مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الزراعية – المجلد |18| العدد |5| 1996
عدد خاص بالندوة السورية الأولى لعلوم التربة 12-14 أيار 1996

تأثير الحواجز النباتية على الانجراف الريحي

الدكتور محمد دكه*

□ الملخص □

دراسة آلية حركة حبيبات التربة على أربعة أنواع من الترب الرملية ونوع من الترب اللومية ثم دراسة تأثير الحواجز النباتية لنبات الذرة والقمح على تخفيض انجرافية التربة وأيضاً تحديد العلاقة بين سرعة الرياح وكمية التربة المفقودة وذلك في حالة التربة جرداء، ناعمة، جافة، وفي حالة التربة مغطاة بالحواجز النباتية وذلك مخبرياً باستخدام قناة الريح.

* مدرس في قسم التربة واستصلاح الأراضي بكلية الزراعة - جامعة حلب - حلب - سورية.

Wind Erosion as Effected by Shelterbelts

Dr. Mohammad DIKKEH*

❐ ABSTRACT ❐

Four sandy soils, one soil of loam and the effect of maize and wheat plantings (shelterbelts) have been studied in a wind tunnel. The pattern of particle movement was determined for various soil types, and established the relationship between rates of soil loss and wind speed on bare, smooth and covered soil surfaces.

* Lecturer, Faculty of Agriculture, Aleppo University, Aleppo - SYRIA.

مقدمة:

يلاحظ الانجراف الريحي بمقياس كبير أو صغير في دول متعددة من العالم وبصورة أساسية ذات المناخ الجاف والحار وخصوصاً في الدول التي تحتوي على الأراضي الرملية الكبيرة سواء صحراوية أو زراعية.

كانت بداية الأبحاث التي درست عمل الرياح في تشكيل سطح التربة تنحصر فقط على الكثبان الرملية تم التوصل قبل عشرات السنين إلى نتائج هامة، وبالمقابل فإن الأخصائيين المشتغلين في مجال الزراعة على الأراضي الرملية شبه المتماسكة قد لاحظوا خطر الرياح عليها وحاولوا حمايتها ووقايتها.

كانت أول الدراسات حول انجراف التربة بواسطة الرياح من قبل Bagnold عام 1941 على الرمال الصحراوية، ثم جاءت دراسة كل من Woodruff, Chepil عام 1963 على الأتربة الزراعية.

في الجمهورية العربية السورية حيث غياب الأمطار في المناطق الشمالية الشرقية منها وحيث الجفاف والفروق في درجات الحرارة ما بين الليل والنهار مما يشجع الرياح على مهاجمتها، وأكثر وضوحاً ما يتم جرفه من الطبقة السطحية والتي تحتوي على الموارد المغذية، بالإضافة إلى الأضرار التي تسببها في بلدنا وهو أنه ترسب الرمال المتحركة تقوم بتغطية أقنية الري والأراضي الزراعية وتغطية الطرق العامة والسكك الحديدية بالإضافة لتشكل الغيوم الترابية التي تدوم لساعات وحتى لأيام ومثال على ذلك ما حصل عام ±١٠± في مدينة حلب وعام ٠,١± في مدينة دير الزور وغيرها.

لكي يحدث الانجراف يجب أن يكون سطح التربة جافاً، مفككاً، ناعماً ومساحة الحقل كبيرة بالإضافة إلى رياح قوية، وهناك عوامل أخرى تؤثر في انجراف التربة منها الغطاء النباتي، البقايا النباتية استوائية سطح التربة وخشونته ورطوبته.

وقد قام العديد من البحاثة بدراسة تأثير العوامل مخبرياً وحقلياً بواسطة قناة الريح Wind tunnel من هؤلاء Zingg 1951، Woodruff 1964، Borsy 1972، Fryrear 1985، Dikkeh 1989-1990 وغيرهم. واستنتجوا أن أفضل وسيلة لحماية سطح التربة من الانجراف هو وجود الغطاء النباتي.

قام أيضاً كل من Bubenzer, Weis 1974 بدراسة تأثير نبات الفاصولياء على الانجراف فوجدا أن تأثير الفاصولياء في مرحلة الإزهار هي أفضل لحماية التربة من مرحلة بداية النمو.

