات القمم النامية (سوسة الصنوبر الأبيض) .	9 ــ موت نهاية قمة الشجرة .
10ــ حشرات ماصات العصارة الخضرية (المن القطبى)	10ــ الأوراق الأولية مصفرة ، تاج خفيف .
11 ــ ناخرات الأوراق (ناخرة أوراق البتولا).	11 ــ الأوراق الأولية تكون غير ملونة .
العوامل الحيوية ــ الأمراض Biotic -Diseases	
12 ــ صدأ الساق (اللماع)	12 ــ موت القمة النامية للشجرة .
13 ــ تعفن الجذور .	13 ــ الأوراق الأولية قليلة ، أو موت جزء أو غصن من الشجرة .
14 ــ ذبول الأوراق (أشجار الألموسى الألمانى) .	14 ــ ذبول أو عدم تلون الأوراق الأولية لجزء أو فى التاج الكلى للشجرة .

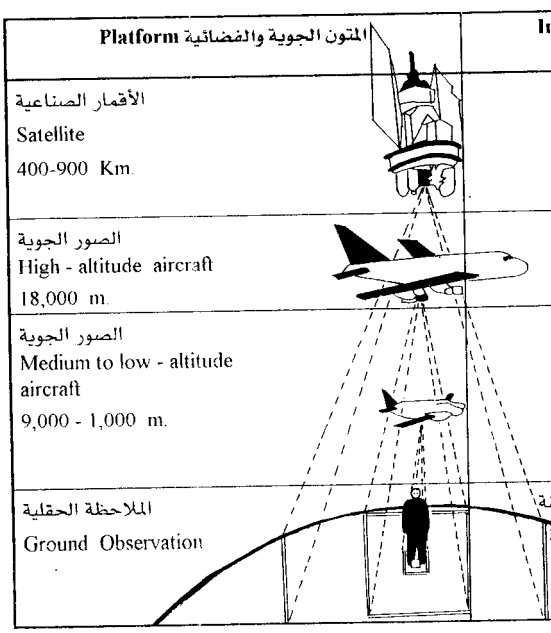
جدول (2) بيانات الاستشعار عن بعد المستخدمة لإدارة الغابات

بيانات الاستشعار عن بعد المستخدمة Remote Sensing Data Used	المعلومات المطلوبة لإدارة الغابات (الأخشاب) Information Need for Timber Management
1ـ البيانات الفضائية تستخدم عادة للحصول علىالمعلومات :	I الامتداد المساحى لغطاء الغابات . II مراقبة التغيرات التىتحصل فى الغابة .
2 ـ البيانات الفضائية والجوية المستخدمة فى طيف تحت الحمراء القريبة (المنعكسة) 1.3 ـ 0.7 مايكروميتر تستخدم عادلة للحصول على المعلومات :	III تشخيص نوع الغابة ونوع الأشجار . IV كشف الإصابات التى تسببها (الأمراض) غزو الحشرات ، نقص فى المحتوى الرطوبى ، حالة التربة ، الكوارث الطبيعية .
3 ـ البيانات الفضائية والجوية المستخدمة فى الطيف الحرارى أى تحت الحمراء البعيدة (15.0 ـ 3.0 مايكروميتر)	V مسح الحدود الخارجية للحرائق . VI كشف وتمييز شدة الحرائق .
تستخدم عادة للحصول على المعلومات : البيانات الجوية تستخدم عادة جهاز المشاط (Bispectral Scanner) ذا القناتين : القناة الأولى : (4 ـ3 مايكروميتر) . القناة الثانية : (11.0 ـ 8.5 مايكورميتر) 4 ـ بيانات الصور الجوية المجسمة تستخدم للحصول على المعلومات :	VII تقدير حجوم الغابة . VIII تشخيص نوع الغابة (حجم الشجرة ، نسيج الشجرة ، شكل تيجان الشجرة) .

