





منشورات جامعة دمشق
كلية الهندسة الزراعية



صيانة التربة (الجزء النظري)

لطلاب السنة الرابعة

(قسم علوم التربة)

الدكتور
وسيم المسبر
المدرس في قسم علوم التربة

الدكتور
محمود العسكر
الأستاذ في قسم علوم التربة

١٤٤٠ - ١٤٣٩ هـ
٢٠١٨ - ٢٠١٧ م

جامعة دمشق



فهرس المحتويات

الفصل	الموضوع	الصفحة
الفصل الأول	تقدير	15
الفصل الثاني	أهمية صيانة التربة	17
الفصل الثالث	- المقدمة	17
الفصل الأول	-1-1 عمليات تدهور الأراضي	18
الفصل الثاني	-2-1 صيانة التربة والأزمة البيئية	20
الفصل الثاني	-3-1 مشكلة التصحر والأمن الغذائي في الوطن العربي	25
الفصل الثاني	-4-1 سياسة سورية في مجال صيانة التربة	27
الفصل الثاني	-5-1 أهداف صيانة التربة الزراعية	30
الفصل الثاني	التعريفة الريحية	31
الفصل الثاني	-1-2 المقدمة	31
الفصل الثاني	-2-2 مراحل حدوث التعريفة الريحية	31
الفصل الثاني	-3-2 أشكال التعريفة الريحية	32
الفصل الثاني	-4-2 آلية حدوث التعريفة الريحية	35
الفصل الثاني	-1-4-2 الأساس الفيزيائي	35
الفصل الثاني	-5-2 العتبة الحرجة لسرعة الرياح	39
الفصل الثاني	-6-2 معامل الخشونة	44
الفصل الثاني	-7-2 أشكال انتقال حبيبات التربة بالرياح	47
الفصل الثاني	-8-2 أهمية الانتقال بالولب	50
الفصل الثاني	-9-2 التيارات الغبارية	51
الفصل الثاني	- طبيعة التركيب الميكانيكي للمادة الترابية محمولة بالرياح	52
الفصل الثالث	-10-2 مدى التتشبع الأعظمي	54
الفصل الثالث	العوامل المساعدة في ظهور التعريفة الريحية	56
الفصل الثالث	-1-3 العوامل البيئية	56
الفصل الثالث	-1-1-3 الخصائص الأرضية	57
الفصل الثالث	-2-1-3 الخصائص المناخية	64
الفصل الثالث	-3-1-3 الخصائص التضاريسية	69
الفصل الثالث	-4-1-3 الغطاء النباتي	71
الفصل الثالث	-2-3 العوامل الاقتصادية والاجتماعية	72

78	3-3- الأضرار الناجمة من التعرية الريحية	
81	4-3- طرائق قياس التعرية الريحية	
89	أساليب صيانة التربة من التعرية الريحية	الفصل الرابع
89	-1-4- المقدمة	
90	-2-4- النظم الزراعية الحافظة للتربة	
90	-1-2-4- نظام الزراعة الحافظة	
95	-2-2-4- العمليات الزراعية الحافظة للتربة	
96	-3-2-4- تصنیف المحاصيل الزراعية	
101	-4-2-4- الأحزمة الحرارية الوقائية	
109	الانجراف الريحي في سوريا وطرائق مكافحته	الفصل الخامس
109	-1-5- التوزيع الجغرافي لانتشار الانجراف الريحي في سوريا.	
111	-2-5- الظروف البيئية المسببة لانجراف الريحي في الباية السورية	
112	-1-2-5- الظروف الأرضية	
113	-2-2-5- الظروف المناخية	
114	-3-2-5- الغطاء النباتي	
115	-4-2-5- استعمالات الأرضي	
116	-3-5- أشكال الانجراف الريحي في الباية	
120	-4-5- الأضرار الناجمة عن الانجراف الريحي	
125	-5-5- التجربة السورية في مجال مكافحة الانجراف الريحي	
129	Water erosion	الفصل السادس
129	-1-6- المقدمة	
130	-2-6- تعريف التعرية المائية	
131	-3-6- أشكال التعرية المائية	
133	-4-6- تصنیف التعرية المائية	
134	-5-6- آلية حدوث التعرية المائية	
135	-6-6- الجريان المائي السطحي ومراحل حدوثه	
137	-7-6- العوامل المؤثرة في ظهور التعرية المائية	
137	-7-6-1 العوامل المناخية	

140	2-6 العوامل التضاريسية	
144	3-6 العوامل الأرضية والصخور الجيولوجية	
148	4-6 الغطاء النباتي	
149	5-6 استعمالات الأرضي	
150	6-8 الأضرار الناجمة عن التعرية المائية	
153	أساليب صيانة التربة من التعرية المائية	الفصل السابع
153	7-1 المبادئ الأساسية	
154	7-2 العمليات الزراعية المتعددة لصيانة التربة	
154	- الأساليب الموجهة لتقليل ماء الجريان السطحي	
157	- توجيه العمليات الزراعية لرفع مقاومة التربة للتعرية	
162	7-3 الإجراءات الهندسية-المائية على المنحدرات الجبلية	
171	الانجراف المائي في سوريا	الفصل الثامن
177	طرائق قياس التعرية المائية	الفصل التاسع
177	9-1 طرائق القياسات الحقيقة	
183	9-2 المعادلات التجريبية (USLE)	
189	9-3 برامج تنبؤ الانجراف المائي	
189	- WEPP	
190	- GEOWEPP	
201	الفصل العاشر	
201	10-1 تعريف التصحر	
202	10-2 أسباب التصحر	
204	10-3 واقع التصحر عالمياً وعربياً	
208	10-4 مظاهر التصحر	
208	10-5 مستويات التصحر	
210	10-6 مخاطر التصحر	
217	الفصل الحادي عشر	
217	11-1 المقدمة	
217	11-2 توزيع الكثبان الرملية	
218	11-3 حركة الرمال وأشكالها	
219	11-4 منشأ الرمال	

220	5-11 - أنواع الرمال	
222	6-11 - أساليب تثبيت الكهبان الرملية	
223	6-11 - التثبيت المؤقت (الميكانيكي)	
229	6-11 - التثبيت الدائم (الحيوي)	
235	صيانة التربة والمياه	الفصل الثاني عشر
235	12-1 - تلوث التربة بالمبيدات الزراعية.	
236	12-1-1 - طائق تلوث التربة والمياه بالمبيدات	
239	12-2 - التلوث بالأسمدة وصيانة التربة والمياه	
240	12-2-1 - سلوكية الأسمدة في التربة	
241	12-2-2 - عوامل تلوث المياه بالآزوت	
242	12-2-3 - الأضرار الناجمة عن تلوث المياه الطبيعية بالأسمدة المعdenية	
243	12-2-4 - وسائل صيانة التربة الزراعية والمياه من التلوث بالأسمدة	
246	12-3-1 - تلوث التربة بالمعادن الثقيلة	
246	12-3-2 - مصادر التلوث بالمعادن الثقيلة	
247	12-3-3 - سلوكية المعادن الثقيلة في التربة	
249	12-3-4 - درجة سمية المعادن الثقيلة	
251	12-3-5 - أساليب صيانة التربة والمياه من التلوث بالمعادن الثقيلة	
254	12-4-1 - صيانة التربة من التملح الثانوي	
254	12-4-2 - المقدمة	
256	12-4-4 - مكافحة التملح الثانوي واستصلاح الأرضي المالحة	
257	12-4-3 - تقييم صلاحية المياه للري	
261	المصطلحات العلمية	
267	المراجع العلمية	

فهرس الجداول

رقم الصفحة	عنوان الجدول	رقم الجدول
40	يبين العلاقة بين نوع التربة وقيمة العتبة الحرجة لسرعة الرياح	1
53	يبين التركيب الميكانيكي للغبار المحمول بالهواء على ارتفاعات مختلفة وعلاقته بمدى التشعّب على تربة طمية رملية	2
59	يبين علاقة درجة الانجراف بكمية الغبار المحمولة بالرياح	3
59	يبين كمية التربة المنجرفة خلال 30 دقيقة بالكغ / هكتار	4
78	يبين نسب التجمعات الترابية بالمليمتر في الترب المتأثرة بالانجراف الريحي	5
79	يبين الخصائص الكيميائية والميكانيكية للترب المتأثرة بالانجراف الريحي في البدية (جبل البشري)	6
92	يبين العلاقة بين درجة التحبب وكثافة عيدان الحصيدة	7
100	يبين العلاقة بين قوام التربة وعرض الحقل	8
113	يبين الخصائص العامة لترسب البدية (جبل - الثلثوات)	9
118	تكرارية العواصف الترابية للفترة 2000-2009 في البدية	10
120	تأثير الانجراف الريحي الكمي والنوعي في مناطق مختلفة من البدية السورية	11
123	خصائص المادة الترابية المنجرفة على ارتفاعات مختلفة من سطح التربة في جبل البشري لعام 1997	12
123	الخصائص العامة لبعض الترب العذراء غير المفلوحة في البدية (جبل البشري)	13
124	خصائص الغبار المحمول بالعواصف الترابية التي اجتاحت البدية خلال الفترة (1986- 1987)	14
128	يبين معدلات الانجراف الريحي في محافظة دير الزور	15
142	تصنيف التضاريس حسب درجة الميل وأخطار التعرية	16
143	تصنيف التعرية في المنطقة حسب كثافة الأأخذيد	17

173	يبين العلاقة بين نوع البيئة الأرضية ومعدل جرف التربة	18
175	مساحات تدهور التربة في سوريا حسب (إدواردرز جونز، 2002)	19
214	يبين تكرارية العواصف الغبارية في بادية ديرالزور للفترة 2009-2000	20
237	التغيرات التي ظهرت على كمية المبيدات مع الزمن في الطبقات السطحية للتربة (0-15 سم)	21
257	تصنيف مياه الري حسب صلاحيتها	22
258	تصنيف صلاحية مياه الري اعتماداً على قيم كربونات الصوديوم المتبقية	23

فهرس الأشكال

رقم الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
35	القوى المؤثرة في حركة حبيبة التربة الواثية على سطح ناعم	1
39	يبين تأثير حجم الحبيبة على العتبة الحرجة	2
48	يبين أشكال الانتقال في مقطع من التيار الغباري	3
53	يبين التوزيع الحبيبي للغبار محمول بالرياح	4
55	يبين تأثير نوع التربة على قيم مدى التشبع الأعظمي	5
68	ورادات الرياح المحددة لاتجاه الرياح السائدة	6
77	مخطط عام لعوامل الانجراف الريحي	7
83	مخطط بين مكونات جهاز BSNE لقياس الانجراف الريحي	8
91	محراث التربة غير القلاب ذو المقطع الأفقي	9
91	محراث المهاد (العزيق)	10
103	تأثير المصدات الحراجية المختلفة على سرعة الرياح	11
103	تأثير عرض المصد الحرافي على المدى الواقي من الانجراف	12
106	يبين تخطيط شبكة الأحزمة الحراجية الوقائية	13
119	العلاقة بين كمية الهطول المطري وعدد العواصف الغبارية في السنة في الباية الشرقية للفترة بين 2001-2009	14
120	يبين تكرارية العواصف الغبارية حسب الأشهر	15
132	يبين أشكال التعرية المائية (a,b,c)	16
139	يبين العلاقة بين كمية الهطول وشدة الانجراف	17
141	يبين درجة الانحدار والمرتبطة بظل الزاوية (a)	18
141	يبين أشكال المنحدرات	19
155	يبين الزراعة الكنتورية	20
159	يبين العلاقة بين توزيع المحاصيل في الدورة الزراعية ودرجة الانحدار	21
160	يبين مراحل زراعة المروج على المنحدرات	22

163	خندق التصريف مع سدة ترابية	23
163	المصاطب الامتصاصية على المنحدرات	24
165	قطع في الخنادق التصريفية مع الردمية	25
166	يبين مقاطع مختلفة في المصاطب الحراجية	26
167	يبين المكونات الأساسية المؤلفة للمصطبة	27
170	يبين أشكال مختلفة من المساقط المائية	28
170	يبين أنواع مختلفة من العوائق الميكانيكية في المناطق الحرجة	29
221	مراحل تكون الأكمات الرملية خلف الشجيرات الرعوية	30
221	مسقط رأسي في كثيب رملي	31
226	يبين الحاجز الميكانيكية المستخدمة في تثبيت الرمال	32

فهرس الصور

رقم الصفحة	عنوان الصورة	رقم الصورة
33	تبين الزوابع التي تظهر في البادية السورية	1
34	تبين عاصفة غبارية تجتاح الخرطوم (السودان)	2
51	تبين تعريمة التربة الجرداء بالرياح	3
82	تبين جهاز تكساس (BSNE) في الحقل أثناء القياس	4
85	تبين جهاز باغنولد أثناء تصبيه في الحقل	5
117	العاصفة غبارية تجتاح مدينة الحسكة عام 2006	6
125	سطح الأرضي المتأثر بالانجراف الريحي في البادية السورية	7
164	يبين المدرجات ذات الجدران الحجرية في الجبال الساحلية	8
214	العاصفة ترابية تجتاح مزارع الزيتون في بادية تدمر	9
222	يبين طمر السكك الحديدية بالرمال الزاحفة (خط دير الزور)	10
224	تبين الحاجز الشطرنجية الميكانيكية	11
225	الحاجز الميكانيكية المتعامدة على اتجاه الرياح السائدة	12
232	شجيرات الأرضى (مشروع الكسرة، دير الزور)	13
233	شجيرة الغصا ودورها في تثبيت الكثبان الرملية وإعادة تأهيل المراعي الطبيعية في البوادي العربية	14



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقديم:

تعني صيانة التربة حماية التربة من عبث الإنسان والمؤثرات الجوية المدمرة وتعُد من الأمور الملحة في وقتنا الحاضر الذي يعاني فيه العالم من نقص حاد في الموارد الغذائية.

وتعُد التربة من أهم الموارد الطبيعية التي تؤمن الحاجات الزراعية الغذائية والتي يرتبط بها وجودنا على هذا الكوكب. والتربة هبة الله على كوكب الأرض خص الله هذا الكوكب بها عن دونه من الكواكب الأخرى، وتعُد التربة ثروة وطنية لا تقدر بأي قيمة يجب المحافظة عليها لضمان استمرارية حياتنا.

صيانة التربة هو علم حديث ويدع من علوم الأراضي التطبيقية ويعتمد على علوم أخرى مثل علم المناخ والأرصاد الجوية والفيزياء والمحاصيل والمراعي والحراج والميدرولوجيا والمكنته الزراعية وتقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية.

تم اختيار مواضيع كتاب صيانة التربة لتلبية حاجة التدريس في قسم علوم التربة بمعدل ساعتين نظري أسبوعياً، وتوخينا في ذلك عدم التكرار في مقررات أخرى تدرس في القسم وركزنا على التوسيع في دراسة عمليات تدهور التربة وآليات تأثيرها في خصائص التربة مع عرض مفصل لأهم النظم الزراعية الواجب اتباعها لصيانة التربة من التعرية.

كما روعي في هذا الكتاب تسليط الضوء على حجم المشكلة الناجمة عن الانجرافين الريحي والمائي محلياً دولياً والتجارب العالمية والمحلية الناجحة في

صيانة الأراضي. وتعرضنا لمواضيع تلوث التربة والمياه كيمائيا ومصادر هذا التلوث وأساليب الحد منه.

كل مانرجوه هو أن يحقق هذا الكتاب الفائدة المرجوة وأن يقدم لطلاب كلية الزراعة والمهتمين بتدحرج التربة وتصحرها وطرائق المحافظة عليها صورة واضحة لمبادئ صيانة التربة، ونكون بذلك قد ساهمنا في سد جزء من الفراغ الذي تعاني منه المكتبة العربية وفي نشر الوعي البيئي والعمل على عقلانية استثمار الموارد الطبيعية بالشكل الذي نطمئن إليه.

والله من وراء القصد

المؤلفان

الفصل الأول

أهمية صيانة التربة

1-1 - المقدمة:

تشكلت القشرة الأرضية الحالية تحت تأثير عوامل داخلية Endogenous تتعلق بالحركات التكتونية والزلزال والبراكين وأخرى خارجية Exogenous مثل عمليات التجوية Weathering وعمليات التعرية Denudation تحت تأثير العوامل المناخية وعادة ماتسق عمليات التجوية عمليات التعرية .

التعرية Erosion تطلق على عمليات تدهور الأرضي بالرياح والأمطار وهي نوعان التعرية المائية Water Erosion والتعرية الريحية WIND Erosion أو النفح الريحي Deflation وهي من أصل لاتيني Deflatio وتعني نفح الرياح للتربة وإزاحتها ونقلها والكلمة Erosion من أصل كلمة لاتينية Erosio وتعني الحث وتأكل التربة وتطلق عليها عادة التعرية المائية.

أما صيانة التربة Soil Conservation فهتم بدراسة عوامل وعمليات تدهور الأرضي والتعرف على آلية حدوثها وتأثيرها على خصوبة التربة والعمل على إيجاد الحلول والوسائل المناسبة لصيانة التربة والحد من تدهورها والعناءة بخصوصيتها ورفع قدرتها الإنتاجية.

1-2- عمليات تدهور الأراضي:

1- تعرية التربة الزراعية:

تؤدي التعرية إلى خفض القدرة الإنتاجية للأراضي وضياع المادة الدبالية والعناصر الغذائية الكبرى والغرويات الناعمة في التربة. وتمكن التعرية في المائة الأخيرة من ضياع 20 مليون كم² أو ما يعادل 30% من مساحة العالم.

2- تملح التربة وزيادة القلوية

يعود السبب إلى ارتفاع تركيز الأملاح في الأفق السطحي من التربة مما يؤدي إلى تراجع إنتاجية التربة من الغلة المحصولية، ومن العوامل المسيبة للملوحة غياب الدورة الزراعية والري بمياه مالحة وغياب شبكات الصرف. أما زيادة القلوية فتحدث من جراء زيادة تركيز الصوديوم المتبدال والذائب والبيكربونات والكربونات في المحلول الأرضي وارتفاع قيمة الـ PH إلى أكثر من 9.

3- المبيدات الزراعية:

المبيدات هي مواد كيميائية سامة تستخدم بشكل واسع في الزراعة لمكافحة الآفات الزراعية (أعشاب، حشرات، فطور، أمراض جرثومية). أن الآثار السلبية لاستخدام المبيدات مرتبطة بالطبيعة التراكمية لها في التربة والنباتات وسميتها العالية المؤثرة على الإنسان والحيوان والكائنات الحية الدقيقة المفيدة في التربة وانتقالها عبر السلسل الغذائية.

4- الأسمدة الكيميائية:

إن استخدام الأسمدة الآزوتية والفسفورية المفرط أدى إلى زيادة تركيز النترات في التربة والمياه الجوفية وخاصة في أوربا حيث وصلت نسبة النترات إلى أكثر من الحدود المسموح بها وهو (10 مغ/لتر) وهذا يؤثر على صحة الإنسان

و خاصة الأطفال لأن النترات عندما تصل إلى الأمعاء تخترل إلى نتريت و تنتقل إلى الدم و تتأكسد على حساب أوكسجين الدم مسببة بذلك الاختناق عند الأطفال. كما أن استعمال الصخور الفسفاتية الخام والتي يمكن أن تحتوي على مواد مشعة وهذا بانتقاله من التربة عبر النبات إلى الإنسان ممكن أن يضر بصحة الإنسان. ويجب معالجة هذه الصخور قبل استخدامها في صناعة الأسمدة الفسفورية .

5- المعادن الثقيلة:

إن وجود الرصاص والزئبق والكادميوم في التربة بتراكيز عالية يمكن أن ينتقل إلى الإنسان عبر تناول الغذاء ويشكل خطراً كبيراً على صحة الإنسان. تؤثر هذه المعادن في صحة الإنسان بتراكيز قليلة والجرعة السامة من الرصاص تقدر بـ (ppm 0.8) علمًا أن ليتراً واحداً من المحروقات المختلفة عند احتراقه يطلق 400-200 مع رصاص في الهواء.

وبانتقال المعادن الثقيلة إلى جسم الإنسان عبر السلسل الغذائية فإنها تسبب للإنسان أضراراً كبيرة مثل إصابة الكلى والكبد والمخ والاختلال العصبي والموت.

6- الفضلات العضوية والصناعية:

ونقصد بها المخلفات العضوية الناجمة عن التجمعات السكانية كفضلات القمامنة ومياه الصرف الصحي والتي تحتوي على كميات كبيرة من المسببات المرضية والمنظفات الكيميائية الضارة. أما الفضلات الصناعية فهي كل النفايات التي تحتوي على المعادن الثقيلة السامة والتي تطرحها مصانع الدهان ودباغة الجلد وبعض مخلفات الصناعات البلاستيكية والتي تحوي على الكادميوم والزئبق كما

أن التخلص منها في العراء دون معالجة يؤدي إلى تلوث التربة والمياه السطحية والجوفية.

7- العناصر المشعة:

تسلك العناصر المشعة سلوكية الأيونات في التربة فهي تقوم بعمليات التبادل والامتصاص حيث يمتصها النبات وتدخل في السلسلة الغذائية. ومصدر التلوث بالعناصر المشعة مرتبط بالأنشطة النووية التي تجري في العالم. فمثلاً حادثة مفاعل تشنوبول في أوكرانيا عام 1986 أدت إلى تدمير كامل الحياة ضمن دائرة قطرها 69 كم من مركز المفاعل.

1-3- صيانة التربة والأزمة البيئية:

تعد التربة من أهم الموارد الطبيعية التي سمحت عبر التاريخ بولادة حضارات إنسانية كثيرة في بلاد الرافدين ووادي النيل. والتربة مورد طبيعي متتجدد العطاء لا ينضب إذا ما أحسنا استخدامها والعناية بها وحمايتها من المؤثرات الخارجية.

تتطلب التربة العناية والرعاية لأنها قشرة رقيقة جداً تغلف كوكب الأرض إذا ما قورنت بسماكه الطبقات الجيولوجية المكونة للكرة الأرضية. وتتراوح سماكة التربة بين 10-150 سم في أحسن الظروف الطبيعية لتكوينها وإذا ما قورنت هذه السماكة بالطبقات الجيولوجية فهي لا تذكر ولكن قيمتها عالية من حيث إنتاج الغذاء لضمان استمرار الحياة على الأرض وهذا يفرض علينا عناية خاصة بهذا الجسم الطبيعي الذي يعيش بالحياة والдинاميكية المستمرة، والتربة نتاج الفعل المتبادل ما بين المناخ والصخور الجيولوجية والغطاء النباتي وبوجود

الكائنات الحية الدقيقة وهي كتلة حية تتطور وتتمو حسب المكان والزمان وللإنسان أثر كبير في توجيه هذا التطور، من خلال أنشطته المختلفة. وتخضع التربة لقانون الفعل الإيجابي إذا ما أحسن استخدامها ورعايتها أي أن الاستخدام العقلاني للتربة وفق قوانين تطورها وتكوينها الطبيعي يضمن لها الحماية ويحافظ على قدرتها الإنتاجية.

التربة مصدر ثراء الإنسانية، حيث وصفها مؤسس علم التربة دوكوتشاريف واعتبرها أغلى من الذهب من خلال مقولته:

(إننا نستطيع أن نعيش بدون ذهب ولكن أن نعيش بدون تربة فلا أعتقد)

والتربة محدودة المساحة ومتعددة لا تتضب إذا ما أحسنا استثمارها والعناء بها. وعملية المحافظة على خصوبة التربة تتطلب فهم مبادئ وأساسيات صيانتها ولذلك فإن صيانة التربة من عبء الإنسان والمؤثرات الخارجية يعد من الأمور الملحة في عصرنا الحالي الذي يعاني فيه العالم نقصاً حاداً في الموارد الغذائية بسبب الأزمة البيئية التي يعيشها والناتجة عن:

1- انحسار مساحة الأراضي الزراعية المنتجة في العالم بسبب تعاظم ظاهرة التدهور (الانجراف والتلمح). حيث يسيطر التصحر على مساحة تقدر بـ 35 مليار هكتار أو تبلغ مساحة المناطق المهددة بالتصحر بدرجات متفاوتة حوالي 35 مليون كم² وتشكل 75% من مساحة المناطق القاحلة ويعيش فيها 850 مليون نسمة وهم الذين يعتمدون في حياتهم على الزراعة المطيرية وتربيبة المواشي.

وتشير تقارير منظمة الطفولة (اليونيسيف) إلى أن مجموع الخسائر الناجمة عن التصحر تزيد عن 42 بليون دولار في العالم وصلت هذه الخسارة 850 مليار دولار في عام 2010.

وحسب تقارير خبراء الفاو فإنه في المائة سنة الأخيرة خرج عن الاستثمار الزراعي حوالي 2 مليار هكتار من أصل 3.2 مليار هكتار في العالم وهذا يعني ضياع حوالي 10 مليون هكتار سنوياً في العالم من الأراضي الزراعية المنتجة. -2- زيادة معدلات السكان في العالم ومن المتوقع أن يصل عدد السكان 7 مليار في عام 2020 وهذا ما سوف يؤدي إلى انخفاض نصيب الفرد من الأراضي الزراعية المنتجة من 1.5 إلى 0.23 هكتار، علماً أن متوسط احتياجات الفرد من الأراضي الزراعية يجب أن لا يقل عن 3 هكتار لسد احتياجاته من الغذاء.

يتتحقق في الطبيعة ترابط عضوي وثيق بين عناصر الوسط البيئي والذي يتكون من التربة والماء ويتحكم في هذا الترابط علاقات متبادلة ومتوازنة وأن أي خلل يطرأ على هذه العلاقات يؤدي إلى تدهور في هذا النظام وأن أي خلل يطرأ على التربة من جراء التصحر سوف تكون له تأثيرات سلبية على حياة الإنسان على هذا الكوكب، وكم كان الفيلسوف الهندي محقاً عندما قال: (عندما نقطع آخر شجرة ونصطاد آخر سمكة ونخسر آخر ذرة تراب ونفقد آخر قطرة ماء وتتحول الأرض إلى صخرة صماء سوف يفهم العالم أن الدولارات لا تؤكل). وتأتي أهمية صيانة التربة من كون التربة تشكل المهد الطبيعي لإنتاج الغذاء والكساء اللازمين لاستمرار حياة الناس على هذا الكوكب. ولكون التربة طبقة رقيقة وحساسة للمؤثرات الخارجية والاستثمار العشوائي (تشبه فيلم التصوير)

وتتميز بالحياة وبقدرة الإخصاب وولادة الغلال، فهي تولد وتتمو وتتعرض للشيخوخة، والفناء إذا ما أهملت.

يجب أن نفهم أن عملية تدهور الأراضي تحدث أحياناً بسرعة كبيرة و تستطيع عملية الانجراف خلال فترة قصيرة جرف التربة بالكامل وقد تطال كامل طبقة الحراثة علماً أن هذه الطبقة المفقودة تحتاج لمئات السنين لإعادة تكوينها طبيعياً لذلك فإن حماية التربة من عوامل التدهور يعد من الأمور الملحة.

المخاطر المحدقة بكوكب الأرض نتيجة الفعل البشري اللامسؤول:
يساهم الإنسان من خلال أنشطته المختلفة في إلحاق الضرر بالبيئة ومن هذه الأنشطة الضارة نذكر:

1- سوء إدارة الموارد الطبيعية والأرضية:

- تراجعت مساحة الغابات في العالم بمعدل 3.5 مليون هكتار سنوياً بسبب القطع والحرائق.

- فلاحة أراضي المراعي الطبيعية وتصحر البوادي.

2- سوء استخدام الآلة الزراعية:

3- الإفراط في استخدام الأسمدة والمبيدات الكيميائية.

4- غياب الطرق الصحية في التخلص من النفايات الصناعية والسكنية ومساهمتها في تلوث التربة والمياه الطبيعية.

5- زيادة نسبة الغازات السامة مثل ثاني أوكسيد الكربون وغاز الفلور - كلور وكربون في الغلاف الجوي.

6- التجارب النووية والحوادث المؤسفة في المفاعلات النووية في العالم (مثال حادثة مفاعل تشنوبيل الأوكرانية في عام 1986)

وكم كان الفيلسوف الألماني الشهير بستالوتزي محقاً وبعيد النظر عندما قال: "إن الطبيعة ستقوم آجلاً أو عاجلاً بالانتقام لنفسها من أعمال البشر التي سوف تعود عليها بالضرر"

والاليوم نشهد بعض أشكال هذا الانتقام من خلال الظواهر التالية التي يعيشها العالم:

1. تخريب طبقة الأوزون نتيجة لزيادة غاز الفلور- كلور وكربون في الغلاف الجوي مما قد يسبب تسرب إشعاعات فضائية ضارة بصحة الإنسان.
 2. حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري نتيجة لزيادة الغازات الدفيئة حول الأرض نتيجة لزيادة غاز ثاني أوكسيد الكربون وتشكيل ما يعرف بالبيت الزجاجي Green house حول الأرض نتيجة الانبعاث الغازي الناتج عن المصانع واحتراق الكربون. مما أدى إلى زيادة درجات الحرارة على سطح الأرض وخطر ذوبان الثلوج في القطب الجنوبي وارتفاع منسوب مياه البحار والمحيطات.
 3. هطول الأمطار الحامضية نتيجة لزيادة نسبة أكسيد الكبريت والأزوت والفسفور في الغلاف الجوي.
 4. زيادة تركيز النترات في المياه الجوفية الطبيعية وخطورة ذلك على صحة الأطفال في العالم.
- تعاظم المظاهر الصحراوية من خلال زيادة نشاط العواصف الترابية وتشكل السيول وظهور الكثبان الرملية في البوادي.
- لن تسلم أجيالنا القادمة من أضرار العبث البشري في البيئة إذا لم ننظر إلى الطبيعة نظرة عقلانية أساسها العلم والمعرفة و علينا أن نورث الموارد الطبيعية

سليمة لأجيالنا القادمة كما ورثاها من آبائنا وأجدادنا. ونظراً لخطورة الوضع البيئي عالمياً تداعى زعماء العالم لعقد مؤتمر الأرض في ريو دي جانيرو البرازيلية في عام 1992 لدراسة المخاطر التي تحدق بالأرض والبحث عن الحلول لمواجهة التحديات وابتُقدِّمَ عن هذا المؤتمر الاتفاقية الدولية لمكافحة التصحر. كما اتفق العالم في عام 1997 من خلال اتفاقية كيوتو للحد من الانبعاث الغازي والحد من تأثيرات الانحباس الذي أدى إلى زيادة درجة حرارة الأرض بمقدار 2-3 درجة مئوية.

4-1 مشكلة التصحر والأمن الغذائي في الوطن العربي:

تشغل الأراضي الصحراوية 69% من أراضي الوطن العربي وإن حوالي 20% من الأراضي الزراعية تعاني من بعض المظاهر الصحراوية وتبلغ معدلات التصحر في الوطن العربي 60000 هكتار سنوياً. بينما يخرج حوالي 10 ملايين هكتار كل عام من الأراضي على مستوى العالم بسبب التصحر. وتشير التقارير الدولية إلى أن عدد سكان الوطن العربي يبلغ حوالي 300 مليون نسمة.

ويقدر التقرير الصادر عن المنظمة العربية للتنمية الزراعية بأن الفجوة الغذائية في الوطن العربي لعام 2010 تبلغ 36.1 مليار دولار نتيجة الفرق الكبير بين تراجع الموارد الأرضية المتاحة وارتفاع معدلات الزيادة السكانية وسيصل في عام 2020 إلى نحو 44 مليار دولار إذا استمر التدهور على حاله (أكساد، 2016).

تشير المعطيات السابقة إلى خطورة الوضع بالنسبة للأمن الغذائي العربي حاضراً ومستقبلاً إذا لم تتخذ إجراءات جدية لصيانة التربة من عوامل التدهور وإيقاف ظاهري التصحر والتلخ واتباع كل الوسائل الممكنة لزيادة مساحة الأراضي الزراعية المنتجة. ورفع قدرتها الإنتاجية.

أما في سوريا فتبلغ معدلات الزيادة السكانية 3.5-4% ويصل عدد السكان 23 مليون نسمة (حسب آخر إحصائيات) في حين تبلغ مساحة الأراضي الزراعية المروية مليون هكتار أما مساحة الأرضي البعلية فتبلغ (6) مليون هكتار يترك منها بور سنوياً حوالي 20-40%. وتعاني الأرضي المروية من مشاكل الملوحة والأراضي البعلية من الانجرافين المائي والريحي. نتيجة غياب تطبيق أساليب صيانة التربة.

ولتلبية حاجة القطر من الغذاء بما يتاسب ومعدلات الزيادة السكانية لا بد من زيادة المساحة المروية بمعدل 20-25 ألف هكتار سنوياً (FAO، 1984) وتشير تقارير وزارة الري في سوريا إلى أن الزيادة في مساحة الأرضي المروية للفترة ما بين 1991-1996 بلغ 433 ألف هكتار أي ما يعادل 86.6 ألف هكتار/سنوياً

وتأتي أهمية صيانة التربة من خلال الحاجة إلى وضع برامج لمنع تدهور الأرضي وإلى اتباع تقنيات حديثة لمواجهة عمليات استنزاف خصوبة الأرضي الزراعية وتؤدي إلى تدهور التربة مثل ماهية المكننة الزراعية المستخدمة في تهيئة التربة للزراعة والإفراط في استخدام الأسمدة والمبيدات الكيميائية.

٥-١ سياسة سورية في مجال صيانة التربة:

من الضروري أن يكون لكل بلد سياسة وطنية لصيانة التربة لتحقيق الأمن الغذائي وتأمين الاحتياجات الغذائية للسكان وترتکز جهود القطر على تنفيذ البرامج الخاصة بصيانة التربة وحفظ الموارد الطبيعية التالية:

- إحداث الدوائر المتخصصة بصيانة التربة وتطوير عملها.
- نشر الوعي البيئي على المستوى الشعبي والتعليمي.
- اعتماد خطة وطنية لمكافحة التصحر.
- وضع سياسات وطنية على مستوى التنفيذ لإيقاف تدهور الأراضي وانجراف التربة في المناطق الزراعية.
- إعادة تأهيل الأراضي المتدهورة في عام 2002 وبإشراف وزارة الدولة لشؤون البيئة.
- اعتماد النظم الزراعية الحافظة للتربة.

تعد سورية من الدول العربية الرائدة في مجال صيانة التربة ومكافحة التصحر فهي من الدول الأوائل الموقعة على الاتفاقية الدولية لمكافحة التصحر، وتتفيداً للالتزاماتها بموجب هذه الاتفاقية فقد أنجزت سورية الخطة الوطنية لمكافحة التصحر والتي تشرف على تنفيذها الهيئة العامة لشؤون البيئة التابعة لوزارة الإدارة المحلية والبيئة.

الانضمام إلى برنامج تحديد تدهور الأراضي Land Degradation LDN/ Neutralization لعام 2017 / ويهدف إلى مراقبة حالة خصوبة الأرضي ولمدة 15 عاماً وحتى عام 2030.

كما صدرت كثير من المراسيم والقرارات التي تهدف إلى تنظيم استثمار البادية وتنميتها وإدارة أراضي المراعي الطبيعية مثل المرسوم رقم 140 لعام 1970 والقرار رقم 13/1973 الذي يمنع فلاحة الباية وقرار مجلس الوزراء رقم 17 لعام 1995 والذي يمنع فلاحة الباية اعتباراً من الموسم 1995-1996 وإحداث الهيئة العامة لإدارة وتنمية الباية بموجب المرسوم التشريعي 78 لعام 2006 ومقرها تدمر وتتبع رئاسة مجلس الوزراء. كما نفذت كثير من المشاريع لمكافحة التصحر وتثبيت الكثبان الرملية ذكر منها على سبيل المثال لا الحصر

التالي:

- 1 مشروع الاستزراع الرعوي في الباية السورية منذ عام 1980
- 2 مشروع تثبيت الكثبان الرملية في محافظة دير الزور (الكسرة 1983-1987)
- 3 مشروع مراقبة ومكافحة التصحر في الباية السورية (جبل البشري 1993-2003)
- 4 مشروع التنمية المتكاملة للباية السورية على مساحة ما يقارب 3 مليون هكتار (1998-2002)
- 5 مشروع إعادة تأهيل أراضي المراعي المتدهورة في جبل البشري (2003-2007) وبالتعاون مع البرنامج تحت الإقليمي لمكافحة التصحر لدول غرب Sub Regional Program for westAsia (SRAP)
- 6 مشروع تثبيت الرمال السافية في موقع هريشه وكجاجب في بادية دير الزور للفترة من 2009-2012 بالتعاون مع أكساد.

7- مشروع دراسة الانجرافات الريحية في محافظة دير الزور (2010-2016) لصالح وزارة الدولة لشؤون البيئة وتنفيذ جامعة الفرات.

8- تنفيذ دراسات على الانجراف المائي وصيانة التربة في المناطق الساحلية والجبلية تضمنت مشاريع التثمير الحراجي وإقامة المدرجات والمصاطب.

9- تنفيذ مشاريع حصاد المياه في البايدية السورية لمكافحة الجفاف وتأمين نقاط إرواء للإنسان والحيوان ومن هذه المشاريع ذكر : الحفائر التخزينية، سدات نشر المياه، وسدود درء الفيضانات والسيول

تتطلب مثل هذه المشاريع توفير الأموال اللازمة والتكنولوجيا الحديثة وقد تلجأ الدول إلى طلب المساعدة من المنظمات الدولية المهمة بمثل هذه المشاكل والقضايا مثل: منظمة البيئة العالمية (يونيب) ومنظمة الأغذية والزراعة FAO والاتفاقية الدولية لمكافحة التصحر UNCCD وقد لخص التقرير المقدم إلى مجلس الشعب في شهر شباط لعام 1990 سياسة القطر في مجال صيانة التربة وحماية الموارد الطبيعية في البايدية السورية وركز هذا التقرير على الآتي:

1. حماية الغطاء النباتي من جميع التعديات وإعادة تأهيله.
2. إجراء مسح هيدرولوجي للموارد المائية في البايدية.
3. تطبيق أحكام قانون حماية البايدية رقم 13 لعام 1973.
4. ضرورة إدخال البقوليات في الدورة الزراعية في المناطق المستقرة.
5. تقليل مساحات الأراضي المفتوحة في البايدية واستزراعها بالشجيرات الرعوية تدريجياً.

1-6- أهداف صيانة التربة الزراعية:

إن هدف صيانة التربة هو المحافظة على خصوبة التربة وضمان قدرتها الإنتاجية وصيانة التربة تشمل حماية التربة من الانجراف ومن كل أنواع التدهور. ويجب أن يراعى في استعمال الأراضي أمران هامان هما:

- المحافظة على قدرة الأراضي الإنتاجية الحالية كماً ونوعاً.
- تحقيق زيادة مستمرة في خصوبة الأرضي.

يجب تحقيق ماليٍ للمحافظة على التربة من التدهور:

(1) إيجاد توازن بين ما تفقد التربة من عناصر غذائية وبين ما تحتويه أصلاً من مواد مغذية وما يمكن أن يتكون فيها من مواد جديدة.

(2) منع أي تدهور في الخصائص الكيميائية والفيزيائية وخاصة فيما يتعلق بالحالة البنائية ودرجة نفوذيتها للماء والهواء.

(3) منع انجراف الطبقة السطحية من التربة لأنها الطبقة الأكثر خصوبة والغنية بالأحياء الدقيقة.

(4) الحيلولة دون تراكم الأملاح الضارة أو القلوية أو الحموضة.

(5) المحافظة على النشاط الحيوي والميكروبولوجي في التربة وخاصة عملية النترجة.

الفصل الثاني

التعرية الريحية (Deflation)

1-2 المقدمة:

التعرية الريحية هي محصلة لعملية فيزيائية متبادلة بين قدرة الرياح على الجرف ومدى قابلية التربة للانجراف وتؤدي لنزع وانتقال حبيبات التربة المفككة بواسطة التيارات الهوائية من مواضعها الأولية إلى مناطق أخرى. تؤدي هذه العملية إلى تخريب التربة السطحية تحت تأثير قوى ميكانيكية ناتجة عن اندفاع الرياح واصطدامها بسطح التربة.

تعد التعرية الريحية من السمات الرئيسية للمناطق الجافة وشبه الجافة خاصة في مناطق وجود الزراعات البعلية، نظراً للظروف التالية:

1- طبيعة الترب في المنطقة الجافة من حيث القوام الخفيف وارتفاع نسبة كربونات الكالسيوم في التربة وهذا يساعد على تكوين بناء هش غير مقاوم للفعل الميكانيكي الهدام.

2- تفكك وتحطيم بناء التربة الهش بفعل الحراثة وزيادة قابلية التربة للتعرية.

3- سيطرة نظام ريعي غير مستقر يتصرف بالإعصارية العالية.

4- طبيعة الطبوغرافيا المفتوحة والمنبسطة لسهول البوادي.

5- ضعف التغطية النباتية أو انعدامها.

2-2 مراحل حدوث التعرية الريحية:

1- المرحلة التمهيدية وتمثل بتدحر الغطاء النباتي أو زواله بالكامل.

2- مرحلة النقل (Transport) ويتم خلالها نزع وإزاحة ونقل حبيبة التربة بالرياح.

3- مرحلة الترسيب والتراكم (Accumulation) ويتم خلالها ترسيب وتراكم المادة الترابية المحمولة بالرياح بعد أن تضعف قدرة الرياح على الحمل وتخف سرعة الرياح وتدعى المادة المترسبة والمترانكة بـ (Eolian) أو .Sediments

3-2- أشكال التعرية الريحية:

3-1- التعرية الريحية المحلية الطبيعية Local Wind Erosion

يظهر هذا الشكل من الانجراف على الأراضي خفيفة القوام برياح متوسطة السرعة وفي الحقول البور خلال فترات الجفاف والحرارة من السنة وتظهر أحياناً في أوقات الظهيرة من اليوم عندما تكون الموجة الحرارية اليومية للأرض في سعتها العظمى (الساعة 12-14 ظهراً) والتعرية المحلية نوعان:

التعرية العلوية (الزوابع):

وتؤدي إلى جرف حبيبات التربة الناعمة (أقل من 0.1مم) وتحدث بفعل التيارات الصاعدة بالتسخين والهابطة بالتبريد عندما تصعد إلى طبقات الجو العليا في فترة الظهيرة وفي المناطق الهمشية أو الحدية من الباية. (الصورة 1)



الصورة (1). تبين الزوابع التي تظهر في الباذية السورية.

-التعرية السطحية:

يظهر هذا النوع من التعرية على الأراضي الرملية وتنقل حبيبات التربة المجروفة على ارتفاع منخفض من سطح التربة لا يتجاوز 2م وتشكل التيارات الرملية السافية Sand drift مسببة بذلك أضراراً ميكانيكية جسيمة للمجموع الخضري للمحاصيل نتيجة اصطدامها بأوراق النباتات وتخریشها وتمزیقها.

2-3-2- التعرية الريحية المتسارعة:

وتشكل عواصف غبارية (Dust storm) وتصف بقدرة تدميرية هائلة و تستطيع خلال فترة زمنية قصيرة جرف كميات كبيرة من التربة وتخریب التربة وإلحاق الموت بالمزراعات على مساحات كبيرة تقدر بمئات الآلاف من الهكتارات. وأحياناً فإن عاصفة واحدة قد تجرف كامل طبقة الحراثة وحمل ملايين الأطنان من حبيبات التربة الناعمة في الرياح إلى مسافات بعيدة ويصل تشبع الهواء بالغبار إلى حد الأعظمي (الصورة 2)، مما يؤدي إلى خفض مدى

الرؤيا أثناء العاصفة أحياناً لمسافة لا تتجاوز عدة أمتار كما هو الحال في العاصفة الغبارية التي اجتاحت مدينة سدني في أستراليا بتاريخ 23/9/2009 وحملت معها حوالي خمسةطنان من التربة.



الصورة (2). تبين عاصفة غبارية تجتاح الخرطوم (السودان).

من الأسباب المواتية لظهور العواصف الغبارية هبوب رياح بسرعات عالية ($15-40 \text{ م/ث}$) وتدرج كبير بين مركزي الضغط الجوي.

تنطلق شدة العواصف الغبارية بحالة سطح التربة ومن أكثر الأرضي تعرضاً لهذا النوع من الانجراف هي الأرضي المفلوحة والخالية من الغطاء النباتي والتربة السطحية الجافة.

4-2 آليّة حدوث التعرية الريحية:

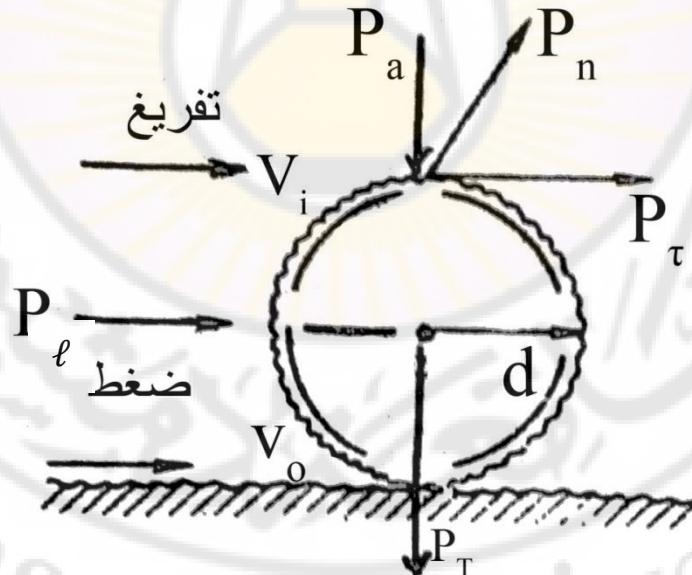
4-2-1 الأساس الفيزيائي

1- القوى الميكانيكية المؤثرة في حبيبة التربة

تبدأ مرحلة انتقال حبيبة التربة من حالة السكون إلى حالة الحركة تحت تأثير مجموعة من القوى статическая والديناميكية ناتجة عن دفع الرياح واحتكاكها بسطح الحبيبة، ويمكن توضيح القوى المؤثرة في جسم حبيبة التربة ميكانيكيًا حسب طبيعة السطح الذي تقع فيه كما يلي:

1- حالة حبيبة مفردة على سطح ناعم (الشكل 1)

أي تكون الحبيبة حرة بدون قوى تماسك مع سطح التربة وتتأثر الحبيبة بالقوى التالية: (1978, Dolgilevich)



الشكل (1). القوى المؤثرة في حركة حبيبة التربة الواثية على سطح ناعم.

قوه التقالة لوزن الحبيبه P_t

قوه دفع الرياح الجبهي τ P_τ

قوه الضغط الجوي Pa

قوه الاحتاك الناتجه من تماس الرياح بسطح الحبيبه P_t

قوه الحمل بالرياح Pn

كما أن الاختلاف بين سرعة الرياح عند سطح التربة V_0 والسرعة عند سطح الحبيبه العلوي V_t يؤدي إلى إحداث فرق بالضغط الجوي المحيط بالحبيبه ويحدث خلخلة بالضغط الجوي حول الحبيبه مما يؤدي إلى انتقالها من حالة السكون إلى حالة الحركة واندفعها في الهواء إلى الأعلى، وتكون قيمة قوه الحمل Pn أو الدفع إلى الأعلى موجبة (مرحلة تطاير الحبيبه) وعندما تكون قيمة القوى الميكانيكية أكبر من القوى статيكية ($Pa+P_t$)

معادلات القوى المؤثرة في الحبيبه:

1- قوه التقالة وعلاقته بقوى الضغط статيكي للرياح

$$P_t = \pi d^2 (\gamma - p) g / 6$$

حيث إن:

- قطر حبيبه التربة بالمم d

- الوزن النوعي لحبيبه التربة γ غ/سم³

- كثافة الهواء p

- تسارع قوى التقالة g

وعلاقة (Vasilov، 1973) بين الارتباط بين الضغط статيكي الناتج من قوى

التقالة للحبيبه وبين سرعة الرياح على السطوح الناعمه:

$$P_{ct} = a \cdot v^2$$

a - ثابت قيمته 0.068

- سرعة الريح V

2- قوة الدفع الجبهي للريح (P_ℓ)

$$P_{\ell} = C_e k_1 d^2 p \cdot \frac{v^2}{2g}$$

- معامل مقاومة الهواء C_e

- ثابت الاضطراب الريحي K₁

3- قوى الضغط الجوي (Pa) :

$$P_a = \frac{\pi d^2}{4} P_0$$

3- قوة الاحتكاك الناتجة عن تماس الهواء بسطح التربة (P_τ)

$$P_{\tau} = C_{\tau} K_2 d^2 p \frac{V_2}{2g}$$

- معامل احتكاك الهواء C_τ

- ثابت التبادل الاضطرابي للريح K₂

- ثابت الاضطراب للريح k

$$K = X^2 Z_0 \frac{V_1}{\ell n \frac{Z_1}{Z_0}}$$

v₁ - سرعة الريح على ارتفاع z₁ و x قيمة ثابتة تساوي 0.38 و تتعلق بخسونة

السطح

4- قوى الحمل (P_n) :

$$P_n = C_y \frac{PV^2}{2} S$$

Cy - معامل قوى الحمل

S - قطر حببية التربة

2- الحالة الثانية حببية مركبة وعلى سطح خشن (ترابة زراعية):

يعود اختلاف تأثير القوى على الحبيبات المركبة الموجودة على السطوح الخشنة مقارنة بالسطح الناعمة إلى أن الحبيبات المركبة توجد مخفية تحت أوبين الكدر الترابية بعد الحراثة. أو تكون مرتبطة بقوى تماسك مع نسيج التربة المحيطة بها، كما أن الكتل الترابية الموجودة على السطح تزيد من خشونة سطح الأرض وتخفف من سرعة الرياح في المنطقة الملامسة للسطح ولذلك فإن التجمعات الترابية الكبيرة ($> 1\text{م}$) تتطلب سرعات أعلى لتهيجها وحملها وانتقالها.

وفيما يلي نبين الحالات التي توجد بها الحببية في الطبيعة والقوى المؤثرة فيها:
الحالة الأولى الحببية متوضعة في الفجوات بين الكدر الترابية الكبيرة وفي هذه الحالة تكون الحببية بعيدة عن تأثير الرياح والقوى الميكانيكية المؤثرة فيها تساوي صفر والحببية في حالة سكون ستاتيكي هي قوى التقالة والضغط الجوي فقط.

الحببية في حالة تماش مع الرياح وسرعة الريح المؤثرة في الحببية أكبر من الصفر وهذا يولد قوى دفع للأعلى $p_n < 0$ تؤثر على الحببية ناتجة عن قوى دفع الريح الجبهوي وانخفاض الضغط статيكي حول الحببية.

2-5- العتبة الحرجة لسرعة الرياح:

وهي السرعة الدنيا القادرة على نزع وحمل ونقل حبيبة التربة بالتيار الريحي من مصادرها الأولية إلى مناطق أبعد.

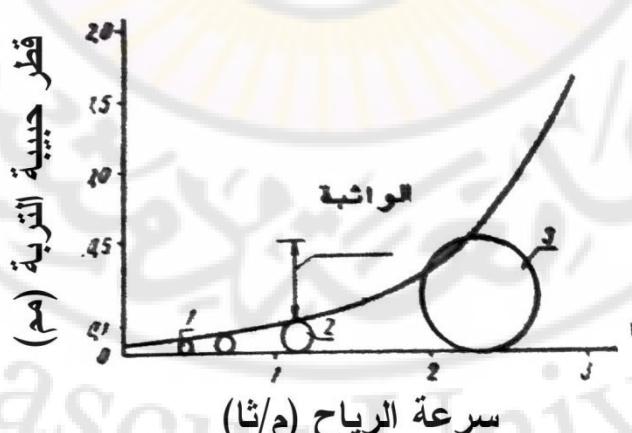
العوامل المؤثرة على قيمة العتبة الحرجة:

1- الوزن النوعي للترابة:

تؤدي زيادة المادة العضوية والدبالية إلى تحسين الخصائص الأيروديناميكية للترابة وال المتعلقة بحجم التجمعات الترابية المقاومة لفعل الرياح والمسامية وانخفاض الوزن النوعي للترابة وبالتالي زيادة قيمة العتبة الحرجة.

2- القوام الميكانيكي والبناء:

يلاحظ زيادة قيمة العتبة الحرجة مع انخفاض قطر حبيبة التربة ويعود ذلك إلى وجود قوى التحام بين حبيبات التربة الناعمة وهذا ينطبق على الحبيبات التي أقطارها أقل من 0.05 مم. أما بالنسبة للحبيبات ذات الأقطار أكبر من 0.1 مم فإن العتبة الحرجة تزداد كلما زاد حجم الحبيبة. (الشكل 2)



الشكل (2). يبين تأثير حجم الحبيبة على العتبة الحرجة.

كما أن زيادة قيمة العتبة الحرجة للريح في حال انخفاض قطر الحبيبة أقل من 0.05 مم أو زيادة قطر الحبيبة عن 0.1 مم، يعود إلى وجود المواد الغروية الناعمة القادرة على التجمع في تجمعات أكبر وتشكيل تجمعات مقاومة لفعل الرياح وخاصة في الأراضي الدبالية

3- نوع التربة:

تتعرض الترب الخفيفة للانجراف عند قيمة أقل لسرعة الرياح من الأراضي الثقيلة. والجدول التالي يبين الاختلاف في قيمة العتبة الحرجة حسب اختلاف قوام التربة (Gail and Smirnova, 1960).