وقد وجد Bilbro عام ٠,١± في الولايات المتحدة أن تطبيق الزراعة المتصالبة للقمح بمعدل 59 كغ/هـ من البذار هي الطريقة الأمثل في حماية سطح التربة بالمقارنة مع الزراعة التقليدية، حيث كانت كمية التربة المفقودة في حالة الزراعة المتصالبة بمعدل 3.1طن/هـ/سنة في عام 1984، بينما التربة المفقودة كانت 1.8 طن/هـ/سنة في حالة الزراعة التقليدية.

أما بالنسبة لاختباراتنا في قناة الريح مخبرياً، وبما أن هدفنا الأساسي هو دراسة آلية حركة حبيبات التربة ومن ثم تحديد تأثير الحواجز النباتية على الانجراف الريحي فقد أنجزت التجارب في أطوار مختلفة وباستخدام

الريح الصناعي.

مواد التجربة وطريقة العمل:

قمنا بدراسة أنواع مختلفة من الأتربة منها الرملية ومنها اللومية وعند دراسة الانجراف الريحي لابد من إجراء التحليل الميكانيكي لعينات التربة المستخدمة ومعرفة محتواها من المادة العضوية وكربونات الكالسيوم (جدول 1).

مواصفات قناة الريح:

طولها /10/م مستطيلة الشكل ذات جدران مرئية تساعد على إنجاز القياسات وملاحظة حركة الحبيبات بشكل مرئي وتعمل بواسطة محرك يمكن التحكم بسرعته ابتداءً من 0.1 م/ثا.

وتوجد في القناة مصيدتان لحبيبات التربة المتحركة فوق بعضها البعض، ارتفاع الأولى 10سم والثانية فوقها بارتفاع 10-40سم.

وبهذه الحالة يمكن دراسة حركة حبيبات التربة وتحديد كمية التربة المفقودة عند سرعات مختلفة في وحدة المساحة. ومن أجل تحقيق الهدف قمنا بإجراء عدة تجارب في القناة ولكل نوع من أنواع الترب المستخدمة:

1-في البداية وضعنا عينة التربة في أرض القناة وحددنا السرعة التي تبدأ عندها بالحركة وذلك لكل نوع من أنواع التربة المستخدمة، أما في تحديد كمية التربة المفقودة فقد استخدمنا المصيدتين سابقتي الذكر، وخلال التجربة أخذنا درجة الحرارة ورطوبة الهواء في القناة.

مدة القياس لكل عينة وعند كل سرعة /3/ دقائق، قسنا سرعة الرياح في ثلاث مناطق من القناة وعلى ارتفاعات مختلفة فوق سطح التربة وذلك باستخدام جهاز HAENNY.

2-أما المرحلة الثانية من القياسات هي وضع الحواجز النباتية على أبعاد تتناسب مع مسافات الزراعة الحقلية -وضعنا حواجز نبات الذرة الصفراء على مسافة 60سم بين الحاجز الأول والثاني وباتجاه متعامد مع اتجاه الريح، وفي كل صف /7/ نباتات وارتفاع النبات 25-30سم وكل نبات يحوي /5/ أوراق- وحددنا تأثير هذه الحواجز على تخفيض سرعة الرياح وبالتالي على كمية التربة المفقودة.

قمنا بقياس سرعة الرياح أمام الحواجز وفي وسطها وخلفها وعلى ارتفاعات مختلفة بدءاً من 1سم حتى 30 سم فوق سطح التربة.

3- المرحلة الثالثة من القياسات تمت بتحضير ووضع التربة في أوعية معدنية بطول /50/سم وبعرض /30/سم وبعمق /8/سم. قمنا بتحديد كمية التربة المفقودة من هذه الأوعية عند سرعات مختلفة للرياح وقد أنجز هذا القياس بطريقتين:

الأولى: وضعنا فيها الوعاء بحيث يكون طوله متعامداً مع اتجاه الرياح.

الثانية: وضعنا فيها الوعاء بحيث يكون طوله متوازياً مع اتجاه الرياح.

أيضاً وفي كلا الحالتين اختبرنا تأثير الغطاء النباتي، حيث قمنا بزراعة صفين من القمح بأبعاد /10/سم بين الصف والآخر وبعد الإنبات وبطول 10-15سم للنباتات أجرينا عملية القياس لدراسة تأثير هذه الحواجز على الانجراف وكانت مدة القياس أيضاً /3/ دقائق.

جدول رقم (1) التحليل الميكانيكي والكيميائي لعينات التربة المستخدمة.

