الجزء الثالث: الكساء الخضرى

(Vegetation Science)

obeikandl.com

obeikandl.com

المقدمـــة

تتواجد النباتات مع بعضها فى مجموعـــات متكـــررة تســـمى المجتمعـــات (Communities) والتى يمكن وصفها بطريقة فضلى عن طريق ملاحظة تمـــاثل طرائق نمو أكثر النباتات سيادة، أو أضخمها أو أكثرها تمييزاً لمجتمع معين. لذا فالمجتمع النباتى لا يوصف عن طريق التسجيل المبسط لكل الأنوع المكونة لـــه، لكن يوصف اعتماداً على بيانات تفصيليه عن الأنواع ذات المشاركة الأعظم فى تركيبه وتكوينه والتى يميز بها.

المجتمع النباتى أو الكساء الخضرى (Vegetation) عمومـــاً ليـــس مكافئـــاً لفلورة منطقة ما (Flora)، حيث تعود الفلورة فى أبسط أشكالها إلى قائمة الأنواع أو الوحدات التصنيفية الموجودة فى منطقة ما، وفى شكلها الموثـــق يمكـــن أن تتدرج من قائمة موثقة للنباتات إلى معالجة تصنيفية كاملـــة بمفـــاتيح تعريفيـــة ومعلومات عن شكل النباتات وتسميتها. وكقاعدة، لا تعطى الفلورات معلومـــات عن المجتمعات التى تتواجد فيها النباتات فى الطبيعة، ولا تعلـــق علـــى وفـــرة وأهمية وتفرد الأنواع، بمعنى أن كل الأنواع لها نفس الوزن. يفترض العديد من علماء الكساء الخضرى أن النباتات فى المجتمع لها بعض التأثير على بعضـــها البعض، و لها شئ مشترك من وسطها المحيط. يدل هذا ضمناً على وجود عـــدم استقلال، بمعنى أن التأثير الكلى للمجتمع أعلى من مجموع التـــأثيرات المفـــردة للأنواع، ولذا فإن المجتمعات تعتبر كيانات متكاملة.

للأغراض العملية، يمكن اعتبار المجتمعات النباتية كأقسام جزئية من الكساء الخضرى، فأينما أظهر الغطاء النباتى تغيرات مكانية واضحة، إلى حد ما، يمكن للإنسان أن يميز مجتمعات نباتية مختلفة. قد تعود هذه التغيرات إلى: ١ ــ تغيرات مكانية فى التركيب النوعى، ٢ ــ تغيرات فى حيز وارتفاع النبات، ٣ ــ تغيرات فى أشكال النمو أو الحياة، ٤ ــ استجابات موسمية لخصائص الكساء الخضرى الأخرى والتى يمكن بالتالى أن تتطابق مع تغيرات مكانية فى الوسط المحيط. أياً كانت خصائص الكساء الخضرى الداخلة فى إحداث مثل هذه التغيرات فإنها تعتبر جزءاً من تحديد ووصف و تفسير المجتمع النباتى.

يتعرض هذا الباب لعلم الكساء الخضرى (Vegetation science) كما يسمى فى أوروبا، أو بيئة المجتمعات النباتية (Plant synecology) كما يسمى فى إنجلترا وأمريكا. وأحياناً يسمى هذا العلم بعلم النبات الاجتماعى (Phytosociology or Phytocoenology). والمادة الموضوعية لهذا العلم هى دراسة تركيب ونمو الكساء الخضرى عموماً، والمجتمعات النباتية وتوزيعها الجغرافى والعلاقات البيئية المتحكمة فيها على وجه الخصوص.

١ فرضيات المجتمع النباتى

المجتمع الحى (Biotic Community) هو عبارة عن مجموعة من الجماعات (Populations) تعيش فى منطقة محددة أو وسط طبيعى، وهو يعتبر وحدة منظمة إلى حد أن له خصائص إضافية زيادة على خصائص الأفراد والجماعات المكونة له. ويعمل المجتمع كوحدة مترابطة خلال التحولات الأيضية. ومن الخصائص الرئيسية للمجتمعات الحية ما يلى: ١) تغير من مظهرها بصورة مستديمة، ٢) تتلاحم المجتمعات واحداً مع الآخر تدريجياً لدرجة عدم وجود حدود واضحة بينها، ولكن من الممكن وجود مثل هذه الحدود إذا حدث تغير حاد فى الوسط الذى تعيش عليه، ٣) المفهوم العلمى للمجتمع الحى مهم لأنه حيثما يذهب المجتمع تذهب معه الكائنات. لذا، غالباً ما تكون الطريقة المثلى للتحكم فى كائن معين هى تحوير المجتمع الذى يعيش فيه، وليس الهجوم المباشر على هذا الكائن بعينه. وفيما يلى ملخصاً لفرضيات المجتمع النباتى كما وردت فى موليز ــ دومبوا وإلينبرج (Muller - Dombios & Ellenberg, 1974).

الفرضية الشمولية (Holistic viewpoint)

اعتقد كليمنتس (Clements) أن المجتمع مثل الكائن، يولد وينمو وينضج ويتكاثر ويموت. ومن وجهة نظره، أن كل مجتمع ذروى مناخى يمكن أن يعيد نفسه (يتكاثر) فى أى وقت عن طريق مراحل تنموية متكررة بنفس النسق. ومن

الجدير بالذكر الإشارة إلى عدم إمكانية مقارنة خصائص ونضج ووفاة المجتمع بمثيلاتها الخاصة بالكائن. فمجتمعات الأنواع النباتية، التى تعتبر بمثابة الأعضاء فى هذا التشبيه، تستبدل جزئياً أو كلياً إلى مجتمعات أخرى من خلال حوادث كارثية، أو تغير تدريجى فى الوسط المحيط، أو من خلال الإحلال التنافسى بين الجماعات. وقد أضاف تانسلى (Tansely) أن المجتمعات النباتية يمكن وصفها ككيانات عضوية باستخدام مصطلح شبة كائن (Quasi-organism)، وأكد أن المجتمعات تتصرف فى نواحى كثيرة كوحدات متكاملة، وكذلك يجب دراستها. وقد أوصله ذلك إلى مفهوم النطام البيئى (Ecosystem).

الفرضية الفردية (Individualistic viewpoint)

ادعى جليسون (Gleason)، أنه طالما يعتمد وجود المجتمع النباتى على خصائص محددة للوسط المحيط والكساء الخضرى المجاور، وأن الوسط المحيط يتغير بصورة مستديمة مكانياً وزمانياً، لذا فإنه لا يوجد مجتمعين يمكن اعتبارهما متشابهين أو وثيقى الارتباط ببعضهما، ومن ثم يجب التعامل مع كل مجتمع بصورة فردية فى إطاره الزمانى والمكانى.

الفرضية التصنيفية (Systematic viewpoint)

وضع برون بلانكيه (Braun-Blanquet) وآخرون فىاعتبارهم تقسيم المجتمعات النباتية بطريقة مشابهة لتقسيم الكائنات إلى وحدات تصنيفية (مثل أنواع، أجناس، فصائل). وبناءاً على هذه الفرضية تبنى العلاقة بين المجتمعات على أساس بعض الخصائص التركيبية أو درجة التشابه بين الأنواع المكونة لها. لذا فمن المقنع ربط المجتمعات الفردية المعرفة طبقاً لهذا النظام بمجتمعات أكبر بناءاً على مدى التشابه بينهما.

المجتمعات العينية والتجريدية (Concrete and abstract communities)

الفواصل الحادة نادرة بين أى من الظواهر الطبيعية المترابطة، ولكن يبدو من المقبول الآن بصفة عامة أن الغطاء النباتى أو المجتمع النباتى العينى (Concrete Community) يمكن ان يظهر فواصل حادة (Discontinua) أو نسق تغير تدريجى (Continua). أما وحدات الكساء الخضرى التجريدية أو المجتمعات التجريدية (Abstract communities) فليس لها وجود ثابت مطلق فى الطبيعة مثل الوحدات التى تستخرج بواسطة طرائق التحليل العددى (مثل التقسيم والتنسيق)، فهى تعتبر إلى حد ما شبيهة بالمتوسطات الحسابية، وعليه فإنها يمكن أن تظهر تطابق أقل أو أعلى لأفراد العينة الممثلة لها، والتى فى حالة وحدة الكساء الخضرى التجريدى تعتبر المجتمعات العينية الفردية.

oberkandl.com

٢ نظم تقسيم المجتمعات النباتية

يمكن تقسيم المجتمعات النباتية بناءاً على إحدى أو بعض خصائص الكساء الخضرى أو خصائص الموطن (أو الوسط المحيط) أو كلاهما معاً.

أولاً : خصائص الكساء الخضرى

أ) الخصائص المظهرية والتركيبية مثل:

١ ــ أشكال حياة أو نمو معينة.

٢ ــ الطبقات الرأسية (التنضد).

٣ ــ التغيرات الدورية أو الموسمية (مثل تساقط الأوراق)

ب) خصائص التركيب النوعى مثل:

١ ــ النوع المفرد، كأن يكون النوع الأكثر سيادة (من ناحية الارتفاع أو الغطاء أو كلاهما)، أو الأكثر تكرارية أو عدداً.

٢ ــ مجموعات معينة من الأنواع قد تشتق بطريقة إحصائية مثل الأنواع دائمة التواجد (Constant) أو التفريقية (Differential) أو الدليلية ــ التشخيصية (Indicator - Diagnostic). وقد تشتق هذه المجموعات بدون المعالجة الإحصائية مثل الأنواع ذات الأهمية البيئية الواحدة (مثل النباتات الملحية، أو المائية أو نباتات الكثبان الرملية) أو الأنواع ذات التوزيع الجغرافى الواحد.

obeikandl.com

جـ) خصائص العلاقات العددية. ويطلق عليها مسمى معاملات المجتمع (Community Coefficients) مثل معاملات التصاحب والتشابه وقد يتم ذلك بين:

١ ــ الأنواع المختلفة.

٢ ــ المجتمعات المختلفة.

د) الطور الذروى المناخى المتوقع. ويحدد ذلك عن طريق:

١ ــ مجموعات متوافقة من أشكال الحياة.

٢ ــ خصائص التركيب النوعى.

ثانياً : خصائص الموطن أو الوسط المحيط

أ) عوامل موقعية محددة مثل:

١ ــ عوامل المناخ

٢ ــ العلاقات المائية

٣ ــ عوامل التربة

٤ ــ العوامل الناشئة عن النشاط البشرى.

ب) مجموعة متوافقة مع العوامل الموقعية المختلفة.

ج) الموقع الجغرافى للمجتمعات (خطوط الطول والعرض والارتفاع عن سطح البحر).

ثالثاً : خصائص تجمع بين الكساء الخضرى والموطن (أو الوسط المحيط). ويتم ذلك عن طريق:

أ) التحليل المستقل لكل من مكونات الكساء الخضرى والموطن ثم الربط بينهما بعد ذلك.

ب) التحليل المشترك لمكونات الكساء الخضرى والموطن معاً مع التركيز على العلاقات المتبادلة بينهما من المنظور الوظيفى.

obeikandl.com

وفيما يلى وصفاً موجزاً لبعض نظم تقسيم المجتمعات النباتية (نقلاً عن: Mueller-Dombios & Ellenberg 1974, Kent & Coker 1992).

نظام التكوين النباتى (Formation Concept)

يحدد التوجه الأوروبى مصطلح التكوين النباتى بناءاً على الخصائص المظهرية (Physiognomy) للكساء الخضرى، بمعنى الاعتماد على خصائص الكساء الخضرى نفسه، وتضاف خصائص الوسط المحيط للتحديد والوصف الدقيق فقط. وعلى الجانب الآخر يحدد التوجه الأمريكى نفس المصطلح بناءاً على الخصائص الجغرافية والمناخية، بمعنى الاعتماد على خصائص من خارج الغطاء النباتى الحالى. وبالمفهوم الأمريكى يستخدم فقط مظهر الكساء الخضرى لمساحات تتبع منطقة مناخية أو جغرافية محددة كدليل عام للمنطقة ككل. وطبقاً لكليمنتس (Clements)، يعبر التكوين النباتى عن الغطاء النباتى العام لمنطقة ما يمكن أن تشتمل على تغيرات مظهرية عديدة يعتقد أنها تنتمى إلى الشكل المظهرى السائد والذى يتحكم فيه المناخ العام للمنطقة. فعلى سبيل المثال قد يكون الشكل المظهرى السائد أراضى حشائش (Grasslands)، ومع ذلك قد يوجد فى المنطقة مواقع غابة مفتوحة أو أراضى شجيرات إلا أنها تعتبر جزءاً من تكوين أراضى الحشائش، هذا إذا وجدت فى نفس مناخ أراضى الحشائش. وطبقاً للمفهوم الأوروبى فإن مثل هذه المنطقة لا يطلق عليها مسمى تكوين نباتى وإنما منطقة كساء خضرى (Vegetation Region) والتى عادة ما تحتوى على مجموعة من أشكال الكساء الخضرى الفعلية.

وبالمغايرة مع تفسير كليمنتس، يستخدم مصطلح التكوين النباتى طبقاً للمفهوم الأوروبى للإشارة إلى وحدة كساء خضرى يمكن عمل خريطة محددة لها، والتى يمكن أن تحدد بسهولة بناءاً على خصائص أشكال الحياة النباتية السائدة، أو مجموعات مشتركة منها. وقد استخدم فوسبرج (Fosberg 1961)

واليونسكو هذا المفهوم فى وضع نظاميهما. أما المفهوم المناطقى الفسيفسائى للتكوين النباتى طبقاً لكليمنتس فمن الأنسب تسميته منطقة مناخية أرضية حيوية (Biogeoclimatic zone) كما عرفت بواسطة كراجينا (Krajina 1985).

نظام دانسيرو (Dansereau System)

يقسم الكساء الخضرى طبقاً لنظام دانسيرو عن طريق ستة مجموعات من الخصائص، تحتوى كل مجموعة على عدد من الخصائص يمكن استخدامها لوصف مواقع الكساء الخضرى فى الحقل كما يتضح فما يلى :

١ ــ شكل الحياة (الأشجار، الشجيرات، الأعشاب، الحزازيات، المتعلقات، والمتسلقات)،

٢ ــ حجم النبات (طويل، متوسط، قصير، ويحدد ذلك كمياً طبقاً لشكل الحياة)،

٣ ــ الغطاء النباتى (عارى، خفيف جداً، متقطع، حزمى، متصل)،

٤ ــ الوظيفة (متساقط، نصف متساقط، دائم الخضرة، دائم الخضرة عصيرى، عديم الأوراق)،

٥ ــ شكل وحجم الورقة (إبرية، نجيلية، صغيرة، كبيرة ــ عريضة، مركبة، غير محددة)،

٦ ــ بنية الورقة (شفافة، غشائية، قاسية، عصيرية).

ولا يحتاج هذا النظام إلى معلومات تفصيلية عن الأنواع الموجودة، ما عدا الأنواع السائدة، مما يسمح باستخدامه بسرعة وعلى مساحات واسعة بواسطة دارسين قليلى الخبرة. توصف الأنواع السائدة الموجودة فى منطقة ما أولاً باستخدام الرموز والأشكال والظلال الموضحة فى شكل (٤٧) لعمل مخطط لقطاع رمزى، ثم يستخدم بعد ذلك النظام الكتابى المصاحب للخصائص الفرعية فى كل مجموعة. وبالرغم من أن نظام دانسيرو سهل الاستخدام ومنطقى إلا أنه

obeikandl.com

لا يطبق على نطاق واسع، وقد يرجع ذلك جزئياً إلى الرموز التجريدية المستخدمة فى المخططات القطاعية بالإضافة إلى أن هذه الطريقة غالباً ما تحتاج إلى تحوير لتلائم ظروف خاصة.

LIFE FORMS		LEAF SHAPE AND SIZE	
T	Trees	n	Needle
F	Shrubs	g	Graminoid
H	Herbs	a	Small
M	Bryophyta	h	Large, broad
E	Epiphyta	v	Compound
L	Lianes	q	Thalloid
FUNCTION		**LEAF TEXTURE**	
d	Deciduous	f	Filmy
s	Semi-deciduous	z	Membranous
e	Evergreen	x	Sclerophyll
j	Evergreen-succulent, leafless	k	Succulent or fungoid
SIZE		**COVERAGE**	
t = tall (T = to 25.0 m, F = 2.8, H = 2.0 m+)		b = Barren	
		i = Discontinuous	
m = medium (T = 10.25 m, F, H = 0.5 - 2.0 m)		p = Tufts, groups	
l = low (T = 8.1 m, F, H = to 50 cm)		c = Continuous	

شكل (٤٧). الرموز المستخدمة فى عمل مخططات قطاعية توضح مجموعات الخصائص الستة الأساسية فى نظام دانسيرو لوصف الكساء الخضرى (نقلاً عن Kent & Coker 1992).

نظام كوتشلر (Kühler System)

يشتمل نظام كوتشلر على مفهوم التقسيم التسلسلى الـــهرمى (Hierarchical Approach)، فهو يبدأ بتقسيم الكساء الخضرى إلى قسمين كبيرين أساسيين همـــا كساء خشبى أو كساء عشبى، ثم يقسم الكساء الخشبى إلى سبعة أقســـام فرعيـــة والكساء العشبى إلى ثلاثة أقسام فرعية. وهذه الأقسام العشرة يمكن تقسيمها إلـــى مجموعات أصغر بناءاً على كونها تظهر أولا تظهر سيادة شكل حياة متخصص كما يتضح فيما يلى (عن Kent & Coker 1992) :

مراتب أشكال الحياة

أولاً : أشكال الحياة الأساسية

كساء خشبى (a)

١ــ عريض الأوراق دائم الخضرة	(B)
٢ ــ عريض الأوراق نفضى	(D)
٣ ــ إبرى الأوراق دائم الخضرة	(E)
٤ ــ إبرى الأوراق نفضى	(N)
٥ ــ عديم الأوراق	(A)
٦ ــ نصف نفضى	(S)
٧ ــ مختلط	(M)

obeikandl.com

كساء عشبى (b)

١ ــ النجيليات وأشباهها	(G)
٢ ــ الأعشاب	(H)
٣ ــ الأشن والحزازيات	(L)

ثانيا : أشكال الحياة الخاصة

١ ــ المتسلقات	(C)
٢ ــ عصيريات الساق	(K)
٣ ــ النباتات الخصلية (الحزمية)	(T)
٤ ــ الخيزرانيات (البامبو)	(V)
٥ ــ المتعلقات	(X)

المراتب التركيبية

أولاً : خصائص الأوراق

١ ــ قاسية (Sclerophyll)	(h)
٢ ــ ناعمة (Soft)	(w)
٣ ــ عصيرية (Succulent)	(k)
٤ ــ كبيرة (أكبر من ٤٠٠ سم٢)	(l)
٥ ــ صغيرة (أقل من ٤ سم٢)	(s)

obeikandi.com

ثانيا : التنضد (الطبقة الرأسية)

١	أقل من ٠,١ م	(١)
٢	٠,١ م ــ ٠,٥ م	(٢)
٣	٠,٥ م ــ ٢ م	(٣)
٤	٢ م ــ ٥ م	(٤)
٥	٥ م ــ ١٠ م	(٥)
٦	١٠ م ــ ٢٠ م	(٦)
٧	٢٠ م ــ ٣٥ م	(٧)
٨	أكبر ٣٥ م	(٨)

ثالثا : الغطاء النباتى

١ ــ متصل (أكبر من ٧٥%)	(c)
٢ ــ متقطع (٥٠ ــ ٧٥%)	(i)
٣ ــ رقعى (٢٥ ــ ٥٠%)	(p)
٤ ــ نادر (٥ ــ ٢٥%)	(r)
٥ ــ عارى أو مبعثر (١ ــ ٥%)	(b)
٦ ــ غير موجود أو شديد الندرة (أقل من ١%)	(a)

يمكن باستخدام هذه القائمة من الخصائص وصف أى موقع للكساء الخضرى تركيبياً عن طريق معادلة مكونة من حروف وأرقام تعبر عن هذه الخصائص (وهى المدونة على يسار كل خاصية). وقد زعم كوتشلر أن نظامه

obeikandi.com

يصف مجتمعات فعلية، كما يمكن تطبيقه لعمل خرائط نباتية ذات مقاييس مختلفة.

نظام فوسبرج (Fosberg System)

أحد أهم سمات هذا النظام أنه مؤسس تحديداً، مثل نظامى دانسيرو وكوتشلر، على خصائص الكساء الخضرى مع تجنب إدخال خصائص الوسط المحيط. يقسم الكساء الخضرى طبقاً لهذا النظام باستعمال مفتاح يبدأ بثلاثة بدائل هى كساء مغلق (Closed)، أو مفتوح (Opened) أو خفيف (Sparce)، ولذا فإن الاعتبار الأول قد أُعطىَ للفراغات أو لغطاء الكتلة الحية. تسمى هذه المجموعات بالمجموعات التركيبية الأولية (Primary structural groups). تنقسم بعد ذلك كل مجموعة تركيبية أولية إلى عدد من وحدات الكساء الخضرى وتسمى بالصفوف التكوينية (Formation classes). فعلى سبيل المثال تتميز المجموعة التركيبية الأولية المغلقة إلى ١٧ صفاً تكوينياً فردياً على أساس الاختلافات فى ارتفاع طبقات الكساء الخضرى ومدى اتصالها أو عدم اتصالها، ولكن يلزم على الأقل أن تكون إحدى هذه الطبقات المكونة لوحدة الكساء الخضرى متصلة أو مغلقة لكى تتميز كل هذه الصفوف التكوينية عن المجموعة التركيبية الأولية المفتوحة. وقد تم تحديد ٣١ صفاً تكوينياً فى المفتاح الأول (شكل ٤٨). وبعد ذلك يتم التقسيم الجزئى لهذه الصفوف التكوينية باستخدام مفاتيح منفصلة.

Closed	Vegetation	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	Forest			x	x	x	x	x	x	■
B	Scrub			x	x	x	x	x	■	
C	Dwarf scrub			x	x	x		■		
D	Open forest with closed lower layers			——— Closed ———						O
E	Closed scrub with scattered trees			x	x	x	x	x	■	S
F	Dwarf scrub with scattered trees			x	x	x		■		S
G	Open scrub with closed ground cover			—— Closed ——					O	
H	Open dwarf scrub with closed ground cover			- Closed -				O		
I	Tall savanna			— Closed —				s	s	S
J	Low savanna			- Closed -			s	s	s	S
K	Shrub savanna			— Closed —				Sparse		
L	Tall grass			x	x	x	■			
M	Short grass			x	x	■				
N	Broad leaved herb vegetation			x	■	ao	ao			
O	Closed bryoid vegetaion			■	s	s				
P	Submeged meadows	ao	■							
Q	Floating meadows	■	x							

Open	Vegetation	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	Steppe forest			Ao	ao	ao	ao	ao	ao	O
B	Steppe scrub			ao	ao	ao	ao	ao	O	
C	Dwarf steppe scrub			ao	ao	ao		O		
D	Steppe savanna			ao	ao	—O—		ao	ao	S
E	Shrub steppe savanna			ao	ao	ao	ao	s	S	
F	Dwarf shrub steppe savanna			ao	ao	O		S		
G	Steppe			—— O ——						
H	Brryoid steppe			O						
I	Open submerged meadows	s	O							
J	Open floating meadows	O	s							

Sparse vegetation		1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	Deser forest			s	s	s	s	s	s	S
B	Deser scrub			s	s	s	s	—S—		
C	Desert herb vegetation			——S——						
D	Sparse submeged meadows		S							

شكل (٤٨). ملخص نظام فوسبرج لتقسيم الكساء الخضرى (عن Müller-Dombois & Ellenberg, 1974)

■ Closed, O Open, S Sparse, x Absent to closed,

ao Absent to open, s Absent to sparse, Absent,

1 : Floating aquatic, 2: Submerged aquatic, 3: Bryoid, 4: Broad leaved herbs,
5: Short grass, 6: Tall grass, 7: Dwarf shrub, 8: Shrub, 9: Tree

نظام التكوين التركيبى البيئى لليونسكو

وضعت منظمة اليونسكو هذا النظام كقاعدة لعمل خريطة للكساء الخضرى العالمى بمقياس ١ : مليون على هيئة وحدات كساء خضرى تدل على أوساط محيطة أو مواطن متوازنة فى أجزاء مختلفة من العالم. وقد سجلت وحدات الكساء الخضرى طبقاً للتسلسل التالى:

صف تكوينى	Formation class
↓	
تحت صف تكوينى	Formation sub-class
↓	
مجموعة تكوينية	Formation group
↓	
تكوين	Formation
↓	
تحت تكوين	Sub-formation

وبناء على ما سبق تم تقسيم الكساء الخضرى العالمى إلى سبعة صفوف تكوينية هى:

١ ــ غابات مغلقة.

٢ ــ غابات مفتوحة أو أراضى أخشاب.

٣ ــ أرضى أشجار منخفضة أو شجيرات.

٤ ــ أراضى شجيرات متفرقة وأشباهها.

obeikandl.com

٥ ــ مجتمعات الأعشاب الأرضية.

٦ ــ الصحارى ومناطق الكساء الخضرى الخفيف.

٧ ــ تكوينات النباتات المائية.

ويتضح مما سبق أن حيز (Spacing) وارتفاع شكل النمو السائد قد عوملت كخصائص متوازنة فى الفصل بين التكوينات النباتية. ينقسم كل صف تكوينى خشبى جزئياً إلى تحت صفوف تكوينية فرعية على أساس كون الكساء الخضرى دائم الخضرة أو متساقط الأوراق، وقد قسمت تحت الصفوف الفرعية بعد ذلك إلى مجموعات تكوينية عن طريق المناخ التى تتواجد فيه، فعلى سبيل المثال مُيز من بين الغابات المغلقة دائمة الخضرة ما يلى:

١ ــ الغابات الاستوائية المطيرة.

٢ ــ الغابات الاستوائية وتحت الاستوائية الموسمية.

٣ ــ الغابات الاستوائية وتحت الاستوائية شبه متساقطة الأوراق.

٤ ــ الغابات المعتدلة المطيرة وغيرها.

تنقسم كل من المجموعات التكوينية، بعد ذلك، إلى عدد من التكوينات، فعلى سبيل المثال تنقسم المجموعة التكوينة للغابات الاستوائية المطيرة إلى ما يلى:

١ ــ الغابات الاستوائية المطيرة الواطئة.

٢ ــ الغابات الاستوائية المطيرة شبه الجبلية والجبلية.

٣ ــ الغابات الاستوائية المطيرة السحابية.

٤ ــ الغابات الاستوائية المطيرة شبه الألبية.