الجدول (1). يبين العلاقة بين نوع التربة وقيمة العتبة الحرجة لسرعة الرياح

نوع التربة	قيمة العتبة م/ثا على ارتفاع 15 سم
طمية	4-3
طمية سلستية	5-4
طمية ثقيلة	7-4
طينية	9-7

خشونة سطح التربة:

تردد قيمة العتبة الحرجة على السطوح الخشنة بمقدار مرتين تقريباً مقارنة منه على السطوح الناعمة. وكلما كانت درجة خشونة السطح كبيرة كلما كانت درجة مقاومة التربة للانجراف أكبر والعتبة الحرجة أكبر. إن قوى الريح تبدأ تأثيرها على الحبيبة عندما يكون حجم الحبيبة أعلى من ارتفاع تجاعيد التربة الطبوغرافية أو ما يسمى خشونة السطح (Z_0).

5- درجة الاضطراب الريحي (الإعصارية)

نقل قيمة العتبة الحرجة كلما زادت إعصارية الرياح والعكس صحيح

6- مساحة الحقول القابلة للانحراف ودرجة انحراف الحقول بالنسبة لاتجاه الرياح الجارفة.

طرائق حساب قيمة العتبة الحرجة لسرعة الرياح:

1- في حال حبيبة التربة مفردة على سطح ناعم

وعندما تكون قوى الحمل (P_n) تساوي قوى الضغط الجوي والثقالة وقوى الارتباط أي أن:

$$P_n = P_t + P_a + P_c$$
$$V_{GR} = \sqrt{\frac{1.5d(\gamma - P) + 1.5P_O + 1.57K_O}{C_R}} P_C$$

- السرعة الحرجة للريح /م.ث/

- الكثافة الظاهرية لحبيبة التربة غ/سم³

- كثافة الهواء، k_0 ، ثوابت تحسب تجريبياً

ومنه نستخلص أن السرعة الحرجة للريح تتناسب طرداً مع الجذر التربيعي لقطر حبيبة التربة.

معادلة (1955 chepil) وهي صالحة لحببيات التربة أقل من 0.1

$$V_{CR} = \sqrt{\gamma d}$$

- قطر الحبيبة بالمم

- الوزن النوعي للحبيبة

وقد اقترح دولغليفيش 1978 العلاقة الرياضية التالية لحساب العتبة الحرجة لسرعة الرياح في الأراضي الزراعية:

$$V_{CR} = 0.249 de + 3.79$$

- معامل حسابي لقوى التماسك بين حبيبات التربة

- متوسط القطر الفعال

2- في حال حبيبة مركبة على سطح خشن:

مع انخفاض الضغط статический المطبق على الحبيبة نتيجة للفرق بين سرعة الرياح بالقرب من سطح التربة وفي منطقة أعلى الحبيبة ($v_1 - v_0$) فإن جسيم الحبيبة يقع تحت تأثير قوة حمل تتناسب طرداً مع قيمة الضغط статический p_{ct}

الناتج من قوى الثقالة لجسم الحبيبة:

$$P_n = \frac{\pi d^2}{4} P_{CT} \quad (1)$$

$$P_n = \frac{\pi d^2}{4} a V^2 \quad (2)$$

ونتيجة التعويض حيث إن:

$$P_{ct} = a \cdot V^2$$

في حال تساوي قوى الحمل مع قوى الثقالة فإننا نحصل على العلاقة التالية بعد

إهمال قيمة كثافة الهواء p في معادلة حساب قوة الثقالة:

$$\frac{\pi d^2 a V^2}{4} = \gamma g \frac{\pi d^3}{6} \quad (3)$$

وإن كانت سرعة الرياح عند هذه النقطة ($p_T = p_n$) هي نفسها العتبة الحرجة

لسريعة الريح ($V_{cr} = v$) أو متساوية لها فإننا نحصل من المعادلة رقم (3) على

الآتي:

$$V^2 = (V_{CR})^2 = \frac{\gamma g \frac{\pi d^3}{6}}{\frac{\pi d^2}{4}} = \gamma g \frac{\pi d^3}{6} \times \frac{4}{\pi d^2}$$

$$= \gamma g d \times \frac{4}{6}$$

$$V_{CR} = i \sqrt{\frac{0.67 \gamma g de}{a}} \quad (4)$$

- ثابت يتعلق بحالة التربة

- ثابت قيمته 0.068

- كثافة التربة أو الحبيبة

- متوسط قطر الفعال حيث إن:

$$de = \frac{d_1 P_1 + d_2 P_2 + \dots + d_n P_n}{\sum P} = \frac{\text{النسبة} \times \text{متوسط قطر الحبيبات لكل مجموعة}}{\text{مجموع النسب}}$$

نستنتج مما سبق أن العتبة الحرجة لسرعة الرياح تعبر عن نقطة بداية تهيج وتحرك حبيبات التربة لأنخراطها بالتيار الريحي كما أنها تعطي فكرة عن مدى قابلية التربة للانجراف، فكلما كانت السرعة الحرجة عالية في التربة كانت هذه التربة مقاومة للانجراف والعكس صحيح. كما أن الترب المتفاوتة القوام متباعدة في قيمة العتبة الحرجة.

وإن قيم العتبة الحرجة لسرعة الريح واسعة جداً بالنسبة للأراضي المختلفة ولذلك فإن تقدير العتبة الحرجة لكل منطقة جغرافية مهم جداً للتتبوء بمخاطر التعرية خلال فترة زمنية معينة عن طريق تحليل المعطيات المناخية للمنطقة.

6-2- معامل خشونة سطح التربة:

وهو عبارة عن القيمة الوسطى لمجمل الارتفاعات والانخفاضات الموجودة على سطح التربة ويرمز له بـ (Z_0) وتكون سرعة الريح عند هذا المستوى تساوي صفر وإن قيمة هذا المعامل تتغير حسب وعورة السطح فمثلاً قيمة Z_0 للرماد العاري من النبت تساوي 0.11 أما في حال المراعي الطبيعية في البوادي تساوي 0.89 وفي مجتمعات الشيخ تساوي 4.57، ونفهم من ذلك أن سرعة الرياح تتناقص كلما اقتربنا من سطح التربة وأثبتت القياسات أن سرعة الرياح تزداد كلما ابتعدنا من سطح الأرض ويكون هذا التغيير متناسباً مع لوغاریتم الارتفاع عن سطح الأرض واقتراح العالم ليختمان 1944 علاقة رياضية لحساب مقدار سرعة الرياح حسب الارتفاع عن سطح التربة:

$$V_Z = V_1 \frac{\ln e^{\frac{Z}{Z_0}}}{\ln e^{\frac{Z_1}{Z_0}}}$$

- سرعة الريح على الارتفاع Z المطلوب حسابه

- سرعة الريح على Z_1 معلومة

- قيم معامل خشونة سطح التربة

اللأمینار: وهي طبقة رقيقة من الهواء لزجة وذات كثافة عالية وذات حركة انسيلوبية تقدر سماكتها 0.05 مم وعلى ارتفاع 0.2 - 0.4 مم من سطح الأرض ناتجة من الضغط الناتج من كتلة الهواء وانضغاطها أسفل الهواء وتراجع سرعة الرياح إلى الصفر كلما اقتربنا من السطح ناتج عن النتوءات التي يصطدم بها

الهواء وبسبب قوى الاحتاك وتكوين دوامات هوائية موضعية خلف نتوءات خشونة السطح.

إن الارتفاع Z_0 الذي تكون عنده سرعة الرياح مساوية للصفر ثابت لجميع الرياح المضطربة ويرتبط مباشر بخشونة سطح التربة ويتغير هذا الارتفاع بتغير خشونة السطح وتتغير خشونة السطح بتغير العوامل التالية:

- تشكل الكتل الترابية بعد الحراثة
- ارتفاع وكثافة بقايا المحاصيل
- ارتفاع وكثافة المحاصيل الزراعية

وتكتسب الرياح حالة الاضطراب في الطبقة السطحية عندما تتجاوز سرعتها $0.40-0.98$ م/ثا. ويعزى عملية استمرار الاضطراب الريحي القوى الحركية الناتجة عن طبيعة تدفق الرياح النبضي.

في الطبيعة نميز ثلاثة حالات تماس ما بين التيار الريحي وسطح التربة:

- 1- حبيبات التربة تقع دون مستوى معامل الخشونة وطبقة اللامينار وبالتالي لا يوجد تماس مع الرياح.
- 2- معامل خشونة سطح التربة مساوي لنتوءات التربة وعند مستوى طبقة اللامينار ولا يوجد أي احتاك ما بين الرياح وسطح التربة
- 3- وجود تماس بين التربة والرياح المضطربة وحبيبات التربة ضمن التيار الجارف وفوق مستوى معامل خشونة التربة وطبقة اللامينار. وفي هذه الحالة تستطيع خشونة سطح التربة تأمين حماية للتربة من الانجراف إذا ما

أدت إلى خفض قوى الاحتكاك والدفع الجبهوي إلى مادون قيمة العتبة الحرجة لسرعة الرياح في تلك المنطقة.

وتشكل العلاقة المتبادلة بين قدرة الرياح على الجرف ومدى ثباتية سطح التربة الفكرة الأساسية التي تستند إليها عمليات صيانة التربة، فإذا كانت قوى الثقالة أكبر من قوى الدفع الجبهوي للريح فإن التربة تكون مقاومة للانجراف الريحي. تفقد الرياح قدرتها على جرف التربة على السطوح الخشنة وتزداد على السطوح الناعمة بينما تزداد عمليات التراكم والترسيب على السطوح الخشنة وتضعف على السطوح الناعمة.

آلية حدوث الانجراف الريحي:

تهيج الحبيبات الترابية بفعل الضغط الذي تولده الرياح المتحركة على سطح التربة فمثلاً تولد الرياح ذات السرعة 40 m/s ضغطاً على التربة مقداره 100 kg/m^2 . ونتيجة لقوى الاحتكاك الناتجة عن ملامسة التيار الريحي لسطح التربة تنخفض سرعة الرياح بالقرب من سطح التربة لتصل إلى الصفر تقرباً على ارتفاع $0.4-0.2 \text{ m}$ من سطح الأرض. وهذا الكلام ينطبق على السطوح الناعمة أي معامل الخشونة يكاد يكون صفراءً، وتزداد سرعة الهواء كلما ارتفعنا عن سطح الأرض وتتناسب هذه الزيادة طرداً مع لوغاريم الارتفاع.

نتيجة لاختلاف الضغط حول الحبيبة تتولد خلخلة حول الحبيبة تؤدي إلى تحريكها ودحرجتها أو صعودها للأعلى حسب قوة الريح. فإذا كانت قوى الدفع الريحي كبيرة وأكبر من قوى الثقالة تخرط الحبيبة بالتيار الريحي الجارف. أما إذا كان حجم الحبيبة كبيراً وقوى الثقالة أكبر من قوى دفع الريح فإن الحبيبة

نقاوم الانجراف. أما الحبيبات الناعمة والتي ترتبط بقوى ارتباط مع الحبيبات المحيطة بها وتقع تحت طبقة اللامينار فإنها لا تتعرض لفعل الانجراف ولإبطالها جرف الرياح. ومن أهم العوامل المؤثرة في عملية إزاحة وانتقال الحبيبات بالرياح:

1- حجم حبيبات التربة المنفردة

2- الوزن النوعي لحبيبة التربة

4- قوة الرياح الإعصارية Turbolance

7- أشكال انتقال حبيبات التربة بالرياح:

من أهم الأشكال الرئيسية لانتقال حبيبات التربة بالرياح:

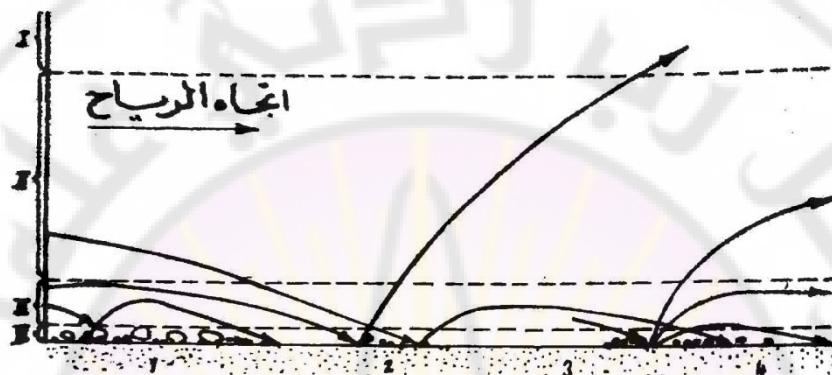
1- الزحف أو الدرجة Creeping

2- الوثب أو القفز Saltation

3- الطيران أو الحالة المعلقة المتدفعه Effluent

حيث ينتقل القسم الأعظمي من حبيبات التربة في طبقة الرياح القريبة من سطح التربة 0-90 سم بواسطة الدرجة والقفز وفوق هذا الارتفاع يكون انتقال ذرات التربة بالرياح بالحالة المعلقة وهناك شكل آخر لتحريك حبيبات التربة السطحية وخاصة في البوادي وهي عملية البري أو الكشط Abrasion وهي ناتجة من عملية السفي للرماد Drift of sand وانتقالها بالقفز حيث تصطدم بالتجمعات الترابية الكبيرة فتؤدي إلى تفتيتها وانجرافها وبذلك تكون هذه العملية ما هي إلا عملية كشط وتأكل للطبقة السطحية من التربة بواسطة الحبيبات

الواحية. وتبلغ كمية التربة المنقولة باللوثب 70% من الكمية الكلية المنقولة بالرياح.



الشكل (3). بين أشكال الانتقال في مقطع من التيار الغباري.

ويتم نزع حبيبات التربة من سطح التربة تحت تأثير القوى التالية:

- تحت تأثير قوى دفع الحركة الريحية (الإيروديناميكي) الناشئة من طبيعة التدفق النبضي للريح.
- تحت تأثير قوى الدفع الاصطدامى للحبيبات الواحية. حيث إن قوة الاصطدام تفوق كتلة الحبيبة الواحية بمائة مرة.
- تبدأ الحبيبات بالهبوط عندما تصبح قوة الحمل أقل من قوة الثقالة.

الأشكال الرئيسية لانتقال حبيبات التربة بالرياح:

1 - الدرجية السطحية Surface Greeping

تنقل الحبيبات الكبيرة ذات الأقطار أكبر من 0.5 م على سطح التربة بالدرجية تحت تأثير دفع الرؤيا وقوة الدفع الاصطدامى للحبيبات الواحية وتبلغ نسبة الحبيبات المنقلة بهذا الشكل 5-25% من مجموع الحبيبات المنقولة بالتيار الريحي.

وتبلغ العتبة الحرجة لسرعة الريح اللازمة لدحرجة الحبيبات $3.6-3.8 \text{ m/s}$ حسب كثافة الحبيبات والقوام ودرجة التحبب للتربة وشدة إعصارية الريح.

3- الوثب (القفز) Saltation

وهو الشكل السائد لانتقال الحبيبات ذات الأقطار $0.1-0.5 \text{ mm}$ وتكون الحركة أشبه بالوثب، ويتوقف ارتفاع الحبيبة في الهواء والمسافة التي تقطعها في الواثبة الواحدة على عدة عوامل أهمها:

قوة الريح، حجم الحبيبة، وكثافتها

وجد شيبيل عام 1955 علاقة خطية بين ارتفاع الحبيبة وطول مسارها وبين أنه كلما زاد الارتفاع زاد طول مسار الحبيبة الواثبة. كما أوجد Zvankov 1963

علاقة رياضية لحساب ارتفاع الحبيبة الواثبة :

$$H = (V_m - V_{cr})^2 / 2$$

H -ارتفاع الحبيبة ،بالمتر

V_m - السرعة القصوى للريح m/s

V_{cr} - السرعة الحرجة للريح، m/s

وتبلغ نسبة الحبيبات الواثبة 50-75% من الحبيبات المنقوله بالرياح.

أسباب اندفاع الحبيبة الواثبة:

1- قوة دفع الرياح المتداقة على سطح التربة.

2- قوى الدفع التصادمي الناتج عن اصطدام الحبيبات المتدرجة بالحبيبات الواثبة.

3- الطاقة الكامنة في الحبيبات المندفعة في الهواء.

4- الطاقة الكامنة للحبيبات الواشة الناتجة عن اصطدامها بسطح التربة وتتوزع

الطاقة الكامنة عند اصطدامها على النحو التالي:

- 33% من الطاقة تصرف لرفع حبيبات جديدة بالقذف.
- 67% تصرف على تخريب بناء التربة وتفتت التجمعات الترابية ونتيجة قوى القذف الاصطدامى ترتفع في الهواء كميات إضافية من الحبيبات في التيار الجارف. وبهذا الشكل فإن الفعل الاصطدامى للحبيبات الواشة يعد عاملًا أساسياً في عملية الانجراف.

2- أهمية الانتقال بالوثب في تسريع عملية الانجراف:

إن القدرة التخريبية للحبيبات المحمولة بالرياح تأتي من طبيعة حركة الحبيبات المحمولة بالرياح ويكون هذا الانتقال على شكل دوران لولبي وتدور الحبيبة حول نفسها (1200-6000) دورة/دقيقة، مما يكسبها طاقة تدميرية هائلة. كما وأن حبيبات التربة ذات الأقطار أقل من 0.1 مم لا يستطيع الريح أن يجرفها من دون تأثير الفعل الاصطدامى للحبيبات الواشة لأن هناك قوى ارتباط كيميائي لوجود الكاتيونات الثانية والثلاثية المدمصة على المعقد الغروي وتأثير المواد اللاحمة الأخرى. ويتم انجراف الحبيبات الناعمة أحياناً عن طريق الانجراف الكمي مع الحبيبات الأكبر حجماً مختربة بذلك طبقة اللامينار.

وكما زاد حجم وكثافة الحبيبة تطلب سرعة رياح أكبر من أجل إزاحتها بقوة الدفع الاصطدامى الناتج عن سقوط الحبيبة الواشة بقوة على السطح العاري من التربة وتصرف الطاقة الكامنة للحبيبة المتساقطة على تفتت ونزع حبيبات التربة السطحية. (الصورة 3)



الصورة (3). تبين تعريمة التربة الجرداء بالرياح.

-النقل بالطيران أو الحالة المعلقة **Suspension**

من أكثر الحبيبات تعرضًا للانتقال بهذا الشكل الحبيبات الناعمة التي أقطارها أقل من 0.01 مم وترتفع بالهواء لعدة أمتار وأحياناً لعدة كيلومترات بفعل الدوامات الصاعدة وتنقل إلى مسافات بعيدة قد تتجاوز مئات بلآلاف الكيلومترات وهي لا تعود إلى الأرض إلا إذا خفت سرعة الرياح أو غسلتها الأمطار إلى الأسفل وهذا الشكل من الانتقال يميز العواصف الغبارية.

2-9- التيارات الغبارية وطبيعة التركيب الحبيبي للمادة الترابية المحمولة:

التيار الغباري:

هو عبارة عن طبقة الرياح السطحية المشبعة بالغبار أو الرمال وتكون تلك الحبيبات بحالة حركة دائمة وفقاً لأشكال الانتقال الثلاثة ويمكن القول إنه كلما

زادت الحبيبات الخشنة في قوام التربة انخفاض ارتفاع التيار الغباري وتضاءلت سماكة طبقة الهواء المشبعة بالغبار.

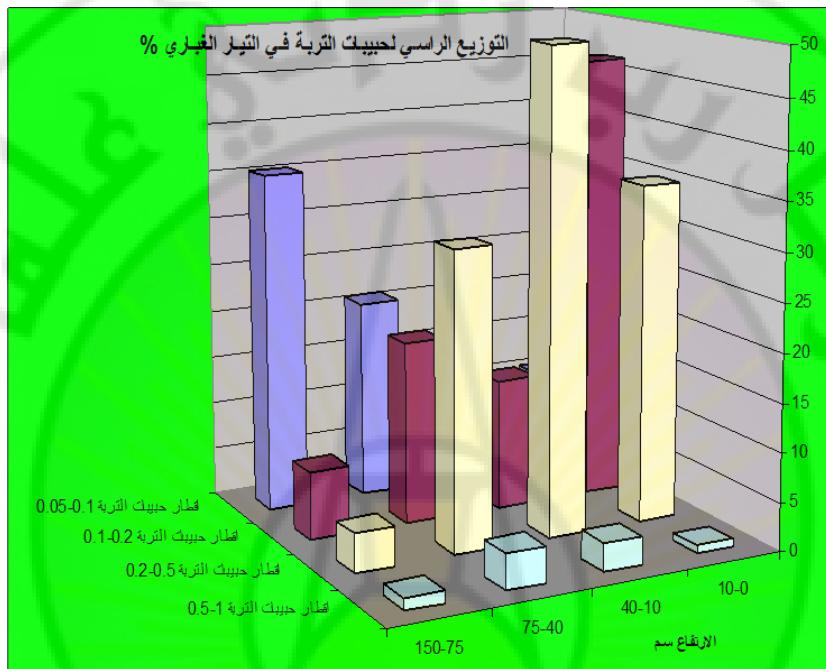
ويعرف تشبع التيار الهوائي بالغبار على أنه درجة التشبع الأعظمي بالغبار: وهو أقصى كمية من الغبار يمكن أن يحملها التيار الريحي وتبلغ 3.62 كغ /سم/ساعة، عند سرعة رياح 10.5 م/ثا على ارتفاع 50 سم من سطح الأرض أو 18.5 م/ثا على ارتفاع 2 م ويعادل 36.2 طن/هكتار/سا، وهذه القيمة ثابتة لجميع الأراضي ولكنها تختلف باختلاف سرعة الريح.

طبيعة التركيب الميكانيكي للمادة الترابية المحمولة بالرياح

أظهرت التحاليل للغبار المحمول بالرياح على ارتفاعات مختلفة على أنه كلما ارتفعنا من سطح التربة انخفضت كمية الرمل وارتفعت نسبة السilt والغضار. وينتقل حوالي 90% من الحبيبات المحمولة بالرياح في الطبقة السطحية من الهواء 0-30 سم ونسبة قليلة يصل ارتفاعها إلى ارتفاع 50-90 سم من سطح التربة.

وفي الأراضي الرملية فإن التيار الريحي يحتوي على 90% من الرمال المتحركة في طبقة الهواء 0-11 سم. وقد وجد أن كمية التربة المنقولة في طبقة الهواء السطحية 0-10 سم خلال ساعة تعادل انجراف طبقة تربة سماكتها 4.9 مم. (مخطط بياني للتوزيع الرأسي لحبيبات التربة في التيار الريحي) أثبتت التجارب بأن التركيب الميكانيكي للغبار المأخوذ من التيار الغباري على ارتفاعات مختلفة من سطح التربة بأن 98-100% من تلك المواد ذات أحجام

أقل من 1 مم وأن نسبة السلت الناعم والدبال تزداد على ارتفاع أكثر من 2م، بينما نسبة الرمل تتحفظ (الجدول 2 والشكل البياني 4)



الشكل (4). يبين التوزيع الحبيبي للغبار المحمول بارياح.

الجدول (2) يبين التركيب الميكانيكي للغبار المحمول بالهواء على ارتفاعات مختلفة وعلاقته بمدى التشبّع على تربة طمية رملية.

البعد من بداية الانجراف م	أقل من 0.01 مم	0.01 -0.05 مم	0.05-0.25 مم	أكبر من 0.25 مم	الارتفاع بالسم	
150	5.8	0.6	91.1	2.5	5-0	م 150
	10	5	80.2	8.5	20-5	
	28.3	22.6	47.1	2	35-20	
1700	2.5	0.3	96.7	0.5	5-0	م 1700
	2.7	0.8	95.7	0.7	15-5	
	1.5	4.1	84.8	0.6	20-15	

تختلف سماكة التيار الغباري وارتفاعه حسب سرعة الرياح ومعامل خشونة سطح التربة، وفي حال السطوح الخشنة تتركز الحبيبات المحمولة في الطبقة 11-0 سم من الهواء، أما في السطوح الناعمة فتنقل نسبة الحبيبات المحمولة في تلك الطبقة ويتركز في الطبقة الأعلى من 11 سم.

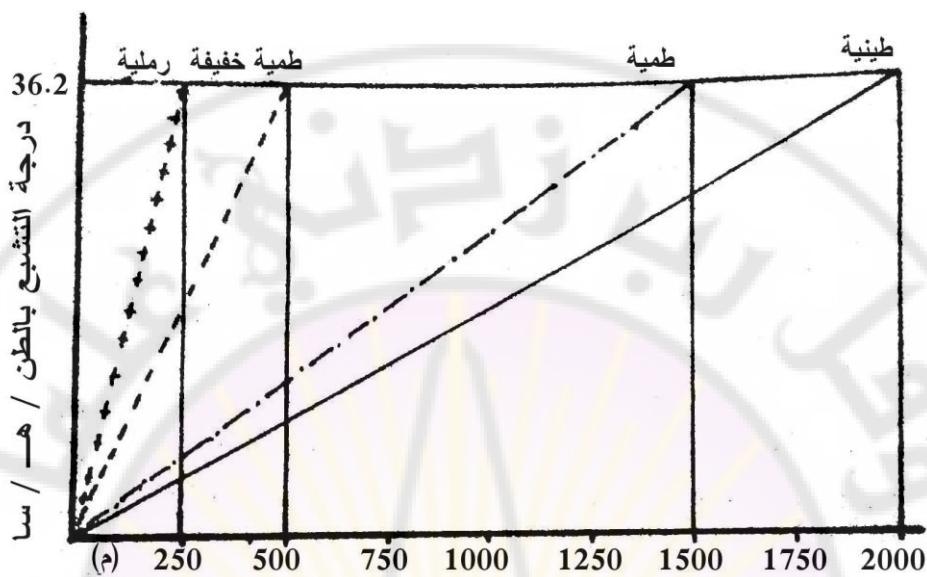
ويبين الجدول بأن الحبيبات ذات الأقطار (0.05-1 مم) تتركز في طبقة الهواء (5-0 م) وتتنقل بالوثب أما الحبيبات ذات الأقطار (0.01-0.05 مم) فتوجد في طبقة الهواء الأعلى من 5 سم ويمكن القول بأن القسم الأكبر من الحبيبات المجرورة تتنقل بالوثب في طبقة الهواء 15-0 مم

2-10-2- مدى التشبع الأعظمي:

ويعرف بأنه المسافة اللازمة بالمتر اعتباراً من بداية الانجراف لتصل كمية الغبار في التيار الريحي إلى درجة التشبع الأعظمي، ويختلف باختلاف نوع التربة.

العوامل المؤثرة في مدى التشبع الأعظمي:

- 1- سرعة الرياح السطحية ودرجة إعصاريتها.
- 2- خشونة سطح التربة: حيث تقل قدرة الرياح على حمل التربة على السطوح الخشنة وتزداد على السطوح الناعمة.
- 3- قوام التربة: يزداد تشبع الغبار كلما كان القوام خفيفاً وبذلك يقل مدى التشبع الأعظمي (الشكل 5).
- 4- درجة تحبيب الطبقة السطحية للتربة.
- 5- مساحة السطح القابل للانجراف.
- 6- رطوبة التربة السطحية.



الشكل (5). يبين تأثير نوع التربة على قيم مدى التشبع الأعظمي.

ولمعرفة التركيب الميكانيكي للغبار محمول في الهواء على ارتفاعات مختلفة أهمية تطبيقية لصيانة خصوبة التربة وكذلك الحال بالنسبة لمعرفة درجة التشبع ومدى التشبع الأعظمي في عمليات حساب الفاقد السنوي للتربة وفي اختيار وتصميم برامج صيانة التربة و اختيار الأساليب المناسبة لحفظ التربة (الزراعة الشرائطية، الأسيجة النباتية، تقليل عمليات الجرف وزيادة عمليات التراكم والترسيب برفع معامل خشونة السطح)

الفصل الثالث

العوامل المساعدة في ظهور التعرية الريحية

إن ظهور التعرية الريحية يتحكم فيها مجموعة من العوامل التي لها علاقة بالترابة والمناخ وبالأنشطة البشرية الخاطئة في إدارة الموارد الطبيعية وإن الاستعمال العشوائي للأراضي الزراعية من قبل الإنسان أدى إلى تدني مقاومة التربة للانجراف، ومثال على ذلك حراثة الأراضي البكر وحرمانها من العطاء النباتي وتحطيم بنائها وتحويلها إلى كتلة من الغبار تعبث بها الرياح. ويمكن تقسيم العوامل المؤثرة في عملية التعرية الريحية إلى مجموعتين:

3-1- مجموعة العوامل البيئية وتشمل:

- **الخصائص الأرضية.**
- **الخصائص المناخية.**
- **الخصائص التضاريسية.**
- **الغطاء النباتي.**

مجموعة العوامل الاقتصادية والاجتماعية المرتبطة بالنشاط البشري وتشمل:

- 1- تدهور الغطاء النباتي من مراعي وغابات في المنطقة الجافة.
- 2- كسر مساحات كبيرة من الأراضي العذراء في البوادي.
- 3- سوء إدارة وتنظيم الأراضي الزراعية.

وسوف نتناول بالشرح كل عامل من هذه العوامل ومدى تأثيره على قابلية التربة للانجراف الريحي.

3-1-1- الخصائص الأرضية:

ومن أهم الخصائص الأرضية المؤثرة على مقاومة التربة للتعرية الريحية:

-درجة تحبب التربة السطحية.

-نسبة الدبال إلى كربونات الكلسيوم.

-نوعية القواعد المتبادلة على المعقد الغروي.

-المتانة الميكانيكية (درجة التماسك).

-الملوحة ودرجة القلوية.

-رطوبة التربة.

1-1- درجة تحبب التربة

ونقصد بدرجة التحبب نسبة التجمعات الترابية ذات الأقطار أكبر من 1 مم في الطبقة السطحية وهي الحبيبات المقاومة للتعرية. وقد وجد بأنه إذا بلغت درجة التحبب ما بين 50-60% تكون التربة مقاومة لانجراف الريحي وهو الحد المسموح به لتجنب انجراف التربة بالرياح.

إن زيادة درجة التحبب في التربة السطحية يزيد من مقاومة التربة لانجراف الريحي وقد وجد أن قابلية التربة لانجراف الريحي تتحفظ بمقدار 1.7 مرة إذا كانت درجة التحبب 40% بالمقارنة مع تربة درجة تحببها 30%， كما تتحفظ قابلية التربة لانجراف 3.5 مرة إذا كانت درجة التحبب 50% وبـ 98 مرة إذا ما كانت درجة تحببها 70%.

وتتعلق درجة التحبب بمجموعة عوامل أهمها:

-التركيب الميكانيكي.

-نسبة المادة الباللية.

-نسبة كربونات الكلسيوم والسلت الناعم في التربة.

-تناوب عمليات التجمد والذوبان والرطوبة والجفاف الفصلية.

-القوى الميكانيكية المطبقة على سطح التربة (حراثة، مرور الآلات، الحركة العشوائية، وطء حوافر الحيوانات الصغيرة مثل الأغنام).

يؤثر قوام التربة على درجة التحبب حيث إنما كان القوام خفيفاً وخشناً كانت التجمعات الترابية صغيرة الحجم وهشة وزادت حساسية التربة للانجراف الريحي، كما أن زيادة نسبة السلت الناعم في التجمعات الترابية يؤدي إلى تدني ثباتية البناء وبالتالي تعرض هذه التجمعات للتفاكع عند تعرضها لأقل القوى الميكانيكية ومثال على هذا ترب البادية السورية.

أما الترب الثقيلة فإنها تعطي درجة تحبب عالية وتجمعات ترابية جيدة التماسك بعكس الترب الخفيفة ولذلك فإنه يلاحظ في الطبيعة أن درجة مقاومة الأرضي الثقيلة للانجراف الريحي أكبر من الأرضي الخفيفة. حيث تبدأ الأرضي خفيفة القوام بالتدور الفيزيائي وبعد السنة الثانية أو الثالثة من تاريخ حراثتها، أما الأرضي الثقيلة بعد 10-11 سنة من بدء حراثتها بالمحاريث التقليدية وتبدأ بالظهور عمليات التعرية الريحية.

ويعد معامل التحبب وكمية الرمل الفيزيائي (≤ 0.01 مم) من المعايير التي اعتمدت في كثير من التصانيف للترب حسب درجة تعرضها للانجراف الريحي، واقتراح العالم Ganpesov، 1974 تصنيف الترب التالي حسب درجة التعرض للانجراف:

الجدول (3). يبين علاقة درجة الانجراف بكمية الغبار المحمولة بالرياح.

كمية الغبار المحمولة بالرياح، كغ/سا			%، الرمل الفيزيائي	معامل التحبب	درجة التعرض لانجراف
16 م/ثا	12 م/ثا	8 م/ثا			- خفيفة -1
20-11	10-3	2	10	1 -0.6	
50-21	20-6	5	20-11	0.3-0.5	- متوسطة -2
200-101	100-51	50	20	0-0.2	- قوية -3

حيث إن معامل التحبب يساوي مجموع الحبيبات ذات الأقطار أكبر من 1 مم مقسوماً على مجموع الحبيبات ذات الأقطار أقل من 1مم .

ملاحظة: كمية التربة المفقودة حسبت على أساس جبهة عرضها 100م وتم قياس سرعة الرياح على ارتفاع 50 سم.

ويرتبط مقدار انجراف التربة بالرياح بشكل وثيق بالتركيب الحبيبي وبمعامل التحبب وبمتوسط القطر المكافئ لحبيبات التربة، كما هو واضح من الجدول رقم

: (4)

الجدول رقم (4). يبين كمية التربة المنجرفة خلال 30 دقيقة بالكغ / هكتار.

نوع التربة	% ، نسبة التجمعات الترابية	معامل التحبب	القطر المكافئ De	كمية الانجراف بالكغ/هك			
					0.25	0.5	1
تشرنزوم	20.8	2.9	6.9	100.4	5.8	14.7	
تشرنزوم كربوناتية	37.8	1.6	5.76	1300.7	11.1	24.9	
Eolain	100	-	0.22	183400.4	59.8	99.4	

والعلاقة الرياضية التالية تحدد مقدار انجراف التربة (E) بالطن / هكتار

$$E=0.2737(\sqrt{de_1/de})^{1.5973}$$

حيث إن: A نسبة التجمعات الترابية أقل من 1 مم في الطبقة السطحية.

de متوسط قطر المكافئ حبيبات التربة.

De₁ متوسط قطر الحبيبات القابلة للانجراف (أقل من 1 مم).

كما أن تناوب عمليات التجمد والذوبان والرطوبة والجفاف يؤدي إلى تكوين تجمعات ترابية جديدة عن طريق تقسيت الكدر الكبيرة لقشرة التربة السطحية، كما أن القوى الميكانيكية الناتجة عن عمليات الحراثة ومرور الآليات الزراعية الثقيلة ووطء حوافر الحيوانات الصغيرة مثل الغنم والماعز وكذلك الفعل الميكانيكي الناتج عن اصطدام حبيبات الغبار الواثبة بالتيار الريحي تؤدي إلى تحطيم التجمعات الكبيرة وتحويلها إلى تجمعات صغيرة سهلة الانجراف بالرياح، مما يزيد من عملية تحطيم بناء التربة جراء الحراثة عندما ما تكون التربة جافة مع استعمال المحاريث ويتوقف تأثير الحراثة على بناء التربة بالعوامل التالية:

- درجة رطوبة التربة.

- نوع المحراث المستخدم.

- سرعة وعدد مرات إجراء الحراثة.

كما يتعلق التركيب الحبيبي للتربة السطحية بالرطوبة الأرضية ويعبر عن هذه العلاقة:

$$Y = 2.14 X + 27.2$$

Y - نسبة الحبيبات المقاومة للانجراف > 1 مم

X - رطوبة التربة، %

إن زيادة درجة التحبيب في الطبقة السطحية للتربة يزيد من مقاومة التربة للانجراف الريحي.

1-2-المثانة الميكانيكية (ثباتية البناء) Structural Stability

نقصد بالمتانة الميكانيكية قوة ربط ذرات التربة بعضها البعض وهذا التماسك يتعلق بمجموعة عوامل أهمها:

- 1- التركيب الميكانيكي حيث إن زيادة نسبة الرمل والسلت تؤدي إلى نقص المتانة الميكانيكية للتجمعات الترابية وتعطي بذلك بناءً هشاً.
- 2- كمية الدبال ونوعية القواعد المدمصة على المعقد الغروي.
- 3- نسبة كربونات الكالسيوم في التربة.
- 4- نوعية الغرويات المعدنية ومحتوى التربة من الغضار.
- 5- نسبة الدبال إلى كربونات الكالسيوم في التربة.
- 6- نسبة $(Ca + Mg)$ إلى الطين وأن زيادة هذه النسبة يؤدي إلى ارتفاع القلوية وتأثير ذلك على درجة ذوبان المادة الدبالية وهجرتها من قطاع التربة إلى الأسفل والتأثير على درجة تماسك التربة والتحامها.

وقد وجد بأنه إذا كانت النسبة أقل 0.4 تكون عندها المتانة الميكانيكية أكبر من 1.8 كغ وبذلك تكون التربة مقاومة للانجراف الريحي.

ومن العوامل المحددة لثباتية البناء:

- محتوى التربة من الغضار.
- مجموعة السلت الخشن والمتوسط والرمل فهي تؤثر على المتانة تأثيراً سلبياً.
- نسبة $CaCO_3$ في التربة فإذا كانت أكبر من 4% فإنها تؤدي إلى إضعاف درجة التماسك وتدني مقاومة التربة للانجراف.

$$S = 34.7 + 0.9x_1 - 0.3x_2 - 0.4x_3$$

S - درجة التماسك، %

X_1 ، الغضار في التربة، %

X_2 ، السلت، %

X_3 ، الرمل ، %

وعندما تكون كمية الكربونات أكبر من 5% تعدل المعادلة السابقة على النحو

التالي:

$$S_k = S - (K - 4) \cdot 5$$

- درجة التماسك المعدلة، % S_k

- كربونات الكالسيوم في التربة، % K

وتعتمد المتانة الميكانيكية في تصنيف الأراضي المتدورة ومدى تعرضها للانجراف وهناك علاقة ارتباط بين درجة الانجراف ودرجة التماسك على النحو

التالي:

$$R = 100 - S$$

- درجة الانجراف، % R

- درجة التماسك، % S

وبذلك يمكن القول بأنه كلما تدنت درجة التماسك زادت درجة الانجراف والعكس صحيح.

3-1 نسبة الدبال إلى كربونات الكالسيوم ونوعية القواعد المتبادلة:

تتعلق شدة الانجراف الريحي بمقدار النسبة ما بين الدبال ونسبة CaCO_3 حيث إن لهذه النسبة أثراً كبيراً في تكوين التجمعات الترابية، وقد وجد بأنه كلما زادت هذه النسبة في طبقة التربة السطحية زادت مقاومة التربة للانجراف. وإن انخفاض نسبة الدبال إلى الكربونات تساعد على زيادة كمية التجمعات الترابية

الصغيرة والقابلة للانجراف (أقل من 0,25 مم) وإن هذا سوف يؤثر على درجة مقاومة التربة للانجراف.

وبحسب Dolgilovich، 1978 فإن الأتربة التي تبلغ فيها نسبة الدبال إلى الكربونات أقل من 17 تكون مقاومتها للانجراف جيدة في ظروف ترب التشننوزوم.

4-1- رطوبة التربة:

إن حبيبات التربة المشبعة بالرطوبة لاتزاح بالرياح لأن تلك الذرات تتمسّك بالأرض جيداً بواسطة قوى الجذب السطحي للغشاء المائي الذي يحيط بها وذلك بعد جفاف لتربة السطحية وخاصة في الترب الرملية تبدأ الحبيبات بالحركة في حال هبوب الرياح.

5- تملح التربة:

تشكل في الأراضي المالحة طبقة جافة وهشة على السطح وتكون سهلة الانجراف بالرياح.

6- الصخور الجيولوجية الأم:

تعد الروسوبيات الرباعية الحاوية على كميات كبيرة من اللوس والرمل من أكثر الروسوبيات تعرضاً للانجراف وهذه الصخور تتصف بأنها تحتوي في تركيبها على نسبة عالية من السلت الناعم (0.01-0.05 مم) والكربونات وهي ذات بناء غباري هش ومسامي ويتصف ببنفوذية عالية.

3-1-2- الخصائص المناخية:

تظهر التعرية الريحية بأشكال مختلفة وشادات متباعدة وذلك حسب طبيعة الخصائص المناخية السائدة في المنطقة ومن أهم عناصر المناخ المؤثرة في التعرية الريحية نذكر: الرياح، الأمطار، الحرارة وفعالية الإشعاع الشمسي.

يعتبر عنصر الرياح من العوامل الأساسية المحددة لإمكانية ظهور التعرية، وحتى ولو كانت بقية العوامل المناخية الأخرى مناسبة. وإن اتجاه وسرعة الرياح ودرجة إعصاريتها من أهم خصائص الرياح المحددة لظهور خطر التعرية. ومن العوامل المؤثرة في خصائص الرياح وجود اختلاف في التدرج العمودي للضغط الجوي وطبيعة تضاريس المنطقة.

ويرتبط ظهور العواصف الغبارية بعدم استقرار الظروف الهيدروحرارية للطقس. ويتميز الطقس المناسب لهبوب العواصف الترابية بالجفاف الشديد وتتوفر رياح بسرعات أكثر من 10 m/s وبدرجة إعصارية عالية وبضغط جوي منخفض.

تشكل الجبهة الغبارية في حال اندفاع هواء بارد نتيجة لوجود تيارات صاعدة في مقدمة الجبهة الباردة تجرف معها الغبار إلى طبقات الجو العليا.

بشكل عام نميز ثلاثة حالات للطقس في أثناء ظهور العواصف الغبارية:

-هبوب رياح شديدة نتيجة وجود تدرج كبير بالضغط الجوي بين مركزي الضغط المرتفع والمنخفض.

-تحرك جبهة باردة أو رياح عاصفة ترافق الغيوم الماطرة أو حدوث اضطراب عمودي في طبقات الهواء بسبب التيارات الهوائية الصاعدة والهابطة.

-عدم استقرار طبقات الجو في أثناء عملية تشكيل الغيوم الناتجة عن تيارات الهواء الصاعدة المشبعة ببخار الماء.

تأثير العامل الرطوي - الحراري للمناخ:

عادةً ما تكون درجة الحرارة أعلى من 20 درجة مئوية والرطوبة النسبية للاهطول أقل من 30%， ويؤدي معامل الجفاف دوراً كبيراً في ظهور العواصف الترابية ويحسب معامل الجفاف من تقسيم كمية الاهطول السنوي على كمية التبخر السنوي ويرمز له بـ K وتقسم المناخات من حيث إمكانية ظهور الانحراف الريحي بناءً على قيمة هذا المعامل:

- مناطق لا تظهر فيها التعرية الريحية ($k \geq 1$)
- مناطق ذات فعالية متوسطة ($k = 1 - 0.3$)
- إمكانية ظهور التعرية عالية جداً ($k \leq 0.3$)

وكلما كان المناخ قارياً وجافاً زادت إمكانية ظهور التعرية الريحية، لأن المناخ يؤثر على الغطاء النباتي الذي يعد عاملًا محدداً لشدة الانجراف.

$$K_{cl} = 34.483 v^3 / (p - E)^2$$

% - عامل المناخ، K_{cl}

V- متوسط سرعة الرياح الشهري على ارتفاع 9.15 م

(E) – دليل الهطول والتبخّر حسب علاقة (ثورنوait)

34.483 - ثابت لحساب عامل المناخ k_{cl} بالنسبة المئوية

وقد وجد أن هناك علاقة بين عامل المناخ ومقدار انجراف التربة وكثافة الغطاء

النباتي:

(E)	العامل المناخي، %	كثافة الغطاء النباتي بالطن/هكتار
90-45	1.8-1.4	100-6

وفي شمال كازاخستان استخدمت المعادلة التالية لحساب قيمة المعامل المناخي:

$$K_{cl} = v^3 / (60 + p - 0.1 \sum T)^2$$

- العامل المناخي K_{cl}

-0.1 $\sum T$ 0.1 وتساوي قيمة التبخر (E) عشر مجموع المتوسط اليومي لدرجة

الحرارة أكبر من 10 درجة

60- كمية التبخر الأعظمي خلال شهر أيار في شمال كازاخستان ويضاف هذا

الرقم إلى المقام من أجل الحصول على قيمة موجبة

(p - E) - الرطوبة الفعلية.

2-2- خصائص الرياح المؤثرة في تعرية التربة:

من أهم خصائص الرياح المؤثرة في عملية الانجراف الريحي:

سرعة الرياح، الاتجاه وشدة الاضطراب الريحي، وإن شدة التعرية ترتبط بعلاقة

طردية مع مكعب سرعة الرياح كما هو واضح من العلاقة التالية:

$$E = m \cdot v^2 / 2 = p \cdot s \cdot v^3 / 2$$

لأن: $m = p \cdot s \cdot v$

حيث إن:

- الطاقة الحركية للريح بالجول E

- سرعة الريح ، m/v

M- كتلة الريح، بالكغ

s - سماكة الريح، بالمتر

P- كثافة الريح ، غ/سم³

كما أوضح شبيل 1956 العلاقة بين كمية التربة المنقولة وسرعة الريح بالعلاقة الرياضية التالية:

$$Q = c \cdot p v^3/g$$

Q- كمية التربة المنقولة بالغرام / سم / ثانية أو بالكغ / م / ساعة

P- كثافة الهواء

g- الجاذبية الأرضية

V- سرعة الريح

C - ثابت يتعلق بنوع التربة من حيث:

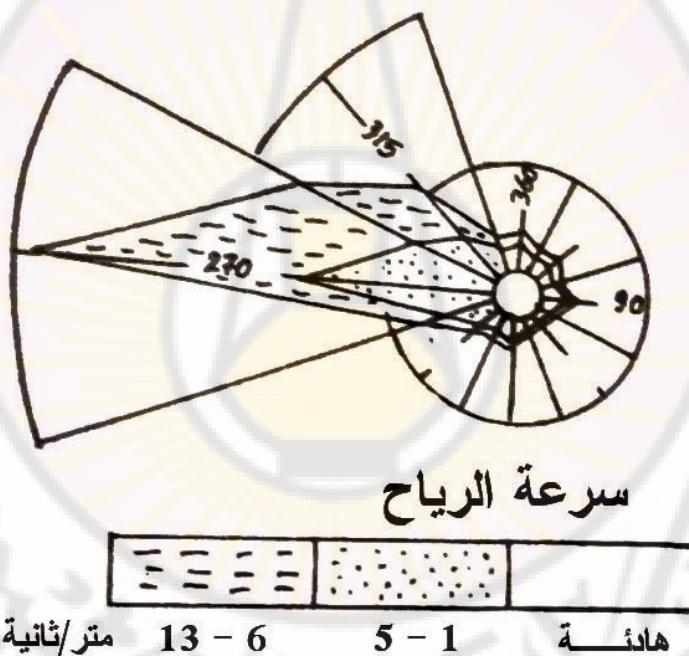
القوام الميكانيكي، التركيب الحبيبي، خشونة السطح، مساحة السطح المعرض للانجراف وعادة ما يكون قيمة هذا الثابت تتراوح بين 1-1.3 أما قيم كثافة الهواء والجاذبية ثابتة، ولشدة الاضطراب الريحي تأثير كبير في عملية الانجراف الريحي، حيث إن التيار الريحي لا يتالف من طبقة هواء متجانسة وذات حركة انسيابية بل يتالف من مجموعة من التيارات والدوامات الصاعدة والهابطة وإن نزع حبيبات التربة يمكن أن يحدث عندما تكون سرعة الرياح عالية، وفي حال هبوب الرياح بسرعة تزيد عن السرعة الحرجة فإن الهبات المقطعة تزيد من شدة التعرية الريحية.

وإن شدة اضطراب الهواء في الطبقة السطحية منه تتعاظم من جراء عدم التمايز العمودي لسرعة التيار الريحي. حيث تكون السرعة قريبة من الصفر في طبقة

اللامينار التي يبلغ سمكها 0.05 م و تزداد سرعة الريح كلما ابتعدنا عن سطح التربة.

تأثير اتجاه الرياح:

نستطيع تحديد اتجاه الرياح الفعالة من قياس عدد وردات الرياح wind roses خلال شهر أو سنة في الاتجاهات المختلفة بالنسبة لمحيط الدائرة في منطقة جغرافية معينة. (الشكل 6).



الشكل (6). وردات الرياح المحددة لاتجاه الرياح السائدة.

يمكن تحديد وردات الرياح خلال فترة زمنية معينة كالتالي:

حساب عدد مرات هبوب الرياح في اتجاه معين (غرباً أو شرقاً)

- حساب مجموع سرعة الرياح الفعالة
- حساب مجموع مكعب سرعات الرياح الفعالة

ولذلك فإن معرفة مجموع مكعب سرعات الرياح الفعالة في الاتجاهات المختلفة وخلال فترة زمنية معينة وفي منطقة جغرافية معينة يمكن أن تعطي فكرة واقعية عن مجموع القوى الحركية للرياح المطبقة على سطح التربة.

وإذا عرفنا مجموع مكعب السرعات الفعالة (أكبر من العتبة الحرجة) أصبح بإمكاننا معرفة توزيع القوى الناتجة من الرياح الفعالة بما يتوافق مع اتجاهات الرياح السائدة خلال زمن معين، لأن قوى الرياح المطبقة على سطح الأرض متناسبة طرداً مع مكعب السرعة التي أكبر من الحرجة. وفي الباذية السورية والتي هي من أكثر المناطق السورية تأثراً بالانحراف الريحي تسود الرياح الغربية والشمالية الغربية في الفصل الجاف (من أيار وحتى أيلول) في حين تسود الرياح الشرقية والغربية في فصل الشتاء ويزداد نشاط الرياح في الصيف أكثر منه في الشتاء وتبلغ سرعة الرياح السائدة في الصيف بحدود 6-13 م/ثا

3-1-3- الخصائص التضاريسية Relief

نقسم التضاريس من حيث الحجم إلى ثلاثة أنواع:

1- التضاريس الكبيرة macro-relief

وهي عبارة عن الكتل التضاريسية الكبيرة مثل الجبال والمرتفعات والفجوات التضاريسية والوديان والمنخفضات الكبيرة مثل: سلسلة الجبال الساحلية، وفجوة حمص ومنخفض الروج ووادي الفرات ولهذا النوع من التضاريس تأثير كبير في تغيير اتجاه وسرعة الرياح وحيث تكتسب الكتل الهوائية التي تمر من خلال الفجوات الجبلية سرعة إضافية نتيجة انضغاط التيار الهوائي أثناء عبوره، مثل الفجوات التضاريسية التي تتواجد بين الكتل الجبلية في الباذية السورية والتي

تغير اتجاه وسرعة الريح. وقد وجد أن التعرية الريحية في الجزء العلوي من السفوح الجبلية المواجهة للرياح تتضاعف بمقدار 8-10 مرات بالمقارنة مع الجزء السفلي منها. ويلاحظ في السهول المنخفضة (سهل الروج والغاب) وفي الوديان الواسعة والعميقة زيادة في سرعة الريح ودرجة اضطرابها وقدرتها الانجرافية.

تزداد سرعة الريح على السفوح المواجهة للرياح بمقدار 30% وبذلك تكون أكثر تعرضاً للانجراف من السفوح في الظل الريحي، حيث تنخفض سرعة الريح على السفوح وتشكل منطقة ترسيب وتراكم للغبار.

2-2- التضاريس المتوسطة :Miso-relief

تمثل الهضاب والسهول والمنخفضات البسيطة حيث تزداد سرعة الريح كلما ارتفعنا عن السطح وتكون سرعة الريح على قمم المرتفعات التي تزيد عن 2-3م أكبر بـ 1.5 مرة من سرعتها على الأراضي المنبسطة، وغالباً ما تبلغ السرعة الحرجة للرياح في المناطق العلوية من الهضاب وتظهر التعرية بصورة أشد بالمقارنة مع المناطق المنخفضة أو القريبة من مستوى الأرض.

3-3- التضاريس الصغيرة Micro-relief

تمثل التجاعيد البسيطة الناتجة من عمليات الحراثة وتكون الكدر وتشكيل ما يعرف بخشونة سطح الأرض، وكلما زادت الخشونة ضعفت سرعة الريح السطحية وقلت قدرتها على الجرف.

3-1-4- الغطاء النباتي vegetation cover

الغطاء النباتي هو عبارة عن الغابات الطبيعية والأشجار الحراجية والمراعي الطبيعية والأعشاب المعمرة والمحاصيل الحقلية المختلفة، وللقطاع النباتي أثر كبير في حماية التربة من تأثير الرياح ويظهر ذلك من خلال الآتي:

1- إضعاف سرعة الرياح في الطبقة السطحية.

2- امتصاص وتثقيف الرياح من الغبار.

3- تثبيت التربة وزيادة مقاومة سطح التربة لفعل الرياح بواسطة المجموع الجذري.