القطر مم	رمل							سلت			طين (5)		كربونات $CaCO_3$	دبال HUMUSZ	H_2O pH KCl	الهيدروسكوبية h_{ygr}
مكان العينة	>1	1-0.63	0.63-0.32	0.32-0.02	0.2-0.1	0.1-0.05	0.05-0.02	0.02-0.01	0.01-0.005	0.005-0.002	0.002-0.001	<0.001	%	%		
1- Fülöpháza		1.1	15.9	32.1	46.0				4.9				6.63	0.46	7.80 7.70	0.21
2- Jakabszállás	0.2	0.3	4.3	19.7	67.1				8.4				7.62	0.68	7.80 7.80	0.23
3- Gödöllő		0.4	9.9	39.9	45.5				4.3				8.00	0.35	8.05 7.77	0.41
4- Nyíregyháza	0.5	1.1	12.0	21.0	45.5				19.4				0.82	0.72	6.70 6.25	0.67
5- Mende lösz لومية				1.2	13.2	16.6	29.2	14.3	11.8	1.5	3.6	9.8	17.72	0.73	7.90 7.50	2.35

جدول (2) قيم عتبة السرعة ومتوسطاتها م/ثا على ارتفاعات مختلفة فوق سطح التربة من 1–30 سم.

الارتفاع cm	رمل Fülöpháza (1)				رمل Jakabszállás (2)				رمل Gödöllő (3)				رمل Nyíregyháza (4)				لومية (5) Mende lösztalaj			
	I.	II.	III.	المتوسط	I.	II.	III.	المتوسط	I.	II.	III.	المتوسط	I.	II.	III.	المتوسط	I.	II.	III.	المتوسط
1	4.15	4.15	3.95	4.08	4.40	4.40	4.05	4.28	4.50	4.55	4.32	4.45	4.70	1.45	4.45	4.59	6.55	6.8	6.8	6.71
5	4.85	5.10	5.10	5.01	4.95	5.30	5.10	5.10	5.70	6.0	5.70	5.80	5.10	5.0	4.85	4.68	8.0	8.2	8.0	8.06
10	5.10	5.50	5.50	5.36	5.60	5.70	5.50	5.60	5.90	6.0	6.0	5.96	5.0	5.50	5.50	5.33	8.2	8.7	8.8	8.56
15	5.20	5.50	5.50	5.40	5.90	5.90	5.90	5.90	6.05	6.25	6.25	6.18	5.50	5.50	5.50	5.5	8.2	8.7	8.8	8.56
20	5.50	5.50	5.50	5.50	6.0	6.0	6.0	6.0	6.25	6.25	6.25	6.25	5.70	5.80	6.0	5.83	8.5	8.8	8.8	8.7
30	5.50	5.60	5.60	5.56	6.0	6.0	6.0	6.0	6.25	6.25	6.25	6.25	6.0	6.0	6.0	6.0	8.7	8.9	8.8	8.8
المتوسط	m/sec.			5.15				5.48				5.80				5.36				8.23

النتائج والاستنتاجات

1- تحديد تغيرات سرعة الرياح وقيمة عتبة السرعة:

إن عتبة السرعة المتعلقة بحركة الحبيبة هي تلك السرعة التي تملك القوى الكافية والقادرة على تحريك حبيبات التربة، وترتبط هذه السرعة بالإضافة للقوى الديناميكية للهواء بالقوى التي تربط حبيبات التربة.

قام Giellette عام (1978-1980) بدراسة عتبة السرعة بواسطة قناة الريح المتنقلة على أتربة رملية صحراوية مغطاة بالحصى وعلى أتربة رملية زراعية وأعطى في النهاية جدول يرتب فيه عتبة السرعة لمختلف أنواع الترب المستخدمة.

وبشكل عام تزداد سرعة الرياح بالارتفاع فوق سطح الأرض وتنخفض كلما اقتربت منه وقد أوضح ذلك Bagnold عام 1941 بالعلاقة التالية:

$$\overline{V}_z = \frac{2.3}{k} V^* \log\left(\frac{Z}{Z_0}\right)$$

$\overline{V}_z$= متوسط سرعة الرياح عند الارتفاع Z.

k = ثابت كارمن = 0.4.

