

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PHÁT TRIỂN NÔNG THÔN

VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM

TRẦN MINH CHÍNH

**NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH MÔ HÌNH ĐỊNH LƯỢNG
XÓI MÒN ĐẤT THÍCH HỢP CHO HỆ THỐNG CÁN
TÁC NÔNG NGHIỆP ĐIỂN HÌNH TRÊN ĐẤT ĐỐC**

LUẬN ÁN TIẾN SỸ KỸ THUẬT

CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT TÀI NGUYÊN NƯỚC

HÀ NỘI, NĂM 2021

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PHÁT TRIỂN NÔNG THÔN

VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM

TRẦN MINH CHÍNH

**NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH MÔ HÌNH ĐỊNH LƯỢNG
XÓI MÒN ĐẤT THÍCH HỢP CHO HỆ THỐNG CANH
TÁC NÔNG NGHIỆP ĐIỂN HÌNH TRÊN ĐẤT ĐỐC**

Chuyên ngành: Kỹ thuật Tài nguyên nước

Mã số: 9 58 02 12

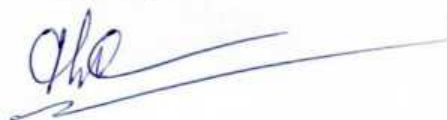
CÁN BỘ HƯỚNG DẪN KHOA HỌC
PGS.TS: NGUYỄN TRỌNG HÀ

HÀ NỘI, NĂM 2021

LỜI CAM ĐOAN

Tôi là Trần Minh Chính, xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi. Các nội dung và kết quả nghiên cứu trong luận án là trung thực và chưa được ai công bố trong bất kỳ công trình khoa học nào. Những số liệu trong các bảng biểu phục vụ cho việc phân tích, nhận xét, đánh giá được chính tác giả thu thập từ các nguồn khác nhau có ghi rõ trong phần tài liệu tham khảo. Nếu phát hiện có bất kỳ sự gian lận nào tôi xin hoàn toàn chịu trách nhiệm về nội dung luận án của mình

TÁC GIẢ



Trần Minh Chính

LỜI CẢM ƠN

Trước hết, Tác giả xin chân thành cảm ơn sự giúp đỡ quý báu của Cơ sở Đào tạo - Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam đã tạo mọi điều kiện thuận lợi cho tác giả thực hiện luận án này. Tác giả cũng xin gửi lời cảm ơn đến tập thể các nhà Khoa học trong các lĩnh vực: Thủy lợi, Nông nghiệp, Thổ nhưỡng... Trong suốt thời gian từ khi bắt đầu nghiên cứu luận án đến nay, tác giả đã nhận được rất nhiều sự quan tâm, giúp đỡ từ các nhà Khoa học

Tác giả xin gửi lời cảm ơn PGS.TS. Nguyễn Trọng Hà đã hướng dẫn chuyên môn và hỗ trợ tôi rất nhiều trong suốt quá trình nghiên cứu.

Tác giả xin gửi lời cảm ơn đến bạn bè, đồng nghiệp đã giúp đỡ, tạo mọi điều kiện thuận lợi cho tác giả trong suốt thời gian học tập, nghiên cứu và thực hiện luận án.

Tác giả xin bày tỏ sự biết ơn sâu sắc tới gia đình bố, mẹ, vợ và các con đã luôn sát cánh, động viên, giúp đỡ để tác giả có động lực và thời gian hoàn thành luận án này.

TÁC GIẢ



Trần Minh Chính

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT.....	viii
MỞ ĐẦU	1
1. Lý do lựa chọn đề tài	1
2. Mục tiêu nghiên cứu của đề tài	3
3. Nội dung nghiên cứu.....	3
4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu	4
5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án.....	4
6. Những đóng góp mới của luận án.....	5
7. Cấu trúc của luận án	5
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN CÁC VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU	6
1.1. Xói mòn đất và các nhân tố ảnh hưởng đến xói mòn đất	6
1.2. Xói mòn là tác nhân hạn chế sản xuất nông nghiệp bền vững trên đất dốc	12
1.3. Nghiên cứu xói mòn trên thế giới.....	14
1.4. Nghiên cứu xói mòn ở Việt Nam.....	17
1.5. Các phương pháp nghiên cứu định lượng xói mòn đất	24
1.6 Kết luận Chương 1:.....	46
CHƯƠNG 2: NỘI DUNG, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU.....	48
2.1. Nội dung nghiên cứu.....	48
2.2. Cơ sở lý thuyết của các vấn đề nghiên cứu	48
2.3. Cách tiếp cận nghiên cứu.....	50
2.4. Phương pháp nghiên cứu	50
CHƯƠNG 3: KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN.....	56
3.1. Hiệu chỉnh hệ số xói mòn do cây trồng (C).....	56
3.2. Kiểm định hệ số xói mòn do cây trồng hiệu chỉnh (C_h) và đề xuất áp dụng	82
3.3. Kết luận Chương 3:.....	100
KẾT LUẬN – KIẾN NGHỊ	102
1. Kết luận.....	102
2. Kiến nghị.....	103
TÀI LIỆU THAM KHẢO	104

DANH MỤC CÔNG TRÌNH CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ.....	111
PHỤ LỤC TÍNH TOÁN	112
Phụ lục 1: Tổng hợp các các nghiên xói mòn sử dụng mô hình phương trình mất đất phổ dụng.....	113
Phụ lục 2: Vị trí khu vực thí nghiệm và bố trí các ô quan trắc tại Bản Bát, Tân Minh, Đà Bắc, Hòa Bình	118
Phụ lục 3: Vị trí khu vực thí nghiệm và bố trí các ô quan trắc tại TX Vĩnh Yên, Vĩnh Phúc	119
Phụ lục 4: Vị trí khu vực thí nghiệm và bố trí các ô quan trắc tại Hòa Sơn, Lương Sơn, Hòa Bình.....	120
Phụ lục 5: Vị trí khu vực thí nghiệm và bố trí các ô quan trắc tại Thụy An, Bà Vĩ, Hà Nội.....	121
Phụ lục 6: Một số hình ảnh trong thời gian thực hiện luận án.....	122
Phụ lục 7: Các thông số đo tại các ô quan trắc thực địa	124
Phụ lục 8: Kết quả tính toán các thông số đầu vào và lượng đất mất theo mô hình MMF 169	

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 1.1: Phân loại tính xói mòn đất theo FAO – UNESCO (1976) [44].	12
Bảng 1.2: Giá trị hệ số K dựa vào thành phần cơ giới và hàm lượng hữu cơ đất (Stewart và nnk. 1975 [61])	31
Bảng 1.3: Tính chỉ số xói mòn K của một số loại đất đồi núi Việt Nam (Nguyễn Trọng Hà, 1996 [6])	32
Bảng 1.4: Giá trị LS theo chiều dài sườn dốc và độ dốc	34
Bảng 1.5: Hệ số cây trồng C (Hội Khoa học Đất quốc tế).	35
Bảng 1.6: Hệ số C được xác định từ thực nghiệm cho từng cây trồng được tổng hợp từ nhiều nguồn khác nhau.	36
Bảng 1.7: Ví dụ về quan hệ giữa hệ số C và kỹ thuật canh tác, năng suất cây trồng theo Morgan (2005) [67] và David (1988) [35].	37
Bảng 1.8: Hệ số C theo các loại cây trồng theo Stone và Hilborn, 2000 [80]	37
Bảng 1.9: Hệ số kỹ thuật canh tác hiệu chỉnh hệ số C của Stone và Hilborn, 2000 [80]	37
Bảng 1.10: Hệ số C tính toán chỉ số thực vật (NDVI) các tác giả khác nhau.	39
Bảng 1.11: Xác định hệ số P theo biện pháp quản lý đất (David, 1988 [35])	40
Bảng 1.12: Các số liệu đầu vào của phương pháp Morgan- Morgan và Finney để dự báo lượng đất mất [68].	43
Bảng 1.13: Những hàm điều khiển của phương pháp Morgan - Morgan và Finney để dự báo lượng đất mất.	45
Bảng 2.1: Thông tin các ô quan trắc dùng để kiểm định	53
Bảng 3.1: Hiện trạng sử dụng đất nông nghiệp vùng trung du miền núi phía Bắc.	59
Bảng 3.2: Các hệ thống cây trồng chính khu vực đồi núi phía Bắc.	62
Bảng 3.3: Kết quả xác định hệ số xói mòn do mưa R dựa vào lượng mưa năm của các điểm quan trắc.	66
Bảng 3.4: Kết quả xác định hệ số K tại các ô quan trắc xói mòn	68
Bảng 3.5: Kết quả xác định hệ số L và hệ số LS tại các ô quan trắc xói mòn tại 5 điểm nghiên cứu	69
Bảng 3.6: Kết quả xác định hệ số P tại các ô quan trắc xói mòn đất	71
Bảng 3.7: Kết quả xác định hệ số C_h dựa vào các thông số đo và tính toán tại các ô quan trắc xói mòn.	73
Bảng 3.8: Xác định hệ số hiệu chỉnh các biện pháp kỹ thuật (D) để hiệu chỉnh hệ số C	78
Bảng 3.9: Hệ số D cho các hệ thống cây trồng khác nhau áp dụng cho vùng đồi núi phía Bắc Việt Nam	81

Bảng 3.10: Kết quả xác định các hệ số xói mòn đất và tính toán xói mòn đất theo mô hình mất đất phổ dụng theo hệ số C của hội KHD Quốc tế và theo hiệu chỉnh của nghiên cứu này.....	83
Bảng 3.11: Các thông số đầu vào của mô hình MMF.....	87
Bảng 3.12: Các giá trị hướng dẫn của thổ nhưỡng cho MMF (Morgan 2000; Morgan và Duzant 2007) [81]	89
Bảng 3.13: Các giá trị liên quan đến thảm phủ thực vật.....	89
Bảng 3.14: Kết quả tính toán một số thông số chính và lượng đất mất J, G theo hệ số C thông thường và hệ số C hiệu chỉnh	92
Bảng 3.15: Kết quả tính toán các hệ số và lượng đất mất theo mô hình USLE và mô hình MMF	96