٥ ــ الغابات الاستوائية المطيرة الفيضية.

٦ ــ الغابات الاستوائية المطيرة الرطبة.

٧ ــ الغابات الاستوائية المطيرة المستنقعية.

obeikandl.com

المستوى الأقل من التكوين هو تحت التكوين، والذى يعتبر هو والتكوين الوحدات الأساسية للخريطة النباتية. فعلى سبيل المثال تنقسم الغابات الاستوائية المطيرة السحابية إلى تحت التكوينات التالية:

١ ــ تحت تكوين عريضات الأوراق.

٢ ــ تحت تكوين إبريات أو صغيرات الأوراق.

نظام كراجينا للمناطق الحيوية الأرضية المناخية
(Krajina Biogeoclimatic Zonation Scheme)

اشتق مفهوم المناطق الحيوية الأرضية المناخية (Biogeoclimatic zones) من مفهوم مناطق الكساء الخضرى (Vegetation Zones). فمناطق الكساء الخضرى تشير إلى غطاء الكساء الخضرى الموجود فى إقليم أو منطقة جغرافية لها مناخ عام متجانس، وعادة ما يشتمل غطاء الكساء الخضرى على عدد من المجتمعات النباتية على هيئة فسيفساء نباتية. ولذا فإن مفهوم "منطقة الكساء الخضرى" يختلف كلية عن مفهوم التكوين النباتى الذى يدل على مجتمع نباتى محدد من الناحية التركيبية أو المظهرية. يُعرف كراجينا المنطقة الحيوية الأرضية المناخية على أنها مساحة جغرافية يتحكم فيها بصفة اساسية نفس المناخ العام وتتصف بنفس الترب ولها ولكسائها الخضرى نفس الطور الذروى المناخى. ومن الناحية الجوهرية يمكن اعتبار مثل هذه المناطق كنظام بيئى ضخم ذى امتداد مناطقى أو إقليمى واسع والذى يحتوى على عدد من النظم البيئية الأصغر. لذا فإن نظام كراجينا لا يعتبر مخطط كساء خضرى وإنما يعتبر مخطط لنظام بيئى.

مفاهيم أشكال المجتمع النباتى المبنية على فكرة سيادة الأنواع

يمكن اعتبار النوع النباتى المفرد سهل الملاحظة أبسط وسيلة نوعية للتفريق بين المواقع حتى إذا كانت المنطقة فقيرة بالأنواع النباتية. ومن هذه الأشكال وصف العلماء شكلين من المجتمعات هما المجتمع الاشتراكى (Sociation) والمجتمع الاتحادى (Consociation). يعرف المجتمع الاشتراكى على أنه مجتمع نباتى متكرر الوجود ذو تركيب نوعى متجانس بحيث يوجد نوع واحد سائد على الأقل فى كل طبقة من طبقاته. وقد أشار دى ريتز (Du Rietz) إلى المجتمع الاتحادى (Consociation) فى حالة وجود نوع واحد سائد فى الطبقة العليا للكساء الخضرى فقط. وبناءاً على ذلك يمكن أن يعرف المجتمع الاتحادى على أنه مجتمع يحتوى على عدد من المجتمعات الاشتراكية العينية والتى يسود طبقتها العلوية نفس النوع النباتى بينما تساد طبقاتها الأخرى بأنواع مختلفة (شكل ٤٩). ومثل هذه المجتمعات التى تعرف على أساس سيادة نوع واحد فقط (المجتمعات الاتحادية) يمكن أن تشغل مواطن متباينة تبايناً شديداً. علاوة على ذلك فإن مفهوم النوع السائد المفرد لا يمكن تطبيقه فى مناطق عديدة. ومن الأفضل استخدام مفهوم للسيادة النوعية أكثر مرونة، حيث يمكن تحديد المجتمعات باستخدام نوع سائد أو أكثر فى كل مجموعة من مجموعات أشكال الحياة السائدة (Synusia). بسبب استخدم أكثر من نوع سائد لتحديد هذه المجتمعات فقد أطلق عليها كليمنتس مسمى العشائر (Associations) والتى عادة ما تكون كبيرة جداً وظروف مواطنها غير متجانسة، كما أنها تختلف كلية عن المفهوم الأوروبى للعشيرة.

شكل (٤٩) مخطط افتراضى يوضح العلاقة بين المجتمع الاتحادى (Consociation) والمجتمعات الاشتراكية (Sociation) المكونة له.

مفهوم العشيرة (Association Concept)

من الممكن التفريق بين العديد من وحدات الكساء الخضرى بسهولة إذا أخذ فى الاعتبار الأنواع المصاحبة إلى جانب الأنواع السائدة. تسمى الوحدات التى تعرف بمثل هذه الطريقة بالعشائر (Associations). وبالمغايرة مع المجتمع الاشتراكى (Sociation)، لا تظهر العشيرة نوع سائد واحد فى كل طبقة، لكن يستخدم بدلاً من ذلك أكثر من نوع فى كل طبقة لتحديد العشيرة. ومن المتفق عليه تطبيق مصطلح العشيرة على المجتمعات التى تتميز بما يلى : ١ ــ تركيب نوعى محدد، ٢ ــ مظهر متجانس، ٣ ــ ظروف موطنية متجانسة. ومع ذلك فإن الوفاء بهذه المتطلبات الثلاثة غالباً ما يكون غير ممكن، لكن من الممكن تحديد مجموعات معينة من الأنواع تتواجد تواجداً مشتركاً متكرراً فى عدة أماكن بالمنطقة، ثم توضع المجتمعات التى لها نفس مجموعات الأنواع فى مجموعة واحدة. يمكن تمييز مثل هذه المجموعات إما بمقارنة عدد كبير من عينات الكساء الخضرى مقارنة جدولية (Tabular comparison) أو بطرائق أخرى مثل التحليل متعدد المتغيرات (Multivariate analysis) الذى يشتمل على تقنيات التقسيم والتنسيق (Classification and ordination). وبناء على ما سبق يمكن تعريف مجموعة العشيرة كوحدة من الكساء الخضرى مشتقة من عدد من عينات أو مواقع الكساء الخضرى التى لها عدد معين من الأنواع الكلية يتكرر وجوده فيما بينها. يمكن تحديد العشيرة المفردة (بمعنى المجتمع العينى) فى الحقل عن طريق وجود عدد معين من الأنواع التابعة للمجموعة التشخيصية (Diagnostic Group).

نظام العشيرة النوعية لبرون بلانكيه

إستخدم برون بلانكيه العشيرة كوحدة أساسية فى نظامه التقسيمى للمجتمعات النباتية (Syntaxonomy). تعرف العشيرة عن طريق تركيبها النوعى، وخاصة

الأنواع المميزة التى تنفرد بها (Character species)، وأيضاً عن طريق عدد غير محدد من الأنواع التفريقية (Differentiating species). ومن الجدير بالذكر الإشارة إلى أن العشيرة لا تمثل أصغر وحدة كساء خضرى يمكن تعريفها طبقاً لهذا النظام.

استخدمت هذه الطريقة أيضاً فى تحديد وحدات الكساء الخضرى الأخرى الأعلى أو الأقل من مستوى العشيرة. واختصاراً يتكون هذا النظام من إعداد قوائم بالنباتات الموجودة فى المواقع، وبعد ذلك تجهز هذه القوائم على هيئة جداول تركيبية، ومن هذه الجداول تحدد الأنواع ذات التواجد المشترك فى عدة مواقع ويركز عليها، ولا تهمل الأنواع الفريدة لكل موقع (Unique species) لكنها لا تعطى نفس قيمة الأنواع ذات التواجد المشترك فى مجموعة المواقع. تعتبر مجاميع الأنواع ذات التواجد المشترك هى مفتاح تحديد وحدات الكساء الخضرى. وسوف يتم شرح هذه الطريقة تفصيلياً فيما بعد تحت عنوان تقسيم الكساء الخضرى باستخدام المقارنة الجدولية.

يتم تسمية المستويات المختلفة للمجتمعات النباتية طبقاً لهذا النظام باستخدام إسم جنس أهم النباتات المميزة كما يتضح من جدول (١١). وكما يتضح من هذا الجدول أيضاً يمكن جمع عشيرتين أو أكثر ذوات العدد الأكبر من الأنواع المشتركة تحت تحالف واحد، وكذلك تجمع التحالفات المتشابهة تحت رتبة واحدة، والرتب المتشابهة تحت طائفة واحدة وبالتساوى يمكن تقسيم العشيرة جزئياً إلى تحت عشائر وتحت العشيرة إلى متغيرات والمتغيرات إلى سحن. وللمساعدة فى عملية التسمية على نطاق واسع طبقاً لنظام برون بلانكيه، تم عمل نظام تسمية شفرى، وهو عبارة عن مجموعة من القواعد تحكم عملية تسمية الواحدات التقسيمية التسلسلية طبقاً لهذا النظام.

فى مصر استعان تـــادرس وتلاميـــذه Tadros & Atta (Tadros 1953, 1955a,b) بهذا النظام فى تحديد بعض المجتمعات النباتية على ســـاحل البحـــر المتوسط غرب الإسكندرية. فعلى سبيل المثال، ذكر تادرس وعطا Tadros & Atta (1958) أن الكساء الخضرى فى منطقة مريوط. ينتظم تحت تحالف نبـــات المتنان وأطلق عليه إسم *Thymelaeion hirsutae*، والذى يشـــتمل علـــى ثلاثـــة عشائر هى : عشيرة المتنان (*Thymeletum hirsutae*)، وعشيرة الينم والعنصـــل (*Plantagineto- Asphodeletum micocarpae*)، وعشـــــيرة العجـــــرم (*Anabasidetum articulatae*). إلا أن تطبيق هذا النظام فى مصر قد قل جـــداً مما يستدعى أن يعاد الاهتمام به خاصة أن معظم بلاد البحر المتوسط تستخدمه، مما يؤهلنا لعمل مقارنات حقيقية بين مجتمعات النباتات عندنا ومثيلاتها فى بـــلاد جنوب أوروبا.

جدول (١١). الوحدات التقسيمية التسلسلية لنظام برون بلانكيه.

المثال	النهاية المضافة	المستوى التصنيفى	
		المصطلح الأجنبى	المصطلح العربى
Molinio-Arrhenatheretea	-etea	Class	الطائفة
Arrhenatheretalia	-etalia	Order	الرتبة
Arrhenatherion	-ion	Alliance	التحالف
Arrhenatheretum	-etum	Association	العشيرة
Arrhenathertum brizetosum	-etosum	Sub-association	تحت العشيرة
Saliva variant of Arrhenathertum brizetosum	—	Variant	المتغير
Arrhenathertum brizetosum bromosum erecti	-osum	Facies	السحنة

تقسيم الكساء الخضرى باستخدام المقارنة الجدولية

يمكن تلخيص طريقة المقارنة الجدولية (Tabular comparison) لتقسيم مواقع الكساء الخضرى فى منطقة ما إلى عدد من العشائر النباتية (المجتمعات النباتية) فى الخطوات التالية:

١ ــ إعداد الجدول الخام (Raw table)، وهو الجدول الذى يشتمل على المعلومات المتعلقة بالتركيب النوعى لكل المواقع التى تم فحصها لمنطقة ما بغرض معرفة المجتمعات النباتية الممثلة لها.

٢ ــ إعادة كتابة الجدول الخام على صورة جدول ثباتية (Constancy table) بعد تحديد الأنواع التى تتواجد فى نسبة عالية من المواقع موضع الدراسة. يتم تحديد هذه النسبة بطريقة توفيقية، فمثلاً يمكن تعريف الأنواع الثابتة على أنها تلك التى تتواجد فى ٦٠% من المواقع على الأقل.

٣ ــ استخلاص الأنواع ذات التواجد المتوسط ومنها يتم تحديد الأنواع التفريقية (Differential species). يتم فى هذه المرحلة استبعاد الأنواع نادرة الوجود (Rare species) والتى يتم تحديدها بطريقة توفيقية أيضاً، فعلى سبيل المثال يمكن تحديد الأنواع النادرة على أنها تلك التى تتواجد فى أقل من ١٠% من المواقع.

٤ ــ من بين الأنواع ذات التواجد المتوسط، يتم نقل الأنواع التى يتكرر وجودها فى عدد من المواقع إلى جوار بعضها عن طريق تحريك المواقع والأنواع، مثل هذه المجموعة من الأنواع تسمى الأنواع التفريقية لأنها تفرق بين مجموعة من المواقع ومجموعة أخرى. يتم بعد ذلك وضع الأنواع بمواقعها فى جدول يسمى الجدول التفريقى (Differentiated table) حيث ترتب الأنواع التفريقية فيه من الأعلى إلى الأقل تواجداً.

٥ ــ الأنواع المتبقية هى الأنواع الثابتة والنادرة وتلك التى لها تواجد متوسط ولكن لا تظهر تصاحب واضح مع الأنواع التفريقية.

٦ ــ يمكن بعد ذلك مقارنة الجداول التفريقية مع جداول مشابهة للكساء الخضرى فى المناطق الأخرى، مما يؤدى إلى تحديد الاتجاهات التشخيصية لتوزيع الأنواع ومن ثم يمكن تحديد الأنواع المميزة (Character species) أو التشخيصية (Diagnostic species) داخل نفس الأقليم النباتى (Floristic province)، ويعرف النوع المميز بأنه الذى له تركيز عالى واضح فى شكل معين من أشكال الكساء الخضرى.

وقد استخدم شلتوت وآخرون (Shaltout et al. 1992) طريقة المقارنة الجدولية فى تحديد العشائر النباتية المصاحبة للمحاصيل الصيفية الأساسية (القطن والأرز والذرة) فى منطقة دلتا النيل وتوصلوا إلى تحديد ثلاثة عشائر هى : عشيرة الأمرنش *(Amaranthus viridis)*، وعشيرة تيل شيطانى ــ سسابان (*Hibiscus trionum – Sesbania sesban* association). وكلاهما تمثل حشائش حقول القطن والذرة، وعشيرة دنيبة– عجيرة *(Echinochloa crus-galli – Cyperus diformis)* التى تمثل حشائش حقول الأرز ذات التنوع الفريد عن بقية حشائش المحاصيل الصيفية (جدول ١٢).

جدول (١٢). الجدول التفريقى لعشائر حشائش الصيف فى منطقة دلتا النيل (Shaltout et al., 1992). قيمة الأنواع تمثل ٩ مستويات تواجد بمدى مقدارة ١٠%.

Stand	*Amaranthus virridis* association																															*Hibiscus trionum-Seshania sesban* association										*Echinochloa crus-galli Cyperus difformis* association						
Species	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	21	22	23	27	28	30	31	34	35	36	38	46	48	49	50	51	53	54	55	56	72	73	74	75	76	77	78	79	80	85	86	87	88	89	90	91	92
Characteristic species of *Echinochloa colonum-Dinebra retroflexa* allinance:																																																	
Echinochloa colonum	7	7	7	6	6	9	7	8	8	6	8	9	7	6	5	3	8	8	7	9	9	3	8	9	7	8	7	7	3	-	9	8	7	6	6	6	8	9	9	8	6	9	8	9	-	9	-	-	9
Dinebra retroflexa	4	7	3	6	8	7	6	8	8	4	6	8	6	2	2	9	9	8	7	8	6	4	6	8	6	5	4	6	5	9	6	8	6	4	3	4	8	-	8	8	4	8	9	-	-	-	-	-	-
Corchorus olitorius	3	3	-	3	3	8	6	8	8	6	4	9	3	4	3	9	9	9	3	9	9	3	6	-	-	6	6	2	2	9	-	8	5	6	6	6	8	9	9	8	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Portulaca oleraca	7	8	6	7	6	9	4	-	8	7	6	9	7	7	9	9	8	9	4	8	9	6	8	-	9	9	7	6	5	9	9	8	9	6	2	-	-	9	8	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Sida alba	4	4	2	6	2	6	6	8	8	3	4	2	2	2	2	8	8	8	3	9	9	2	4	8	-	3	4	3	2	8	5	8	-	7	6	6	-	4	-	8	-	8	-	8	-	-	-	-	-
Differential species of *Amaranthus viridis* association:																																																	
Amaranthus viridis	2	2	4	3	3	6	4	8	8	6	4	9	6	6	-	8	9	9	4	9	7	3	6	8	9	5	3	6	5	8	9	9	-	4	4	4	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cyperus rotandus	2	2	3	3	2	9	4	6	9	7	4	8	7	7	2	-	-	9	4	6	9	6	-	6	9	3	2	2	3	8	9	9	-	2	4	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Convolvulus orvensis	7	9	3	3	3	9	9	8	9	2	6	6	-	-	5	9	9	9	4	8	3	4	6	9	6	6	2	6	-	-	-	-	5	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Brachiaria reptans	4	6	2	7	5	6	7	8	8	6	2	-	2	2	2	7	9	8	7	2	4	2	4	-	6	-	2	4	2	8	9	8	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amaranthus hybridas	2	2	-	-	-	-	3	2	9	2	4	7	3	2	2	9	8	8	6	-	-	-	2	8	-	3	2	2	2	8	9	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Differential species of *Hibscus trionum-Seshania* association:																																																	
Hibiscus trionum	-	-	-	-	-	-	2	8	8	2	2	6	3	2	2	8	7	-	-	8	3	-	-	-	-	5	-	8	8	9	-	-	5	6	6	6	8	9	9	7	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Cynodon dactylon	-	-	-	-	-	9	-	-	4	9	-	6	3	3	2	9	8	9	2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sonchus oleraceus	-	2	-	-	2	4	-	-	-	2	-	-	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-	2	2	3	3	2	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Aster squamous	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	7	4	4	6	-	-	9	-	3	8	-	-	-	-	-	-
Seshania sesban	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	6	6	3	2	2	8	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Beta vulgaris	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	4	2	3	-	4	2	2	2	2	-	-	-	-	-	-	-
Malva parviflоa	-	-	-	-	-	-	2	6	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	3	2	-	3	-	-	8	4	-	-	-	-	-	-	-	-
Rume dentaus	2	2	-	-	3	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	3	-	-	-	3	3	2	4	3	4	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
Chenopodium murole	2	2	2	3	-	3	2	-	-	-	-	-	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-	4	3	2	-	2	-	-	-	9	-	-	-	8	-	-	-
Xanthium brasilicum	2	2	2	2	2	7	4	6	8	3	2	2	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	2	2	-	9	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Differential species of *Echinochloa crus-galli-Cyperus difformis* association:																																																	
Phragmites austiralis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	3	9	-	9	-	-	2	8	9	8	8	-	-	-
Echinochloa crus-galli	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	4	3	-	-	-	-	-	9	9	9	9	9	9	9
Cyperus difformis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	9	8	8	9	9	8
Ammannio auriculata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	8	8	9	9	8
Paspalum distichum	-	-	-	2	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	8	9	8	-	9	9	8

٣ صفات الكساء الخضرى وطرائق تقديرها

يمكن تقسيم صفات الكساء الخضرى إلى مجموعتين من الصفات هما الصفات الوصفية (الكيفية) والصفات التقديرية (الكمية). وقبل الحديث تفصيلياً عن هذه الصفات يجدر الإشارة إلى ما ينبغى أن يؤخذ فى الاعتبار قبل وصف وتحليل الكساء الخضرى فى منطقة ما، حيث أن كل المعالجة المتتابعة للبيانات والاستنتاجات التى يمكن أن نخرج بها تعتمد أساساً على خصائص الاختيار المبدئى للمواقع التى سيتم دراستها. وعموماً توجد أربع خطوات أساسية يجب أخذها بعين الاعتبار وهى:

١ ــ تعريف النظم البيئية طبقاً لأنواع المواطن التى تميزها،

٢ ــ اختيار مواقع الكساء الخضرى التى سيتم دراستها داخل النظام البيئى المعرف،

٣ ــ تحديد حجم وشكل البقع (Plots) التى سيتم أخذ العينات منها داخل المواقع (Stands)

٤ ــ معرفة ما ينبغى تسجيله وقياسه بعد تحديد المواقع والبقع.

يتم اختيار المواقع التى تمثل الكساء الخضرى لنظام بيئى معين من خلال الاستطلاع الجيد والمعارف المتراكمة عن المنطقة ككل. تحدد بعد ذلك البقع داخل المواقع التى تم اختيارها بحيث تمثل النظام البيئى التى تنتمى إليه تمثيلاً نموذجياً. وبغض النظر عن الطريقة المستخدمة للتحليل الحقلى يجب أن يوفى الموقع المختار بالمتطلبات التالية:

١ ــ ينبغى أن يكون كبيراً بدرجة تكفى لاحتوائه على كل أو معظم الأنـــواع المكونة للمجتمع النباتى محل الدراسة،

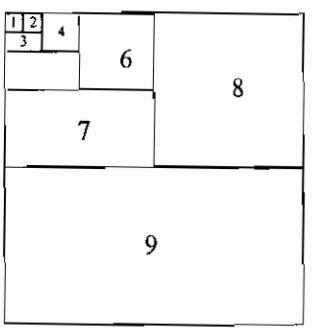
٢ ــ تكون ظروف الموطن متماثلة داخل مساحة الموقع بقدر الإمكان،

٣ ــ يكون الغطاء النباتى متجانس قدر الإمكان،

٤ ــ تمثل الأنواع فى كل البقع داخل الموقع الواحد بطريقة كاملة ما أمكـــن ذلك.

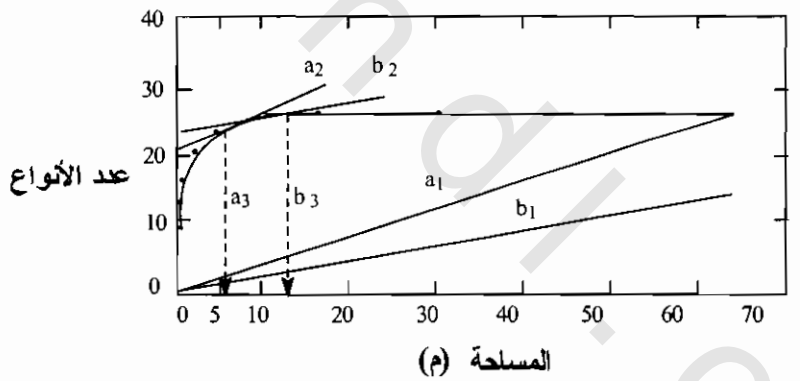
المساحة الصغرى (Minimal Area):

لتحديد المساحة الكافية التى تحتوى على كل الأنـــواع الممثلـــة للمجتمـــع النباتى يتم تقدير ما يعرف بإسم المساحة الصغرى، وهى أصغر مســـاحة يتمثـــل فيها التركيب النوعى للمجتمع النباتى قيد الدراسة تمثيلاً كافيـــاً. تعتـــبر هـــذه المساحة الصغيرة دليلاً لما ينبغى أن يكون عليه حجم الموقع. وعادة مـــا يتـــم تقدير هذه المساحة بطريقة البقع المتداخلة (Nested Plot Technique)، حيـــث يتم تحديد مساحة صغيرة ولتكن (٠,٥ × ٠,٥م) ثم تسجل كل الأنواع الموجودة بداخلها، ثم تضاعف المساحة بعد ذلك مرتين وأربعة وثمانية مرات وهكـــذا، وفى كل مرة يتم تسجيل الأنواع الجديدة التى ظهرت فى كل مســـاحة (شـــكل ٥٠).



شكل (٥٠). نظام البقع المتداخلة لتحديد المساحة الصغرى. كل بقعة مرقمة تلى البقعة رقم ١ تشتمل على مساحة البقعة السابقة ولذا فإن البقـــع ذات الأرقـــام الفردية تكون مربعة والبقع ذات الأرقام الزوجية تكون مستطيلة.

ونستمر فى مضاعفة المساحة حتى يصبح ظهور أنواع جديدة منعدماً أو قليلاً جداً. يتم بعد ذلك رسم العلاقة بين عدد الأنواع والمساحة المقابلة على شكل منحنى يعرف بإسم منحنى النوع والمساحة (Species-Area Curve). تعتبر المساحة الصغرى هى المساحة التى يبدأ عندها المنحنى المتزايد المائل فى الاستواء (شكل ٥١). ولتحديد ذلك بدقة يرسم مستقيم من نقطة الأصل إلى نقطة تحدد بقيمة ١٠% من قيم كل من المحور السينى والصادى، ثم يرسم مستقيم آخر يوازى المستقيم الأول ويمس منحنى النوع والمساحة (المماس لمنطقة استواء المنحنى)، ثم نسقط عموداً من نقطة التقاء المماس مع المنحنى إلى المحور السينى، وبذا يتم تحديد المساحة الصغرى. يمكن استخدام مماس آخر وهو الموازى للمستقيم المنطلق من نقطة الأصل إلى نقطة تحدد بقيمة ١٠% من المحور السينى (المساحة) و٥% من المحور الصادى (عدد الأنواع).



شكل (٥١). منحنيات النوع والمساحة لأحدى أراضى المراعى. a_1 : خط ١٠%، a_2 : المماس الموازى لخط ١٠%، a_3 : المسقط إلى المساحة الصغرى مبنى على أساس زيادة ١٠% من الأنواع. b_1 : خط ٥%، b_2 : المماس الموازى لخط ٥%، b_3 : المسقط إلى المساحة الصغرى مبنى على أساس زيادة ٥% من الأنواع.

أولاً : الصفات الوصفية

١ـ التركيب النوعى (Floristic Composition)

يقصد بهذه الصفة قائمة الأنواع النباتية التى يتكون منها المجتمع النباتى أو الكساء الخضرى ككل. يعتبر هذا التحديد أول وأهم مرحلة فى دراسة المجتمع النباتى. ومن الناحية العملية ليس من السهل الحصول على قائمة بكل الأنواع الموجودة، ومن ثم فإن المشتغلين بهذه الدراسات يكتفون بتحديد أسماء الأنواع النباتية الوعائية وفى بعض الأحيان يضيفون إليها الأشنات والحزازيات. ولإعداد قائمة الأنواع النباتية فى مكان ما يتحتم مراقبة وجود هذه النباتات على فترات متعاقبة، إذ إنه تحت الظروف الطبيعية لا تظهر النباتات فى وقت واحد وإنما على فترات متتالية تتباين فى أثنائها خواص الموطن من تربة ومناخ. وقائمة النباتات ذات أهمية كبيرة، إذ لكل نوع من النباتات مجاله البيئى (Ecological range) المميز له، ومن ثم فإن تحديد الأنواع الموجودة يدل، إلى حد كبير، على خواص الموطن الذى تعيش فيه.