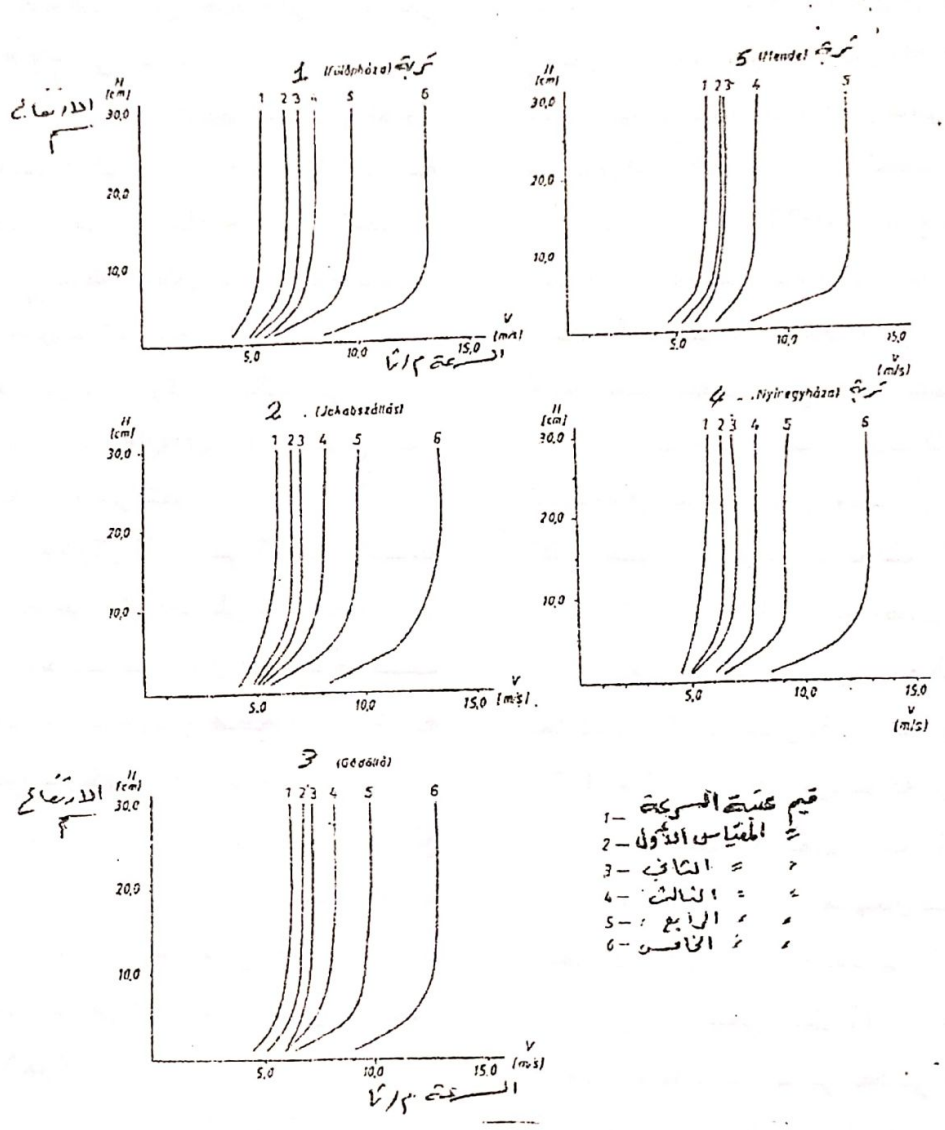
V* = السرعة الحدية ويحددها الضغط الحاصل على السطح بالإضافة لكثافة الهواء.

Z_0 = مقياس خشونة السطح وهي طبقة تعادل بضع ملليمترات وتكون عندها سرعة الرياح تساوي الصفر.

في تجاربنا بقناة الريح قمنا بتحديد عتبة السرعة Threshold velocity لكل نوع من أنواع الترب المستخدمة، حيث بدأنا بزيادة سرعة الرياح تدريجياً حتى لاحظنا الحبيبات بدأت تهتز وبعضها بدأ بالحركة.

والجدول /2/ يوضح قيم عتبة السرعة والمأخوذة في ثلاث أماكن من القناة وعلى ارتفاع مختلفة من 1-30سم فوق سطح التربة.

أعطت هذه القيم الإمكانية لتحديد مدى حساسية أنواع الترب المستخدمة للانجراف الريحي بالإضافة إلى إيجاد العلاقة بين خشونة السطح وإمكانية الانجراف.



الشكل (1) مسار حركة الهواء على ارتفاعات مختلفة.

لوحظ أن سرعة الرياح تنخفض كلما اقتربت من السطح وخصوصاً عند الأتربة الرملية (شكل 1) وفي هذه الحالة كلما احتوت التربة على عناصر غير قابلة للانجراف (حبيبات كبيرة وتجمعات ترابية) كلما ازدادت قيمة عتبة السرعة أي احتاجت إلى سرعة أكبر من الرياح لكي تتحرك.