التعريف اللونى للأشجار فى بيانات الصور الجوية

الأشجار	الصور الجوية الملونة الطبيعية	الصور الجوية الملونة تحت الحمراء (الكاذبة)
الأشجار السليمة :		
ـ عريضة الأوراق .	أخضر	أحمر ـ بنفسجي
ـ الإبرية .	أخضر	قهوائى محمر ـ ارجوانى
الأشجار السقيمة :		
ـ قبل ظهور الإصابة .	أخضر	الأحمر الوردى ـ أزرق
ـ ظهور الإصابة .	أخضر مصفر	شذرى
أوراق الأشجار فى فصل الخريف :		
ـ الأزرق .	الأزرق	أحمر
ـ الأخضر .	الأخضر	بنفسجى
ـ الأحمر .	الأحمر	أصفر
ـ الأصفر .	الأصفر	أبيض
ـ الأبيض .	الأبيض	أبيض

Platform المتون الجوية والفضائية	Information Obtained المعلومات
الأقمار الصناعية Satellite 400-900 Km.	1 - الامتداد المساحي لغطاء الغابات . 2 - مراقبة التغييرات في الغابة .
الصور الجوية High - altitude aircraft 18,000 m.	3 - تشخيص نوع الغابة . 4 - كشف الإصابات .
الصور الجوية Medium to low - altitude aircraft 9,000 - 1,000 m.	5 - مسح الحدود الخارجية للحرائق وكشف الحرائق . 6 - تقدير الحجوم ، نسيج الشجرة ، شكل تيجان الشجرة .
الملاحظة الحقلية Ground Observation	7 - القياسات والملاحظات الدقيقة التي تعزز البيانات الفضائية والجوية التي يجب ملاحظتها بدقة في المشاهدة الحقلية .



شكل (11) بيانات الاستشعار عن بعد والمعلومات المطلوبة لإدارة الأخشاب

والمعلومـــات التى ترسل بشكل دائم إلى المحطات الأرضية ، تم اكتشاف العديد من النيران والحـــرائق فـــى عدد كبير من الغابات وهى فى بدايتها (جدول 2) ، وبهذا استطاعوا أن يـــتخذوا الإجـــراءات اللازمة وفى وقت قصير جدا ، لتفادى انتشار تلك النيران والحرائق . والاستفادة من استخدام مثل هذه البيانات كبيرة عندما يبدأ الحريق فى المناطق غير المأهولة ، لأنهـــا تنتشـــر بسرعة إلى أن تصل إلى المناطق السكنية مخلفة وراءها الدمار ، وكما أن غـــازات المداخـــن العالية تنتقل فى الجو وتأثيرها ليس فقط فى الإنسان وإنما لها تأثير كبير علـــى الأشجار والغابات ، مما يؤدى إلى قتل المواد الحيوية الموجودة فى جسم الشجرة أو الأشـــجار وبذلـــك يؤدى إلى موتها . وكما ذكرنا سابقا فإن استخدام المعلومات التى يرسلها القمـــر الصـــناعى تساعد فى حل المشكلة ، أو بالأحرى فى الكشف مثلا عن مكان المرض الـــذى تسببه بعض الحشرات ، وخاصة باستعمال الطيف تحت الحمراء القريبة 1.3 ــ 0.7 مايكروميتر .

منذ بداية استخدام الصور الجوية والفضائية تمكن المختصون من رسم الخرائط ذات المقايـــيس المختلفة وكذلك استطاعوا تحليل الصور . هذا مع إعطاء الفرصة للجميع للتعرف علـــى الأخطار التى تصيب الغابات ، حيث إن التلوث الذى يصيب الغابات والذى يؤدى إلى قـــتلها يؤثـــر بالتالى فى الحالة الاقتصادية للدولة ، وخاصة أن كانت هذه الغابات تشكل أهم مصادر المواد الخام لديها .