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1.1: Xói mòn là hệ quả của mưa tác động lên đất	10
Hình 1.2: Mối quan hệ giữa hàm lượng phù sa trung bình năm của các con sông và tính xâm kích của mưa (Fournier, 1960 [46])	27
Hình 1.3: Sơ đồ khối của phương pháp Morgan, Morgan và Finney dự báo xói mòn đất (Morgan và nnk, 2008) [68].	44
Hình 2.1: Thiết kế ô thí nghiệm quan trắc xói mòn đất tại điểm ở Cò Nòi, Mai Sơn, Sơn La.	51
Hình 2.2: Vị trí các điểm thiết lập ô quan trắc xói mòn đất.....	52
Hình 3.1: Đặc trưng bố trí các cây trồng theo đặc điểm địa hình, nguồn nước ở vùng núi phía Bắc Việt Nam	58
Hình 3.2: So sánh tỷ trọng (cơ cấu) cây trồng của vùng nghiên cứu so với cả nước ...	60
Hình 3.3: Phân bố độ che phủ tán cây và lượng mưa theo tháng tại các ô quan trắc xói mòn đất.....	63
Hình 3.4: Sơ đồ cách tiếp cận kiểm định hệ số C đối với một ô quan trắc.....	65
Hình 3.5: Khoảng cách bố trí trồng xem để xác định độ che phủ đối với loại hình trồng xen.....	77
Hình 3.6: Đồ thị biểu diễn lượng đất mất đo tại các ô thực tế và kết quả tính toán lượng đất mất theo mô hình USLE thông thường và hiệu chỉnh hệ số C của nghiên cứu này	86
Hình 3.7: Đồ thị biểu diễn lượng đất mất tính theo lượng đất tách ra (J) và vận chuyển dòng chảy (G) thông thường và hiệu chỉnh và giá trị thực đo.....	91
Hình 3.8: So sánh kết quả dự báo của mô hình MMF và USLE hiệu chỉnh với lượng đất mất đo được	95
Hình 3.9: Độ dốc và lượng đất mất thực đo và dự báo bởi mô hình USLE và MMF	100

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

BCĐPCLBTW	Ban chỉ đạo phòng chống lũ bão Trung ương
CCTA	Ủy ban Hợp tác kỹ thuật Nam Sahara
BIS	Văn phòng Đất liên Phi
KHĐ	Khoa học Đất
MMF	Mô hình xói mòn đất của Morgan (Morgan-Morgan-Finney)
NNK	Những người khác
OAU	UB Nghiên cứu Khoa học Kỹ thuật thuộc Tổ chức Thống nhất châu Phi
QHTKNN	Quy hoạch Thiết kế Nông nghiệp
SALT	Kỹ thuật canh tác nông nghiệp trên đất dốc (Sloping Agricultural Land Technology)
SARCCVS	Hội đồng Bảo vệ và Sử dụng Đất khu vực Nam Phi
USLE	Phương trình mất đất phổ dụng (The Universal Soil Loss Equation)
VAC	Vườn-Ao-Chuồng
VACR	Vườn-Ao-Chuồng-Rừng

MỞ ĐẦU

1. Lý do lựa chọn đề tài

Loài người đã quan tâm đến hiện tượng xói mòn đất từ rất sớm, ở thời Hy Lạp và La Mã cổ đại người ta đã đề cập đến hoạt động xói mòn đất tự nhiên cùng với các biện pháp bảo vệ đất, chống xói mòn đơn giản. Hoạt động xói mòn đất gia tăng không ngừng và trở thành một vấn nạn về môi trường như lũ lụt, hạn hán, thoái hóa đất... khi nhiều vùng đất tự nhiên bị khai thác cho các nhu cầu phát triển kinh tế xã hội và yêu cầu lương thực ngày càng gia tăng của loài người. Tác động của xói mòn tự nhiên là do 5 yếu tố chính: Khí hậu (chủ yếu là nhiệt độ, nước), thực vật; đá mẹ, địa hình và thời gian. Tuy nhiên, xói mòn tự nhiên diễn ra rất chậm chạp, liên tục, không ngừng và tạo nên diện mạo trái đất ngày nay. Để nhận biết tác động của xói mòn tự nhiên phải cần đến thời gian được tính bằng thế kỷ hoặc nhiều thế kỷ.

Diện tích đất đồi núi (*đất dốc*) của Việt Nam chiếm 3/4 đất tự nhiên, đây là những loại đất khó khai thác và sử dụng, đặc biệt là khai thác và sử dụng không gắn liền với duy trì và bảo vệ đất thì hiệu quả khai thác rất thấp, đặc biệt là khi đất bị bóc bỏ lớp thảm thực vật che phủ. Đa số đất có độ dốc $< 15^{\circ}$ (chiếm gần 22%) đang được sử dụng cho sản xuất nông nghiệp hoặc nông lâm nghiệp, thì các biện pháp bảo vệ đất chống xói mòn hầu như chưa được quan tâm đầy đủ, nên tốc độ thoái hóa đất của Việt Nam vào loại lớn ở khu vực Châu Á. Diện tích có độ dốc từ $15 \div 25^{\circ}$ chiếm trên 16%, còn lại là đất có độ dốc lớn hơn 25° chiếm trên 61% (Báo điện tử Nông nghiệp Việt Nam, 2013) [1]. Tuy nhiên, ở nhiều nơi đặc biệt là vùng núi phía Bắc Việt Nam, do không có đất sản xuất nên nông dân vẫn phải dựa vào đất canh tác có độ dốc lớn hơn 15° để kiếm kế sinh nhai. Với độ dốc như vậy, cộng với thói quen canh tác hỏa canh truyền thống thì xói mòn và rửa trôi đất gia tăng mạnh mẽ trong quá trình canh tác là khó tránh khỏi.

Trong nhiều năm qua, nghiên cứu hoạt động của xói mòn đất ở nước ta đã đạt được nhiều thành công đáng kể. Ở các quy mô cánh đồng, trên sườn dốc, tiểu

lưu vực, trong sông và ở các hồ chứa..., nhiều nghiên cứu thí nghiệm, thực nghiệm đã chỉ ra hiệu quả của việc áp dụng các kỹ thuật canh tác theo đường đồng mức, trồng xen canh, tăng cường sử dụng phân bón hữu cơ, hiệu ích của lớp che phủ thực vật, các công trình chỉnh trị sông, phòng chống trượt lở đất... có ý nghĩa quan trọng trong việc bảo vệ đất, chống xói mòn của các hệ thống canh tác nghiên cứu và thí nghiệm, bồi lắng hồ chứa và sạt lở bờ.

Tuy nhiên, các nghiên cứu kể trên mới dừng ở quy mô thí nghiệm, thực nghiệm hay khảo nghiệm các mô hình canh tác trên đất dốc. Việc xây dựng các mô hình thí nghiệm, cần rất nhiều công sức và chi phí lớn về tài chính, thời gian, không gian, trong khi đã có rất nhiều mô hình được triển khai đo đạc số liệu chính xác. Vì vậy việc sử dụng các mô hình đã có để kiểm định là bài toán tối ưu và hiệu quả nhất mà vẫn mang lại kết quả mong muốn.

Mô hình dự báo xói mòn đất được nghiên cứu và đề xuất cho phép xác định lượng đất bị xói mòn trên các mô hình thí nghiệm khác nhau. Mô hình là căn cứ để hoạch định chính sách, quy hoạch và phát triển sản xuất nông nghiệp bền vững trên đất dốc. Trong các mô hình dự báo, phương trình mất đất phổ dụng (USLE và bản điều chỉnh RUSLE) được sử dụng phổ biến từ năm 1965, ngoài ra còn có các mô hình như mô hình của Morgan (MMF) (Morgan và Duzant, 2008) [68], mô hình bồi lắng bùn cát Standford (Gregory và nnk, 1973) [47], các mô hình sử dụng ở Châu Âu như EPIC, EUROSEM, PESERA (Bahrawi và nnk, 2016) [25]. Các mô hình đều có những ưu điểm và hạn chế riêng và sử dụng đặc thù cho mỗi vùng. Do đó, để việc áp dụng các mô hình cho các vùng khác nhau, cần các dữ liệu phù hợp cho từng vùng và các thực nghiệm để hiệu chỉnh các thông số của mô hình (Benavidez và nnk, 2018) [26].

Các yếu tố để hiệu chỉnh xói mòn đất gồm có các yếu tố chính như lượng mưa, dòng chảy, điều kiện thổ nhưỡng, địa hình, thảm thực vật và các biện pháp kỹ thuật tác động vào đất. Trong những nhân tố đó, đã có các hệ số đã được đánh giá và hiệu chỉnh ở nước ta như hệ số xói mòn do đất, hệ số xói mòn do mưa. Hệ số địa hình mặc dù không có sự thay đổi cách tính với các vùng khác nhau nhưng đã được

nhiều tác giả đề xuất cho kết quả hiệu chỉnh chính xác hơn thông qua phiên bản mô hình mất đất phổ dụng hiệu chỉnh (RUSLE). Các nghiên cứu cũng đã chỉ ra hệ số xói mòn do cây trồng (C) được phát triển ở Hoa Kỳ để ước tính hệ số C không thể áp dụng cho các điều kiện nông nghiệp và khí hậu ở vùng nhiệt đới (Mulengera và nnk, 1999) [69]. Trong điều kiện canh tác vùng đồi núi phía Bắc nước ta thảm phủ thực vật thay đổi theo cơ cấu cây trồng do đó, hệ số cây trồng thay đổi, vì vậy việc chọn hệ số xói mòn do cây trồng (C) để hiệu chỉnh sẽ đưa ra cơ sở lý luận và thực tiễn để dự báo xói mòn phù hợp hơn cho vùng nghiên cứu.

Trước các yêu cầu thực tiễn đó, đề tài ***“Nghiên cứu xác định mô hình định lượng xói mòn đất thích hợp cho hệ thống canh tác nông nghiệp điển hình trên đất dốc”*** trong điều kiện Miền núi phía Bắc Việt Nam là rất cần thiết.

2. Mục tiêu nghiên cứu của đề tài

- Đánh giá các mô hình định lượng xói mòn đất, xác định nhân tố ảnh hưởng đến xói mòn đất và khả năng áp dụng trong điều kiện ở Việt Nam.
- Nghiên cứu đặc trưng của hệ thống canh tác nông nghiệp, phân bố độ che phủ mặt đất bởi cây trồng và phân bố lượng mưa để hiệu chỉnh hệ số xói mòn do cây trồng (C) phù hợp với hệ thống canh tác nông nghiệp điển hình trên đất dốc vùng đồi núi phía Bắc Việt Nam.
- Đánh giá và đề xuất mô hình dự báo xói mòn đất phù hợp với hệ thống canh tác nông nghiệp trên đất dốc vùng đồi núi phía Bắc Việt Nam.