ومن خلال التحليل الميكانيكي (جدول 1) لعينات التربة يمكن ملاحظة اختلاف نسبة الحبيبات الصغيرة الناعمة والطين والسلت في العينات المختلفة، وتكون قوى الارتباط كبيرة بين الحبيبات كلما احتوت التربة على نسبة مرتفعة من السلت والطين وبالتالي تتشكل تجمعات ترابية Aggragte وهذه تحتاج إلى سرعة كبيرة لكي تتحرك.

وتنزلق الرياح على السطح الناعم نتيجة لضعف الاحتكاك على هذا السطح، بينما يكون الاحتكاك أكبر وقوى الارتباط أضعف في التربة الرملية وذات السطح الخشن لذلك تستطيع تحريكها ونقلها بسهولة وبناءً على ذلك فإن وجود بروزات 10-20 سم على السطح كالحراثة في هذه الحالة وخصوصاً عندما تكون متعامدة مع اتجاه الريح فإنها تخفف بشكل كبير من قوة الرياح وبالتالي تقلل كثيراً من الانجراف.

بينما لو أنجزت الحراثات باتجاه الرياح فإنها تشكل أقنية تتسارع داخل الأقنية وبالتالي تكون النتائج سلبية.

2- العلاقة بين الغطاء النباتي والانجراف الريحي:

يبين الشكلان (2،3) كمية التربة المفقودة وذلك في حالة التربة جافة وغير مغطاة وفي حالة التربة مغطاة بحواجز الذرة الصفراء.

نستنتج من المخططات أن كمية التربة المفقودة تزداد بازدياد سرعة الرياح، ولوحظ عند سرعة /8/م/ثا فما فوق أن كمية الانجراف ازدادت بسرعة، ويفسّر ذلك هو أن الجزء المهم من التربة المنقولة حوالي 75٪ منها تتحرك بطريقة الوثب وهذه الحبيبات أثناء حركتها ترتفع بدرجة 75-90° وتتابع سيرها أفقياً ثم تعود لتصطدم بسطح التربة مؤدية إلى تحطيم التجمعات الترابية الكبيرة إلى الحبيبات أصغر بحيث تستطيع الرياح حملها ونقلها.

ونتيجة لتحليل أقطار حبيبات التربة المتجمعة في المصيدة الأولى وجد أن قطر أغلب الحبيبات المتحركة عند مختلف الأتربة الرملية يتراوح بين 0.1-0.3مم (جدول 3).

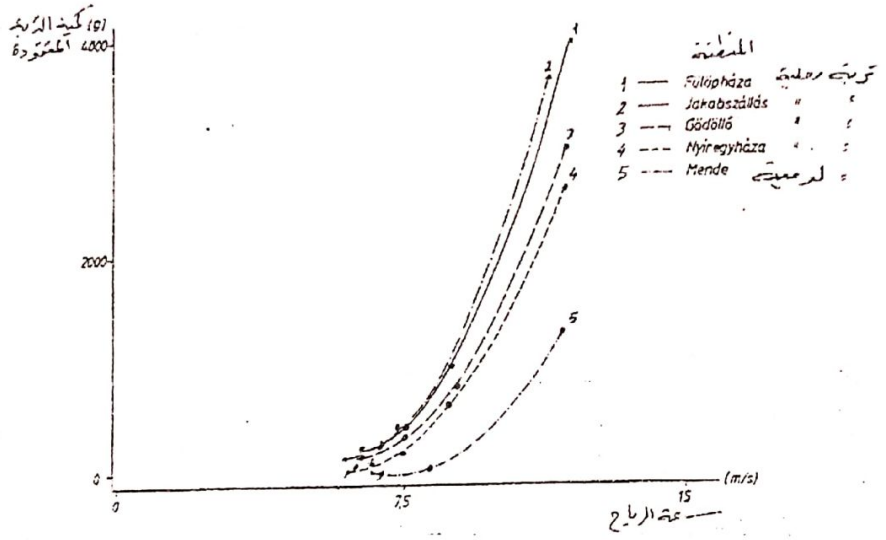
تعود هذه الحبيبات إلى سطح التربة بعد عملية الوثب بسرعة وجدها Borsy 1972 تعادل 120-200 مرة سرعة الرياح.

كما لاحظنا أن مجال قفز الحبيبة يعادل 10-15 سم، وهذا البعد يتعلق بسرعة وبقطر الحبيبة ويزداد مع ازدياد سرعة الرياح ولكن إلى حد أعظمي يعادل 17-20 سم، هذه الأبعاد والمسافات هي التي تعطي الشكل المتموج على سطح الكثبان الرملية.