وتختلف قدرة النباتات على حفظ التربة من الانجراف حسب النوع والكثافة النباتية والتغطية وتختلف الأنواع المختلفة للقطاع النباتي من حيث دورها الواقي للتربة حسب التسلسل التنازلي التالي:

غابات طبيعية > أحراج > مراعي طبيعية > أعشاب معمرة > محاصيل حولية نجلية > محاصيل حقلية صناعية، وتؤدي نسبة التغطية بالأشجار الحرجية والمحاصيل المزروعة دوراً كبيراً في حماية التربة من الرياح، فمثلاً إذا بلغت نسبة التغطية الحراجية في منطقة ما 1% فإن المزروعات المتضررة بالرياح تبلغ 60% من المساحة المزروعة وبارتفاع نسبة التسجير الحرجي إلى 2% فإن أضرار المزروعات يتراوح إلى 33% وعندما تصل التغطية إلى 5% فإن التعرية الريحية لا تظهر في المنطقة. أما من حيث تأثير نوع المحصول في حفظ التربة فإن المحاصيل الحبوبية الشتوية أكثرها حماية للتربة من الانجراف أما محاصيل الذرة الصفراء وعباد الشمس والشوندر السكري فإن تغطيتها للتربة

في الظروف البعلية لا تتجاوز 12-27% ولذلك فإنها لا تؤمن حماية كافية لسطح التربة من الرياح، وتصنف تحت مجموعة المحاصيل ضعيفة القدرة على حماية التربة، أما محاصيل البقولية فهي تؤمن حماية عالية للتربة من الرياح، وإن أكبر ضياع للتربة يلاحظ على الأراضي البور السوداء في روسيا.

تعلق شدة انجراف التربة بالرياح بكثافة الغطاء النباتي الحي أو البقايا النباتية التي تغطي سطح التربة، ووجد بأنه إذا كانت الكثافة النباتية أكثر من 50% تكفي لحماية التربة من الرياح حتى ولو كانت رمالاً متحركة، كما أن احتواء التربة على بقايا نباتية بمقدار 7 طن/هكتار على السطح يكفي لحفظ التربة تماماً من الانجراف في الظروف العذراء الطبيعية، ولكن عملية كسر هذه الأراضي تؤدي إلى خفض كمية البقايا العضوية بمقدار ثلاثة أضعاف بعد 4-6 أعوام.

1944Chepil

2-3- العوامل الاقتصادية والاجتماعية (العامل البشري): Man-made

إن التعرية الريحية المتسارعة هي تحصيل حاصل للأنشطة البشرية الخاطئة في تعاملها مع الطبيعة، عن طريق استثمار الإنسان ما حوله من الموارد الطبيعية فقط الأشجار وربى الماشية وحرث التربة بقصد زراعتها بالمحاصيل المختلفة وهكذا بدأ الإنسان يتدخل في التوازن البيئي ويسرع من عمليات تدهور التربة ومن مظاهر التخريب البشري للبيئة:

1- إزالة وتدمير الغطاء النباتي للغابات بواسطة القطع وافتعال الحرائق وقد جاء في كتب التاريخ أن بلاد الشام كانت مشهورة بغابات الزيتون، ولكن الإنسان في أيام الحكم العثماني قطع مساحات كبيرة من الغابات بشكل جائر

لاستخدام أخشابها وقوداً للقطارات وقد تكرر الأمر نفسه لغابات المغرب العربي.

كما أن حاجة الإنسان إلى أخشاب الغابات في الصناعة والتندafia ساهم في تدمير الغابات، فمثلاً يحتاج استصدار جريدة نيويورك تايمز ليوم واحد حوالي 2900 م³ من الخشب المستخدم في صناعة الورق.

2- تدمير الغطاء العشبي للمراعي الطبيعية بالرعى الجائر وغياب برامج إدارة المراعي التي تنظم الرعي وبذلك تتعرى التربة من الغطاء الواقي وتعرضها للعوامل الجوية المباشرة ولحوافر الحيوانات الصغيرة (أغنام وماعزاً) يتدهور بناء التربة السطحية ويتحول إلى كتلة من الغبار الناعم يسهل انجرافه بالرياح. وبعد انجراف التربة تتحول إلى صخرة صماء عارية وعقيمة أو كتلة من الرمال السافية.

ومن الأسباب المباشرة للتصرّف اختفاء الغطاء النباتي وفقدان التوازن بين النبات والترابة

3- كسر أراضي المراعي الطبيعية واستخدام محاريث غير ملائمة للترابة في الأراضي الحساسة للانجراف الريحي.

4- سوء إدارة الأراضي بما يتاسب وطوابقها البيئية، فمثلاً لا يجوز استخدام أراضي المناطق الجافة التي أمطارها دون 150 م في زراعة الحبوب بل يجب أن تترك مراعي طبيعية، وكذلك يجب ألا تستغل الأراضي الخفيفة الرملية في زراعة المحاصيل الصناعية بل يجب أن تزرع بالأعشاب العلفية المعمرة.

5- غياب أساليب صيانة التربة في المناطق المعرضة للانجراف الريحي.

6- الاستعمال العشوائي للموارد المائية من حيث الكم والنوع والسبب بظهور الملوحة والقلوية.

لقد حقق استخدام المحاريث ثورة في مجال الزراعة في القرن الماضي، حيث كان ينظر إلى التربة بأنها مستودع كبير للعناصر الغذائية لا ينضب وأن مفتاح هذا يكمن في معالجة التربة ميكانيكيًا بواسطة المحاريث وأصبح المحراث يحتل مكانة مرموقة ولكن ما إن استعاد المحراث مكانته حتى دوت صرخة محذرة للجميع تقول إن الإفراط في حراثة التربة أمر مضر لأن بداية تدهور التربة وانجرافها مرتبطة بالمحراث.

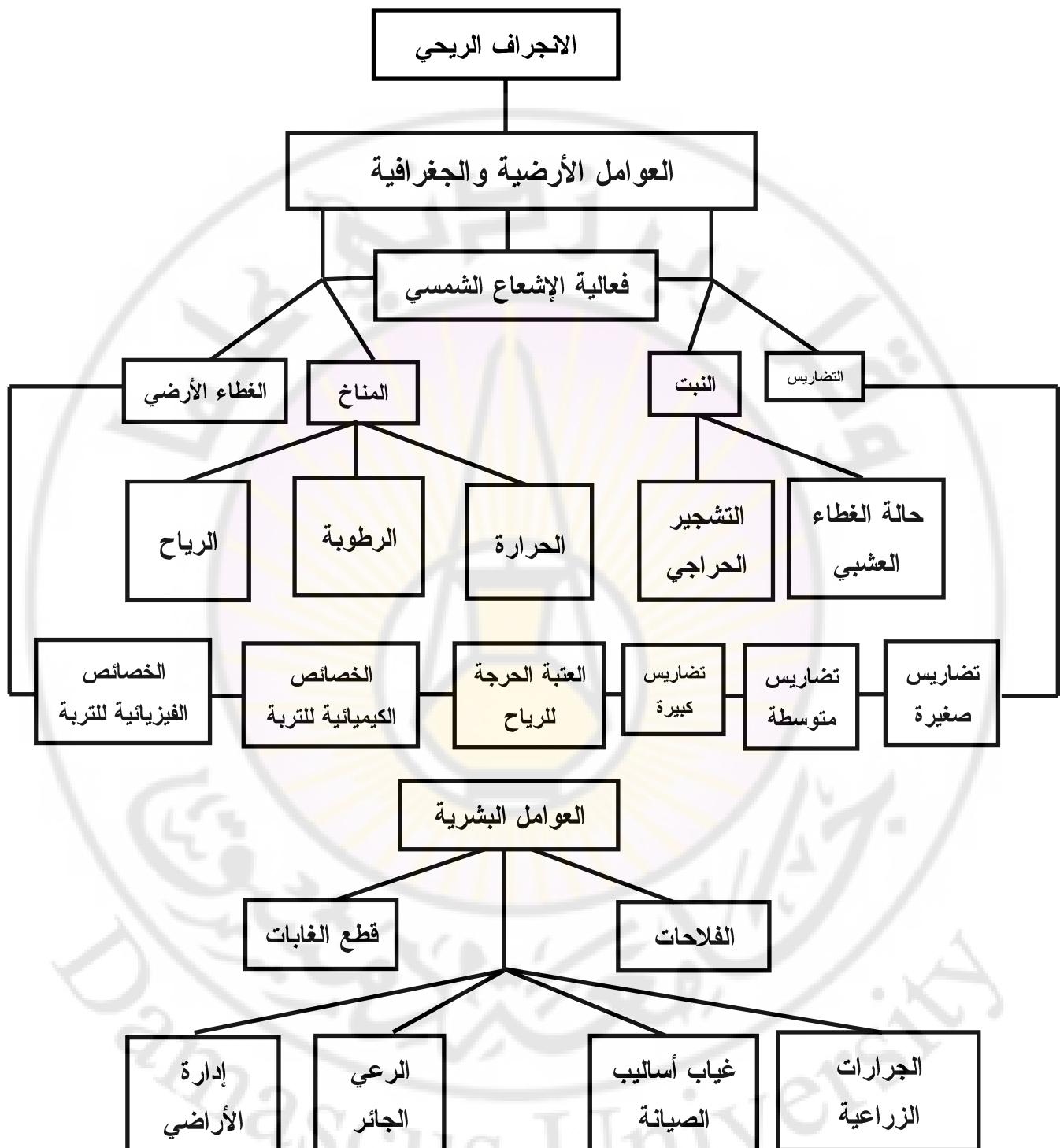
في سوريا نكرر أخطاء غيرنا من الشعوب التي وقعت بأخطاء في استعمال وإدارة الأراضي كما حدث في أمريكا في العشرينات من القرن العشرين وفي الاتحاد السوفيتي في الخمسينات من القرن. فمثلاً في أمريكا وبسبب حراثة أراضي السهول الجافة العذراء وزراعتها بالحبوب دون تطبيق لأية أساليب لصيانة التربة مما أدى لتدور الأرضي وظهور الانجراف الريحي في المنطقة. حيث اجتاحت أمريكا ولأول مرة عاصفة ترابية بتاريخ 20 أيار 1934 استطاعت أن تجرف خلال يوم واحد 300 مليون طن من الغبار من منطقة مساحتها 4 مليون هكتار في منطقة السهول العظمى، وذكرت التقارير بأن مساحة الأرضي المتدهورة في الثلاثينيات من القرن العشرين بلغت حوالي 20 مليون هكتار. وفي شمال كازاخستان السوفيتية نتيجة حراثة أراضي البوادي وزراعتها بالحبوب، في الخمسينات بدأت تظهر مشاكل تدور الأرضي

بالانجراف الريحي وتشكل العوائق الترابية مما استدعي إيفاد بعثة علمية برئاسة البروفسور بارييف إلى المنطقة لدراسة المشكلة ووضع الحلول، وتم التوصل في بداية السبعينيات من القرن الماضي إلى تطبيق مجموعة من النظم الزراعية الحافظة للأراضي؛ لأراضي شمال كازاخستان.

أما في سوريا فإن حراة الباية وإدخال الزراعة البعلية في السبعينيات من القرن الماضي ساهم في حرمان التربة من غطائها النباتي الطبيعي وببداية ظهور عمليات الانجراف الريحي مما أدى إلى زيادة نشاط العوائق الترابية المتزامنة مع تكرار موجات الجفاف وظهر هذا واضحاً في الأعوام 1984، 1987، 1991، 1999 و 2009 حيث تم تسجيل أكبر عدد من العوائق التي اجتاحت الباية السورية وأخر رصد للعواائق الترابية في الباية السورية كان في ربيع عام 2017.

بلغت مساحة الأراضي المفلوحة في الباية السورية 5 مليون دونم عام 1989 ووصلت إلى 10 مليون دونم في عام 1995 أي ما يعادل 10% من المساحة الكلية للباية السورية والبالغة حوالي 10 مليون هكتار (تقارير وزارة الزراعة السورية، 1989)

(الشكل 7) مخطط عام لأهم العوامل المساعدة في ظهور التعرية الريحية.



الشكل (7). مخطط عام لعوامل الاجراف الريحي.

3-3- الأضرار الناجمة عن الانجراف الريحي

تؤدي عمليات التعرية الريحية إلى تغييرات فيزيائية وكميائية وميكانيكية في خصائص الترب المتأثرة بالانجراف نتيجة فقدان الحبيبات الناعمة بالرياح ويمكن إجمال هذه الأضرار وبالتالي:

1- تدهور بناء التربة:

تتعرض الترب المتأثرة بالتعرية الريحية إلى تغييرات ملموسة في تركيبها الحبيبي حيث تتفكك التجمعات الترابية الكبيرة إلى وحدات أصغر قابلة للانجراف تزداد نسبتها بمقدار 2-3 مرات مقارنة بنسبتها في الأراضي غير المتأثرة. (الجدول 5).

الجدول (5). يبين نسب التجمعات الترابية بالمليمتر في الترب المتأثرة بالانجراف الريحي

(عسكر، 2010)

الموقع	< 1 مم	0.5-1	0.5-0.25	0.1-0.25	> 0.1%	التحبب %
غير متعرية	43.3	27.7	12.5	13.5	6.8	43.3
متعرية-المالحة	28.3	19.3	14.6	19	12	28.25

2- تحول في التركيب الميكانيكي:

إن تعرض الترب الخفيفة السليمة للانجراف الانتخابي تؤدي مع الزمن إلى التحول إلى القوام الرملي الخشن نتيجة لانجراف مجموعة السلت الناعم والغضار وتبقى مجموعة الرمل الخشن. (الجدول 6).

**الجدول (6). يبين الخصائص الكيماوية والميكانيكية للتراب المتأثرة بالانجراف الريحي
في البادية (جبل البشري)**

قوام التربة %				العناصر الغذائية المتاحة p.p.m			دبال %	CaCO ₃ %	الموقع
طين	سلت	رمل	N	P	K				
20	30	50	15	12.5	496.5	2.21	30.3	الدربيولية	
3	13	84	38	7	262	0.116	21.25	عضمان (متعرية)	

3- فقدان العناصر الغذائية

يرافق انجراف حبيبات التربة الناعمة (> 0.01 مم) والمادة الدبالية بالرياح إفقار الترب بالعناصر الغذائية اللازمة لنمو النبات (NPK) وقد وجد (عسكر، 1982 و 2006) أن هناك فقداً كبيراً في كميات الفسفور والبوتاسيوم المتاحين من طبقة الحراثة للتراب المتأثرة بالانجراف الريحي وبالمقابل وجد في الغبار المحمول بالرياح من هذه الأراضي زيادة ملحوظة في كمية العناصر الغذائية بمقدار 20% بالمقارنة مع كمياتها في الأراضي الأصلية. (الجدول 6)

4- تدهور الخصائص الفيزيائية والمائية:

يلاحظ انخفاض في كمية الغرويات وكمية القواعد المتبادلة وتغيير في بنية المواد الدبالية، وقد وجدنا أن التعرية الريحية تؤدي إلى تدهور الخصائص المائية والفيزيائية الهامة، حيث تتخفض قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء بمقدار مرتين ويقل مقدار الرطوبة المتاحة للنبات، أضف إلى ذلك زيادة قيمة الكثافة

الظاهرة والحقيقة وانخفاض المسامية الكلية للتربة المتأثرة بالرياح. (عسکر، 1982).

5- الفقد الكمي للتربة:

تؤدي التعرية الريحية إلى اضمحلال قطاع التربة نتيجة الكشط المستمر للافاقي السطحية بالرياح. وقد وجدها بأن الأرضي الكستنائية في جنوب أوكرانيا المزروعة بعلاء فقدت حوالي 50 سم من قطاعها خلال 50 سنة. وإن فقدان واحد سنتيمتر من التربة بالرياح يعادل ضياع 3.3 طن/هكتار مادة دبالية و 6.11 كغ أزوت معدني، 1.63 كغ فسفور متاح و 68 كغ بوتاسيوم من الهكتار الواحد. كما سجلت بعض الحالات في الباذية السورية التي انجرفت فيها طبقة الفلاحة بالكامل وظهور الأفق الجبسي على السطح (عسکر، 1991).

6- انخفاض القدرة الإنتاجية الزراعية:

نتيجة لتدحرج خصوبة التربة وتراجع قدرتها على إنتاج المحاصيل الزراعية ويقدر هذا الانخفاض في غلة المحاصيل بمقدار 30-100% على الأرضي المتأثر بالانجراف الريحي.

7- زيادة وعورة سطح التربة وظهور التضاريس الرملية:

إن زيادة نسبة الرمل في التربة السطحية نتيجة التعرية وعمليات السفي تؤدي إلى أن تبدأ الرمال بالتراكم على السطح مشكلة الأكمات والأسنة الرملية وتشويه سطح التربة وزيادة وعورتها وخروجها من الاستثمار الزراعي وهيمنة عمليات التصحر عليها.

8- الأضرار الصحية والنفسية:

إن هبوب العواصف الغبارية تسبب مضاعفات نفسية وصحية لكافة المناطق المتضررة مسببة حالات اختناق لدى مرضى الربو والتحسّن القصبي ومن أكثر ذرات الغبار ضرراً على الصحة العامة الجزيئات ذات الأقطار أقل من 15 ميكرون، حيث تستقر في الشعب الرئوية مسببة الحساسية.

9- عرقلة الملاحة الجوية: وتوقف الحركة المرورية على الطرق العامة: نتيجة انخفاض مدى الرؤيا أثناء العاصفة والتعرض للحوادث المؤسفة.

4-3 طرائق قياس الانجراف الريحي

تقسم طرائق تقدير أو قياس فقد الكمّي للتربة بالرياح إلى قسمين:

أ- القياسات الحقلية المباشرة.

ب- التقدير بالمعادلات الرياضية التجريبية.

1- القياسات الحقلية:

يتم تنفيذها بالقياس المباشر حقلياً بهدف معرفة كمية التربة المفقودة بالرياح مقدرة بوحدة الوزن على أساس وحدة المساحة خلال فترة زمنية معينة، أو تعتمد على قياس مقدار تغير سماكة قطاع التربة بالمقارنة مع تربة عذراء.

الطرائق الحقلية المتبعة في القياس الحقلى:

1- مصائد التربة:

المصائد الأرضية: وهي عبارة عن صناديق معدنية أو خشبية بأشكال مختلفة مقطعها مستطيل أو مثلثي أو نصف أسطواني بعمق 20 سم وطول 100 سم وعرض 20 سم تغرس في التربة حتى مستوى الجهة المفتوحة وبشكل عمودي

على اتجاه الرياح وتترك لفترة وبعدها تؤخذ القراءة على أساس غ/مساحة الجهة المفتوحة من المصيدة الأرضية وتعادل 0.2 م^2 ثم تحول إلى دونم أو هكتار خلال زمن معين. (الشكل 8).

- المصائد المعلقة :Dust traps

وتوجد منها عدة موديلات حسب منشأ الصنع فمنها الأمريكية والروسية والإيطالية وجميعها تعتمد على مبدأ واحد ولكن تختلف فيما بينها من حيث الحجم وفتحة استقبال الغبار أو بعدد المصائد المتوضعة فيها ونذكر منها النموذج الأمريكي BSNE وجهاز BAGNOLD ومن النماذج الروسية Znaminski و Gudanuv

- جهاز Big spring number eight (BSNE)

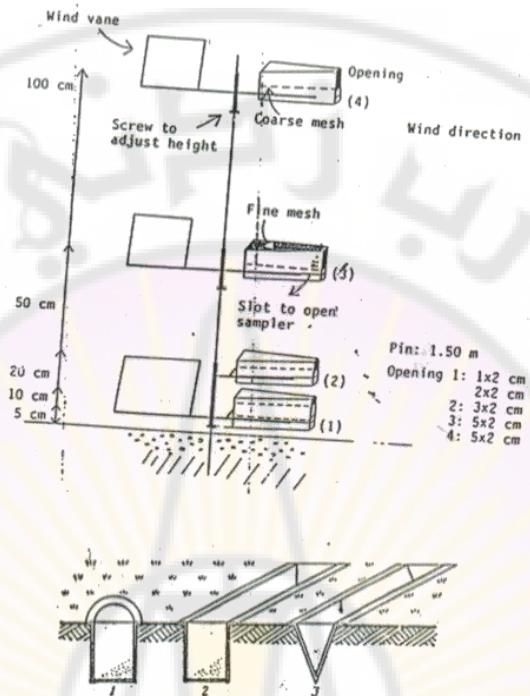
ويتألف من عمود معدني يغرس في الأرض ارتفاعه 200 سم تنصب عليه عدة حوامل ودفات توجيه تحمل عليه عدة مصائد على ارتفاعات مختلفة 10 سم، 40، 75، 100، و 150 سم وتكون فتحات المصائد من 1×2 سم إلى 5×2 سم (الصورة 4)



الصورة (4). تبين جهاز تكساس (BSNE) في الحقل أثناء القياس.

Fryrear, 1985 اعتمدت منهجية لقياس الانجراف الريحي باستخدام جهاز Big spring Number Eight (BSNE) وتصب في كل موقع خمسة أجهزة بشكل دائري (في الاتجاهات الأربع وخامس في مركز الدائرة) ويختار في كل منطقة موقعين الأول (مراعي طبيعية) والثاني أراضي فلاحات بعلية أو مراعي متدهورة ويكون مجموع المناطق الخاضعة للدراسة سبعة وعدد المواقع 14/ موقعاً.

يتكون كل جهاز من قاعدة تثبيت وحامل معدني تثبت عليه حوامل المصائد مع دفات ي تكون كل جهاز التوجيه وهي متحركة حسب تغير اتجاه الريح وتثبت



الشكل (8). مخطط يبين مكونات جهاز BSNE لقياس الانجراف الريحي.

المصائد على ارتفاعات مختلفة حسب خصائص التيار الرملي أو الغباري والارتفاعات المعتمدة في القياسات هي:

(0-10) سم، (10-40) سم، (40-75) سم، (75-100) سم، (100-150) سم.

أما فتحات استقبال الغبار في المصائد فهي اعتباراً من الأسفل (الشكل رقم 8):

(2×1) سم، (2×2) سم، (3×2) سم، (4×2) سم، (5×2) سم.

تؤخذ العينات من الحقل حسب نشاط الانجراف الريحي في المنطقة، قد تكون مرة في الشهر أو عدة مرات في الشهر.

والعينات الترابية الملقطة من المصائد توضع في أكياس نايلون وتنقل إلى المخبر وتخضع لعمليات الوزن ونتائج الوزن تسجل من استمرارات خاصة بالأجهزة المستخدمة.

و النتائج النهائية للترابة الملقطة في المصائد على ارتفاعات مختلفة تحسب على أساس (غ/سم²) ثم تدخل إلى برنامج حاسوبي خاص بالانجراف الريحي للحصول على كمية التربة المنجرفة بالكغ/100م خلال فترة زمنية معينة على

أساس العلاقة المعدلة Van Donk skidmore 2001

$$y = a(x+1)^b \quad /1$$

y : كمية التربة الملقطة غ/سم² من المصيدة

x: ارتفاع المصيدة ب سم.

Fitting parameters a , b

ولحساب كامل التربة المنجرفة على كامل ارتفاع المصائد المثبتة في الجهاز

يجرى تكامل للمعادلة رقم (1) من الارتفاع 10-150 سم على النحو التالي:

$$Q = \int_{10}^{150} y(x) dx = \frac{a}{b} + 1 [(150)^{b-1} - (10)^{b+1}]$$

حيث إن Q كمية التربة المنجرفة بـغ/سم أو كـغ/على جبهة عرضها 100م.

- جهاز Bagnold :

وهو عبارة عن صفيحة مجوفة عرض الفتحة فيها 1 سم لدخول الغبار وطولها 75 سم يوجد في أسفلها خزان لتجمیع الغبار والرمال، تنصب في التربة بشكل عمودي على اتجاه الرياح وتستخدم لقياس مدى التشبع الأعظمي وكفاءة إجراءات تثبيت الرمال وكذلك لتقييم شدة الانجراف الريحي. (الصورة 5)



الصورة (5). تبين جهاز باغنولد أثناء تنصيبه في الحقل.

جهاز غودانوف: وهو عبارة عن أسطوانة تدور حول محور ثابت وتحتوي الأسطوانة على فتحة لدخول الغبار طولها 15 سم وعرضها 3 سم يقابلها من الجهة المعاكسة فتحة لخروج الهواء أبعادها 138 × 138 سم مغلقة بشبك معدني يسمح بخروج الهواء ولا يسمح بخروج الغبار. ويوجد على الأسطوانة دفة لتوجيه الأسطوانة حسب تغير الرياح وفي أسفل الأسطوانة يوجد خزان لتجميع الغبار والرمال المحجوزة في الأسطوانة.

تؤخذ العينات من الجهاز بعد كل فترة زمنية وتوزن وتحسب بالكتن/100م أو على أساس مساحة فتحة الجهاز وتحول على أساس وحدة المساحة بالهكتار بالطن في وحدة الزمن يوم، شهر، سنة.

ولقد وجد كل من باغنوولد وشيبيل وشياتي أن أقصى كمية من الغبار المحجوز في جهاز باغنوولد في طبقة الهواء 0-75 سم وعلى جبهة عرضها 1 سم عند سرعة رياح 18.5 م/ث على ارتفاع 2 م تبلغ 3.62 كغ/سم^2 وهي قيمة درجة التشبع الأعظمي للرياح بالغبار.

3- استخدام مسطرة رير:

وهي عبارة عن مسطرة معدنية طولها 30 سم وقطرها 3 مم مدرجة من المنتصف وتبدأ بالصفر وحتى +15 سم للأعلى وإلى -15 سم للأسفل وكل سم مقسم إلى ميليمترات يغرس في التربة عند مستوى الصفر وتوزع هذه المسطرة في المنطقة المراد تقدير فقد التربة وبأعداد كافية تغطي كامل الأرض ونراقب تغييرات تدريجات المساطر في المنطقة، فإذا كان هناك جرف نلاحظ انخفاض سطح التربة وظهور التدريجات السالبة وإذا كان هناك تراكم نلاحظ التدريجات الموجبة وبحيث أن كل انخفاض أو ارتفاع يسجل بالمليметр، علماً أن كل واحد ميليمر يعادل 10 طن هكتار

ت-الطائق الحسابية والتجريبية:

1- حساب فقد التربة استناداً إلى درجة التشبع الأعظمي ومدى التشبع الأعظمي:

العلاقة بين مدى التشبع الأعظمي ونوع التربة من حيث القوام

قيمة مدى التشبع الأعظمي	نوع التربة
2000	طينية
1000	طينية متوسطة
500	طمية خفيفة
250	رمادية

ويمكن حساب فقد التربة بهذه الطريقة ضمن الشروط التالية:

- 1- أن تكون شدة التيار الريحي متماثلة أثناء العاصفة.
- 2- أن تكون كمية الغبار متماثلة على كامل الأرض المدروسة.
- 3- أن يشمل الانجراف كامل الأرض المدروسة.
- 4- أن تكون التضاريس متماثلة في المنطقة.

خطوات حساب فقد التربة:

- 1- معرفة التركيب الميكانيكي لتحديد قيمة مدى التشبع الأعظمي.
- 2- مساحة الأرض الكلية المعروضة للانجراف بالهكتار.
- 3- متوسط سرعة الرياح أثناء العاصفة م/ثا.
- 4- عدد ساعات الهبوب الفعالة لفترة القياس.
- 5- معرفة متوسط طول وعرض الحقول بالمتر.

وتجري العملية الحسابية على النحو التالي بعد معرفة كل المعلومات المطلوبة:

- 1- حساب مقدار فقد التربة بالكغ/سا من الحقل الواحد.

$$Q = (3.62 \times b \times l) / a \times 100$$

حيث إن a مدى التشبع.

- 2- حساب فقد التربة من الحقل الواحد خلال عام

$$Q_2 = Q_1 \cdot t$$

- 3- تصحيح مقدار فقد على أساس سرعة الرياح أثناء العاصفة

$$Q_3 = Q_2 (Vm)^3 / (18.5)^3$$

- 4- تعدل على أساس وحدة المساحة / هكتار/

$$Q_4 = Q_3 / 10000$$

5- الفقد الكلي بالطن / سنة

$$Q_5 = 0.00125 Q_4 \cdot S_4 / S_5$$

- معامل تحويل من الكغ إلى الطن وعلى أساس أن التيار الريحي الغباري 0-75 سم يحتوي على 80 % من التربة المنجرفة.

معادلة shepil & Woodruff, 1977

لحساب كمية التربة المنجرفة بال العاصفة الغبارية في المتر المكعب من الهواء من خلال مدى الرؤيا أثناء العاصفة:

$$C = 56 \cdot 10^3 / V^{1.25}$$

C - كثافة الغبار في الهواء أثناء العاصفة بالميكروغرام / م² في عمود ارتفاعه 2 م من سطح الأرض

V - مدى الرؤيا بالكم أثناء العاصفة

الفصل الرابع

أساليب صيانة التربة من التعرية الريحية

١- المقدمة:

نتيجة التجارب العالمية المتراكمة في مجال صيانة التربة فإن هناك أساليب كثيرة ومتعددة ولكن لا توجد طرائق مناسبة في قوالب جاهزة لكل الحالات وفي مختلف الظروف البيئية والأرضية ولذلك فإن رجل صيانة الأراضي الناجح هو الذي يختار الأسلوب الملائم للحالة التي هو بصدده معالجتها، ومع ذلك فإن هناك أساساً علمية ثابتة ترتكز عليها جميع أساليب صيانة التربة وتتلخص بالآتي:

١- العمل على تخفيف سرعة الرياح بالقرب من سطح التربة إلى مادون العتبة الحرجة للرياح. باتباع الآتي:

- الزراعة الشرائطية

- الأسیجة النباتية الضيقة

- تنفيذ نظام الأحزمة الحراجية الشاملة

٢- رفع درجة مقاومة التربة للتعرية الريحية عن طريق:

- تحسين درجة التحبب وثباتية البناء عن طريق:

١- زيادة خشونة سطح التربة.

٢- اتباع الحراثات غير القلابة والمحافظة على مخلفات المحصول.

٣- رش التربة بالمستحلبات الكيميائية المساعدة على التحبب مثل البوليمرات (لاتكس، بيتروسيت) والمعملات الغروية الغضاروية مثل (نيروزين، والبنتونيت) وترش بكميات 60-120 كغ / هكتار

4-2- النظم الزراعية الحافظة للترابة من التعرية الريحية:

يمكن تحديد الأساليب المناسبة لحماية التربة من التعرية الريحية اعتماداً على معرفة الظروف المناخية والأرضية والتضاريس والنبت الطبيعي وشدة التعرية ونوعية الاستثمار الزراعي؛ فمثلاً يؤثر المناخ وخاصة كمية الأمطار على ماهية الدورة الزراعية من حيث نوعية المحاصيل الداخلة والمساحة التي يشغلها كل محصول وتعاقب المحاصيل في الدورة الزراعية.

كما يؤثر المناخ على الأحزمة الحرارية ونوعية الأشجار الداخلة فيها.

أهم النظم الزراعية الحافظة للترابة من الرياح

4-2-1- تكنولوجيا الزراعة الحافظة:

وتعتمد هذه التكنولوجيا على الإقلاع عن الحراثات التقليدية باستخدام المحراث القرصي والمطري والمطرحي والاعتماد على المحاريث الحديثة دون العبث بالترابة.

ونقسم هذه التكنولوجيا إلى قسمين حسب نوع الحراثة:

1-1- تكنولوجيا الحراثة غير القلابة Non-plow tillage

ويتم تنفيذ الحراثات غير القلابة للترابة بواسطة مجموعة من المحاريث سلاحه سكين على شكل سهم وأفقي على سطح الأرض.

وهي منظومة من المحاريث تبدأ بـ:

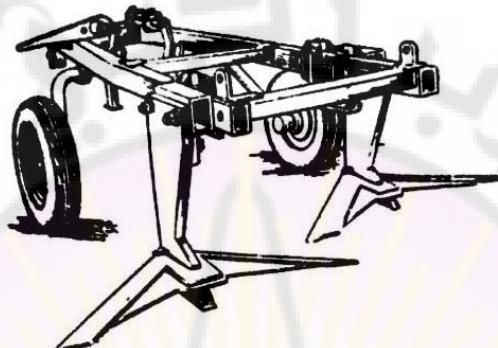
1- محراث التربة السطحي غير القلاب Roster

Blade- deep cultivator -250

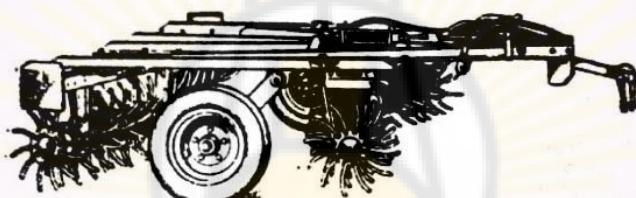
يقوم هذا المحراث على حراثة التربة على عمق 20-22 سم دون قلب الطبقية السطحية ويحافظ على مخلفات المحصول دون طمرها في التربة ويتبع في تنفيذ

الحراثة الأساسية بعد الحصاد مباشرةً ويساهم في حفظ الرطوبة الأرضية صيفاً.

(الشكل 9)



الشكل 9. محراث التربة غير القلاب ذو المقطع الأفقي.



الشكل 10. محراث المهداد (العزيز).

- كالتيفتور رجل البطة antierosion –cultivator

يستخدم هذا المحراث في تهيئة التربة للزراعة للأراضي الخفيفة الحساسة للانجراف الريحي وحراثة أراضي البور للتخلص من الأعشاب الضارة وتنفذ حراثة على عمق 8-12 سم وتدعى الحراثة التي ينفذها بحراثة الحد الأدنى

Minimum tillage

- محراث العزيق Soil spiker

يستخدم في تنفيذ حراثة المهداد بعد الحراثة الأساسية ويقوم بخلط مخلفات الحصيدة مع التربة السطحية وتكون طبقة المهداد وتدعى بحراثة المهداد Mulch

tillage وهذه الطبقة تشكل طبقة عازلة تحمي التربة من المؤثرات الخارجية.
 (الشكل 10).

4- البذارات متعددة الأغراض:

تقوم هذه البذارات بتنفيذ جميع العمليات الزراعية من حراثة وتخطيط وبذر وإضافة سماد وتغطية دفعه واحدة وفي أن واحد بهدف تقليل الأثر الميكانيكي للعمليات الزراعية على بناء التربة والمحافظة على نسبة درجة التحبب عند الحدم المسماوح بها 50-60% في الطبقة السطحية.

ينصح بالاكتفاء بالحراثة السطحية غير القلابة بالمحراث من النوع كالتيفاتور رجل البطة Non moldboardminimum cultivation على عمق 12-10 سم على الأراضي الخفيفة المعرضة لانجراف الريحي.

إن شدة الانجراف الريحي تتراجع كلما زادت التغطية النباتية وتحسن درجة تحبب التربة. وهناك علاقة وثيقة بين كثافة عيدان الحصيدة ودرجة التحبب ودرجة مقاومة التربة للانجراف الريحي وقد وجد العالم برايف 1975 هذه العلاقة كما هو في (الجدول 7):

الجدول (7). يبين العلاقة بين درجة التحبب وكثافة عيدان الحصيدة.

درجة التحبب في الطبقة 0-5 سم، %				حالة عيدان الحصيدة
20	30	40	50	
300	200-150	150-100	75	قائمة
300	250	200	100	مفروشة

وتوثر خشونة سطح الأرض على حركة الرياح في الطبقة السطحية وتكون سرعة الرياح على ارتفاع 0-15 سم من أرض الحصيدة أقل من 40% منه على سطح البور السوداء (تشرنزوم).

مزايا تكنولوجيا الحراثة الحافظة:

- 1- اقتصادية من حيث التوفير في استهلاك المحروقات لوحدة المساحة من 3-4 كغ /مازوت لحراثة الهاكتار في حال الحراثة التقليدية إلى 1 كغ مازوت/هاكتار في حال الحراثة الحافظة.
- 2- يسمح بالمحافظة على 85% من مخلفات المحصول.
- 3- خفض سرعة الرياح في الطبقة السطحية والتقليل من تعريمة التربة.
- 4- زيادة نسبة المادة العضوية.
- 5- تحسين ظروف الرطوبة الأرضية ومكافحة الجفاف.
- 6- التقليل من الفعل الميكانيكي والمحافظة على ثباتية البناء.
- 7- زيادة خشونة سطح التربة.
- 8- زيادة إنتاجية المحاصيل المزروعة.

1-2- تكنولوجيا الحراثة الصفرية No-Till (الزراعة بدون حرث)

وهي أول مرحلة من مراحل تنفيذ نظام الزراعة الحافظة وتبدأ باستخدام بذارات خاصة تنفذ عملية البذر والسماد دون حراثة التربة بإحداث شق في التربة وطمره بعد البذر وتدعى هذه البذارات بـ Zero tillage

ومنها أنواع متنوعة حسب المنشأ و بلد الصنع ذكر منها: الأمريكية Green plain والبرازيلية Amazon والإيطالية Baldan وتقوم هذه البذارات بتنفيذ عملية الزراعة على الجلد أو حتى بوجود الحصيدة مباشرة.

والزراعة الحافظة هي عبارة عن عدد من العمليات الزراعية التي تطبق على التربة الزراعية والتي تؤدي إلى تبديل وتحسين مكوناتها وتنوعها الحيوي الطبيعي بقدر الإمكان وحمياتها من عمليات التدهور وتعد الزراعة بدون حرث أو تقليل الحراثة إلى الحد الأدنى دون قلب التربة من أهم وأولى العمليات الزراعية في نظام الزراعة الحافظة.

ويتطلب هذا النظام لضمان نجاحه القيام بتنفيذ العمليات الزراعية:

- (1) إدارة مخلفات المحاصيل بشكل مناسب.
- (2) تطبيق الدورة الزراعية المناسبة.
- (3) التسميد المتوازن.
- (4) مكافحة الأعشاب الضارة.

(5) تطبيق برامج المكافحة للآفات الزراعية.

وهناك مجموعة من الحراثات الطارئة والمستعجلة تطبق أحياناً بشكل طارئ في حال تعرض التربة للاجراف بشكل مفاجئ من هذه الحراثات ذكر:

1- حراثة الطوارئ : Emergency tillage

تنفذ على الأراضي القليلة عند مستوى رطوبى معين وهى ذات فعالية عالية ولكنها تحمى التربة مؤقتاً. وتعمل على تكوين طبقة سطحية خشنة من الكدر مقاومة لفعل الرياح.

2- حراثة الإنقاذ :Safety tillage

تنفذ على مستوى أوسع من حراثة الطوارئ وتطبق على الأراضي متوسطة القوام المعرضة للانجراف وبواسطة حراث الأثalam lister وعندما تكون نسبة الرطوبة عالية في التربة.

إن الهدف من الانتقال من الزراعة التقليدية إلى الزراعة الحافظة هو عدم العبث بالترابة أو قلبها والمحافظة على بقايا المحاصيل وعدم طمرها وتكون طبقة المهداد لزيادة خشونة سطح التربة وتقليل سرعة الرياح في الطبقة القريبة من سطح التربة لحمايتها من التعرية.

4-2-2- العمليات الزراعية الحافظة للتربة.

وهي عبارة عن مجموعة من العمليات الزراعية الغاية من تطبيقها المساهمة في صيانة التربة من الانجراف الريحي:

1-2- الدورات الزراعية:

تعد الدورة الزراعية من الوسائل الفعالة في صيانة التربة من الانجراف الريحي في المناطق المعرضة لفعل الرياح ويجب أن يؤخذ بالحسبان عند تصميم الدورة الزراعية الأمور التالية:

- 1- اختيار نوع المحاصيل الداخلة في الدورة الزراعية.
- 2- تحديد تعاقب المحاصيل في الدورة الزراعية.
- 3- تحديد مدة الدورة الزراعية.
- 4- اختيار المحاصيل الملائمة مناخياً وأرضياً ومقاومة لفعل الرياح.
- 5- النسبة التي يشغلها كل محصول في الدورة الزراعية من المساحة الكلية.

6- أن تؤمن الدورة تغطية كافية وجيدة في فترة هبوب الرياح المسيبة للانجراف.

7- إدخال المحاصيل الحافظة والمحسنة لخصوصية التربة.

4-2-3- تصنیف المحاصیل الزراعیة حسب درجة حمايتها للتربة:

1- محاصيل منهكة للتربة.

وهي المحاصيل التي تؤدي زراعتها إلى هدم المادة العضوية وإفقار التربة بالعناصر الغذائية وعدم حماية التربة من الرياح في المراحل الأولى من النمو ونذكر منها: القطن والذرة الصفراء، التبغ والبطاطا وفستق العبيد. كما أن الأشجار المثمرة تعد من المحاصيل منهكة للتربة.

2- المحاصيل الحافظة للتربة:

هي المحاصيل التي تزرع بشكل كثيف وتبقى فترة طويلة في الأرض وتقلل من فرص تعرض التربة للرياح ومن هذه المحاصيل النجيليات العلفية والفصة والنفل.

3- محاصيل التغطية:

هي المحاصيل التي تزود التربة بالمخلفات النباتية بكميات كبيرة وتغني التربة بالمادة العضوية وتحمي التربة من التعرية ونذكر من هذه المحاصيل: القمح والشعير وال Shawfwan والحمص والترمس.

4- المحاصيل المحسنة للتربة:

وتعمل هذه المحاصيل على حفظ التربة وتجديدها وتحسين خصوبتها عن طريق زيادة المادة العضوية ومن هذه المحاصيل نذكر البقوليات، ومن الدورات

الحافظة للترابة وعلى الترب الخفيفة المعرضة للتعرية نذكر الدورات العشرية والتي تشمل على محاصيل بقولية وأعشاب معمرة وتشغل الحقول البور 20-25%. وبحيث يزرع القمح لمدة عامين وتترك بوراً في السنة الثالثة ثم تزرع أعشاب معمرة لمدة خمس سنوات متتالية وبعدها تزرع بالقمح لمدة عامين متتاليين. وفي شمال كازاخستان تتفذ الدورة الزراعية على الشكل التالي:

تنفذ الدورة على شكل حقول شرائطية بطول 2000م وعرض يتراوح 75-150م وعلى شكل شرائح متعمدة على اتجاه الرياح السائدة وترتبط كثافة ونوعية المحاصيل بقوام التربة، فعادة تتوزع النسب على النحو التالي: 10% بور 50% أعشاب معمرة و 40% قمح وفي حالة القوام التقليل ترتفع نسبة الأقماح لتصل إلى 60% أو أكثر وتخفض نسبة الأعشاب المعمرة إلى 20-20% أما مساحة لأراضي البور فترتفع إلى 15-20%. وتبلغ مساحة الحقل الواحد في هذه الدورة 20% من المساحة الكلية وتشغل المساحة المزروعة بالقمح 60% وبالشعير 20% والبور 20%.

2-2- الزراعة الشرائطية :**Strip farming**

تنفذ الزراعة الشرائطية على خلفية الحراثات الحافظة كأسلوب لصيانة التربة من الانجراف الريحي وتنفذ على الشكل التالي:

- 1- تنظم الحقول البور أو المشغولة بالمحاصيل الحساسة للانجراف الريحي (قطن، ذرة صفراء) بالتناوب مع شرائح مزروعة بالحبوب ويكون اتجاه الحقول عمودياً على اتجاه الرياح السائدة.

2- تناوب شرائط الحقول المشغولة بالمحاصيل الحولية أو البور مع شرائط الحقول المزروعة بالأعشاب المعمرة على الأراضي خفيفة القوام.

يعتمد المبدأ العلمي لهذا التطبيق أساساً على طبيعة عملية تشعب التيار الغباري والعوامل المؤثرة على درجة التشعب الأعظمي ومدى هذا التشعب مثل:

- 1- مساحة الأرضي المعرضة للانجراف.
- 2- سرعة الرياح وإعصاريتها.
- 3- القوام وبناء التربة.
- 4- طبيعة المناخ.

أهداف الزراعة الشرائطية:

- 1- تقليل مساحة السطح المعرض للانجراف وبالتالي تخفيض درجة تشعب التيار الريحي وطاقة الانجرافية.
- 2- زيادة خشونة سطح التربة بإقامة الحقول الشرائطية التي تساهم بتقليل قدرة الرياح الانجرافية وحجز الغبار.

تحقق الزراعة الشرائطية خفض درجة التشعب الأعظمي إلى مادون عشر (10/1) من قيمة درجة التشعب الأعظمي والبالغة 3.62 كغ/سم/سا وهو يعادل الحد المسموح به لفقد التربة وهو الحد الذي لا يلحق أضراراً ملموسة بالتربة ولا يؤدي إلى حدوث الانجراف.

إن مقدار عرض الشرائح المتعامدة على اتجاه تتعلق بالقوام الميكانيكي ودرجة التحبب وقد توصل العالم الأمريكي (Chepil, 1956) إلى علاقة رياضية لحساب عرض الشريحة المشغولة أو الفاصلة بينهما:

$$w = \cos A \left[h \left(17.0 \frac{9.1}{v} + 0.1 H \left(\frac{17.0}{v} \right)^3 \right) \right]$$

- عرض الشريحة بالمتر W

- Cos A - تجب زاوية انحراف الحقل الشرائطي عن الاتجاه العمودي بالنسبة للرياح بالغراد.

- ارتفاع الحصيدة أو الغطاء النباتي الموجود في الشرائح.

v - سرعة الرياح على ارتفاع 2 متر.

H - مدى التشبع على الأراضي البور بالمتر.

ويتم قياس مدى التشبع الأعظمي بواسطة مصائد الغبار عند النقطة التي يصل فيها تشبع التيار حده الأعظمي 3.62 كع/ساعة.

مثال: احسب عرض الحقل الشرائطي في منطقة بئية تربتها قليلة القوام بلغ مدى التشبع الأعظمي 1670 م ومتوسط سرعة الرياح 20 م/ثا وبوجود عائق نباتي ارتفاعه 0.2 م وزاوية انحراف عن الاتجاه العمودي أي أن تجب زاوية 0 تساوي 1 وبتطبيق المعادلة السابقة نحصل:

$$W = 0.2 (17.9.1/20 + 0.1 (1670) (17/20)^3) = 99.7 \text{ m}$$

وفي ظروف شمال كازاخستان فإن عرض الحقل الشرائطي يبلغ 150 م في الترب الطمية الخفيفة و100 م في الترب الطمية و50 م في الترب الرملية. ويؤثر المناخ على عرض الشريحة فكلما انتقلنا من المنطقة الرطبة إلى المنطقة الجافة يقل عرض الشريحة. كما يتعلّق عرض الشرائح بالقوام الميكانيكي ودرجة التحبب وعندما تكون هذه القيمة منخفضة (10-15%) فإن عرض الحقل يتعلّق بالقوام حسب (الجدول 8):

الجدول (8). يبين العلاقة بين قوام التربة وعرض الحقل.

عرض الحقل بالمتر	قوام التربة
150-120 م	1- طينية أو طمية ثقيلة
100-75 م	2 - طمية متوسطة
75-50 م	3 - طمية خفيفة
50-30 م	4 - طمية رملية
تزرع بالكامل بالأعشاب المعمرة	5 - رملية

3-2- الأسيجة النباتية :vegetation barriers

لا ينصح على الترب الخفيفة بزراعة المحاصيل مباشرة بل يفضل أن تترك كمراجع طبيعية أو تخضع للتشجير على شكل أحزمة شرائطية من نباتات معمرة طويلة الساق مثل السرغو على هيئة حواجز عمودية على اتجاه الرياح السائدة بهدف تخفيف سرعة الرياح وخفض قدرتها الانجرافية وتكون هذه الأسيجة بعرض 1-2م والمسافة بين هذه الأسيجة مختلفة حسب نوع التربة وتتراوح بين 30-60م ويزرع ما بين الحواجز في الحقول المحمية بالمحاصيل الحساسة للانجراف الريحي مثل القطن والشوندر وبعض الخضار وكذلك حفظ التربة البور في فترة الصيف. كما تساهم في حفظ الرطوبة الأرضية ومكافحة الجفاف ورفع إنتاجية المحاصيل المزروعة.

4-2- الزراعة المهادية Mulch farming

أسلوب زراعي يتبع بقصد حماية التربة من الانجراف الريحي عن طريق استخدام بقايا المحاصيل في تغطية سطح التربة (المها)، وتتفذ الزراعة المهادية

باتباع نظام الحراثة غير القلابة أو محرااث المهاد تعمل على خلط مخلفات المحصول مع التربة السطحية دون طمرها في التربة. ولطبقة المهاد أثر كبير في تحسين خصائص التربة ومقاومة التربة للانجراف مثل:

-رفع درجة تماسك التربة السطحية.

-زيادة خشونة سطح التربة.

-امتصاص فعل الصدمة الميكانيكية المباشرة للرياح والأمطار وحماية التربة.

-تقليل فقد الرطوبة الأرضية بالتبخر وتشجيع عمليات الرشح وتقليل ماء الجريان السطحي.

4-2-4- إقامة الأحزمة الحراجية الوقائية :shelter-belt

تستخدم الأحزمة الحراجية من أجل تحسين المناخ الموضعي ودرء خطر انجراف التربة وهي أحزمة غابوية مزروعة بشكل تتقاطع عمودياً مع اتجاه الرياح السائدة لتخفييف سرعتها فوق الحقول المزروعة بالمحاصيل.

وتقام هذه الأحزمة على شكل شبكة مدروسة تغطي منطقة جغرافية واسعة وهذه الأحزمة الحراجية تساهم في الحد من الانجراف الريحي وتنقية الرياح من الغبار وتعمل على ترسيب الغبار المنقول بالرياح وحجزه داخلها أو على جانبيها.

وتتألف هذه الأحزمة من عدة صفوف شجرية، ومنها عدة أنواع حسب كثافة الأشجار وتوزيعها داخل المصد:

1- أحزمة حراجية كثيفة أو كتيمة (وتكون نسبة الإضاءة بين الأوراق والأغصان من 0-10%).

2- أحزمة حراجية نفودة، (أكثر من 60%).

3- أحزمة حراجية متوسطة الكثافة، (الإضاءة 15-35%).

وتصنف الأحزمة حسب عدد الصفوف الشجرية:

1- أحزمة ضيقه وتألف من 3-5 صفوف وعرضها 6-10م

2- أحزمة عريضة وتألف من 5-10 صفوف يتراوح عرضها من 10-20م.

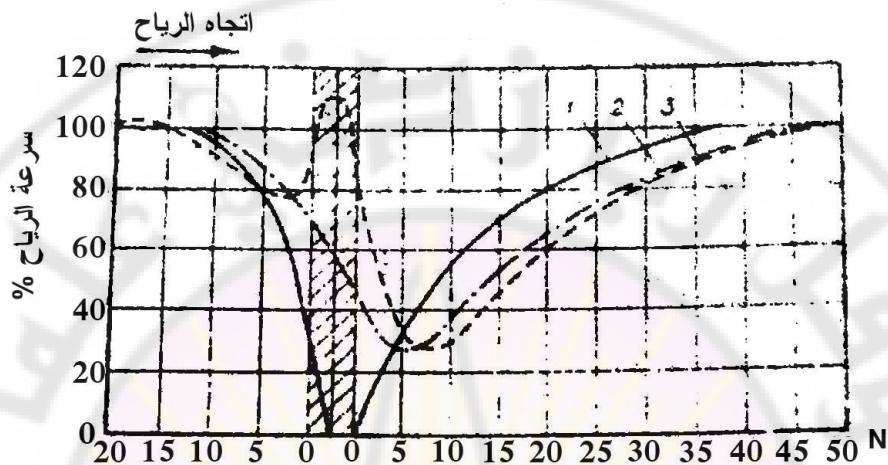
فعالية الأحزمة الحراجية الوقائية:

ترتبط هذه الفعالية بعدة عوامل أهمها:

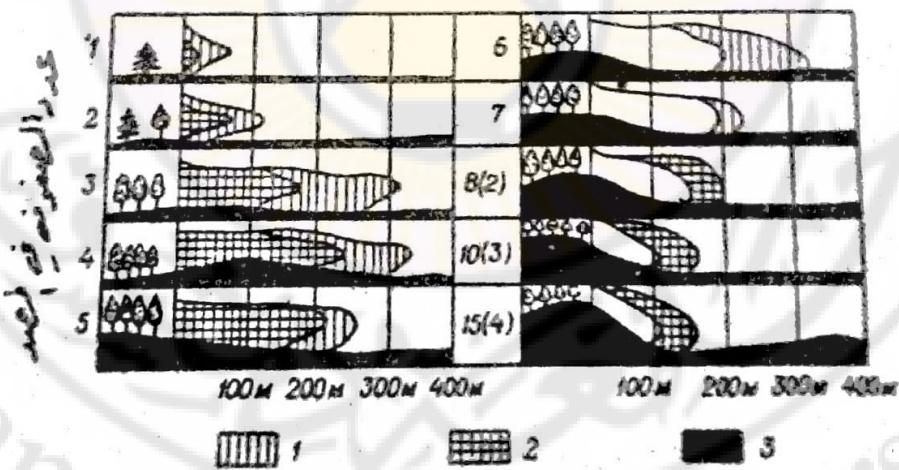
1- كثافة الأشجار في الحزام الحرجي.