3. Nội dung nghiên cứu

- Đánh giá lựa chọn hệ số xói mòn, trong đó tập trung vào hệ số xói mòn do cây trồng (C) phù hợp với hệ thống canh tác nông nghiệp điển hình trên đất dốc vùng đồi núi phía Bắc Việt Nam.
- Kiểm định hệ số xói mòn do thực vật hiệu chỉnh bằng các số liệu đo đạc và kế thừa từ các ô quan trắc xói mòn tại khu vực đồi núi phía Bắc Việt Nam, bằng cách tính toán định lượng lượng đất mất theo lý thuyết so với đo đạc lượng đất mất tại mô hình thí nghiệm thực tế.

- Trên cơ sở kiểm định sẽ đề xuất mô hình thích hợp để áp dụng trong định lượng xói mòn đất áp dụng cho hệ thống canh tác nông nghiệp điển hình trên đất dốc miền núi phía Bắc Việt Nam.

4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- Đất dốc và các hệ thống canh tác nông nghiệp phổ biến trên một số loại đất chính vùng đồi núi phía Bắc Việt Nam.
- Mô hình canh tác nông nghiệp điển hình trên đất dốc khu vực miền núi phía Bắc gồm: Canh tác đơn canh, xen canh, luân canh và kết hợp luân canh và xen canh các cây trồng hàng năm như: lúa, ngô, lạc, các loại đỗ, khoai, sắn.
- Các mô hình định lượng xói mòn đất được sử dụng rộng rãi trên thế giới bao gồm: Mô hình phương trình mất đất phổ dụng (USLE), mô hình của Morgan (MMF) và một số mô hình khác.

5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án

Ý nghĩa khoa học:

Bằng việc tiến hành nghiên cứu áp dụng các mô hình định lượng xói mòn đất cho các hệ thống nông nghiệp trên đất dốc của thế giới trong điều kiện Việt Nam, sử dụng các nghiên cứu thí nghiệm, mô hình dự báo đã thực hiện ở Việt Nam để nghiên cứu và hiệu chỉnh mô hình từ đó lựa chọn và hoàn thiện mô hình dự báo xói mòn đất phù hợp cho vùng đồi núi phía Bắc của nước ta.

Đề xuất các phương pháp tính toán cụ thể để áp dụng mô hình một cách thích hợp cho mô hình canh tác nông nghiệp điển hình trên sườn dốc của miền núi phía Bắc của nước ta.

Hoàn thiện các phương pháp tính toán, các phương pháp xác định các tham số của mô hình định lượng xói mòn đất cho các mô hình canh tác nông nghiệp điển hình trên đất dốc, đưa ra các cơ sở khoa học của việc quản lý sản xuất nông nghiệp bền vững bằng biện pháp công trình, phi công trình hay kết hợp.

Ý nghĩa thực tiễn:

Đã đưa ra phương pháp hiệu chỉnh hệ số xói mòn do cây trồng C và mô hình dự báo xói mòn đất phù hợp cho vùng đồi núi phía Bắc nước ta.

Dự báo chính xác hơn so với cách áp dụng thông thường hiện nay. Việc dự báo lượng đất mất do xói mòn và phân tích các yếu tố tác động lên xói mòn đất tại các điểm thí nghiệm xói mòn đất sẽ là cơ sở để đưa ra kỹ thuật canh tác, làm đất phù hợp nhằm giảm thiểu xói mòn đất.

6. Những đóng góp mới của luận án

- Đã hiệu chỉnh hệ số xói mòn do cây trồng (C) dựa trên phân bố độ che phủ cây trồng, lượng mưa và kỹ thuật tác động vào đất phù hợp với điều kiện canh tác khu vực đồi núi phía Bắc nước ta.
- Đã kiểm định các mô hình dự báo xói mòn và hệ số xói mòn do cây trồng (C) thông thường và hiệu chỉnh, dựa vào kết quả kiểm định đã đưa ra mô hình dự báo xói mòn đất phù hợp cho vùng đồi núi phía Bắc Việt Nam.

7. Cấu trúc của luận án

Ngoài phần mở đầu, kết luận và thảo luận, tài liệu tham khảo luận án được bố cục trong 3 chương, bao gồm:

Chương 1: Tổng quan các vấn đề nghiên cứu.

Chương 2: Nội dung, phương pháp nghiên cứu.

Chương 3: Kết quả nghiên cứu và thảo luận.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN CÁC VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

1.1. Xói mòn đất và các nhân tố ảnh hưởng đến xói mòn đất

Có nhiều định nghĩa về xói mòn đất, trong luận án sử dụng định nghĩa của tác giả Nguyễn Quang Mỹ (2005) [9]: Xói mòn đất (Soil Erosion) là quá trình phá hủy lớp thổ nhưỡng (bao gồm phá hủy các thành phần cơ, lý, hóa, chất dinh dưỡng v.v... của đất) dưới tác động của các nhân tố tự nhiên và nhân sinh, làm giảm độ phì của đất, gây ra bạc màu, thoái hóa đất, laterit hóa, trơ sỏi đá... ảnh hưởng trực tiếp đến sự sống và phát triển của thảm thực vật rừng, thảm cây trồng khác. Xói mòn do nước gồm 2 loại:

Xói mòn bề mặt: Là loại xói mòn do mưa và băng tuyết tan. Kiểu xói mòn này thường gặp trên sườn và đỉnh phân thủy cũng như ở trên các lưu vực thu nước.

Xói mòn theo dòng: Là kiểu xâm thực, xói mòn tập trung trong các dải trũng như các rãnh sâu, thung lũng, sông suối. Xâm thực theo dòng chia làm 2 loại là xâm thực sâu và xâm thực ngang.

Nghiên cứu của N. Hudson (1981) [7] cho thấy, thông thường cần phải loại trừ hiện tượng phá hủy dần dần đất và đảm bảo việc sử dụng đất dài lâu bằng cách bảo vệ đất. Để làm được việc này, nhịp điệu hao tổn đất không được vượt quá nhịp điệu hình thành đất.

Cường độ hình thành đất không thể đo được một cách chính xác, song theo số liệu của các chuyên gia thổ nhưỡng, trong điều kiện tự nhiên cần khoảng 400 năm để hình thành lớp đất dày 20 cm có khả năng canh tác. Khi canh tác đất diễn ra hiện tượng nhào trộn làm thông thoáng và rửa xói đất, nhờ đó thời hạn hình thành đất rút ngắn lại trong khoảng 30 năm tương đương với 1,8 tấn/ha trong một năm. Người ta thường thừa nhận đại lượng này làm đại lượng xói mòn đất cho phép.

Lượng đất mất đi có thể chấp nhận được phụ thuộc vào loại đất. Nếu lớp đất mùn khá dày và có độ phì đồng đều như nhau trên toàn bộ mặt cắt, thì sự mất đi một lớp dày 25 mm trong 30 năm ít nguy hiểm hơn so với sự mất đi cũng như vậy của

một lớp đất chỉ có độ dày vài cm và nằm trên đá gốc. Những con số kiểm tra lượng đất mất đi ít khi vượt quá 2 tấn/ha trong một năm. Ở Mỹ lượng đất mất đi thường là từ 0,4 đến 1,8 tấn/ha trong một năm. Ở vùng trung tâm Châu Phi, đối với đất cát người ta chấp thuận con số 1,5 tấn/ha, còn đối với đất bùn 1,8 tấn/ha (Hudson, 1981) [7].

1.1.1. Ảnh hưởng của các nhân tố khí hậu đến xói mòn đất

Xói mòn trên sườn dốc chủ yếu do tác động của giọt mưa và dòng chảy bề mặt gây ra. Dễ dàng nhận thấy xói mòn chịu tác động của các yếu tố khí hậu như là: Tổng lượng mưa và tính chất của mưa, thời gian và cường độ mưa... Thời gian mưa càng lớn, cường độ mưa càng cao thì quá trình xói mòn càng xảy ra mạnh khi bề mặt đất bị cày sới hay đốt bỏ lớp phủ thực vật.

Ellison, 1947 [42] giải thích vai trò xói mòn của mưa và dòng chảy trên mặt bằng cách chia quá trình xói mòn ra làm 3 pha: Tách các hạt đất ra khỏi khối đất; di chuyển các hạt đất và cuối cùng là lắng đọng chúng. Như vậy, tác động chủ yếu của các hạt mưa là ở chỗ tách các hạt đất, trong khi tác động chủ yếu dòng chảy trên mặt là di chuyển các hạt đất. Qua đó có thể thấy rõ ràng là trong một trận mưa lớn, tác động đầu tiên của hạt mưa (tác động tách của hạt đất) biểu hiện ở mức cao nhất. Điều này có thể được kiểm chứng bằng thí nghiệm đơn giản dưới đây tiến hành trên cánh đồng.

Theo Ellison, tác động chủ yếu của các hạt mưa là ở chỗ tách các hạt đất, trong khi tác động chủ yếu của dòng chảy trên mặt là di chuyển các hạt đất. Điều này đã chỉ ra rằng nguyên nhân chủ yếu dẫn đến xói mòn mất đất của hệ thống canh tác trên đất dốc chủ yếu do tác động hạt mưa gây nên. Kết quả thí nghiệm xói mòn của Ellison được xem là minh chứng thuyết phục nhằm chấm dứt thời kỳ đấu tranh vô vọng với hoạt động xói mòn trên đất dốc và hướng tới những giải pháp tích cực trong bảo vệ đất, chống xói mòn.

Nhiều kết quả nghiên cứu cho thấy sự xuất hiện của xói mòn phụ thuộc rất nhiều vào lớp nước trong một đợt mưa và lượng mưa trung bình tháng, năm. Kết quả nghiên cứu của Nguyễn Quang Mỹ (2005) [9] về xói mòn đất trên diện tích

trồng cà phê 3 năm tuổi có lớp nước mặt là 754 mm gây xói mòn là 44,0 tấn/ha, khi lớp nước mặt tăng lên 2.501 mm đã gây xói mòn là 213 tấn/ha. Như vậy, trong điều kiện như nhau, khi dòng chảy mặt tăng 4 lần sẽ làm tăng rửa trôi đất từ 5 lần.

Cường độ mưa gây ảnh hưởng mạnh nhất đến dòng chảy mặt và xói mòn đất. Với trận mưa 10 mm với cường độ trung bình trong khoảng thời gian dưới 1 giờ, xói mòn đất xảy ra mạnh nhất khi lớp nước đọng từ 8-10 mm và đặc biệt trên đất bỏ hoang. Ảnh hưởng của cường độ mưa đến xói mòn càng mạnh nếu cường độ đạt cực đại xảy ra vào nửa giờ đầu của trận mưa.