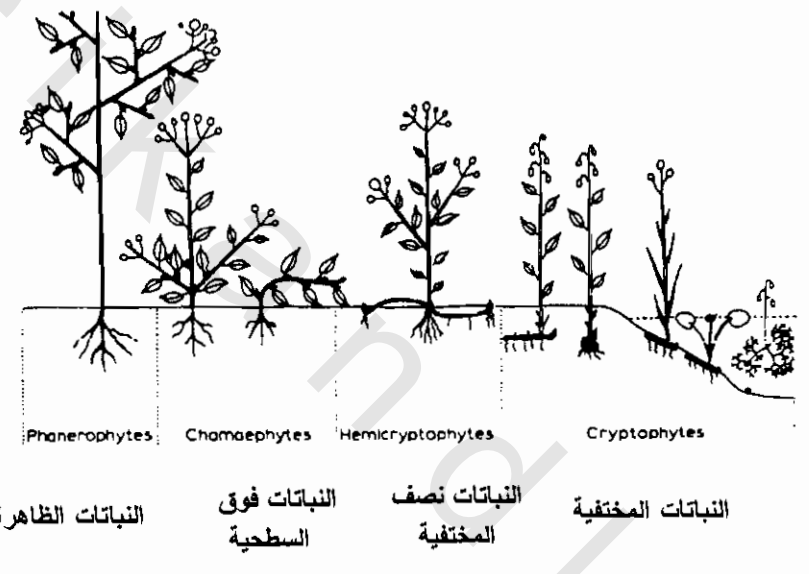
وقد جرت العادة عند تحديد القوائم النباتية التمييز بين الأنواع الرئيسية (الشائعة) وغير الرئيسية (النادرة). إلا أنه من وجهة النظر العملية يجب إدراج كل الأنواع فى القوائم، فبعض الأنواع التى تبدو نادرة فى زمن الدراسة يمكن أن تعطى فيما بعد معلومات عن ظروف بيئية كانت سائدة فى الماضى، أو قد تدل على ما يمكن أن يحدث فى المستقبل. وفى الغالب، قد يرجع عدم إدراج كل الأنواع النباتية فى قائمة التركيب النوعى للمجتمع إلى عدم مقدرة الباحث على معرفة كل الأنواع الموجودة. كما يمكن أن يعبر اختلاف عدد الأنواع النباتية من مكان إلى آخر عن تغير واضح فى طبيعة الظروف البيئية. فعلى

سبيل المثال يتغير عدد الأنواع النباتيـــة فـــى أرض الحشـــائش فـــى منطقـــة كولورادو بأمريكا الشمالية كثيراً بالإرتفاع عن سطح البحـــر، إذ يوجـــد ١٦٠ نوعاً نباتياً فى الوديان على ارتفاع ١٦٠٠ متر و ١٣٩ نوعاً علـــى ارتفـــاع ٢٣٠٠ متر و ١٣٠ نوعاً على ارتفاع ٢٥٥٠ متر و ٥٠ نوعـــاً فقـــط علـــى ارتفاع ٣٥٠٠ متر.

٢ ـ أشكال الحياة (Life Forms)

يعرف شكل حياة النبات على أنه صورة من صور النمو يعكـــس علاقـــة واضحة مع العوامل البيئية الهامة. فعلى سبيل المثـــال الشـــجرة المتســـاقطة الأوراق (Deciduous tree) ذات شكل حياة يستجيب للموســـم غـــير الملائـــم (البرودة الشديدة مع مقدم الخريف، على سبيل المثال) عـــن طـــريق إســـقاط أوراقه. وأشكال الحياة تحددها صفات وراثية كامنة داخـــل النباتـــات، إلا أن الظروف البيئة تلعب دوراً هامـــاً فى ذلك، فعـــلى سبيل المثـــال تتغير فـــترة حياة بعض النباتات النجيلية باختلاف الظروف البيئية. فالنوع النباتى المســـمى برومس كاثرتيكس (*Bromus catharticus*) تصل فترة حياتـــه فـــى أمريكـــا الجنوبية إلى أكثر من أربعة سنوات (نبات معمر : Perennial)، ولكنه عندمـــا يزرع فى أمريكا الشمالية تنتهى فترة حياته بانتهاء فصل الشتاء (نبات حولـــى: Annual). وتحدد أشكال النباتات السائدة فى المجتمع النباتى مظـــهره العـــام. تتنافس النباتات التى تنمو سوياً ولها نفس شكل الحياة تنافســـاً مباشـــراً علـــى الموارد المتاحة فى نفس المكان والعش (Niche) حيـــث يـــدل تشـــابهها فـــى التركيب والشكل على تشابه فى التأقلم على استخدام الموارد البيئية فى مكـــان معين. وبالطبع فإن أنواعاً تنتمى إلى فصائل متباينة يمكن أن يكون لها نفـــس شكل الحياة، ومثال ذلك النباتات عصيرية السوق التابعة للفصيلة الصباريـــة (Cactaceae)، واللبنية (Euphorbiaceae) و الزنبقية (Liliaceae).

توجد نظم متعددة لتحديد أشكال حياة النباتات، وسوف نتناول بالشرح أحد أهم هذه النظم وأكثرها شيوعاً وهو نظام رونكير (نقلاً عن Kershaw 1973) والذى بناه اعتماداً على مواضع البراعم (بالنسبة لسطح التربة) التى تستطيع النباتات بواسطتها تجديد نموها بعد تخطى الظروف البيئية المتطرفة كالبرد القاسى أو الجفاف الشديد. ويشتمل هذا النظام على خمسة أقسام رئيسية وفيما يلى وصفها (شكل ٥٢):



شكل (٥٢) : تمثيل تخطيطى لأشكال الحياة طبقاً لرونكير (Raunkier)

١) **النباتات الظاهرة** (Phanaerophytes). تولد البراعم الدائمة (أو قمم الأفرع) على ارتفاع أكبر من ٢٥ سم فوق سطح الأرض. ويمكن تمييزها حسب خاصية دوام وحماية البراعم إلى:

أ ــ نباتات ظاهرة دائمة الخضرة براعمها غير حرشفية،

ب ــ نباتات ظاهرة دائمة الخضرة براعمها حرشفية،

جـ ــ نباتات متساقطة الأوراق براعمها حرشفية.

٢) **النباتات فوق السطحية (Chamaephytes)**. تولد البراعم الدائمة (أو قمم الأفرع) على ارتفاع لا يزيد عن ٢٥سم من سطح الأرض ويمكن تمييزها إلى ما يلى:

أ ــ **النباتات فوق السطحية القائمة (Suffruticose Chamaephytes)**. تخرج البراعم التجديدية من الأجزاء السفلية للسوق القائمة حيث تكون أقل عرضة لعوامل الوسط المحيط.

ب ــ **النباتات فوق السطحية الكامنة (Passive Chamaephytes)**. تشبة المجموعة السابقة، غير أنه بحلول الظروف غير الملائمة تتدلى السوق القائمة الضعيفة أفقياً بمحازاة سطح الأرض، وتخرج البراعم على طولها حيث تجد بعض الحماية من عوامل الوسط المحيط.

جـ ــ **النباتات فوق السطحية النشطة (Active Chamaephytes)**. فى هذه المجموعة تتجه المجاميع الخضرية بشكل دائم أفقياً بمحازاة سطح الأرض، وعادة ما تخرج جذور عرضية على طول أفرعها.

د ــ **النباتات فوق السطحية الوسادية (Cushion Chamaephytes)**. تعتبر هذه المجموعة شكل مختزل ومدمج من أشكال النباتات فوق السطحية النشطة

٣) **النباتات نصف المختفية (Hemicryptophytes)**. تولد البراعم التجديدية ملاصقة لسطح الأرض، وتموت كل الأجزاء فوق الأرضية بحلول الظروف غير الملائمة. ويمكن تمييز الأقسام التالية من النباتات نصف المختفية:

أ ــ **النباتات نصف المختفيـــة الأوليـــة (Proto-Hemicryptophytes).** وفيها تكون معظم الأوراق القريبة من سطح الأرض أقل نمـــواً مـــن مثيلاتها العلوية، مع ظهور بعض البراعم التجديدية بمستوى ســـطح الأرض.

ب ــ **النباتات نصف المختفية شبه الوردية**

(Partial Rosette-Hemicryptophytes)

تكون الأوراق جيدة النمو ما يشبه الوردة عنـــد قـــاعدة الأفـــرع الهوائية، ولكن توجد بعض الأوراق أعلى الأفرع.

جـ ــ **النباتـــات نصـــف المختفيـــة الورديـــــة (Rosette-Hemicryptophytes)** وفى هذه المجموعـــة تنحصـــر الأوراق مكونة شكل وردى عند قواعد الأفرع الهوائية.

٤) **النباتات المختفيـــة (Cryptophytes).** تولـــد الـــبراعم التجديديـــة لـــهذه المجموعة تحت مستوى سطح الأرض أو مغمورة فى الماء. ويمكن تمييز الأقسام التالية:

أ ــ **النباتات المختفية الأرضية (Geophytes).** ينـــــدرج تحـــت هـــذه المجموعة النباتات التى لها سوق تحت أرضية مثـــل الريزومـــات والكورمات والدرنات والأبصال والتى تقضى الموسم غير الملائـــم مختفية تحت الأرض ومستعينة بالغذاء المخزن داخلها ومنها تخرج البراعم لإنتاج الأفرع الهوائية للموسم القادم.

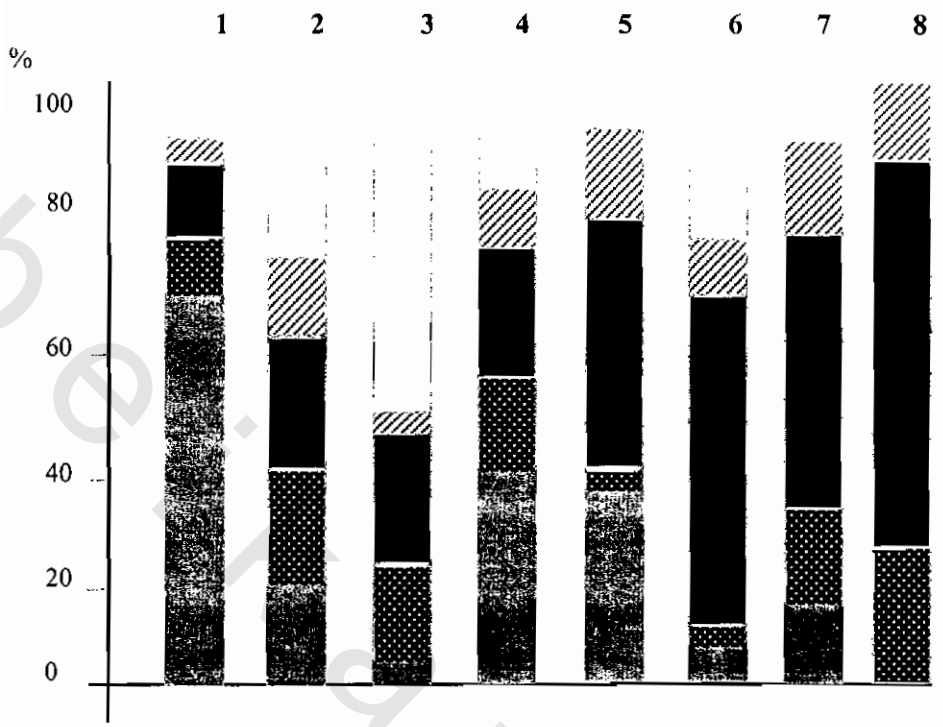
obeikandi.com

ب ــ **النباتات المختفية الرطوبية (Helophytes)**. وهى النباتات التى توجد أعضائها المعمرة فى التربة أو الطين تحت مستوى الماء وأفرعها الهوائية فوق سطح الماء.

جـ ــ **النباتات المختفية المائية (Hydrophytes)**. وهى النباتات التى توجد براعمها التجديدية تحت الماء وأوراقها مغمورة فى الماء أو طافية على سطحه.

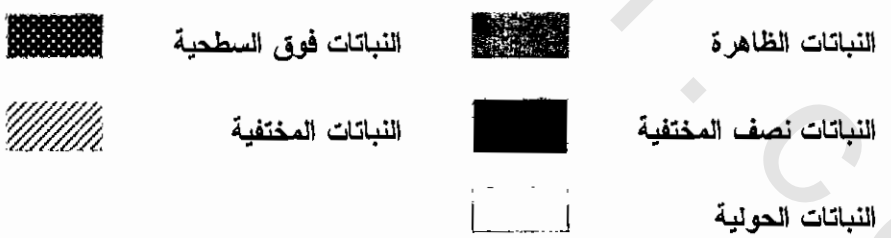
٥) **النباتات الحولية (Therophytes)** وهى النباتات التى تستكمل دورة حياتها من البذرة إلى البذرة خلال الموسم الملائم من العام. وقد تقتصر مدة حياتها على أسابيع قليلة.

يمكن تقسيم الأنواع النباتية فى منطقة ما طبقاً لأشكال حياتها وأعداد الأنواع التى توجد فى كل شكل، وعندما ينسب عدد الأنواع الممثلة لكل شكل إلى العدد الكلى للأنواع فأننا نحصل على ما يسمى بالطيف الأحيائى أو البيولوجى (Biological Spectrum). وإذا ما أجرى هذا الإحصاء فى بقاع مختلفة من العالم فإننا نحصل على عدد من الأطياف الأحيائية كل منها يميز منطقة ذات صفات مناخية معينة. فمثلا فى المناطق القطبية وأعالى الجبال حيث الجو شديد البرودة، لا تنمو النباتات الظاهرة التى تسود الغابات الاستوائية، أما المناطق الجافة والصحراوية فى جميع أنحاء العالم فتتميز بطيف أحيائى تسوده النباتات الحولية (شكل ٥٣).



1 : الغابات الاستوائية المطيرة، 2 : السافانا، 3 : الصحارى، 4 : البحر المتوسط، 5 : الغابات المعتدلة النفضية، 6 : أراضى الحشائش المعتدلة، 7 : الغابات الشمالية، 8 : التندرا القطبية.

شكل (٥٣). التوزيع النسبى لأشكال حياة النظم البيئية الكبيرة فى العالم



يتضح من جدول الطيف الأحيائى للنباتات المصرية (جدول ١٣) أن الحوليات تشكل أكثر من نصف عدد النباتات (٥١%)، أما النباتات الظاهرة فهى أقل أشكال الحياة تمثيلاً (٥,٧%).

جدول (١٣). الطيف الأحيائى للكساء الخضرى المصرى (Hassib 1951)

شكل الحياة	عدد النباتات	النسبة (%)
النباتات الظاهرة	١٠٠	٥,٧
النباتات فوق السطحية	٢٣١	١٣,١
النباتات نصف المختفية	٢٥٩	١٤,٧
النباتات المختفية	٢٧٣	١٥,٥
النباتات الحولية	٨٩٩	٥١,٠
الكل	١٧٦٢	١٠٠

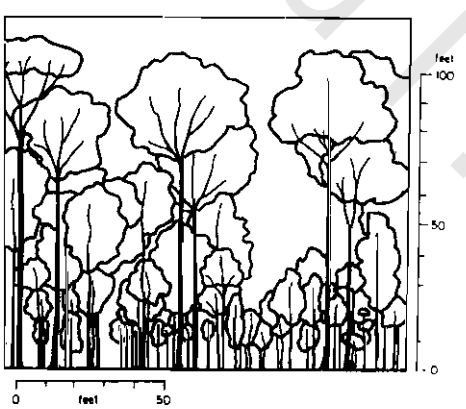
فى بعض الدراسات البيئية يستخدم تعبير آخر وهو مظهر النمو (Growth form) الذى يعبر عن طبيعة نمو الأفراد التابعة لنوع نباتى واحد فى العديد من المواطن. وقد وجد أن أفراد النوع الواحد تختلف فى طبيعة نموها وأطوالها من موطن إلى آخر. فعلى سبيل المثال يصل طول نبات إشنان (*Salsola kali*) إلى ٦٠ سم فى موطن ما، فى حين قد لا يزيد طوله فى موطن آخر مجاور عن ٥ سم، ويعود ذلك إلى عدم ملائمة الموطن الثانى لنمو هذا النوع أو إلى المنافسة الشديدة مع نباتات أخرى. وقد يختلف مظهر نمو الأفراد التابعة لنفس النوع داخل نفس الموقع وذلك تبعا للتغيرات الدقيقة فى الظروف البيئية الموضعية.

٣ـ التنضد أو الطبقات الراسية (Stratification)

يقصد به وجود النباتات أو اجزائها فى مستويات مختلفة فى نفس الموقع. يحدث التنضد نتيجة التباين فى احتياجات الأنواع النباتية المختلفة، ومن ثم فإنها تنمو فى طبقات تختلف عندها الظروف البيئية من حرارة وضوء ورطوبة وغيرها. ويختلف عدد الطبقات فوق الأرض تبعا لطبيعة المجتمع النباتى، فالمجتمعات الرائدة (Pioneer communities) التى تمثل المراحل الأولى من مراحل التعاقبات للمجتمعات تتكون فى العادة من طبقة واحدة

مشتملة على نباتات بسيطة مثل الأشن والحزازيات والحوليات الصغيرة، وكلما تقدم المجتمع فى تكوينه (بمعنى زيادة التعاقب) زاد عدد الطبقات.

يبدو التنضد واضحاً فى الغابات الاستوائية المطيرة (شكل ٥٤)، ففى نيجيريا على سبيل المثال نجد أن الطبقة العليا تتكون من أشجار ارتفاعها بين ٣٦ ــ ٤٥م تقريباً، إلا أن عدد الأنواع النباتية فى هذه الطبقة يكون محدوداً وتتصف بأغصانها المنتشرة فى شبه مظلة قطرها يصل إلى ٢٤ مترا، ولا تلامس الأغصان التابعة لكل شجرة أغصان الأشجار المجاورة. تتكون الطبقة المتوسطة، وأطوال أشجارها بين ١٥ و ٣٦ متراً، من العديد من الأنواع النباتية بتيجانها المستديرة المتلاصقة والتى قد يصل قطر كل منها إلى نحو ٢,٧ متر تقريباً. أما الطبقة الشجيرية الدنيا فارتفاع أنواعها لا يزيد عن ١٥ متراً وتيجانها مخروطية الشكل وأوراقها كبيرة الحجم والتيجان متلاصقة ومرتبطة بأنواع نباتية اخرى متسلقة. تتكون الطبقة الشجيرية من نباتات قصيرة إلا أنها ضعيفة التكوين وغير واضحة. ويلى ذلك طبقة الأعشاب وهى أقل نضجاً وتحديداً ولا يزيد طولها عن متر واحد، ولا توجد طبقة النباتات الأرضية على الإطلاق بسبب التزاحم الشديد وضعف وصول الضوء إلى أرض الغابة.



شكل (٥٤). مخطط قطاعى لغابة

يمكن أن يختلف التركيب النوعى لكل طبقة من منطقة إلى أخرى، ومن ثم فإن مجموعات مختلفة من النباتات متشابهة فى مظهر حياتها يمكن تمييزهـــا. وكما يحدث تنضد فى المجموع الخضرى يحدث أيضا فى المجموع الجـذرى. ويرجع تنضد المجموع الجذرى إلى عوامل كثيرة منها التباين فـــى المحتـــوى الرطوبى للتربة وكمية ما تحتويه من أملاح معدنية فـــى طبقاتـــها المختلفـــة ونوعيتها.

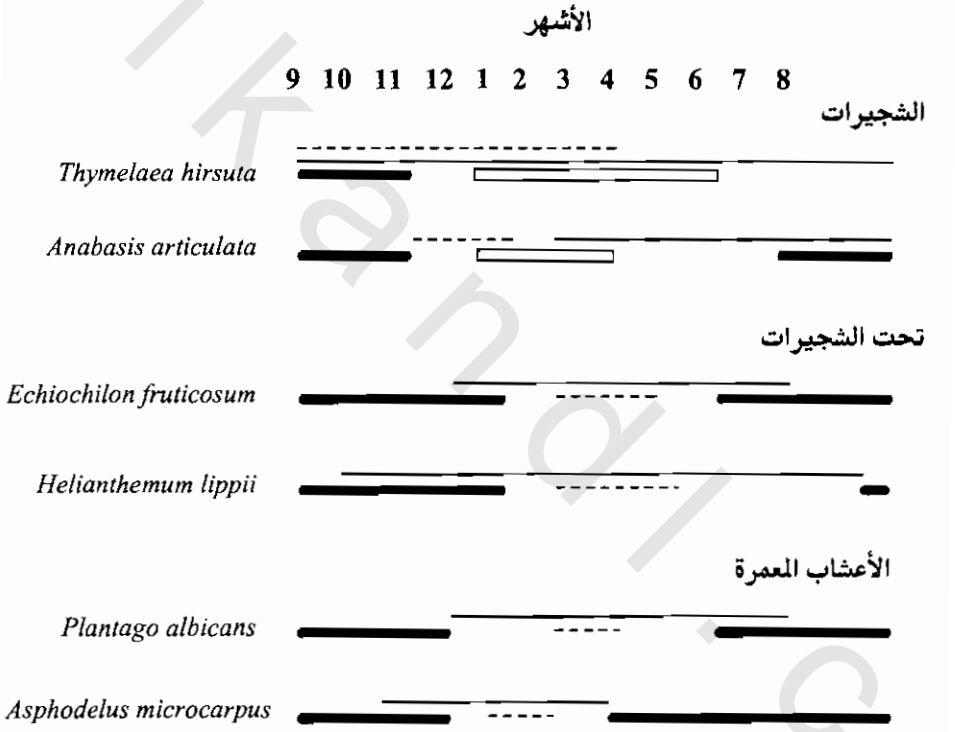
٤ـ الموسمية والظواهر الشكلية (Periodicity and Phenology)

تشير صفة الموسمية إلى مراحل النمو على مستوى الكساء الخضرى ككل أو على مستوى المجتمع النباتى أو أى جماعة نوعية تابعة له. ويشـــمل ذلـــك تحديد التغيرات الموسمية المنتظمة من حيث التركيب والمظهر والوظيفة مثـــل التوريق والإزهار والإثمار والبناء الضوئى والنتح وزيـــــادة النمـــو. تحـــدث الموسمية نتيجة صفات وراثية خاصة لكل نوع نباتى اكتسبها نتيجة تعرضـــــه لمجموعة من الظروف البيئية على مدى حياته الطويلة على الأرض. ومعظـــم المجتمعات النباتية لها مواسم نمو محددة ترتبط إلـــى حـــد كبـــير بـــالتغيرات الموسمية فى الوسط المحيط مثل التباين فـــى كميـــات الرطوبـــة والحـــرارة والضوء، وأهم هـــذه المواســـم الربيعـــى (Vernal) والصيفـــى (Asetival)، والخريفى (Autumnal) والشتوى (Hibernal).

تعبر خاصية الظواهر الشكلية عن التغيرات الظاهرية التى تحدث لجماعة أى نوع نباتى على مدار العام مثل ظـــهور البـــادرات والـــبراعم الخضريـــة والزهرية والإزهار والإثمار وكذلك تساقط الأوراق والأفرع وكمون أو مـــوت الأفراد، ويتم ذلك بإضافة حرف أو رمز يعبر عن حالة النبات وقت فحصه فى الحقل ويمكن الاستعانة بالرموز التالية : الإنبات (g)، الإزهار (fl)، الإثمـــــار (fr)، الذبول (st)، الموت (w)، والتواجد على هيئة بذور فقط (sd). ورغـــم أن هذه صفة من الصفات الوصفية إلا أنه يمكن تقديرها كمياً عن طريق التســـجيل

الدورى لأفراد معلمة (أو لأفرع شجرة) داخل مربعات مستديمة. ويمكن تمثيل الظواهر الشكلية التى تطرأ على نوع ما خلال العام بالاستعانة بمخططات بيانية كالمخطط الموضح بالشكل (٥٥) الذى يمثل عدد من جماعات النباتات بالساحل الغربى للبحر المتوسط بمصر (Ghali 1984).

للموسمية والظواهر الشكلية تأثير كبير على مقدار التنافس والترابط بين الأنواع النباتية، فحدوث النموات الخضرية أو تفتح الأزهار وتكوين الثمار للأنواع المختلفة فى مواسم مختلفة من شأنه أن يقلل المنافسة ويزيد من وجود ترابط بين هذه الأنواع.



شكل (٥٥). الظواهر الدورية للنباتات السائدة فى بيئة المنخفضات غير الملحية بمنطقة العميد بالساحل الشمالى الغربى لمصر من سبتمبر حتى أغسطس ١٩٧٨ (عن Ghali 1984 بتصرف) – : الإخضرار (ما قبل الإزهار)، -- التبرعم والإزهار، ▭ إثمار وسقوط البذور، ▬ كمون

٥ ـ الحيوية و القوة (Vitality and Vigor)

يلاحظ الإنسان عند قياس الكتلة الحية للنبات (أو كمية غطائه) أن بعض الأنواع ذات نمو ضعيف جداً والأخرى ذات نمو قوى جداً وذلك بالمقارنة بنمو نفس النوع فى أماكن أخرى. مثل هذه الملاحظات يمكن أن تعطى بعض المعلومات عن المركز التنافسى للنوع داخل المجتمع النباتى، ويمكن أن تدل أيضاً على الاتجاه التطورى للنوع داخل المجتمع بالمقارنة بالمجتمعات الأخرى. تستخدم عدة خصائص فى تحديد حيوية أو قوة النبات مثل مقادير ومعدلات طول النبات، ونمو الأغصان والأوراق والجذور، والإزهار، والهلاك بسبب آفات، وكمية الأجزاء الميتة وخاصة فى النباتات وسادية الشكل. وقد اقترح برون بلانكيه الاستعانة بالأقسام التالية لتحديد درجة حيوية النبات:

أ ــ ضعيف جداً ولا يثمر إطلاقاً ويرمز له بالرمز (oo)

ب ــ ضعيف ويرمز له بالرمز (o)

جـ ــ عادى ولا يوضع له رمز

د ــ قوى جداً ويرمز له بالرمز (•)

يمكن استخدام صفات الحيوية والقوة والظواهر الدورية للتفريق بين الأنماط البيئية المختلفة (Ecotypes) وهى أفراد تتبع نوع واحد تتشابه فى صفاتها الشكلية ولكن تختلف وراثياً وتختلف فى احتياجاتها البيئية. وعند زراعة بذور من أفراد تابعة لنفس النوع تمثل العديد من المواطن فإن مقدار التباين فى حيويتها وظواهرها الدورية تحدد ما إذا كانت تنتمى إلى نوع متجانس وراثياً أم إلى عدد من الأنماط البيئية داخل نفس النوع. تحدد الاحتياجات البيئية لكل نمط بيئى نتيجة للتغيرات الوظيفية والوراثية التى

تحدث له على مدى زمنى معين، ومن ثم يصبح قادراً على أن يعكس التغيرات الدقيقة فى الظروف البيئية.