تلعب كثافة الحزام الحرجي في التأثير على سلوكية الرياح العابرة للمصد على المدى الواقي الفعال حيث تكون نسبة تهدئة الرياح ثابتة على مسافة ثابتة من المصد لأن الرياح تجتاز الحزام بشكل انسياطي، أما في حال الحزام الكثيف فإن الرياح تصطدم بالمصد وتتدفع إلى الأعلى ثم ترتد إلى الأرض وتتشاء بذلك منطقة ضغط منخفض وتيارات هوائية خلف الحاجز وتصبح المنطقة التي تحظى بالحماية أقل ما يمكن وعموماً فإن أفضل الأحزمة الحافظة فعالية في تهدئة الرياح هي الأحزمة الضيقة متوسطة الكثافة.

فمثلاً نجد أن الحاجز متوسطة الكثافة تعمل على خفض سرعة الرياح بمقدار 60-80% على بعد H5 وتنخفض هذه النسبة إلى 20% على مسافة 20H بعد الحاجز.



الشكل 11. تأثير المصادر الحرارية المختلفة على سرعة الرياح.
1- مصادر كثيمة (كثيفة)، 2- مصادر متوسطة الكثافة، 3- مصادر نفوذية.



الشكل 12. تأثير عرض المصد الحراري على المدى الواقي من الانجراف.

2- عرض وشكل الحاجز:

يفضل في المناطق الجافة الحاجز الضيق والمكونة من خمسة صفوف، كما أن شكل الحاجز تأثيراً على سرعة الرياح حيث إن للحاجز العمودي مستطيل الشكل تأثيراً أقوى في تخفيض سرعة الرياح من الحزام المائل الذي يدفع بالرياح إلى الأعلى مثلاً يفعل الحزام الكثيف، (الشكل 11).

يكون انخفاض سرعة الرياح بالنسبة للحاجز الضيق وعلى مسافة $5H$ يقارب 14% أما بالنسبة للحاجز العريضة فإن سرعة الرياح عند نفس المسافة تقارب 40% وعلى ارتفاع $0.2H$ (كابورن، 1975). أما بالنسبة لمقدار تخفيض سرعة الرياح بالنسبة لمصد حرجي مائل الشكل فإنها تساوي 35% وعلى مسافة $5H$ أما بالنسبة للمصد العمودي فيكون مقدار التخفيف عند نفس المسافة 14%. (الشكل 12)

3- ارتفاع الحاجز الحرجي:

إن المسافة التي تتعم بالحماية يزيد طولها عن عشرين ضعفاً من ارتفاع المصد $20H$ وإن درجة هدوء الرياح في كل نقطة تختلف حسب بعدها من الحزام. أما النسبة المئوية في تهدئة سرعة الرياح على بعد $4H$ من الحزام فهي ذات مقدار ثابت مهما كان ارتفاع الأشجار. أما في الجانب المواجه للرياح من الحزام فهناك أيضاً تهدئة في سرعة الرياح تمتد لمسافة $5H$.

2-3- العوامل المؤثرة على المسافة بين الحاجز الطولانية:

1- طبيعة الحاجز الحرجي من حيث الكثافة الشجيرية ونوع الأشجار الدالة فيه وعدد الصفوف وارتفاع الحاجز.

- 2- مقدار انحراف الحاجز الحراجي عن الاتجاه العمودي مع الرياح السائدة.
- 3- زاوية سقوط الكتل الهوائية على الحاجز الحراجي.
- 4- نوع التربة من حيث القوام والبناء ووعورة السطح.
- 5- طبيعة المناخ في المنطقة ومدى تأثير ذلك على نمو الأشجار الحراجية المكونة للحاجز.

تتألف شبكة الحاجز الحراجية الوقائية من الحاجز الشجيري الطولاني وأخرى جانبية أو ثانوية. وتعمل الحاجز الطولانية على تخفيف سرعة الرياح ضمن الحقول المحمية أو المراد حمايتها من الانحراف أما الحاجز الثانوية فتعمل على إضعاف تأثير الرياح الجانبية والتي تهب أحياناً بشكل موازٍ لاتجاه الحاجز الطولانية.

حسب العالم Sus, 1960 فإن مساحة الحقول المحمية بالحاجز الحراجية تختلف حسب الطابق البيومنخي ونوع التربة وتتراوح بين 20 إلى 80 هكتار والمسافة بين الحاجز 400-100م وبين الحاجز الثانوية 1000-2000م.

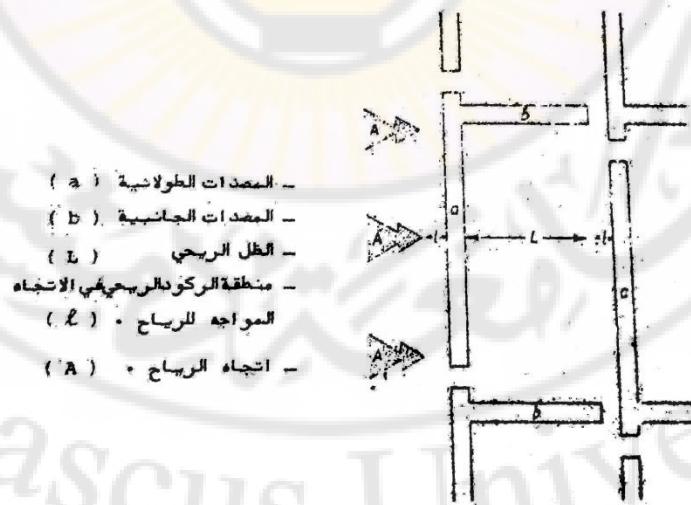
3-3-الأساس العلمي والشروط الواجب مراعاتها عند تصميم شبكة الحاجز الحراجية:

1- حساب المسافة الفاصلة بين المصدات الحراجية بشكل علمي ودقيق بحيث يؤمن الحماية الكاملة للحقول الواقعة ضمنها من الانحراف الريحي. يظهر تأثير المصدات الحراجية في حماية التربة من الانحراف الريحي عن طريق تخفيف سرعة الرياح في الحقول المحمية إلى ما دون العتبة الحرجة لسرعة الرياح وتصل النسبة المئوية للتخفيف 90% في الحقول المحمية مقارنة

بالحقول المكشوفة ويمتد هذا التأثير الواقي لمسافة $H=50-40$ من ارتفاع المصد الحرافي ويعرف بالمدى الواقي الفعال وهو مقدار المسافة التي تبعد عن المصد باتجاه الرياح السائدة والتي تكون فيها سرعة الرياح أقل من العتبة الحرجة.

2- يجب أن تكون الحقول المحمية بالحواجز الحرافية ذات مساحة مناسبة وتومن متطلبات استخدام الآلة الزراعية.

أكّدت التجارب العالمية أن المساحة النموذجية للحقول المحمية بالمصدات الحرافية يجب تكون بحدود 100 هكتار وعند مدى فعال $H=25$ للمصد الحرافي البالغ من العمر 20-30 سنة. وبحيث لا تتجاوز المسافة بين الحواجز الطولانية 500م ولا تقل عن 100م في الأراضي الخفيفة وتترك فتحات في الحواجز الطولانية والعرضانية لشبكة المصدات بعرض 20-30م لتأمين سهولة الانتقال من حقل إلى آخر وفي موقع مختلفة وغير متقابلة تجنباً لعدم حدوث ممرات هوائية تجرف التربة. (الشكل 13).



الشكل (13). يبيّن تخطيط شبكة الأحزمة الحرافية الوقائية.

تتعلق فعالية المصدات الحراجية في حماية التربة بالعوامل التالية

- 1- طبيعة النظام الريحي السائد في المنطقة من حيث الشدة والاستمرارية ودرجة الإعصارية.
- 2- درجة قابلية التربة للانجراف الريحي.
- 3- درجة خشونة سطح التربة.
- 4- سلوكية الكتل الهوائية في أثناء عبورها للحاجز وهي تتعلق بكثافة وشكل وارتفاع المصد الحرجي.

وتوصل Dolgilevi, 1978، إلى علاقة رياضية لحساب المسافة التي تتعبر بالحماية بين الحاجز الطولاني على أساس الحد المسموح به لفقد التربة:

$$L = 10^{1.2} v_d / v_m + 0.58 (H)$$

- L - المسافة بين المصدات الحراجية بالمتر (المصدات متوسطة الكثافة).

- V_d - العتبة الحرجة للرياح والتي لا تسمح بانجراف أكثر من 50 كغ/هك/سا.

- V_m - أقصى سرعة للرياح خلال خمس سنوات وعلى ارتفاع 10م.

- H - ارتفاع الحزام الحرجي بالمتر.

كما أن زيتوفسكي، 1948، أوجد علاقة رياضية لحساب المدى الفعال للمصدات الحراجية على درجة التشبع الأعظمي والعتبة الحرجة لسرعة الرياح:

$$L = 3.61 H^{1.23} m v_{max} / v_o - v_{max}$$

حيث إن:

- L - المدى الواقي الفعال بالمتر

- M - كثافة المصد الحرجي %

- v_{max} - العتبة الحرجة لسرعة الرياح، م/ثا

- v_o - سرعة الرياح في الحقول المكشوفة، م/ثا



الفصل الخامس

الانجراف الريحي في سورية وطرائق مكافحته

ينشط الانجراف بشكل رئيس في البادية السورية والمناطق الهمشية ومناطق زراعة الحبوب في محافظة الحسكة. وتبلغ مساحة البادية السورية حوالي 10.3 مليون هكتار وتشكل 60% من مساحة سورية وهي المنطقة التي تغطيها المراعي الطبيعية والتي ساهمت بأكثر من 60% من الموارد العلفية اللازمة للثروة الحيوانية التي قوامها الأغنام، وترجع هذه المساهمة إلى 20% بسبب عوامل التدهور الذي لحق بالبادية في العقود الأخيرة من القرن العشرين. (الهيئة العامة للبادية 2017) ونظراً لأهمية الإنتاج الحيواني في الاقتصاد الوطني والذي يساهم بـ 35% من الإنتاج الزراعي السوري الذي يساهم بدوره بـ 21% من الدخل العام وبـ 60% من مجموع الصادرات السورية، كما أن حوالي نصف القوة البشرية تعمل في الزراعة.

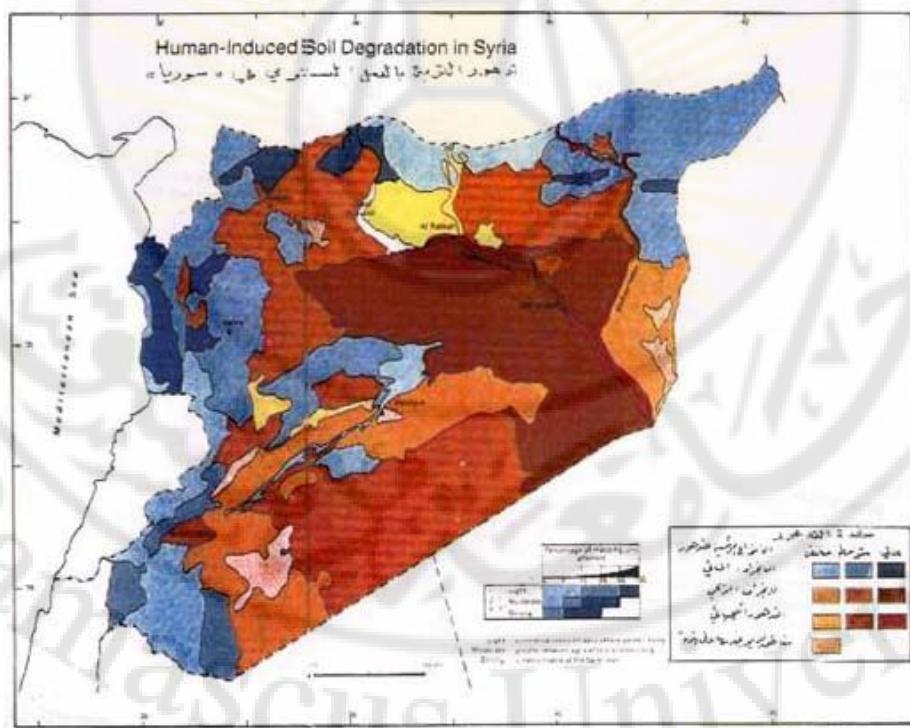
يعد الانجراف الريحي من أهم عوامل تدهور الترب، كما أن ظهور الرمال الزاحفة وزيادة تكرارية العواصف الغبارية في البادية وشمال شرق سورية من أبرز علائم التصحر في السورية .

1-5- التوزيع الجغرافي لانتشار الانجراف الريحي في سورية:

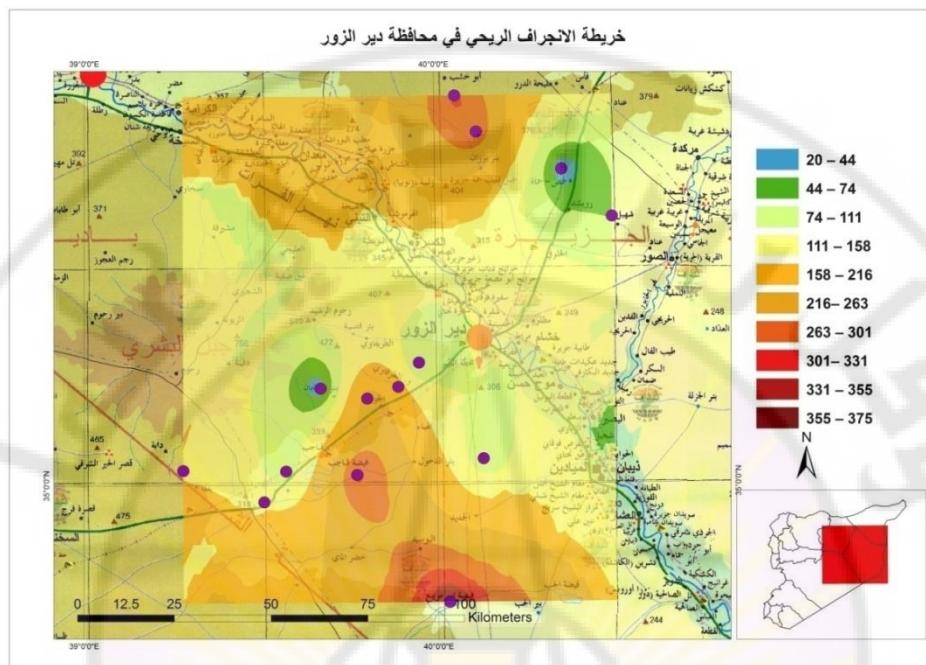
من أهم المناطق الساخنة لظهور الانجراف الريحي هي مناطق الزراعات البعلية والمراعي المتدهورة نتيجة الرعي الجائر والاحتطاب وتوجد بشكل رئيس في البا

دية السورية مثل:

سهول السخنة، الطيبة، قصر الحير الشرقي، هريشة، وفيضة كباجب، وفيضة بن موينع، وبادية دير الزور في الجزيرة (جروان، أبو خشب)، وحوض الدهو والبيارات في بادية حمص والناصرية وأبو الشامات في بادية دمشق بالإضافة إلى بادية الرقة وحلب مثل سفوح جبل البكري في الرقة القاعيات والبصاص والدفينة والثليثات وكذلك سفوح البكري التابعة لحمص مثل الكوم. أوضحت خريطة تدهور التربة في سوريا بالفعل البكري (أكساد، 1991) أن 80% من مساحة سوريا تتعرض لأنواع مختلفة من التدهور بالفعل البكري ويعد الانجراف الريحي النوع الأكثر شيوعاً ويتعرض له 73% من إجمالي المساحة المعرضة للتدحرج. (الخارطة 1 تدهور الأراضي في سوريا).



الخرائطة (1). تبين تدهور التربة في سوريا بفعل العامل البكري.



الخريطة (2). تبين مستويات الاجراف الريحي في محافظة دير الزور.

5-2- الظروف البيئية المسببة للاجراف في الباذية السورية:

تتصف الباذية السورية بنظام بيئي هش نظراً للظروف الأرضية والمناخية والجيوباتانية السائدة فيها. وهي بيئة المراعي الطبيعية وتمارس فيها تربية الأغنام ولهذه المراعي دوراً كبيراً في حماية التربة من المؤثرات الخارجية، فيما إذا تم المحافظة عليها من التدهور ولها دور كبير في حماية التوازن البيئي والتربة من الانجراف. لقد كان التصحر في الماضي محدود الانتشار والتأثير ولكن مع زيادة السكان واستخدام الآلة في عمليات التنقل والصيد ومرافقه قطعان الماشية وحراثة التربة بهدف الزراعة البعلية مما قلل من مساحة المراعي الطبيعية وزاد من الضغوط الرعوية على المراعي على حساب اتساع الأراضي الهمشية المفلوحة، مما أدى إلى تعاظم واتساع البؤر الساخنة للتعرية الريحية

وزيادة التصحر بتلك المناطق وأدى إلى تغيرات مورفولوجية غير مرغوبة وإلى إحداث تغيرات حادة في البيئة المحلية وزيادة الجفاف وتراجع في التغطية النباتية والتركيبة النباتية وظهور الانجراف الريحي المتسارع (العواصف الغبارية)

إن زيادة فعالية العواصف الغبارية في العقود الماضيين 1990-2010 في الباية السورية ساهمت في تسريع عمليات التصحر وإلى ظهور الكثبان الرملية والتي لم تكن موجودة في السابق في الباية، ورافق هذا تغيرات كمية ونوعية في مكونات الوسط البيئي وخاصة التربة والنبات، حيث بدأت تنتشر النباتات الجفافية والشوكية والمحبة للرمال مثل: (الصر، الحاذ، القناد الشوكى، الحرمل، السلماس والعاذر ..) وتحولت المراعي إلى مراح حولية مؤقتة تنتهي بانتهاء فترة الربيع القصيرة، وكما أن الحياة البرية تأثرت كثيراً وخاصة في فترة الخمسينات من القرن العشرين (الغزال، القطا).

٢-١- الظروف الأرضية:

يتكون الغطاء الأرضي من مجاميع من الترب الجبسية والكلسية، ويتميز الكثير من هذه الترب بوجود آفاق جبسية متصلبة Petro gypsic horizon وآفاق طرية Gypsic horizon على أعمق مختلفة، وجميع هذه الترب ضحلة يتراوح عمقها بين 10-50 سم وإن قوام هذه الترب متفاوت فيكون مزيجاً في الترب الكلسية ومزيجاً رملياً أو رملياً في الترب الجبسية Sandy Loamy. أما بنية التربة فتتراوح من شبه مكعبى هش في الطبقات السطحية إلى شبه مكعبى متوسط المثانة في الطبقات الدنيا من القطاع الأرضي. (Ilawi, 1983)

تسود في بادية دير الزور الترب الجبسية ويصل محتوى الجبس فيها 89-95% اعتباراً من السطح وحتى عمق 1.5 م وتكون الترب عديمة البناء. تتميز أغلب أراضي الباية بارتفاع نسبة السلت والرمل في تركيبها الميكانيكي؛ فمثلاً تكون أراضي بادية الرقة من (56% رمل و20% سلت 24% طين) ويكون محتوى التربة في الباية من كربونات الكلسيوم عالياً وثباتية البناء متدنية مما يجعل هذه الأرضي أكثر قابلية للانجراف الريحي ويزيد من قابلية هذه الترب للانجراف عمليات الفلاحه التي تمارس فيها والتي تؤدي إلى تحطيم بناء الترب وحرمانها غطائها النباتي. وإن حراثة الأرضي قليلة العمق في المناطق الخاضعة للانجراف الريحي أدى إلى تكشف الصخور الأم في كثير من المواقع في الباية بسبب انجراف الطبقة السطحية المحروثة وظهور الأفق الجبسي.

الجدول (9). يبين الخصائص العامة لتراب الباية (جبل - الثلثيات).

التركيب الميكانيكي %		العناصر الغذائية المتاحة (N P K) Ppm			الكتافة الظاهرية	المادة العضوية %	الكربونات الكلية %	العمق بالسم	
الطين	السلت	رمل	K	P	N				
24	19	56	605	11.1	25.9	1,34	2.1	25	0 - 20

5-2-2- الظروف المناخية:

إن تكرار الجفاف وسيطرته لفترات طويلة في الباية نتيجة لعدم الأمطار وعدم انتظامها أو هطولها في أوقات غير مناسبة للزراعة البعلية أو لنمو المراعي بشكل جيد كما هو الحال في الدورات المناخية التالية:

الريحي وشكل وسطاً لهبوب العواصف الترابية، كل تلك المعطيات احتجت إلى دراسة وتحليل:

وقد أظهر تحليل المعطيات المناخية والبيئية في الباذية السورية خلال السنوات المذكورة أعلاه أن عام 1984 كان جافاً جداً ولم يصل معدل الأمطار السنوي أكثر من 70% إضافة إلى توزيعها السيء مما أثر سلباً على نمو المراعي الطبيعية وفشل الزراعات البعلية في شرق الباذية وترك التربة مكشوفة لفعل الرياح إضافة إلى أن التربة مفككة وجافة نتيجة الحراثة وهذه الظروف خلقت بيئية ملائمة لهبوب العواصف الغبارية في هذا العام حيث وصل عددها 5 خمسة في شهر أيار وكان أكثرها شدةً التي اجتاحت المنطقة بتاريخ 1984/5/23 واستمرت أكثر من خمس ساعات وانعدمت الرؤيا خلالها تماماً وجرفت كميات كبيرة من التربة الناعمة والخصبة قدرت بـ ملايين الأطنان وألحقت أضراراً بالغاً بالمحاصيل الزراعية والثروة الحيوانية ومضايقات صحية ونفسية وسط السكان المتضررين (عسكر، 1984).

5-2-3- الغطاء النباتي:

يؤدي الغطاء النباتي دوراً هاماً ورئيساً في حماية التربة من الانجراف الريحي وإن تدهور المجتمعات النباتية المعمرة في الباذية السورية من جراء الفلاحات المتكررة وزيادة الضغوط الرعوية والاحتطابية في ظروف الجفاف والقحط خلال العقود الماضية الأخيرة أدى إلى حرمان التربة من غطائها الواقي وجعلها عرضة لفعل الرياح المباشر.

أدت الممارسات البشرية المنافية لقوانين ونوميس الطبيعة إلى تغييرات نوعية وكمية في تركيبة الغطاء النباتي حيث انخفضت الكثافة النباتية والتغطية النباتية أحياناً إلى ما دون 2-5% وأصبح الغطاء النباتي يتكون أساساً من شجيرات جفافية صحراوية *Ermophyte* وآخرى محبة للرمال *Psammophylous* *Haloxylon* sp *Artimesia* والرمث *salicornicum*

4-2-5- استعمالات الأراضي:

تعد الزراعات البعلية في الباذية من أهم أسباب تدمير الغطاء النباتي والتربة وتعد الفلاحات في الباذية مغامرة اقتصادية وإخلالاً بالتوازن البيئي الهش. وإن الظروف المناخية والبيئية لا تؤمن الاحتياجات المائية الازمة لزراعة الحبوب لا من حيث الكمية أو التوزيع المطري إذا علمنا أن زراعة الشعير تتطلب 240 مم ماء ليعطي جدوى اقتصادية من زراعته.

وإن فلاحة أراضي المراعي قللت من مساحة أراضي المراعي وشكلت ضغوطاً رعوية عليها نظراً لزيادة الحمولة الرعوية إضافة إلى الأثر الميكانيكي للمحاريث المستخدمة في تحطيم بناء التربة وزيادة حساسيتها للانجراف الريحي. وإن زيادة معدلات الانجراف فقد التربة جاء نتيجة لزيادة مساحة الأراضي المفلوحة في الباذية السورية حيث بلغت بحدود 5 إلى 10 مليون دنم (وزارة الزراعة، 1989).

ومن الممارسات البشرية الأخرى الاحتطاب وغياب برامج إدارة المراعي من حيث المواعيد والحمولة الرعوية.

3-5- أشكال الانجراف الريحي في الباذية:

1- السفي الرملي :Sand drift

تزداد نسبة الرمل في التربة نتيجة عمليات الانجراف الريحي على الأراضي المفلوحة وتتشكل مسطحات وألسنة رملية تغطي مساحات واسعة من الباذية تشكل مصدراً للرمال السافية تظهر على شكل تيارات من الرمال محمولة بالرياح على ارتفاعات 11-30 سم من سطح الأرض وأحياناً تصل إلى 90 سم في حال هبوب رياح متوسطة السرعة. وهذه الرمال السافية عندما يعترض مساراتها بعض العوائق الصناعية الطبيعية تترافق مشكلة الأكمام أو الأكواخ الرملية. وفي اجتياحها للأراضي الزراعية تلحق أضراراً جسيمة بالمجموع الخضري للمحاصيل المزروعة (حرق وتخريش وتمزيق الأوراق)

2- الانجراف العلوي على شكل غبار متتصاعد في الأفق:

يتتصاعد الغبار على أراضي البور الساخنة عندما تزداد سرعة الرياح (8-10 م/ث) ويرتفع في الأفق على هيئة دخان متتصاعد من الغبار في الجو ولا يرتفع في السماء كثيراً كما هو الحال في حال العواصف الترابية وهذه الحالة عادة تسبق ظهور العواصف الغبارية فيما إذا استمرت الرياح وزادت درجة اضطرابيتها. أو تظهر أحياناً في فترة الظهيرة عندما تبلغ الموجة الحرارية للأرض سعتها العظمى على شكل زوابع غبارية.

3- العواصف الغبارية (الانجراف الريحي المتتسارع):

إن تكرار الجفاف وفشل الزراعات البعلية في الباذية السورية خلال العقود الماضية من القرن العشرين كما هو الحال في الأعوام (1984، 1987، 1990

و 1991، 1999، 2000 و 2009) كان سبباً مباشراً و ملائماً لظهور العواصف الغبارية و زيادة نشاطها في المنطقة.



الصورة (6). عاصفة غبارية تجتاح مدينة الحسكة عام 2006.

سجلت في عام 1987 أكبر عدد من العواصف الغبارية مقارنة بالأعوام السابقة حيث بلغ عددها 31/3 عاصفة كان أكثرها تكرارية في شهر أيار وحزيران وبلغ عددها في هذا الشهر 14 عاصفة ومن أشدتها في هذا العام العاصفة التي كانت في 1/6/1987 حيث انعدمت الرؤيا تماماً لفترة أكثر من خمس ساعات وبلغت سرعة الرياح 80 كم / سا وبلغت كمية التربة المنقولة بهذه العاصفة 573 مليون طن حسب معادلة (شيبيل، ودروف، 1977)

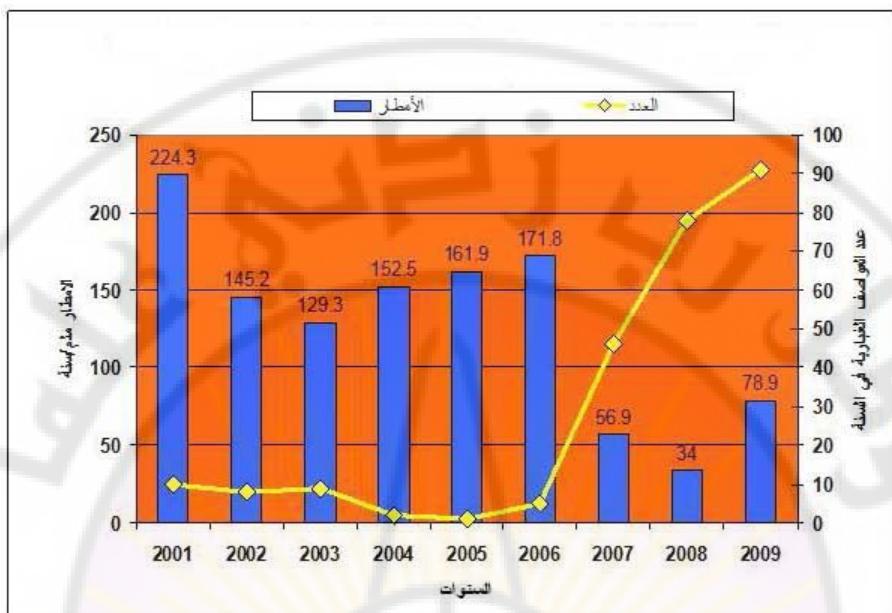
وقد سجلنا في عام 1991 عاصفتين غباريتين بتاريخ 16/5/1991 واستمرت 18 ساعة وانخفضت فيها الرؤيا إلى ما دون الـ 50 م. وغطت أكثر من 50% من مساحة الباادية البالغة 10.3 مليون هكتار وخلفت وراءها طبقة من الغبار غطت سطح الأرض التي اجتاحتها 2 مم أي ما يعادل 20 طن / هكتار (عسکر، 1991). والثانية سجلت بتاريخ 23/5/1991 واستمرت 24 ساعة وانخفضت

الرؤيا إلى ما دون 100م وأدت إلى حالات اختناق واسعة بين الأطفال والشيوخ ومرضى الربو والقلب وبلغ عدد حالات الإسعاف (170) حالة كان بينها حوالي 40 حالة خطيرة (مشفى دير الزور الوطني 1991). كما ألحقت هذه العاصفة أضراراً جسيمة بالمحاصيل الزراعية وخاصة الخضروات واللوزيات. وكما سجلت بعض العواصف الغبارية التي اجتاحت طهران وجنوب الاتحاد السوفيتي السابق كان مصدرها بادية الشام.

بيّنت عمليات رصد العواصف الغبارية للأعوام من عام 1989 ولغاية 2010 في الباذية السورية أن عدد العواصف الترابية بلغ في عام 2001 (20) عاصفة وفي عام 2007 (45) عاصفة وفي عام 2008 (79) عاصفة وفي عام 2009 (90) عاصفة وهذه الأرقام تتوافق مع السنوات الجافة، أما في السنوات المطيرة فلم يتجاوز عدد العواصف 10 عواصف. (الجدول 16)

الجدول (10). تكرارية العواصف الترابية للفترة 2000-2009 في الباذية.

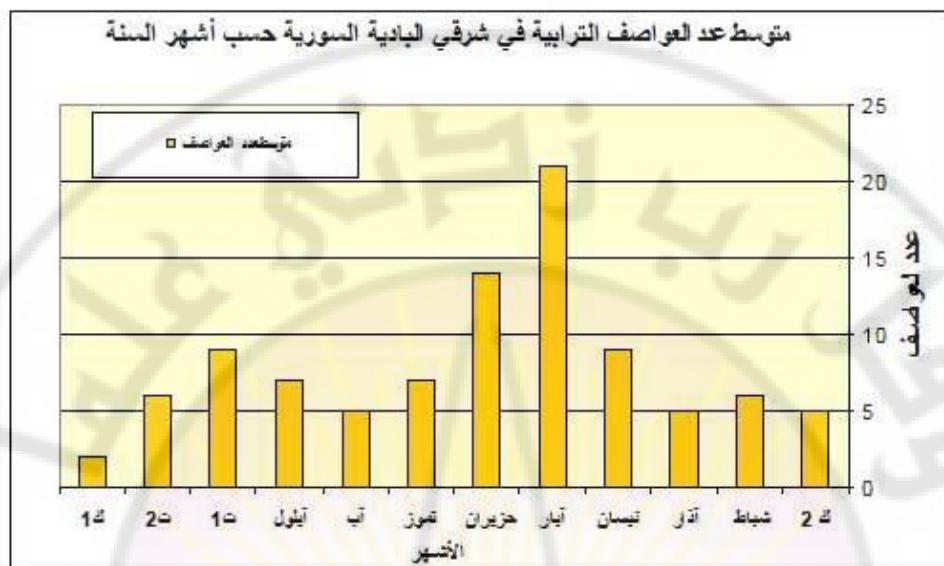
السنة	كانون الثاني	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفember	ديسمبر	المجموع
2001	0	1	1	1	0	2	1	1	1	2	0	1	0	10
2002	0	0	2	3	1	0	0	0	0	1	1	0	0	8
2003	1	1	0	0	0	0	0	0	5	2	0	0	0	9
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
2006	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	2	0	0	5
2007	0	3	1	0	7	5	0	3	0	0	0	0	0	21
2008	2	0	20	15	10	1	10	5	5	2	3	2	0	74
2009	-	-	0	0	0	16	10	16	1	4	3	0	0	49



الشكل (14). العلاقة بين كمية الهاطل المطري وعدد العواصف الغبارية في السنة في الباادية الشرقية للفترة بين 2001-2009.

ملحوظة: لم تسجل الأيام المغبرة والسديمية بل اقتصرت عمليات الرصد على العواصف التي تدنت فيها الرؤيا إلى ما دون 100م واستمرت العاصفة أكثر من 30 دقيقة.

كما بينت عمليات الرصد توزيع العواصف حسب الأشهر في السنة وتبيّن أن من أكثر الأشهر تكرارياً للعواصف: نيسان، أيار، حزيران، أيلول وتشرين الأول وهي توافق الأشهر الجافة وانعدام التغطية النباتية وتعاظم نشاط النظام الريحي في المنطقة. (الشكل 15)



الشكل (15). يبين تكرارية العواصف الغبارية حسب الأشهر.

أنواع العواصف الغبارية:

تصنف العواصف الغبارية حسب:

1- حسب لون العاصفة.

2- حسب مكان نشوء العاصفة.

4-5- الأضرار الناجمة عن الانجراف الريحي .

إن ما يجري حالياً من تغيرات مورفولوجية ونوعية في طبيعة الغطاء النباتي وزيادة مساحة وحجم التراكمات الرملية نتيجة التعرية والتي باتت تغطي مساحات شاسعة من سفوح جبل البشري في البايدية السورية وتمتد عشرات الكيلومترات بادية الرقة وحمص ودير الزور ومن أهم الأضرار التي رصدت تتلخص بالآتي:

١- الفقد الكمي للتربة

ينشط الانجراف الريحي على الأراضي المحروثة وتكون التربة السطحية جافة ومفككة ويكون الانجراف واضحاً عندما تكون سرعة الرياح أكبر من العتبة الحرجة ($6-10 \text{ م/ث}$) و يؤدي إلى جرف كامل الطبقة المحروثة أحياناً وسجلت حالات لظهور الصخور الأم نتيجة انجراف كامل التربة السطحية في كل من باديتي الرقة ودير الزور ، (الجدول 11)

الجدول (11). تأثير الانجراف الريحي الكمي والنوعي في مناطق مختلفة من البايدية

السورية (عسكـر. 1991)

القوام الميكانيكي ، %			المادة العضوية %	عمق التربة بالسم	العمق بالسم	الموقع
الطين	السلت	الرمل				
24	20	56	0.58	40	10- 0	الرقة - مراعي (القاعيات)
16	20	64	0.69	30	10 - 0	الرقة - بصاص زراعة بعلية
8	18	74	0.81	-	0 -10	الرقة (رجم العجوز) Eolian
16	24	60	0.52	30	10- 0	دير الزور - مفلوحة - بن موينع
26	24	50	0,81	40	10- 0	دير الزور - عي - فيضة بن موينع، مراعي طبيعية

وأظهرت الدراسات تراجع في سماكة قطاع التربة يتراوح بين 10 إلى 15 سم في مناطق متفرقة وهذا يعني خسارة في التربة يتجاوز الحدود المسموح بها في سوريا والبالغة 4 طن / هكتار/ سنة (نحال، 1987)

كما دلت التقديرات الحسابية للترب المنقوله بالعاصفة الترابية التي اجتاحت المنطقة بتاريخ 5/16/1991 أن كمية التربة المنقوله بلغت 32.5 مليون طن (معادلة شيبيل وودروف، 1977). كما أظهرت القياسات الحقلية باستخدام جهاز BSNE في بعض المواقع من جبل البشري الآتي:

- موقع الثلثوات 606.294 طن /100م لعام 2000 و100طن /100م لعام 2001

- موقع رجم طه 96.65 طن /100م لعام 2007

2- تدهور خصوبة التربة (الفقد النوعي):

تؤدي التعرية الريحية الانتخابية والشاملة إلى جرف الحبيبات الناعمة من التربة مثل السلت الناعم والغضار والمادة العضوية، وهذا له تأثير على خصوبتها وإفقارها بالعناصر الغذائية وتحويلها مع الزمن إلى كتلة من الرمال، لأن العناصر الناعمة في التربة تعد مستودعاً للعناصر الغذائية مثل الأزوت والفسفور والبوتاسيوم. وإن استمرار ضياع هذه المكونات بالرياح يؤدي مع الزمن إلى تدهور حاد في الخصوبة الفعالة للأراضي.

أظهرت التحاليل المخبرية للترب المعرضة للانجراف الريحي في مناطق الزراعات البعلية انخفاض كمية السلت الناعم والمادة العضوية والطين وارتفاع نسبة الرمل، كما بينت تحاليل عينات من الغبار المحمول بالعواصف الغبارية ارتفاع نسبة العناصر الناعمة والمادة الدبالية. (الجدول 12).

الجدول (12). خصائص المادة الترابية المنجرفة على ارتفاعات مختلفة من سطح التربة

في جبل البشرى لعام 1997

العناصر الغذائية ، جزء بالمليون			المادة العضوية %	الارتفاع بالسم	الموقع
K	P	N			
548	8.9	-	0.54	10	المرربع
448	23.7	-	0.85	150	

الجدول (13). الخصائص العامة لبعض الترب العذراء غير المفتوحة

في البداريا (جبل البشرى).

القوام الميكانيكي %			العناصر الغذائية المتاحة PPM			مادة عضوية %	CaCO3%	العمق بالسم	الموقع
غبار	سلت	رمل	N	P	K				
20	30	50	15	12.5	496.5	2.21	30.3	10 0	الشجيري
22	18	60	25.9	11.1	605	2.10	25.6	10 - 0	الثلثيات

يلاحظ من الجداول (12) و (13) ارتفاع نسبة العناصر الغذائية المتاحة في المادة الترابية المنقوله بالرياح وتراجع كميتها في الترب المعرضة للانجراف الريحي مما ينعكس سلباً على خصوبه هذه الأراضي وتراجع القدرة الإنتاجية لهذه الأرضي.

الجدول (14). خصائص الغبار المحمول بالعواصف الترابية التي اجتاحت البدارية

خلال الفترة (1987-1986)

القوام الميكانيكي ، %			العناصر الغذائية المتاحة PPM			مادة عضوية %	Caco3	PH	ناریخ هبوب العاصفة
طين	سلت	رمل	K	P	N				
26	64	10	-	-	-	-		7.6	1986/5/23
20	54	26	-	--	-	1.91			1987/6/1
24	60	26	-	-	-	1.80			1987/9 /5
-	-	-	683	33.9	62.3	-	-	-	1997

3-انخفاض غلة المحاصيل الزراعية:

تلحق العواصف الترابية التي تجتاح المنطقة الشرقية أضراراً كبيرة بالمحاصيل الزراعية الموجودة في وادي الفرات بسبب تراكم الغبار الناعم على أسطح الأوراق وتعطيل العمليات الفسيولوجية مثل التعرق والتنفس والتمثيل الضوئي، وتتأثر ذلك على الغلة المحصولية، كما يؤدي الانجراف الريحي إلى اقتلاع البادرات أو طمرها بالرمال. وقد أدت الأضرار التي ألحقتها العواصف الغبارية بالمحاصيل الزراعية في عام 1997 إلى انخفاض الغلة المحصولية للخضروات واللوزيات بمقدار 30-100%.

4- زيادة وعورة سطح الأرض:

إن تراكم الرمال والغبار محمولة بالرياح خلف الشجيرات الطبيعية يؤدي مع الزمن إلى ظهور الأكوام الرملية وبالتالي زيادة الوعورة وصعوبة الحركة فيها وخروجها عن الاستثمار. (الصورة 7).



الصورة (7). سطح الأرض المتأثر بالانجراف الريحي في الباذلة السورية.

5- التجربة السورية في مجال مكافحة الانجراف الريحي:

يعد الانجراف الريحي من أهم الأسباب المباشرة لتعاظم ظاهرة التصحر في سوريا لعدة أسباب أهمها:

1- طبيعة المناخ الجاف وسيطرته على مساحة واسعة من سوريا تتمثل في الباذلة السورية.

2- طبيعة أراضي المنطقة الجافة والتي تتميز بقوام خفيف وبناء هش.

3- ممارسة الزراعات البعلية في البادية السورية والهامشية.

و اتخذ بشكل مبكر عدة إجراءات لمكافحة التصحر في سوريا شملت الجوانب التالية:

1 - الإجراءات التشريعية والإدارية الهدافة لوقف تدهور الأراضي وحماية المراعي الطبيعية: (راجع الفصل الأول)

2- تنفيذ عدة مشاريع لتنمية الغطاء النباتي ومكافحة التصحر، من أهمها:

1- مشروع الاستزراع الرعوي منذ عام 1980 يهدف دراسة واقع المراعي وأسباب تدهوها وسبل إعادة تأهيلها.

- 2- مشروع مراقبة ومكافحة التصحر في الـبادية السورية بالتعاون مع المركز العربي /أكساد/ للفترة ما بين (1995-2003)

- مشروع التنمية المتكاملة في الـبادية السورية ومقره في دمشق وله فروع في المحافظات المطلة على الـبادية للفترة ما بين 1997-2007

- مشروع تثبيت الكثبان الرملية في محافظة دير الزور (الكسرة) في عام 1983

- مشروع تثبيت الرمال السافية في محافظة دير الزور (كباجب وهربيشه) للفترة ما بين 2009-2012

ثانياً - الإجراءات الفنية المتخذة:

- إقامة المحميات وال الواحات في الـبادية وفي مناطق مختلفة مثل: الشولا، الزراب، البطميات، تامر، جليب الحكومة، الرعيلي، بئر جويف.

- تنفيذ عمليات البذر الاصطناعي على مساحات واسعة من أراضي الباية شملت بذار الروثا القطف والشيج والعزم بمعدلات 10-25 كغ/هكتار وعلىخلفية حراثة سطحية وفق تقنية الزراعة الشرائطية وبتغطية 25%.
- زراعة الشتول الرعوية بشكل شامل وبمعدل 200 شتلة/دونم أو بشكل شرائطي وبنسبة تغطية 50%.
- إعادة تأهيل الأراضي المتدهورة بزراعة الغراس الرعوية وبشكل تدريجي ليشمل كامل الأراضي المفروحة.
- بتنفيذ تقنيات حصاد المياه في الباية لزيادة محتوى التربة الرطبوبي ومكافحة الجفاف وتوفير مياه الشرب.
- مراقبة ورصد حالة الغطاء النباتي وتدور التربة وتوسيع مساحة تغطية سطح الأرض بالرمال.

ثالثا - بعض التوصيات والمقترنات لتعزيز برامج مكافحة التصحر:

- 1- السعي لتطبيق النظم الزراعية الحافظة للتربة من الانجراف الريحي في المناطق الهمشية ومناطق الزراعات المطرية.
- 2- إحداث هيئة مستقلة لصيانة الأراضي تأخذ على عاتقها المهام التالية:
 - وضع برامج صيانة الأراضي في سوريا وفي مختلف المناطق البيئية
 - دراسة الانجراف الريحي في سوريا:
 - أسبابه وانتشاره وأنواعه ومستوياته
 - التنبؤ بظهور العواصف الغبارية ووضع أسس الحد منها عن طريق:

- تغطية المنطقة بشبكة من محطات الرصد الجوي (حرارة، سرعة الرياح واتجاهاته، الضغط الجوي، السطوع الشمسي. تكرار الجفاف وعلاقته بتكرارية العواصف الغبارية).

- إنشاء محطات أيروديناميكية لتحديد الفاقد السنوي والعتبة الحرجة لسرعة الرياح.

- إعداد خريطة لمعدلات الانجراف الريحي في سوريا.

3- اختبار بعض الأنظمة والتقييمات الحافظة للترابة في الظروف المحلية السورية.

4- إجراء تجارب على إدارة المراعي (برامج الرعي، الحمرلة الرعوية، مواعيد الرعي، حركة القطعان)

وقد بادرت وزارة الدولة لشؤون البيئة بتنفيذ مشروع في محافظة دير الزور بالتعاون مع جامعة الفرات لدراسة الانجراف الريحي للفترة 2010-2013.

(الجدول 13) يبين معدلات الانجراف الريحي في المحافظة.

الجدول (15) يبين معدلات الانجراف الريحي في محافظة دير الزور

(وزارة الدولة لشؤون البيئة، 2017)

وحدة البيئة_أرضية	النسبة من المساحة الكلية %	كمية الانجراف طن/100م/سنة	معدل الانجراف
فيضات مفلوحة سابقاً	30	155-371	شديدة جداً
فلاحات	25	81 -155	شديدة
مراعي متدهورة	35	72 - 80	متوسطة
مراعي تقليدية	35	26 - 71	خفيفة
محميات رعوية	5	0 - 25	ضئيلة

الفصل السادس

التعرية المائية Water erosion

1-المقدمة:

ظهرت التعرية المائية مع بداية الحضارة الزراعية للإنسان نتيجة الأنشطة البشرية المختلفة مثل قطع الغابات والرعي الجائر وحراثة الأراضي بقصد الزراعة. وبدأت تظهر التعرية المتتسارعة مع بداية استخدام الآلة الزراعية في تهيئة الأرض للزراعة مما أدى إلى تدهور التربة وانجراف الأراضي الزراعية. وأول الشعوب التي واجهت مشاكل التعرية الشعوب القديمة في الصين ومصر وبلاط ما بين النهرين، أما في عصرنا الحالي فقد بلغت التعرية المائية أوج شدتها في المائة سنة الأخيرة كما هو الحال في أمريكا وأوروبا نتيجة الأنشطة البشرية العشوائية في استثمار الموارد الطبيعية (ترابة، نبات، ماء).

يُضيع كل عام في أوروبا بسبب التعرية المائية 84 طن /كم² من حبيبات التربة الناعمة، وفي أفريقيا يصل الفقد حوالي 700 طن/كم². وفي إيطاليا فإن ضياع التربة بالسيول يبلغ 2500-88.3 طن/كم² وبالمتوسط يبلغ الفقد السنوي في العالم 15-64 طن/هكتار/سنة. وتعد التعرية المائية مأساة كبيرة للإنتاج الزراعي في كثير من سهول المنطقة الجافة، حيث تؤدي التعرية المائية إلى تخريب الأراضي وتحطيم خصوبة التربة الإنتاجية وتخفض الإنتاجية بمقدار 35-70% نتجة لفقد العناصر الغذائية (NPK)، وإن هدم وتخريب الطبقة السطحية الخصبة بالتعرية يجري بسرعة ويستمر أحياناً عدة سنوات وإن إعادة هذه الطبقة المفقودة يتطلب عدة مئات من السنين.

التعرية المائية ليست مشكلة زراعية فقط بل هي مشكلة بيئية أيضاً، حيث تؤدي إلى تلوث الوسط البيئي وتدور الأحواض المائية والغلاف الحيوي وإلى تغيرات سلبية في دورة العناصر الغذائية البيولوجية والجيولوجية. لأن مياه السيول الموحلة التي تصب في الأحواض المائية المغلقة كالبحيرات تؤدي مع الزمن إلى تحسن الظروف الغذائية لهذه الأحواض من جراء احتواء مياه السيول على كميات كبيرة من الطين حوالي 90% و79% من الأزوت و53% من الفسفور و98% بكتيريا متنوعة.

والظاهرة التي تسببها السيول تدعى Eutrophication تدور الأحواض المائية نتيجة رفع إنتاجية الأحواض المائية غير المفيدة بالنمو الزائد للطحالب Algae ويببدأ تلوث الماء في قاع البحيرات وتتشط العمليات الحيوية غير الهوائية وينتج عنها تراكم المواد السامة للكائنات الحية مثل غاز النشادر وكبريتيد الهيدروجين ويحصل نقص في كمية الأوكسجين المذاب في الماء وبالتالي موت النباتات والأسماك وتصبح المياه غير صالحة للاستعمال البشري ولا حتى الصناعي.

6-2-تعريف التعرية المائية:

وهي عبارة عن الفعل التخريبي ل قطرات المطر ومياه الجريان السطحي والذي يؤدي إلى تخريب وتحطيم الطبقة السطحية من التربة وأحياناً إلى انجراف كامل للتربة وظهور الجداول والأخدود والمخاريط الرملية المترسبة من السيول المحملة بالطمي.

وآلية جرف التربة بالمياه السطحية الجارية هي عبارة عن تأثير متبادل بين القدرة الانجرافية للتيار المائي P_e ومدى قابلية التربة للانجراف والتي تتعلق بدرجة تماسك التربة Pr ، وترتبط القدرة الانجرافية للتيار المائي بالعوامل التالية:

-سرعة الجريان V ، م/ثا

-سماكة الماء الجاري h ، سم

-كتلة حبيبة التربة (m) إلى مساحة مقطعها (s)

وبذلك تكون العلاقة الرياضية لㄌقدرة الانجرافية للتيار المائي على الشكل التالي:

$$P_e = f(Pr, v, h, m/s)$$

وترتبط درجة التماسك (Pr) بعدة عوامل:

- الوزن النوعي للتربة والمثانة الميكانيكية وتحدث التعرية عندما تكون:

$$P_e > P_r$$

6-3-أشكال وأنواع التعرية المائية

1-الانجراف (التعرية) المائي الصفائي :Sheet erosion

يحدث هذا الشكل من التعرية في الترب ناعمة القوام والرخوة منتظمة الميل حيث يسيل الماء على شكل غشاء مائي متماثل السماكة ويكون مقدار الانجراف متماثلاً على كامل سطح التربة، ويسبب كشط الطبقات السطحية الخصبة من التربة و يؤدي إلى تقلص قطاع التربة.

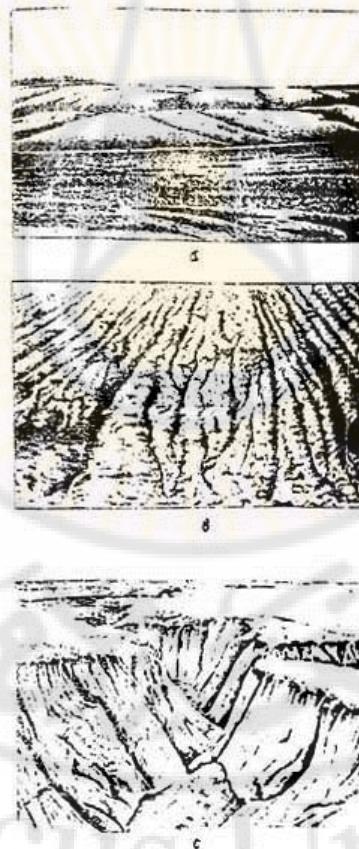
2-الانجراف المائي الجدولي :Rill erosion

يحدث هذا النوع من جراء تشكيل الجداول المائية بعد هطول الأمطار على سطح التربة حيث تتشكل على الأراضي المنحدرة في البداية جداول مائية صغيرة مختلفة الشدة لا تثبت أن تجتمع في سوادي أكبر رئيسية في أسفل منطقة التجميع

وتسبب ظهور أخدود بسيطة في التربة يصل عمقها 50-100 سم وتؤدي إلى كشط طبقة الحراثة أحياناً. وفي حال غياب أساليب صيانة التربة فإن هذا الشكل يتطور مع الزمن إلى الانجراف الأخدودي.

3- الانجراف المائي الأخدودي :Gully erosion

يصل عمق الأخدود التي تحدثها مياه السيول إلى أكثر من 100 سم وتصبح العمليات الزراعية مستحيلة وغير ممكنة لزيادة وعورة سطح التربة. ويلحق هذا النوع من التعرية أضراراً جسيمة في الزراعة ويتطور ليشكل الوديان.



الشكل (16). يبين أشكال التعرية المائية (a,b,c).

6-4- تصنیف التعریة المائیة حسب المسبب:

1- التعریة الناشئة عن ذوبان الثلوج :

وهي عبارة عن عملية غسيل قطاع التربة من العناصر الغذائية والمادة الدبالية والغرويات المعدنية والعضویة بواسطة المياه الناتجة عن ذوبان الثلوج، ويسیطر هذا النوع من التعریة على مساحة كبيرة من الأراضي ويشكل خطورة على الأراضي البور المحروثة والزراعات الشتویة.

2- التعریة الناشئة عن مياه السقاية:

وأخطر هذه الأنواع التعریة الناتجة عن الري بالأکاديد، ولذلك ينصح باستبدال الري بالأکاديد بالري بالرذاذ.

3- الانجراف الناتج عن قطرات المطر (الرشراشیة):

ويعد هذا النوع من أشد وأخطر أنواع التعریة المائیة نتيجة الصدمة المباشرة لقطرة المطر بسطح التربة وتعلق خطورة هذا النوع بخصائص قطرة المطر من حيث الحجم وسرعة السقوط ونوعية التربة من حيث القوام والبناء. وحجم قطرة المطر ترتبط بالشدة ودرجة الحرارة وسرعة الرياح.

يجري تخريب التربة في حال التعریة الرشراشیة لسبعين:

1- تحطیم وانفصال تجمعات التربة الثابتة بفعل قطرات المطر.

2- غسيل وانجراف حبيبات التربة بالتيارات المائیة التي تشكلت بسبب عدم قدرة التربة على تشرب مياه الأمطار الهاطلة. وإن انفصال حبيبة الطین أكثر صعوبة من انفصال ذرة الرمل ولكنها أكثر سهولة على الانتقال بالتيارات المائیة السطحیة المؤقتة.