Ở Việt Nam nói chung, mưa phân hóa theo mùa rõ rệt. Lượng mưa cực đại vào các tháng mùa hè và cực tiểu trong những tháng mùa đông (Lê Bá Thảo, 2009) [15]. Vì vậy, việc bảo vệ đất, chống xói mòn cần đặc biệt chú trọng trong thời kỳ mùa mưa là vô cùng cần thiết (Nguyễn Tử Phiên, 1999) [14].

Ngoài mưa ảnh hưởng trực tiếp đến xói mòn, các yếu tố khí hậu khác như gió, nhiệt độ, ẩm độ cũng có ảnh hưởng đến xói mòn đất, tuy nhiên mức độ ảnh hưởng không rõ ràng, có tính cục bộ.

1.1.2. Ảnh hưởng của địa hình đến xói mòn đất

Địa hình cũng là nhân tố tự nhiên ảnh hưởng lớn đến xói mòn đất. Nếu xét trên diện rộng, địa hình có tác dụng làm thay đổi sự phân bố nhiệt và lượng mưa rơi. Sự thay đổi về độ cao kéo theo sự thay đổi về nhiệt độ, mưa, ẩm. Các yếu tố địa hình như độ dốc, chiều dài sườn dốc, hình dạng (lồi, lõm, thẳng, bậc thang...) mức độ chia cắt ngang của địa hình ảnh hưởng trực tiếp đến xói mòn đất.

Độ dốc của sườn là yếu tố địa hình có ảnh hưởng lớn nhất đến quá trình xói mòn đất trong tương quan của xói mòn và tác động của địa hình. Độ dốc địa hình lớn làm tăng cường độ xói mòn mặt và xói mòn rãnh. Do đó, đẩy nhanh quá trình mất đất do xói mòn và dẫn đến xói mòn đất mạnh hơn. Trong nghiên cứu xói mòn thì yếu tố địa hình được nghiên cứu nhiều nhất, do mối tương quan giữa xói mòn và yếu tố địa hình dễ được nhận biết.

Theo TCVN 9487 : 2012 đề xuất độ dốc trên lãnh thổ Việt Nam gồm: $0 \div 3^0$; $3 \div 8^0$; $8 \div 15^0$; $15 \div 20^0$; $20 \div 25^0$; $25 \div 30^0$; $30 \div 35^0$ và trên 35^0 . Khi độ dốc địa hình

lớn hơn 25° thì không được phép canh tác nông nghiệp, điều này để hướng đến giảm thiểu đất canh tác có thể chuyển thành đất trống đồi núi trọc do xói mòn đất gây nên. Tuy chưa được hoàn thiện nhưng đây cũng là bước thống nhất đầu tiên để sử dụng độ dốc một cách bền vững ở nước ta (Nguyễn Tử Siêm và Thái Phiên, 1999) [14].

Kết quả nghiên cứu của Nguyễn Quang Mỹ (1983) [10] về ảnh hưởng của độ dốc đến xói mòn đất tại Tây Nguyên từ năm 1978 đến 1982 trên đất bazan, trồng chè một tuổi cho thấy: trên độ dốc sườn dốc là 3° lượng đất xói mòn ở cấp độ xói mòn mạnh (96 tấn/ha/năm), khi độ dốc địa hình tăng lên 15° thì lượng đất xói mòn ở cấp độ xói mòn nguy hiểm (305 tấn/ha/năm). Tác giả đã nghiên cứu ảnh hưởng của độ dốc đến xói mòn đất tại Phú Thọ từ năm 1982 đến 1986 trên đất phù sa cổ, trồng sắn, kết quả nghiên cứu cho thấy: trên độ dốc sườn dốc là 3° lượng đất xói mòn ở cấp độ xói mòn từ trung bình đến mạnh (15 tấn/ha/năm), khi độ dốc địa hình tăng lên 22° thì lượng đất xói mòn ở cấp độ xói mòn rất mạnh (147 tấn/ha/năm). Ta có thể thấy khi độ dốc tăng lên 7,3 lần thì mức độ xói mòn tăng 9,8 lần, như thế độ dốc càng tăng, mức độ xói mòn càng tăng lên rất mạnh.

Chiều dài sườn dốc cũng là nhân tố ảnh hưởng đến quá trình xói mòn đất. Chiều dài sườn càng tăng, khối lượng nước càng lớn, lớp nước càng dày, tốc độ và năng lượng dòng chảy càng lớn thì quá trình rửa trôi, xói mòn đất càng xảy ra mạnh. Nếu tăng chiều dài sườn dốc lên 2 lần thì xói mòn đất tăng từ 2 đến 7,5 lần Nguyễn Quang Mỹ (1983) [10].

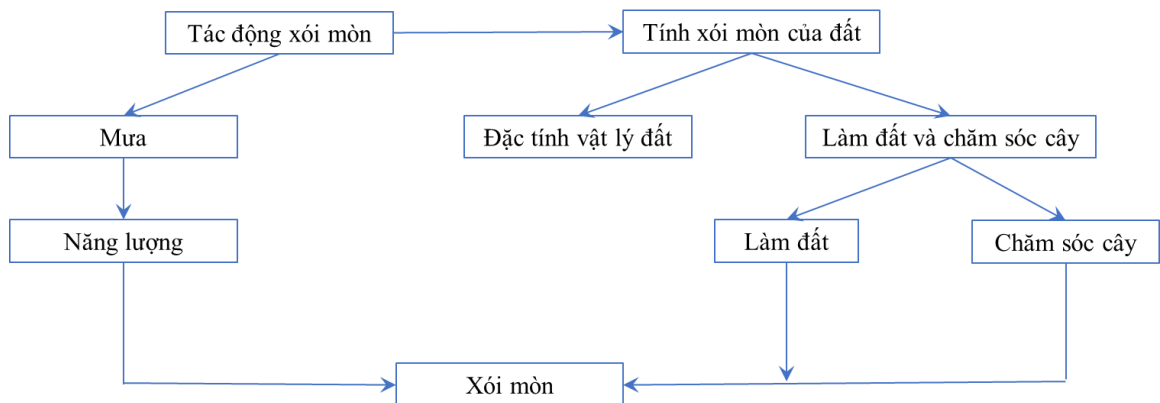
1.1.3. Ảnh hưởng của lớp phủ thực vật đến xói mòn đất

Lớp phủ thực vật có ảnh hưởng lớn đến quá trình xói mòn đất, nếu lớp phủ thực vật càng tăng thì quá trình xói mòn càng giảm. Vai trò chống xói mòn của lớp phủ thực vật phụ thuộc vào tuổi và độ che phủ của nó. Thực vật có khả năng bảo vệ đất chống xói mòn qua việc làm giảm ảnh hưởng của hạt mưa xuống mặt đất bởi tán lá và làm cho nước có khả năng chảy xuống đến $50 \div 60\%$ theo chiều thẳng đứng của bộ rễ. Không những thế, vật rơi rụng của thực vật như cành khô, lá rụng... còn tạo ra lượng mùn lớn trong đất, giữ đất tơi xốp, chống xói mòn.

Con người ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình xói mòn đất thông qua hoạt động sống. Việc phá rừng đã gián tiếp đẩy mạnh quá trình xói mòn đất. Những diện tích rừng mất đi làm lộ ra những khoảng trống không có thảm thực vật che phủ đất. Khi mưa xuống quá trình xói mòn bề mặt xảy ra mạnh. Canh tác trên đất dốc không khoa học, du canh du cư cũng là những tác nhân gia tăng xói mòn đất. Trên độ dốc nhỏ hơn 3^0 đã bắt đầu xảy ra xói mòn khi có mưa to. Từ độ dốc 3^0 trở lên, tùy vào yếu tố đất đai, thực vật, lượng mưa...mà quá trình xói mòn xảy ra mạnh hay yếu. Số liệu của lâm trường Cầu Hai (Phú Thọ) cho thấy tại rừng phủ kín lượng đất chỉ trôi đi 1 tấn/ha/năm trong khi tại các nương sản lại mất 147 tấn/ha/năm (Nguyễn Quang Mỹ, 2005) [9]. Rõ ràng biện pháp canh tác không hợp lý đã gây tác hại lớn, ảnh hưởng xấu đến quá trình xói mòn đất.

1.1.4. Ảnh hưởng của loại đất đến quá trình xói mòn đất

Quá trình xói mòn đất bị ảnh hưởng bởi hai nhóm yếu tố: (i) nhóm thứ nhất bao gồm các yếu tố tác động xói mòn; và (ii) nhóm thứ hai bao gồm các yếu tố về tính xói mòn của đất như trình bày trong hình 1.1 dưới đây.



Hình 1.1: Xói mòn là hệ quả của mưa tác động lên đất

Đối với nhóm thứ nhất: Đất là đối tượng bị mưa và dòng chảy mặt phá hủy, bởi vậy sự phát triển của xói mòn phụ thuộc vào tính chất và trạng thái của đất. Những yếu tố chính của đất ảnh hưởng đến xói mòn đất là thành phần cơ giới, cấu trúc và độ thấm nước cũng như hàm lượng mùn trong đất. Những yếu tố đó ảnh hưởng đến khả năng hình thành dòng chảy khi mưa rào.

Đối với nhóm thứ hai: Tính xói mòn của đất là đại lượng nghịch đảo với khả năng kháng xói của đất. Đất có tính xói mòn cao dễ bị xói mòn hơn so với đất có tính xói mòn thấp với cùng một cường độ mưa như nhau. Tính xói mòn của đất phản ánh một thực tế là với những điều kiện cân bằng như nhau thì sự xói mòn của các loại đất khác nhau diễn ra với tốc độ khác nhau. Việc xác định tính xói mòn của đất là rất phức tạp, nó phụ thuộc vào những đặc tính quan trọng nhất của đất và nhóm những biện pháp làm đất. Tác dụng của nhóm nhân tố thứ hai đáng kể hơn và việc định lượng cũng phức tạp hơn.

Nhiều tác giả nghiên cứu sự quan hệ của nhóm thứ nhất với tính xói mòn đất. Nghiên cứu của Bougoucos (1935) [30] giả thiết tính xói mòn của đất tỷ lệ với tỷ số $\frac{\%Ca't + \%Bui}{\%Se't}$

Ở Nga, Ấn Độ, Nhật, Pháp người ta xác định tính xói mòn của đất dựa trên cơ sở phân tích cơ sở phân tích cơ học, đo tính ổn định của các hạt kết khi ngâm trong nước và cho dòng chảy chảy qua...