٦ـ التصاحب والتشتت (Sociability and Dispersion)

يمكن لنوعين من النباتات لهما نفس كمية الغطاء النباتى أن تتوزع أفراد كل منهما داخل الموقع بطريقة مختلفة تماماً. فعلى سبيل المثال تنمو العديد من النباتات نمواً مفرداً، بينما ينمو نبات السمار (*Juncus rigidus*) على هيئة حزم، أما نبات البوص (*Phragmites australis*) فينتشر فى مساحات متسعة. وطبقاً لبرون بلانكيه فإن درجة التصاحب أو التشتت يمكن أن تحدد باستخدام مقياس خماسى القيمة وهو:

٥ = ينمو فى مواقع متسعة مكوناً جماعات تكاد تخلو غالباً من أفراد الأنواع الأخرى،

٤ = ينمو فى مستعمرات صغيرة أو يكون بُسط كبيرة،

٣ = ينمو على هيئة رقع أو وسائد صغيرة،

٢ = ينمو على هيئة حزم أو مجموعات كثيفة،

١ = ينمو مفرداً.

وبالرغم من ذلك فقد وجد أن التصاحب خاصية مرتبطة بالنوع فى أغلب الأحيان، لذا فليس هناك حاجة لتسجيلها فى الحالات العادية.

٧ـ الترابط بين النوعى (Inter-Specific Association)

يعبر اصطلاح الترابط بين النوعى عن نمو نوعين أو أكثر من النباتات فى تقارب واضح ومتكرر. والترابط بين الأنواع يعود إلى التشابه فى احتياجاتها الغذائية ومجالها البيئى والجغرافى، كما يعود أيضاً إلى اختلاف فى طبيعة النمو وخاصة فيما يتعلق بوجود الجذور على أعماق مختلفة حيث يقلل هذا من المنافسة، وبالتالى يساعد على الترابط بينها. ويحدث الترابط أيضاً

نتيجة للتطفل أو للحماية أو الظل، وقد يكون الترابط معنوياً بدرجة كبيرة بحيث يصبح وجود نوع ما دليلاً على وجود نوع آخر. تحديد درجة الترابط بين الأنواع ذو أهمية كبيرة، وخاصة عند محاولة إدخال أنواع جديدة كنباتات مراعى، على سبيل المثال، فى منطقة ما حيث يعتمد ذلك بدرجة كبيرة على مقدرة هذه النباتات المجلوبة (Introduced Species) على أن تترابط مع غيرها من النباتات المحلية (Native Species). وتعبر مقدرة هذه الأنواع على الترابط مع الأنواع المحلية عن إمكانية نجاحها فى استيطان المنطقة المراد زراعتها بها. ويمكن تحديد درجة الترابط بين الأنواع باستخدام أحد معاملات التصاحب أو الترابط مثل:

أ) معامل التصاحب (%) = $\frac{\text{عدد المواقع التى يوجد فيها النوعين سويا}}{\left(\begin{array}{c}\text{عدد المواقع التى يوجد فيها النوع الأول بمفرده} \\ + \\ \text{عدد المواقع التى يوجد فيها النوع الثانى بمفرده}\end{array}\right)} \times ١٠٠$

ب) مربع كاى (χ^2) لتحديد معنوية الإرتباط بين نوعين ويحسب طبقاً لجدول الاحتمال ٢ × ٢ كما يلى (جدول ١٤):

جدول (١٤). مربع كاى (χ^2) لتحديد معنوية الإرتباط بين نوعين.

النوع الأول / النوع الثانى	موجود	غائب	الكل
موجود	a	b	a + b
غائب	c	d	c + d
الكل	a + c	b + d	

ويمكن حساب كل الإحتمالات المتوقعة كما يلى:

١) احتمال وجود النوعين سويا = $\frac{(a+b)(a+c)}{n}$

٢) احتمال عدم وجود النوعين = $\frac{(b+d)(c+d)}{n}$

٣) احتمال وجود النوع الأول بمفرده = $\frac{(a+c)(c+d)}{n}$

٤) احتمال وجود النوع الثانى بمفرده = $\frac{(a+b)(b+d)}{n}$

ومن ثم يمكن حساب مربع كاى كالآتى:

$$\frac{(ad - bc)^2 \times n}{(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)} = \frac{(\text{القيمة الملاحظة} - \text{القيمة المتوقعة})^2}{\text{القيمة المتوقعة}} = \chi^2$$

يتم بعد ذلك مقارنة قيمة χ^2 المحسوبة مع القيمة المجدولة تحت درجة حرية قيمتها ١ (جدول ١٥)، فإذا كانت قيمة مربع كاى المحسوبة تساوى أو أكبر من القيم المجدولة فهذا يعنى أن الفرق بين عدد المواقع الملاحظة وعدد المواقع المتوقعة فرقاً معنوياً مما يدل على احتمال كبير لوجود تصاحب بين النوعين. ويمكن تحديد نوعية التصاحب بمقارنة القيمة المحسوبة لتواجد النوعين سوياً بالقيمة المتوقعة، فإن كانت القيمة المحسوبة أكبر من القيمة المتوقعة فهذا يفيد أن التصاحب موجب والعكس يعنى أن التصاحب سالب.

جـ ـ معامل الارتباط الخطى البسيط (Simple linear correlation coefficient)

من النواحى المهمة لدراسة تركيب المجتمع النباتى تحديد العلاقة بين كميات الأنواع الموجودة، بدلاً من الاعتماد على مجرد وجود وغياب الأنواع. ومن أبسط وأدق القياسات فى هذا المجال معامل الارتباط الخطى البسيط (Simple linear correlation coefficient) الذى يكشف أى ارتباط ممكن بينها وهو يحسب كما يلى :

$$r = \frac{\sum x_1 x_2 - \frac{\sum x_1 \sum x_2}{n}}{\sqrt{\left(\sum x_1^2 - \frac{(\sum x_1)^2}{n}\right)\left(\sum x_2^2 - \frac{(\sum x_2)^2}{n}\right)}}$$

جدول (١٥). توزيع مربع كاى (χ^2 distribution)

درجة الحرية	درجة الاحتمال		
	0.05	0.01	0.001
1	3.84	6.64	10.83
2	5.99	9.21	13.82
3	7.19	11.35	16.27
4	9.49	13.28	18.47
5	11.07	15.09	20.52
6	12.59	16.81	22.46
7	14.07	18.48	24.32
8	15.51	20.09	26.13
9	16.92	21.67	27.88
10	18.31	23.21	29.59
11	19.68	24.73	31.26
12	21.03	26.22	32.91
13	22.36	27.69	34.53
14	23.69	29.14	36.12
15	25.00	30.58	37.70
16	26.30	32.00	39.25
17	27.59	33.41	40.79
18	28.87	34.81	42.31
19	30.14	36.19	43.82
20	31.41	37.57	45.32
21	32.67	38.93	46.80
22	33.92	40.29	48.27
23	35.17	41.64	49.73
24	36.42	42.98	51.18
25	37.65	44.31	52.62
26	38.89	45.64	54.05
27	40.11	46.96	55.48
28	41.34	48.28	56.89
29	42.56	49.59	58.30
30	43.77	50.89	59.70

obeikandl.com

٨ ـ السيادة والوفرة (Dominance and Abundance)

السيادة (Dominance) هى صفة من صفات الكساء الخضرى تعبر عن التأثير السيادى لنوع أو أكثر من الأنواع النباتية فى موقع ما على باقى الأنواع، فيقل عددها وتضعف مقدرتها على النمو وتصبح محدودة الانتشار أو نادرة الوجود. والنباتات السائدة ذات قدرة تنافسية عالية تحت الظروف البيئية للوسط لدرجة أنها تحدد بدرجة كبيرة الظروف التى يجب أن تعيش تحتها النباتات المرافقة. وكمية الغطاء هى الصفة الرئيسية التى تحدد السيادة، ولكن الكثافة والتردد والارتفاع وأشكال الحياة والحيوية تعتبر أيضاً من الصفات الهامة التى تحدد السيادة. أما الوفرة (Abundance) فهى صفة تعبر عن عدد أفراد النوع الواحد (الجماعة) فى وحدة المساحة (أى الكثافة).

وقد استخدم علماء الكساء الخضرى فيما مضى خمسة مصطلحات تعبر عن القيمة النسبية لسيادة ووفرة النباتات وهى : نادر (Rare)، عرضى (Occasional)، متكرر (Frequent)، وافر (Abundant)، و سائد (Dominant). وقد قام برون بلانكيه بمشاركة عظمى فى اختيار وتبسيط وتحوير نظام لتحليل السيادة والوفرة يعتبر بسيطاً من الناحية التطبيقية إلا أنه ليس سطحياً. وطبقاً لهذا النظام تم تحديد القيم القياسية التالية مع استخدام الرموز المجاورة لتعبر عن قيم سيادة كل نوع:

٥ = أى عدد من الأفراد يصنع غطاء يزيد عن $\frac{٣}{٤}$ مساحة الموقع

٤ = أى عدد من الأفراد يصنع غطاء يتراوح بين $\frac{٣}{٤}$ ـ $\frac{١}{٢}$ مساحة الموقع

٣ = أى عدد من الأفراد يصنع غطاء يتراوح بين $\frac{١}{٢}$ ـ $\frac{١}{٤}$ مساحة الموقع

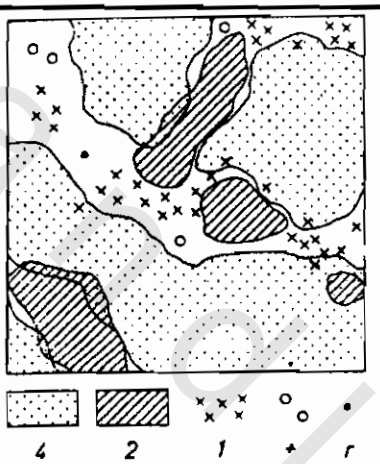
٢ = أى عدد من الأفراد يصنع غطاء يتراوح بين $\frac{١}{٤}$ ـ $\frac{١}{٢٠}$ مساحة الموقع

١ = عدة أفراد لها غطاء يقل عن أو يساوى $\frac{١}{٢٠}$ مساحة الموقع

+ = أفراد قليلة ذات غطاء قليل جداً

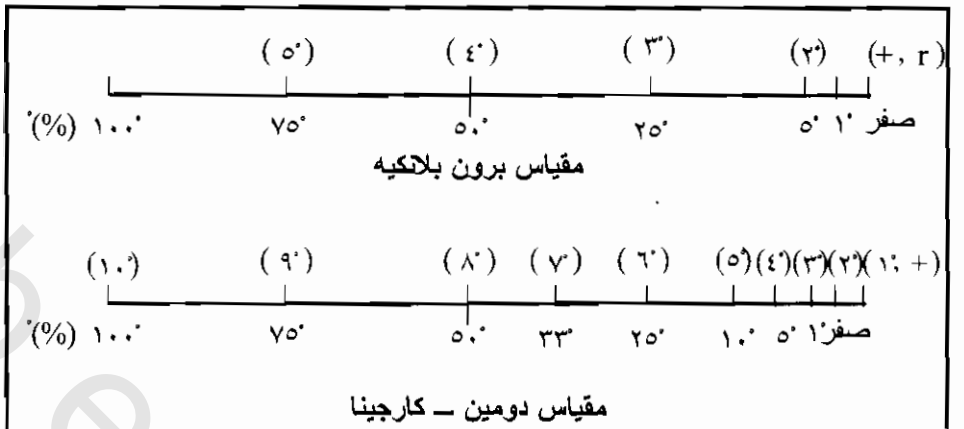
r = فرد واحد ذو غطاء قليل جداً.

وكما يتضح فإن القيم الأربعة الأولى (٥، ٤، ٣، ٢) تعبر عن الغطاء الذى يصنعه مسقط المجموع الخضرى الهوائى على الأرض بالنسبة لكل نوع نباتى، أما القيم الثلاثة الأخيرة (١، +، r) فإنها تعبر عن وفرة النباتات، لذا فإن هذا المقياس يطلق عليه مسمى المقياس المركب أو مقياس الغطاء والوفرة (Cover - Abundance scale). وغالباً ما تسمى هذه الطريقة بالطريقة شبه الكمية (Semiquantitative) بسبب غلبة الصفة الكيفية عند تقدير القيمة القياسية. والشكل (٥٦) يوضح كيفية استخدام هذا المقياس.



شكل (٥٦). عرض تخطيطى لقيم التقدير المشترك للغطاء والوفرة (4,2,1, and r + طبقاً لمقياس برون بلانكيه.

وقد استخدم كراجينا (Domin-Krajina Scale) مقياس أكثر تفصيلاً يصلح لمجتمعات الغابات حيث الاختلاف فى الوفرة بين الأنواع النادرة غالباً، ما يسهل ملاحظته (شكل ٥٧). وكما هو معروف فإن الأخطاء التقديرية فى المجتمعات العشبية الغنية بالأنواع يمكن قبولها فى حالة استخدام مقياس دومين ـ كارجينا الأكثر دقة مقارنة بالمقياس الأبسط لبرون بلانكيه.



شكل (٥٧). مقارنة بين مقياس برون بلانكية ومقياس دومين كارجينا للغطاء والوفرة.

٩ ـ أشكال الانتشار (Dispersal Types)

لا يفرق العديد من الدارسين لعملية الانتشار بين الشكل الخارجى لوحدات التكاثر (Diaspores) والنمط الفعلى الملاحظ لعملية الانتشار، فالثانى عادة ما يستقرأ من الأول. ولتسهيل التحليل الوظيفى (Functional Analysis) للمجتمعات النباتية بناءاً على هذه الصفة وحساب أطياف لها مثل أطياف أشكال الحياة، اقترح دانسيرو و لمز (Dansereau & Lems 1957) نظاماً تقسيمياً بسيطا من عشرة أشكال للانتشار مبنى بشكل كبير على الخصائص الشكلية لوحدات الانتشار (جدول ١٦). يمكن أن تعكس بعض هذه الأقسام قيم بيئية معينة بغض النظر عن أية اعتبارات أخرى، فعلى سبيل المثال من المحتمل أن يدل قسم الوحدات المتشحمة (Sarcochores) على الانتشار الداخلى بواسطة الحيوانات (Endogamous Animal Dispersal). وقد أوضح دانسيرو ولمز كيف يمكن استخدام هذا النظام البسيط فى التحليل البيئى حيث قارنوا مراحل تعاقبية مختلفة فى الحقول المهجورة فى وادى سانت لوران، وقد تميزت المراحل الأولى للتعاقب بسيادة وحدات التناثر شعرية الزوائد (Pogonochores) يليها الوحدات المتشحمة (Sarcochores). ولوحظ فى اتجاه

المراحل المتأخرة من التعاقب زيادة تنوع أشكال الانتشار مع شيوع الوحدات المقذوفة (Ballochores) والمترسبة (Auxochores) فى الطبقات السفلية من الغابات. وبالرغم من أن هذا النظام مختصر وبسيط لكنه يربط بين شكل وحدات الانتشار ووظيفتها، لذا فإن له أهمية تفسيرية عظيمة.

جدول (١٦). مخطط أشكال الانتشار طبقاً لنظام دانسيرو ولمز (Dansereau & Lems 1957).

شكل الانتشار		الوصف
المصطلح العربى	المصطلح الانجليزى	
مترسب	Auxochore	لا يحدث انفصال وحدة التناثر من النبات الوالد قبل ترسبها فى موقع أكثر تطوراً.
ملتف	Cyclochore	وحدة التناثر شديدة الالتفاف بالنسبة للجزء التكاثرى الفعلى.
جناحى	Pterochore	وحدة التناثر ذات زوائد حرشفية، جناحية الشكل أو كيسية.
شعرى	Pogonochore	وحدة التناثر ذات زوائد شعرية طويلة أو ريشية.
شوكى	Desmochore	وحدة التناثر ذات زوائد قصيرة، صلبة، شوكية، غدية أو مخاطية تلتصق على الأسطح الخشنة.
متشحم	Sarcochore	ليس لوحدة التناثر زوائد، لكنها ذات طبقات خارجية عصيرية أو لحمية.
بوغى	Sporochore	وحدة التناثر خفيفة الوزن بدرجة تكفى لأن تحمل بواسطة النسيم (تزن ٠,٠٠٤ مجم أو أقل).
صلب صغير	Microsclerochore	وحدة التناثر بدون زوائد، ثقيلة عن أن تحمل بواسطة النسيم (٠,٠٠٤ ــ ٠,٤٩٩ مجم).
صلب كبير	Megasclerochore	وحدة التناثر بدون زوائد، ثقيلة عن أن تحمل بواسطة النسيم (٠,٥٠٠ ــ ٩٩٩,٠ مجم).
ثقيل	Barochore	وحدة التناثر بدون زوائد وثقيلة جداً (> ١٠٠٠مجم).
مقذوف	Ballochore	النبات الوالد له ميكانيكية قذف وحدات التناثر.

وفى مصر، قام الشيخ (El-Shaikh 1996) بتحليل الكساء الخضرى المستحدث (Ruderal vegetation) بمنطقة دلتا النيل بناءاً على هذه الصفة وقد توصل إلى النتائج المدونة فى جدول (١٧)، ومنها يتضح أن الاشكال الصلبة الصغيرة والمقذوفة والشعرية (٢١,٤، ١٨,٥، ١٦,٩% على التوالى) هى الأكثر سيادة. وقد لاحظ أن الأشكال شعرية الزوائد (Pogonochores) والبوغية (Sporochores) أكثر انتشاراً على جوانب السكك الحديدية مقارنة بالمواطن المستحدثة الأخرى مما يسهل عملية انتشارها بواسطة التيارات الهوائية الناشئة عن حركة القطارات. كما لاحظ أن الحقول المهجورة يسودها نباتات لها وحدات انتشار ذات أشكال مقذوفة وأن غالبية النباتات حولية مما يدل على أن عملية قذف وحدات التناثر مرتبطة بجفاف الحوليات عند نهاية الموسم.

جدول (١٧). طيف أشكال انتشار نباتات الكساء الخضرى المستحدث بمنطقة دلتا النيل (El-Sheikh 1996).

أشكال الانتشار	مترسب	ملتف	جناحى	شعرى	شوكى	متشحم	بوغى	صلب صغير	صلب كبير	ثقيل	مقذوف	الكل
عدد النباتات	١٣	٧	١٧	٤٢	٣٤	٢٢	-	٥٣	١٤	-	٤٦	٢٤٨
النسبة	٥,٢	٢,٨	٦,٩	١٦,٩	١٣,٧	٨,٩	-	٢١,٤	٥,٦	-	١٨,٥	١٠٠

١٠ـ أشكال الجنس (Sex Forms)

يتم وصف أشكال الجنس، تقليدياً باستخدام مصطلحات شكلية مبنية أساساً على توزيع الأمشاج الأنثوية والذكرية داخل أزهار فرد ما وداخل الأفراد فى الجماعة، ومن المصطلحات الأساسية المستخدمة فى وصف أشكال الجنس ما يلى (طبقاً لـ Bawa & Beach 1981):

١ ــ مذكر (Male). تحمل أفراد الجماعة أزهار مذكرة فقط.

٢ ــ مؤنث (Female). تحمل الأفراد أزهار مؤنثة فقط.

٣ ــ خنثى (Hermaphrodite). تحمل الأفراد أزهار ثنائية الجنس فقط (خنثى).

٤ ــ وحيد المسكن (Monoecious). يحمل الفرد الواحد أزهار مذكرة وأزهار مؤنثة.

٥ ــ وحيد المسكن طلعى (Andromonoecious). يحمل الفرد الواحد أزهار مذكرة وأزهار ثنائية الجنس.

٦ ــ وحيد المسكن متاعى (Gynomonoecious). يحمل الفرد الواحد أزهاراً مؤنثة وأزهاراً ثنائية الجنس.

٧ ــ وحيد المسكن ثلاثى (Trimonecious). يحمل الفرد الواحد أزهاراً مذكرة ومؤنثة وثنائية الجنس.

٨ ــ ثنائى المسكن طلعى (Androdioecious). الجماعة الواحدة ذات أزهار مذكرة وأزهار خنثى على أفراد منفصلة.

٩ ــ ثنائى المسكن متاعى (Gynodioecious). الجماعة الواحدة ذات أزهار مؤنثة وأزهار خنثى على أفراد منفصلة.

١٠ ــ ثلاثى المسكن (Trioecious). يستخدم للتعبير عن الجماعة ذات الأزهار المذكرة والمؤنثة والخنثى على أفراد مختلفة. ويسمى هذا القسم أيضاً عديد المسكن (Polyoecious).

وطبقاً لما سبق، فإن معظم كاسيات البذور، ومن الناحية الجنسية، إما أنها أحادية الشكل (Monomorphic) مثل الخنثى أو وحيدة المسكن الطلعى (كل أفراد الجماعة متماثلين فى تعبيرهم الجنسى)، أو ثنائية الشكل (Dimorphic) مثل ثنائى المسكن، وثنائى المسكن متاعى (بمعنى أن لها شكلين مختلفين من أشكال الجنس داخل أفراد الجماعة الواحدة). أما النظم الجنسية عديدة الأشكال

obeikandl.com

(التى لها أكثر من شكلين من أشكال الجنس مثل ثلاثية المسكن) غير معروفة بشكل عام فى نماذج تطور الجنس، ومع ذلك فقد توصل القبلاوى (El-Keblawy 1994) إلى أن النظام الجنسى لنبات المثنان (*Thymelaea hirsuta*) المنتشر على طول الساحل الشمالى الغربى لمصر نظام مركب وأن جنس كثير من أفراد جماعاته غير ثابت أثناء فترة الإزهار. وقد تم تصنيف النظام الجنسى لهذا النبات على أساس التوزيع المكانى لأعضاء التكاثر إلى سبعة أشكال هى المذكر، المؤنث، وحيد المسكن، خنثى، وحيد المسكن متاعى، وحيد مسكن ثلاثى. وقد لوحظ أن تكرارية هذه الأشكال الجنسية تعتمد بدرجة معنوية على الوقت الذى تم تسجيل الجنس عنده، كما أن الأفراد المذكرة والمؤنثة كانت أكثر تكرارية من الأشكال الأخرى.

١١ ـ المظهر العام (Physiognomy)

تعبر هذه الصفة عن المظهر العام والشكل الخارجى للكساء الخضرى فى منطقة أو موقع ما. يحدد المظهر العام للكساء الخضرى صفات متعددة مثل أشكال حياة النباتات السائدة، وكثافتها، وما تصنعة من غطاء، ارتفاعها، والعلاقات الاجتماعية وغيرها. وتعتبر صفة المظهر العام من الصفات الوصفية التركيبية ويجب تعريفها قبل البدء فى دراسة الصفات الأخرى للمجتمعات النباتية. يمكن التعبير عن هذه الصفة باستخدام مصطلح مفرد، فعلى سبيل المثال نظرة سريعة إلى مجتمع من النباتات تسوده الأشجار مع بعض الشجيرات سوف يدل أنه مجتمع غابات. وبالمثل يمكن أن يكون أراضى حشائش أو صحارى أو غيرها. ولتحديد المظهر العام لمنطقة ما يجب أن يكون الباحث قريباً منها بما يكفى لمعرفة محتواها بدقة حيث أن النظر من بعد كبير قد يعطى تقييماً خادعاً للمظهر العام. فعلى سبيل المثال عند النظر من بعد إلى مناطق السافانا تعطى الأشجار المتناثرة مظهراً تسوده الأشجار، مثل

هذه السيادة تسمى سيادة مظهرية (Physiognomic dominance)، ولكن عند الاقتراب من المنطقة يتضح أن السيادة الفعلية للنجيليات، وليس للأشجار، حيث أنها ذات التأثير البيئى الأقوى فى المنطقة، ولذلك فإن هذه السيادة تسمى سيادة بيئية (Ecological dominance).

١٢ـ الولاء (Fidelity)

تعبر صفة الولاء عن التوزيع الاجتماعى للأنواع، وتدل درجة الولاء على مدى ارتباط نوع معين بمجتمع بذاته. فكما أن هناك من النباتات ما يرتبط وجوده بنوع من أنواع الترب أو بمناخ موضعى خاص، فإن هناك أيضاً أنواعاً يقتصر وجودها على مجتمع معين ولا توجد فى سواه وهى بذلك تكون ذات ولاء قوى لهذا المجتمع. وفى المقابل هناك من الأنواع ما يتكرر وجوده فى مجتمعات متعددة ولذا فإنه يوصف بضعف الولاء. وتعتبر الاحتياجات البيئية والقدرة التنافسية من أهم العوامل التى تؤثر فى ارتباط نوع ما بمجتمع محدد. وقد عرف برون بلانكيه (كما ورد فى Kent & Coker 1992) خمس درجات من ولاء الأنواع لمجتمعاتها وهى:

٥ = الأنواع الاقتصارية (Exclusive species). وهى الأنواع التى يقتصر وجودها اقتصاراً تاماً أو شبه تام على مجتمع معين لا تتعداه إلى غيره.

٤ = الأنواع الانتخابية (Selective species). وهى التى توجد بوفرة فى مجتمع معين، لكنها قد توجد مصادفة وبصورة نادرة فى مجتمعات أخرى.

٣ = الأنواع التفضيلية (Pereferential species). وهى الأنواع التى توجد فى العديد من المجتمعات بشكل سائد تقريباً ولكن تكثر سيادتها وحيويتها فى مجتمع معين،

٢ = الأنواع الحيادية (Indifferent species). وهى التى ليس لها ميل محـــدد تجاه مجتمع بعينه.

١ = الأنواع العارضة (Accidental species). وهى الأنواع النـــادرة والتـــى تعتبر عوارض دخيلة من مجتمع آخر، وقد تكون من بقايا مجتمع سابق.

تعتبر نباتات الدرجات الثلاث الأولى (٥، ٤، ٣) هى الأنـــواع المميزة للمجتمع (Character species)، أما أنواع الدرجة (٢) فتسمى أنواعـــاً مرافقـــة (Companions). وتعتبر النباتات المميزة كواشف بيئية هامة (Environmental Indicators)، كما أنها تحدد تفرد المجتمع من الناحية الاجتماعية، وهى فـــوق ذلك تحدد موضع المجتمع فى سلسلة التعاقب والتطور التى يمر بها فى مختلف أطوار تكوينه منذ نشأته الأولى حتى يبلغ الطور الذروى. تدل زيـــادة نسـبة الأنواع المميزة (على أساس درجة الولاء) على شـــدة تمـــيز المجتمـــع مـــن الناحيتين الاجتماعية والبيئية.