وإن قدرة التيار المائي على جرف التربة تتعلق: بشدة الهطول وحجم قطرة المطر، وطول فترة الهطول المطري، بطول الانحدار ودرجة ميله وبعوامل أخرى. حيث إنه كلما كانت قطرات المطر كبيرة كانت سرعتها أكبر وبالتالي طاقتها الانجرافية أكبر وتأثيرها التخريبي أكبر.

6-آلية حدوث التعرية المائية:

بفعل اصطدام قطرات المطر بسطح التربة تتحطم التجمعات الترابية وتتحل في الماء مشكلة معلقاً مائياً موحلاً وبفعل استمرار تساقط قطرات المطر تتناثر قطرات الموحلة وتترعرع في الجداول المائية الجارية على سطح التربة وتتقل ذلك بعيداً عن مصادرها الأولية. ويصل ارتفاع قطرة المطر الموحلة في حال الطروشة 40-60 سم حاملة معها ذرات التربة في الاتجاهات المختلفة من المنحدر وهذا مرتبط بحجم قطرة المطر وسرعة سقوطها.

تحدث التعرية المائية تحت تأثير عوامل الأمطار والسيول وفيما يلي شرح لذلك:

1- التأثير الانجرافي لقطرات المطر:

أكّدت التجارب العلمية أن السبب الرئيس للتعرية التربة يعزى إلى قطرات المطر عالية الشدة حيث تمتلك هذه قطرات طاقة حركية عالية ولها طاقة انجرافية أكثر بكثير من التأثير الذي تحدثه السيول وكمية الطاقة الحركية التي تمتلكها قطرات المطر يمكن حسابها بعملية رياضية بسيطة:

$$E = \frac{m}{2} (v)^2$$

- الطاقة الحركية بالجول وتساوي نصف كمية الهطول ضرب مربع سرعة الهطول.

- كمية الهطول، م

V- سرعة الهطول، م/ثا

فإذا كانت سرعة الهطول 8 م/ثا تكون الطاقة الحركية لهذا الهطول $m = m$

$$E = m/2 (8)^2 = 32 m$$

أما في حال الجريان السطحي فإن كتلة الجريان السطحي تقدر بـ 25% من كمية الهطول وكقاعدة عامة فإن سرعته حينئذ لا تتجاوز 1 م/ثا وبذلك تكون الطاقة الحركية لماء الجريان السطحي تساوي:

$$E = m/8 (1)^2 = m/8 =$$

وهذا يعني أن الطاقة الحركية للجريان السطحي أقل بكثير من الطاقة الحركية للأمطار وبذلك تكون القدرة الانجراهية ل قطرات المطر أكثر من ماء الجريان السطحي. والطاقة الحركية للمطر تتأثر بالإضافة إلى كمية المطر بنوعية المطر من حيث الشدة المطالية وحجم قطرات المطر التي غالباً ما تتراوح أنساب قطراتها ما بين 0.1-5 مم، فكلما زاد حجم قطرة المطر ازدادت سرعتها وبالتالي ارتفعت قدرتها الانجراهية (Morgan, 1983).

وأوضح العالم الأمريكي Vishmeir, 1965 بأن أعلى شدة انجرافية للأمطار بفعل طاقتها الحركية هي التي تكون عالية الشدة في الثلاثين دقيقة الأولى من زمن الهطول.

6- الجريان المائي السطحي :Run – off

ونعني به حركة وانسياط مياه الأمطار على السطح وفي الطبقة السطحية من التربة ويحدث على الأراضي المنحدرة عبر ثلاثة مراحل:

1- المرحلة الأولى: وتبدأ بتشرب المياه في التربة بعد الهطول مباشرة.

2- المرحلة الثانية: تفتت وتفكيك التجمعات الترابية على السطح بفعل قطرات المطر، وتفرد بذلك الحبيبة الفردة من التجمع الترابي وتسد مسامات التربة وتختفي نفوذيتها ويتوقف شربها للماء فيتشكل غشاء مائي رقيق ويبدأ بعد ذلك تشكل الماء الموحل على السطح.

3- المرحلة الثالثة:

بداية ظهور جريان مائي بسيط في منطقة الحوض الصباب Catchment area يعمل على نقل المواد الترابية المنزوعة من التربة بفعل قطرة المطر وتزداد عكارة الماء الجاري وتتوجه الجداول الصغيرة لتشكل جدولًا رئيساً باتجاه الانحدار في الحوض الصباب مشكلة في نهايته نهرًا صغيرًا أو سيلًا.

معامل الجريان السطحي :Run-off index

وهو عبارة عن كمية المياه الجارية (h) إلى سماكة كمية الأمطار الهاطلة (H) $X = h/H$: ويقدر معامل الجريان بجزء من الواحد أو كنسبة مئوية.

ليس من المفروض أن كل هطول مطري يسبب جرياناً سطحياً وإنما يحدث الجريان السطحي فقط عندما تكون شدة الهطول (q) أكبر من سرعة شرب التربة للماء الهاطل وهذه السرعة تتغير مع الزمن (t) ويمكن تمثيل هذه المتغيرات بالمعادلة التالية:

$$K_t = K_0 (t/t_0)^a$$

حيث إن: K_t - شدة شرب الماء في التربة خلال الفترة الزمنية t التي انقضت اعتباراً من بداية الهطول المطري مم/دقيقة.

K_0 - شدة التشرب البدائية مم/دقيقة

a - معامل تجريبي يتعلق بحالة التربة

وفي الطبيعة يلاحظ ثلات حالات لظهور الجريان المائي السطحي:

1- يظهر الجريان المائي مع بداية الهطول عندما يكون $q > K_0$

2- يظهر الجريان بعد فترة معينة من بداية الهطول $q = k_t$

3- لا يظهر الجريان السطحي عندما تكون $q < k_t$

وتلاحظ هذه الحالة على الترب الرملية أما الاحتمال الثاني فهو أكثر حدوثاً في الطبيعة حيث يظهر الانسياق السطحي بعد فترة من الوقت من بداية الهطول المطري بعد تشبّع التربة بالرطوبة وانخفاض قدرتها على التشبّع بالماء.

4- العوامل المؤثرة في حدوث التعرية المائية:

عبر العالم Henin، 1950 عن العوامل المؤثرة في التعرية المائية بالعلاقة

الرياضية التالية:

$$E = I_p \cdot R \cdot S / K \cdot V_e$$

حيث إن:

I_p - شدة الهطول المطري

R - الطبوغرافيا S - التربة، K النفاذية، V_e - النبات الطبيعي

وأضيف إلى المعادلة فيما بعد العامل البشري لما له من دور كبير في توجيه العوامل السابقة.

6-7- العوامل المؤثرة في التعرية المائية:

1- المناخ Climate

من أهم العوامل المناخية المؤثرة في التعرية المائية للأمطار، ودرجات الحرارة. أما بالنسبة للأمطار فهي العامل الرئيس المسئب لعملية التعرية. ومن أهم خصائص الهطول المطري المحددة لإمكانية حدوث التعرية كمية الهطول

المطري وشدة وتوسيعه وتتابعه من خلال التأثير على مقدار الفعل المشتت ل قطرة المطر وظهور الجريان السطحي وتحديد شدة جريانه وبالتالي حدوث التعرية بشدات مختلفة. وإن أكبر كمية من التربة يمكن أن توجد في القطرة المنتاثرة بعد حوالي 2-3 دقيقة من بدء الهطول.

العلاقة بين خصائص الهطول المطري والانجراف المائي:

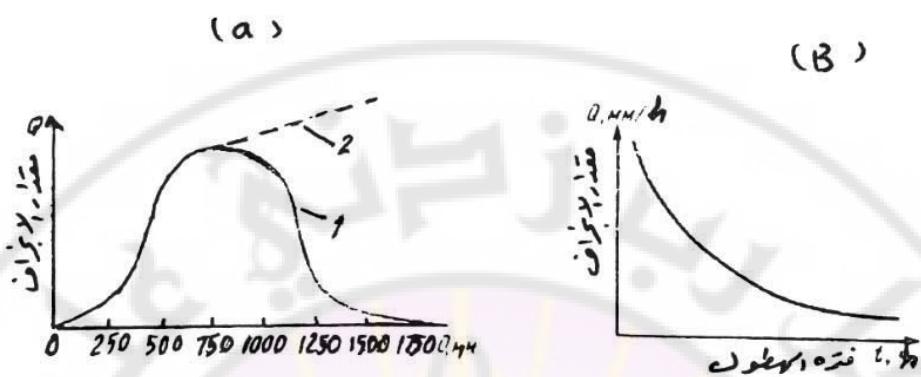
1- العلاقة بين توزيع الهطول المطري والتعرية:

يرتبط توزيع الأمطار بشكل مباشر بالرغبة النباتية للتربة وبالمحتوى الرطوبي، حيث يكون الانجراف قليلاً في الأشهر التي تكون فيها التربة مغطاة بالمحاصيل والنبت الطبيعي. ويكون الانجراف كبيراً في الأشهر التي تكون التربة رطبة بغض النظر عن شدة وكمية المطر. ودراسة التوزيع المطري في منطقة ما حسب الأشهر والفصول وعلاقتها مع نظام الدورة الزراعية. وبحيث لا توجد نقاط ضعف في الدورة تتوافق مع قمم شدة الهطول أي لا تكون التربة عارية وخالية من المحاصيل.

2- علاقة الشدة المطالية والانجراف المائي:

تحكم الشدة المطالية بالانجراف المائي بصورة أكبر من كمية الهطول المطري والتتابع وهناك علاقة طردية بين شدة الهطول وكمية الانجراف المائي في حال كون العوامل الأخرى ثابتة.

وقد وجد أن الأمطار ذات الشدة المطالية $0.3 \text{ م}/\text{دقيقة}$ لا تؤدي إلى تحطيم التربة ويبعد تخریب التربة عندما تتجاوز الشدة المطالية $0.8 \text{ م}/\text{د}$ ويصل حجم قطرة المطر 0.8 م .



الشكل (17). يبين العلاقة بين كمية الهاطل وشدة الانجراف.

3- العلاقة بين كمية الهاطل وشدة الانجراف المائي :

يزداد الانجراف المائي بزيادة الشدة المطرية وفي ثبات الشدة المطرية فإن الانجراف يزداد أو يتناقص بزيادة أو نقصان كمية الهاطل. (الشكل 17).

إن الحد الأدنى الذي يعد فيه المطر جارفاً هو الذي تبلغ فيه كمية الأمطار في 25مم/سا وهذا يعادل 0.4 مم/ دقيقة. أضف إلى ذلك أن كمية الأمطار في المناطق المدارية أكبر منها في المناطق المعتملة، كما أن الشدة المطرية تكون أعلى في المناطق المدارية منها في المناطق المعتملة. وبناء على ذلك فإن قوة جرف الأمطار المدارية تكون أكبر بـ 16 مرة من قوة جرف أمطار المناطق المعتملة.

4- تأثير التعاقب المطري على الانجراف المائي :

يزداد الانجراف المائي بزيادة التعاقب المطري ويكون بحدوده الدنيا في المطرات الأولى ويزداد في المطرات الثالثة والرابعة في اليوم نفسه.

6-7-2- العوامل التضاريسية Relief

تعرف التضاريس بأنها مجموعة المرتفعات والمنخفضات والمنحدرات الموجودة على سطح الأرض والتي تشكل طبغرافية منطقة ما. وتنتهي المنحدرات المرتفعة عادة في أراضٍ منبسطة أو وديان. تدعى أعلى نقطة في سفح مرتفع ما بالحوض الصباب للمياه ومنها يبدأ جريان المياه السطحية إلى أسفل مع اتجاه الانحدار. ومن أهم الخصائص الهامة للتضاريس المحددة لإمكانية ظهور

التعريبة المائية:

- ميل المنحدر.
- طول وشكل المنحدر.
- اتجاه تعرض المنحدر.

ويعد وجود الانحدار من الشروط الهامة لتشكل الجريان المائي السطحي. ويدعى ميل المنحدر البالغ 1-2 درجة مؤوية والذي تبدأ عنده التعريبة المائية بالميل الحر.

ويعبر عن الميل بالمعادلة التالية:

$$i = h/L = t_g \alpha$$

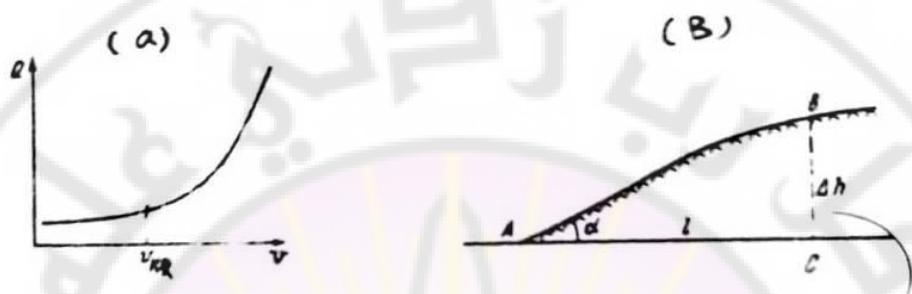
حيث إن: i - ميل المنحدر بالدرجات

h - ارتفاع المنحدر بالمتر.

L - طول المنحدر بالمتر.

$t_g \alpha$ - ضل الزاوية للمنحدر.

$$\alpha = \frac{\Delta h}{L}$$

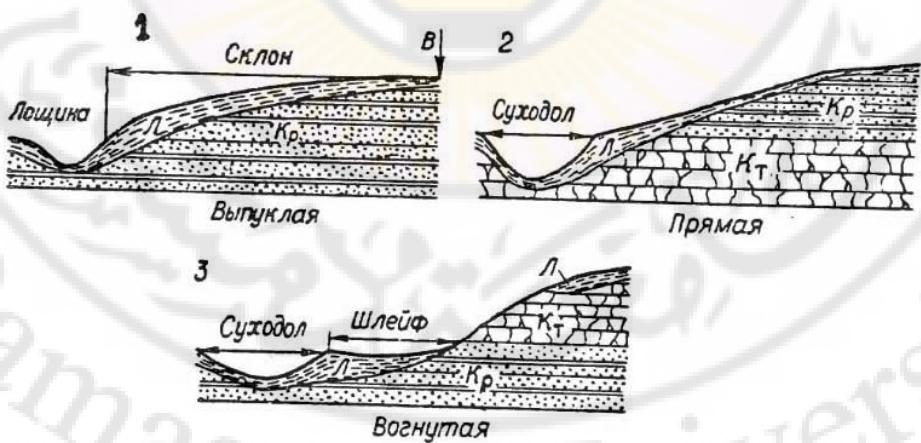


الشكل (18). يبين درجة الانحدار والمرتبطة بظل الزاوية (a).

يتضاعف خطر ظهور التعرية المائية بزيادة طول المنحدر وبوجود أمطار غزيرة وأتربة ضعيفة. وإن مقدار الانحدار من أكثر خصائص التضاريس تأثيراً على سرعة الجريان المائي وتزداد سرعة الجريان بزيادة زاوية الميل.

يؤدي شكل الانحدار دوراً كبيراً في تنشيط عمليات التعرية ومن هذه الأشكال:

1- منحدر متماثل وفي هذه الحالة تكون التعرية أشدّها في أسفل المنحدر



الشكل (19). يبين أشكال المنحدرات.

2- منحدر محدب وتكون التعرية أشد منها في حال المنحدر المتماثل لسبعين:
زيادة طول المنحدر وميل المنحدر.

3- المنحدر المقعر لا يوجد انجراف وتظهر عمليات ترسيب وتراكم للترابة
المنجرفة من الجزء العلوي للمنحدر

4- مقطع المنحدر متدرج في هذه الحالة يتلاشى خطر التعرية لأن هذا الشكل
يخفف من سرعة الجريان ويشجع الرشح داخل التربة.

تكون التعرية المائية شديدة على السفوح الغربية والجنوبية وضعيفة على السفوح
الشرقية والشمالية لأن كثافة الغطاء النباتي وكمية المادة الدبالية وثباتية البناء أقل
مما عليه في السفوح الشرقية والشمالية.

الجدول (16). تصنيف التضاريس حسب درجة الميل وأخطار التعرية.

درجة الميل	أقل من ١°	منبسطة	انحدار متوسط	انحدار شديد	١٠-٥
طبوغرافية الأرض	منبسطة	منحدرة	انحدار متوسط	انحدار شديد	قوية
أخطار التعرية	لاتوجد خطورة	خفيفة	متوسطة	انحدار متوسط	قوية

وإن معامل تحدد التعرية في منطقة ما تعطي فكرة واضحة عن درجة تعرية
الترابة:

$$K = L / S$$

K- معامل التحدد للتعرية في المنطقة

L- طول الأخداد في أرض الدراسة بالمتر أو الكيلو متر

S- مساحة المنطقة المدروسة بالمتر المربع أو كم^2

الجدول (17). تصنيف التعرية في المنطقة حسب كثافة الأخداد.

شدة التعرية	شدة التحدد	معامل التحدد K
خفيفة	تقسيمات بسيطة	أقل من 0.5
تعرية متوسطة	متوسطة	1 - 0.5
تعرية شديدة	تقسيمات شديدة	أكبر من 1

والمعادلة التالية تبين العلاقة بين شدة الانحدار ومقدار التعرية:

$$Q = K I^n$$

حيث إن: Q - شدة التعرية بالطن / هكتار / سنة

K - معامل تناسب، I - الميل أو ظل زاوية الانحدار، و n دليل تجريبي

وأن مقدار الانحدار يحدد نوعية نظام حماية التربة من التعرية وشكل إدارة

الأراضي:

كما أن لطول الانحدار تأثيراً في عملية التعرية المائية والعلاقة الرياضية التالية

توضح ذلك:

$$Q = K (L)^m$$

حيث إن: k - عامل تناسببي، L - طول المنحدر m - معامل تجريبي تتراوح

قيمتها من 1 إلى 2.5 .

تظهر التعرية بشكل شديد في أسفل المنحدرات الطويلة نظراً لعرض المنطقة

لجريان سريع وغزير ويمكن تمثيل العلاقة بين سرعة الجريان والميل كما يلي:

$$V = H^{0.67} I^{0.5} / n$$

حيث إن: V - سرعة الجريان m/ث، H سمك الماء الجريان السطحي سم

I - ميل السطح، % و n معامل خصونة حقل القمح (5) والبور المحروثة (1)

للصحاري (0.03).

وقد ربط Zingg,1940 بين مقدار انجراف التربة وخصائص التضاريس المختلفة بالعلاقة التالية :

$$X = C_s^{1.4} L^{1.6}$$

حيث إن : X - مقدار انجراف التربة و L - طول المنحدر و S درجة الميل

6-7-3- العوامل الأرضية والصخور الجيولوجية:

تعد التربة من أهم العوامل ذات العلاقة المباشرة بعملية التعرية المائية لذا فإن توصيف التربة في منطقة هو مقياس لفعالية التعرية في تلك المنطقة ومن أهم خصائص التربة المؤثرة في التعرية:

3-1-3- حالة البناء والمتانة الميكانيكية

ترتبط مقاومة التربة للتعرية المائية بحالة ونوعية البناء حيث إن البناء الحبيبي الناعم يتصرف بقدرة على الرشح أعلى بـ 10-20 مرة من الترب عديمة البناء ولذلك فإن تلك الترب تكون مقاومة للتعرية. وهناك علاقة وثيقة بين التركيب الميكانيكي والمادة البالية من جهة وبين التركيب الحبيبي من جهة ثانية. والعلاقة بين مقاومة التربة للتعرية وبين التركيب الميكانيكي والحببي للتربة:

$$K = G \cdot 100 / Q$$

حيث إن: G - ثابت الت Hubb ويساوي % الحبيبات أقل من 0.001 مم مقسومة على % الحبيبات أكبر من 0.001 مم والناتجة عن التحليل الميكانيكي.

Q - ثابت التفكك ويساوي نسبة الحبيبات أقل من 0.001 مم في التحليل الحبيبي مقسوماً على % الحبيبات أقل من 0.001 مم في التحليل الميكانيكي.

وقد توصل العالم الروسي Koznetsov، 1981 إلى أن قابلية التربة للانجراف تتأثر بدرجة كبيرة بقيمة معامل التفكك لغرويات التربة: Erodibility

عامل التفكك (%) = % مجموعه الطين في التحليل الحبيبي / % مجموعه الطين في التحليل الميكانيكي.

ووجد أن الترب المعرضة للانجراف المائي يكون فيها عامل التفكك أكبر من 15% بينما تكون الترب غير معرضة للانجراف المائي إذا كان معامل التفكك أقل من 15%.

5- القوام الميكانيكي

إن شدة الانجراف المائي تختلف باختلاف القوام الميكانيكي للتربة وأكثر الترب تعرضاً للتعرية هي تلك التي تكون فيها نسبة مجموعه السلت عالية (0.05-0.001 مم).

يؤثر قوام التربة على درجة نفاذية وسرعة الرشح فيها حيث إن الترب الثقيلة ذات نفاذية متدنية. أما على الأراضي الخفيفة فتكون النفاذية عالية والرشح جيداً وبذلك تكون الأرضيات الخفيفة في التضاريس المنحدرة ذات قابلية أكبر للتعرية وتظهر عليها التعرية الأخدودية والجدولية.

أما على الأرضيات المنبسطة فتكون الترب الرملية مقاومة للتعرية نظراً لارتفاع معامل النفاذية ولا يتشكل عليها جريان سطحي بعد الأمطار. كما أن شكل الانجراف على الأرضيات يتعلق بالقوام فيكون شكل الانجراف على الترب الرملية على هيئة حرف V أما على الترب الطينية والطمية فعلى هيئة حرف (ب) غالباً ما يكون الجرف تدريجياً وغير واضح، أما على الترب المكونة من اللوس فيكون شكل الانجراف صندوقياً وحواف الجرف مائلة للداخل وقعر المسيل منبسط.

6- محتوى التربة من المادة الدبالية وكربونات الكلسوم:

إن وجود المادة الدبالية مع الغضار المشبع بالكلاسيوم في الترب السوداء يعطي بناء جيداً وثباتية عالية ويخلق ظروفاً ملائمة لتكوين وتجديد بناء التربة، أما قلة المادة العضوية في التربة فتؤثر على درجة التحبب في الطبقة السطحية. وإن الترب التي تحتوي على كمية قليلة من الغضار والدبال ومعقدها الغروي مشبع بالكاتيونات الأحادية تتميز بناء هش سريع التدهور وخاصة بعد عملية الحراثة. وتتراجع نفاذيتها وتكون قوى الارتباط بين حبيباتها ضعيفة وتكون سهلة الانجراف بالمياه. وإن قوى الارتباط أهم من حجم الحبيبة فكلما زادت قوى الارتباط والتماسك زادت الثباتية و مقاومتها للفعل الهدام للماء.

7- نوع الكاتيونات المتبادلة على المعقد الغروي:

يؤثر على درجة مقاومة التربة للانجراف المائي تركيب القواعد المدمصة على المعقد الغروي للتربة حيث إن سيادة كاتيون الكلسيوم ضمن القواعد المدمصة يزيد من مقاومة التجمعات الترابية لفعل الماء الهدام ويقلل من قابلية التربة للتعرية وإن زيادة كاتيونات الصوديوم والمعنيزيوم يسبب زيادة القلوية و يؤدي إلى زيادة فعالية التعرية الجدولية والصفائحية وتشكل طبقة من الأوحال تغطي سطح التربة.

8- ملوحة التربة:

إن وجود كمية كبيرة من الأملاح القابلة للذوبان بالماء في التربة يزيد من قابلية التربة للتعرية حيث إن وجود هذه الأملاح تؤدي إلى دفع حبيبات التربة وخلخلة

كتلة التربة وجعل بنائها هشاً غير متماسك وغير مقاومة للتعرية في هطول الأمطار.

9- المسامية ومعامل النفاذية:

وتربط المسامية والنفوذية بالقوام والبناء وإن تحسن النفاذية تزيد من الرشح وتقلل من فرص ظهور الجريان المائي السطحي وبالتالي تحسين مقاومة التربة للتعرية

10- المحتوى الرطوبي في التربة:

إن محتوى التربة الرطوبي يؤثر على درجة مقاومة للتعرية المائية لأن التربة الجافة بنائها أكثر ثباتية من الأراضي الرطبة ولذلك فإن الأمطار المتتابعة تكون أكثر تأثيراً على ظهور التعرية من الأمطار الأولى والترب الرطبة في حال تتابع الأمطار تكون قدرتها على شرب المياه منخفضة ويظهر الجريان السطحي وبالتالي يكون تأثير الانجراف أكبر وأشد على الأراضي الرطبة.

- الصخور الأم والمهد الصخري:

إن الصخور الهشة خفيفة القوام مثل اللوس تكون سهلة الانجراف المائي ويمكن تصنيف الصخور إلى ثلاث مجموعات حسب قابليتها للانجراف المائي:

1- صخور سهلة الانجراف: مثل الصخور الهشة (اللوس، الرمال، الغضار والمارن).

2- صخور متوسطة التعرض للانجراف: مثل الصخور الكتيمة والصخور ذات الملاط الضعيف (الحجر الرملي، الطباشير وبعض الصخور الغضاروية).

3- صخور مقاومة للانجراف: مثل الصخور الاندفاعية ذات البنية القاسية ومتوسطة القساوة مثل الصخور الكلسية والدولوميت.

6-7-4 الغطاء النباتي **Vegetation cover**

للغطاء النباتي أثر كبير في حماية التربة من الفعل التخريبي للأمطار والسيول، فوجود أي غطاء نباتي مهما كانت نسبة كثافته خفيفة يوفر نوعاً من الحماية من التعرية المائية، وكلما زادت كثافة الغطاء النباتي في الأرضي فإن درجة حماية التربة تزداد. وتصنف الأغطية النباتية المختلفة حسب درجة حمايتها للتربة كما يلي:

غابات طبيعية، أحراش اصطناعية، مراعي طبيعية، محاصيل نجيلية، محاصيل صناعية.

إن محاصيل الذرة الصفراء والشوندر السكري في ظروف الزراعة المطرية فعاليتها ضعيفة في حماية التربة من التعرية نظراً لقلة كثافتها في وحدة المساحة حيث لا تتجاوز كثافة تغطيتها 1-27%. أما المحاصيل ذات الكثافات العالية مثل البقوليات والمحاصيل الحبوبية فهي تصنف تحت مجموعة المحاصيل عالية القدرة على حماية التربة وتشكل طبقة من مخلفات المحاصيل بعد الحصاد تكون كافية لتغطية سطح التربة وبالتالي على حمايتها من الفعل المباشر ل قطرات المطر وتمكن تشكيل ماء الجريان السطحي.

وتعت الأعشاب المعمرة من المحاصيل الناجعة في حفظ التربة من التعرية وفي نفس الوقت من المحاصيل المحسنة لخصوبة التربة. وإن وجود غطاء نباتي بمقدار 50% وأكثر يؤمن حماية جيدة للتربة من الانجراف المائي. كما إن

للغابات أثراً فعالاً في حماية التربة من فعل الأمطار المباشر من خلال المظلة التي تشكلها فوق سطح التربة بالإضافة للفرشة الغابية المتشكلة والتي تشكل طبقة واقية من فعل قطرات المطر. كما أن للفرشة الغابية في الوقت نفسه قدرة امتصاصية عالية تبلغ 200-300% من كتلتها الجافة تمنع تشكيل ماء الجريان السطحي. وتزيد من قدرة التربة على تشرب الماء. كما أن للمجموع الجذري للأشجار الغابية القدرة على التغلغل في العمق والعمل على تفتيت الصخور وزيادة نفاذية الطبقات السفلية من التربة ورشح الماء إلى الأعمق وتغذية المياه الجوفية.

6-7-5- استعمالات الأرضي:

من الأنشطة البشرية الإيجابية التي تسهم في إيقاف التعرية المائية:

-حراثة وفق الكنور والابتعاد عن الحراثة باتجاه الميل لأنها يشجع تشكيل السيول وانجراف التربة.

-إضافة الأسمدة المعدنية والعضوية.

-استصلاح الأرضي الغدقة والمالحة والقلوية.

-إضافة الجبس والمركبات الكيميائية المساعدة على زيادة درجة التحبيب.

وإلى جانب النشاطات الإيجابية للإنسان هناك بعض النشاطات الخاطئة والمؤسفة:

-الإضافات الخاطئة للأسمدة المعدنية.

-الإدارة الخاطئة واتباع طرق زراعية غير صحيحة واستخدام تكنولوجيا حراثة مثل الحراثة التقليدية تشجع تشكيل السيول وانجراف التربة. ومن الأنشطة البشرية التي تزيد من فعالية الانجراف المائي:

-قطع الغابات.

-الرعى الجائر أو تحويلها إلى أراضٍ زراعية.

-حراثة الأراضي باتجاه الميل.

-عدم وجود دورة زراعية تحفظ خصوبة التربة.

-اتباع تكنولوجيا زراعية خاطئة تؤدي إلى تدهور الغطاء النباتي والأراضي.

من النشاطات الإيجابية للإنسان ذكر:

-مساحة التشجير الحراجي.

-زراعة الأعشاب المعمرة في الأراضي المنحدرة.

-تطبيق دورات زراعية مناسبة.

-اتباع أساليب وتكنولوجيا زراعية سلية وصحية.

6-8- الأضرار الناجمة عن الانجراف المائي:

1- ضياع التربة: تؤدي التعرية المائية إلى كشط التربة السطحية الأكثر خصوبة.

2- تخريب الأرضي على المنحدرات بسبب تشكيل الأخدود حيث تعمل التعرية المائية في التربة كعمل دودة القز في ورقة التوت وتقضمها تدريجياً.

3- فقد مغذيات النبات وخصوصاً الفسفور والآزوت والبوتاسيوم.

4- تدهور القدرة الإنتاجية للترب المعرابة.

5- تغيرات في قوام التربة حيث يتحول للقואم الخشن نتيجة لانجراف الحبيبات الناعمة ($0.001-0.01$ مم).

6- تكشف الصخور الأم نتيجة لجرف الطبقة السطحية.

7- تراجع نشاط الكائنات الحية الدقيقة وانخفاض فعالية الأنزيمات الأرضية.

8- تدهور الخواص المائية والفيزيائية للترب المعرابة.

9- انغسال الأسمدة والمبيدات من التربة بمياه السيول.

الفصل السابع

أساليب صيانة التربة من التعرية المائية

1- المبادئ الأساسية:

ترتكز أساليب صيانة التربة على المبادئ التالية:

- 1- اجتناب ظهور الجريان المائي السطحي.
- 2- زيادة درجة مقاومة التربة للانجراف المائي.
- 3- العمل على وقف عمليات التعرية المائية بالوسائل الزراعية المتاحة.
- 4- تحسين خصوبة الأراضي المتأثرة بالانجراف المائي.

وتبدأ عملية مكافحة التعرية بخطيط استعمالات الأرضي وهي مرحلة تحضيرية تسبق مرحلة تنفيذ برنامج مكافحة الانجراف المائي وتتلخص في إعداد مخططات طبوغرافية وخرائط تربة لمنطقة المراد صيانتها من الانجراف المائي بناءً على معطيات تصنيف الأرضي في المنطقة وشدة ظهور عمليات التعرية. وتعد مخططات الصيانة بمقاييس 1/25000 و 1/5000 في ظروف الأرضي المتموجة . 1/5000

ويتضمن مخطط تنظيم الأرضي لمكافحة التعرية تصميم الأساليب الفعالة لصيانة التربة وبيان كيفية تنفيذها عملياً.

يدخل ضمن مشروع خطيط وتنظيم استعمال الأرضي:

- 1- تصنيف الترب إلى فئات حسب درجة الخصوبة والتدبور والشدة ومدى ملائمتها للاستعمال الزراعي.

2- تحديد أنواع المحاصيل الزراعية لكل فئة من الأراضي وإعداد دورة زراعية مناسبة لها.

3- إعداد أساليب زراعية خاصة لصيانة التربة وتحسين خصوبة التربة وبيان طريقة تتنفيذها على الواقع.

4- تحضير مخططات بمقاييس 1/200 إلى 1/1000 لتنفيذ وتصميم المنشآت الهيدرотقنية إذا وجدت.

5- إعداد مخططات طبوغرافية للأرض المراد صيانتها. يوضح عليها خطوط التسوية والميول وطول الانحدار.

7-2- العمليات الزراعية المتعددة لصيانة التربة من التعرية المائية:
وتقسم العمليات الزراعية المختلفة حسب تأثيرها في خفض شدة التعرية إلى مجموعتين:

1- الأساليب الزراعية الهدافلة إلى تقليل مياه الجريان السطحي:

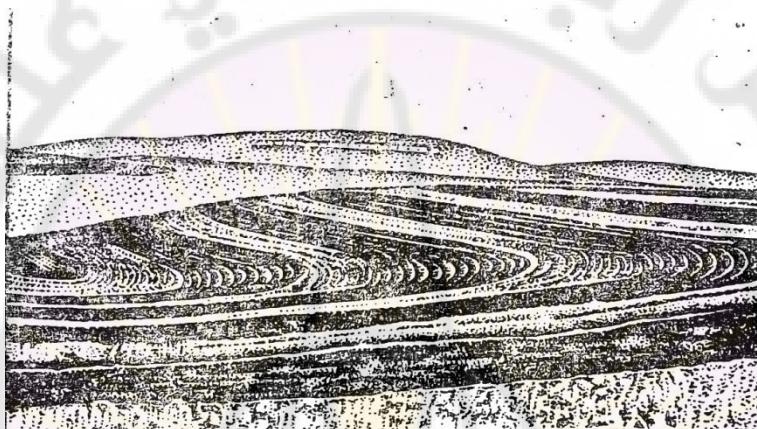
1-1- حراثة التربة عمودياً على اتجاه الميل:

إن حراثة التربة باتجاه خطوط التسوية فإنها تزيد خشونة سطح التربة وتعرقل حركة الماء السطحي وتقلل من سرعة الجريان السطحي ويساعد على رشح الماء داخل التربة ويقلل من خطر ظهور التعرية المائية.

2- الزراعة الكنتورية:

وهذا يعني إجراء جميع العمليات الزراعية من حراثة وتخطيط وعمليات العزيق والزراعة وعمليات الخدمة والحساب وفقاً لخطوط التسوية. وهذه التقنية تزيد من الانخفاضات والارتفاعات على سطح الأرض ويساعد على حجز الماء الجاري

ويقل من ظهور ماء الجريان السطحي ويجنب من التعرية المائية. وهذا الإجراء فعال على الأراضي جيدة الصرف وذات ميل لا يتجاوز 4%. (الشكل 20)



الشكل (20). يبين الزراعة الكتورية.

-2 إقامة الأنلام على المنحدرات :Furrowing

تنفذ هذه الأنلام بواسطة محراث الأحاديد من النوع Lister وبعمق 20-25 سم وتبلغ المسافة الفاصلة بين صفوف الأحاديد 5-10م وهو أسلوب فعال في الأراضي ذات التضاريس المتموجة .

-3 إقامة الأنلام المتقطعة :Intemittent furrowing

وهو نفس الإجراء السابق ولكن تترك بين الأحاديد فوascal بدون حراثة تبلغ 2-3م وتكون عمودية على اتجاه الميل وأن لا تتقابل هذه الفوascal مع بعضها البعض وبحيث يقابل كل أخدود خط فاصل ويبلغ طول المسافة بين الفوascal 10-8 م.

-4 - الأثلام المتصلبة :Decussate furrowing

تقام هذه الأثلام في الأراضي ذات درجة ميل 2-3° وبشكل متصلب من خطوط طولانية وعرضية وتتفذ على التضاريس المعقدة وتقوم هذه الأثلام بحجز وامتصاص ماء الجريان السطحي وتمكن حدوث التعرية المائية. وتحدد المسافة بين الأثلام حسب درجة الميل لسطح الأرض وشدة الجريان السطحي.

-5 - تطبيق حراثة التضليع :Ridge tillage

ويتم تنفيذ هذا النوع من الحراثة بواسطة محاث Ridge cultivator وهذه الحراثة تكون على هيئة حفر صغيرة محاطة بأكمات ترابية وبحيث تعطي سطح الأرض شكلاً مضلعاً تزيد من خشونةٍ تساعد على عرقلة ماء الجريان السطحي للأمطار وتزيد من رش الماء داخل التربة وتمكن من حدوث التعرية المائية.

-6 - حراثة التجوير :Pitting tillage

وتتفذ على الأراضي سيئة الصرف والكتيمة والمنبسطة وبواسطة محاث خاص يترك حفراً صغيراً بعمق 15-20 سم وبقطر 25-50 سم وتقوم هذه الحفر بحجز ماء الجريان السطحي بعد هطول الأمطار وممكن أن تزرع هذه الحفر بالمزروعات.

-7 - شق التربة على المنحدرات:

يتضمن هذا الإجراء شق التربة على شكل خندق عمقه 45-50 سم وعرضه 10 سم ونحصل بينها مسافات تتراوح بين 70-180 سم وتبلغ المسافة بين مسارات هذه الشقوف حوالي 10-12 م.

8 - تشييد الحاجز الترابية على المنحدرات المحمورة:

يتم إنشاء هذه الحاجز بشكل متعمد على اتجاه المياه وهي فعالة على المنحدرات الطويلة خفيفة التموج وبميول 2-5 درجة وبلغ ارتفاع الحاجز 40-50 سم وبعرض 100 سم ويفضل أن تترافق مع خنادق تصريف بعمق 100-120 سم وعرض 90-100 سم ويكون لهذه التقنية وظيفتان: حجز الماء وتصريف الزائد منه. (الشكل 21)

3- توجيه العمليات الزراعية لرفع مقاومة التربة للتعرية:

1- تحسين بنية التربة:

إن إغناء التربة بالماد العضوي عن طريق التسميد العضوي أو المحافظة على مخلفات المحاصيل على سطح التربة في حال تطبيق نظام الزراعة الحافظة يؤدي إلى زيادة فعالية نشاط الكائنات الحية الدقيقة وزيادة كمية الأحماس البالية التي لها أثر في تكوين التجمعات الترابية أكبر من 250 مم والمقاومة لفعل الماء الهدام.

2- عمليات تهيئة التربة للزراعة:

ويتم ذلك باختيار الحراثة المناسبة في تهيئة التربة للزراعة ومدى تأثير نوع الحراثة على بنية التربة، كما تؤدي نسبة الرطوبة في التربة عند إجراء الحراثة دوراً في تحسين البناء إلا أن بعض عمليات الحراثة تؤدي إلى تخفيض ثباتية البناء (الحراثات التقليدية) عن طريق تسريع تمعدن المادة العضوية وتحطيم بناء التربة وتراجع نفوذيتها. ويجب أن تتحقق الحراثات المتبعة الأمور التالية:

- عدم تتعيم الطبقة السطحية والمحافظة على مخلفات المحاصيل.

- عدم قلب التربة.
- تحسين نفوذية التربة وحفظ الرطوبة الأرضية عن طريق:
- عدم الإفراط في حراثة التربة.
- إجراء الحراثة عندما تكون الرطوبة تعادل المكافئ الرطobi.
- حراثة التربة الحساسة للتعرية في فصل الربيع.
- إضافة السماد العضوي بشكل مستمر.
- أن تكون الحراثة ملائمة لطبيعة التربة باتباع الحراثة الحافظة (غير القلابة، الحراثة الصفرية) وتتفذ هذه الحراثات بمحاريث من نوع No-till Roster

3- الاهتمام بتعدد المحاصيل في دورة زراعية متوازنة:

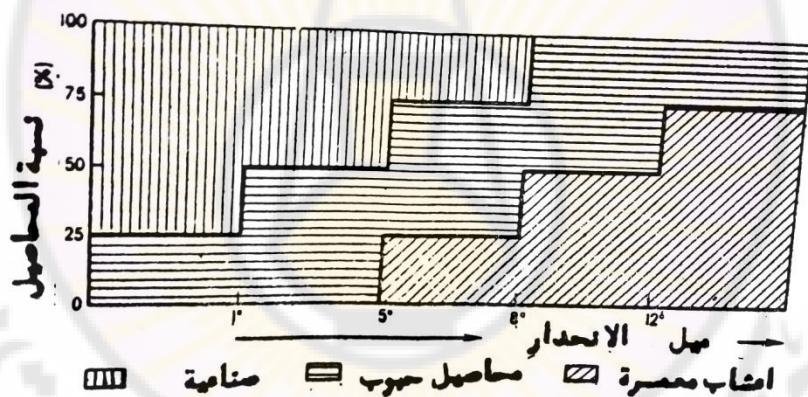
تعد الدورات الزراعية الحافظة من الوسائل الفعالة في صيانة التربة من الانجراف المائي وهذا يحقق الأغراض التالية:

- تقليل عمليات الخدمة والمحافظة على البناء ودرجة التماسك.
- تحافظ على المخلفات العضوية وتزيد من المادة الدبالية.
- تشكل غطاءً واقياً لسطح التربة من المؤثرات الخارجية.
- تعمل جذور النباتات على زيادة تماسك التربة وتؤدي إلى رفع درجة مقاومة التربة للانجراف المائي.

وتشكل الأعشاب المعمرة 50-80% من مساحة الحقول الكلية للدورات الزراعية وبالمقابل تقلل نسبة المحاصيل الصناعية إلى حد الأدنى لأنها تتطلب عمليات خدمة كثيرة تؤثر على بناء التربة.

ويرتبط اختيار نسبة المحاصيل في الدورة الزراعية على الأراضي المنحدرة تبعاً لدرجة الميل.

فمثلاً تُتبع دورات زراعية عادلة في الأراضي المنبسطة خفيفة الميل ($0-3^{\circ}$) وعلى الأراضي ذات الميل ($3-5^{\circ}$) درجة تتكون الدورة من 50% حبوب و50% محاصيل صناعية أما الأراضي ذات الميل ($5-8^{\circ}$) فتدخل الأعشاب المعمرة بنسبة 25% على حساب المحاصيل الصناعية وفي الأراضي ذات الميل أكبر من 8° تستبعد المحاصيل الصناعية ويقلل من نسبة محاصيل الحبوب إلى 25% ويزيد نسبة الأعشاب المعمرة إلى 75%. (الشكل 21)



الشكل (21). يبين العلاقة بين توزيع المحاصيل في الدورة الزراعية ودرجة الانحدار.

4- زراعة المروج :*Crass cropping*

تتبع زراعة المروج على الأراضي المنحدرة شديدة الانجراف ذات الميل 9-15 درجة بهدف إيقاف التعرية، أما على الأراضي التي يزيد فيها الانحدار عن 18° فستبعد من الزراعة وتستخدم في التشيير الحراري. وتقام هذه الزراعة بشكل حقول متناوبة على المنحدرات وتتفذ على النحو التالي:

- تتفذ على المنحدرات البسيطة (3-5 درجة) بحراثة التربة بعرض 40-50م وبشكل شرائطي متناوب مع حقول غير محروثة بعرض 10-15م لتقليل خطر الانجراف في السنوات الأولى.

يتناقص عرض الحقول المحروثة كلما زاد الميل. وبعد نمو الأعشاب المزروعة بشكل جيد وكثيف على الأرضي المحروثة تبدأ عملية حراثة وزراعة الأرضي المتروكة بالأعشاب.

انظر الشكل الذي بين مراحل زراعة المروج على المنحدرات:

1- زراعة الأعشاب المعمرة (المرحلة الأولى):



الشكل (22). يبين مراحل زراعة المروج على المنحدرات.

5- الزراعة المهادية :**Mulch farming**

وينفذ هذا الأسلوب في الأراضي المستوية قليلة الانحدار والوعرة والتي يتعدّر فيها إجراء الحراة باتجاه خطوط التسوية حيث إن تشكيل طبقة المهد وتحطيم سطح التربة ببقايا المحاصيل يزيد من نفاذية التربة للماء ويقلل من ماء الجريان السطحي ويخفّف من جرف التربة .

وينصح عند تطبيق الزراعة المهادية بالفلاحة العميقة والجيدة لتحسين ظروف التهوية وإضافة الأسمدة المعدنية وخاصة الآزوتية.

وتتّنّد طبقة المهد بالمحراث القرصي ذي الأسنان المعقّفة **piker Soils** وتنفذ طبقة المهد بالمحراث القرصي ذي الأسنان المعقّفة **piker Soils**

6- الزراعة الشرائطية المتباوّبة :

وهي طريقة لزراعة المحاصيل على شكل شرائط متّعّدة على خط الميل وبحيث لا نزرع شريطين متتاليين بنفس المحصول وإن هذه المحاصيل تتّوالى ضمن دورة زراعية، وهذا الإجراء يساعد في حجز ماء الجريان السطحي.

ويرتّب عرض الشرائط بعدة عوامل أهمّها:

- انحدار الأرض.
- نفاذية التربة.
- كمية الأمطار وشدةتها.
- طبيعة المحاصيل المزروعة وترتيبها.

إن عرض الشرائط المتباوّبة في الأراضي ذات الميل 8% والمتوسطة النفاذية تتراوح بين 26-28م، وكلما زاد الميل أو تناقص درجة واحدة يزداد أو يتّناقص عرض الشريط 1.5م.

لا يجوز اتباع الزراعة الشرائطية المناوبة عندما يزيد الانحدار عن 15% بالنسبة للأراضي جيدة الصرف و 10% للترب متوسطة الصرف و 8% بالنسبة للترب سيئة الصرف أما التربة التي يقل ميلها عن 5% فإنها لا تحتاج إلى زراعة شرائطية مناوبة (Nahal, 1980) ومثال على دورة مناسبة لهذا الأسلوب (محصول صناعي، حبوب، أعلاف بقولية لمدة سنتين)

7-3- الإجراءات الهندسية - الإشائية المائية:

عندما تصبح الإجراءات الزراعية غير كافية لمكافحة التعرية المائية بجميع أشكالها وخاصة على الأراضي التي يزيد انحدارها عن 8 درجة يلجؤون إلى المدرجات والمصاطب للحد من الجريان السطحي وجرف التربة. وهو إجراء عالي التكلفة من الناحية الاقتصادية ويظهر مفعوله مباشرة بعد الإنجاز.

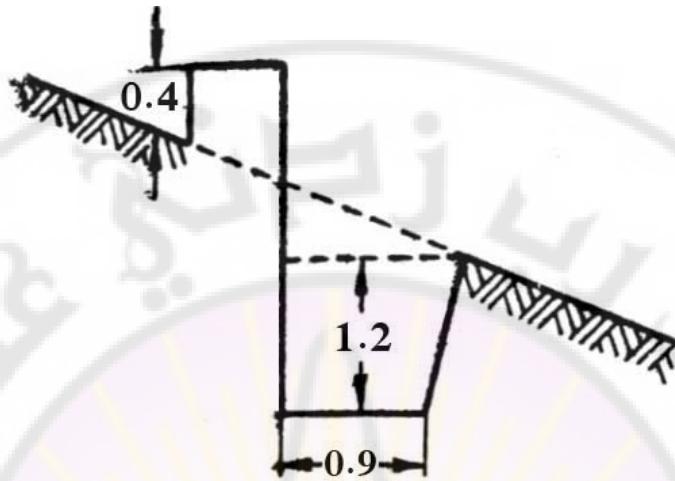
تصنيف المصاطب (المدرجات) :Terraces

1- مصاطب امتصاصية :Obsorption terraces

وتقام بهدف زيادة كمية مياه المطر الممتصة في التربة ولاسيما في المناطق قليلة الأمطار وذات ميل 10-35 درجة

2- المصاطب التصريفية :Channel terraces

وتقام بهدف تصريف الماء الزائد في الأتربة سيئة الصرف وفي المنحدرات الشديدة بواسطة حفر خندق لتجميع المياه الزائدة وتوجيهها نحو مخرج مائي في طرف المصطبة.



الشكل (23). شكل تخطيطي لخندق التصريف مع سدة ترابية.

تصنيف المصاطب حسب طريقة التنفيذ وقطعها الإنشائي:

- المدرجات وتقسم إلى نوعين:

-المدرجات العادي على المنحدرات عميقة التربة

وتنفذ بواسطة البلوزر وتكون عمودية على خط الكنتور ويعتمد إنشاؤها على الوضع الطبوغرافي للمنطقة ومقدار الانحدار وهي فعالة على الأراضي العميقة وجيدة الصرف.



الشكل (24). المصاطب الامتصاصية على المنحدرات.

- المدرجات ذات الجدران الحجرية:

تقام على الأراضي شديدة الانحدار والأترية الضحلة والصخرية وتكون مصطبتها بشكل أفقي أو مائلة قليلاً للداخل لتصريف الماء الزائد. وتعد وسيلة فعالة لاستغلال الأرضي على المنحدرات في سوريا ولبنان وتزرع بالأشجار المثمرة والتبغ وهي معروفة في منطقتنا منذ قرون عديدة وكانت في العصر الروماني تزرع بالزيتون والكرمة (Greca.j, 1978). (الصورة 8)



الصورة (8). يبين المدرجات ذات الجدران الحجرية في الجبال الساحلية (عسرك، اللاذقية، 2010).

- المصاطب الامتصاصية المدرجة:

تقام هذه المصاطب بغرض زيادة امتصاص الماء داخل التربة والحد من التعرية المائية وتتألف المصطبة من الردمية وقناة التصريف. وتكون هذه المصاطب فعالة في المناطق قليلة الأمطار وعلى الأرضي خيفه الانحدار 3-4% وجيدة النفوذية. ولزيادة فعالية هذا النوع من المصاطب يجب أن يكون سطحها أفقياً وأن يكون للردمية ارتفاع كاف لجز الماء دون أن يعرقل العمليات الزراعية.

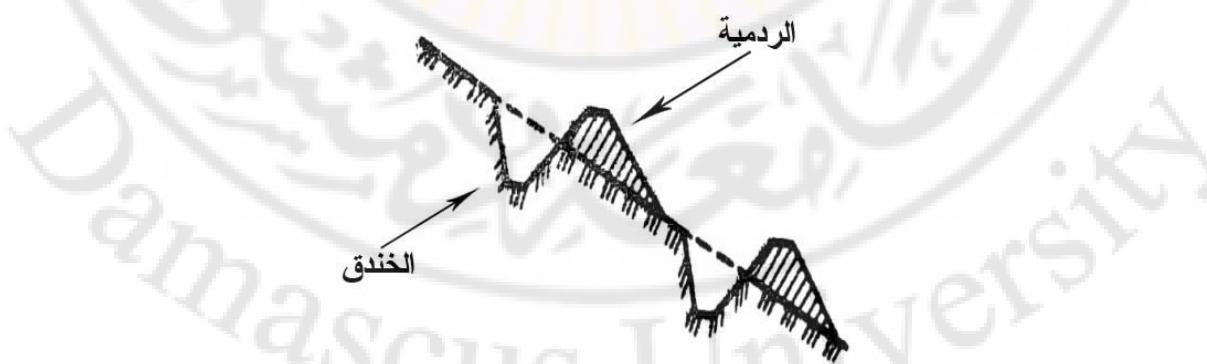
وفي مثل هذه المصاطب تكون للردمية أهمية أكثر من قناة التصريف. وذلك بعكس المصاطب التصريفية.

يبلغ طول المصطبة حوالي 200-300م ولا متصاص أكبر كمية من الماء. وتكون قناة التصريف مغلقة من الطرفين وبحيث تشكل خزانًا للماء يسمح برشحه داخل التربة.

3- المصاطب التصريفية:

تقام على المنحدرات الحادة والطويلة لقطع ماء الجريان السطحي وتساعد على صرف الماء الزائد ضمن قناة نحو مخرج مائي Water outlets.

تقام في المناطق غزيرة الأمطار والأراضي ضعيفة التصريف للحد من انغسال التربة وإفقارها من العناصر الغذائية. يفضل إنشائها على الأراضي التي لا يزيد انحدارها عن 12%. وإن إنشاء المصاطب التصريفية لا يمكن أن يتم بنجاح دون إنشاء شبكة من المخارج المائية. ويجب أن يوضع مخطط للمصاطب والمخارج المائية بشكل دقيق تبعاً لخطوط التسوية قبل الابداء بالتنفيذ. (الشكل 24) بين مقطع في مصطبة تصريفية.



الشكل (25). مقطع في الخنادق التصريفية مع الردمية.

4- المصاطب الحراجية:

ومنها عدة أنواع نذكر منها:

1- المصاطب الحراجية المدرجة وستعمل في الحالات التالية:

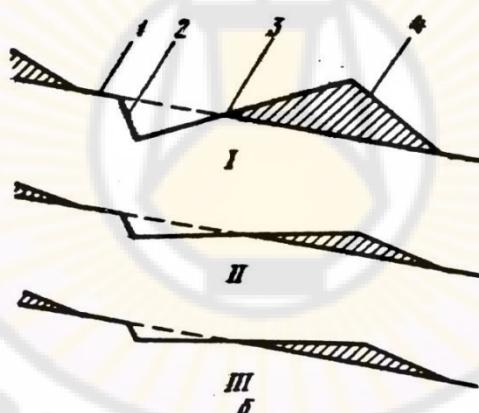
- على الانحدارات التي تزيد عن 35-40%

- في حالة التشجير الحراجي للموقع المتدهورة.

وفي بعض الحالات مدعمة بالحجارة مع ميل خفيف لتلافي الانهارات.

ويتراوح عرض المصاطب بين 1.5-2م وعمقها 40-60 سم وتكون مائلة

للداخل لتجمیع المياه. (الشكل 25)



الشكل (26). يبيّن مقاطع مختلفة في المصاطب الحراجية.