Tất cả những tính chất vật lý quan trọng nhất của đất đều đã được tiến hành nhưng không đem lại những kết quả mong đợi. Nguyên do là những thí nghiệm đều mang tính nhân tạo, chúng được tiến hành trên những mẫu mà khi chọn mẫu thì chính những tính chất cần đo lại có thể bị phá mất.

Bằng phương pháp áp dụng mưa nhân tạo để tiến hành thí nghiệm ngoài hiện trường nhằm xác định tính xói mòn của đất ở trạng thái nguyên dạng, người ta thu được những kết quả tốt. Ở Mỹ tiến hành thí nghiệm đo xói mòn đất từ những điều kiện chuẩn: Ô ruộng dài 72,6 feet = 22,13 m; rộng b = 6 feet = 1,83 m; diện tích ô ruộng 40,5 m², độ dốc 9% (5,14⁰). Làm đất theo lối bỏ hóa cách năm và cày dọc theo sườn dốc.

Tính xói mòn đất của từng loại đất K có thể được xác định theo công thức:

$$A = R \cdot K$$

Trong đó:

A: lượng đất bị xói mòn.

R: chỉ số xói mòn mưa (tính theo phương pháp EI₃₀).

K: chỉ số về tính xói mòn đất.

Phương trình cho biết:

$K = 1$ khi $A = R$ lượng đất bị xói mòn bằng chỉ số xói mòn mưa.

$K = 0$ cho một giả thiết đất kháng xói hoàn toàn.

Giá trị K xác định bằng thí nghiệm cho giá trị điển hình như sau:

$K = 0,1$ cho những loại đất có khả năng kháng xói cao.

$K = 0,3$ cho đất tự nhiên có tính kháng xói trung bình.

$K = 0,5$ cho đất có tính kháng xói thấp.

Tổ chức FAO- UNESCO (1976) [44] tiến hành phân loại chỉ số tính xói mòn đất K như sau:

Bảng 1.1: Phân loại tính xói mòn đất theo FAO – UNESCO (1976) [44].

Phân loại tính xói mòn đất	Thấp	Trung bình	Cao
Loại kết cấu thô	0,1	0,2	0,4
Loại kết cấu trung bình	0,15	0,3	0,6
Loại kết cấu mịn	0,05	0,1	0,2

Bộ nông nghiệp Mỹ cho biết hệ số xói mòn đất K của 23 loại đất. Trong đó: $K = 0,03$ (á sét vón hòn) ÷ $0,69$ (đất á sét bùn).

Đo đạc trực tiếp K là khó khăn, đắt tiền và đòi hỏi thiết bị phức tạp. Mọi quan hệ giữa K và 15 tính chất của đất: Thành phần cơ giới, độ thấm nước của đất, khả năng phân tán và mức độ bốc hơi... đã được xác định. Tuy nhiên, phương trình đưa ra quá phức tạp, để ứng dụng rộng rãi Wischmeier và Smith, 1978 [86] đã đưa ra toán đồ 5 tham số để xác định tính xói mòn của đất.

1.2. Xói mòn là tác nhân hạn chế sản xuất nông nghiệp bền vững trên đất dốc

Các chuyên gia thổ nhưỡng trên thế giới đều thống nhất và cho rằng: nguyên nhân cơ bản làm thoái hóa đất nông nghiệp là do xói mòn đất, đặc biệt ở những vùng nhiệt đới chịu tác động mãnh liệt của xói mòn đất do nước và điều kiện địa hình có độ dốc cao.

1.2.1. Xói mòn làm mất đất canh tác

Intosh (1980) [48] cũng đã chỉ ra những nhân tố kiềm chế sự phát triển sản xuất hoa màu trên đất dốc. Đất dốc Đông Nam Á khác nhau rất nhiều về địa hình, độ phì tự nhiên, tính chất lý, hoá và sinh học. Sự mất độ phì nhanh chóng là biểu hiện rõ nhất, thường đất khai hoang đưa vào sản xuất sau 2 - 3 năm thì mất độ phì vốn có và mất khả năng sản xuất. Nguyên nhân là sau khi thảm thực vật bị phá bỏ, đất được cày bừa, xói xáo, chất hữu cơ bị oxy hoá nhanh và quá trình rửa trôi xảy ra mạnh. Trên đất dốc, đất có thành phần sét cao giữ được độ phì tốt hơn đất cát. Do đó, trong quá trình canh tác, việc bảo vệ độ phì và cải thiện độ phì bằng cách dùng phân chuồng, phân xanh và đặc biệt là sử dụng cây họ đậu để cải thiện tính chất đất là yếu tố quan trọng quyết định đến năng suất cây trồng.

Các nghiên cứu thí nghiệm đo đặc lượng đất bị xói mòn cho thấy trên đất có độ dốc lớn hơn 25^0 thì lượng đất xói mòn bình quân là 200 tấn/ha/năm.

Trên đất trồng cây lương thực và cây hàng năm nếu không có bất kỳ biện pháp chống xói mòn nào lượng đất bị xói mòn đo được là 70 tấn/ha/năm đến 100 tấn/ha/năm (Hudson, 1981) [7].

Những nghiên cứu về tiền đề lịch sử của xói mòn đất đã chỉ ra rằng gần như ở khắp mọi nơi, xói mòn đang đe dọa sự phồn vinh và ở một loạt khu vực đe dọa sự tồn tại của con người. Sự hao hụt khủng khiếp của tài nguyên đất do hoạt động xói mòn ở khắp mọi nơi đã được Jacks và Whyte (1938) [49] mô tả chi tiết trong các công trình nghiên cứu. Những kết luận của các tác giả đã được khẳng định trong nhiều công trình nghiên cứu sau này. Năm 1934, ở Mỹ đã tiến hành khảo sát chi tiết 167 triệu ha đất cày, kết quả cho thấy gần 75% diện tích đất bị phá hoại nghiêm trọng.

Các kết quả nghiên cứu của Liên Xô (cũ) được phát hành vào thập niên 80 của thế kỷ trước cũng đã chỉ ra rằng ở miền Tây Liên Xô 50 triệu ha đất đã bị xói mòn, trong đó gần 10 triệu ha bị xói mòn mạnh (*mùa màng bị thiệt hại 70-80%*). Hàng năm, xói mòn phá hoại và làm mất độ phì nhiêu của khoảng 1.000 đến 5.000

ha đất canh tác, lượng đất bị xói mòn khoảng 535 triệu tấn đất (Nguyễn Quang Mỹ, 2005) [9].

Theo đánh giá của tổ chức SIDA (1970) [51], thiệt hại kinh tế do xói mòn gây ra ở Kenya lớn hơn tổng thu nhập quốc dân ở nước này. Theo Dendy (1982) [37], nếu cứ tiếp tục cường độ bồi lắng như hiện nay thì trong vòng 30 năm sẽ có khoảng 20% hồ chứa trên thế giới sẽ bị bồi lấp một nửa. Các cuộc khảo sát mới đây của các quốc gia có nền nông nghiệp phát triển cũng thu được các kết quả tương tự.

1.2.2. Xói mòn làm mất dinh dưỡng đất

Ở nước ta xói mòn là hiện tượng xảy ra thường xuyên và kéo dài nên đã làm cho tầng đất canh tác trên đất dốc bị bào mòn đáng kể. Trong 4 nhóm đất hình thành tại chỗ với diện tích 21,5 triệu ha thì có tới 65% diện tích có tầng dày nhỏ hơn 100 cm. Riêng diện tích đất có tầng dày nhỏ hơn 50 cm và đất xói mòn tro xói đá cũng đã chiếm tới 7,3 triệu ha, chiếm tới 22,1% tổng diện tích đất tự nhiên.

Nếu trung bình hàng năm 1 ha bị mất 10 tấn đất, thì lượng dinh dưỡng đa lượng mất đi của 20 triệu ha đất dốc tương đương 634.000 tấn đến 1.505.000 tấn urê; 278.000 tấn - 3.967.000 tấn supe lân và 200.000 tấn đến 610.000 tấn clorua kali, ước tính 6.445 tỉ đồng, đó là chưa kể đến lượng tổn thất chất hữu cơ và các nguyên tố vi lượng khác (Nguyễn Trọng Hà, 1996) [6].

Do xói mòn rửa trôi nhiều nên đất bị thoái hoá mạnh về cấu trúc làm giảm sức chứa ẩm đồng ruộng, tốc độ thấm nước kém, do vậy rất nhanh đạt đến độ ẩm cây héo làm cho chu kỳ tưới phải rút ngắn lại, số lần tưới tăng lên. Chất hữu cơ bị rửa trôi làm độ chặt của đất tăng ảnh hưởng tiêu cực đến hoạt động bộ rễ.

1.3. Nghiên cứu xói mòn trên thế giới

Trên thế giới việc nghiên cứu xói mòn được nghiên cứu từ rất sớm, chủ yếu dựa trên 3 phương pháp nghiên cứu: (i) Thí nghiệm tại hiện trường; (ii) Thí nghiệm trong phòng; và (iii) Thí nghiệm kết hợp.

Trước khi quy hoạch các công trình bảo vệ đất, việc cần đánh giá và đưa ra được tốc độ xói mòn đất của vùng quy hoạch và tác động của biện pháp bảo vệ đến

tốc độ xói mòn như thế nào. Chính vì thế cần xây dựng một phương pháp dự báo lượng đất mất có thể áp dụng rộng rãi trong các điều kiện khác nhau.

Nhiều nghiên cứu về cơ chế xói mòn đất đạt được nhiều kết quả, tạo ra bước ngoặt về nghiên cứu xói mòn đất đã được nghiên cứu tại Mỹ. Những thực nghiệm đầu tiên nhằm xác định xói mòn đất về mặt định lượng được các tổ chức lâm nghiệp ở Mỹ tiến hành tại Bang Utah vào năm 1915. Ngay sau đó, Miller đã tiến hành những thực nghiệm ngoài thực địa ở Bang Missouri vào năm 1917 và công bố kết quả vào năm 1923 (dẫn theo Bennett, 1993) [27]. Tác giả Bennett (1993) [27] đã lập một mạng lưới gồm 10 trạm thực nghiệm chống xói mòn vào các năm 1928 đến 1933. Mười năm sau số trạm nghiên cứu được xây dựng lên tới 44 trạm, có chương trình nghiên cứu bằng biện pháp kỹ thuật và nghiên cứu chế độ dòng chảy từ các máng thu nước. Công trình nghiên cứu đầu tiên của Volni cho thấy nguyên nhân chủ yếu của xói mòn đất là hạt nước rơi. Công trình nghiên cứu đầu tiên theo hướng này đã được Bayer, Borot, Vudbern và Musgrave thực hiện trong những năm 30 của thế kỷ 20 (dẫn theo Zakharov, 1981 [24]). Những công trình nghiên cứu đầu tiên về mưa thiên nhiên đã được Laws tiến hành vào năm 1940, còn công trình nghiên cứu đầu tiên về tác động cơ học của hạt mưa vào đất thì được Ellison tiến hành vào năm 1944 (dẫn theo Zakharov, 1981 [24]). Mô tả các vấn đề nêu trên, Stalling (dẫn theo Hudson, 1981 [7]) viết: "Việc phát hiện ra rằng hạt mưa là nhân tố chính của xói mòn do nước đã kết thúc thời đại đấu tranh vô hiệu quả của con người chống lại xói mòn và lần đầu tiên gieo niềm hy vọng giải quyết được một cách có kết quả vấn đề xói mòn đất. Tác động của hạt mưa là một pha trong quá trình nước làm xói mòn đất mà trước đây không nhận ra".