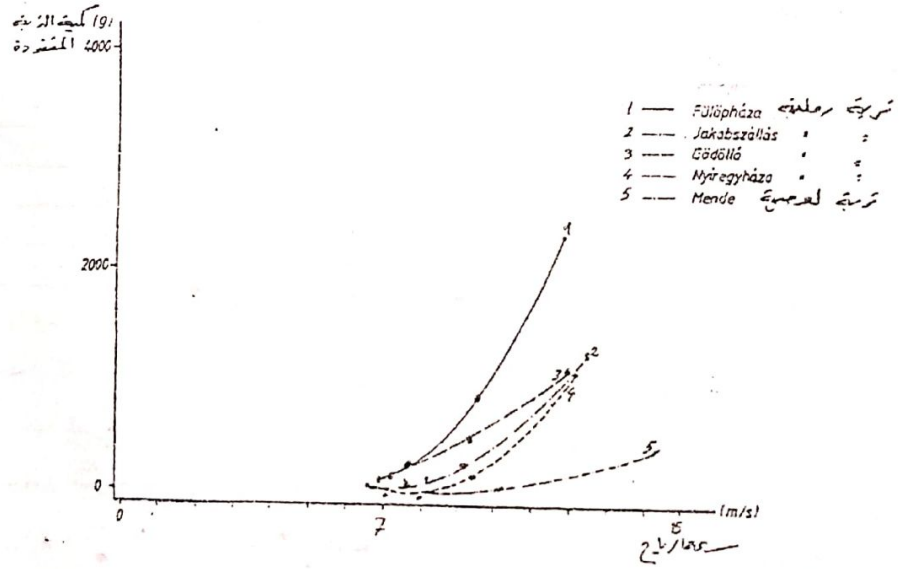
تزداد كمية التربة المتحركة بازدياد السرعة ويؤدي هذا إلى انتقال كمية أكبر من الغبار إلى الجو وهذا ما أكدته تجاربنا، فعند المقاييس الثلاثة الأولى وعندما لم تتجاوز سرعة الرياح μ.٠ م/ثا لوحظ كمية قليلة جداً من التربة في المصيدة الثانية على ارتفاع من

10-40سم ولم تصل حتى /2/ غ، ولكن عند المقاييس 4 و5 وبازدياد سرعة الرياح فإن الكمية ازدادت ومن خلال ذلك حددنا أن 70-80٪ من حجم التربة المتحركة كانت في طبقة على ارتفاع 10سم فوق سطح التربة.

في الوقع مثل هذه الحالة يمكن ملاحظتها خلال الأيام الجافة من آذار ونيسان في هنغاريا وخلال أيار وحزيران في سورية.



الشكل (2) كمية التربة المفقودة في حالة التربة جافة.



الشكل (3) كمية التربة المفقودة في حالة التربة مغطاة بالحواجز النباتية.

جدول (3) تحليل أقطار حبيبات التربة المتجمعة في المصيدة الأولى 0-10سم.

تربة Fülöpháza

عدد القياسات	< 0.1	0.1-0.2	0.2-0.32	0.32-0.63	0.63-1.0	> 1 mm
1-	9.75	61.15	24.2	3.9	-	-
2-	8.65	64.35	23.7	3.3	-	-
3-	10.15	65.0	21.55	3.5	-	-
4-	8.8	55.7	28.2	7.3	-	-
5-	10.9	55.55	26.0	7.4	0.15	-

تربة Jakabszállás

عدد القياسات	< 0.1	0.1-0.2	0.2-0.32	0.32-0.63	0.63-1.0	> 1 mm
1-	10.6	75.8	12.2	1.4	-	-
2-	10.8	72.0	14.8	2.4	-	-
3-	10.4	68.9	17.4	3.3	-	-
4-	13.4	70.6	13.7	2.3	-	-
5-	12.6	68.4	16.5	2.5	-	-

تربة Gödölló

عدد القياسات	< 0.1	0.1-0.2	0.2-0.32	0.32-0.63	0.63-1.0	> 1 mm
1-	8.4	44.0	41.0	6.6	-	-
2-	5.0	53.6	37.0	4.6	-	-
3-	4.1	57.8	33.6	4.5	-	-
4-	8.5	55.8	31.3	4.4	-	-
5-	8.45	50.1	36.0	5.45	-	-