1-مستوى سطح الأرض.

2-ارتفاع المصطبة المحفور.

3-عرض قاعدة المصطبة.

4-الردمية الترابية.

2- المصاطب الهلالية:

تنشا هذه المصاطب في الأراضي ذات الأتربة العميقة المحتوية على أخاديد للتعرية المائية بهدف جمع مياه الأمطار في المناطق الجافة.
وتشيد المصاطب على شكل هلال ذراعاه متوجهان للأعلى وعلى المنحدرات المتجانسة نسبياً.

ثالثاً- بعض المفاهيم الشائعة والمطلوبة في دراسة تصميم المصاطب:

1- المسافة بين مصطبتين:

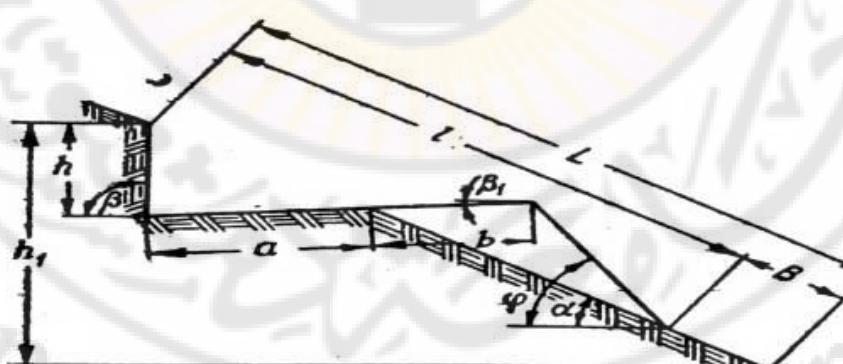
إذا كان لدينا مصطبةان A وB وكانت المسافة الشاقولية تساوي H والمسافة الأفقية تساوي L فإن المسافة الفاصلة بين المصطبتين على الأرض تحسب وفقاً

لما يلي :

$$X^2 = H^2 + L^2$$

$$X = \sqrt{H^2 + L^2}$$

المسافة الفاصلة بين المصبة والأخرى



الشكل (27). يبين المكونات الأساسية المؤلفة للمصطبة.

- الجزء المحفور من رصيف المصطبة، b - الردمية، h - عمق المصطبة.

- ميل الردمية، β - ميل قاعدة المصطبة، ℓ - طول المصطبة، h_1 - البعد الشاقولي.

6 - مساحة الاستقبال:

وهي المساحة الناتجة من جداء المسافة بين المصطباتين X بطول المصطباتين

3- مقطع المصطباتين:

وهو عبارة عن مساحة مقطع شاقولي للماء في المصطبة عندما تكون المصطبة ممثثة تماماً بالماء، ويتراوح عمق الماء في المصطبة 35-50 سم أما عرض المصطبة فيتراوح بين 4.5-12 م تبعاً للميل. ويجب أن يوفر مقطع المصطبة:

- تأمين أكبر سعة مائية.

- تسهيل عمل الآلة الزراعية.

- تكاليف اقتصادية أقل ما يمكن.

4- حساب المسافة بين المصاطب:

تتعلق المسافة بين المصاطب بدرجة ميل الأرض والخصائص الفيزيائية للترابة (النفاذية، قابلية التربة الانجراف) وتستخدم لهذا الغرض بعض المعادلات

التجريبية ذكر منها:

1- معادلة سكاردي Saccardy

وهي ملائمة في ظروف المناخ المتوسطي:

- في حال كانت درجة الميل أقل من 15%

$$H^3 = 260 p$$

حيث إن:

H - المسافة الشاقولية بين مصطباتين بالمتر.

P - درجة الميل يعبر عنها بأرقام عشرية فمثلاً 0.25% تكتب 0.25

- الحالة الثانية: الأراضي التي يزيد فيها الميل على أكثر من 25%:

$$H^2 = 64 p$$

5- طول المصاطب

يتراوح طول المصاطب من 400-600 م حسب الظروف البيئية.

6- تصريف المياه الزائدة على المنحدرات الجبلية:

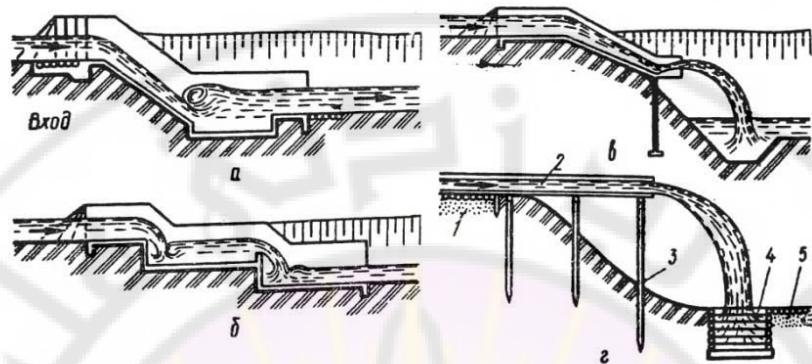
عند إعداد مخططات المدرجات والمنشآت المائية اللازمة لمكافحة التعرية المائية لابد من تحديد أماكن المخارج المائية ومواصفاتها. ويتم إنشاء المخارج المائية خلال سنة أو عدة سنوات قبل إنشاء المدرجات.

1- المخارج المائية الطبيعية:

يستفاد من المنخفضات الطبيعية والوهاد والأخدود كمخارج مائية بعد تثبيتها بالنبت الطبيعي.

2- المخارج المائية الاصطناعية

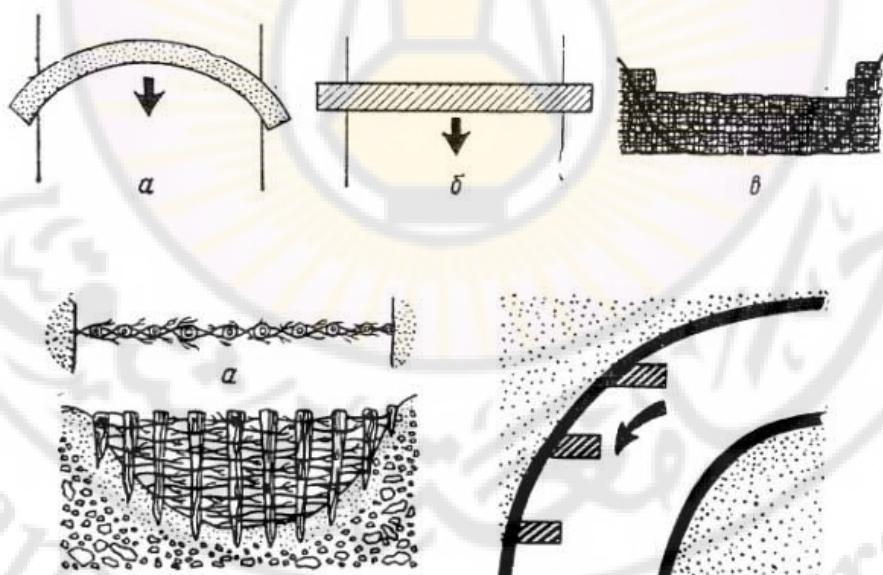
وتتفذ عند رؤوس مساقط المياه وتصنع من مواد مختلفة حسب توفرها ورخصها (إسمنت، حجارة، قساطل معدنية وبيتونية) أو في مسارات السيول مثل: السدود والحواجز من الإسمنت أو الشبك المعدني.



الشكل (28). يبين أشكال مختلفة من المساقط المائية.

- مزلق تيارمائي سريع، B- كنصول بيتوني مع مزلق

- مزلق درجي، S- كنصول معدني أو بيتوني



الشكل (29). يبين أنواع مختلفة من العوائق الميكانيكية في المناطق الحرجية.

الفصل الثامن

الانجراف المائي في سوريا

يعد الانجراف المائي أحد المشاكل الرئيسية في أماكن عديدة من القطر العربي السوري، إلا أن المنطقة الساحلية وبخاصة الجبلية منها تعد الأكثر تعرضاً لهذه المشكلة على مستوى القطر، حيث الهطولات المطالية العالية، وتكرار حدوث العواصف الرعدية الشديدة، ونموذج الهطول السائد والمدعو بالأنهmar، والمنحدرات الطويلة، إضافة لحساسية التربة الناتجة عن النشاطات البشرية الخاطئة، والانتهاكات والتعديات على الغابات وغيرها من الممارسات الخاطئة، والتي أسهمت في رفع معدلات الانجراف وخاصة خلال العقددين الأخيرين (يوسف علي، 2009).

كما يؤدي المناخ السائد في سوريا دوراً رئيسياً في التأثير على الترب السورية من حيث اختلاف عوامله بين الساحل والداخل وعلى مدى مسافات طويلة، حيث يرتبط الانجراف والحت بالتنوع المطري وكمية الهطول واستجابة الترب لهذه العوامل، كما تعد الأمطار في سوريا من أكثر العوامل المناخية المؤثرة في تدهور الأراضي بالانجراف، لأنها غالباً ما تسقط على شكل عواصف رعدية غير منتظمة الهطول والشدة، ووجود فترات جفاف طويلة سائدة حيث من الممكن أن تتجرف التربة خلال عدة دقائق بعد حدوث العواصف المطالية مما يؤدي إلى سيول غالباً ما تكون خطيرة، لذا فإن دراسة عمليات الانجراف من الناحية الكمية والنوعية تعد من الأمور الهمامة المرتبطة بتوسيع وتطور الزراعة في سوريا (سلوم، 2012).

تجاوز التربة المنجرفة 200 طن لكل هكتار سنوياً في الجبال الساحلية حيث توجد الأمطار الكثيفة والمنحدرات الشديدة وسطوح المنحدرات العارية (Nahal, 1987).

ذكر هذا تقرير الفاو في عام 1980، حيث أقرت منظمة الفاو بأن معدل فقدان التربة يتراوح ما بين 50-200 طن/هكتار/سنوياً في الجبال الساحلية حيث يكون الغطاء النباتي الطبيعي متدهوراً، و 10-50 طن/هكتار/سنوياً في الجبال الساحلية حيث يكون الغطاء النباتي الطبيعي أقل تدهوراً، و 50-10 طن/هكتار/سنوياً في السهول الساحلية.

إن عمليات انجراف التربة تحدث بشكل رئيس في الأجزاء الجنوبية والشمالية حول مدينة القرداحة وفي بعض المناطق الجبلية الشرقية والشمالية حيث تسود عوامل الانجراف الرئيسية كتساقط الأمطار الكثيف والجبال الجرداة والمنحدرات شديدة الانحدار، إن هذه المناطق تمتلك أعلى معدل لانجراف التربة وهو 275 طن/هكتار/سنوياً.

وفقاً لما جاء في دراسة (Abed, 2000)، فإن انتشار وخطورة انجراف التربة يحدث على الجبال العالية الشرقية والشمالية في محافظة اللاذقية حيث يوجد هطول مطري كثيف، جبال جرداة ومنحدرات شديدة، تقع هذه المناطق بالقرب من مدينة صلنفة وفي مناطق متفرقة شمال مدينة ربيعة، وكذلك في بعض الأجزاء الشمالية من اللاذقية جنوب منطقة كسب، وهذه المناطق تمتلك أعلى معدلات الانجراف (275 طن/هكتار/سنوياً)، أما بالنسبة للمناطق الأخرى التي تعاني من مشاكل الانجراف فهي تلك الأراضي الجرداة التي تقع إلى الشمال

والجنوب من مدينة القرداحة بمعدل انجراف 275 طن/هكتار/سنويًا، بينما معدل الانجراف في منطقة السهل الساحلي يتراوح بين 0-50 طن/هكتار/سنويًا، أما في الجبال الشمالية فيتراوح المعدل بين 10-70 طن/هكتار/سنويًا. وفي دراسات نفذها العسكر في جبل البشري (بادية دير الزور) لقياس الانجراف المائي الصفائحي بطريقة المساكب التجريبية وجد أن معدل الانجراف المائي كان بحدود 36.5-35.5 طن/هكتار (أكساد، 2006)، أما معدل نمو الأخداد فبلغ 1.7م/سنة وهذا مؤشر على أن معدل التعرية الأخدودية متوسط الشدة حسب (Zachar, 1982)

أظهرت الدراسات التي تناولت قياس الانجراف المائي في المنطقة الساحلية في محافظة اللاذقية وطرطوس والتي استمرت ثلاثة سنوات (2010-2013) بطريقة القياس الحقلى المباشر في بيئات مختلفة ودرجات انحدار متباعدة أن معدل الانجراف المائي يختلف باختلاف البيئة الأرضية والعامل الطبوغرافي، والجدول (18) يبين نتائج الدراسات.

الجدول رقم (18). يبين العلاقة بين نوع البيئة الأرضية ومعدل جرف التربة.

نوع البيئة الأرضية	العامل الطبوغرافي (درجة الانحدار) %	كمية التربة المفقودة بالطن/هكتار/سنة
أراضي زراعية	10	32.5
أراضي زراعية	45	165
غابات محروقة	10	9
غابات محروقة	45	56.5
غابات طبيعية	10	1.4
غابات طبيعية	45	15

المصدر: وزارة الدولة لشؤون البيئة عام 2014.

إن التعرية السطحية هي النوع السائد في المنطقة، أما التعرية الأخدودية والخندقية فتتوارد بشكل محدود نسبياً في بعض البقع، بينما يمكن أن توجد الانزلاقات الأرضية على السفوح شديدة الانحدار.

جاء في تقرير PAP/RAC 1992 أن معدل انجراف التربة في الشريط الساحلي هو الأقل إذ لا يتجاوز 30 طن/هكتار/سنويًا، وأن المناطق التي تقع شمال اللاذقية وفي المناطق (بانياس، طرطوس) البعيدة عن الشاطئ صنفت على أنها تتعرض إلى انجراف متوسط أو قوي (50-60، 100-100 طن/هكتار/سنويًا على التوالي).

واستناداً إلى خريطة تدهور الأراضي رقم (1) التي وضعها المركز العربي 1991م فإن حوالي 6% من مساحة القطر العربي السوري معرضة للانجراف بالمياه، وتشير بعض الدراسات لموقع مختارة من محافظة اللاذقية إلى أن المعدل الأقصى لفقد التربة هو كالتالي:

- في حال وجود الغطاء الغابوي يتراوح معدل فقد التربة من 10-60 كغ/هكتار/سنة وذلك تبعاً لدرجة الانحدار وكمية الهطول المطري.
- في حالات الغابات المحروقة فإن فقد التربة يتراوح بين 200-2250 كغ/هكتار/سنة.
- في حالة الأراضي الزراعية فإن فقد التربة يتراوح بين 960-3280 كغ/هكتار/سنة.

أما بالنسبة لمحافظة طرطوس فقد قدر الانجراف المائي عام 1994م من خلال بعض التجارب بحوالي 200 طن/هكتار/سنة (يوسف علي، 2009).

أما مساحات السهول فلا تزال غير متأثرة، والجدول التالي يبين مساحات تدهور التربة، إجمالي مساحة سوريا 18.5 مليون هكتار منها 6.15 مليون هكتار أراضي زراعية و 8.2 مليون هكتار مراعي.

الجدول (19). مساحات تدهور التربة في سوريا حسب (إدواردز جونز، 2002).

نسبة مئوية من مساحة القطر	إجمالي المساحة (ألف هكتار)	درجة التدهور			نوع التدهور
		حاد	متوسط	خفيف	
5.2	1058	29	127	902	حت المياه
8.7	1620	30	380	1210	حت الرياح
2.2	408	130	267	11	تراكم الرمال
0.6	125	90	20	15	التملح
17.3	3211	279	794	2138	الإجمالي

كما أشارت بعض الدراسات الحديثة حول انجراف التربة في المناطق الساحلية السورية تتراوح بين 50-200 طن للهكتار، بسبب تخريب الغطاء الحيوي الذي يحمي التربة في المناطق شبه الرطبة (المجو، 2011).

ومن خلال دراسة تأثير النسيج لبعض الترب السورية اتضح مدى مقاومة الحبيبات الكبيرة في حجمها للانجراف المائي، وذلك نتيجة لزيادة وكبر القوى المطلوبة لتحريكها، وفي الجانب الآخر فإن مقومة الحبيبات الصغيرة في أحجامها (الطين) تكون كبيرة أيضاً نظراً لقوى التماسك بين هذه الحبيبات وعلى ذلك فالحبيبات الأقل مقاومة هي حبيبات السلت والرمل الناعم لذلك فالترابة المحتوية على 40-60% سلت هي أكثر قابلية للانجراف، وفي الوقت نفسه فإن قدرة التربة الرملية على رشح الماء خلال طبقاتها تقلل من قيم الجريان

السطحى، ومن ناحية أخرى تتميز الترب الطينية بانخفاض معدل الرشح، فضلاً عن طبيعة الطبقة التحتية التي تعيق الرشح، وبالتالي تصبح هذه التربة قابلة للانجراف المائي خاصة في وجود بناء غير ثابت كما هو الحال في منطقة الشيخ بدر (تربة ثقيلة القوام)، أما في حال وجود بناء جيد فإن مقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء تصل إلى نحو 85% من ماء المطر وحتى درجة انحدار 17% مما يقلل من فرص حدوث الانجراف المائي لذا فإن عملية الانجراف المائي تفقد التربة مصادرها الرئيسية للخصوصية لذا من الضروري الانتباه لهذا الجزء الناعم من التربة لحفظ التربة وصيانتها من التدهور والانجراف (سلوم، 2012)، حيث لا يوجد مساقط مائية مجهزة لقياس الانجراف المائي ولا يوجد تجهيزات لقياس الجريانات المائية بشكل عام.

الفصل التاسع

طرائق قياس التعرية المائية

1-9 - طرائق الحقيقة:

التعرية الجدولية Rill Erosion

وهي عبارة عن خطوط محفورة غير عميقه في التربة نتيجة التعرية بعد الأمطار وهذه الخطوط عمودية على اتجاه الميل وتظهر بشكل سلسلة من الخطوط الجدولية المتاظرة والمتواربة. وتسببها مياه الجريان السطحي المتذبذب ضمن المنخفضات الموجودة على سطح الأرض والتي تتعمق مع الزمان بفعل نحر المياه.

وتعد مصارف بسيطة للمياه الجارية بعد الأمطار وتنقل من خلالها المواد المنجرفة بفعل التعرية الصفائحية ومن الأخداد المشكلة في منطقة الحوض الصباب. تظهر الجداول عادة على المنحدرات البسيطة بينما الأخداد فتظهر على طول خطوط الصرف الطبيعية.

لماذا وأين تظهر؟

تظهر الجداول على سطوح المنحدرات ضعيفة التغطية النباتية والتي تسيد عليها مياه الجريان السطحي إضافة إلى ذلك نوعية استعمالات الأراضي وعندما تكون التربة مفككة وغير متمسكة وسطحها ناعماً وأملساً وبدون أية تغطية نباتية (بعد الحراثة، وفي مناطق التشييد العمرانية والصناعية، وعلى أراضي السدود وجوانب الطرق العامة).

وبتوفر الظروف السابقة فإن بداية تكوين الجداول لابد له من وجود منخفضات بسيطة في سطح التربة مثل: مسارات الحيوانات، المسالك الطرقية، مصارف المياه العادمة، طريق فرعى، طرق الآليات الزراعية) وكلها تشكل خطوطاً لظهور التعرية الجدولية.

مكافحة التعرية:

يمكن مكافحة الجداول بالطرق الزراعية التقليدية ويتطلب إجراءات صيانة التربة. بينما تحتاج الأخداد إلى عمليات إنشائية بيئونية مثل المقصات الصخرية أو المزالق البيئونية للتخفيف من قوة جرف السيول.

قياس التعرية الجدولية:

المطلوب: تقدير حجم التربة المجرفة من الأخدود، وهذا يعني تقدير الفراغ الحجمي وتقدير وزن التربة المفقودة حالياً بسبب التعرية الجدولية.

خطوات القياس:

1- حساب مساحة مقطع الجدول وقياس طول الجدول

2- حساب كمية التربة المفقودة من وحدة المساحة. ويتطلب ذلك معرفة عدد الجداول في وحدة المساحة وأطوالها

حجم التربة المنجرفة من الجدول الواحد = $L \times S$

$$S = s_1 + s_2 + \dots + s_n$$

مجموع الأطوال في وحدة المساحة $I_n = l_1 + l_2 + \dots + l_n$

تجري قياسات الجداول بالسنتيمتر وفي بداية الحسابات تحول جميع الوحدات إلى المتر.

- نحسب مقطع الجدول حسب شكله (مثلث، شبه دائري، شبه منحرف) وعادة ما يكون مثلياً.

$$S = \frac{1}{2} \text{width} \times \text{depth}$$

- نحسب حجم التربة المفقودة من الأخدود = مساحة مقطع الجدول \times طول الجدول

$$\text{حجم التربة المفقودة الكلية} \div \text{مساحة الحوض الصباب} = \text{م}^3/\text{م}^2$$

$$\text{نحو} \frac{\text{الطن هكتار}}{10.000} = \text{الحجم المترى} \times \text{الكثافة الحجمية} (1.3)$$

أخذ التقييم اعتماداً على التعرية الجدولية:

1- يدخل ضمن التعرية الجدولية التربة المنجرفة بالتعرية الصفائحية.

2- عملية التقييم تقريبية في حال أخذ متوسط تغير عمق الجدول وضربه بطول الجدول لأن مساحة مقطع الجدول سوف تكون قيماً مختلفة.

3- قد يكون هناك بالأصل منخفض تضاريسى في منطقة أخذ القياسات يتشكل عليه جدول مائي وسوف يؤثر هذا العمق على نتيجة القياسات.

4- يجب الأخذ بالحساب توضع الترب المنجرفة والمتوسطة في نفس الحقل لكي لا تؤثر على صحة القراءات.

5- الجدول مظهر مورفولوجي سريع الزوال بفعل العمليات الزراعية المتتابعة مثل العزيق والحراثة ويجب أن يجري التقييم في وقته المناسب.

6- يجب ملاحظة التعرية الصفائحية بين الأخداد والأخذ بالحساب في التقييم مساهمة الحوض الصباب في التعرية الجدولية.

7- ممکن أن تكون الجداول من جراء المياه القادمة من أعلى المنحدر لذا يجب أن تؤخذ المنطقة بالحساب في الحسابات عندما تجري عمليات الحصر للمنطقة المساهمة في التعرية الجدولية.

2- التعرية الأخدودية Gully

الأخدود هو منخفض عميق أكثر من واحد متر أو مسيل وادٍ عميق في هيئة أو شكل land scape وهو تكوين واضح في الأرض. ويكون بفعل المياه، حيث يحفر ماء الجريان السطحي ثلماً نمطيًا في الأرض يكبر مع الزمان بالعمق والعرض ليشكل رأساً بارزاً في المناطق العالية، ويمتد الأخدود ويتعمق في اتجاه تشكيل الوادي باستمرار تأكل الرأس والجوانب بالمياه المتدفقة.

العوامل المساعدة على تشكيل الأخدود:

1- المنحدرات الطويلة.

2- الاستعمالات الخاطئة والتي تؤدي إلى غياب الغطاء النباتي وتكشف التربة على مساحات واسعة وزيادة معامل الجريان السطحي.

3- عادة ما تكون هذه المظاهر سائدة على الأراضي الطينية والطميّة العميقه غير المتماسكة والتي توجد أسفل المنحدر.

4- المنحدرات شديدة الميل.

طريقة القياس:

إن عملية قياس نمو تطور الأخدود وكمية التربة المفقودة تكون بشكل جوهري وأساسي كما هو الحال بالنسبة للتعرية الجدولية ما عدا كونه بمقاييس أكبر وعرض أكبر وهنا عملية القياس لا تشمل التعرية الصفائحية.

لحساب كمية التربة المفقودة من الضروري قياس عمق الأخدود (d) والعرض في القمة (w_1) والعرض في القاعدة (w_2) ومن ثم قياس طول الأخدود مساحة مقطع الأخدود $S = W_1 + W_2 / 2 \times d$

والقياسات تؤخذ في عدة نقاط من الأخدود وإذا كانت هناك اختلافات كبيرة في شكل الأخدود من الأفضل تقسيم الأخدود إلى عدة أقسام متماثلة وحساب كمية التربة المنجرفة في كل قسم ثم إيجاد مجموع الفقد في الأقسام المختلفة.

ويجب أن يخضع الأخدود إلى مراقبة مستمرة بالقياسات أو بالتصوير الجوي أو الاستشعار عن بعد لفترة قد تصل إلى 50 عاماً

وإن معدل نمو الأخدود يعتمد على العوامل التالية:

1- الظروف البيئية للحوض الصباب.

2- التعرية الصفائحية وما تخلفه من رسوبيات.

3- معدل الجريان السطحي.

4- خسارة التربة من جوانب الأخدود.

ومعالجة الأخدود ووقف تطور نموه يتوقف على حفظ وصيانة الحوض الصباب بالطرق الزراعية المختلفة.

وفائدة قياس التربة المفقودة محدودة لأن كمية التعرية الأخدودية قليلة مقارنة بالتعرية الكلية من الحوض الصباب كما أن الأخدود بحد ذاته يشكل مظهراً من مظاهر التدهور أكثر من كونه تدهوراً.

3- تكوين الطبقة الحصوية والحجارة : Armour layer

وهي مواد خشنة قد تكون حجارة أو حصى أو صخوراً تتركز على سطح التربة وتتوزع بشكل عشوائي من داخل الطبقة السطحية للتربة وهذا مؤشر بأن الأجزاء الناعمة للتربة قد انجرفت بالتعريمة الانتخابية.

وتحدث هذه الظاهرة بفعل الأمطار أو الرياح التي تجرف الأجزاء الناعمة وتترك وراءها الأجزاء الخشنة.

وتظهر هذه الطبقة في الأراضي التي تحوي في قطاعها الحصى والحجارة مع مكونات التربة الأصلية.

خطوات القياس:

1- بواسطة مسطرة ميليمترية يقاس سماكة توضع الطبقة الحصوية

2- إذا كانت الطبقة الخشنة أقل من واحد ميليمتر من الأفضل كشط الحصى من منطقة صغيرة محددة المساحة وتكرر العملية ثلاثة مرات وقياس أقطار الحصى والعمق وأخذ المتوسط وإن كثرة القياسات في الحقل تقلل الخطأ في حال الأعماق البسيطة.

3- تدرس وتقدر كثافة الحصى في طبقة التربة السطحية.

وتقدر التربة الناعمة المفقودة وفق الخطوات الحسابية التالية:

لنفترض أن نتيجة القياسات الحقلية في النقاط المختلفة في المتوسط = عمق الطبقة الحصوية =

$$\text{الطبقة الحصوية} = 1\text{ mm}$$

نسبة الحجارة والصخور في التربة الأصلية = 20%

وبعد ذلك نحوال العمق بالمم إلى المتر = $0.001\text{ m} = 1.0 \times 0.001 = 0.001\text{ m}$

$$\text{نحسب سماك طبقة التربة الكلية} = 0.001 \times \text{نسبة الحصى \%} (20\%)$$

$$0.005m = (1/5)$$

$\text{الترتبة المفقودة} = \text{الترتبة الكلية} - \text{عمق طبقة الحصى}$

$$0.004m = 0.005 - 0.001$$

$$\text{ولتحويل سماكة التربة المفقودة إلىطن هكتار} = 0.004 \times 1.3 \times 10.000$$

9-2- طرائق المعادلات التجريبية:

1- المعادلة الشاملة لفقد التربة (USLE)

وهي طرائق تسمح بحساب كمية التربة المفقودة عن طريق معادلة جرى وضعها استناداً إلى عدد كبير من التجارب استمرت لعشرين السنين. والمعادلة قيد الدراسة تستخدم في الولايات المتحدة الأمريكية وأستراليا والاتحاد السوفيتي السابق وهي معادلة توصل إليها ويسمى - سميث عام 1965 وتدعى المعادلة الشاملة لفقد التربة Universal Soil Loss equation (USLE).

نشر العلماء في العام 1990 معادلة أكثر تطوراً بعد إجراء تعديل على البناء الرياضي لـ USLE، ودعى بـ المعادلة الشاملة المنقحة لفقد التربة $RUSLE_1$ (Revised Universal Soil Loss Equation) ثم ظهرت في العام 2003 نسخة من هذه المعادلة أكثر تطوراً من سابقتها من حيث البناء الرياضي ودعى بـ $RUSLE_2$.

لقد اشتقت USLE بشكل تجريبى، أي من تجارب حقلية واسعة استخدم في بعضها المحاكي المطري، وهي تحسب معدل فقد التربة السنوي ولا شيء سواه وتأخذ الشكل الرياضي التالي:

$$A = R \cdot C \cdot S \cdot L \cdot K \cdot P$$

وتعد هذه المعادلة العامل C (عامل التغطية النباتية) هو وحده فقط الذي يتغير مع الزمن، وبالتالي فإنه ينتج من التكامل التالي:

$$C = \sum(C_j)_{Fj}$$

حيث:

j : تشير إلى مرحلة النمو.

F_j : تشير إلى توزع الأمطار على مدار العام.

C_j : تشير إلى التغطية النباتية في المرحلة j .

أما $RUSLE_1$ فهي معادلة هجينه البناء، حيث إنها نتجت من تطوير البناء الرياضي التجاري لـ USLE بطريقة رياضية نظرية من حيث التكامل الرياضي المتبوع، وقد سميت معادلة فقد التربة الشاملة المعدلة، وتحسب هذه المعادلة القيم نصف الشهرية لعامل الغطاء النباتي C، وتعد بقية العوامل ثابتة، وبالتالي فهي تحسب معدل الانجراف السنوي بمضاعفة القيم نصف الشهرية للعامل C وضربها بالمعدلات السنوية للعوامل الأخرى.

أما بالنسبة $RUSLE_2$ فتعد أكثر دقة وتطوراً من سابقتها، وهي معادلة هجينه أيضاً، إذ إنها نتجت من تطوير البناء التجاري الرياضي لمعادلة USLE بطريقة رياضية نظرية أعقد مما هي عليه في $RUSLE_1$ من حيث التكامل الرياضي المتبوع، وتحسب $RUSLE_2$ القيم اليومية للعوامل المسبيبة للانجراف باستثناء عامل درجة الانحدار والذي تعدد ذا قيمة ثابتة، وبذلك فهي قادرة على حساب معدل الانجراف اليومي، وبمضاعفة القيم اليومية للعوامل المسبيبة

للانجراف وجداً لها مع عامل درجة الانحدار فإنها تحسب معدل الانجراف السنوي، وهي تأخذ الشكل الرياضي التالي:

$$A = S \cdot \Sigma(R \cdot K \cdot L \cdot C \cdot P)$$

تعتمد هذه المعادلة على عوامل يجري قياس قيمها محلياً مثل:

- قدرة الأمطار على الجرف

- قابلية التربة للانجراف وعامل التضاريس ... إلخ. لذا فإن تطبيق هذه المعادلة يتطلب إجراء قياسات محلية لتحديد تلك القيم التي تشكل عوامل المعادلة ولاسيما عامل قدرة الأمطار على الجرف وقابلية التربة للانجراف.

ولقد أستطاع كلُّ من ويشماير وسميث أن يتوصلا إلى الشكل النهائي للمعادلة الشاملة (USLE) التالية لحساب فقد التربة:

$$A = R \cdot K \cdot SL \cdot C \cdot P$$

A - كمية التربة المفقودة مقدرة بالطن/هكتار/سنة

R - عامل قدرة المطر على الجرف وهو عبارة عن حاصل ضرب طاقة العاصفة المطرية بأعظم شدة مطرية لل العاصفة خلال 30 دقيقة الأولى.

K - عامل قابلية التربة للانجراف.

ويساوي حاصل قسمة كمية التربة المجرورة في قطعة الشاهد على وحدة معامل قدرة المطر على الجرف. ومواصفات مسکبة الشاهد بأنها ذات ميل يساوي 4.5 وطول 22.1 م وعلي هيئة أرض بور بدون غطاء نباتي ومحروثة باتجاه الميل.

SL - العامل الطبوغرافي ويتعلق بالميل وطول المنحدر وتؤخذ قيمته من خرائط خاصة.

C- ويمثل الغطاء النباتي ونوع الإدارة (نوع الحراثة - الدورة الزراعية ...) وتتراوح قيمته بين 0-1 وكلما صغرت قيمته كلما زادت درجة حماية التربة.
P-عامل صيانة التربة ويتعلق بنوع إجراءات الصيانة المطبقة (حراثة مع الكنتور - زراعة شرائطية سدرجات) وتتراوح قيمته بين 0-1 والقيمة واحد تعني عدم وجود أي إجراءات صيانة. ومن الشائع أن يعالج عامل الغطاء النباتي وعامل الصيانة كعامل واحد وناتج جداء العاملين C و p ويستخرج قيمته من جداول خاصة.

الاستخدامات التطبيقية للمعادلة:

1- يمكن الاستفادة من المعادلة في التنبؤ بكمية الفقد السنوي للتربة بالانجراف المائي .

مثال: أرض منحدرة ميلها 5% وطول انحدارها 150م تربتها عميقه ونفوذه وتحرث باتجاه الميل دون اتباع أي إجراءات لصيانة التربة والزراعة المتبعه فيها حبوب رباعية بعد ثلاث سنوات من زراعة حبوب، علماً أن عامل الجرف المطري تساوي 300 في المنطقة، والمطلوب حساب كمية التربة المفقودة بالطن /هكتار/سنة.

من الجداول والمخططات الخاصة بالمعادلة نجد أن:

$$1 = P , \quad 0.40 = SL , \quad 0.36 = K$$

ومن تعويض قيم العوامل في المعادلة نجد الآتي:

$$A = R \cdot K \cdot SL \cdot C \cdot P$$

$$A = 300 \cdot 0.36 \cdot 1.2 \cdot 0.4 \cdot 1 = 52 T/h/year$$

وإذا علمنا أن الحد المسموح به في المنطقة لفقد التربة بحدود 12 طن/هكتار/سنة فإن كمية التربة المفقودة عالي ويتطلب اتخاذ بعض إجراءات الصيانة وتغيير في النظام الزراعي لتخفيض كمية الفقد.

2- الاستخدام الثاني إدخال تغيير في النظام الزراعي بهدف تخفيض معدل الانجراف بالموقع.

وعلى اعتبار أن:

$$CP = A / R . K . SL$$

وإذا اعتبرنا في مثالنا الحد المسموح به يساوي 4 طن فإننا نستبدل قيمة الفقد المحسوب بقيمة الحد المسموح به بالمنطقة وعلى اعتبار أنه لا توجد أساليب صيانة فنحصل بذلك على قيمة معامل النظام الزراعي C.

$$C . 1 = 4 / 300 . 0.36 . 1.2$$

والقيمة ضئيلة، وهذا يعني: يجب إحداث تغيير في النظام الزراعي. (دورة زراعية، مواعيد زراعة) لخفيف الانجراف.

وباستبدال النظام الزراعي المتبعة مثل الاحتفاظ ببقايا المحاصيل بدلاً من حرقها فإننا سوف نخفض قيمة معامل النظام الزراعي من 0.4 إلى 0.2 وهذا بدوره سوف يخفض الفقد إلى النصف أي تصبح 26 طن / هكتار:

$$A = 300 . 0.36 . 1.2 . 0.2 . 1 = 26 T/H$$

3- تحديد دور عامل الصيانة في خفض معدل الانجراف (حراثة كنторية، زراعة شرائطية، مصاطب ...)

مثال: عند استبدال الحراثة باتجاه الميل إلى حراثة كنторية تكون قد خفضنا قيمة P من (1) إلى (0.5) ومن ثم تتحفظ قيمة الفقد من 26 طن إلى 13 طن كما هو واضح من المعادلة:

$$A = 300 \cdot 0.36 \cdot 1.2 \cdot 0.5 = 13 \text{ T/h}$$

- تحديد الطول الأعظمي للانحدار بإدخال المدرجات Banks كأسلوب لتخفيض فقد التربة إلى الحد المسموح به (4 طن).

و لإيجاد المسافة الفاصلة بين المدرجات لابد من استخدام المعادلة ثانية:

$$SL = 4 / 300 \cdot 0.36 \cdot 0.2 \cdot 0.5 = 0.37$$

ومن المخطط الطبوغرافي للمعادلة نحصل على قيمة طول المسافة بين المدرجات L عند ميل 5% ويساوي (17) وأن هذا الطول يؤمن تخفيض فقد التربة إلى الحد المسموح به.

محاذير استخدام هذه المعادلة:

1- إن هذه المعادلة تتبع بالفقد الناتج عن الانجراف الصفائحي والجدولي ولا تفي في حال الانجراف الأخدودي.

2- وضعت هذه المعادلة للتربة متوسطة القوام.

3- في ظروف سورية لابد من إجراء القياسات والتجارب لحساب قيم عامل R و k وإعداد الخرائط والجداول الملائمة للظروف المناخية المحلية.

4- يجب استعمال هذه المعادلة بحذر على الأراضي التي يزيد انحدارها 20 درجة ويقل طول انحدارها عن 150م.

وبناءً على المعلومات المناخية لفترة 15 عاماً يتم حساب المتوسط السنوي لمعامل الجرف المطري R لمنطقة الدراسة لأعظم شدة مطرية خلال 30 دقيقة،

وعلى مدار السنة يؤخذ المتوسط الحسابي. وقد وجد أن مدى الاختلاف بين معامل الجرف المطري بعد تقسيمه على 100 وحدة تتراوح بين 10-26 وحدة وهذا يعني أن الأرضي الخاضعة للانجراف في المناطق المختلفة حسب النظام المطري قد تصل إلى 260%.

3-9- برامج تنبؤ الانجراف المائي

Erosion prediction program (WEPP)

1- نموذج WEPP (Minkowski & Chris, 2008)

كلمة GeoWEPP اختصار للعبارة الإنجليزية Geospatial water Erosion Prediction Project التي تعني مشروع التنبؤ المكاني بالانجراف المائي، وهو نموذج حاسوبي يتكون من مجموعة من نوافذ الإدخال غير المستقلة عن النموذج، من حيث قدرتها على العمل والتحليل والتنبؤ المكاني بمخاطر الانجراف المائي للتربة والجريانات السطحية، طور نموذج WEPP عن نموذج WEPP ليؤدي نفس الغرض ولكن بإمكانية أكثر دقة وعلى مساحات واسعة، حيث التعامل مع الخرائط DEM قياس 30م أو 10م، كما يتم تقسيم المنسوب المائي لمساحات صغيرة 30 أو 10 ومن ثم قياس الجريانات والانجراف ضمن تلك المساحة الصغيرة ومن ثم الانتقال لمساحات التي تلي وجمعها مع سابقتها بحيث تغطي كامل مساحة المنسوب المائي المدروس كما هو عليه في نموذج WEPP الذي يأخذ كامل مساحة المنسوب المائي كوحدة واحدة وعلى مساحات أقل.

GeoWEPP -2 نموذج فيزيائي مكتوب بلغة برمجة VB.Net

يحتاج إلى تنزيل برمجيات مساعدة (WEPP/TOPAZ, ArcGIS.exe, Net Framework.exe) Assisting Software إلى جهاز الحاسوب حتى يعمل النموذج شريطة أن يكون هناك توافق ما بين نسخ البرمجيات المساعدة ونموذج GeoWEPP، طور نموذج WEPP عن النموذج GeoWEPP كمشروع تعاوني مشترك بين دائرة خدمة الأبحاث الزراعية، جامعة Purdue ومخبر أبحاث انجراف التربة الوطني USDA، للتبؤ بمحصلة الراسب والجريان السطحي على مستوى المنسق المائي، يكامل النموذج GeoWEPP نموذج TOPAZ (Topographic Parameterization. exe) WEPP ليعمل ك Extension ضمن بيئة برنامج نظم المعلومات الجغرافية arcGIS، يعد ملف المناخ، خريطة استعمالات الأرضي، الصورة الجوية لمنطقة الدراسة وخريطة المناسيب DEM ملفات النموذج الأساسية، يُنشأ جزء منها كملف المناخ ضمن نموذج WEPP، بينما يتعامل TOPAZ مع خريطة المناسيب (DEM) لمنطقة الدراسة، يحدد TOPAZ المسارات المائية (Channels) بناءً على الميل، فمن خلال 8 خلايا نقطية متقاربة على خريطة المناسيب DEM يتم تنظيم شبكة المسارات أي يتم تعريف طول المسار (قناة الصرف) الأقصر ومساحة الصرف الأدنى CSA، وفور الانتهاء من تعريف شريحة المسارات (Grid Channel)، يمكن التعامل مع مساقط مائية فرعية ضمن المنسق الكلي والاستفادة من كامل إمكانيات ArcGIS لتحليل المخرجات رقمياً وعلى شكل خرائط عرضية، بواسطة واجهة النموذج .GeoWEPP

الأيقونة Use Example GIS Data استخدام مثال سابق قبل الشروع بمشروع الدراسة الخاص بالباحث، تم تجربته من خلال النموذج على مسقط مائي بـ Island، الولايات المتحدة الأمريكية يطلق عليه GeoWEPP-Bear، لا يتطلب أي عمليات أو بيانات ولكن مثال توضيحي يتالف من أربعة من الأمثلة (أراضي غابية قبل وبعد الحرائق، أراضي مراعي، أراضي زراعية)، يهدف إلى تعريف المهتمين بكيفية استخدام أدوات النموذج واستخراج وقراءة التقارير الناتجة عن المحاكاة، إضافة إلى ما ينتج من رسومية توزع وشدة خطورة الظاهرة ومن ثم التحليل والتفسير.

الأيقونة Use Example GIS Data استخدام البيانات الشخصية الخاصة بمشروعك والذي يتم من خلاله بدأ العمل على مشروع دراسة الانجراف المائي للتربة بمكان ما، حيث يتم طلب اسم مشروع الدراسة الخاص بك.

الأيقونة Load previously saved project تحميل مشروع سابق تم العمل عليه أو مشروعك في حال عملت عليه في السابق وتريد إكمال ما تبقى.

الأيقونة Exit GeoWEPP الخروج من النموذج دون العمل على أي من الأيقونات الثلاث الأولى:

1-2-1- أدوات التحليل لنموذج :GeoWEPP

وبالرجوع إلى الأيقونة الثاني Use your own Gls ASCI Data للتعليق على أهم أدوات النموذج GeoWEPP Tools، التي سيتم استخدامها أثناء المحاكاة Simulation للتنبؤ بمحصلة الرواسب والتربة المنجرفة وقياس الجريانات السطحية بوحدة المساحة المدرستة، حيث تعمل هذه الأدوات بشكل

مستقل عن برنامج areGIS بحيث لا يتم استخدام أي من أدوات برنامج areGIS أثناء المحاكات Simulation.

قسمت الأدوات إلى أربعة أقسام، تختص كل مجموعة منها بمهما معينة تقتصر عليها دون غيرها من الأدوات الأخرى.

1- أدوات التصفح الأساسية Basie Navigation Tools

تتألف من أربع أدوات لها نفس أدوات برنامج ArcMap، يتم التحرك من خلالها ضمن المشروع.

Pan: تسمح بالسحب والتحريك للمشروع من خلال النقر والسحب بالفأرة على أي جزء ضمن شاشة العرض لبرنامج ArcMap.

Zoom In: تسمح بتكبير الجزء المدروس من المشروع أو المشروع بأكمله من خلال النقر والسحب بالفأرة على شكل المستطيل.

Zoom Out: تسمح بتصغير الجزء المدروس من المشروع أو المشروع بأكمله من خلال النقر والسحب بالفأرة على شكل مستطيل.

Full Extent: بالنقر على الأداة تعيد المشروع التي يتم العمل فيه إلى وضعه الأساسي قبل التكبير أو التصغير.

2- أدوات المسقط وشبكة القناة Channel Network and watershed Tools

تستخدم قبل إجراء المحاكاة الأولى لتعديل القناة والمسقط التي أنشأها النموذج استناداً إلى خريطة المناسيب DEM ونقطة مخرج المسقط المائي watershed Outlet Point التي تم تحديدها من قبل المستخدم.

يولد نموذج the Modify Channel Network Delineation Tool شبكة المسيلات المائية استناداً إلى خريطة DEM مستخدماً مؤشرين هامين، مساحة الصرف الأدنى (the Critical Source Area) وطول قناة الصرف الأقصر (the Minimum Source Channel Length) وكلاً من هذين المؤشرين يعتمد على تصميم خريطة SEM، تعد مساحة الصرف الأدنى أقل مساحة صرف تحتاج إنشاء قناة، القيمة الافتراضية لمساحة الصرف الأدنى بين (2-5) هكتار، ومن أجل إنشاء قناة يجب أن لا تتجاوز مساحتها 5 هكتار لتصب في نقطة بداية القنوات الأخرى، يعد طول قناة الصرف الأقصر أقصر مسافة تحتاجها القناة الأولى للانتقال قبل أن تلتقي بالقناة الأخرى، لكن يبلغ طولها الافتراضي 100 متر يجب أن لا تقل عن هذه القيمة، فإذا كانت قيمتها أقل لا تظهر القناة في شبكة المسيلات المائية، لذا تسمح الأداة بتعديل القيم من أجل الحصول على شبكة القناة وبالتالي زيادة عدد المصبات المائي ضمن مساحة المنطقة المدروسة، لأن من شروط عمل النموذج أن يكون هناك عدداً من المسيلات المائية ضمن وحدة المساحة من أجل محاكاة الظاهرة. حيث تمكن المستخدم من تغيير قيمة CSA من 5 إلى 2 هكتار معبقاء طول القناة الافتراضي 100م حسب ما يتطلبه العمل، ففي المساحات الصغيرة يجب تغيير CSA إلى 2 هكتار معبقاء MSCL ثابتة من أجل الحصول على العديد من المصبات المائية الثانوية.

أداة تحديد المصب Watershed/subcatchment Generation Tool الثنوي/ المنسق المائي قبل المحاكاة استناداً إلى نقطة مخرج محددة Outlet point لكليهما.

أداة Parameter-Regressions on Independent slopes Model تستطيع من خلالها تعديل ملفات المناخ المستخدمة في WEPP إلى مناخ منطقة الدراسة.

أداة إجراء المحاكاة Accept the Watershed .(Simulation the first WEPP)

3- أدوات مشاهدة التقارير الناتجة عن المحاكاة وحفظ المشروع View Reports and Saving the Project

يتم من خلالها حفظ المشروع ومشاهدة النتائج، الذي تسمى بالتقارير .

أداة من خلالها تستطيع مشاهدة وقراءة التقارير الناتجة عن المحاكاة إضافة لحفظها، حيث ينتج عن كل محاكاة ثلاثة تقارير (Offsite, onsite, Events)

التي يتم من خلالها حفظ العمل التي تم القيام به والخروج. the Save button

4- أدوات متوفرة بعد إجراء المحاكاة الأولى Tools Available after the First Run

عند الانتهاء من المحاكاة الأولى، هناك عدد من العمليات التي سيتم القيام بها تتضمن تغيير مؤشرات منحدر (Changing 1 Hillslope WEPP)، إعادة المحاكاة (Reruning WEPP)، إعادة تخطيط نتائج (Parameters

الانجراف من خلال تغيير قيمة T الافتراضية إلى قيمة جديدة (Remapping)
البدء مع WEPP لإجراء (the Erosion Results To A New- Value
محاكاة لمنحدر معين أو لكامل المنسق المائي (Starting Up WEPP To)
. (Run Simulation of A Hillslope or The Entire Watershed
Remap with New T-value : يتم من خلال الأداة الموضحة تغيير قيمة T
من 1 ط/هـ/سنة إلى 0.1 ط/هـ/سنة بعد انتهاء المحاكاة الأولى، من أجل
معرفة ما إذا يجري ضمن المنسق المائي (أي تسجيل الانجرافات التي تقل عن
ط/هـ/سنة).

WEPP Hillslope Information: تسمح الأداة بمعرفة نوع التربة واستعمال الأرض الخاص بتل معين Special Hill، أيضاً تزود بـ the WEPP Hill Number & the TOPAZ Hill Number عند مشاهدة التقارير الناتجة عن المحاكاة.

ثُم القيام بعملية المحاكاة، تستخدم عند اختبار الصيانة المناسبة. منحدر معين كالتربة واستعمال الأرض أو مؤشرات كامل المسقط المائي وزمنه من خلالها تغيير مؤشرات Change WEPP Hillslope Parameters يتم من خلالها تغيير مؤشرات

Rerun WEPP: عند تغيير مؤشرات الإجارة والتربة لمنحدر معين أو كامل المسقط المائي، تحتاج إلى نتائج جديدة، لذا لابد من النقر على الأداة Rerun WEPP، حيث لا تحتاج في هذه العملية لتحديد المناخ كونها ستأخذ المناخ السابق، وغالباً تستخدم هذه الأداة في حال اقتراح سيناريوهات صيانة التربة.

WEPP on a Hillslope: من خلال اختيار هذه الأداة من قائم الأدوات الموجودة على النموذج GeowEPP وبالنقر من بواسطتها على منحدر معين Hillslope، سيتم تنزيل كافة مؤشرات المنحدر إلى النموذج WEPP ومن ثم تحميل واجهة نموذج (the WEPP Windows interface)، وتعرض كافة المعلومات عن المنحدر ومن ثم إجراء المحاكاة بوايطة النموذج WEPP مع العلم أن التغيير في مؤشرات المنحدر لا يغير النتائج ولا يؤثر على مؤشرات المنحدر نفسه على النموذج GeoWEPP، وتعد الأداة WEPP on a Hillslope ميزة من ميزات نموذج GeoWEPP الذي يمتاز بها عن نموذج WEPP.

Go to WEPP: من خلال النموذج GeoWEPP وبالنقر على هذه الأداة، يتم إجراء محاكاة ل الكامل المسقط المائي أو منحدر معين من خلال النموذج WEPP، واستخدام نفس البيانات التي أدخلتها على النموذج GeoWEPP، حيث إن أي تغيير سيجري على بيانات النموذج WEPP أثناء المحاكاة لن يؤثر على البيانات والنتائج والتقارير في النموذج GeoWEPP.

Exit GeoWEPP and Save: من خلال الأداة يتم إنهاء العمل والخروج من النموذج GeoWEPP مع حفظ ما تم العمل عليه.

يستخدم نموذج GeoWEPP طرفيتين لدراسة ظاهرة الانجراف المائي للتربة والجريان السطحي:

-طريقة المسقط المائي :the watershed Method

تأخذ كل منحدر من المصب الثانوي، تحدد النسيج التمثيلي للمنحدر، ومن ثم تحدد تربة واحدة واستعمال واحد للمنحدر، يعتمد النسيج التمثيلي على تجميع نسج المسيلات المائية في المنحدر، بحيث يكون النسيج ممثلاً تمثل كامل لتربة المنحدر واستعمالات الأراضي، يقوم النموذج GeoWEPP بتحديد نوع التربة السائدة وينسبها إلى نسيج المنحدر، وبعدها يعيد نفس العملية لاستعمالات الأرضي للمنحدر نفسه، وحينما ينتهي النموذج من العملية تبدأ عملية المحاكاة لكل منحدر وتتصدر النتائج، حيث تسمى هذه العملية بالتقدير offsite، لأن القيم تمثل كمية الجريان السطحي بوحدة مساحة المنحدر والتي يصل إلى نقطة المخرج outlet point.

يشترط بطريقة المسقط المائي أن لا يزيد عدد المنحدرات عن 2900 منحدر و 1000 قناة ضمن منطقة الدراسة، لكي تقوم الطريقة بحساب الجريان السطحي بوحدة المساحة المدروسة.

-طريقة المسيل المائي :the Flow Path Method

تركز طريقة المسيل المائي على كل مسيل مائي ضمن المصب الثانوي (subcatchment)، على خلاف طريقة المسقط المائي، يستخدم المنحدر لأجل المحاكاة، إذ لا يوجد نسيج تمثيلي أو ممثل فالمنحدر هو الممثل نفسه، أيضاً تحافظ هذه الطريقة على التنوع والتوزع المكاني لطبقات التربة واستعمال

الأراضي، وبالتالي يكون هناك عدداً مختلفاً من الترب واستعمالات الأرضي في المحاكاة، وعند الانتهاء من المحاكاة تكون النتائج متوفرة.

كل مسيل Flowpath له مصدر واتجاه، بينما لا يكون لمسيلين مائيين Tow Flowpath نفس المصدر ولكن العديد من المسيلات المائية flowpaths يمكن أن تشارك بنفس الاتجاه، أي عندما تتلاقى المسيلات المائية flowpaths تكون aggregation، تدعى هذه بطريقة التقييم onsite حيث تشير القيم الناتجة إلى كمية الراسب أو الانجراف الذي يحدث في كل مسيل ضمن المصب الثانوي (subcatchment)، لا يكون هناك عدد محدد للمسيلات المائية لمنطقة الدراسة.

-الاختلاف بين طريقي المسقط والمسيط المائي:

أ-طريقة المسقط المائي the Watershed Method تتضمن استعمال أراضي واحد وتربة واحدة ممثلة لكامل المسقط المائي وبالتالي فقد الطرقة المحافظة على التنوع المكاني لمنطقة الدراسة بالنسبة للمؤشرات بينما في طريقة المسيل المائي the Flowpath Method تحافظ على التنوع المكاني لمنطقة الدراسية وبالتالي تظهر كافة المؤشرات.