وقد أشار بور (كما ورد فى Kent & Coker 1992) أن درجة ولاء نـــوع معين يمكن تحديدها بشكل كامل فقط حينما يوصف الكساء الخضرى لمنطقـــة ما، ولذا فإن صفة الولاء تعكس بشكل كبير مفهوماً ذا بعد جغرافى، ومع ذلـك يرتبط هذا المفهوم أيضاً بحجم المنطقة الجغرافية المستخدمة فى تحديد الـولاء. وأحياناً ما يختلط مفهوم الولاء مع مفهوم ثبوت الأنواع داخل المجتمعـــات أو العشائر. فالنوع ذو الثبوت الكبير فى عشيرة ما (association) ليس بالضرورة ذو درجة ولاء عالية لها.

ثانيا : الصفات الكمية

١ ـ التنوع (Species Diversity)

يعتبر التنوع أحد المفاهيم الأساسية فى علم البيئة والتى تستخدم لتوصيف المجتمعات والنظم البيئية. وهو خاصية كبيرة للمجتمعات تشمل كلاً من عدد الأنواع المكونة للمجتمع وتوزيع الأفراد بينها. يتغير أى دليل للتنوع بين قيمة صغرى حينما تكون كل الأفراد الموجودة فى المجتمع منتمية إلى نوع واحد، وقيمة كبرى حينما ينتمى كل فرد إلى نوع مختلف. وعموماً يزداد التنوع كلما ازداد عدد الأنواع فى الموقع وكلما أصبح توزيع المتغيرات مثل الكثافة أو الكتلة الحية متساوياً بين الأنواع. وبناءاً على ذلك فإننا فى حاجة إلى نوعين من القياس هما: ١ ــ التنوع الأصلى (Diversity proper) أو وفرة المجتمع من الأنواع، و ٢ ــ التنوع الكمى للأنواع (علاقات معامل الأهمية).

أولاً : قياسات الوفرة النوعية (Species Richness)

يعتبر متوسط عدد الأنواع فى وحدة المساحة القياس الأكثر عمومية وملائمة، ويتطلب تحديد مساحة قياسية مثل الهكتار أو ١٠/١ الهكتار (١٠٠٠م٢) أو ١٠٠م٢. وبالرغم من أن العينات القياسية ذات الأحجام المختلفة ليس من السهل مقارنتها، إلا أنه عن طريق العلاقة اللوغريتمية لعدد الأنواع بالنسبة لمساحة العينة (الموقع) ككل يمكن عمل هذه المقارنة مثل:

$$D = S / \log A$$

حيث D : معامل الوفرة النوعية، S : العدد الكلى للأنواع فى العينة، و A : مساحة العينة.

ثانياً : قياسات التوزيع الكمى للأنواع

أ ــ قياس الانتظام النسبى (Relative Equitability or Evenness)

أهم المعاملات المستخدمة فى هذا المجال هو معامل شانون ــ وينر (Shannon-Wiener Index) :

$$H^1 = \sum_{i=1}^{S} Pi \log Pi$$

حيث S : عدد الأنواع فى العينة، Pi معامل الأهمية النسبية (مثل الكثافة أو الغطاء النسبى) للنوع i.

ب ــ قياس التركيز السيادى النسبى (Relative Concentration of Dominance)

يعتبر معامل سمبسون (Simpson Index) أحد أبسط وأكثر المعاملات استخداماً فى هذا المجال:

$$C = \sum_{i=1}^{S} Pi^2$$

ثالثاً : قياسات العائد النوعى (Species Turnover)

يختلف قياس العائد النوعى عن القياسات السابقة فى أنه مؤسس على نسب أو فروق، ويمكن تعريفه على أنه مدى استبدال الأنواع أو التغير الحيوى على طول تدرجات الوسط المحيط، ويسمى أيضاً تنوع بيتا (Beta diversiy). وقياس تنوع بيتا مهم من ثلاثة أوجه على الأقل:

١ ــ يوضح الدرجة التى تقتسم بها الأنواع المواطن.

٢ ــ يمكن استخدام قيمتها لمقارنة تنوع المواطن فى نظم بيئية مختلفة.

٣ ــ تعطى مع بقية القياسات السابقة صورة كاملة للتنوع الكلى أو عدم التجـــانس الحيوى فى منطقة ما. ومن المقاييس المهمة فى هذا المجال ما يلى:

أ ــ مقياس ويتيكر: $\beta w = (S / \overline{\alpha}) - 1$

حيث S : العدد الكلى للأنواع المسجلة فى النظام البيئـــى أو الموطــن محــل الدراسة، $\overline{\alpha}$: الوفرة النوعية فى هذا الموطن (متوسط عدد الأنواع المجـــودة داخل عينات المجتمع)

ب ــ مقياس العائد النوعى: $\beta_T = [g(H) + l(H)] / 2 \ \overline{\alpha}$

حيث g(H) : عدد الأنواع المكتسبة بعد بداية التدرج

حيث l(H) : عدد الأنواع المفقودة عند نهاية التدرج

يبدو أن تنوع المجتمعات ناتج عن ما يلى: ١ ــ ظـــروف بيئيـــة غـــير متطرفة، ٢ ــ الاستقرار النسبى لظـــروف الوســط المحيــط، ٣ ــ الزمــن التطورى والتعاقبى، ٤ ــ نوع المجتمع الذى ينمو خلال ذلـــك الزمـــن. مـــن الصعب الفصل بين تأثيرات القسوة المزمنة للوسط المحيط، وسعة التذبذبـــات المنتظمة، وعدم انتظام وتوقع التذبذبات الأخرى. وعموماً فإن التنـــوع يكـــون منخفضاً فى العديد من الأوساط المحيطة غير المستقرة، ولكن بعض مجتمعات الصحارى التى تتعرض لتغيرات واسعة غير منتظمة فى الهطول لها تـــنـــوع عالى بالنسبة لهذا التغير. وبالرغم من صعوبة قياس الزمن التطورى إلا أنـــه مهم حيث أن التنوع يزداد على طول هذا المدى الزمنى. ومـــن المقـــترح أن عملية زيادة تنوع النباتات الأرضية والحشرات مع اســـتكمال العـــش البيئـــى (Niche hyperspace) واقتسام المواطن (Habitat hyperspace) هـــى عمليـــة تطورية ذاتية النماء دون حد بين.

٢ ـ الكثافة (Density)

تعبر هذه الصفة عن عدد الأفراد فى وحدة المساحة سواء بالنسبة لجماعة النوع الواحد أو للمجتمع النباتى ككل. ورغم أن عملية عد النباتات تعتبر عملية تحليلية سهلة، إلا أنه غالباً ما تكتنفها العديد من المصاعب عند التطبيق مثل:

١ ــ تحديد الفرد حيث أن الأشجار والحوليات أحادية الساق من السهل تحديد أفرادها، أما باقى أشكال الحياة المختلفة مثل النباتات المدادة والريزومية فمن الصعب تحديد أفرادها (مثال ذلك نبات النجيل).

٢ ــ التأثير الحافّى للأطر المساحية (المربعات مثلاً) التى تستخدم فى عد النباتات، حيث غالباً ما توجد بعض الأفراد على حافة الأطر مما يستدعى تقرير ما إذا كان الفرد داخل الإطار أم خارجه. تتفاقم هذه المشكلة فى حالة الكساء الخضرى الكثيف (مثل الحشائش) والأطر صغيرة الحجم.

٣ ــ الوقت الذى تستغرقه هذه العملية وخاصة فى حالة النباتات العشبية. ولذا فمن المهم تحديد الهدف من الدراسة قبل استهلاك الوقت فى عملية العد، حيث أن عملية العد ذات أهمية خاصة إذا كان الهدف تحديد مقدار تغير الكساء الخضرى مع الزمن أو التغيرات الناتجة عن المعاملات التجريبية.

وقيم الكثافة ذات مدلول للتعبير عن أهمية الأنواع فى منطقة ما، إلا أن ذلك صحيح فقط عندما تكون الأنواع متشابهة فى مظهر حياتها وحجمها، ولكن عندما تختلف النباتات فى أشكال حياتها وحجمها، كما هو الحال فى غطاء نباتى خليط من الحشائش والأعشاب والشجيرات القصيرة، فإن قيم الكثافة

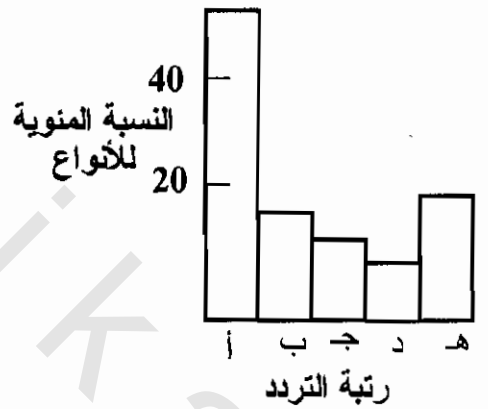
وحدها تصبح غير كافية للمقارنة بين أهمية أنواع ذات أشكال حياة مختلفة ومن ثم فلابد من تقدير صفات أخرى مثل التردد والغطاء النباتى.

٣ ـ التردد (Frequency)

يعبر التردد عن عدد مرات تواجد النوع بالنسبة لعدد معين من الأطر المساحية مثل المربعات أو الدوائر كما فى الطرائق متعددة الأطر (Multiple-Plot Methods)، أو النقاط كما فى الطرائق غير المساحية (Plotless Methods). يختلف التردد عن الكثافة والغطاء النباتى فى أنه مقياس غير مطلق وهذا يعنى أن النتيجة مرتبطة جزئياً بحجم وشكل الإطار المساحى المستخدم فى أخذ العينات. يعطى التردد دليلاً خاصاً عن انتظام توزيع الأفراد التابعة للنوع الواحد وذلك تمييزا له عما تعنيه الكثافة، فعلى سبيل المثال النوع النباتى ذو الأفراد الكثيرة جداً المركزة فى رقع له ترددات قليلة، بينما النوع الذى له نفس عدد الأفراد ولكنها منتشرة داخل مساحة الموقع محل الدراسة تظهر تردداً قد يصل إلى ١٠٠%. وعموماً فإن قيم التردد تختلف باختلاف تأثير الأنواع السائدة ذات القدرة التنافسية العالية، وكلما زاد تردد نوع واحد أو أكثر كلما دل ذلك على زيادة تجانس توزيع النباتات داخل الموقع.

استخرج رونكير (نقلاً عن Smith 1983) من نتائج سابقة قانوناً للترددات، فإذا قسمنا العدد الكلى للأنواع فى المجتمع إلى خمسة رتب طبقاً لنسبة ترددها كما يلى: أ : ٠ ــ ٢٠%، ب : ٢١ ــ ٤٠%، جـ : ٤١ ــ ٦٠%، د : ٦١ ــ ٨٠%، هـ : ٨١ ــ ١٠٠%، فإن قانون الترددات طبقاً لرونكير يقول أن : أ > ب > جـ $\geq$ د > هـ وذلك حسبما يتضح من شكل (٥٨). يتطابق التناقص العام فى المراتب الثلاثة أو الأربعة الأولى مع الخبرة الحقلية لعلماء النبات حيث أن الأنواع النادرة عادة ما تكون أكثر عدداً من الأنواع الشائعة،

أما الارتفاع فى الرتبة الخامسة فهو غير متوقع. ومن الجدير بالذكر أن نسب ترددات الأنواع المكونة لبعض المجتمعات فى الصحراء الشرقية لمصر كما قدرها القصاص (Kassas 1953) تتطابق تماماً مع قانون الترددات لرونكير.



شكل (٥٨). "قانون الترددات". البيانات الكلية لعدد من المجتمعات النباتية الإسكندنافية أ : ٠ ــ ٢٠%، ب : ٢١ ــ ٤٠%، جـ : ٤١ ــ ٦٠%، د : ٦١ ــ ٨٠%، هـ : ٨١ ــ ١٠٠% (نقلاً عن Smith 1983).

طرائق تقدير الكثافة والتردد

أولاً : طريقة المربعات (Quadrat Method)

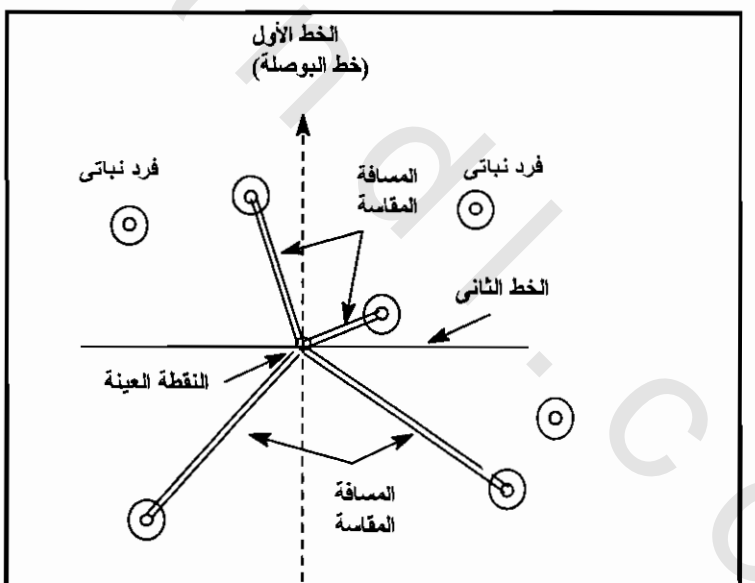
فى هذه الطريقة يتم إلقاء عدد من المربعات معلومة المساحة (سوف نتناول بالشرح فيما بعد كيفية تحديد العدد الكافى من المربعات وطرائق إلقائها). يتم حصر عدد الأفراد التابعة لكل نوع نباتى داخل كل مربع ثم تحسب الكثافة والتردد كما يلى:

$$\text{الكثافة (لكل ١٠٠ م٢)} = \frac{\text{العدد الكلى للأفراد التابعة للنوع الواحد}}{\text{عدد المربعات المستخدمة فى القياس} \times \text{مساحة المربع (م٢)}} \times ١٠٠$$

$$\text{التردد (لكل ١٠٠ مربع)} = \frac{\text{عدد المربعات التى ظهر فيها النوع}}{\text{عدد المربعات المستخدمة فى القياس}} \times ١٠٠$$

ثانياً : طريقة الربع مركزى النقطة (Point-Centered Quarter Method)

فى هذه الطريقة يتم إلقاء عدد من النقاط (ويتم تحديد عددها وطريقة إلقائها بنفس الوسائل المستخدمة فى الطريقة السابقة)، تمثل كل نقطة مركز خطين متعامدين يقسمان المساحة حول النقطة إلى أربعة أرباع. تقاس المسافة بين أقرب فرد يقع فى نطاق كل ربع والنقطة المركزية (شكل ٥٩)، ثم تحسب المسافة بين كل فرد والآخر عن طريق جمع كل المسافات المقاسة وقسمتها على العدد الكلى للأرباع المستخدمة. يتم بعد ذلك حساب المساحة المتوسطة وذلك بتربيع المسافة المتوسطة كما يلى :



شكل (٥٩). طريقة الربع مركزى النقطة.

$$\text{المسافة المتوسطة (م)} = \frac{\text{المجموع الكلى للمسافات المقاسة}}{\text{عدد النقاط المستخدمة} \times 4}$$

$$\text{المساحة المتوسطة (م}^2\text{)} = \text{مربع المسافة المتوسطة}$$

$$\text{الكثافة الكلية لجميع الأنواع (لكل ١٠٠ م}^2\text{)} = \frac{\text{وحدة المساحة (ولتكن ١٠٠ م}^2\text{)}}{\text{المساحة المتوسطة}}$$

يتم بعد ذلك حسساب الكثافة النسبية والمطلقة لكل نوع كما يلى :

$$\text{الكثافة النسبية للنوع الواحد (\%)} = \frac{\text{عدد الأفراد التابعة للنوع الواحد}}{\text{عدد الأفراد التابعة لكل الأنواع}} \times ١٠٠$$

$$\text{الكثافة المطلقة للنوع الواحد} = \text{الكثافة النسبية للنوع} \times \text{الكثافة الكلية لجميع الأنواع (لكل ١٠٠ م}^2\text{)}$$

كما يتم حساب التردد كما يلى:

$$\text{التردد (لكل ١٠٠ نقطة)} = \frac{\text{عدد النقاط التى ظهر حولها النوع}}{\text{عدد النقاط المستخدمة فى القياس}} \times ١٠٠$$

ومن مزايا استخدام هذه الطريقة ما يلى:١ ــ لا تحتاج إلى إلقاء أطر مساحية، ٢ ــ تدخر جزءاً من الوقت الذى تحتاجه طريقة المربعات، ٣ ــ تزيل إلى حد ما الخطأ الشخصى الناشئ عن تحديد ما إذا كان الفرد يقع داخل المربع أم خارجه (التأثير الحافى).

طرائق توزيع المربعات والنقاط

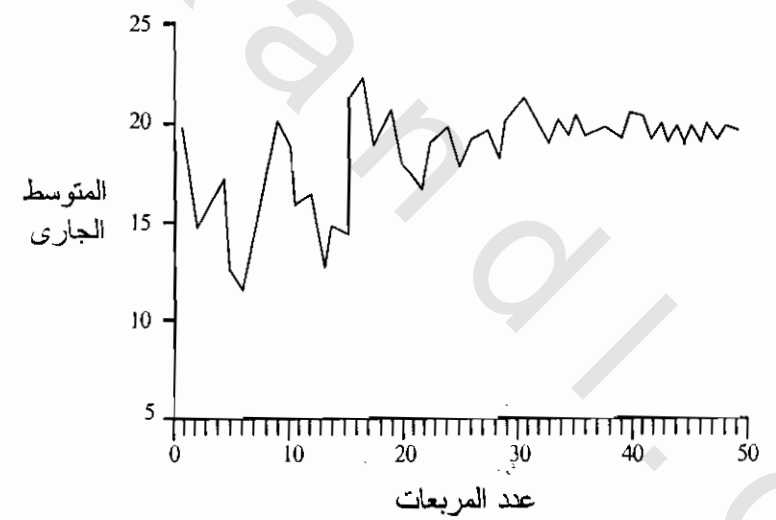
أ) **الطريقة العشوائية (Random Sampling)**. تمثل الطريقة العشوائية أفضل وسيلة للحصول على مواضع عشوائية للمربعات أو النقاط المستخدمة فى تقدير الكثافة والتردد. ويتم ذلك بالإستعانة بجدول الأرقام العشوائية لاختيار إحداثيين لكل مربع أو نقطة أحدهما تمثل طول الموقع والآخر يمثل عرضه، وقد يستعاض عن ذلك باستخدام مجموعتين من البطاقات المرقمة، تمثل المجموعة الأولى أبعاد طول الموقع وتمثل الثانية أبعاد عرض الموقع بالمتر ثم تسحب بالقرعة بطاقة من كل مجموعة ليتكون بذلك إحداثى المربع الأول أو النقطة الأولى، ثم تكرر هذه العملية بعدد المربعات أو النقاط التى سوف تستخدم فىعملية التقدير. ومن مزايا هذه الطريقة إمكانية تقدير التباين حول الوسط الحسابى بدقة، ومن ثم إجراء العديد من التحليلات الإحصائية عليها.

ب) **الطريقة المنتظمة (Regular Sampling)**. يوصى باستعمال هذه الطريقة إذا كان توزيع المجتمعات النباتية يحيد كثيراً عن التوزيع العشوائى مثل التوزيع الكتلى : (Contagious Distribution)، وخاصة إذا كانت الكتل نفسها موزعة توزيعاً غير عشوائى، وفى مثل هذه الحالة فإن استخدام شبكة من المربعات أو النقاط منتظمة التوزيع (ذات أبعاد متساوية عن بعضها البعض) يبدو أنها تعطى أفضل تعبير عن مدى تباين الكساء الخضرى داخل الموقع موضع الدراسة.

جـ) **الطريقة جزئية العشوائية (Stratified Partial Random Method)**. وهى طريقة تجمع بين الطريقتين السابقتين (العشوائية والمنتظمة) وفيها يتم تقسيم الموقع إلى أقسام متساوية المساحة إلى حد ما، وداخل هذه المساحات الجزئية يتم إلقاء نفس العدد من المربعات أو النقاط ولكن بطريقة عشوائية. مثل هذه الطريقة تصلح للمواقع غير المتجانسة تضاريسياً ونباتياً.

تقدير العدد الكافى من المربعات أو النقاط

يتم ذلك بالإستعانة بطريقة المتوسط الجارى (Running Mean Method) والتى تتضمن إلقاء مربعين أو نقطتين ثم حساب متوسط كثافة النوع الأكثر سيادة، ثم نلقى بالمربع الثالث أو النقطة الثالثة ويحسب متوسط كثافة نفس النوع فى المربعات أو النقاط الثلاثة، ثم نلقى بالمربع الرابع أو النقطة الرابعة ويحسب المتوسط وهكذا حتى نلاحظ أن إلقاء مربعات أو نقاط إضافية لا يؤثر تأثيراً ملحوظاً على المتوسط، عند ذلك يكون عدد المربعات أو النقاط الملقاه كافية للتعبير عن المجتمع النباتى الذى يسوده هذا النبات (شكل ٦٠).



شكل (٦٠). طريقة المتوسط الجارى لتقدير العدد الكافى من المربعات أو النقاط اللازمة لتحديد كثافة وتردد الجماعات النباتية.

مساحة وشكل الإطار المساحى

إذا كانت أفراد الجماعة أو المجتمع موزعة توزيعاً عشوائياً، عندئذ يصبح حجم المربع مرتبطاً فقط بشكل حياة النباتات السائدة وتستخدم مساحات صغيرة فى حالة النباتات صغيرة الحجم ومساحات كبيرة فى حالة النباتات كبيرة الحجم. وقد اقترح كين وكاسترو (نقلاً عن Mueller-Dombois & Ellenberg 1974) هذه الأحجام التجريبية:

طبقة الحزازيات	٠,٠١ ــ ٠,١ م^{٢}
طبقة الأعشاب	١ ــ ٢ م^{٢}
الشجيرات القصيرة والأعشاب الطويلة	٤ م^{٢}
الأشجار	١٠٠ م^{٢}

وفى الغالب لا تتوزع الأفراد النباتية عشوائياً ومن ثم تصبح مساحة الإطار لها تأثير على مقدار التباين حول الوسط الحسابى، فإذا كان التوزيع كتلى مثلاً فإن مقدار التباين يصل إلى أعلى قياس له عندما يكون مساحة الإطار مساويةً تقريباً لمتوسط المساحة التى تشغلها كل كتلة من كتل الأفراد. ومن الناحية النظرية تعتبر المساحة المثلى للإطار هى التى تماثل أصغر مساحة لتجمعات الأفراد والتى يرتبط أيضاً بحجم الأفراد المكونة للكساء الخضرى. أما فيما يتعلق بشكل العينة فقد جرت العادة على أن تكون مربعة الشكل ولكن فى بعض الأحيان قد تكون مستطيلة أو دائرية أو حتى مثلثة الشكل.

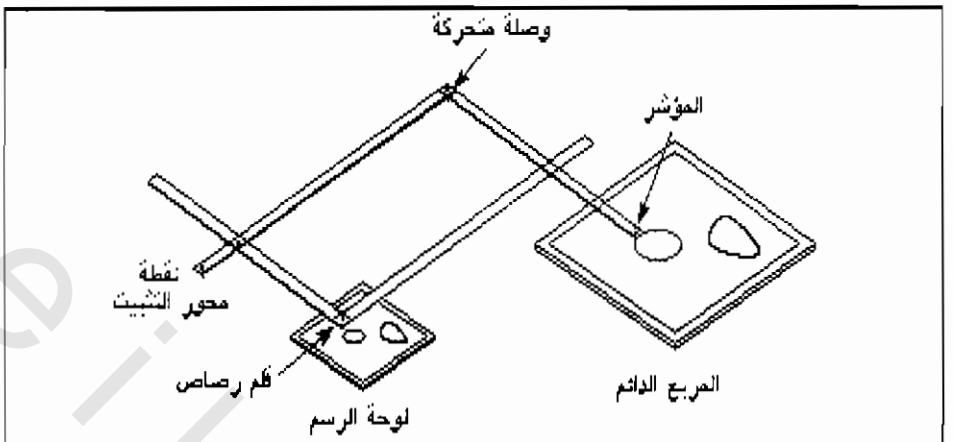
٤ـ الغطاء (Cover)

عادة ما يعرف الغطاء النباتى على أنه المسقط الرأسى لظلل (Crown) النباتات أو مجموعها الخضرى على سطح الأرض معبراً عنها كنسبة مئوية من مساحة مرجعية. ويمكن أن يعبر عنه أيضاً كنسبة بروز مساحة القاعدة (Basal Area) إلى سطح الأرض. وتعرف مساحة القاعدة على أنها مساحة الأرض المخترقة بجذوع وسوق النباتات والتى ترى بوضوح عندما يزال المجموع الخضرى عند مستوى ٢,٥سم من سطح الأرض أو أى مستوى آخر يراه الباحث مناسباً. يعتبر الغطاء النباتى مقياساً ذو قيمة بيئية أعظم من الكثافة. وقد بنيت هذه الفكرة على أساس أن الغطاء يعطى قياساً أفضل لكتلة النبات الحية عما تعطيه الكثافة. والغطاء، كمقياس كمى، يمكن عن طريقه تقييم ومقارنة كل أشكال حياة النباتات من الأشجار إلى الحزازيات. يمكن تقدير الغطاء النباتى بعدة طرائق اعتماداً على شكل الكساء الخضرى وأهداف الدراسة.

أولاً) طريقة رسم المربع (Quadrat -Charting Method)

تعتبر هذه الطريقة مفيدة فقط فى حالة المربعات المستديمة المستخدمة فى إجراء الدراسات المتعلقة بالتغيرات التعاقبية والموسمية للغطاء النباتى العشبى فى نفس المكان لأن رسم خريطة نباتية للمربع عملية مستهلكة للوقت. وتتلخص هذه الطريقة فى حالة المربعات مساحة ١ م^{٢} فى رسم خط تقاطع مساحة ظلل أنواع نباتية معينة أو مجامعيها الخضرية القاعدية بمقياس رسم معين على ورقة رسم بيانى يدوياً أو باستخدام المنساخ (Pantograph) الموضح فى شكل (٦١). والمساحة المغطاة بالنباتات على الخريطة يمكن قياسها باستخدام مقياس المساحة (Area-meter)، كما يمكن قياس هذه المساحة عن

طريق حساب عدد المربعات (المربع يمثل ١ سم على ورقة الرسم) وأجزاؤها وحساب نسبة هذه المساحة إلى المساحة الكلية للخريطة.