Xói mòn đất được nghiên cứu rộng rãi ở mọi nơi trên thế giới. Tại châu Phi, đến năm 1971, đã có trên 12 nước có trạm nghiên cứu tại thực địa. Các nhà nghiên cứu về vấn đề này như Haillet (1929), Staplz (1923), Ủy ban Hợp tác kỹ thuật Nam Sahara (CCTA), Văn phòng Đất Liên Phi (BIS), Hội đồng Bảo vệ và Sử dụng Đất khu vực Nam Phi (SARCCVS), UB Nghiên cứu Khoa học Kỹ thuật thuộc Tổ chức Thống nhất châu Phi (OAU) (dẫn theo Zakharov, 1981 [24] và Hudson, 1981 [7]).

Một số công trình nghiên cứu xói mòn đất đã được tiến hành ở một số quốc gia tại các châu lục khác như Srilanca, Ấn Độ, Australia, Israel, Nhật Bản...

Các nhà khoa học của Liên Xô (cũ) và Bulgari cũng đã thu được nhiều kết quả nghiên cứu về xói mòn đất. Các thành tựu đạt được có ý nghĩa trên các mặt nghiên cứu lý thuyết về cơ chế tác động của các nhân tố ảnh hưởng đến xói mòn đất. Từ đó đã có nhiều phương pháp chẩn đoán đánh giá lượng đất bị rửa trôi, đề xuất được các biện pháp phòng chống và mức độ cần thiết phải áp dụng các biện pháp này ở từng điều kiện cụ thể. Các đóng góp về nghiên cứu này theo Nguyễn Quang Mỹ (2005) [9] có thể kể đến như: Sobolev (1961), Zakharov (1981), Eghiazarov (1963), Mirskhulava (1960), Biotrev (1974), Stanev (1979), Tranlop (1979,1986), Pokkov (1987), Makkaveep (1987) ...

Xói mòn đất đã được các nhà khoa học thế kỷ 20 nghiên cứu thực nghiệm và khái quát hóa thành công thức toán học như: phương trình xói mòn đất của Horton (1945), phương trình mất đất của Musgave (1947), phương trình phá hủy kết cấu hạt mưa của Ellison (Dẫn theo Ellison, 1958) [41]; phương trình xói mòn mặt Fleming (1981) [45]; phương trình mất đất phổ dụng USLE của Wischmeier và Smith (1978) [87]; xác định các tham số cho phương trình mất đất của M. Lafflen (1991) [56]; mô hình mô phỏng quá trình bồi lắng của Fleming và Fahmy (1973), mô hình xói mòn đất dốc của Foster và Meyer (1975) (dẫn theo Dickinson và Rudra, 1990 [38]).

Nghiên cứu xói mòn đất đã được phát triển mạnh mẽ trong những năm của thập kỷ 80 và 90. Sự phát triển này nhằm đáp ứng đòi hỏi cấp bách của việc bảo vệ môi trường sống, nâng cao năng suất và thu nhập từ ngành trồng trọt. Mặt khác, sự phát triển của sự nghiên cứu xói mòn đất có được là do đã ứng dụng các phương pháp mô hình, mô phỏng bằng toán học, đặc biệt có sự hỗ trợ đắc lực của công nghệ thông tin. Các biện pháp kỹ thuật chống xói mòn như đắp bờ, san đất tạo ruộng bậc thang, canh tác theo đường đồng mức, trồng cây theo băng, luân canh cây trồng, trồng đệm, che phủ giữ ẩm cho đất, các biện pháp công trình đã mang lại những kết quả giảm và chống xói mòn rõ rệt. Hệ thống nông lâm kết hợp và đa dạng hóa cây

trồng trên đất đồi núi đã được thử nghiệm và lan rộng khắp nơi bởi tính ưu việt về sử dụng đất bền vững và hiệu quả của hệ thống này.

Trên thế giới chủ yếu áp dụng mô hình USLE và các bản hiệu chỉnh để tính toán xói mòn, bao gồm sáu yếu tố: Hệ xói mòn do mưa (R), Hệ xói mòn của đất (K), hệ số độ dài sườn dốc (L), hệ số độ dốc (S), hệ số độ xói mòn do thực vật (C) và hệ số các biện pháp làm đất (P). Trong số các yếu tố này, hệ số xói mòn do thực vật (hệ số C) là một trong những yếu tố nhạy cảm nhất về mặt không gian địa lý do phụ thuộc vào tăng trưởng của thực vật (cây trồng, mùa vụ) và lượng mưa (Nearing và nnk, 2005 [70]).

Để đánh giá xói mòn đất, phương trình mất đất được sử dụng phổ biến từ năm 1965, ngoài phương trình mất đất phổ dụng (USLE và bản điều chỉnh RUSLE) còn có các mô hình đánh giá xói mòn đất khác như mô hình của Morgan (MMF) (Morgan và nnk, 2008) [68], mô hình bồi lắng bùn cát Standford (Gregory và nnk, 1973) [47], các mô hình sử dụng ở Châu Âu như mô hình EPIC, mô hình EUROSEM, PESERA (Bahrawi và nnk, 2016 [25]). Các mô hình đều có những ưu điểm và hạn chế riêng và sử dụng đặc thù cho mỗi vùng, ví dụ mô hình phương trình mất đất phổ dụng (USLE) (Wischmeier và Smith, 1978 [87] và phiên bản hiệu chỉnh của nó (RUSLE) (Renard nnk, 1997) [76] là các mô hình được sử dụng rộng rãi để ước tính, dự báo xói mòn đất do tính chất phổ dụng của nó nhưng mô hình này ban đầu được phát triển ở quy mô các ô đất nông nghiệp ở Hoa Kỳ. Do đó, việc áp dụng mô hình USLE và các bản hiệu chỉnh cho các vùng khác nhau, cần các dữ liệu phù hợp cho từng vùng và các thực nghiệm để hiệu chỉnh các thông số của mô hình (Benavidez và nnk, 2018) [26].

1.4. Nghiên cứu xói mòn ở Việt Nam

Tuy lịch sử nghiên cứu đất đai ở Việt Nam có từ hàng trăm năm nay nhưng công tác nghiên cứu về xói mòn đất mới có từ hơn 5 thập kỷ gần đây. Các công trình nghiên cứu xói mòn của nước ta được bắt đầu từ những năm 1960, đặc biệt là từ sau khi có Chỉ thị của Thủ tướng Chính phủ số 15/TTg ngày 11 tháng 1 năm

1964 về “*Chống xói mòn, giữ đất, giữ màu, giữ nước*” thì các công trình nghiên cứu xói mòn được xây dựng và phát triển rộng rãi ở các vùng trung du miền núi phía Bắc và khu vực miền Trung. Các phương pháp nghiên cứu xói mòn được áp dụng là phương pháp đóng cọc để quan trắc bề dày lớp đất mặt bị bào mòn, phương pháp đào hố hứng lượng đất mất, phương pháp xây ô thí nghiệm quan trắc lượng đất mất và lượng dòng chảy mặt. Theo Nguyễn Quang Mỹ (2005) [9], có thể chia quá trình nghiên cứu xói mòn đất ở Việt Nam thành 3 giai đoạn:

Giai đoạn trước năm 1954

Trong giai đoạn này, Việt Nam bị thực dân Pháp thống trị, hầu như không có công trình nào nghiên cứu về xói mòn đất. Tuy nhiên thực tế vẫn có hàng loạt các công trình chống xói mòn đất được xây dựng từ kinh nghiệm sản xuất của người nông dân như dựng các công trình trên đất dốc bằng gỗ chắn, xây dựng ruộng bậc thang của cộng đồng dân cư dân tộc H'Mông, Dao...ở vùng Đông Bắc và Tây Bắc Việt Nam.

Giai đoạn từ 1954-1975

Các nghiên cứu về xói mòn đất bắt đầu vào những năm 1960, thời kỳ miền Bắc xây dựng xã hội chủ nghĩa. Năm 1963, nghiên cứu xói mòn khu vực đã được tiến hành, một số nhà khoa học đứng đầu là Tôn Gia Huyền đã công bố các nghiên cứu về xói mòn đất ở Tây Bắc. Trong thời kỳ này, một số công trình của một số tác giả (dẫn theo Nguyễn Quang Mỹ, 2005 [9]) đã được công bố như: Nguyễn Quý Khải (1962, 1963), Nguyễn Ngọc Bình (1962), Cao Văn Bính (1962), Nguyễn Xuân Kỳ (1962), Tôn Gia Huyền (1964, 1965), Tạ Quang Bửu (1963, 1964, 1965), Nguyễn Xuân Quát (1963, 1964), Chu Đình Hoàng (1963), Trần Ích Châm (1964), Hồ Sỹ Chúc (1964), Bùi Văn Chi (1964), Bùi Quang Toàn (1965), Bùi Ngọc Toàn (1965), Nguyễn Văn Hảo (1965), Phương Chí Phạm (1965), Phạm Văn Ca (1966), Vũ Thanh Huyền (1967), Nguyễn Văn Tường (1967), Trần Tri Phương (1970), Hà Học Ngô (1971), Trần An Phong (1973). Nhìn chung, các công trình đã giải quyết được nhiều vấn đề nghiên cứu về xói mòn đất, các biện pháp chống xói mòn đất, tuy nhiên tính định lượng chưa cao.