ب-تُظهر طريقة المسقط المائي the Watershed Method حصيلة الراسب sediment yield والجريان السطحي بينما تظهر طريقة المسيل المائي the Flowpath Method التربة المنجرفة Soil loss لكل جزء بالمسقط المائي.

ث-تُظهر طريقة المسقط المائي the Watershed Method المنحدرات التي تكون سبب المشكلة بينما توضح طريقة المسيل المائي the Flowpath

أي الأجزاء من المنحدر المسبب الرئيس أو المساهم بهذه المشكلة (أي الأجزاء الذي يتركز فيها الانجراف).

-زمن المحاكاة:

طريقة المسقط المائي the Watershed Method أسرع في المحاكاة لكونها فقط تجري محاكاة واحدة لكل منحدر بينما طريقة المسيل المائي the Flowpath Method تأخذ وقتاً أطول لكونها تجري لكل مسيل مائي في المنحدر وبعدها تقوم بتجميع النتائج، فإذا لم يكن هناك وقت فيفضل تطبيق طريقة المسقط المائي أولاً، فعلى سبيل المثال المحاكاة الذي تحتوي على 1000 مسيل مائي تحتاج إلى 3-4 ساعات للمحاكاة الواحدة بينما طريقة المسقط المائي لا يتجاوز زمن المحاكاة نصف الساعة.

:TOPAZ -1-3

يستخدم نموذج FeoEPP وبرمجية PArameteriZation (Topography software) TOPAZ لإنشاء المنحدر وشبكة القناة التي تسمى بالمصب الثنائي في المسقط المائي، من خلال بيانات خريطة DEM، حيث تحدد برمجة TOPAZ شبكة القناة the channel network استناداً إلى اتجاه المنحدر الحاد الأسفل من خلال ثمان خلايا نقطية متغيرة the raster cell في الخريطة يتم تحديد قناة الصرف الأقصر ومساحة الصرف الأدنى، يمكن التعديلات على تفاصيل قناة الشبكة من خلال تغيير قيم متوسط طول قناة الصرف المصدرية (الأقصر) Mean Source Channel Length (MSCL) والمساحة

المصدرية الحرجة (CSA)، التي تعرف بمساحة الصرف التي تشكل القناة الدائمة.

إضافة قيم CSA ، MSCL إلى القيم المنخفضة لشبكة القناة سوف يزيد كثافة شبكة القناة التي تكون مفيدة عند تعريف المساقط المائية الصغيرة، حيث إن المستخدم ومن خلال تعريف شبكة القناة يستطيع تحديد نقطة ما.

الفصل العاشر

التصحر وعلاقته بالانجراف

1-10-تعريف التصحر:

تعني كلمة التصحر **Desertification**: تدهور التربة والنظام البيئي والتحول إلى الصحراء أو اكتساب المظاهر الصحراوية وخصائصها، وعليه فإن التصحر يعني امتداد الصحراء لتشمل مناطق لم تكن في السابق صحراوية. والتصحر يعني فرط العلاقة الحيوية بين عناصر البيئة فتجدب الأرضي ويترنح الإنسان وتسيطر المظاهر الصحراوية في المنطقة المتصرحة متمثلة بتجدد المراعي وتتسهّب الغابات وانجراف التربة وزيادة ظاهرة السيول وارتفاع العواصف الغبارية الرملية وظهور الكثبان الرملية وشروع القحط والجفاف ونضوب المياه. والتصحر تعبير بيومناخي يقصد به تحول الأراضي المنتجة إلى أراضٍ قاحلة جرداً لا تصلح لحياة الإنسان والحيوان. وعرف مؤتمر الأرض في ريو 1992 التصحر كما يلي: التصحر هو تدهور الأرضي في المناطق الجافة وشبه الجافة وشبه الرطبة بسبب عوامل مختلفة من ضمنها التقلبات المناخية والأنشطة البشرية غير الملائمة بفعل تعرية التربة، التدهور الفيزيائي والكيميائي للتربة وزوال الغطاء النباتي الطبيعي.

ظاهرة التصحر قديمة قدم التاريخ ولم تشكل هذه الظاهرة سابقاً خطراً يهدد حياة الناس وذلك لتتوفر التوازن البيئي الطبيعي آنذاك، ولكن بسبب مجموعة من العوامل سنذكرها لاحقاً بدأ التوازن البيئي الطبيعي يعاني من خلل سوء استثمار الموارد الطبيعية وإلى حد ما بسبب التغيرات المناخية التي طرأت على

الأرض في الآونة الأخيرة وخلال فترة الثمانينات بدأت ظاهرة التصحر بالتفاقم وتعاظمت آثارها السلبية على كافة الجوانب البيئية والاجتماعية والسبب في ذلك يعود بشكل أساسي إلى الزيادة السكانية الكبيرة بعدد السكان وزيادة الطلب على الغذاء والضغط على موارد الأراضي.

10-2-أسباب التصحر:

يمكن عد التقلبات المناخية مثل طول فترات الجفاف السائدة على اليابسة من العوامل المسرعة لظاهرة التصحر من خلال العلاقة الوثيقة بين الأمطار وكثافة الغطاء النباتي وأن انحسار الأمطار أو قلتها لفترات طويلة يؤدي إلى سيطرة الجفاف وهي خطوة أولى نحو التصحر ويلي ذلك القحط Aridity والمحل أو الجدب وعدم قدرة الأرض على الإنتاج.

التقلبات المناخية: هي عبارة عن التقلبات الزمانية والمكانية في عناصر المناخ (حرارة، أمطار ..) وليس مجرد التغير في حالة الطقس في لحظة ومكان ما وعلى سبيل المثال تواصل سنوات الجفاف أو الفيضانات

تعريف الجفاف: ظاهرة مناخية طبيعية تحصل في كل المنظومات المناخية قليلة أو كثيرة الهطولات المطرية وهي ظاهرة محدودة زمانياً وعلى عكس القحولة (Aridity) والتي تتميز بالديمومة وتعكس قلة وندرة الأمطار.

أشكال الجفاف:

- 1- الجفاف المناخي ويعرف عادة بانخفاض كمية الهطولات المطرية.
- 2- الجفاف الزراعي ويعبر عنه بنقص كمية ماء التربة المتاح لنمو النبات.

3- الجفاف الهيدرولوجي ويعبر عنه بقص كميات المياه السطحية والجوفية والذي يقود إلى عجز مائي أمام الطلب الاعتيادي على المياه.

خصائص الجفاف: (الشدة، الاستمرارية، وانتشار الجفاف)

مؤشرات الجفاف:

1- مؤشرات مناخية (كمية الأمطار، درجات الحرارة ...).

2- مناسب الماء في البحيرات والمستجمعات المائية.

3- رطوبة التربة.

4- مناسب الماء الجوفية.

5- تصريف المياه في الأنهر والأودية.

6- الغطاء النباتي.

وتشير الدراسات إلى أنه لم يحصل تغيير ملحوظ في المناخ منذ 6000 عام وأن الحقبة الجيولوجية السائدة حالياً ليست إلا استمراً لمرحلة البرودة التي بدأت منذ ذلك التاريخ وأن حدود الصحراء الطبيعية هي نفسها منذ 3000 ق. م.

وفي السنوات الأخيرة تتعرض المناطق المدارية لتحولات بيئية مأساوية لم يشهد لها مثيل في التاريخ فالطبيعة تعيد إنتاج الصحراء والإنسان يمد لها يد العون من خلال أنشطته اللامسؤولة. إن الأنشطة البشرية الخاطئة أدت إلى تغيرات

لا يستهان بها في الغلاف الجوي للأرض ومن الأمثلة على ذلك:

- ارتفاع نسبة غاز ثاني أوكسيد الكربون وتشكيل البيت الزجاجي (الاحتباس الحراري).
- تخريب طبقة الأوزون.

- التغيرات النووية.

وهذا أدى إلى تغيرات حادة في الغلاف الحيوي للأرض والذي تنشأ فيه الحرارة والضغط والرياح والأمطار مما أدى إلى تذبذبات مناخية حادة.

- تدمير الغابات الطبيعية (غابات الأمازون والتي تعد رئة الأرض التي يتفس من خلالها الإنسان).

- استبدال الأنظمة البيئية الطبيعية بأنظمة اصطناعية غير متكيفة مع الوسط البيئي المحيط ومثال على ذلك إحلال الزراعات البعلية محل المراعي الطبيعية في البوادي.

10-3- واقع التصرّح (عالمياً وعربياً ومحلياً):

تبلغ مجموع المساحات المتصرّحة في العالم حوالي 46 مليون كم² أي حوالي 28% من جملة المناطق المتصرّحة في العالم. وتبلغ مساحة المناطق المهددة بالتصحر بدرجات متفاوتة حوالي 35 مليون كم² يشكل 75% من مساحة المناطق القاحلة ويعيش فيها 850 مليون نسمة أي ما يعادل 19% من مجموع سكان العالم وهم الذين يعتمدون في حياتهم على الزراعة المطرية وتربية المواشي (أكساد، 2004).

تشكل مساحة الصحراء في العالم حوالي 5/1 (خمس) مساحة الكره الأرضية، والعالم يفقد سنوياً ما يزيد على 6 مليون هكتار من الأراضي الصالحة للزراعة. والتصحر يؤدي إلى خسارة تصل إلى 40 مليار دولار سنوياً في المحاصيل الزراعية وزيادة أسعارها.

تبلغ مساحة الأراضي الجافة في العالم 54 مليون كم² أي ما يعادل 36% من مساحة العالم بالإضافة إلى أن 5 مليون كم² مهددة بالتصحر كل عام.

10-3-1- بعض المعطيات العالمية عن التصحر:

- على الصعيد العالمي يتعرض حوالي 30% من سطح الأرض لخطر التصحر مؤثراً على حياة مليار شخص في العالم.
- فقدت ثلث الأراضي الجافة في العالم أكثر من 25% من قدرتها الإنتاجية.
- يفقد العالم 10 ملايين هكتار كل عام من الأراضي بسبب التصحر.
- في سنة 1988 فقط كان هناك 10 ملايين لاجئ بيئي. ويكلف التصحر العالم 42 مليار دولار سنوياً في حين تقدر الأمم المتحدة أن التكاليف العالمية من أجل الأنشطة المعتادة للتصحر من وقاية وإصلاح وإعادة تأهيل للأراضي لن تتكلف سوى نصف هذا المبلغ ما بين 10-22.4 مليار دولار / سنة.

10-3-2- التصحر في البلدان العربية:

يغطي التصحر نحو 10 مليون كم² من المساحة الكلية أي نحو 68% من المساحة الإجمالية للدول العربية وإن هناك ما يزيد عن 90 مليون نسمة يهددهم شبح الجفاف والتصحر بالإضافة إلى 500 مليون هكتار من الأراضي الزراعية تحولت إلى صحراء منها 1 مليون هكتار في سوريا وتسود الأحوال الجافة وشديدة الجفاف في أكثر من 89% من المنطقة العربية.

تبلغ مساحة الأراضي المتدهورة نحو 531.1 مليون هكتار ويعود الرعي مسؤولاً عن تدهور 54.2% من هذه الأراضي فيما يعد فقد التربة نتيجة التعرية الريحية

مسؤولاً عن تدهور 19.4% منها، في حين يعد فقد التربة الباقي نتيجة التعرية المائية وبقية العوامل الأخرى. (أكساد، 2016).

هناك مساحات كبيرة في معظم بلدان شبه الجزيرة العربية وشمال إفريقيا مغطاة برماء متحركة، حيث تمثل 36.9% من مساحة السعودية ومعظم الصحراء الغربية في مصر 25% من المساحة الكلية وعدة مناطق في السودان وجنوب المغرب.

والتصحر مشكلة ذات أبعاد بيئية واقتصادية واجتماعية وثقافية وبتعبير آخر فإن التصحر مشكلة ذات أبعاد حضارية وأمنية ومن الضروري إعطائها الأولوية في الخطط التنموية المتعلقة بالموارد الطبيعية من أجل إعادة تأهيلها، فمثلاً في الدول السواحلية فإن التصحر يؤدي إلى هجرة أصحاب الأراضي المتصرحة داخلياً وعبر الحدود مما يؤدي إلى زيادة الضغط على الأراضي الزراعية في البلاد المستقبلة وهو ما يزيد من الضغوط الاجتماعية والسياسية والنزاعات العسكرية وبالتالي دخلت بعض الدول في حلقة مفرغة لا تنتهي من المشاكل (السودان مشكلة دارفور، جنوب السودان).

حالة التصحر محلياً: تشكل المنطقة الجافة في سوريا أكثر من 60% من المساحة الإجمالية وتتصف بمعدل أمطار أقل من 250 مم/سنة وهي تشكل المنطقة الهمشية والبادية وتقع فيها المراعي الطبيعية وزراعة الحبوب بعلا وهي من أكثر المناطق تعرضاً للتصحر، وخارطة استعمالات الأراضي في سوريا منذ عام 1990 ولغاية 1999 تبين أن نسبة أراضي السهوب تمثل 45% من مساحة القطر إليها الأراضي الصالحة للزراعة وتحتل المرتبة الثالثة

الأراضي غير القابلة للزراعة وتشكل 20%， وتبقى 3% من مساحة القطر تشغله الغابات. كما بينت خريطة تدهور الأراضي رقم (1) أن 18% من مساحة سوريا تتعرض لأنواع مختلفة من التدهور ويظهر التصحر في سوريا بشكل بقع متاثرة في المناطق الأكثر حساسية للتدهور حيث تمارس عليها الزراعات البعلية، ومع تقدم عمليات التصحر تتسع هذه البؤر لتسسيطر على مناطق واسعة من البادية تقدر ب مليون هكتار (وزارة الزراعة السورية، 1999). ومن أهم هذه البؤر الساخنة للتتصحر مرتفعات جبل الشري وحوض الدو وسهول الرصافة والساخنة مثل الكوم والطيبة وسهول جروان في بادية الجزيرة.

أسباب تدهور الترب في سوريا:

- 1- الإفراط في زراعة التربة وغياب أساليب صيانة التربة.
- 2- عدم التقيد بنوع الزراعات التي تلائم البيئة الأرضية والمناخية للمنطقة.
- 3- استخدام التكنولوجيا غير المناسبة في تجهيز الأرض للزراعة (المحاريث القرصية والمطرحية).
- 4- استعمال مياه الآبار المالحة في الري الزراعي في مناطق الزراعات البعلية التكميلية مما يؤدي لتلح الأرض.

ونظراً لأهمية مشكلة التصحر التي تواجه العالم فقد خصصت الأمم المتحدة يوم 17 حزيران من كل عام يوماً عالمياً لمكافحة التصحر والجفاف.

10-4- مظاهر التصحر:

- 1- تراجع القدرة الإنتاجية لإنتاج المحاصيل والإنتاجية العلفية للمراعي الطبيعية.
- 2- استمرار ظاهرة العواصف الغبارية.
- 3- انتشار الرمال والكتبان الرملية. وطمر الأراضي الزراعية وتشير الدراسات إلى أن معدل انتقال الرمال 9-10 كم/سنة
- 4- تكرار حدوث السيول.
- 5- انجراف التربة الزراعية وتكشف الصخور الأم.
- 6- تدهور الغطاء النباتي واختفاء بعض الأنواع وزوالها تدريجياً مما تسبب في اختلال في النظام الأيكولوجي نظراً لحرمان المنطقة من الغطاء النباتي ووظائفه الهامة في ترطيب الجو وإمداده بالأوكسجين والتخلص من ثاني أوكسيد الكربون في التمثيل الضوئي.
- 7- اشتداد ظاهرة التملح والقلوية وتحول الأرض إلى القحولة.

10-5- مستويات التصحر:

تختلف مستويات التصحر ودرجة خطورته من منطقة لأخرى تبعاً لاختلاف نوعية العلاقة بين النظام البيئي من ناحية والإنسان من ناحية أخرى. وهناك أربع درجات لحالات التصحر حسب تصنيف الأمم المتحدة للتصحر :

- 1- تصحر خفيف: حدوث تلف أو تدمير طفيف جداً في الغطاء النباتي والتربة ولا يؤثر على القدرة البيولوجية للبيئة. ويمكن بسهولة مكافحته

2- تصرّر معتدل: تلف بدرجة متوسطة للغطاء النباتي وانتشار بقع جرداء من الأرض تبدأ فيها تكوين أكواخ رملية (أكمات) أو أخداد قصيرة في التربة وكذلك تملح التربة مما يقلل من الإنتاج بنسبة 10-15%.

3- تصرّر شديد: وهو انتشار النباتات والشجيرات غير المرغوبة في المرعى على حساب الأنواع المرغوبة وكذلك بزيادة نشاط التعرية، وتكثر الكثبان الرملية وتظهر الصخور الأمّ مما يؤثر على الغطاء النباتي وتقلل الإنتاج بنسبة 50%.

4- تصرّر شديد جداً: وهي مرحلة تكوين كثبان رملية عارية ومتحركة وتكون العديد من الأخداد والأودية وتملح التربة وتفسد التربة ويصبح استصلاحها صعباً ومكلفة اقتصادياً لاختفاء الغطاء النباتي أو اقتصاره على الشوكيات والحوليات وبكثافة نبتة واحدة / كم^2 وتعدم جميع أشكال الحياة وتتميز بمناخ حار وجاف وهبوب رياح شديدة ..

العوامل المؤثرة في التصرّر:

هناك عوامل بشرية ومناخية.

عوامل اقتصادية واجتماعية:

- 1- الاستغلال المفرط واستنزاف التربة.
- 2- إزالة الغابات (القطع والحرائق).
- 3- تدهور المراعي (الرعى الجائر، التحطيب، الفلاحة).
- 4- أساليب الري التقليدية بالمياه المالحة وغياب مقننات الري.

عوامل بيئية:

- 1- ارتفاع درجات الحرارة وقلة الأمطار أو ندرتها (الجفاف).
- 2- انخفاض منسوب المياه الجوفية والاعتماد على مياه الآبار في الري مما يرفع من ملوحة التربة وتصحرها.
- 3- ازدياد سرعة الرياح مما يؤدي إلى سرعة جفاف النبات واقتلاعه من التربة وبالتالي تعرض التربة للانجراف.

المناطق الجغرافية التي يهددها خطر التصحر:

يظهر التصحر في المناطق التي يقل فيها معدل الأمطار عن 250مم وموزعة توزيعاً سيئاً بحيث لا تسمح بقيام نشاط زراعي مستقر.

- 1- المنطقة الجافة (250-500 مم/سنة) وهي المنطقة المنتشرة على حواف الصحاري الأفريقية والأسيوية.
- 2- المناطق شبه الجافة (500-1000مم/سنة) وهي المناطق التي يسود فيها مناخ البحر الأبيض المتوسط.
- 3- مناطق البوادي والتي تتصف بمعدلات أمطار أقل من 250 مم/سنة وشديدة الذبذبة ولا يعتمد عليها في الزراعة البعلية.

6-10- مخاطر التصحر وعلاقته بالانجرافين الريحي والمائي:

1- تدهور الغطاء النباتي الطبيعي:

يتدهور الغطاء النباتي الطبيعي تحت تأثير الإدارة السيئة للموارد الطبيعية من حراثة لأراضي المراعي والرعى الجائر والاحتطاب والحرائق المتكررة ويمر النبات بمراحل تقهقرية عدة تبعاً لشدة عوامل الهدم.

أظهرت خارطة الغطاء الأرضي الإقليمية التي أعدتها وكالة الفضاء الأوروبية (2009) تراجع مساحة المراعي الطبيعية مما يعطي مؤشراً واضحاً على تدهور المراعي العربية بواقع 1.67% سنوياً منذ منتصف السبعينات وما زال الوضع في حالة تدهور مستمر. وإن أهم ما يواجه المراعي العربية هو انتشار التصحر وهذا يعود لعدة أسباب:

- سوء حالة الغطاء النباتي بسبب الضغط الجائر على المراعي.
- الأسباب الطبيعية كتكرار حالات الجفاف والتباين في الهطول المطري وفروق درجات الحرارة.
- الانجرافين الريحي والمائي.
- سوء حالة الأراضي نتيجة عمليات التدهور المختلفة.
- الأسباب البشرية.

يشير سنكري 1981 إلى أن عوامل تدمير النبات في المناطق الجافة وشديدة الجفاف السورية وما رافق ذلك من انجراف للتربة وزيادة تكرارية العواصف الغبارية وظهور الرمال الزاحفة في جبل الشري والمناطق المجاورة له مثل الرصافة والكوم والقاعيات وانتشار النباتات السامة والشوكيّة مثل الحاذ والهوليّات منخفضة الإنتاجية والاستساغةأخذت تعاظم مع بداية حراثة الباية على مساحات واسعة.

وأخذت الترب في الباية والمنطقة الهاشمية تعاني من الانجراف الريحي بسبب المحاريث الحديثة وما أحدثته من تغييرات على الأجهزة البيئية وبدأت تظهر نباتات دالة على التصحر بفعل الفلاحة مثل الحرمل.

وكان يوجد على الترب الرملية والخفيفة شرقي تدمر كثير من نباتات الأرضي *Haloxylon* والعلندي *Ephedra alata* والرمث *Calligonum comosum* ولم يجد من هذه النباتات إلا شجيرات *salicornicum* (Musil,1908) متفرقة كما انحسرت نباتات الرمث والروثا والشيح وقد احتفى الرغل من كثير من المواقع التي كانت تدعمها في الماضي.

وفي الخمسينات من القرن العشرين ازدادت عمليات الاحتطاب التي طالت غابات البطم الأطلسي في جبل البشري والبعاس والجبال التدميرية وتعرضت شجرة البطم لتدور حاد ولم يبق منها إلا القليل. والمستشرق Musil شاهد هذه الغابات أثناء مروره بالمنطقة خلال الفترة من 1908-1928 وحالياً لم يبق منها سوى الذكريات. إن التغيرات التي طالت الغطاء النباتي ونوعيته وخاصة البطم الأطلسي أثرت على الحياة البرية وخاصة على الغزال الذي بدأت أعداده تتناقص مع تناقص البطم الأطلسي لأنه يعد غذاءه الأساسي وانقرض بالمنطقة بالكامل. وكذلك تراجع أعداد الجمال إثر تغيير تركيبة الغطاء النباتي والأمر الذي ساعد على تكاثر أنواع نباتية شوكية كان الجمل يتغذى عليها.

2- خسارة التربة:

أدى التصحر إلى تراجع نصيب الفرد من الأراضي الزراعية المنتجة من 1.5 هكتار إلى ما دون 0,25 هكتار علماً أن احتياجات الفرد من الأراضي الزراعية المنتجة 3 هكتار لسد احتياجاته من الغذاء والكماء، فمثلاً كان عدد سكان سوريا في عام 1980 حوالي 8.70 مليون نسمة ووصل في عام 2010 إلى 20.500

مليون نسمة وبذلك يكون قد زاد خلال 30 عاماً إلى الضعف وبمعدل زيادة سكانية 3.5%.

وفي سوريا أظهرت القياسات الحقلية باستخدام جهاز تكساس خسارة طناً/100 م في منطقة البشري (عسكر، 1998) وأوضحت خريطة تدهور الأراضي في سوريا أن حوالي 80% من المساحة الكلية تتعرض لأنواع مختلفة من تدهور الأرضي.

علماً أن عمليات تكوين التربة بطيئة جداً فقد يستغرق تكوين طبقة من التربة سمكها 18 سم ما بين 1400-7000 سنة وأن مساحة الأراضي الزراعية التي تدهورت في العالم بسبب التصحر في المائة سنة الأخيرة بأكثر من 23% من الأراضي الزراعية.

3- زيادة نشاط العواصف الترابية:

أظهرت دراسة العواصف الغبارية في الباذلة السورية للفترة من 1982 ولغاية 2000 أن عدد الأيام المغبرة بلغ أكثر من 115 يوماً في عام 1991 كما سجل أكثر من 27 يوماً في شهر حزيران من نفس العام (عسكر، 1999) كما بينت الدراسات أن عدد الأيام المغبرة بلغ 45 يوماً وأن عدد العواصف الغبارية والتي انعدمت فيها الرؤيا إلى مادون 100 م بلغ 9 عواصف في عام 2000.

عادة يلاحظ نشاط العواصف الغبارية في شهر نيسان وأيار (جدول 14) أما في السنوات الأخيرة مع تعاظم الجفاف فسجلت بعض الحالات لظهور العواصف الغبارية في شهري كانون الثاني وشباط لعام 2010 (وزارة البيئة، 2016).

وترافق فترة نشاط العواصف الغبارية مع فترات سيطرة الجفاف من عام 2000 إلى 2009 (الجدول 20) كما ظهرت العواصف الغبارية في عام 2017 وخاصة في شهري، نيسان وأيار ونذكر منها العاصفة الغبارية التي اجتاحت شرق الباذلة السورية بتاريخ 2017/4/23 وألحقت أضراراً جسيمة بالمجتمعات السكانية والثروة الحيوانية.

الجدول رقم (20). يبين تكرارية العواصف الغبارية في بادية دير الزور للفترة 2000-2009.

المجموع	1 ك	2 ت	1 ت	أيلول	أب	تموز	حزيران	أيار	نيسان	أذار	شباط	أك 2	السنة
10	0	1	1	1	0	2	1	1	2	0	1	0	2001
8	0	0	2	3	1	0	0	0	1	1	0	0	2002
9	1	1	0	0	0	0	0	5	2	0	0	0	2003
2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2004
1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2005
5	0	0	0	0	0	0	1	0	2	2	0	0	2006
21	0	3	1	0	7	5	0	3	0	0	0	0	2007
74	2	0	20	15	10	1	10	5	5	2	3	2	2008
49	-	-	0	0	0	16	10	16	1	4	3	0	2009



الصورة (9). عاصفة ترابية تجتاح مزارع الزيتون في بادية تدمر.

4- زحف الرمال وظهور الكثبان الرملية:

إن الرمال لم تكن موجودة سابقاً في الباذلة السورية قبل عمليات الفلاحة البعلية على حساب أراضي المراعي الطبيعية أما حاليا فقد بدأت تظهر الكثبان في منطقة كباجب (دير الزور) ومنطقة جروان ومنطقة الناصرية إضافة إلى ظهور الألسنة الرملية على مساحات واسعة من الباذلة وهذه الرمال غطت الشجيرات الموجودة بالمنطقة على ارتفاع 50-100 سم وتراءكت على الطرق العامة البرية دير الزور - دمشق وسببت اختنات مرورية، بالإضافة إلى زحفها على الخطوط الحديدية ما بين دير الزور - حلب ودير الزور - الحسكة ويتراوح طول المسافات المتضررة بالزحف الرملي ما بين 50-100 كم. وتؤدي الرمال الزاحفة إلى مهاجمة التجمعات السكانية والأراضي الزراعية بالمنطقة.

5- تراجع القدرة للأراضي والغلة الإنتاجية للمحاصيل.

6- تراجع الإنتاجية النباتية للمراعي.

7- شيوع مظاهر الفقر والجوع في المناطق المتصرحة.

8- نفوق الثروة الحيوانية وتراجع أعدادها.

9- تدهور الحياة البرية.



الفصل الحادي عشر

الكتبان الرملية

نشوؤها - أشكالها - تثبيتها

1-1- المقدمة:

يعد النشاط الريحي السبب الرئيس لظهور الرمال وحركتها وتراكمها على شكل كثبان رملية. وتوجد الكثبان الرملية في جميع القارات وتحت مختلف الظروف المناخية.

وتغطي الكثبان الرملية 20% من المناطق الجافة وشديدة الجفاف وتشغل الكثبان الرملية حوالي 5 مليون كم² منها 99% أراضٍ صحراوية وتظهر الكثبان الرملية بأشكال مختلفة نتيجة فعل الرياح وتغير اتجاهاتها وحجم حبيبات الرمل وكثافة الغطاء النباتي.

وتنصف الكثبان الرملية بأنها قليلة الخصوبة وضعيفة الاحتفاظ بالماء ودرجة تماسكها ضعيفة وتبدأ بالحركة عند سرعة رياح 4 م/ثا ويؤدي السفي الرملي إلى حدوث ترببات رملية تختلف أشكالها باختلاف الطبوغرافيا وخشونة السطح وتوجد عوائق طبيعية أو اصطناعية في مساراتها ومشكلة الرمال تشكل عائقاً أمام الأنشطة التنموية في المناطق الصحراوية.

1-1-2- التوزيع الجغرافي للكثبان الرملية في العالم:

توجد البحار الرملية في المناطق الصحراوية المستقرة مثل الصحراء الكبرى في شمال أفريقيا ورمال الربع الخالي وصحراء النفود في السعودية وصحراء كراكوم في آسيا الوسطى وصحراء غobi ما بين شمال الصين ومنغوليا وتوجد

الرمال في غرب مصر وتشغل 90% من مساحة الإمارات وتشكل مساحات من أراضي الكويت.

11-3- حركة الرمال وانتقالها:

تتأثر حركة الرمال بعوامل مناخية وجيوولوجية وأرضية وبشرية وتدهور الغطاء النباتي وقابلية الترب للانجراف الريحي ومن أهم العوامل البيئية:

- 1- وجود الرمل الناعم (0.125-0.25 مم) بنسبة كبيرة في التركيب الميكانيكي لرمال الكثبان.
- 2- تضاريس الأرض.
- 3- طبيعة الرياح.
- 4- النشاطات البشرية.

ويترکز وجود الرمال في الوطن العربي وشمال أفريقيا وشبه الجزيرة العربية، وبدأت تظهر في بادية الشام نتيجة الجفاف المتكرر وإدخال الزراعات البعلية إلى مناطق المراعي الطبيعية.

وفي البادية السورية بدأت تظهر في التسعينيات من القرن العشرين نتيجة الممارسات البشرية الخاطئة في إدارة الموارد الطبيعية، حيث تتعدم برامج إدارة المراعي وغياب لأساليب صيانة الأراضي في مناطق الزراعات الحيوانية المطالية مثل (منطقة البشري وسهول السخنة وكباجب وحوض الدو ومنطقة جروان رويشيد وأبو فاس..) وبدأت تظهر بعض المساحات الصغيرة في وادي الفرات من جراء قطع الغابات النهرية واستثمار أراضيها في الزراعة (الكسرة ومراط، الخ) ويترکز الجزء الأكبر من الرمال النهرية في دلتا الأنهر الكبيرة

مثل الفرات والنيل. وتكون ذروة السفي الرملي في الباذية السورية غالباً في شهري أيار ونisan وتستمر لغاية أيلول وتؤدي الأنشطة البشرية دوراً مسراً لحركة الرمال (الرعى الجائر، المقالع الرملية حركة الآلات العشوائية)

11-4- منشأ وأنواع الرمال :Sand genesis

تشكلت الرمال نتيجة عوامل التجوية الفيزيائية والكيميائية للصخور الجيولوجية بالإضافة إلى عوامل النقل المختلفة وخاصة النقل بالرياح Eolian من التعرية الريحية .. وإن الرمال المشكّلة بفعل التجوية الفيزيائية (درجات الحرارة، الماء، الهواء) وهي ذات منشأ جيولوجي قديم وتوجد في المناطق الصحراوية والقسم الأكبر من الرمال حديثة التكوين ظهرت نتيجة الرعي الجائر أو الفلاحة والزراعة البعلية أو نتيجة لكلا العاملين معاً على الأراضي الرملية أو الخفيفة القوام في المناطق الجافة وشديدة الجفاف. وقد صنف العالم الروسي S. Soboliv، 1935 الرمال حسب المنشأ التكويني إلى عدة مجموعات هي:

1- Eluvail: وهي ذات تكوين موضعي وتوجد في أماكن تشكّلها الأصلية نتيجة التجوية ولم تتعرض لعوامل النقل والترسيب.

2- Deluvuim: وتشكل بفعل السيول وتوجد بعيدة عن مصادرها الأساسية وتكون على شكل مخاريط تحتوي على الحجارة والحصى في نهايتها.

3- Aluvial: وتشكل نتيجة غسل قطاع التربة ومثالها رمال أفق البدزول.

4- Eolain: رمال تكونت بفعل الانتقال بالرياح.

5- رمال ذات أصل عضوي Elu via 1 - Glaze: وتوجد بشكل طبقات منضدة وخالية من الكربونات

6- الرمال المتكونة في المناطق الجبلية Proluvium: وتكون في أسفل السفوح الجبلية بسبب النقل بالسيول وتحتوي على الحجارة.

11-5- أنواع الرمال حسب المنطقة الجغرافية التي تشكلت فيها:

1- رمال نهرية.

2- رمال بحرية.

3- رمال قارية في المناطق الجافة والصحاري.

أنواع الكثبان حسب ديناميكية التشكك:

1- الكثبان المهاجرة (البرخانية، العرضية).

2- الكثبان المتطاولة (الكثبان الخطية).

3- الكثبان المتراكمة وتكون مستقرة وثابتة (الكثبان النجمية).

أشكال الكثبان الرملية:

1- الكثبان الهلالية (البرخانية).

2- الكثبان الخطية (الطولانية).

3- الكثبان النجمية أو الهرمية.

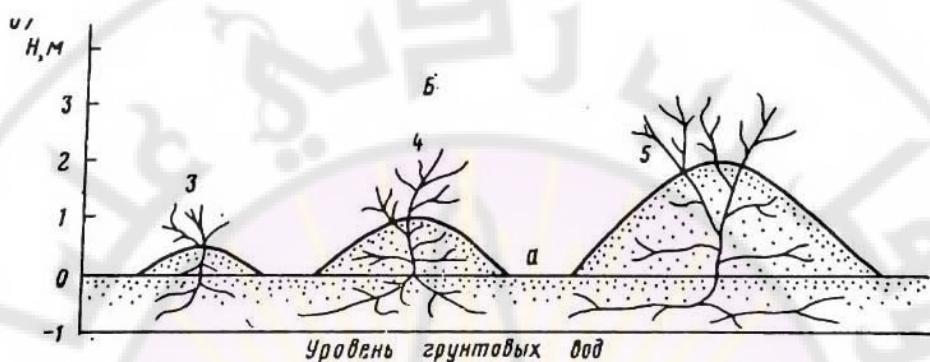
4- الكثبان القوسية.

5- الكثبان النبكية وهي كثبان منخفضة الارتفاع وتفقر للأوجة.

آلية تشكل الكثبان الرملية:

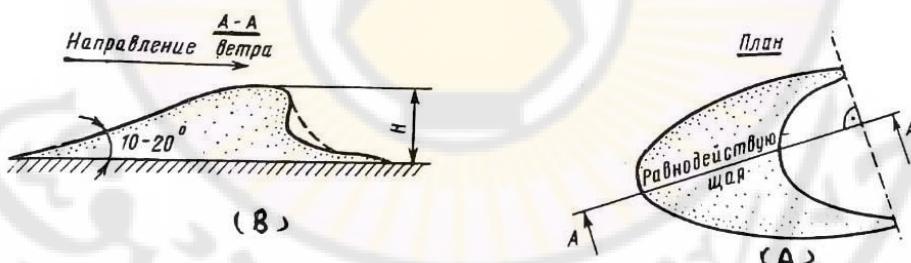
إذا ما صادفت الرمال المختلفة أي عائق طبيعي أو اصطناعي فإنها تبدأ بالترسيب والتراكم خلف تلك العوائق مشكلة ما يعرف بأكمة أو الأطلة الرملية

التي يتزايد حجمها مع الزمن مشكلة بذلك طلائع الكثبان الرملية. (الشكل 30 و 31)



الشكل (30). مراحل تكوين الأكمات الرملية خلف الشجيرات الرعوية.

يتوضع الكثب على شكل هلال محدب من الخارج ومقرن من الداخل واتجاه أذرع الهلال تدل على اتجاه الرياح السائدة وأكثر أشكال الكثبان الرملية انتشاراً هو الشكل الهلالي.



الشكل (31). A - مسقط رأسى في كثب رملي.

ويعد ظهور الكثبان الرملية في منطقة ما دليلاً على وصول ظاهرة التصحر إلى مراحل متقدمة تهدد بالكارثة.

الأضرار الناجمة عن زحف الرمال:

- 1- طمر التجمعات السكانية
- 2- طمر الأراضي الزراعية والمراعي الطبيعية

3- مهاجمة المنشآت الحيوية والاقتصادية (الحقول النفطية، أفنية الري والصرف).

4- خفض إنتاجية المحاصيل الزراعية وتعرية وطمر البادرات، التخريش الميكانيكي للمجموع الخضري، حرق حواف الأوراق.

5- طمر الطرق البرية والخطوط الحديدية.



الصورة (10). يبين طمر السكك الحديدية بالرمال الزاحفة (خط دير الزور - الحسكة)

6- العواصف الرملية والمخاطر الناجمة عنها (إضعاف الرؤيا ووقف الحركة المرورية على الطرق العامة، أمراض التنفس، المضاعفات النفسية وحالات الاكتئاب).

6-11- أساليب تثبيت الكثبان الرملية:

هناك أساليب وإجراءات وقائية وعلاجية تهدف للحد من الأسباب المؤدية إلى تدهور الأراضي وتحويلها إلى رمال متحركة. أما الإجراءات العلاجية فهي تثبيت الرمال المتحركة خلال زمن معين، وتتلخص هذه الأهداف بالآتي:

1- حماية سطح الرمال العارية من تأثير الرياح الجارفة.

2- تخفيف سرعة الرياح في الطبقة السطحية الملامسة للرمال بهدف تقليل عمليات الانجراف والسفي الريحي.

3- تثبيت الرمال المتحركة بالأساليب الزراعية المختلفة.

تقسم أساليب تثبيت الكثبان الرملية إلى نوعين:

11-1- أسلوب التثبيت المؤقت:

وهو إجراء لابد منه ويمثل حلّاً إسعافياً مؤقتاً لتأمين استقرار سطح الرمال يسمح للبدء بعمليات التثبيت الحيوي الدائم.

أنواعه:

1- التثبيت الميكانيكي: نلجم إلى التثبيت الميكانيكي في الحالات المستعجلة الحرجة بهدف حماية منشأ أو عند البدء بعمليات الاستزراع في الأراضي شديدة السفي الرملي لحماية الغراس الحديثة من الطمر والتعرية. ويشمل:

1-الحواجز الخاصة بتغيير اتجاه الرمال:

ويقام الحاجز من صف واحد أو صفين على شكل حرف V لتحويل الرمال عن الهدف المراد حمايته ويكون السور بزاوية حادة مع اتجاه الرياح وإذا كان الحاجز من سورين يجب أن تكون زاوية الأسوار مع الرياح متساوية وليس من المهم أن يكون السور مرتفعاً لأن أغلب الرمال تنقل على ارتفاع أكثر من 30 سم.

2-الحواجز الشترنجية:



الصورة (11). تبين الحواجز الشترنجية الميكانيكية.

وتقام بارتفاع 30 سم وبمسافة فاصلة 4-5 م حسب درجة تشبع التيار الريحي بالرمال وفي صحاري كراكوم تقام المربعات الشترنجية على ارتفاع 30 سم وعلى مساحة 2 x 2 م أو 3 x 3 م. (الصورة 11).

الحواجز الشرائطية: أظهرت المربعات الشرائطية الطولانية بقياس 45-50 م والجانبية 25-30 م عند سرعة رياح 4-5م/ثا وارتفاع 2.5-2 م وتستخدم لتشييد هذه الحواجز (سعف النخيل، عيدان القصب والحوور والطرفاء) ومن المواد الأخرى المستخدمة في التثبيت الميكانيكي: البراميل الفارغة، ألواح الخشب، ستائر الخيش، ألواح التوتيم والإترانيت والعوارض الإسمنتية والشبك البلاستيك (الشكل 32).

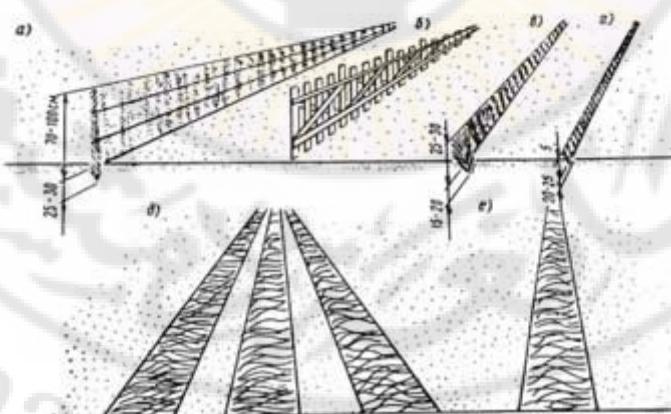
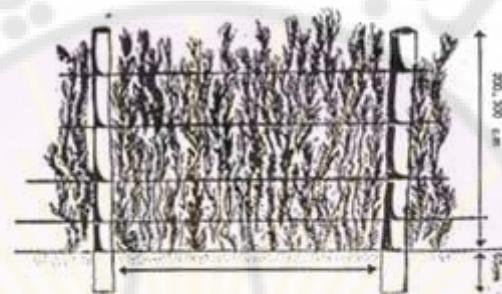


الصورة (12). الحاجز الميكانيكية المتعامدة على اتجاه الرياح السائدة.

-الحاجز المجمعة:

تقام بواسطة إنشاء أعمدة وأسلاك تثبت عليها أغصان الأشجار أو ألواح الألمنيوم أو سعف النخيل وتترك فجوات بين هذه الحاجز لزيادة نفوذيته (الصورة 12). ومن أهم مميزات هذه الحاجز أو الحاجز المتماثلي:

- 1- أن تكون المنطقة التي تنعم بتحفيض سرعة الرياح أكبر ما يمكن.
- 2- أن يكون النقص النسبي في سرعة الرياح خلف الحاجز أعلى ما يمكن.



الشكل (32). يبين الحاجز الميكانيكية المستخدمة في تثبيت الرمال.

2- التثبيت الهندسي: الخنادق والسواتر الترابية، المسطحات المائية، المهداد

الصخري والحسوي، رفائق البلاستيك

3- التثبيت الكيميائي يستخدم في التثبيت الكيميائي للرمال عدة مواد برش بعض المستحلبات البوليميرية، المواد النفطية ومخلفات بعض المصانع (السكر والورق) المعلقات الغضاروية، ومخلفات مصافي النفط. بهدف تشكيل طبقة رقيقة على سطح التربة تمنع حركة ذرات الرمل بالرياح.

ويجب أن تتوفر في المواد الكيميائية المستخدمة الموصفات التالية:

1- النفاذية.

2- التماسك والمتانة الميكانيكية.

3- القدرة على الاحتفاظ بالماء أو الرطوبة.

4- عدم تلوث المنطقة بيئياً.

5- رخيصة وغير مكلفة.

6- مقاومة للاحتكاك والفعل الميكانيكي.

أثبتت التجارب العالمية أن استخدام اللاتكس (معلق غضاري) في ظروف أوزبكستان أدى إلى حماية التربة من التعرية الريحية عند سرعة رياح 20-24 م/ث. كما أن استخدام اللاتكس GP sks-65 بتركيز 60-120 كغ /هكتار زاد من رطوبة التربة في المتر الأول لقطاع التربة حتى شهر تموز . وأن استخدام البولي ميرات K-04 لا يترك أي أثر سام على النبات والإنسان.

تصنيف المواد الكيميائية المثبتة للرمال:

1- المستحلبات الغضاروية.

ومنها: Petrosat, Kegereks, Lateks-ARM,-15

واللاتكس يستخدم عيار 16% يذاب في الماء بنسبة 1:1 ويرش بمقدار 3 ل/م²

النيروزين - ويرش بمقدار 3 ل/م³

2- مخلفات صناعة الورق:

مادة الليغنو-سولفات : يستخدم بتركيز 10% ويرش بنفس المقدار

3- البولي ميرات:

ومنها بولي مير P.R.V تركيز 1% وبولي مير - 9 تركيز 1%

ومخلفات آخرى مثل مخلفات معامل البيرة والمادة الناتجة كحول أحادى السولفات .%10.

ومن المثبتات الجيدة للترابة بولي مير-4 حيث إنه يسمح للأمطار بال النفود داخل التربة الرملية عن طريق ذوبان طبقة البولي مير وعند توقف الأمطار تعود تلك الطبقة للالتحام ثانية وتنمنع عملية التبخّر.

4- مخلفات الزيوت Bitum :

وهناك مواد نفطية آخرى مثل مشتقات النفط الخفيفة (الأسفلت) والبترول الخام.

5- مواد كيمائية أخرى مثل Agrosil, Unisol, Agro fix :

ويستخدم بفعالية لحماية جوانب المصاطب الترابية للطرق العامة والسكك الحديدية من الانجراف الريحي بفرش الحصى أو فتات الصخور البازلتية أو التغطية بالطين أو استخدام المواد اللزجة مثل الكلس - أملاح كلوريد المغنيزيوم وكذلك أملاح الأحماس السيليكاتية أو الفلوريدية حيث تتفاعل هذه الأحماس مع مع كربونات الكالسيوم وتشكل محليل أملاح السيليس أو الفلورايد التي تشكل

قشرة صلبة مقاومة للانجراف وفي روسيا يستخدم لثبيت الرمال عند زراعة الغراس مادة بولي أكريلات الأميد وفي هنغاريا تخلط الرمال بمحلول بينتونيت 1% أو محلول أملاح الأكريل 1% لحمايتها من الرياح.

فوائد التثبيت المؤقت:

- تأمين استقرار سطح الرمال لتأمين بيئه ملائمه لإنبات بذور النثر ونمو البادرات.

- منع طمر وتعرية الغراس الحديثة وتأثير ذرات الرمل المحمولة بالرياح على المجموع الخضري للغراس.

- حماية بعض الأهداف الحيوية من الطمر.

- تغير اتجاه الرمال وحرفها عن هدف معين. سلبيات التثبيت الميكانيكي:
1- التكاليف مرتفعة اقتصادياً.

2- صعوبة التنفيذ والتشييد ويطلب أيدي عاملة كثيرة.

3- عمر الخدمة قصير نسبياً 3-4 سنوات.

4- وهو مرحلة أولى لابد منها قبل عمليات التثبيت الحيوي.

11-6-2- التثبيت الحيوي (الزراعي):

وهو إجراء فعال ويتميز بالديمومة ويعمل على إيجاد غطاء نباتي واق يمنع تحرك الرمال من الحركة والانتقال. ولتنفيذ لابد من اتخاذ بعض الإجراءات الضرورية لضمان نجاحه مثل التثبيت المؤقت وتحسين خصوبه الرمال وزيادة المحتوى الرطobi للترابة ودرجة الاحتفاظ بالماء.

ويمكن استخدام البولي ميرات من نوع البولي كلوريد لزيادة سعة الاحفاظ بالماء في الرمال حيث لديه قدرة عالية على امتصاص الماء فمثلاً 1 غ بودرة هيدروجين أو بولي كلوريد تمتلص حوالي 1000 غ ماء وتسخدم هذه المادة في المناطق الجافة.

ويفضل أن تزرع الغراس في الرمال عندما تكون طبقة الابتلال لا تقل عن 15 سم وخاصة غراس الأرضى والغضى. وعادة ما تكون طبقة الابتلال على أكبر عمق في نهاية الشتاء بداية الربيع.

ويمكن حساب طبقة الابتلال للرمال بالأمطار وفق المعادلة التالية:

$$H = 1.6 h$$

H - عمق طبقة الابتلال بالسم

h - كمية الأمطار لمدة شهر (علمًا أن كل 1 مم مطر يعادل طبقة ابتلال 1 سم)

مزایا التثبيت الحيوي (الزراعي):

- 1 تأمين حماية فعالة للحد من تأثير الرياح لفترة طويلة.
- 2 تأمين حماية فعالة للتربة وتنقية الرياح من الرمال المحمولة حيث تعمل النباتات كمساند رمال طبيعية فعالة.
- 3 تحسين بيئة التربة.
- 4 يعد التثبيت البيولوجي مصدرًا أضافيًّا للدخل وذلك عن طريق الرعي المنظم واستغلال بعض الحقول كحقول أمهات لجمع البذار.
- 5 أسلوب مكلف وصعب التنفيذ وخاصة في السنوات الأولى لما تتطلبه هذه العملية من إنشاء مشاتل وعمليات نقل وسقاية وحراسة.

طرائق التثبيت الزراعي:

- 1- تطبيق الحماية الشاملة على الموقع لتشجيع التجدد الطبيعي للغطاء النباتي.
- 2- استزراع الغراس لتحسين الغطاء الطبيعي ويقسم هذا الإجراء إلى نوعين

حسب النبت المستخدم:

1 - التشجير الراجحي ويتم تنفيذه بعدة طرائق :

التشجير الشامل، التشجير على شكل واحات، التشجير على شكل أحزمة غابوية واقية، ومن الأنواع الراجحية المستخدمة في التثبيت:

صنوبر بروتيا *Pinus brutea* أكاسيا *Acacia cyanophylla* سيانوفيلا *Eucaliptus aphyllum* - الكينا *Tamarix aphyllum* - الكازورينا - الأثل

2- زراعة الشجيرات الرعوية:

1- وتتم زراعة الغراس بعدة أساليب (أحزمة ضيقية، زراعة شرائطية، زراعة شاملة).

ومن الأنواع المستخدمة: الغضى *Haloxylon persicum*, الأرضى *Lepidium*, المرخ *Retama retam*, Gallionum comosum, pyrotechnica، الشوفان الرملي.

وتتفذ الزراعة الشرائطية باستخدام الكوشية المفترشة *Kochia prostrata* في تثبيت الرمال وتحسين المراعي وطريقة التنفيذ على النحو التالي:

- تبذر بذار الكوشية خريفاً بعد قطاف البذار مباشرة لكون حيوية البذار قصيرة وبعد هطول الأمطار على شكل شرائط بعرض 5 كم متعمدة على اتجاه الرياح السائدة وترك مسافة فاصلة 95 م بدون بذر.



الصورة (13). شجيرات الأرضى (مشروع الكسرة، دير الزور).

- تبلغ البادرات 60-80 سم بعد سنتين ويتعمق مجموعها الجذري 160 سم مما يسمح من الاستفادة من الرطوبة الأرضية.
- كما أن المسافات المتروكة بين الشرائط المبذورة تعززها النباتات فيما بعد مستقبلاً جراء البذر الطبيعي وانتشار البذور.



الصورة (15). شجيرة الغضا ودورها في تثبيت الكثبان الرملية وإعادة تأهيل المراعي الطبيعية في البوادي العربية

- البذر المباشر لأنواع النباتية الملائمة للبيئة الرملية *Psamophyllum* مثل: الشوفان الرملي، الكوشية المفترضة، العذم، النصي، فراش العرایس، وللتثبيت الرمال النهرية تستخدم الأنواع التالية:

الحور الفراتي، الطرفاء، العوسمج العربي والشوكي، الکينا، الزيزفون، العرقسوس، السلم.

استثمار واستصلاح الرمال النهرية:

- 1- تسوية التضاريس الرملية.
- 2- زراعة النباتات البقولية المثبتة مثل (إبرة أدم، الأكاسيا) لتخصيب الرمال.
- 3- إضافة الأسمدة العضوية وزراعة الأسمدة الخضراء.
- 4- إضافة بعض المواد الجيلاتينية لزيادة قدرة الرمال على الاحتفاظ بالرطوبة.
- 5- زراعة الرمال بالكرمة العرایس أو بالخضروات والبطيخ الأحمر.
- 6- إنشاء شبكة ري بالرذاذ أو التقطير.



الفصل الثاني عشر

صيانة التربة والمياه من التلوث الكيميائي

Protection Of Soil And Water From Pollution

إن تطور استخدام التكنولوجيا الصناعية أدى إلى تلوث الترب الزراعية والمياه، ومن أهم أشكال هذا التلوث ذكر الآتي:

- 1- التلوث الناتج عن المبيدات الزراعية.
- 2- التلوث الناتج عن الاستخدام المفرط للأسمدة الكيميائية.
- 3- التلوث بالمعادن الثقيلة.
- 4- التملح الثانوي.

12-1- تلوث التربة بالمبيدات الزراعية:

المبيدات هي مواد كيميائية سامة تستخدم بشكل واسع في الزراعة لمكافحة الآفات الزراعية (أعشاب، حشرات، فطور، أمراض جرثومية).

ويعد استخدام المبيدات في الزراعة مجدداً من الناحية الاقتصادية، وضاراً إذا استخدمت بشكل مفرط من ناحية حماية البيئة من التلوث، تشير الإحصائيات إلى أن أمريكا مثلاً تتفق على استخدام المبيدات حوالي 4 مليارات دولار وتحقق مردوداً كبيراً عن طريق زيادة الإنتاج الزراعي بمقدار 15-18 مليار دولار. وإن الآثار السلبية لاستخدام المبيدات مرتبطة بالطبيعة التراكمية لها في التربة والنباتات ثم سميتها العالية المؤثرة على الإنسان والحيوان والكائنات الحية الدقيقة المفيدة عن طريق دخولها ضمن السلسل الغذائية.

وقد وجد أن أكثر من ثلث المبيدات لها قدرة على إحداث الطرفات غير المرغوبة في الكائنات الحية Eichler, 1965. كما وجد في فرنسا أن لمبيدات الأعشاب من النوع T₅, 4, 1 قدرة على التراكم وتنقل عبر السلالس فتصيب الكبد وتسبب الأورام السرطانية الخبيثة Rossin, 1976.