شكل (٦١). المنساخ (Pantograph).

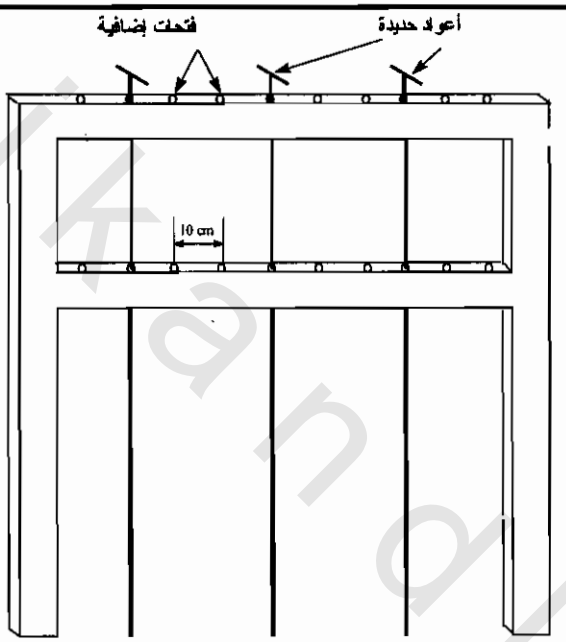
ثانياً) طريقة تقاطع النقطة (Point-Intercept Method)

يمكن قياس الغطاء النباتى عن طريق إلقاء عدد من النقاط وتحديد الأفراد النباتية التى تتقاطع معها. ومن الأدوات المفيدة فى تقدير غطاء الكساء الخضرى العشبى أو الشجيرى المتقزم ذو الحجم العادى (طوله ٢٠ ــ ٥٠سم) هيكل تردد النقطة (Point-Frequency Frame)، وهو عبارة عن هيكل خشبى ارتفاعه ١ م يتخلله عشرة ثقوب يمر عبرها مسامير حديدية أو خوابير خشبية رفيعة فى وضع قائم (شكل ٦٢).

يوضع الهيكل بأرجله على قطعة الكساء الخضرى المراد تقدير غطاؤها، ثم تدفع المسامير من أعلى إلى أسفل واحداً بعد الآخر حتى تصطدم بالنباتات أو بسطح الأرض. يتم تسجيل اصطدام النقط بالأفراد النباتية حسب نوعها. وبإلقاء الهيكل فى عشرة أماكن مختلفة يتم تسجيل اصطدام ١٠٠ نقطة، وهذا

يعطى قياساً لنسبة الغطاء النباتى للأنواع التى اصطدمت بالمسامير، وتحسب نسبة الغطاء كالآتى:

$$\text{نسبة الغطاء النباتى} = \frac{\text{عدد النقاط المتقاطعة مع النوع الواحد}}{\text{العدد الكلى للنقاط الملقاة}} \times ١٠٠$$



شكل (٦٢). هيكل تردد النقطة (Point-Frequency Frame) تضبط أبعاد الهيكل وعدد الفتحات والمسافات بينها طبقاً لحجم وفراغات النباتات العشبية.

يمكن قياس غطاء الظلل أو المجموع الخضرى للنباتات عن طريق حساب أول تقاطع أو الاحتكاك الأولى لكل مسمار مع المجموع الحضرى، كما يمكن حساب مساحة القاعدة عن طريق عد التقاطعات مع السوق قرب سطح الأرض.

ثالثاً) طريقة تقاطع الخطوط (Line-Intercept Method)

فى هذه الطريقة يتم إلقاء شريط مترى فوق الكساء الخضرى، ثم تقاس المسافة التى يتقاطع أو يتداخل فيها الشريط مع ظلل النباتات أو مجموعها الخضرى كل نبات طبقاً لنوعه كما يتضح فى شكل (٦٣). تستخدم المسافة التراكمية المشغولة بأى نوع نباتى لحساب غطائه النباتى كنسبة لمجموع المسافات الكلية التى ألقيت فوق الكساء الخضرى.

شكل (٦٣). طريقة تقاطع الخطوط لتقدير الغطاء النبا

يعتمد الطول الكلى للمسافات المستخدمة فى عملية القياس على مدى التباين فى الكساء الخضرى، ويعتقد أن خمسة خطوط طولها الكلى ١٠ متر (٥ × ٢) كافية فى حالات عديدة. تحسب نسبة الغطاء النباتى كما يلى.

$$\text{الغطاء النباتى النوعى (\%)} = \frac{\text{مجموع المسافات المتقاطعة مع النوع الواحد}}{\text{مجموع المسافات الكلية المستخدمة فى القياس}} \times ١٠٠$$

٥ـ الحجم (Size)

يمكن وصف تركيب الجماعات والمجتمعات النباتية بناءاً على تقدير أحجام أو أعمار الأفراد التى تتكون منها. وحيث أن إنتاج وحياة النباتات غالباً ما تكون مرتبطة بالحجم أكثر من ارتباطها بالعمر فان بعض المتخصصين أشاروا إلى

obeikandl.com

أفضلية تقسيم تاريخ حياة النباتات بناء على أحجامها مقارنة بالأعمار. وترجع الاختلافات فى أحجام النباتات (مباشرة أو من خلال اختلافات فى معدلات النمو) إلى اختلافات فى العمر، والتباين الوراثى، وعدم تجانس الموارد، والرعى والتنافس وغيرها.

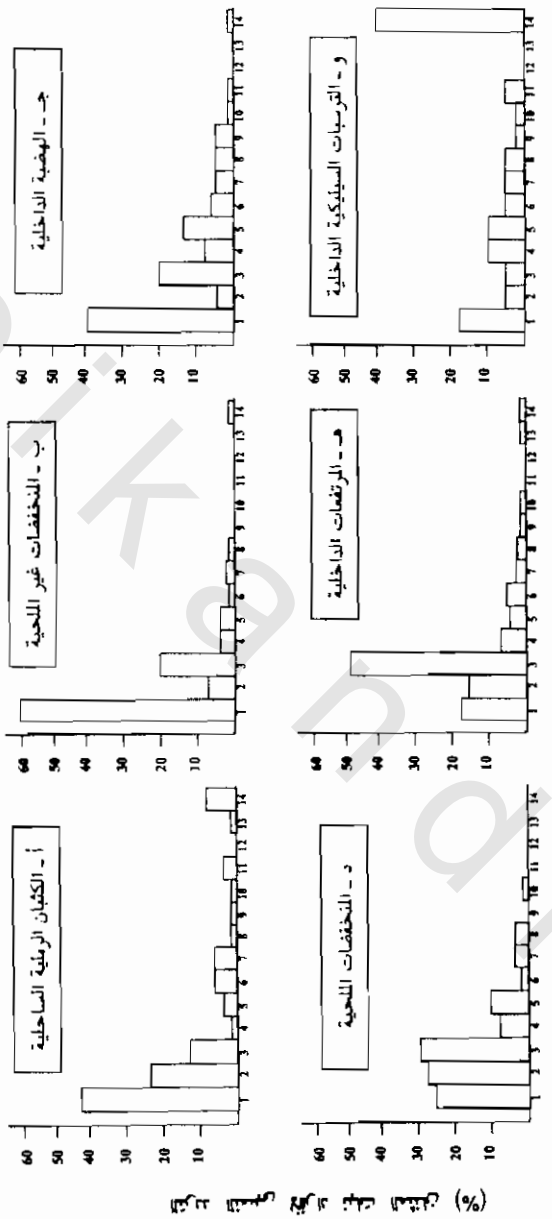
يمكن تقدير حجم النباتات عن طريق قياس أبعادها مثل الارتفاع (ع)، ومتوسط قطر (ق) ونصف قطر (نق) ظلل النباتات أو مجموعها الخضرى الهوائى، ومتوسط الارتفاع والقطر [(ع+ق)/٢]، والحجم الاسطوانى: (الحجم الاسطوانى للنبات = ط نق٢ × ع). وحيث أن النبات لا يتخذ شكل الاسطوانة التقليدية، فإن بعض العلماء اعتبروا أن الحجم كقطع مكافئ هو الأقرب فى التعبير عن الحجم الحقيقى للنباتات ويمكن حسابه من المعادلة التالية: حجم القطع المكافئ = ٢/١ (ط نق٢ × ع). وقد استخدم بعض الباحثين قطر جذوع الأشجار عند مستوى سطح الأرض أو عند مستوى الصدر (١,٥ م تقريباً) أو أى مستوى آخر يراه الباحث مناسباً،يمكن تقدير قطر الجذع بالإستعانة بالقدمة ذات الورنية.

وفى مصر درس شلتوت وعياد (Shaltout & Ayyad 1988) التوزيع الحجمى لنبات المثنان (*Thymelaea hirsuta*) المنتشر على طول الساحل الغربى للبحر المتوسط (شكل ٦٤)، وقد أظهرت الدراسة أن بعض جماعات هذا النبات، خاصة القريبة من الشاطئ (الكثبان الرملية الساحلية)، لها توزيع حجمى ذو حيود موجب (Positively Skewed) أو يقترب من شكل J المقلوب (Inverse J Shape) مما يدل على أن هذه الجماعات تتميز بنمو سريع وسعة تكاثرية عالية، وقد يدل أيضاً على نسبة وفيات عالية فى الأفراد صغيرة الحجم، ورغم ذلك فإن هذا التوزيع يمثل ثباتية طويلة الأمد حيث أن الجماعات الثابتة عادة ما يكون

عدد أفرادها الصغيرة أكبر من عدد الأفراد البالغة. ومن ناحيـــة أخـــرى فـــإن جماعة نبات المثنان البعيدة عن الشاطئ والتى تقطن موطن الترسبات الســـيلكية الداخلية تتميز بتوزيع حجمى يقترب من شكلJ، حيث يزيد عدد الأفراد كبـــيرة الحجم عن الأفراد الصغيرة، مما يدل احتمالاً على أن معدل التجديـــد (إضافـــة أفراد جديدة) ضعيف فى هذا الموطن.

٦ـ الكتلة الحية (Phytomass)

يعتبر تقدير كتلة أو وزن النبات أحد الصفات الكمية الأساسية. يمكن اعتبار هذه الصفة أفضل مقياس منفرد يعبر عن النمو، فالوزن هو المقياس الكمى للكتلة الكلية من المادة البنائية والغذائية وغيرها من المواد التى كونها النبات من خلال عمليات البناء الضوئى. تعتمد معظم الدراسات المتعلقة بوزن النبات على قيـــاس وزن المجموع الخضرى، فى حين يعتبر حجم ومساحة المجمـــوع الخضـــرى مقياسان يعبران عن شغل الفراغ. اتجهت الأنظار فى السنين الأخيرة إلى قيـــاس المجموع الجذرى لما له من أهمية كبرى فى التحكم فى كمية النمو الخضـــرى. وعند دراسة نباتات المراعى يجب تقدير كمية الأجزاء النباتيـــة التـــى تأكلـــها حيوانات الرعى. ويتم ذلك بحصر عدد النباتات أو الأفرع التى تأكلها الحيوانات ووزن كل نبات أو كل فرع، ومن هذه النتائج يحسب الوزن من النباتات الـــذى ترعاه الحيوانات. يمكن تقدير الكتلة الحية القائمة (Standing crop phytomass) للأجزاء النباتية فوق الأرضية بعدة طرائق منـــها الطرائـــق المباشـــرة وغـــير المباشرة.



(شكل ٦٤). التوزيع الحجمى لنبات المقنان (*Thymelaea hirsuta*) المنتشر على طول الساحل الغربى للبحر المتوسط.

أولاً) الطرائق المباشرة

١) طريقة النبات المفرد (Individual plant method)

تعتبر هذه الطريقة ملائمة فى حالة وجود أفراد الجماعة الواحدة أو المجتمع متباعدين عن بعضهم وبكثافات قليلة، وفى حالة وجود عدد قليل من الأنواع داخل المساحة التى ستؤخذ منها العينات. وفى هذه الطريقة يتم جمع عدد من الأفراد التابعة للنوع المراد تقدير كتلته الحية ممثلة للتباين الحجمى للجماعة، ثم توزن هذه الأفراد ويحسب متوسط وزن الفرد الواحد، ثم يضرب فى كثافة هذا النوع فى وحدة المساحة كما يلى:

الكتلة الحية (كجم/هكتار) = متوسط وزن الفرد بالكجم × كثافته لكل هكتار

وعادة ما تحسب الكتلة الحية بالنسبة للوزن الجاف أى بعد تجفيف النباتات عند درجة ٨٠ ــ ١٠٥°م لمدة ثلاثة أيام وذلك لاستبعاد كمية الماء التى تحتويها النباتات.

٢) طريقة المربع المحصود (Harvested Quadrat Method)

فى بعض أشكال الكساء الخضرى مثل أراضى الحشائش (Grasslands) من غير الممكن التفريق بين الأفراد النباتية ويصبح من الواجب عمل التقديرات بالإستعانة بمربعات عشوائية. وطريقة إلقاء هذه المربعات وتحديد مساحتها وشكلها والعدد الكافى منها لأخذ عينة ممثلة للجماعة أو المجتمع النباتى تماثل ما ذكر فى حالة تقدير الكثافة والتردد. وبعد إلقاء المربعات يتم حصر ما بداخلها من نباتات تبعاً لأنواعها بالاستعانة بمقصات صغيرة أو كبيرة أو أى

obeikandi.com

آلة مناسبة لأشكال حياة النباتات الموجودة، ثم توزن بعد تجفيفها فى الفـــرن عند درجة حرارة تتراوح بين ٨٠ – ١٠٥°م تبعاً للظروف، ولكن من المـــهم أن تجفف العينات بسرعة لتقليل الفاقد فى وزن المادة العضوية بســـبب التحلـــل (وقبل التجفيف فى حالة الرغبة فى معرفة كمية ما تحتويه من ماء)، وتحسب الكتلة الحية لكل نوع كما يلى:

$$\text{الكتلة الحية (كجم/هكتار)} = \frac{\text{مجموع أوزان النوع الواحد فى كل المربعات الملقاة}}{\text{العدد الكلى للمربعات} \times \text{مساحة المربع (م٢)}} \times ١٠٠٠٠$$

وفى معظم الحالات التى يتم فيها تقدير التغيرات الموسمية فـــى المحصـــول القائم، يجب تمييز واستخدام نفس الحدود فى عملية أخذ العينات مثل القطـــع عند نفس مستوى سطح التربة، لكن فى بعض الحالات يصبح من الصعـــب تحديد ذلك بغير استعمال طرائق خاصة، وخير مثال على ذلك حالة الكثبـــان الرملية التى يمكن أن يضاف أو يفقد رمل من سطح تربتـــها خـــلال فـــترة التجربة. ومن الطرائق المفيدة فى هذا المجال تحديد المستوى الذى تم عنـــده القطع فى المرة الأولى بالاستعانة بعلامة ثابتة أو القطع على أبعاد معلومة.

ثانياً) الطرائق غير المباشرة

الحصاد الكامل لسلسلة من المساحات كعينات للقياس، أو حتى فى مســـاحة مفردة فى حالة أراضى الغابات أو الأخشاب عادة ما تكون غير ممكنة، كمـــا أن تقدير الكتلة الحية موسمياً على مدار أعوام عديدة باســـتخدام طريقـــة الحصـــاد تسبب اضطراباً كبيراً للنظم البيئية وتستهلك وقتاً وجهداً كبـــيراً (Shaltout & Ayyad 1990). فى مثل هذه الحالات يفضل استخدام طرائق بديلة غير تدميريـــة (Non-Destructive) لقياس الكتلة الحية للأفراد النباتية فوق الأرض.

١) الطريقة الإحصائية (Statistical Method)

إذا أمكن عمل علاقة بين بعض المتغيرات سريعة القياس مثل طول أو قطر أو حجم الشجرة مع الكتلة الحية لعينات محصودة، حينئذ يمكن استخدام العلاقة الناتجة للحصول على تقديرات للمحصول القائم فى مساحات أخرى مشابهة من الكساء الخضرى. ومن العلاقات المهمة فى هذا المجال حساب معادلات التقهقر الخطية البسيطة (Simple Linear Regression Equations) مثل:

$$Y = a + bX$$

أو معادلات التقهقر اللوغريتيمية (Logarithmic Regression Equations) والتى تعرف بقانون النمو التفريقى (Law of Allometric Growth) مثل:

$$\text{Log } Y = a + b \text{ Log } X$$

حيث Y وزن المحصول القائم الكلى أو أى جزء منه، و X حجم النبات معبراً عنه على هيئة الطول أو القطر أو الحجم الاسطوانى أو الحجم كقطع مكافئ أو أى مقياس آخر يسهل تقديره ويكون مرتبطاً ارتباطاً موجباً معنوياً مع وزن المحصول القائم للنبات. أما a و b فهى ثوابت يتم تحديدها أثناء عملية إنشاء المعادلة. وبعدما يتم إنشاء هذه المعادلات يمكن حساب وزن المحصول القائم عن طريق تقدير أحجام الأفراد الموجودة داخل المساحة العينة. وقد طبق شلتوت وعياد (Shaltout and Ayyad 1990) هذه التقنية لتقدير الكتلة الحية لنبات المثنان (*Thymelaea hirsuta*) فى منطقة الساحل الشمالى الغربى لمصر، ومن أمثلة المعادلات التى توصلا إليها ويمكن الاستعانة بها المعادلتين الخطية واللوغريتيمة التاليتين:

obeikandl.com

$$Y = 35.609 + 0.001\ X$$

$$Log\ Y = -2.041 + 0.847\ Log\ X$$

حيث X هو الحجم الاسطوانى للفرد (سم^{٣})،Y وزن المجموع الخضرى للفرد (جم وزن جاف).

٢) طريقة مقياس المحصول (Crop Meter Method)

السعة الكهربائية هى دالة على المسافة السطحية لصفائح المكثفات وترتيبها وطبيعة المادة ثنائية الكهربية بينها (Di-electric Material). فإذا وضع جهاز ملائم على الأرض بحيث يقع الكساء الخضرى بين منظومة من الأقطاب الكهربية فإن السعة الناتجة سوف تعتمد على وزن المحصول القائم ومحتواه الرطوبى. وحينما تعاير، يمكن لمثل هذا الجهاز أن يعطى تقديرات سريعة وغير مباشرة (غير تدميرية) للمحصول القائم. وعند التطبيق، يجب أخذ عينات جزئية من الكساء الخضرى لحساب المحتوى الرطوبى وتعديل التقديرات كأوزان جافة. ومن الجدير بالذكر الإشارة إلى إمكانية وجود مشاكل فى حالة الأراضى شديدة البلل، وفى بعض الحالات يحتمل أن تكون القيم التى يعطيها هذا الجهاز ليست بالدقة الكافية للتوصية باستعماله (Moore & Chapman 1986).

٧ ـ التواجد أو الثبوت (Presence or Constancy)

تعبر صفة التواجد أو الثبوت عن كيفية تواجد نوع ما من النباتات بانتظام داخل المواقع المختلفة الممثلة للمجتمع، فمثلاً عندما يظهر نوع ما فى ١٨ موقعاً من ٢٠ موقع تمثل مجتمعاً نباتياً ما فإن نسبة تواجد أو ثبوت هذا النوع تحسب كما يلى : ١٨/٢٠ × ١٠٠ = ٩٠%. ولذا فإن هذه الصفة تحمل نفس المعنى

الذى تحمله صفة التردد ولكن بفرق ضئيل، وهو أن الثبوت يعبر عن حالة المجتمع بأسره، ولذلك يجب ألا يقل حجم كل عينة من عيناته عن المساحة الصغرى للمجتمع، أما التردد فيعبر عن حالة مثال واحد من أمثلة المجتمع وعيناتها هى المربعات الصغيرة (أنظر طرائق تقدير الكثافة والتردد). وإذا أرفقت البيانات الخاصة بالثبوت والتردد معاً أعطت مجتمعة فكرة واضحة عن مدى التجانس فى تركيب المجتمع. ويقاس التواجد أو الثبوت بنفس الطريقة التى يقاس بها التردد، كما يعبر عنه بمقياس خماسى الدرجات أيضاً كما يلى :

١ ــ نادر الثبوت : أقل أو يساوى ٢٠%

٢ ــ قليل الثبوت : ٢١ ــ ٤٠%

٣ ــ متوسط الثبوت : ٤١ ــ ٦٠%

٤ ــ فوق متوسط : ٦١ ــ ٨٠%

٥ ــ عالى الثبوت : ٨١ ــ ١٠٠%

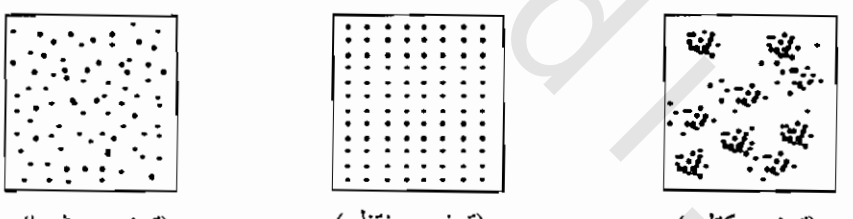
وكلما زادت نسبة الأنواع فى الدرجتين الرابعة والخامسة كلما دل ذلك على درجة عالية من التجانس فى المجتمع.

٨ ـ النسق (Pattern)

يقصد بصفة النسق فى الكساء الخضرى نمط التوزيع المكانى لأفراد النوع النباتى أو المجتمع ككل. فقد يحدث أن تتواجد أفراد النوع الواحد على شكل تجمعات أو على أى صورة أخرى تبعدها عن التوزيع العشوائى. والتباين فى مظهر هذه التجمعات مثل تواجد المجاميع العشبية والنجيلية أو الأحزمة المتتالية من الأكسية الخضرية على شواطئ البحيرات والأنهار يعمق وجود النسق ويظهره بوضوح. ولكن إذا كان النسق نتيجة لاختلافات طفيفة فى كثافة الأنواع أو غطاؤها النباتى أو نسبة تواجدها فإن تحديده يتطلب دراسة كمية الكساء الخضرى قبل أن نؤكد أو ننفى وجود النسق. وعندما يكون التشتت عادياً فإن

توزيع أفراد النوع يكون عشوائياً بحتاً (Random)، ولكن أحياناً يكون التشتت فوق العادة (Overdispersion) عندما تتزاحم الأفراد ازدحاماً شديداً فى بعض المساحات بينما تخلو منها مساحات أخرى خلواً تاماً. وقد يكون التشتت تحت العادة (Underdispersion) عندما يكون توزيع الأفراد أكثر انتظاماً مما يتوقع حدوثه بالصدفة البحتة. وقد استبدل المصطلحان الأخيران بمصطلحين جديدين أكثر ارتباطاً بتوزيع الأفراد على الأرض وهما التوزيع الكتلى (Contagious) والتوزيع المنتظم (Regular).

وقد وجد أن توزيع الأفراد النباتية فى الظروف العادية يتفق مع سلاسل بواسون (Poisson Series) التى تشير إلى التوزيع العشوائى. وطبقاً لهذه السلاسل فإن التباين (Variance) يساوى الوسط الحسابى (Mean)، ومن ثم فإن النسبة بين هذين المعاملين تساوى واحد. وبناءاً على ذلك يمكن استخدام هذه النسبة كمقياس لانعدام العشوائية، فعندما تزيد النسبة زيادة معنوية عن واحد فهذا يعنى أن التوزيع كتلى وحينما تقل معنوياً عن واحد فهذا يعنى أن التوزيع منتظم (شكل ٦٥). وفيما يلى وصفاً مختصراً لقياس النسق إحصائياً.



شكل (٦٥). التوزيع المكانى للجماعة

أولاً) طريقة نسبة التباين إلى المتوسط الحسابى

ويتم ذلك بحساب متوسط كثافة الجماعة أو المجتمع المراد تحديد نسق توزيع أفراده عن طريق جمع كثافة أى منهما فى المربعات الملقاة داخل الموقع وقسمتها على العدد الكلى للمربعات. يحسب بعد ذلك التباين (V) حول الوسط الحسابى طبقاً للمعادلة التالية:

$$V = \frac{\sum X^2 - (\sum X)^2 / n}{n-1}$$

حيث X كثافة الجماعة أو المجتمع فى كل مربع، n العدد الكلى للمربعات المستخدمة فى التقدير. يلى ذلك حساب نسبة التباين إلى المتوسط الحسابى، وللتأكد من جيود هذه النسبة جيوداً معنوياً عن النسبة المتوقعة للتوزيع العشوائى (= ١) يحسب الخطأ المعيارى (SE) لنسبة التباين إلى المتوسط كما يلى:

$$SE = \sqrt{2/(n-1)}$$

تحسب قيمة t بعد ذلك كما يلى :

$$t = \frac{\text{النسبة المحسوبة - النسبة المتوقعة}}{\text{الخطأ المعيارى}}$$

ثم نقارن قيمة t المحسوبة بالقيمة المجدولة (جدول ١٨) تحت درجة حرية ١، فإذا كانت القيمة المحسوبة أعلى أو تساوى القيمة المجدولة تحت درجة احتمال ٥% فأقل فهذا يعنى أن هناك جيوداً معنوياً عن النسبة المتوقعة، ومن ثم يصبح النسق كتلياً فى حالة زيادة النسبة عن واحد ويصبح منتظماً فى حالة كونها أقل من واحد.

جدول (١٨). توزيع t (t-distribution)

درجة الحرية	درجة الاحتمال		
	0.05	0.01	0.001
1	12.706	36.657	636.619
2	4.303	9.925	31.598
3	3.182	5.841	12.941
4	2.776	4.604	8.610
5	2.571	4.032	6.859
6	2.447	3.707	5.959
7	2.365	3.494	5.405
8	2.306	3.355	5.041
9	2.622	3.250	4.781
10	1.228	3.169	4.587
11	2.201	3.106	4.437
12	2.179	3.055	4.318
13	2.160	3.012	4.221
14	2.145	2.977	4.140
15	2.131	2.947	4.073
16	2.120	2.921	4.015
17	2.110	2.898	3.965
18	2.101	2.878	3.922
19	2.093	2.861	3.883
20	2.086	2.845	3.850
21	2.080	2.831	3.815
22	2.074	2.819	3.792
23	2.069	2.807	3.767
24	2.064	2.797	3.745
25	2.060	2.787	3.725
26	2.056	2.779	3.707
27	2.052	2.771	3.690
28	2.048	2.763	3.674
29	2.045	2.756	3.659
30	2.042	2.750	3.646
40	2.021	2.704	3.551
60	2.000	2.660	3.460
120	1.980	2.617	3.373
∝	1.960	2.576	3.291

obeikandl.com

ثانياً) طريقة مربع كاى (χ^2 Goodness - of - Fit)

فى هذه الطريقة تقسم الأفراد التابعة للأنواع السائدة أو المجتمع ككل إلى رتب كما يلى: عدد المربعات الخالية من أفراد النوع المراد تقدير نسقه، عدد المربعات المحتوية على فرد واحد، عدد المربعات المحتوية على فردين وهكذا، ثم تقدر كنسبة مئوية للعدد الكلى للمربعات. يحسب بعد ذلك التردد المتوقع لكل رتبة طبقاً لسلاسل بواسون كما يلى : e^{-m} للمربعات الخالية، me^{-m} للمربعات المشتملة على فرد واحد، $\frac{m^2}{2!}e^{-m}$ للمربعات المشتملة على فردين، $\frac{m^3}{3!}e^{-m}$ للمربعات المشتملة على ثلاثة أفراد، وهكذا، حيث m هى متوسط الكثافة. نحسب بعد ذلك مربع كاى كما يلى:

$$\text{مربع كاى } (\chi^2) = \text{مجموع} \frac{(\text{التردد المقدر} - \text{التردد المتوقع})^2}{\text{التردد المتوقع}}$$

يوضح جدول (١٩) كيفية حساب مربع كاى لمائة عينة عشوائية من المربعات مشتملة على كثافة أحد الأنواع النباتية على فرض أن متوسط كثافته (m) = ٠,٨ فرد لكل مربع.