: توجـــد اخـــتلافات واضحة فى الانعكاسية بين أجزاء الطيف المرئية ، تحت الحمراء القريـــبة ، وتحـــت الحمراء المتوسطة . ففى منطقة الأطوال الموجية المرئية تكون الصبغات النباتية الموجودة فى الأوراق هى العامل المؤثر فى انعكاسية النبات ، حيث تمـــتص معظـــم الطاقة الساقطة وينعكس القسم الآخر وينفذ القسم الضئيل جدا . أما التركيـــب الداخلى للأوراق فيسيطر على الانعكاسية عند منطقة الأشعة تحت الحمراء القريـــبة ، حيـــث تنعكس حوالى نصف الطاقة الساقطة وينفذ النصف الباقى منها ، ويمـــتص القليل جدا منها من قبل الورقة . ويكون محتوى الرطوبة الكلى فى النبات مســـؤولا عـــن الانعكاسية عند منطقة الأشعة تحت الحمراء المتوسطة لأنه يمتص معظم الطاقة الساقطة من قبل الماء الموجود فى الورقة ويعكس الباقى .

: إن الفـــائدة الكامـــنة من استخدام البيانات الفضائية والصور الجوية تحت الحمراء الملونـــة **Color Infrared Aerial Photography** هـــو تشخيص الأشجار عريضة الأوراق السليمة (أحمر ــ بنفسجى) ، والأشجار الإبرية السليمة (قهوائي محمـــر ــ أرجوانى) ، بينما باستطاعة هذه البيانات تحديد التدهور (غير الظاهر) فـــى تركيب الورقة النباتية (أى فى بداية حالة المرض) ، الذى يؤدى إلى انخفاض فى انعكاســـية طيف تحت الحمراء القريب ، وذلك بظهور الأشجار السقيمة قبل ظهور

الإصابة بلون (الأحمر الوردى ــ أزرق) وبعد ظهور الإصابة بلون شذرى .

ثالثا : باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد يمكن اتخاذ الإجراءات اللازمة والاحتياطات فى حمايـــة وحفظ الغابات من التلوث بطرائق سريعة وفعالة ، وبذلك يمكن التغلب على كثير من المشاكل التى يواجهها مخططو التنمية فى مختلف بلدان العالم ، والإسهام فى حمايـــة البيـــئة والطبيعة ، وذلك فى محاولة التخفيف من التلوث الذى يصيب البيئة والطبـــيعة ، بأخذ الإجراءات اللازمة لمنع هذه الحوادث والحد منها بأقصى القدرات والأساليب .

المراجع الاجنبية

1- Gates, D.M: Physical and Physiological Properties of Plants. In :Remote Sensing with Special Reference to Agriculture and Forestry . National Academy of Sciences . Washington, D.C., PP. 224-252 ,1970

2- Hoffer, R.M: Interpretation of Remote Multispectrl Imagery of Agricultural Crops, Vol. 1 Research Bulletin no. 831, Agricultural Experiment Station , Purdue University, West Lafayette, IN, 1967.

3- Hoffer, R.M: Computer-Aided Analysis of SKYLAB Multispectral Scanner Data in Mountainos Terrain for land Use, Forestry, Water Resource and Geologic Applications. Final riport, NASA Contract no. NASA 13380, SKYLAB EREP Project 398. LARS Information Note 121275, Laboratory Applications of Remote Sensing Purdue University, West Lafayette, IN, 1975.

4- Hoffer, R.M: Spectral Reflectance characteristics of Vegetation in Fundamentals of Remote Sensing, Minicourse Series, Purduce University, West Lafayette, IN, 1976.

5- Knipling,E.B: Physical and Physiological Basis for Differences in Reflectance of Healthy and Diseased Plants, in Workshop on Infrared Color Photography in the Plant Sciences, Florida Department of Agriculture, Winter haven, Fla., 1967.

6- Myers, V.I: Soil, Water and Plant Relations, in: Remote Sensing with Special Reference to Agriculture and Forestry, National Academy of Sciences, Washington, D.,C., pp. 253-297, 1970 .

7- Sinclair,T.R., R.M.Hoffer, and M.M. Schreiber :Reflectance And Internal Structure of Leaves from Several Crops during a Growing Season, Agronomy Journal, Vol., 63 PP.864- 868, 1971.