12-1-1- طائق تلوث التربة والمياه بالمبيدات:

- الاستعمال المباشر للمبيدات بغرض مكافحة الآفات الزراعية.
- الري بمياه ملوثة بالمبيدات.
- استخدام بذور معاملة بالمبيدات.

ولتلافي تلوث التربة والمياه بالمبيدات الكيميائية، يجب معرفة طبيعة وسلوكية المبيدات في التربة والتحولات التي تطرأ عليها، وسرعة تحللها، وكمية الأثر المتبقى وشدة سميتها لما لذلك من أهمية، أما حركة المبيدات وانغسالها عبر قطاع التربة فتتأثر بدرجة ذوبانها في مياه الري أو مياه الأمطار الرائحة داخل التربة، كما أن سرعة وعمق انتقال المبيدات تتأثر بالعوامل التالية:

- تركيز المبيدات في التربة.
- قدرة المبيد على الامتصاص والتبادل مع الكاتيونات الموجودة على معقد التربة الغروي.
- قدرة المبيد على التفكك والتطاير تحت تأثير درجات الحرارة.
- طبيعة النظام المائي والحراري للتربة.
- قوام التربة.
- نوعية المبيد، حيث تبقى المبيدات الهيدروكرbone - الكلوريديه فترة أكثر من 3 سنوات في التربة نظراً لمقاومتها لعوامل التفكك والتحلل.

أما المبيدات الفوسفورية فإنها تتحلل خلال فترة أقل من (5) شهور ولا تترك مواد متبقية سامة في التربة، الجدول رقم (21).

يؤدي ارتفاع نسبة المبيدات في المياه الجوفية والأحواض المائية إلى تغيرات نوعية في مواصفات مياه الشرب من حيث الطعم والرائحة، وإن وجود 5-10 ميكروغراماً/ لیتر من ثنائي كلوريد الفينول يعطي الماء رائحة خاصة ويصبح غير صالح للشرب. وقد وجد أن استخدام مبيد الـ D. D. T في حقول القطن يؤدي إلى تلوث المياه الجوفية على عمق 80 م.

12-1-2- وسائل حماية الترب الزراعية من التلوث بالمبيدات:

ينصح باستعمال مبيدات سريعة التحلل ولا تترك أي أثر في التربة وقليلة السمية ومن ثم استخدامها بكميات قليلة بحيث تؤدي الغرض من استعمالها دون تلوث التربة.

الجدول (21) التغيرات التي تطرأ على كمية المبيدات مع الزمن

في الطبقة السطحية للتربة (0-15 سم):

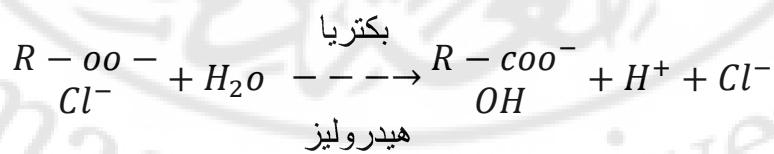
نوع المبيد	مقدار الاستعمال كغ/هـ	المواد المتبقية في التربة %		
		بعد (1) سنة	سنة (2)	سنة (3)
D D T	11	100	26	38
	135	68	71	53
	270	89	67	62
سداسي كلور	8	لم تقدر	41	18
	41	لم تقدر	71	23
	17	لم تقدر	22	6
الأدرين	3.5	80	3	43
	68	48	26	14

(Bauer & vaenichka, 1971)

بعض الوسائل المتبعة في تقليل خطر التلوث بالمبيدات:

- 1- اتباع طرق المكافحة المتكاملة بهدف تقليل كمية المبيدات المستخدمة في مكافحة الآفات الزراعية.
- 2- تحسين طرق استعمال المبيدات.
- 3- تقليل استخدام الطيران الزراعي في رش المبيدات والاعتماد ما أمكن على المعاملة الموضعية.
- 4- تقليل استخدام المبيدات المقاومة للتحلل والتفكك وتشجيع استخدام المركبات سريعة التحلل ذات الأثر المتبقى القليل.
- 5- تنويع المبيدات في برامج مكافحة الآفات الزراعية، بهدف منع ظهور اكتساب المناعة ضد مبيد ما.
- 6- استخدام تقنيات سليمة وعالية الجودة في حفظ ونقل واستعمال المبيدات.
- 7- تشجيع عمليات التحلل الميكروبيولوجي للمبيدات صعبة التحلل.

وقد وجد أن بعض أنواع بكتيريا *Arthro bacter sp.* *Pseudomonas sp.* وبعض أنواع الفطور من مجموعة البنسلين تقوم بتفكيك وتحليل مبيدات الأعشاب من مجموعة الكاربونيك وتستخدمها كمصدر للتغذية والطاقة .(Jensen, 1957)



كما وجد أن عملية تفكك مبيدات الـ د. د. ت يمكن أن تتم بواسطة بعض الميكروبات في الظروف اللاهوائية، كما أن إضافة مخلفات الفضة إلى التربة يسرع من عملية التحلل، ومن أهم هذه الأنواع البكتيرية:

Xanto monas sp., Erwin asp.,
Pseudomonas sp., Agro pacterium sp.

وقد وجد Crechena, 1985 أن بعض الكائنات الحية الدقيقة تستطيع تفكك 50% من الـ د. د. ت خلال أسبوعين في الظروف المخبرية، كما وجد أن هناك بعض أنواع النباتات التي تستطيع امتصاص الـ د. د. ت وتحليله كيميائياً داخل عصاراتها.

12-2- التلوث بالأسمدة وصيانة التربة والمياه:

يرتبط التقدم الحالي في الزراعة بدرجة كبيرة باستخدام مكننات عالية من الأسمدة الزراعية وتحقيق معدلات عالية في الإنتاج الزراعي.

تشير توقعات منظمة (FAO) إلى أن إنتاج الأسمدة سوف يرتفع بمقادير مرتين مما هو عليه الإنتاج الحالي للأسمدة إذا ما اعتبرنا أن المعدل الوسطي لمحالنات الأسمدة اللازمة للفرد الواحد 9 كغ من الأزوت، 9 كغ من الفسفور $P_{2}O_5$ ، و 9 كغ من البوتاسيوم في السنة. وإذا ما أضيف السماد بجرعة وسطية مقدارها 100 كغ/هـ فإن الكمية الإجمالية للسماد المضاف خلال عام في العالم سوف تبلغ 150 مليون طن NPK أما في حال اعتماد المكننات المتبعة في أوروبا فإن الكمية الإجمالية للأسمدة المضافية في العالم سنويًا تبلغ 300 مليون طن بجرعة 200 كغ/هـ.(Dobrovolski G.V., 1985)

ويتوقع Kovda, 1981 أن كمية السماد المضافة ستترتفع، في القرن الحادي والعشرين إلى 30-400 مليون طن من أجل تأمين احتياجات سكان الكره الأرضية من المنتوجات الغذائية.

12-1-2- سلوكيه الأسمدة في التربة:

إن الإفراط في استخدام الأسمدة ذات الأثر الحامضي أو القلوبي يترك آثاراً سلبية على خصائص التربة عن طريق زيادة القلوية أو الحامضية في الترب الزراعية.

كما أن الأزوت الفائض عن حاجة النباتات يتراكم على شكل نترات NO_3^- في المياه الجوفية، نظراً لأن الشكل النتراتي للأزوت غير قابل للامتصاص على غرويات التربة ولذلك فإنه يتعرض للانغسال بالمياه الراسحة داخل التربة وقد يتحول إلى الشكل الغازي. ويبلغ مقدار فقد الأزوت بالانغسال بالماء أو التطوير في الجو على شكل غازات حوالي 20-40% (Kovda, 1976).

ويرتبط انغسال الأزوت في التربة بقوام التربة وبطبيعة المحاصيل المزروعة. ويمكن تقليل فقد الأزوت بالانغسال في الفترات الحرجة في فصل الشتاء وبداية الربع باتباع الزراعة المهادية التي تترك كمية كبيرة من المخلفات النباتية التي تستهلك في عملية تحللها البيولوجي كمية كبيرة من الأزوت.

أما الفوسفور الفائض في التربة فيوجد على شكل جذر الفسفات (H_2PO_4^- , PO_4^{3-} ...).

ويستعمل الإنسان $\frac{2}{3}$ من الفسفور المتراكم عضوياً في منتوجات المحاصيل الزراعية، وتبقى في التربة كمية قليلة تقدر بـ 15-20 كغ/هـ.

ويكون معامل امتصاص النبات للفوسفور أقل مرتين من امتصاص الأزوت وقسم كبير من فسفور الأسمدة المعدنية يثبت في التربة كيميائياً باتحاده مع الكلسيوم أو الحديد والألومنيوم في الوسط القلوي أو الحامضي على شكل مركبات غير قابلة للذوبان وتبلغ نسبة الفوسفور المثبتة في التربة 30-50% من كمية الأسمدة المضافة في صورة غير قابلة للامتصاص (غير متاحة)، وتعد أغلب الأتربة الزراعية غنية بالبوتاسيوم نظراً لوجود معادن الفيلدسبات والميكا الغنية بهذا العنصر.

وتبلغ كميات البوتاسيوم المتبادل في التربة بحدود 5000 كغ/هـ أو ما يعادل 0.5% من البوتاسيوم الكلي في التربة.

12-2-2- عوامل تلوث المياه الطبيعية بالأزوت الغذائي والأموني وعنصر الفسفور

1- الإفراط في استخدام الأسمدة المعدنية والأزوتية والفوسفورية.

2- الفضلات الصناعية والنفايات المختلفة في المدن الكبرى وتشكل نسبة الأزوت الناجمة عن الفضلات الصناعية والسكنية حوالي 50% من الأزوت الكلي المتراكم في التربة والمياه (Masler, 1972).

3- الأزوت البيولوجي الناتج عن نشاط الكائنات الحية الدقيقة وتبلغ كمية الأزوت المتراكم في التربة ذات المصدر الميكروبيولوجي (5) مليون طن/سنويًا ذات المصدر المعدني (10) مليون طن/ سنويًا.

4- تعد الفضلات الناتجة عن حظائر الحيوانات ومياه المجارير مصدراً للتلوث بالأزوت الأموني (NH_4^+).

5- استخدام المبيدات الفسفورية.

6- المنظفات المصنعة من نواتج تنقية النفط Detergent.

7- اشتداد عمليات الانجراف المائي وتشكل السيول التي تصب في الأحواض المائية.

12-3- الأضرار الناجمة عن تلوث المياه الطبيعية بالأسدة المعدنية:

1- زيادة تركيز النترات في ثمار المحاصيل الزراعية وفي مصادر الشرب الطبيعية.

وجد B. kommoner, Greco,j 1974,k 1978 أن ارتفاع تركيز النترات في مياه الشرب بولاية إلينوي الأمريكية نتيجة الإفراط في استخدام الأسدة الآزوتية أكثر من 45 ملغم وقد عَد ذلك أحد أبرز أسباب أمراض الأطفال في هذه الولاية، وبعد النترات بحد ذاتها غير مصرة، ولكنها بوجود بعض أشكال البكتيريا المعوية، وخاصةً عند الأطفال فإنها تختزل إلى نتريت وهذا الأخير سام لأنّه يتحد مع هيموغلوبين الدم ويشكل الميغنا هيموغلوبين الذي يعرقل نقل الأوكسجين في الدورة الدموية، والذي يتراافق بحالات اختناق أو موت بعض الأطفال. وقد سجل Kommoner هذا المرض في أمريكا وفرنسا وألمانيا وفلسطين المحتلة.

2- ويتغير الشكل الأموني للأزوت أو خاصة الأمونيا غير المتأينة وبعد ساماً إذا وجد بنسبة تزيد عن 0.025 ملغم/ل، وإن درجة السمية تتأثر بدرجة الحرارة ودرجة الحموضة Owens, 976.

ومن المعروف إن وجد الأزوت الأموني في المياه الطبيعية للشرب يعرقل عملية تنقية المياه بالكلور، وعندما يصل تركيزها (1) ملغم/ل. يتآكسد الأمونيوم NH_4 ويتحول إلى نترات NO_3 ويستهلك الأوكسجين الذائب في الماء مما يؤدي إلى نقص تركيز الأوكسجين وإلى فساد المياه وتغير مواصفاتها النوعية فتصبح غير صالحة للشرب.

إن زيادة نسبة تركيز الأزوت والفسفور والبوتاسيوم في الأحواض المائية يؤدي إلى ظاهرة Eutrophication وهي عبارة عن تدهور البيئة المائية بسبب زيادة نشاط العمليات البيولوجية اللاهوائية وانطلاق غازات NH_4 وكبريتيد الهيدروجين وموت الأسماك والكائنات الحية وزيادة نمو الطحالب ويصبح الماء ملوثاً وغير صالح للشرب وللاستعمالات الصناعية.

12-2-4- وسائل صيانة الترب الزراعية والمياه من التلوث بالأسمدة:

1- الاستخدام الأمثل للأسمدة المعدنية عن طريق تحديد الجرعة السمادية الازمة حسب احتياجات النبات المزروع واحتياطي العناصر الغذائية في التربة. وينصح باتباع الطريقة العلمية التالية في حساب الجرعات السمادية الازمة في فترة نمو النبات: وذلك باعتماد مبدأ توازن العناصر الغذائية بين التربة والنبات والأسمدة المضافة، وتعتمد على معرفة احتياطي العناصر الغذائية في التربة واحتياجات النباتات منها خلال فترة النمو ومعرفة مقدار النقص في العناصر الغذائية التي يلزم إضافتها عن طريق استخدام السماد المعدني حسب حاجة النبات، وذلك بتطبيق المعادلة التالية:

$$D = \frac{A-B}{C}$$

D: الجرعة السمادية الالزامية بالكغ.

A: احتياجات النبات من العناصر الغذائية خلال فترة النمو بالكغ/هـ.

B: كمية العناصر الغذائية المتاحة في التربة كغ/هـ

C: معامل امتصاص العناصر الغذائية من الأسمدة المضافة

مثال: في حقل مزروع بالشعير تربته تحتوي على (7) ملغم/100 غ تربة P_2O_5 و 10 ملغم/100 غ K_2O أو 210 كغ فسفور. في الطبقة المحروثة لوحدة المساحة واحد هكتار و 300 كغ/ K_2O مع العلم أن وزن طبقة الحراثة بالنسبة للهكتار الواحد تبلغ 3000 طناً.

وإذا علمنا أن معامل امتصاص النباتات يبلغ 10% من الفسفور و 15% من البوتاسيوم وهذا يعادل 20 كغ من الفسفور و 45 كغ من البوتاسيوم في الهكتار. (بالنسبة للعناصر الغذائية الموجودة أصلاً في التربة). ومن المتوقع الحصول على 3 طن/ $هـ$ من الشعير، مع العلم أن هذه الكمية تحتاج بالمتوسط إلى 80 كغ من الأزوت و 40 كغ من الفسفور و 70 كغ من البوتاسيوم.

وباعتبار أن معامل استعمال الفسفور من الأسمدة يساوي 0.2 البوتاسيوم - 0.5 وبالتعويض في المعادلة السابقة نحصل على الجرعة السمادية للمواد الغذائية التي يلزم إضافتها إلى الهكتار:

$$\text{كغ } P_2O_5 = \frac{A-B}{C} = \frac{40-20}{0.2} = 100 \text{ كغ بالنسبة للفوسفور}$$

$$\text{كغ } K_2O = \frac{70-45}{0.5} = 50 \text{ كغ بالنسبة للبوتاسيوم}$$

2- مراعاة إضافة الأسمدة في المواعيد المناسبة.

- 3-اتباع أسلوب الإضافة الموضعية للأسمدة الأزوتية الفسفورية لرفع كفاءة الاستفادة من السماد والحد من الفقد.
- 4-اتباع أسلوب التغذية الفورية في إضافة الأسمدة الأزوتية خلال فترة نمو النبات لتقليل خطر تلوث التربة والمياه بالنترات المفقودة بالغسيل.
- 5-اتباع الزراعة المهادية للاستفادة من الأسمدة الأزوتية الفائضة عن الحاجة وخاصة في فترة الشتاء وأوائل الربيع.
- 6-زراعة فول الصويا والمحاصيل البقولية في الأراضي الغنية بالأزوت.
- 7-استعمال الأسمدة الأزوتية بطيئة الامتصاص، لإمداد النبات باحتياجاته الغذائية على مدار فترة نمو المحصول وفي الوقت نفسه مقاومة ظاهرة الانغسال بمياه الري والأمطار.
- 8-زراعة الأراضي الملوثة بالنفايات الزراعية والصناعية ومخلفات المدن الحاوية على الأزوت بالطحالب التي تستخدم فيما بعد كغذى للحيوانات.
- 9-يفضل الحد من التلوث بالأسمدة المعدنية بفعل استخدامها بالنسبة التالية:
(1-1-1) أو (1-2-2.5) على أساس (NPK)، حيث إن إضافة الأسمدة الأزوتية الفوسفورية بنسب أقل من $\frac{1}{1}$ تؤدي إلى تراكم الأزوت المختزل في أنسجة المحاصيل الزراعية بنسبة عالية.
- 10-استصلاح الترب القلوية بإضافة الجبس والحامضية بإضافة الكلس لتعديل درجة حموضة تلك الترب ($\text{PH} = 6-7$) وزيادة نسبة الفسفور المتاح للنبات.

11- المراقبة الدورية لتركيز النترات المتراكمة في أنسجة المنتوجات الغذائية ومياه الشرب الطبيعية وبحيث لا تتجاوز الحدود المسموح بها، (10 ملغم/ل في الاتحاد السوفيتي و 50 ملغم/ل في أوروبا).

12- 1-3- التلوث بالمعادن الثقيلة:

-المقدمة:

يعد الزئبق والرصاص من أكثر المعادن الثقيلة خطورة على صحة الإنسان والكائنات الحية وبفضل قدرتها الكبيرة على الانتقال عبر السلالس الغذائية فإنها تستقر وتتراكم في الأنسجة النباتية والحيوانية، مسببة تعطل الوظائف الحيوية والفيزيولوجية في تلك الأنسجة. وإن زيادة تلك المعادن في جسم الإنسان تؤدي إلى إصابة الكبد والكلى والمخ وحدوث تسمم خطير قد يؤدي إلى الموت.

12- 2- مصادر التلوث بالمعادن الثقيلة:

1- الفضلات الناتجة عن تصنيع المعادن والفلزات والنفايات الصناعية الأخرى مثل: فضلات صناعة الأجهزة الكهربائية والبلاستيك والدهانات ومخلفات صناعة الورق والكلور والصودا، والمخلفات الناتجة عن تعدين فلزات التوتيناء الغنية بالكادميوم. فمثلاً: تحتوي النفايات والفضلات الناجمة عن الصناعات التعدينية في العالم على حوالي 90 ألف طن/سنويًا من الرصاص وحوالي 30 طناً/سنويًا من الزئبق، كما تبلغ كمية الرصاص في النفايات الناتجة عن الصناعات الكيميائية والسيارات حوالي 1000 ملغم/كغ و 100 غ/كغ من الفسفور (Rawado Francois, 1978, Naishein, 1975).

2- نواتج احتراق خامات الوقود مثل الفحم الحجري والنفط.

3-الغازات المنطلقة من عوادم السيارات: و تعد هذه الغازات مصدراً رئيسياً للتلوث التربة بالرصاص حيث تصل كمية الرصاص الملوثة للتربة الصادرة عن عوادم السيارات حوالي 250 ألف طن/سنويًا، حيث إن احتراق واحد ليتر من المحروقات المختلفة تعطي 200-400 ملغم/ من الرصاص تتضاعف في الهواء. كما وجد أن سيارة واحدة تستطيع أن تطرح (1) كغم من الرصاص خلال عام واحد عن طريق الدخان الصادر منها، في الوقت الذي يبلغ فيه عدد السيارات في العالم 250 مليون سيارة.

وقد وجد في أمريكا أن كمية الرصاص في هواء المدن تبلغ أكثر بـ 20 مرة من كمية هواء الأرياف وأكثر بـ 200 مرة مما هي عليه في الهواء فوق البحار، Ehrlich, Rawado Francois (1970, 1978).

4-الإفراط في استخدام المبيدات والأسمدة المعدنية والبذور المعاملة بمركبات الزئبق.

5-المخلفات الناجمة عن تبديل زيوت وشحوم السيارات المختلفة والتي تحتوي على كميات كبيرة من الكادميوم.

12-3-3- سلوكيات المعادن الثقيلة في التربة:

ترتيب عملية تراكم وهجرة المعادن الثقيلة بالعوامل التالية:

أ-خصائص التربة من حيث القوام ونسبة المادة الدبالية. حيث تزداد قدرة معدن الكادميوم على الحركة في القطاع الأرضي كلما كان القوام خفيفاً ومحتوى الدبال فيه قليلاً، ويزداد تراكم الكادميوم في الترب الثقيلة الغنية بالمادة الدبالية، حيث يشكل باتحاده مع المركبات الدبالية مركبات صعبة الذوبان ومقاومة

للانغسال بالماء. كما وجد أن فترة بقاء المعادن الثقيلة لا تتجاوز عاماً واحداً في المناطق الصحراوية أما في المناطق الرطبة والباردة فإنها تبقى في الأرض فترة طويلة.

بـ-الخصائص المتعلقة بالمعدن: إن سلوكية معدن الكادميوم في التربة تشبه سلوكية معدن الرصاص فيها إلى حد كبير ولكنه أقل ثباتية منه وترتفع درجة تثبيته في الأراضي المعتدلة والقلوية الغنية بالمادة العضوية والثقيلة القوام. ويعرض الرصاص للانغسال في الأوساط الحامضية بدرجة كبيرة حتى إننا نلاحظ أحياناً توضعاته على مسافة 100 م.

جـ-طبيعة تضاريس المنطقة: تكون المناطق المنخفضة أكثر تلوثاً بالمعدن الثقيلة مقارنة بالمناطق المرتفعة وعلى المنحدرات، حيث أن تلك المعادن تغسل من المناطق المرتفعة بفعل الجريان السطحي إلى المنخفضات.

دـ-درجة قابلية تحلل المعقدات التي تشكلها هذه المعادن مع الأملاح والأحماس العضوية والمعدنية.

هـ - درجة قابلية المركبات المعدنية العضوية للانغسال في التربة وبمياه الانسياب السطحي.

كما أن شدة التلوث بالمعدن الثقيلة وفترة بقاء هذه المعادن في التربة ترتبط بالآتي:

- مدى قابلية التنظيف الذاتي للأراضي من نواتج التلوث الصناعي بفعل التشتت والتبدد في التيارات الهوائية.

- مدى قابلية التنظيف الذاتي في الأراضي من نواتج التلوث الصناعي الصلبة والسائلة والغازية عن طريق التفكك والتطاير.

وهذه التحولات التي تحكم بطول فترة بقاء التلوث في الأرضي ترتبط بجملة من العوامل الجيوكيميائية المتعلقة بالمادة الملوثة وبالخصائص الأرضية المحيطة بها.

1- المعوقات البيولوجية والجيوكيميائية مثل سرعة التحولات الكيميائية التي تتعرض لها المواد العضوية والمعدنية في التربة والماء والهواء ومدى انتقال المادة الملوثة خارج نطاق وجودها بواسطة التيارات المائية الباطنية والسطحية والهوائية.

2- المعوقات الفيزيائية والكيميائية والتي ترتبط بعمليات الأكسدة، والاختزال، وتشكل مركبات السلفات والكربونات، بارتفاع القلوية، الأوساط الحامضية، التطاير بالتبخر، بالامتصاص والظروف термодيناميكية التي تتعرض لها المعادن الملوثة.

12-3-4- درجة سمية المعادن الثقيلة:

أ-معدن الزئبق:

يعد من أكثر المعادن سمية، وزيادة تركيزه في الدم تؤدي إلى إصابة الكلى والكبد والمخ والاضطرابات العصبية وأحياناً الموت المفاجئ. ويعد اليابان من أكثر دول العالم تضرراً بالنفايات المحتوية على الزئبق، حيث بلغ عدد ضحايا التسمم بالزئبق حوالي 30 ألف إنسان أما في السويد فقد لوحظ ارتفاع نسبة الزئبق في المنتوجات الغذائية وفي دم الإنسان مما أدى إلى تحريم استخدام

المركبات الحاوية على الزئبق في عام 1967 (المبيدات الفطرية ومواد تصنيع الورق). وقد وجد Sortenberg, Rawado Francois (1971, 1978) أن وجود الزئبق بتركيز مقداره 20-100 كغ/هـ قد أدى إلى موت المحاصيل الزراعية في الأراضي الرملية، والحد المسموح به في الأراضي يجب أن لا يتجاوز 2.5 ملخ/كغ تربة.

بـ-معدن الرصاص:

تبلغ الجرعة المميتة للحيوان 100 ملخ/كغ رصاص من الوزن الجاف للعلف. والأثر السمي للرصاص يبقى في التربة والنبات فترة أطول من فترة بقاء الزئبق.

من أكثر مركبات الرصاص سمية مركب الرصاص رباعي الاتيل الذي يضاف إلى البنزين لمنع حدوث الانفجارات. كما يلاحظ أن تلوث المزروعات بالرصاص على جوانب الطرق العامة المزدحمة بالسيارات يتضاعف بمقدار 5-10 مرات نتيجة انطلاق غازات عوادم السيارات، بالمقارنة مع درجة التلوث في الحقول البعيدة عن الطريق العامة، فمثلاً لوحظ في ألمانيا ارتفاع تركيز الرصاص في التربة على جوانب الطرق العامة للسيارات من 10 ملخ/كغ إلى 7000 ملخ/كغ تربة. واقترواوا لمكافحة هذا التلوث ترك حرم واق بعرض 300 م تمنع زراعة المحاصيل يمتد على جنبي الأتوسترادات العامة التي تبلغ عليها كثافة السيارات مقدار 2000 سيارة في الساعة أو أكثر.

تؤكد الدراسات أن ابتلاع 40 ملغ من الغبار الملوث بالرصاص يكفي لرفع تركيز الرصاص في الدم إلى 0.4 جزءاً بالمليون، مع العلم أن الجرعة السامة من الرصاص تبلغ 0.8 جزءاً بالمليون في دم الإنسان.

جـ- الكادميوم:

يحتاج جسم الإنسان معدن الكادميوم بكميات قليلة جداً لتنظيم كمية السكر في الدم، وزيادة تركيزه في الدم يسبب التسمم وارتفاع ضغط الدم وتصبح العظام سهلة الكسر. ويتميز الكادميوم بقدرته على التراكم في الكبد والكلية. وتبلغ نسبته الطبيعية في الأراضي الزراعية 1-3 ملغ/كغ، أما الحد المسموح به في الأراضي فيجب أن لا يتجاوز 20 ملغ/كغ تربة وذلك حسب قوام التربة ومحتوها من المادة الدبالية.

ومن أهم المحاصيل المحتملة للتراكيز العالية من الكادميوم محصول الأرز الذي يتحمل تراكيز تصل إلى 640 ملغ/كغ تربة، أما البنودرة والقرنبيط فهي أقل تحملأً للتلوث التربة بالكادميوم، وتبلغ قدرتها على التحمل 170 ملغ/كغ تربة، وأكثر المحاصيل تأثراً بالكادميوم فول الصويا والخس، حيث يتأثران بتراكيز تتراوح بين 4-13 ملغ/كغ تربة. (Wiuigem, 1975) (Rawado Francois) (1978).

12-3-5- أسلوب صيانة التربة والمياه من التلوث بالمعادن الثقيلة:

يجري الكشف عن تلوث التربة بالمعادن الثقيلة عن طريق إجراء التحاليل الكيميائية للتربة وذلك بأخذ عينات من تربة المنطقة المراد دراستها لمعرفة تراكيز تلك المعادن فيها. وينصح بأخذ العينات من التربة والنباتات المزروعة

في منطقة قطرها 25-30 كم حول مصدر التلوث بمعدل 20 عينة من الهكتار الواحد.

وترتبط المساحة المعرضة للتلوث بشدة التلوث الناجم عن المنشآت الصناعية وباتجاه وسرعة الرياح السائدة في المنطقة. ومن الوسائل الأخرى المتتبعة للكشف عن التلوث بالمعادن الثقيلة اتباع المعاينة الشخصية للنباتات السريعة التأثر بالتلوث في المنطقة ومدى تأثر الغوانا الحيوانية وفلورا الكائنات الحية الدقيقة الشديدة التأثر بالمعادن الثقيلة.

ويبلغ الحد المسموح به لتركيز المعادن الثقيلة في المحاصيل الزراعية ما يلي: الرصاص 10 أجزاء بالمليون، الزئبق 0.04 والكادميوم 3 أجزاء بالمليون.

ويرتبط قطر منطقة التلوث الأعظمي بمخلفات المنشآت الصناعية الغازية والصلبة بمقدار ارتفاع أبراج التخلص من النفايات ويبلغ 10-40 ضعفاً من ارتفاع مداخن المصانع وذلك حسب كثافة ودرجة حرارة المواد المنطقة من المصانع. كما أن فترة بقاء هذه النفايات في الجو ترتبط بوزنها وخصائصها الفيزيائية والكيميائية ودرجة حرارة الجو وسرعة الرياح والرطوبة الجوية.

ولنقليل حجم التلوث بالمعادن الثقيلة يجب اتباع الآتي:

- 1 العمل على تطوير تكنولوجيا الصناعات المختلفة.
- 2 الاستفادة من فضلات الصناعات المختلفة بإعادة تصنيعها مثل معاملة الرماد الناتج عن احتراق الفحم بالكلس لإنتاج الإسمنت.
- 3 تطوير طرق معالجة الفضلات والنفايات الناتجة عن الصناعات المختلفة.
- 4 معالجة النفايات الصلبة والسائلة قبل رميها في الأحواض المائية.

5- معاملة الأتربة الملوثة بالمعادن الثقيلة بمحاليل المواد الراتنجية المتأينة

بهدف تشكيل معقدات كيميائية باتحادها مع المعادن الثقيلة وتحويلها إلى مركبات غير متاحة للنبات أو تخفيض درجة سميتها وتضاف المواد الراتنجية على شكل أحماض أو أملاح وبكميات محدودة أو على شكل بودرة أو كرات محببة ويستخدم في اليابان وألمانيا مركب (تاريازين ميركابتو -8) لتنبيط معادن الرصاص والزئبق والكادميوم في التربة على شكل مركبات صعبنة الذوبان وغير متاحة للنبات، وبحيث تتم إضافة هذا المركب على شكل مساحيق أو بروسولات أو يضاف مع مسحوق الكلس إلى التربة.

6- تغيير درجة حموضة الأراضي بالمعادن الثقيلة بإضافة الكلس تؤدي إلى تنبيط الرصاص والكادميوم كيميائياً وتصبح غير متاحة للنباتات.

7- إضافة الأسمدة العضوية والمعدنية بمعدلات عالية تؤدي إلى تنبيط العناصر المعدنية الثقيلة وتكوين مركبات ثابتة مع الأحماض العضوية، وتؤدي إضافة الأسمدة الناتجة عن روث الحيوانات وزرقة الطيور وطحن قشرة الأرز إلى خفض تركيز المعادن الثقيلة في أنسجة النباتات المزروعة.

8- استخدام التسميد المتكامل وإضافة الجرعات المطلوبة من السماد تؤدي إلى خفض بعض المعادن الثقيلة في المحاصيل المزروعة فمثلاً وجد في بريطانيا أن إضافة الأسمدة الآزوتية في الأراضي الملوثة بالرصاص أدت إلى ظهور البدارات المزروعة. كما أن إضافة الأسمدة الفوسفورية بجرعات كبيرة أدى إلى خفض سمية الرصاص والكادميوم في الأراضي القلوية المزروعة بالأرز وتشكيل معقدات غير قابلة للذوبان مثل فوسفات الكادميوم.

9- زراعة الأراضي الملوثة بالمعادن الثقيلة بالمحاصيل الزراعية المحتملة للتراكيز العالية من المعادن الثقيلة ومنها: القطن والشوندر وبعض المحاصيل البقولية والذرة وبعض أصناف القمح. ويجب عدم استعمال منتوجاتها في الغذاء قبل معالجتها للتخلص من التراكيز العالية للمعادن الثقيلة المتراكمة في أنسجتها، وإن زراعة البطاطا والجزر مفيدة جداً بسبب تحملها للتراكيز العالية ومقاومتها لظاهرة تراكم هذه المعادن في أنسجتها النباتية.

10- الاستباط الوراثي للأصناف المقاومة للتلوث ولظاهرة التراكم في أنسجتها.

4-4-12- صيانة التربة من التملح الثانوي:

1-4-12- المقدمة:

تعد ظاهرة التملح والقلوية من الأسباب الرئيسية لتدهور الترب الزراعية وانخفاض قدرتها الإنتاجية. ومن أهم العوامل المؤدية لظهور التملح ذكر:

- سوء أنظمة الري المتبعة وغياب المقننات المائية.
- عدم صلاحية مياه الري الزراعي.
- غياب الدورات الزراعية المتوازنة.
- الإفراط في التسميد الزراعي.

وتشير الملوحة بشكل خاص في المناطق شبه الجافة والجافة ونصف صحراوية والصحراوية وفي ظروف الزراعة المروية. وتحتوي الأراضي المالحة في أفقها السطحي كمية من الأملاح القابلة للذوبان بالماء أكثر من 0.3-0.6 وتتأثر المحاصيل الزراعية بالملوحة عندما يصل تركيز الأملاح في التربة أكثر من

أو ما يزيد عن 4 ملموز/سم. ويدخل في التركيب الملحى كلوريدات وكبريتات وكربونات الصوديوم والكالسيوم والمغنزيوم. وعندما ترتفع نسبة الصوديوم المتبادل ESP في التربة إلى أكثر من 15% وتتجاوز قيمة pH للترفة (8.5) تصنف الأراضي تحت مجموعة الترب القلوية.

ويميز في الطبيعة نوعان من التملح:

1- التملح الأولي للأراضي: وهذا النوع يرتبط بنشوء وتطور الأرضي بشكل عام.

2- التملح الثانوي: ويعد هذا النوع من التملح الظل المرافق للزراعة المروية، ويحول سنوياً مئات الآلاف من الهكتارات الزراعية إلى أراضٍ قاحلة جباء تغطيها الأملاح والمستنقعات ومن أهم الأسباب المساعدة على حدوث التملح الثاني:

- غياب شبكات الري والصرف الحديثة.

- ضياع كميات كبيرة من المياه المستخدمة في الري عن طريق رشح أقنية الري القديمة وارتفاع مستوى الماء الأرضي.

- غياب مقننات الري.

- اتباع طريقة الري بالتطويف.

- الري بمياه مالحة.

ويعد التملح الصودي (NaHCO_3) من أخطر أنواع التملح وأكثرها سمية للنباتات، ويؤدي إلى إحداث تغيرات حادة في تركيب الكاتيونات المتبادلة في

المعقد الغروي للترابة وتسرب تفرق غرويات الترابة وهجرة المركبات العضوية والدبابيلية، وإلى تدهور بناء الترابة وخصائصها الفيزيائية والمائية. وتصل قيمة pH في تلك الأراضي إلى 9-11.

12-4-2- مكافحة التملح الثانوي واستصلاح الأراضي المالحة:

1- إنشاء شبكات ري حديثة إسمنتية لقليل رشح المياه من السوادي والمحافظة على بقاء مستوى الماء الأرضي عميقاً.

2- إقامة شبكات الصرف لتغطية المنطقة بالكامل واتباع الصرف العمودي والمحافظة على عمق ثابت للمياه الجوفية أقل من 2.5-3م.

3- غسيل الأرضي قبل زراعتها بهدف التخلص من الأملاح من الأفق السطحي للترابة والذي فيه المحاصيل الزراعية.

4- إرواء المحاصيل في فترة نموها بكميات إضافية من الماء من أجل تحقيق غسيل كامل للترابة من الأملاح الزائدة.

5- ينصح بإضافة الجبس واستخدام الأسمدة الحاوية على الكالسيوم وذات الأثر الحامضي عند استصلاح الأرضي الصوديويه وإدخال الأعشاب المعمرة في الدورة الزراعية.

3-4- أهمية صيانة المياه ومدى صلاحيتها للري الزراعي:

يعد الماء من العوامل المحددة لنمو المحاصيل الزراعية والإنتاج الزراعي في المناطق الجافة، حيث يحتاج إنتاج 100 كغ من الحبوب إلى 10 سم من الرطوبة المتاحة، وهذا يعني أنه يلزم حوالي 500-800 مم من الماء على شكل

رطوبة متابعة من أجل تأمين معدلات الإنتاج المعروفة للجذوب والبالغة 5-8 طنًا/هـ، مع العلم أن (1) مم من الرطوبة يعادل 10 م³/هـ.

12-4-3- تقييم صلاحية المياه للري:

وتعتمد الأسس والمبادئ التالية:

1- عمق الماء الأرضي المسموح به:

عَدَ كوفداً أن العمق الحر ج لمستوى الماء الأرضي يرتبط بدرجة ملوحة تلك المياه، وحدد العمق الحر اللازم لتلافي التملح الثاني كالآتي:

- مياه جوفية ملوحتها 1-2 غ/ل، يكون العمق الحر على بعد: 1.5-1 م.
- مياه جوفية ملوحتها 10-15 غ/ل، يكون العمق الحر على بعد 2.5-2 م.

2- قيم الناقلة الكهربائية وتركيز الأملاح الكلية للمياه:

الجدول (22). تصنيف مياه الري حسب صلاحيتها (Richard, 1954).

رقم الفئة	الناقلة الكهربائية بالميكروموز/سم	الملوحة الكلية غ/ل	نوعية المياه
I	250 - 00	0.16 - 0	قليلة الملوحة
II	750-.25	0.48-0.16	متوسطة الملوحة
III	2225-750	1.44-0.48	عالية الملوحة
VI	2225	2.85-1.14	عالية الملوحة جداً

وبذلك تكون مياه الفئة الأولى والثانية صالحة للري والفئة الثالثة صالحة للري ولكن ضمن شروط معينة أما الرابعة فهي غير صالحة للري بتاتاً.

3- معدل الصوديوم المدمص (معامل SAR)

تقدر قيمة SAR بهدف تحديد خطورة إمكانية تحول التربة إلى القلوية نتيجة استخدام مياه الري.

$$\% \text{ SAR} = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}}$$

وتقدير كمية الكاتيونات بالمليمكافئ / لیتر.

وبينت التجارب التطبيقية إمكانية تحول التربة إلى القلوية عند استعمال مياه قيمة SAR أكثر من 4 ، 6 ، 10 وكمية الأملاح فيها على التوالي بـ 3 ، 2 ، 1 غ/لیتر.

4- كربونات الصوديوم المتبقية residual sodium carbonate

وهي عبارة عن الفرق بين مجموع ميليمكافئات الكربون والبيكرbonات ومجموع ميليمكافئات الكالسيوم والمغنيزيوم وتحسب بالمعادلة التالية:

$(Na_2CO_3)_{\text{بالمليكافئ/L}} = (\text{عدد ميليمكافئات الكربونات} + \text{عدد ميليمكافئات البيكرbonات}) - (\text{عدد ميليمكافئات الكالسيوم} + \text{ميليمكافئات المغنيزيوم}).$

الجدول (23). تصنيف صلاحية مياه الري اعتماداً على قيم كربونات الصوديوم المتبقية

(Eaton, 1950) (حسب)

صلاحية المياه	(Na_2CO_3) المتبقية
غير مناسبة للري	أكبر من 2.5
إمكانية خطر القلوية	2.5-1.25
مأمونة الاستعمال	أقل من 1.25

وتعد كربونات وبيكرbonات الصوديوم من الأملاح غير المرغوبة في مياه الري لأن وجودها بكمية تزيد عن 2.5 مليكافئ/ل تسرع من عملية ارتفاع قلوية التربة.

وبشكل عام يعد الماء عذباً وصالحاً للري عندما تكون نسبة الأملاح فيه أقل من 1 غ/ل. وأن أغلب مياه الأنهار التي تستخدم في الري يبلغ تركيز الأملاح فيها بحدود 0.2-0.3 غ/ل، ولكن لوحظ في السنوات الأخيرة ارتفاع في تركيز الأملاح في معظم أنهار العالم. وأصبحت في حدود 0.8-1.5 غ/ل، وطرأت عليها تغييرات نوعية في تركيبة أملاحها، حيث تحولت كربونات الكلسيوم إلى كبريتات المغنيزيوم والصوديوم وزادت نسبة الكلوريدات فيها، ويعزى ذلك إلى: - زيادة صرف المياه المالحة في الأحواض المائية وإلى تدفق المياه في الأنهار بعد تنظيم جريانها بإنشاء السدود.

وفي الفترة الأخيرة بدأ كثير من دول العالم باستخدام المياه المالحة في الري الزراعي (5-6 غ/ل) وفق تكنيات عالية وضمن شروط معينة:

- تبعاً لقوام التربة يمكن استخدام مياه الري المالحة (2-3 غ/ل) في الأراضي الثقيلة والمتوسطة القوام. أما في الترب الرملية فيمكن استخدام مياه مالحة يصل تركيز الأملاح فيها 10-12 غ/ل.
- ينصح بإضافة 5-10% إلى مقدرات الري عند ارتفاع درجة ملوحة الماء بمقدار 1 غ/ل بهدف غسيل الأملاح الزائدة من قطاع التربة مع توفر صرف كامل بهذه المياه.
- ينصح بإضافة مقدرات غسيل إلى احتياجات الري في أثناء فترة نمو المحاصيل الزراعية.

- ينصح بزيادة معدلات الغسيل بمقدار 30-50% في حال استخدام المياه الصودية البالغ تركيزها 1.5-0.3 غ/ل من أصل مقتنات الري الازمة. ويفضل إضافة الجبس للمياه والتربة للتخفيف من الصودا الزائدة.

المصطلحات العلمية

A

Abrasion	البري (كشط)
Accumulation	تراكم (ترسيب)
Antropogenie factors	العامل البشرية
Anticiclon	ضغط مرتفع (إعصار)
Antierosion cultivater	كالتيفاتور المضاد للتعرية
Agrosystems	نظم زراعة
Algae	طحالب

B

Black dust storm	العواصف الغبارية السوداء
B lade- deep cultivater	كالتيفاتور الحراثة غير القلابة
Band cultivation	القلاحة
Barchan dunes	الكتبان الرملية الهلالية

C

Convection	دوامات
Complex storms	العواصف المختلطة
critical threshold velocity	العتبة الحرجة لسرعة الريح
Chestnut soils	الترب الكستنائية
Cultivation	حراثة (فلاحة)
Complex system	النظم المتكاملة
Conventional tillage	الحراثة التقليدية
Crop -shelter belt	الأحزمة الزراعية
clay loam	طمي طيني
cross cropping	الزراعة باتجاه خطوط التسوية
cross slope tillage	الحراثة باتجاه خطوط التسوية المتصلبة
contour farming	الزراعة الكنторية

Channel terraces	المصاطب التصريفية
Curved	منحني الشكل
Crust	قشرة

D

Denudation	الحت (التعرية)
Deflation	التعرية الريحية
Dust storm	العواصف الغبارية
Detritus	انتقال الحبيبات بالانزلاق
Deflation resistant	مقاومة الانجراف الريحي
Decussate furrowing	الأثلام المتضادبة
Desertification	تصحر
Deluvium	رسوبيات السفوح

E

Erosion of soil	تعرية الترب
Erosion factors	عمليات التعرية
Erosion process	عملية التعرية
Erosion resistant	مقاومة التعرية
Erosion existence period	فترة ظهور التعرية
Erosion preventive tillage	الحراثة الحامية للتربة من التعرية
Erosion preventive agronomical measures	الأساليب الزراعية الحامية للتربة من التعرية
Erosion preventive crop- rotation	الدورات الزراعية الحامية للتربة
Erosion preventive forestation	الشجير الحراجي الواقي من التعرية
Erosion preventive measure system	نظم إجراءات حماية التربة من التعرية
Endogenous	عوامل تكوين الأراضي ذات المنشأ الداخلي
Exogenous	عوامل تكوين الأراضي ذات المنشأ الخارجي
Eroded soil	الأراضي المنجرفة

Erosivity	قدرة جرف الرياح
Efflux	انقال التربة بالوثب
Extresion	انقال حبيبات التربة بالزحف
Effluent	انقال حبيبات التربة بالطيران
Emergency tillage	حراثة الطوارئ
Exerophyte	نباتات متحملة للجفاف
Eutrophication	تدهور البيئات المائية
Ecosystem	نظام بيئي
Eluvial	رسوبيات محلية المنشأ
Eluvial Glaze	رمال ذات أصل عضوي
Eolian	أتربة منقولة بالرياح
Eolian diposts	رسوبيات ريحية
Eolian sand	رمال منقولة بالرياح

F

Furrow	أثلام
Furrowing	عملية تكوين الأثلام
Fallow	بور
Fissuration of soils	شق التربة (تكوين خنادق في التربة)

G

Green house	البيت الزجاجي
Gypsic horizon	الأفق الجبسي
Gully	أخاديد عميقه (وديان)
Gully erosion	التعرية الأخدودية

I

Intermittent furrowing	الأثلام المقطعة
------------------------	-----------------

L

Local deflation	تعرية ريحية محلية
-----------------	-------------------

Local dust storm	عواصف غبارية محلية
Laminar	طبقة الهواء السطحية للزجة
Loamey	طمي
Longitudinal dunes	الكتبان الطولانية

M

Macro-relief	التضاريس الكبيرة
Micro - relief	التضاريس الصغيرة
Meso – relief	التضاريس المتوسطة
Man- made	فعل الإنسان
Mulch	مهاد
Mulch farming	الزراعة المهادية
Mulch tillage	الحراثة المهادية
Minimum tillage	الحراثة الدنيا

N

No-Till	تكنولوجيا الزراعة الحافظة
Non-plow cultivator	المحراث غير القلاب
Non-plow tillage	الحراثة غير القلابة
Non-mold board cultivator	المحراث غير القلاب
Non-mold board Minimum	الحراثة الدنيا غير القلابة

O

Overall farming	زراعة الأرض بالكامل
Obsorption terraces	المصاطب الامتصاصية

P

Potential erosion	أخطار التعرية
Protective tillage	الحراثة الواقعية من التعرية
Protective crop rotation	الدورات الزراعية المتوازية
Polyculture	مبدأ تعدد المحاصيل

Petrogypsic horizon	أفق جبس قاس
Proluviume	رسوبيات المنحدرات
Parabolic dunes	الكتبان الرملية القوسية
Psamophilous	نباتات محبة الرمال
Polition of soil	تلود التربة

R

Run off	الانسياق السطحي (الجريان)
Roster	محراث الأثلام
Residual sodium carbonate	كربونات الصوديوم المتبقية
Ridge	تجويف (حفر)
Ridge tillage	حراثة التجاويف (التضليل)
Rill erosion	التعرية الجدولية

S

Soil structure	بناء التربة
Soil conservation	صيانة التربة
Soil protective tillage	حراثة التربة الحافظة
Soil protective tillage System	نظام حراثة التربة الحافظة من التعرية
Structural stability	ثباتية البناء
Sand storm	العواصف الرملية
Sand dunes	الكتبان الرملية
Sand genesis	منشأ الرمال
Sand seas	بحر الرمال
Sand drift	السفى الرملي
surface creep	الأفق السطحي
Saltation	تراكم الأملاح
Suspenstion	معلق
Selective erosion	تعرية انتقائية

Strip -cropping	الزراعة الشرائطية
Shelter belt	أسيجة الرياح
Sodium adsorption ratio	نسبة الصوديوم المدمص
Seif dunes	الثبان السيفية
Sheet erosion	التعرية الصفائحية

T

Transport	الانتقال (عبور)
Transitional storm	العواصف العابرة
Turbalance	درجة اضطراب الرياح
Texture	قوام
Terraces	مدرجات
Transversal dunes	الثبان العرضية

W

Water erosion	التعرية المائية
Wind erosion	التعرية الريحية
Wind roses	وردات الرياح
Wind breek	كاسرات الرياح
Winderosity	قدرة الرياح على الجرف

المراجع العلمية

1- المراجع العربية:

- أكساد (2004). حالة التصحر في الوطن العربي.
- أكساد (2006). مراقبة التصحر ومكافحته (حالة جبل البشري) التقرير النهائي.
- أكساد (2010). مراقبة وتقدير عمليات تدهور الأراضي.
- أكساد (2016). دراسة الواقع الحالي للمراعي في البلدان العربية وسبل تطويرها. مجلة الزراعة والمياه، العدد رقم 30
- أكساد (2017). موسوعة الكثبان الرملية في الوطن العربي.
- الزغت، معين، (1978). الكثبان الرملية المتحركة (تثبيتها وتشجيرها، استغلالها) منشورات أكساد، 142 صفحة، دمشق.
- سنكري، نذير (1981). بيئات ونباتات مراعي المناطق الجافة وشديدة الجفاف السورية. منشورات جامعة حلب، الطبعة الثالثة، 793 صفحة.
- عبده، جسار، (2014). دراسة الانجراف المائي في منطقة الشيخ بدر في محافظة طرطوس باستخدام النموذج GeoWEPP، رسالة ماجستير، جامعة دمشق.
- عسکر ،محمود(1991). الانجراف الريحي في الباادية السورية . منشورات مجلة جامعة- حلب العدد 17.
- عسکر ، محمود (1993). صيانة التربة، منشورات جامعة حلب، 272 صفحة.
- عسکر ، محمود (1999). دراسة تكرارية العواصف الغبارية وعوامل ظهورها في الباادية السورية، مجلة بحوث جامعة دمشق، العدد 150 .

- 12- عسکر، محمود (1999). دراسة أولية لانجراف المائي في البادية السورية (جبل البشري)، منشورات مجلة بحوث جامعة حلب، العدد 34.
- 13- عسکر، محمود (2010). دراسة الانجراف الريحي في الباادية السورية وتأثيره على تدهور الأراضي، مجلة بحوث جامعة حلب، العدد 83.
- 14- نحال إبراهيم (1987). التصحر في الوطن العربي، منشورات معهد الاتحاد العربي، بيروت 263 صفحة.
- 15- نحال، إبراهيم، (1984). الانجراف المائي في القطر العربي السوري وطرائق مكافحته لصيانة التربة والمياه، مجلة بحوث جامعة حلب، العدد السادس صفحة (72-110) حلب.
- 16- وزارة البيئة (2014). بحث علمي لدراسة انجراف التربة في المنطقة الساحلية (اللاذقية، طرطوس)، التقرير النهائي، دمشق.
- 17- وزارة البيئة (2016). دراسة الانجراف الريحي في محافظة دير الزور، التقرير النهائي. دمشق.

2- المراجع الأجنبية:

- 1) Baraev A. I (1982) Combating desertification in the USSR, problems and experience. Centre of international projects GKNT, Moscow, (UNEP).
- 2) Baraev A. I (1984). The USSR experience in desert reclamation and desertification control. Moscow, (UNEP)
- 3) Greco jacques (1978): La defense des sols contre l'erosion
La maison rustique Paris. (باللغة الروسية)
- 4) Ramado Francois (1978) Elements d'ecologie appliquée.
Paris. (باللغة الروسية)
- 5) Zachar D. (1982) soil erosion, Elsevier scientific publisher company. Amsterdam, Oxford New York.
- 6) Zakirov R. (1982) Prevention of sand drift on railways, roads and irrigation systems. centre of international projects GKNT. Moscow, (UNEP)
- 7) Grovetto, k. 1998, No – Till. (باللغة الروسية)
- 8) Asker M and Bykova (2009) influence no-till Technology in zones moisture deficient. On soil properties and crop yield. Bichuk, Kiev. (باللغة الروسية)

3- المراجع الروسية:

- 1.БАРАЕВ А.И. /1985/ Почвозащитная система земеделия. Алма-Ата,
Кайнар
- 2.ЗАСЛАВСКИЙ М.Н./1983/. Эрозионедение. М., Высшая школа.
- 3.КРАСНОЩЕКОВ Н.В./1977/. Машины для защиты почв от ветровой
эрозии. М., Россельхозиздат
- 4.КАУРИЧЕВА С. /1982/. Почвоведение. М., Колос
- 5.КАЛЬЯНОВ К.С./1976/. Динамика процессов ветровой эрозии почв.
М., Наука
- 6.КОВДА В.А./1984/. Проблемы борьбы с опустыниванием и засолением
почв. М., Колос
- 7.МОРГУН Ф.Т.,ШИКУЛА Н.К.,ТАРАРИКО А.Г./1983/. Почвозащитное
земледелие. Киев, урожай
- 8.СМИРНОВА Л.Ф./1985/. Ветровая эрозия почв. М., МГУ
- 9.САЗОНОВ И.Н.,ШТОФЕЛЬ М.А.,ШИЛЫЕНКО А.И./1984/. Система
мероприятий против эрозии почв. Киев, Выща школа
- 10.ТОЧЕЛЬНИКОВ Ю.С./1990/. Эрозия и дефляция почв. Способы
борьбы с ними. М., ВО Агропромиздат
- 11.ЧАКВЕТАДЗЕ Е.А./1967/. Ветровая эрозия темно-каштановых
супесчаных почв Северного Казахстана. М., Наука
- 12.ШИКУЛА Н.К./1987/. Почвозащитная система земеделия. Харьков,
Пралор

اللجنة العلمية:

أ. د.

أ. د.

أ. د.

المدقق اللغوي:

د. أحمد سليمان الشريف

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات الجامعية