جدول (١٩).طريقة حساب مربع كاى لمائة عينة عشوائية من المربعات تمثل جماعة أحد الأنواع النباتية.

عد الأفراد فى المربع	التردد المقدر	سلسلة بواسون	التردد المتوقع	$\frac{(\text{التردد المقدر} - \text{التردد المتوقع})^2}{\text{التردد المتوقع}}$
صفر	٤٦	e^{-m}	٤٤,٩	٠,٠٢٦٩
١	٣٤	me^{-m}	٣٥,٩	٠,١٠٠٦
٢	١٤	$(m^2/2!)e^{-m}$	١٤,٤	٠,٠١١١
٣	٦	$(m^3/3!)e^{-m}$	٣,٨	١,٢٧٣٧
المجموع (χ^2)				١,٤١٢٣

وبمقارنة قيمة مربع كاى المحسوبة (= ١,٤١٢٣) بالقيمة المجدولة (جدول ١٥) تحت درجات حرية تقل بمقدار ٢ عن عدد الرتب المستخدمة فى التقدير (٤ ــ ٢ = ٢) ودرجة احتمال ٥% نجد أن القيمة المجدولة (= ١,٣٨٦) أقل من القيمة المحسوبة، وهذا يعنى أن التردد المقدر يتلائم بشكل جيد مع سلسلة بواسون المتوقعة ومن ثم نحكم بأن أفراد الجماعة التى أخذت منها العينات تتوزع عشوائياً.

العوامل المسببة لحدوث النسق

١) **شكل النباتات.** تؤدى أشكال حياة بعض النباتات وخاصة الأشكال الكتلية الكثيفة (Tussocked forms) أو التى لها أوراق قاعدية وردية الشكل إلى ظهور التوزيع الكتلى للأفراد (Contagious pattern)، ويعرف النسق الناشئ عن شكل حياة النبات بإسم النسق الشكلى (Morphological pattern)، وعادة ما يؤثر هذا النسق على الأنواع الأخرى المصاحبة. تعطى النباتات الريزومية أيضاً نسقاً معبراً عن طريقة أداء الريزومات من حيث تفرعاتها الهوائية التى تكون مفصولة عن بعضها بالزيادة السنوية الناتجة عن نمو الريزومة، وقد يرتبط هذا النسق أيضاً بعمر الريزومات حيث أن توزيع وحجم الأفرع يختلف باختلاف العمر. قد يتأثر النسق أيضاً بتحلل الأجزاء القديمة من الريزومات مما يؤدى إلى انفصال التفرعات وتباعدها عن الريزومة الأم ومن ثم ظهورها كأفراد مستقلة.

٢) **الوسط المحيط.** يعرف النسق الناتج عن عدم تجانس الوسط المحيط بإسم النسق البيئى (Environmental pattern)، حيث تؤثر التباينات الكبيرة فى الوسط المحيط تأثيراً كبيراً على الكساء الخضرى مما يؤدى إلى ظهور أنساق توزيع للأنواع المكونة للمجتمعات النباتية فى المنطقة بالمعنى الحقيقى للكلمة وبالوضوح الذى لا يحتاج معه إلى طريقة كمية إحصائية للتأكد من وجوده. ومن الواضح أيضاً أن التغيرات الدقيقة فى عامل أو أكثر من العوامل البيئية

التى تحدث فى مناطق كبيرة تؤدى إلى حدوث تغيرات مصاحبة فى الكساء الخضرى معطية أنساق تكون واضحة على مستوى المساحات المتوسطة والكبيرة. ومن العوامل البيئية التى تؤدى إلى ظهور النسق ما يلى: ١- تضاريس الأرض (Topography)، ٢ ــ عمق التربة (بعض النباتات تفضل الترب الضحلة والبعض الآخر يفضل الترب العميقة، ٣ ــ قوام التربة (كمية ماتحتوية من رمل وطمى وطين، وهى ذات علاقة بمستوى الرطوبة الأرضية)، ٤ ــ معدل انبعاث الأكسجين، و ٥ ــ العناصر الغذائية فى التربة (مثل الأكسجين والحديد والبورون). وفى حالات كثيرة، ونتيجة لتداخل العوامل البيئية، يرتبط النسق بمجموعة من العوامل الفردية وليس بعامل واحد فقط. فعلى سبيل المثال قد يكون النسق ذو علاقة ظاهرية واضحة بالتغيرات الدقيقة فى تضاريس الأرض، إلا أنه بالدراسة المتعمقة نجد أن التغيرات التضاريسية مرتبطة بمجموعة من العوامل البيئية الأخرى مثل إتاحة وصرف الماء ومحتوى العناصر والرقم الهيدروجينى، مما يجعل من الصعب (إن لم يكن من المستحيل) معرفة ما هو العامل أو مجموعة العوامل التى تتحكم مباشرة فى نسق توزيع الأنواع.

٣) **العلاقات الاجتماعية**. يغطى مصطلح النسق الاجتماعى (Sociological pattern) مدى من الأنساق الناتجة عن عدة عوامل متشابكة تعمل على مستوى المساحات الصغيرة، تعود هذه العوامل المتشابكة جزئياً إلى خصائص داخل النباتات، وجزئياً إلى تغيرات دقيقة فى الوسط المحيط. لا تعتمد العوامل المسببة للنسق الاجتماعى على القدرة التنافسية للفرد فقط ولكن تعتمد أيضاً على الوجود الممكن للسميات التى يفرزها فرد ما وعلى عمره أيضاً. ومن الجدير بالذكر التنويه بأن كل تأثير من نوع على آخر (باستثناء التطفل) يكون فى صورة تحوير للوسط المحيط، وبناء على ذلك فإن النسق البيئى لنوع ما قد يكون سببه

تحوير فى الوسط المحيط بواسطة نوع آخر، ولذلك فإن العديد من الأنساق الصغيرة التى تناقش تحت مسمى النسق البيئى يمكن مناقشتها أيضاً تحت مسمى النسق الاجتماعى. ويتضح ذلك من المثال التالى : يمكن للنوع (أ) أن يثبط نمو النوع (ب) تحت ظروف نقص نيتروجين التربة نتيجة للتنافس بينهما على الرغم من أن النوع (ب) يمكن أن ينمو جيداً تحت نفس الظروف فى غياب النوع (أ)، أما تحت ظروف وفرة النيتروجين فإن النوع (ب) يمكن أن ينمو جيداً فى وجود النوع (أ) بل قد يثبط نموه.

وفى دراسة على نبات المثنان بالساحل الشمالى الغربى لمصر لوحظ أن جماعات هذا النبات ذات نسق توزيع عشوائى فى المواطن الداخلية الأكثر جفافاً (الهضبة الداخلية، والترسبات الداخلية السيليكية)، أما جماعات المواطن الساحلية الأقل جفافاً (الكثبان الرملية، والمنخفضات الملحية) والمرتفعات الصخرية الداخلية فلها نسق توزيع كتلى. ويعزى ظهور التوزيع العشوائى للأفراد، جزئياً، إلى التنافس بين أفراد الجماعة (Intra-specific competition) الذى يحد من الكثافة الكلية للأفراد فى المنطقة وفى نفس الوقت من التوزيع المكانى للفرد بالنسبة لجيرانه ويحدث ذلك غالباً تحت الظروف الأكثر جفافاً معطياً نسقاً عشوائياً (خاصة فى حالة تجانس الوسط المحيط). ويرجع النسق الكتلى فى المواطن الأقل جفافاً إلى عدة عوامل منها عدم تجانس الوسط المحيط، ويتضح ذلك جلياً فى اختلاف ملوحة الأرض ومستوى الماء الأرضى فى حالة المنخفضات الملحية، والتغيرات التضاريسية فى حالة الكثبان الرملية والمرتفعات الصخرية الداخلية (Shaltout 1987).

التحليل العددى للكساء الخضرى

(Multivariate Analysis of Vegetation)

اكتسب الاتجاه الرياضى لتجميع وتنسيق عينات (مواقع) الكساء الخضرى قدراً كبيراً من الاهتمام. والافتراض الأساسى هنا هو أن المعالجة الرياضية للبيانات تؤدى إلى عرض النتائج بطريقة أكثر موضوعية. يظهر الفحص المتعمق للطرائق الرياضية وتطبيقاتها خاصة الطرق الأكثر تعقيداً، أن حسن معرفة الكساء الخضرى المراد تحليله باستخدام هذه الطرق مطلوب جداً، كما يحتاج التطبيق الناجح لهذه الطرق إلى عدد من القرارت والتعديلات التى يعتمد معظمها على وجهة النظر الشخصية للباحث. وتتضمن المعالجة الرياضية (العددية) لبيانات الكساء الخضرى حساب معاملات التشابه، وطرق التقسيم والتنسيق والتحليل التدريجى المباشر.

أولاً) معاملات التشابه (Similarity Coefficients)

أ ــ معامل جاكارد (Jaccard Coefficient)

يسمى بمعامل المجتمع لجاكارد (Community Coefficient of Jaccard) ويعبر عن نسبة عدد الأنواع المشتركة بين موقعى الكساء الخضرى محل المقارنة إلى العدد الكلى للأنواع فى الموقعين كما يلى :

$$\text{معامل جاكارد} = \frac{\text{عدد الأنواع المشتركة بين الموقعين}}{\text{العدد الكلى للأنواع فى الموقعين}} \times ١٠٠$$

ب ــ معامل سورينسون (Sϕrensen Coefficient)

وهو عبارة عن نسبة عدد الأنواع المشتركة بين موقعين من مواقع الكساء الخضرى إلى متوسط أعداد الأنواع الكلية فى الموقعين الأول و الثانى كما يلى:

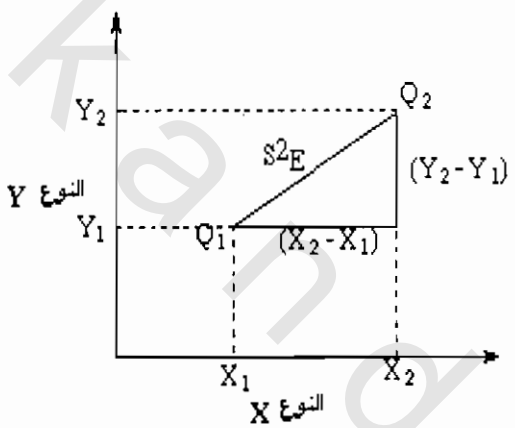
obeikandl.com

$$\text{معامل سورينسون} = \frac{\text{عدد الأنواع المشتركة}}{\frac{1}{2}(\text{عدد أنواع الموقع الأول} + \text{عدد أنواع الموقع الثانى})} \times 100$$

ب ــ المسافة الإقليدية (Euclidean distance)

يبنى هذا المعامل على الخصائص الإقليدية للمثلث القائم الزاوية وهى أن مربع وتره يساوى مجموع مربعى الضلعين الآخرين: وبناء عليه فإن المسافة الأقليدية بين موقعين يحتويان على نوعين فقط تحسب طبقاً للمعادلة التالية شكل (٦٦):

$$S_E = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$



شكل (٦٦): مربع المسافة الأقليدية (S^2_E) بين موقعين (Q_2 , Q_1) يحتويان على نوعين (X , Y) و X_1 و X_2 هما قيمة النوع X فى الموقعين Q_1 و Q_2، Y_1 و Y_2 هما قيمة النوع Y فى نفس الموقعين.

وفى حالة احتواء الموقعين على أكثر من نوعين فإن المعادلة العامة لحساب هذه السافة تصبح:

$$D_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^{m} (X_{ik} - X_{jk})^2}$$

حيث D_{ij} = المسافة الإقليديسية بين الموقعين i و j، m = عدد الأنواع، X_{ik} = وفرة النوع k فى الموقع I، و X_{jk} = وفرة النوع k فى الموقع j. وكلما كانت قيمة مربع المسافة الأقليديسية صغيراً كلما كان التشابه بين الموقعين كبيراً بناءاً على تركيبهما النوعى. القيمة الصغرى لهذا المعامل هى صفر، والتى تمثل التشابه التام بين الموقعين، بينما لا توجد قيمة عليا محددة، لهذا السبب تعتبر هذه المسافة معاملاً لعدم التشابه (Kent & Coker 1996).

ثانيا) طرائق التقسيم (Classification Methods)

أصبحت الرسوم المتفرعة (Dendrograms) شائعة الاستخدام فى عرض نتائج طرائق التقسيم أو تحليل المجموعات (Cluster analysis) المستخرجة بواسطة الحاسب الآلى خلال العقود الأخيرة من هذا القرن. والرسم المتفرع هو أداة تخطيطية لتمثيل العلاقات فى مصفوفة التشابه (Similarity matrix) تعرض فيه المواقع (أو الأنواع) على هيئة أزواج متصلة ببعضها عند مستويات معينة من التشابه. تتصل مجموعة الأزواج بعد ذلك ببعضها فى مجموعات أكثر عمومية لتكون ترتيباً تسلسلياً. يوجد العديد من طرائق التقسيم تختلف فيما بينها من حيث الأسس النظرية والتطبيقات التى بنيت عليها، ومن هذه الطرائق طريقة المجموعات التجميعية (Agglomerative clustering technique). وهى عملية فرز تكرارية (Iterative sorting) بمعنى أنها تكرر عدة مرات اعتماداً على عدد المواقع ودرجات العلاقات فيما بينهم.

لتوضيح كيفية تطبيق هذه الطريقة نفترض المصفوفة الثنائية التالية التى تحتوى على درجات التشابه بين ٨ مواقع بناءاً على تركيبها النوعى:

المواقع								
1								
2	6							
3	8	7						
4	2	5	4					
5	7	6	7	8				
6	3	1	9	5	6			
7	6	7	5	4	2	4		
8	9	3	6	7	3	7	5	
	1	2	3	4	5	6	7	8

المواقع

مصفوفة تشابه افتراضية

يتم تطبيق هذه الطريقة بناءاً على البيانات المدونة فى المصفوفة السابقة كما يلى:

١ ــ تحدد أزواج المواقع التى بينها أعلى درجات تشابه ثم يدمج كل زوج فى مجموعة واحدة. فى المثال السابق المواقع الأكثر علاقة ببعضها هى أرقام ١ و ٨، وأرقام ٣ و ٦ بدرجة تشابه ٩ لكل حالة.

٢ ــ هذا يعنى أننا حصلنا الآن على مجموعتين من المواقع، كل مجموعة تتكون من زوج واحد من المواقع كما يلى:

الموقع الأصلى	الموقع الإفتراضى	درجة التشابه
١ + ٨	٩	٩
٣ + ٦	١٠	٩

أى أن الموقعين ١ و ٨ كوناً مجموعة جديدة تحت رقم ٩ و درجة تشابه ٩، والموقعان ٣ و ٦ كوناً مجموعة أخرى تحت رقم ١٠ ودرجة تشابه ٩ أيضاً.

obeikandl.com

٣ ــ الخطوة التالية هى حساب القيم المتوسطة للأنواع فى كل زوج من هـــذه المواقع بحيث أن المجموعة ٩ سوف تعتـــبر موقـــع افـــتراضى والـــذى خصائصة هى متوسط قيم الأنواع فى الموقعين ١ و ٨، بينما المجموعـــة ١٠ تعتبر موقع افتراضى آخر يعبر عن متوسط قيم الأنواع فى الموقعيـــن ٣ و ٦.

٤ ــ يضاف الموقعين الافتراضيين (٩ و ١٠) إلى المواقع التى لم تصبح بعـــد مندمجة فى أية مجموعات، ثم تحسب مصفوفة ثنائية جديدة لها باســـتخدام نفس معامل التشابه الذى استخدم فى الخطوة السابقة.

٥ ــ نفترض أن المصفوفة الجديدة هى كما يلى:

المواقع							
	2						
	4	3					
	5	1	3				
	7	5	2	8			
	9	4	6	2	5		
	10	8	5	1	3	4	
		2	4	5	7	9	10

المواقع

كما هو واضح نجد أن الموقعين ٢ و ١٠ (الذى يحتوى علـــى الموقعيـــن ٣ و ٦) أكثر علاقة ببعضهما (درجة التشابه = ٨) ومن ثم يدمجا فى مجموعـــة جديـــدة تحت رقم ١١. ينطبق نفس الكلام على الموقعين ٥ و ٧ ومن ثـــم يدمجـــا فـــى مجموعة أخرى تحت رقم ١٢.

٦ ــ تضاف نتيجة هذه الخطوة إلى الخطوة الأولى ومن ثم نحصل على التشـــكيل التالى:

obeikandl.com

الموقع الأصلى	الموقع الإفتراضى	درجة التشابه
١ + ٨	٩	٩
٣ + ٦	١٠	٩
٢ + ٦	١١	٨
٥ + ٧	١٢	٨

يوجد الآن أربعة مواقع افتراضية هى ٩، ١٠، ١١، ١٢ تحتوى ٧ مواقع أصلية.

٧ ــ نرجع مرة أخرى إلى المصفوفة المحتوية على البيانات الأصلية لحساب متوسط قيم الأنواع فى المواقع الممثلة لكل مجموعة، ثم نحسب درجة التشابه بين كل زوج من هذه المجموعات وبينها وبين المواقع المتبقية. توضح المصفوفة الثنائية التالية نتيجة هذه الخطوة:

المواقع				
4				
9	3			
11	2	6		
12	5	1	4	
	4	9	11	12

المواقع

٨ ــ المواقع الأكثر تشابهاً فى هذه المصفوفة هما رقمى ٩ و ١١ (درجة التشابه ٦) والتى يكونا مجموعة جديدة تحت رقم ١٣. كذلك موقع ٤ له درجة تشابه عالية مع الموقع الافتراضى رقم ١٢ (درجة التشابه = ٥) ومن ثم يكونا مجموعة أخرى تحمل رقم ١٤.

٩ ــ تضاف نتيجة هذه الخطوة إلى نتائج الخطوتين السابقتين، وبذا يصبح التشكيل الجديد كما يلى:

الموقع الأصلى والموقع الافتراضى	الموقع الافتراضى	درجة التشابه
١ + ٨	٩	٩
٣ + ٦	١٠	٩
٢ + ١٠	١١	٨
٥ + ٧	١٢	٨
٩ + ١١	١٣	٦
٤ + ١٢	١٤	٥

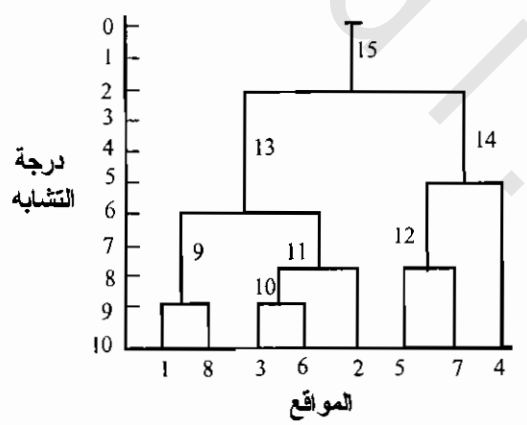
يتضح من هذا التشكيل إن كل المواقع الثمانية الأصلية أصبحت أعضاء الآن فى المجموعتين ١٣ و ١٤.

١٠ ـ الخطوة الأخيرة فى عملية الفرز هى العودة مرة أخرى إلى مصفوفة البيانات الأصلية لحساب متوسط قيمة الأنواع فى كل المواقع المندرجة تحت كل من المجموعتين الكبيرتين ١٣و ١٤، وبعد ذلك نحسب درجة التشابه بينهما. تضاف درجة التشابه هذه إلى نتائج الخطوات السابقة. وتوضع النتيجة النهائية (باعتبار درجة التشابه بين المجموعتين ١٣ و ١٤ تساوى ٢) فى تشكيل نهائى يطلق عليه إسم عمود محتوى معلومات المجموعات (Column of the Information Content of the Groups):

الموقع الأصلى والموقع الافتراضى	الموقع الافتراضى	درجة التشابه
١ + ٨	٩	٩
٣ + ٦	١٠	٩
٢ + ١٠	١١	٨
٥ + ٧	١٢	٨
٩ + ١١	١٣	٦
٤ + ١٢	١٤	٥
١٣ + ١٤	١٥	٢

١١- ترسم النتيجة النهائية عادة على هيئة رسم متفرع (Dendrogram) أو متسلسل (Hierarchy) يعكس العلاقات المتبادلة بين المواقع الأصلية ومجموعات المواقع (شكل ٦٧).

يمثل الرسم المتفرع نظاماً تقسيمياً حيث أنه يوضح العلاقات بين المواقع الثمانية ومجموعات المواقع، ويوضح أيضاً درجة التشابه بين هذه المواقع على مستويات متعددة. وكما يتضح فإن المواقع تنقسم إلى مجموعتين كبيرتين (١٣ و ١٤): المجموعة ١٣ تحتوى على المواقع ١، ٨، ٣، ٦، و ٢، بينما المجموعة ١٤ تشمل المواقع ٥، ٧، و ٤. تتوزع مواقع كلاً من المجموعتين بعد ذلك بين مجموعات أصغر (٩، ١١، ١٢) كل منها يمكن أن يشمل موقعاً أو أكثر. من المهم أن يختبر الدارس أهمية هذا التقسيم بعد تكوين التقسيم التسلسلى عن طريق الرجوع إلى المواقع التى تمثل هذا التقسيم فى محاولة لاكتشاف خصائص إضافية (مثل أنواع دليلية أو عوامل بيئية) يتطابق توزيعها بين مواقع المجموعات المتعددة مع توزيع الأنواع الأخرى التى أسست عليها هذه المجموعات.



شكل (٦٧). رسم متفرع مبنى على محتوى معلومات المجموعات

ثالثاً) طرائق التنسيق (Ordination methods)

يمكن أن تترجم التصاحبات بين المواقع أو الأنواع إلى أبعاد لنحصل على تشكيل فراغى (Spatial configuration). يمكن أن نحصل على هذا التنسيق البسيط باستخدام مربع كاى (χ^2) كمقياس للتصاحب بين أزواج الأنواع. تعتبر الطرائق التى أعدها علماء البيئة فى جامعة ويسكنسون بالولايات المتحدة هى الأكثر فاعلية فى تنسيق المواقع بالنسبة لتدرجات الوسط المحيط، وهى تعتمد على ما يعرف بالمدخل المتصل (Continuum approach) الذى يفترض أن التغير فى الكساء الخضرى غير متقطع، ومن ثم فإن وجهة النظر هنا تعنى عدم إمكانية تقسيم الكساء الخضرى إلى وحدات منفصلة (Discrete entities).

لتمثيل مسافات العلاقات المشتركة بين الأنواع أو المواقع يتطلب ذلك أبعاداً متعددة، وتعتبر طريقة براى وكيرتس (Bray & Curtis 1957) أحد المداخل الشائعة لتبسيط هذا التمثيل باستخدام بعض معاملات التشابه لإنشاء محاور متصلة، وغالباً ما تسمى بطريقة التنسيق القطبى (Polar ordination). وقد استعان براى وكيرتس بعامل سورينسون بعد تحويره ليتلائم مع التقديرات الكمية لوفرة الأنواع كما يلى :

$$C = \frac{2w}{a+b} \times 100$$

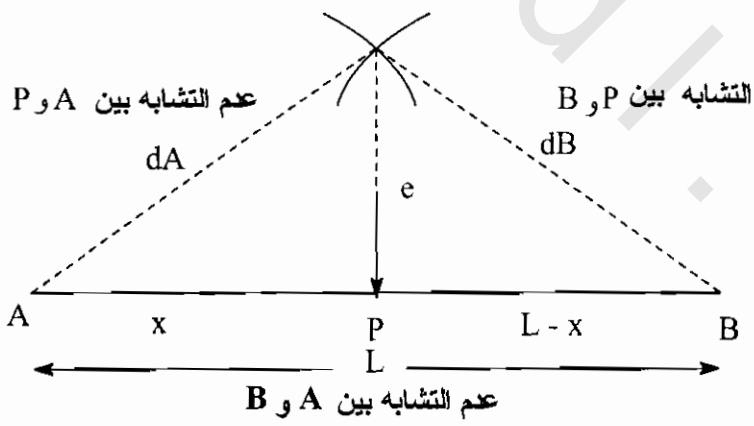
حيث a و b هما كميات كل الأنواع الموجودة فى الموقعين المقارنين، و w هى مجموع القيم الأقل للأنواع ذات التواجد المشترك بين الموقعين. وفيما يلى وصفاً مختصراً لتنسيق المواقع على المحورين الأول والثانى (X-Y axes) باستخدام هذه الطريقة.

أولاً) إنشاء المحور الأول (X-axis)

١ ــ يعتبر الموقع الذى له أقل متوسط تشابه مع كل الأنواع (وليكن الموقع A) هو موقع النهاية الأولى للمحور الأول، وعلى الطرف الآخر يعتبر الموقع الذى له أقل تشابه مع الموقع A (وليكن الموقع B) هو موقع النهاية الثانية للمحور الأول. وبذا يصبح الموقعين A و B هما قطبا المحور الأول (X) وعلى طوله ترتب أو تنسق المواقع الأخرى.

٢ ــ تحسب المسافة (L) بين هذين الموقعين المرجعين (Reference stands) على أنها درجة عدم التشابه بينهما.