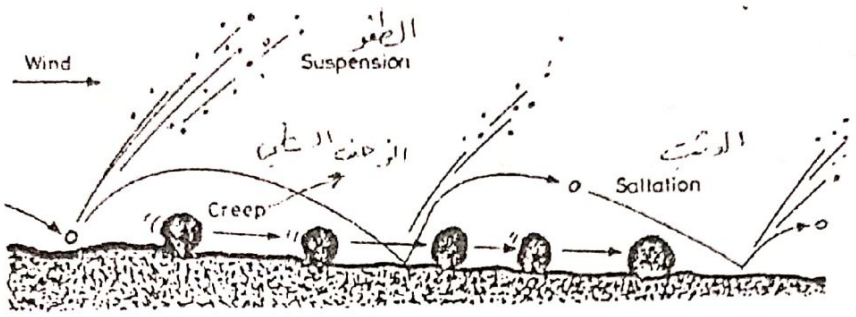
تربة Nyiregyháza

عدد القياسات	< 0.1	0.1-0.2	0.2-0.32	0.32-0.63	0.63-1.0	> 1 mm
1-	-	-	-	-	-	-
2-	23.2	57.1	16.4	3.0	-	-
3-	26.3	53.5	16.1	4.1	-	-
4-	27.55	51.63	15.3	5.5	-	-
5-	26.05	45.0	17.6	7.7	1.35	2.3

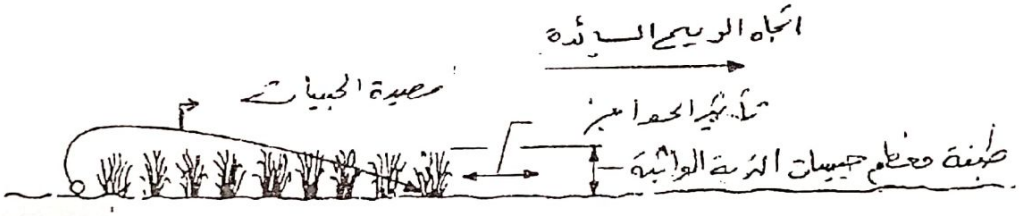
وتبين تجاربنا أيضاً بتحرك التربة ذات القوام الناعم بصعوبة، لكن مع ملاحظة تحرك كمية كبيرة بزمن أقل بازدياد السرعة لذلك تتدهور التربة المحروثة والمنعمة خلال وقت قصير وبالتالي تظهر على الحبوب المزروعة أو قد تنقلها الرياح مع التربة.

وفي بعض الأماكن ونتيجة لانجراف التربة من حول جذور النباتات مما يؤدي لجفافها، أو قد تختنق النباتات نتيجة لتراكم الرمال عليها.

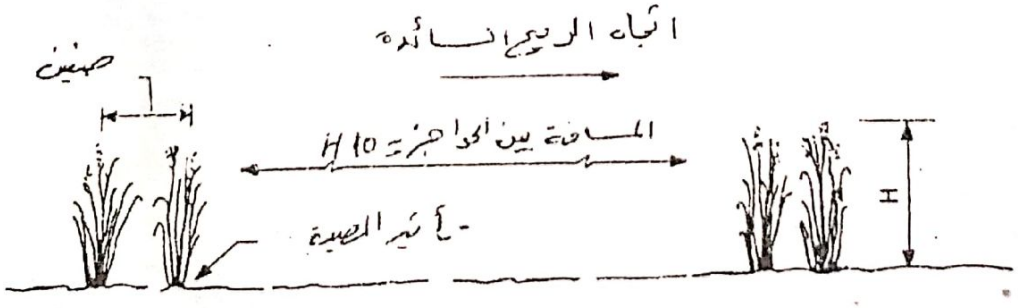
كما أن المعدن الأساسي في الرمال من نوع كوارتز وهذا ذو قساوة عالية ونتيجة لاصطدام الرمال بأوراق النباتات مما يؤدي لتجريحها وتخريشها وبالتالي يسبب أضراراً



الشكل (4) أشكال حركة حبيبات التربة.



الشكل (5) دور النباتات كمصائد لحبيبات التربة.



الشكل (6) المسافة بين الحواجز النباتية.

أنجز Borsy عام 1972 عدة قياسات في فترة الربيع وذلك عندما كان نبات الجاودا بطول 10-12سم، وقد أعطت حماية جيدة وكانت سرعة الرياح تتراوح بين 8.5-9.5م/ثا وعندما أصبح ارتفاع النبات 20-25سم أيضاً لم يلاحظ أي انجراف علماً بأن سرعة الرياح كانت 10.3م/ثا.