Giai đoạn từ sau năm 1975

Trong giai đoạn này, một số trạm quan trắc nghiên cứu chống xói mòn đất đã được xây dựng như: trạm nghiên cứu xói mòn đất khu vực Tây Nguyên đặt tại tỉnh Gia Lai xây dựng năm 1976, trạm nghiên cứu xói mòn đất tại tỉnh Thái Nguyên, trạm nghiên cứu xói mòn đất tại Hữu Lũng, Lạng Sơn và trạm nghiên cứu xói mòn đất Ekmat (Buôn Ma Thuột). Các trạm quan trắc trên đây cùng với các chương trình nghiên cứu tổng hợp Tây Nguyên I (1976 – 1980), Tây Nguyên II (1980 – 1985), các chương trình nghiên cứu Tây Bắc đã thu thập được số liệu thực tế, mở đầu cho thời kỳ nghiên cứu xói mòn đất định lượng và đưa ra một số biện pháp chống xói mòn đất thích hợp. Một số công trình nghiên cứu về xói mòn đất trong giai đoạn này của một số tác giả đã được công bố như sau:

Nghiên cứu về những nhân tố hoạt động của xói mòn đất (dẫn theo Nguyễn Quang Mỹ, 2005 [9]): Bùi Quang Toàn (1976), Chu Đình Hoàng (1977), Nguyễn Văn Định (1978), Phạm Ngọc Huân (1980), Nguyễn Quang Mỹ và cộng sự (1981, 1983), Lê Thạc Cán, Nguyễn Quang Mỹ (1982), Ngô Trọng Thuận (1983), Nguyễn Tử Siêm, Thái Phiên (1999).

Nghiên cứu về xói mòn đất khu vực miền núi phía Bắc, Tây Nguyên (dẫn theo Nguyễn Quang Mỹ, 2005 [9]): Lê Quang Đán (1976), Phạm Ngọc Dũng (1978, 1983), Nguyễn Quang Mỹ, Đào Đình Bắc (1980, 1987), Đỗ Hưng Thành (1981, 1983), Nguyễn Quang Mỹ và cộng sự (1982), Nguyễn Quang Mỹ (2005), Lê Thái Bạt (2006) [2].

Nghiên cứu về phương pháp chống xói mòn đất (dẫn theo Nguyễn Quang Mỹ, 2005 [9]): Lê Kha (1970), Nguyễn Ban Đạt (1977), Nguyễn Khang, Nguyễn Văn Tân, Kán Triễn, Đào Châu Thu (1994) và Đặng Quang Phán (2008) [11].

Nghiên cứu xói mòn đất bằng mô hình toán (dẫn theo Nguyễn Quang Mỹ 2005 [9]): Chu Đức, Mai Đình Yên, Nguyễn Quang Mỹ (1984), Nguyễn Quang Mỹ, Hoàng Xuân Cơ (1985), Nguyễn Trọng Hà (1996), Cao Đăng Dư (1998).

Nghiên cứu về phân vùng xói mòn đất (dẫn theo Nguyễn Quang Mỹ, 2005 [9]): Nguyễn Quang Mỹ (1980), Đỗ Hưng Thành (1982, 1983), Vi Văn Vị (1984), Đào Đình Bắc (1985). Trong thời gian này, Đào Trọng Năng và Nguyễn Kim Dung

(1981) [7] dịch tài liệu "Bảo vệ đất và chống xói mòn" của D. Hudson là tài liệu quý để nghiên cứu xói mòn đất ở Việt Nam.

Đáng chú ý là công trình của Chu Đức (1991) [5] bằng phương pháp tính toán, tác giả đã thử thay số liệu quan trắc xói mòn ở Việt Nam vào phương trình mất đất phổ dụng đã thấy được những sai số nhất định. Tác giả nêu ra hai vấn đề: liệu các yếu tố ảnh hưởng trên có hoàn toàn chính xác ở Việt Nam hay không? Các công thức trên có thích hợp với hoàn cảnh địa lý Việt Nam hay không? Tác giả lấy lý thuyết phân tích hệ thống để làm sáng tỏ các vấn đề trên.

Công trình nghiên cứu của Nguyễn Trọng Hà, 1996 [6] bằng cách bố trí mô hình thí nghiệm tại khu vực miền núi phía Bắc nước ta, tác giả đo đạc các chỉ tiêu xói mòn, hiệu chỉnh tính toán, tác giả đã đưa ra chỉ số xói mòn mưa trung bình năm R của phía Bắc có thể tính theo phương trình hồi quy: $R = 0,548527 \cdot P - 59,9$. Chất lượng phương trình này xếp loại khá theo tiêu chuẩn đánh giá quy phạm tính toán thủy văn Việt Nam. Kết quả tính toán theo phương trình này khá phù hợp với công thức E. Rooes đề nghị áp dụng cho vùng nhiệt đới với sai số $< 5\%$.

Nghiên cứu xói mòn đất bằng ảnh viễn thám và GIS (dẫn theo Nguyễn Quang Mỹ, 2005 [9]): Nguyễn Ngọc Thạch, Nguyễn Tứ Dân, Nguyễn Xuân Đạo, Phạm Văn Cự (1993), Phạm Văn Cự (1995), Nguyễn Tứ Dân, Nguyễn Quang Mỹ (1996), Nguyễn Tứ Dân (1998), Lại Vĩnh Cẩm (1999), Cao Đăng Dư (2000), Trần Văn Ý (2000), Vũ Anh Tuấn (2004) [20], Trần Quốc Vinh (2012) [23], Nguyễn và cộng sự (2018) [71]. Đây là một hướng đi đúng của các nhà khoa học ở Việt Nam vì phương pháp này giảm được chi phí và hiệu quả hơn. Theo thời gian các nghiên cứu hoàn thiện dần về phương pháp, chuyển từ nghiên cứu định tính sang định lượng, nghiên cứu xác định các tác nhân gây xói mòn đất và ảnh hưởng của nó đến xói mòn đất.

Trong thời gian từ năm 2001 đến năm 2014, Viện Nghiên cứu Phát triển Pháp (IRD), Bioemco và iEES - Paris đã tiến hành hợp tác nghiên cứu với Viện Thổ nhưỡng Nông hóa (SFRI) về xói mòn đất và những thay đổi sử dụng đất trong lưu vực Đồng Cao, thuộc xã Tiến Xuân, Lương Sơn, Hòa Bình (nay thuộc xã Tiến

Xuân, huyện Thạch Thất, Hà Nội) (Rochelle E. và nnk, 2015) [13]. Các kết quả của nghiên cứu này cho thấy, những thay đổi từ sản sang rừng trồng đã có tác động tốt đến việc bảo vệ đất. Hệ thống canh tác sản liên quan tới tỷ lệ phá vỡ hạt kết đất cao (lượng trung bình đất mất do phá vỡ kết cấu đất là $700 \text{ g/m}^2/\text{năm}$ và cao nhất là $1.305 \text{ g/m}^2/\text{năm}$) bởi hoạt động làm cỏ, làm đất khi trồng cũng như khi thu hoạch. Trong khi ở diện tích cỏ chăn nuôi (*Bracharia Ruziziensis*) kết hợp với lớp che phủ của keo, trấu và cỏ *bracharia ruziziensis* đất chỉ mất là $30 \text{ g/m}^2/\text{năm}$; đặc biệt sau ba năm bỏ hóa tỷ lệ đất mất chỉ $10 \text{ g/m}^2/\text{năm}$. Cả hai hình thức sử dụng đất trên đã làm giảm sự bào mòn lớp đất mặt 1 mm/năm so với quan trắc trên diện tích trồng sản. Do vậy, các kết quả nghiên cứu cho thấy rằng việc thay đổi từ trồng sản hướng tới trồng cỏ chăn nuôi đến trồng rừng đã làm giảm xói mòn tại lưu vực Đồng Cao một cách rõ rệt.

Dự án nghiên cứu bảo vệ đất đồi của Cộng đồng châu Âu (EU – BORASSUS, 2008 [28]) triển khai tại Việt Nam cho kết quả là phủ thảm hữu cơ cho trồng ngô trên đất dốc có tác dụng rõ rệt khi mưa to: chống xói mòn đất, cản được dòng chảy và hạn chế mất dinh dưỡng trong đất xói mòn và trong nước của dòng chảy. Nếu không phủ thảm, qua một vụ mưa trên độ dốc 25° lượng nước và lượng một số chất dinh dưỡng chính của đất mất gấp đôi so với có phủ thảm ngô và gấp 3 đến 4 lần so với phủ thảm lá cọ. Phủ thảm hữu cơ không những chống xói mòn rửa trôi đất trong mùa mưa mà còn đảm bảo năng suất ngô cao hơn ngô trồng không phủ thảm, bắp ngô to hơn và năng suất thực thu lớn hơn rõ rệt (không phủ thảm: $2,55 \text{ tấn/ha}$, có phủ thảm: hơn 3 tấn/ha) (Đặng Quang Phán và cộng sự, 2008 [11] và Đào Châu Thu (2008) [16]). Cũng vẫn trong khuôn khổ dự án EU – BORASSUS (2008) [28] triển khai tại Thái Lan cho kết quả trồng cây trên đất dốc có dải băng chắn cho hiệu quả chống xói mòn cao nhất, tiếp đến là trồng theo luống có phủ nilông và trồng cây theo luống không phủ. Trong thực tiễn, từ lâu các mô hình sử dụng đất đã và đang phát triển mang lại lợi ích nhiều mặt, không đơn thuần chỉ là vấn đề kinh tế mà còn tạo công ăn, việc làm cho người dân và bảo vệ môi trường. Trong các mô hình này, có sự kết hợp hài hòa giữa các hệ sinh thái, trao đổi, bù hoàn năng lượng cho nhau theo hướng tận dụng tối đa năng lượng và đã được tổng kết thành lý luận như mô hình canh tác nông nghiệp bền vững trên đất dốc

(SALT), Nông-Lâm kết hợp, Vườn-Ao-Chuồng (VAC), Vườn-Ao-Chuồng-Rừng (VACR). Với những mô hình này, có thể khai thác triệt để tiềm năng đất đai, năng lượng mặt trời, hạn chế được xói mòn đất. Tuy nhiên, việc áp dụng các biện pháp chống xói mòn đất cụ thể ở mức độ nào là do điều kiện thực tế quyết định. Về nguyên tắc, cần tính toán sao cho đất được bảo vệ tốt nhất để duy trì và phát triển sản xuất, đồng thời chi phí cho việc thực hiện biện pháp là hợp lý nhất. Các chương trình phát triển lâm nghiệp xã hội, xóa đói giảm nghèo, bảo vệ rừng đầu nguồn, xây dựng thôn bản mới, quy hoạch sử dụng đất có người dân cùng tham gia, xây dựng và cải thiện thị trường nông thôn, ngân hàng và tín dụng nông thôn... là những hoạt động hữu hiệu và vô cùng quan trọng góp phần bảo vệ đất và sử dụng đất đồi núi hợp lý nhất.