٣ ــ ترتب المواقع الأخرى بعد ذلك على المحور (X) بين الموقعين A و B إما هندسياً أو رياضياً. وعلى سبيل المثال لتحديد مكان الموقع P هندسياً نطرح درجة تشابهه مع الموقع A من ١٠٠%، ونفعل مثل ذلك مع الموقع B حيث تمثل درجتى عدم تشابه مع هذين الموقعين المسافتين dA و dB. ننزل بعد ذلك خط عمودى على المسافة L من نقطة تقاطع قوسى المسافتين dA و dB (شكل ٦٨).



شكل (٦٨). مثلث يوضح كيفية تنسيق المواقع هندسياً على محور واحد طبقاً لطريقة براى وكيرتس (Bray & Curtis 1957)

٤ ــ يمكن الحصول على نفس النتيجة رياضياً بالاستعانة بنظرية فيثاغورث والتى تقول أن المربع المنشأ على وتر المثلث قائم الزاوية يساوى مجموع المربعين المنشأين على الضلعين الآخرين أى أن:

$$dA^2 = e^2 + x^2 \quad \text{و} \quad DB^2 = e^2 + (L - x)^2$$

وبطرح المعادلتين من بعضهما فإن قيمة e^2 تتلاشى وتصبح المعادلة كما يلى (تسمى معادلة بيل Beal's Formula) :

$$x = \frac{L^2 + dA^2 - dB^2}{2L}$$

والمسافة e يمكن تقديرها كما يلى :

$$e = \sqrt{dA^2 - x^2}$$

ثانياً) إنشاء المحور الثانى (Y-axis)

١ ــ تتضمن الخطوة التالية فصل المواقع فى بعد ثانى من أجل تنسيق هندسى أفضل لعلاقات التشابه بينهما. يجب أن يفى الموقع الأول الممثل للنهاية الأولى لهذا المحور (A`) بكل أو معظم المتطلبات التالية: أ ــ أن يكون من بين المواقع الوسيطة على المحور الأول (أى أنه أقل تلاؤماً مع المحور الأول)، ب ــ أن تكون قيمة e له عالية إن لم تكن هى الأعلى، جـ ــ أن يكون له ثلاث درجات تشابه تزيد عن ٥٠% على الأقل،.

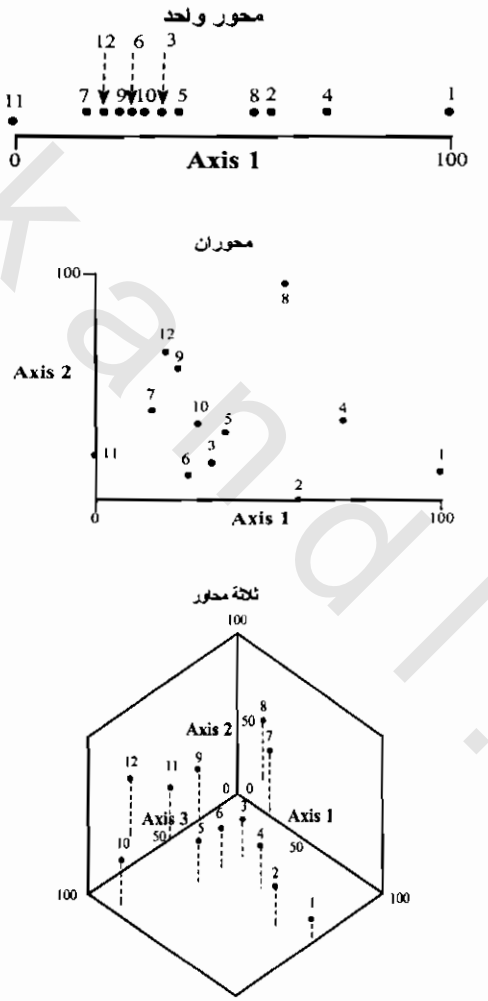
٢ ــ كما يجب أن يفى الموقع المرجعى الثانى (B`) بما يلى: أ ــ يكون قريباً بقدر الإمكان من الموقع الأول (A`) بالنسبة لموضعهما على المحور X لكى يكون المحور Y عمودياً قدر الإمكان على المحور X (فى حدود ١٠% من الطول الكلى للمحور X)، ب ــ أن تكون درجة تشابه مع الموقع الأول أعلى ما يمكن.

obeikandl.com

٣ ــ تتضمن هذه الخطوة حساب قيمةy لكل موقع طبقاً لمعادلة بيل التالية:

$$y = \frac{(L`)^2 + (dA`)^2 - (dB`)^2}{2L`}$$

٤ ــ يمكن بعد ذلك ترتيب المواقع على مستوى ثنائى الأبعاد بالنسبة لكل من المحور X و Y. وقد ينشأ محور ثالث بطريقة مشابهة لإنشاء المحور الثانى ثم ترتب المواقع فى صورة مجسم ثلاثى الأبعاد (شكل ٦٩).



شكل (٦٩). رسوم تنسيقية باستخدام محور واحد، ومحورين، وثلاثة محاور مستخرجة بطريقة التنسيق القطبى لبيانات مستنقع ملحى فى نيوجرسى.

يمكن حساب درجة الارتباط بين الأماكن النسبية للمواقع علـــى طـــول أى محور وبين عوامل الوسط المحيط (مثل التربة والمناخ والتأثيرات البشـــرية) أو متغيرات الكساء الخضرى (مثل التنوع والكثافة والغطاء وكتلة الأنواع) فى هـذه المواقع. يمكن أن تعطى هذه العلاقات مفاتيح عـــن طبيعـــة محـــاور التنســـيق كتدرجات فى الكساء الخضرى أو الوسط المحيط. وتعد الدراسات التى أجراهـــا محمد عياد وتلامذته (جامعة الإسكندرية) على الكســـاء الخضـــرى للمواطـــن المختلفة بالساحل الشمالى الغربى لمصر باستخدام تقنيات التحليل العددى هـــى الدراسات الرائدة فى هذا المجال. ومن أمثلة ذلك دراساته على الكساء الخضـــرى لبيئة الكثبان الرملية الساحلية (Ayyad 1973) والمرتفعات الداخليـــة (Ayyad & Ammar 1974) والمنخفضات غـــير الملحيـــة (Ayyad 1976)، والمنخفضـــات الملحية (Ayyad & El-Ghareeb 1982).

رابعاً) التحليل التدرجى المباشر (Direct Gradient Analysis)

التحليل التدرجى المباشر هو اتجاه بحثى كبير يكون مع التقسيم والتنســـيق ثلاثة من الطرائق البحثية الهامة فـــى علـــم بيئـــة المجتمعـــات (Community ecology). يستخدم هذا التحليل فى إبراز توزيع الكائنات على طول التدرجـــات الهامة فى الوسط المحيط، فى حين تبدأ طرئق التقسيم والتنسيق بتحليل بيانـــات المجتمع بمفرده ثم تستخدم بيانات الوسط المحيط لاحقاً للتفسير والتوضيح. وبناء على ذلك فإن التحليل التدرجى المباشر يهدف إلى جمع وتنظيم بيانات المجتمـــع والوسط المحيط معاً لوضع تفسيرات للتساؤلات التالية (نقلاً عن Gauch 1982):

١ ــ ما هو العامل البيئى، من بين مركب العوامل البيئية الســـائدة، ذو التـــأثير الأساسى على توزيع الكائنات والمجتمعات.

٢ ــ كيف يمكن أن تقاس أو تقدر العوامل البيئية (مثل الرطوبة الأرضية) بطريقة مثلى.

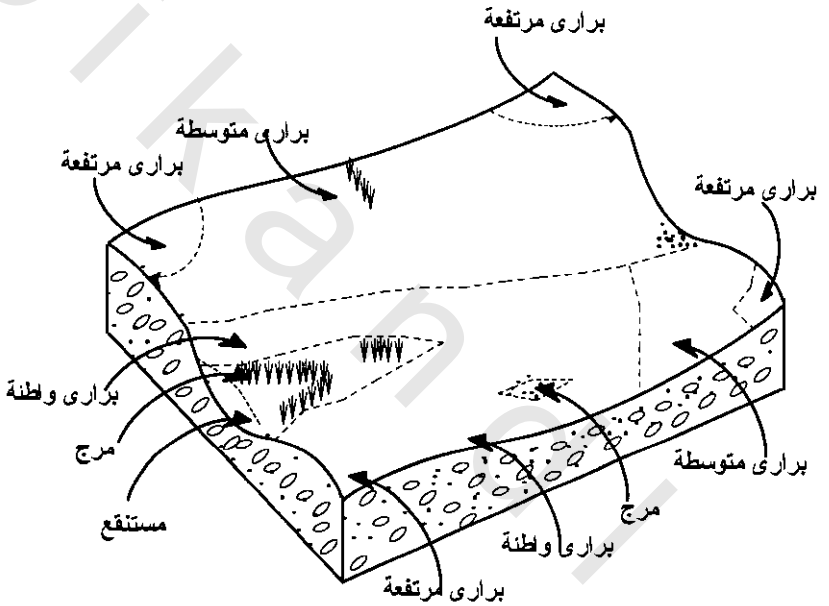
٣ ــ ما هى التدرجات البيئية ذات التأثير الإضافى الثانوى على توزيع المجتمعات، حيث أن دراسة مثل هذه التدرجات غالباً ما تكون صعبة لأن تأثيراتها تكون غير واضحة فى ظل تأثيرات التدرجات الأساسية.

٤ ــ ما هى المبادى العامة التى يمكن استخلاصها من تحليلات التدرجات المباشرة لتفسير ترابط جماعات الأنواع فى صورة مجتمعات.

اصطلح على تسمية التدرج فى تركيب المجتمع بالخط الاجتماعى (Coenocline)، أو المسطح الاجتماعى (Coenoplane)، أو المكعب الاجتماعى (Coenocube) بناءاً على كون التغير ذو بعد واحد أو بعدين أو ثلاثة، على التوالى. واصطلح أيضاً على تسمية التدرج فى عوامل الوسط المحيط بإسم تدرج مركب الوسط المحيط (Environmental-Complex Gradient)، أو للتبسيط تدرج الوسط المحيط، كما اصطلح كذلك على تسمية الخط الاجتماعى وتدرج الوسط المحيط المصاحب له سوياً بإسم الخط البيئى (Ecoline)، أما التغير الفجائى أو السريع نسبياً فى التدرج البيئى والخط الاجتماعى أو الخط البيئى فيسمى الطابع البيئى (Ecotone). فعلى سبيل المثال، التغير الفجائى فى مواد التربة الوالدة (Soil Parent Materials) يدعم وجود نباتات ذات طابع بيئى مميز. وفيما يلى سرداً لبعض الأمثلة التوضيحية.

يوضح الشكل (٧٠) الكساء الخضرى المتوطن والتضاريس لموقع افتراضى فى مقاطعة نيلسون شمال ولاية داكوتا بالولايات المتحدة. وكما يتضح فإن البرارى (Prairie) والمروج (Meadow) والمستنقعات (Marshes) توجد فى سهل متدحرج لنتوء منخفض، كما يعتبر صرف التربة (Soil drainage) هو

العامل البيئى الأعظم. لدراسة هذا الكساء الخضرى بطريقة كمية دقيقة. أخذ ديكس وسمينز (نقلاً عن Gaush 1982) ١٠٠ موقعاً تمثل التدرج فى الكساء الخضرى الموجود (كل موقع ذو مساحة (٠,١ هكتار)، وفى كل موقع قدرا تردد الأنواع الشائعة باستخدام ٣٠ مربع (مساحة كل منها ٠,٥ × ٠,٥ م) وسجلا قائمة بالأنواع. وقد شملت قياسات عوامل التربة ما يلى: الانحدار، التعرض، الصرف، قطاع و قوام التربة، الكربونات، الرقم الهيدروجينى، التوصيل الكهربائى، الكبريتات، الكلوريدات والسعة المائية.



شكل (٧٠). مخطط افتراضى للتضاريس والمجتمعات النباتية فى أحد المواقع بمقاطعة نيلسون (شمال داكوتا)

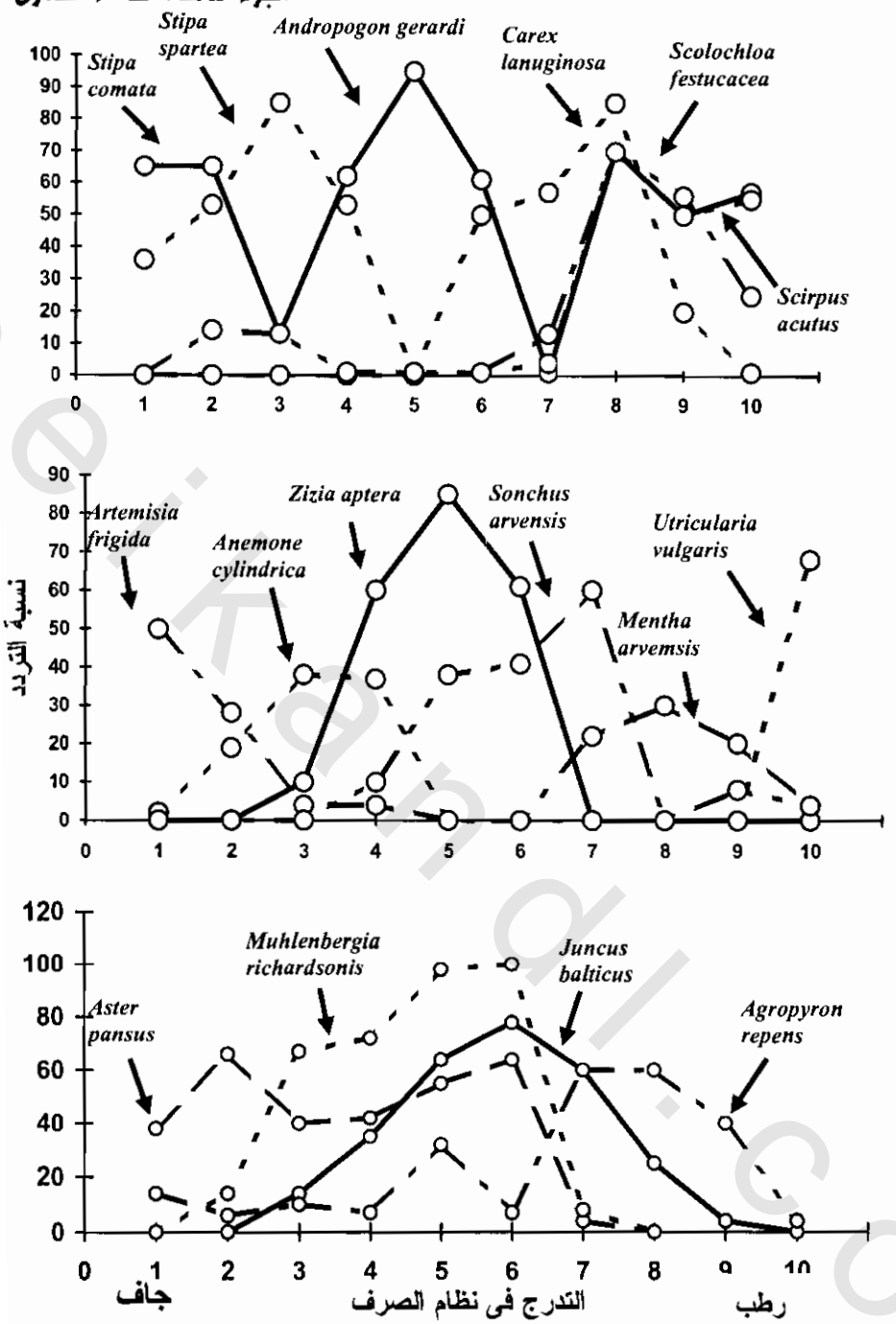
وقد أجرى ديكس وسمينز تحليلاً تدرجياً مباشراً لتوزيع ١٦ نوعاً مهماً على طول تدرج نظام الصرف فى هذه المنطقة (شكل ٧١)، وعلق على النتائج كما يلى:

١ ــ تستجيب الأنواع بصورة فردية للتدرج البيئى معطيه أنماط مبعثرة وتوزيعات متباينة الاتساع أو الضيق.

٢ ــ وبالتتابع، فإن التغير فى المجتمعات النباتية يكون متواصلاً. ورغم أنه من المفيد استخدام مصطلحات مثل برارى ومروج ومستنقعات للأغراض الوصفية، لكن من المعروف أن بعض المواقع تعتبر حافية بين هذه المواطن ولذا فإن انتمائها لموطن محدد يعتمد على تقدير ذهنى إلى حد ما. يمكن أيضاً ملاحظة أن معظم الأنواع لها درجة مثلى على طول التدرج البيئى وتقل على كلا الجانبين، ولذا فإن معظم المنحنيات تقترب من الشكل الناقوسى (Bell Shaped) أو الطبيعى (Gussian or Norrmal).

بالنظر فى التساؤل الأول عن التحليل التدرجى المباشر، يمكن استخلاص أن الكساء الخضرى يتفاعل بشدة مع نظام الصرف أو لعامل أو مركب من العوامل ذو علاقة مع نظام الصرف. مثل هذه النتيجة تكون كافية لبعض الأغراض، لكن لأغراض أخرى قد نحتاج إلى نتيجة أكثر ضبطاً.

وللرد على التساؤل الثانى قام ديكس وسيمنز بتقدير نظام الصرف لكل موقع باستخدام مقياس من ستة مراتبة، مرتبط بالتضاريس (Topography). ثم كونا مقياساً اجتماعياً باستخدام النباتات نفسها كأدلة على أحوال الصرف. ولتحقيق ذلك تم جدولة الأنواع المسجلة فى الدراسة (١٢٠ نوع) طبقاً لوفرتها فى المراتب الستة المرتبطة بنظام الصرف الأصلى، والأنواع التى لها متوسط تردد فى مرتبة ما يزيد عن ١٠% على الأقل عن أى مرتبة أخرى اختيرت كأنواع دليلية. وطبقاً لذلك تم اختيار ٤٨ نوعاً أخذت قيم دليلية تتراوح بين ١ للمرتبة الأكثر جفافاً و ٦ للمرتبة الأكثر رطوبة.



شكل (٧١). توزيع ١٦ نوع نباتى على طول تدرج نظام الصرف فـــى مقاطعـــة نيلسون (شمال داكوتا).

تم بعد ذلك حساب دليل اجتماعى جديد لكل موقع عن طريق جمع حاصل ضرب الترددات النسبية للأنواع فى قيمها الدليلية وقسمة النتيجة على مجموع الترددات النسبية لهذه الأنواع، الناتج يضرب فى ١٠٠ للحصول على الأرقام الكلية. يتراوح هذا الدليل الموقعى بين ١٠٠ إلى ٦٠٠ بحيث يكون الموقع ذو الأنواع الدليلية المنتمية إلى المرتبة ١ فقط (الأكثر جفافاً) ذا قيمة موقعية تساوى ١٠٠، والموقع ذو الأنواع الدليلية المنتمية إلى المرتبة ٦ فقط (الأكثر رطوبة) ذا قيمة موقعية تساوى ٦٠٠. ولتوضيح ما سبق نضرب المثال التالى : إذا اشتمل موقع على ترددات نسبية قيمتها ٢٠% للنبات أ، ١٥% للنبات ب، ٥% للنبات جـ كأنواع دليلية، و ٦٠% للأنواع غير الدليلية، وإذا كانت هذه الأنواع الدليلية الثلاثة توجد فى المراتب ١، ٢، ٣ على التوالى، حينئذ يحسب الدليل الموقعى كما يلى :

$$\frac{(20\times1)+(15\times2)+(5\times3)}{(20+15+5)}\times100=163$$

وتدل هذه القيمة على أن هذا الموقع جاف بعض الشئ لكنه يبتعد عن الطرف الجاف جداً للتدرج. الشكل (٧١) يمثل تدرج نظام الصرف على المحور السينى (المقياس الاجتماعى) بعد تقسيم مجاله (١٠٠ ــ ٦٠٠) إلى عشرة أقسام متساوية مرقمة من ١ (الطرف الجاف) إلى ١٠ (الطرف الرطب). وقد وجد عدد من الباحثين إن استخدام هذا المقياس الاجتماعى أكثر دقة من استخدام التقدير الفعلى للتضاريس والصرف (أنظر Gaush 1982).

بالنظر فى التساؤل الثالث أظهرت دراسة مقاطعة نيلسون أن بعض النباتات استجاب لتدرج ثانوى من الملوحة، والبعض الآخر استجاب لتدرج ثانوى من الاضطراب (Disturbance)، وهذه الاستجابة قد تكون أعلى من الاستجابة لتدرج رطوبة الأرض الذى يعتبر التدرج الأساسى لمعظم الأنواع. وعموماً فإن مقاطعة نيلسون تحتوى على العديد من الاضطرابات الطبيعية والبشرية التى

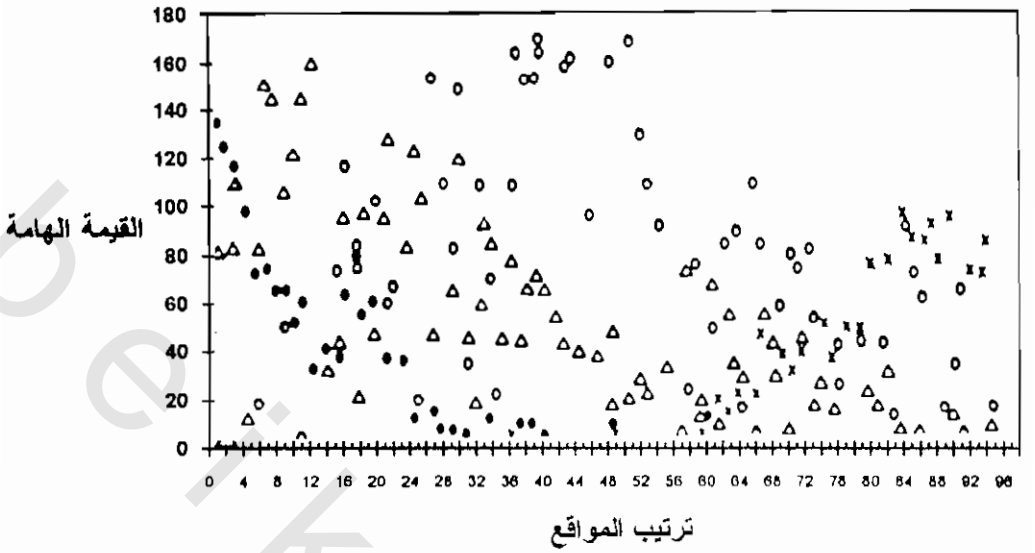
يمكن دراستها أيضاً باستخدام التحليل التدرجى المباشر. وبخصوص التساؤل الرابع فإن أحد الأسئلة الأساسية المتعلقة بهذا الموضوع هو هل المجتمعات تعتبر وحدات طبيعية واضحة التحديد مع قليل من المخاليط الانتقالية، أم أن المجتمعات عادة ما تندمج اندماجاً متصلاً مع بعضها، وقد دعمت نتائج التحليل التدرجى المباشر للكساء الخضرى فى مقاطعة نيلسون وجهة النظر الثانية.

من المهم أن ندرك أنه بالرغم من أن الأرقام المنشورة عادة ما تظهر منحنيات ملساء (Smoothed Curves)، فإن البيانات الأصلية غالباً ما تكون مبعثرة بعض الشئ. وكمثال على ذلك يوضح الشكل (٧٢ أ) وفرة ثلاثة أنواع من البلوط : البلوط الأسود (*Quercus veluntina*)، البلوط الأبيض (*Q. alba*)، والبلوط الأحمر (*Q. rubra*)، وأسفندان السكر (*Acer saccharum*) فى غابة مرتفعة جنوب ويسكنسون بالولايات المتحدة على تدرج تعاقبى من المراحل الرائدة إلى المراحل الذروية، وهى تمثل البيانات الأصلية لخمسة وتسعين موقعاً. والشكل (٧٢ ب) يوضح نفس البيانات بعد أخذ متوسط مجموعات متعاقبة من خمسة مواقع وتطبيق التمليس عليها (Smoothing) باستخدام المعادلة التالية :

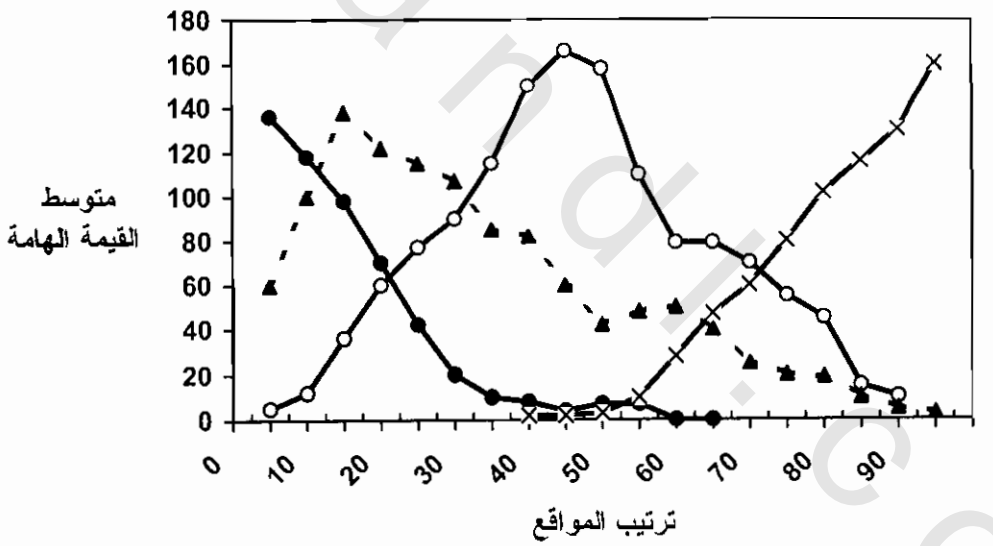
$$\text{التمليس} = \frac{\text{القيمة السابقة} + \text{ضعف القيمة الحالية} + \text{القيمة التالية}}{٤}$$

يعد تبعثر هذه القيم الأصلية متطابقاً مع بيانات المجتمع البيئية، والمقابلة بين البيانات الأصلية والمنحنيات الملساء تؤكد استخدام المتوسط والتلميس لاختزال ضوضائية البيانات، مما يستدعى أهمية الحصول على قاعدة بيانات متكاملة تزودنا بعينات كافية لحساب متوسطات دقيقة.

(أ)



(ب)



شكل (٧٢). البيانات الأصلية (أ) والمنحنيات الملساء (ب) لأربعة أنواع من الأشجار فـــى الغابات المرتفعة شمال ويسكونسون على مدى تدرج تعاقبى. •: البلوط الأسمر Δ : البلوط الأبيض، : O البلوط الأحمر، × : اسفندان السكر.