من خلال تجارب الأوعية في قناة الريح وجدنا أن كمية التربة المفقودة في حال وضع طول الوعاء موازٍ لاتجاه الريح أكبر منه في حال وضع طول الوعاء متعامداً مع اتجاه الريح والتربة جرداء في كلتا الحالتين.

أيضاً لاحظنا بأن الرمال المتحركة من الأوعية قد ترسبت على مسافة 1.5م خلف الأوعية وذلك في حالة الحواجز النباتية المتعامدة مع الرياح ويعني هذا انخفاض سرعة الرياح بشكل جوهري بعد الحواجز النباتية.

أما في حالة وضع الأوعية بحيث تكون خطوط النباتات موازية لاتجاه الريح فإن كمية الانجراف كانت أكبر بالمقارنة مع وجود خطوط النباتات عمودية مع اتجاه الريح، وكذلك الأمر بالنسبة للفاقد من التربة في حال كونها جرداء.

ويعزى ذلك إلى طول القطعة المعرضة للانجراف فكلما كان السطح المعرض كبيراً كلما كان الفاقد أكبر نتيجة لإمكانية قفز حبيبات أكثر من مرة على السطح، بالمقارنة مع الترب الصغيرة المسطح والمعرضة للانجراف حيث تكون فيها إمكانية تدحرج وقفز الحبيبات أقل، ولذلك وبما أن عرض الوعاء أقل من طوله فتسقط الحبيبات بسرعة من الوعاء وبالتالي لا توجد إمكانية للعودة مرة ثانية للسطح وتشجيع حبيبات أخرى على الحركة.

في الأراضي الزراعية تزداد سرعة التدفقات الهوائية بازدياد مساحة الأراضي الزراعية وفي هذه الحالة تزداد دحرجة الحبيبات الكبيرة في اتجاه أفقي بالمقارنة مع حالات الريح.

من مجمل القياسات لاحظنا أن معظم حبيبات التربة تتحرك في طبقة على ارتفاع 10-15سم فوق سطح الأرض وأن أغلب هذه الحبيبات تتحرك بطريق الوثب، لذلك وجدنا ومن خلال تجاربنا أيضاً تبيَّن أن وجود الحواجز النباتية على ارتفاع 10سم فما فوق تكون كافية لمنع قفز الحبيبات وبالتالي لا تتحرك حبيبات جديدة أي يتوقف الانجراف تقريباً.

REFERENCES المراجع

1. BAGNOLD, R.A. (1941): The physics of blown sand and desert dunes. Methuen, London. pp 265.
2. BILBRO, J.D. (1987): Crossplanting winter wheat reduces potential wind erosion of soil in semiarid regions. J. soil water conservation 42(4): pp. 267-268.
3. BORSY, Z. (1972): A szelerozio vizsgalata a magyar orszagi futohomok. Fold. kozl. pp 156-160.
4. BUBENZER, G.D., WEIS. G.G. (1974): Effect of wind erosion on production of snap-beans and peas. Amer. soc. sci: 99(6): 527-529.
5. CHEPIL, W.S., WODDRUFF, N.P. (1963): The physics of wind erosion and its control. Adv. Agron 15: 211-302.
6. DIKKEH, M. (1989) soil properties and wind erosion processes. International Agrophyies 5(3-4). 269-278 pp.
7. DIKKEH, M. (1990): Vegetative cover and wind erosion. Bull. of the Univ. of Agric. su: Godalla 35-39 pp.
8. DIKKEH, M. (1990): Measuring soil losses due to wind erosion at jakabsallas Novenytermeles. Tom. 39. No. 6 - 559-567 pp.
9. FRYREAR, D.W. (1985): soil cover and wind erosion. Trans. ASAE. 28(3): 781-784.
10. GILLETTE, D.A. (1978): Tests with a portable wind tunnel for determining wind erosion threshold velocities. Atoms. Environ. 12: 2309-2313.
11. GILLETTE, D.A. (1980): Threshold velocities for imput of soil particles the air by desert soil. J. of Geophyasical Research 10: 5621-5630.
12. WOODRUFF, N.P. (1964): Wind erosion laboratory finds answers. Soil Conservation 29(27): 152-154.
13. ZINGG, A.W. (1951): A portable wind tunnel and dust collector developed to evaluate the erodibility of field surface. Agron. J. 43: 189-191.