Phương pháp nghiên cứu đo đạc xói mòn đất của Việt Nam trong hơn nửa thế kỷ qua, đã kế thừa và tiếp thu một cách có chọn lọc để áp dụng cho phù hợp với điều kiện thực tiễn của Việt Nam. Các phương pháp nghiên cứu triển khai từ các nghiên cứu đơn lẻ cho một vài yếu tố hoặc trong thời gian ngắn đã chuyển sang các nghiên cứu tổng hợp nhiều yếu tố, xác định nhiều thành phần và thời gian quan trắc kéo dài, liên tục. Các máy móc thiết bị chuyên dụng tự động đo đạc, truyền dẫn và lưu trữ dữ liệu như mưa, bốc hơi, dòng chảy, thấm... đã được áp dụng cho khảo sát nghiên cứu quá trình diễn biến xói mòn trên lưu vực.

Nhiều nghiên cứu chuyên sâu của chương trình canh tác bền vững trên đất dốc (*Chương trình ISBRAM*) đã minh chứng sự hao hụt tài nguyên đất không chỉ dừng ở số lượng đất bị mất đi do xói mòn trong các hệ thống canh tác, mà còn chỉ ra tác động suy giảm độ phì đất, nguyên nhân chính dẫn đến thoái hóa đất do hoạt động xói mòn trên một số loại hình canh tác nông nghiệp gây nên.

Các nghiên cứu về nguyên nhân và các yếu tố ảnh hưởng của xói mòn đất như tác động của mưa, của dòng chảy, ảnh hưởng của chiều dài sườn dốc, độ dốc sườn dốc, thảm phủ thực vật, chế độ thủy văn dòng chảy, vai trò của lòng dẫn ... cũng đã có nhiều đóng góp thiết thực trong việc bảo vệ đất chống xói mòn, ổn định lòng sông, hạn chế bồi lắng hồ chứa.

Từ việc đánh giá công tác nghiên cứu về xói mòn đất ở trên có thể rút ra những ưu, nhược điểm về nghiên cứu xói mòn đất ở Việt Nam như sau:

Ưu điểm:

Về phương pháp luận: chỉ ra được những nguyên nhân chính dẫn đến hoạt động xói mòn trên đất dốc (mưa, địa hình, đất, cây trồng, quản lý nông nghiệp).

Định lượng: được hoạt động xói mòn ở các vùng khác nhau, đất đai, địa hình và hệ thống canh tác nông nghiệp cụ thể.

Đưa ra các giải pháp cụ thể: (công trình và phi công trình) nhằm hạn chế hoạt động xói mòn trên đất dốc của hệ thống canh tác nông nghiệp ở mức độ cho phép.

Những thành tựu đạt được trong nghiên cứu bảo vệ đất chống xói mòn đã giúp ngăn chặn kịp thời tình trạng thoái hóa đất canh tác vùng đất dốc tăng nhanh ở cuối thế kỷ 20. Các kết quả nghiên cứu đã giúp nâng cao nhận thức của toàn xã hội về nguy cơ xói mòn đất đối với sự phát triển kinh tế - xã hội vùng đồi núi nước ta. Công tác bảo vệ đất chống xói mòn vùng thượng lưu góp phần bảo vệ và hỗ trợ sự phát triển an toàn, bền vững cho vùng hạ lưu. Các kết quả nghiên cứu về xói mòn cũng đã góp phần hỗ trợ các nhà hoạch định chính sách trong quản lý đất đai một cách hiệu quả.

Hạn chế:

Công tác nghiên cứu xói mòn còn gặp những hạn chế cụ thể do:

- Hệ thống canh tác nông nghiệp rất đa dạng và phong phú, vì thế các mô hình nghiên cứu thí nghiệm và thực nghiệm trên đồng ruộng không thể mô tả đầy đủ tính đa dạng và phức tạp của nó.
- Nguồn lực nghiên cứu xói mòn đất còn hạn chế về quy mô nghiên cứu như nghiên cứu xói mòn chưa thực hiện trên một số lưu vực điển hình. Nguồn nhân lực và vật lực thiếu tập trung và bị phân tán. Nghiên cứu xói mòn trong thời gian qua ở nước ta chỉ dựa vào một số đề tài, dự án hay chương trình hợp tác nghiên cứu của nước ngoài ở các ngành nghề, địa phương khác nhau, vì thế thiếu tính hệ thống, hoàn thiện và liên tục.

- Quản lý sử dụng đất trên sườn dốc phụ thuộc vào thu nhập, năng lực sản xuất của người nông dân và chính sách quản lý của mỗi quốc gia. Các chính sách quản lý đất đai thiếu sự hài hòa giữa quyền lợi của người dân, doanh nghiệp, tập thể và Nhà nước.

1.5. Các phương pháp nghiên cứu định lượng xói mòn đất

1.5.1. Các phương pháp thực nghiệm

1.5.1.1. Thí nghiệm hiện trường

Những thí nghiệm đầu tiên đã được Cục lâm nghiệp ở bang Utah Mỹ thực hiện từ năm 1915, sau đó giáo sư Miller triển khai ở bang Missouri vào năm 1917 đến năm 1964 đã có 44 trạm thí nghiệm quan trắc xói mòn trên khắp nước Mỹ. Ngoài ra, có nhiều trạm thuộc Cục lâm nghiệp, các liên hiệp ngành, các Hội đồng tư vấn của các bang, các trường đại học và cao đẳng. Các công trình nghiên cứu đang được bổ sung thêm ở nhiều nước khác nhau.

Những thí nghiệm hiện trường có thể được phân thành 2 nhóm: (i) nhóm thứ nhất được tiến hành tại các trạm thí nghiệm hoặc trạm nghiên cứu thường xuyên; và (ii) nhóm thứ hai gồm những thí nghiệm được thiết kế để đánh giá xói mòn tại một số vùng mẫu trên một vùng rộng lớn.

Trong những năm qua Việt Nam đã xây dựng rất nhiều mô hình thí nghiệm nghiên cứu xói mòn trên toàn lãnh thổ cả nước nói chung cũng như miền Bắc nói riêng. Các mô hình chủ yếu được nghiên cứu thí nghiệm ở dạng khảo nghiệm, tìm ra các giải pháp giảm xói mòn khác nhau trên đất dốc như: che phủ, mật độ cây trồng, nương bờ cắt dốc, trồng theo băng, che tủ... mà chưa chú trọng đến các thông số đầu vào cụ thể của các tham số gây xói mòn. Do đó việc áp dụng mô hình tính toán để kiểm định là rất khó khăn.

1.5.1.2. Thí nghiệm trong phòng

Thông thường không có khả năng xây dựng một mô hình thu nhỏ các điều kiện hiện trường như việc sử dụng các ô thí nghiệm nhỏ để miêu tả một sườn đồi rộng lớn bởi vì sự tương ứng về phạm vi không thể được đảm bảo bằng các yếu tố khác. Kích cỡ hạt mưa và kích cỡ các hạt đất không thể bị giảm khi thiếu sự ảnh hưởng lên các đặc tính hoặc cách thức di chuyển chúng. Vì vậy, coi thí nghiệm

trong phòng như là đại diện cho sự mô phỏng hiện trường nguyên mẫu là phù hợp hơn cả. Tuy nhiên, nhiều yếu tố không thể được mô phỏng đúng cách kể cả các quá trình như xói mòn rãnh và sự nảy cóc của các hạt đất do gió gây ra, trừ khi các phương tiện thí nghiệm rất lớn.

1.5.1.3. Thí nghiệm kết hợp

Những năm gần đây, việc sử dụng kết hợp giữa thí nghiệm hiện trường và mô phỏng mưa ngày càng nhiều. Những thí nghiệm kết hợp này hầu như đã thay thế cho những ô thí nghiệm dòng chảy tự nhiên như là công cụ nghiên cứu chính ở Mỹ (Moldenhauer và Foster, 1981 [64]). Sự kết hợp có những lợi thế là các điều kiện về loại đất, sườn dốc và thảm phủ là tự nhiên – những điều kiện mà không thể dễ dàng mô phỏng trong phòng thí nghiệm và có thể sử dụng một trận mưa có thể lặp lại.

Đối với những nghiên cứu bằng các ô thí nghiệm nhỏ, các máy tạo mưa được dùng trong phòng thí nghiệm có thể được chuyển trực tiếp sang hiện trường.

1.5.2. Phương pháp mô hình định lượng xói mòn đất

Trước khi quy hoạch các công trình bảo vệ đất, sẽ rất hữu ích nếu có thể đánh giá và đưa ra được tốc độ xói mòn đất của vùng quy hoạch nhanh đến mức nào, cần xác định lượng đất mất có thể chấp nhận được để so sánh với tốc độ xói mòn đất đã được đánh giá. Hơn nữa nếu chọn các biện pháp bảo vệ đất thì tác động của chúng đến tốc độ xói mòn sẽ như thế nào, đây sẽ là căn cứ quan trọng khi cân nhắc, lựa chọn các giải pháp bảo vệ đất chống xói mòn. Điều quan trọng là cần thiết phải có một phương pháp dự báo lượng đất mất có thể áp dụng rộng rãi trong các điều kiện khác nhau.

1.5.2.1. Mô hình thực nghiệm

Mô hình đơn giản nhất là loại mô hình “hộp đen” cho biết mối quan hệ giữa lượng bùn cát di chuyển với lượng mưa hoặc dòng chảy. Mối quan hệ điển hình đó là:

$$Q_s = a \cdot Q_w^b \quad (1-1)$$

Trong đó: Q_s là lượng bùn cát; Q_w là lưu lượng nước.

Jovanovic và Vukcecic (1957) [50], dùng tài liệu của 16 trạm đo mưa ở Yugoslavia để thiết lập quan hệ và xác định $b = 2,25$, trong khi Leopold, Wolman và Miller (1964) [57] xác định giá trị của b ở trong khoảng từ 2,0 đến 3,0.

Một sự hiểu biết tốt hơn về nguyên nhân xói mòn có thể đạt được bằng các mô hình hộp xám. Các mô hình này là phương trình hồi quy biểu thị mối quan hệ giữa lượng bùn cát mất đi với các yếu tố biến đổi có tần số xuất hiện cao nhất. Ví dụ như phương trình của Fournier (1960) [46] biểu thị mối quan hệ của lượng bùn cát lắng đọng trung bình hàng năm với lượng mưa, độ cao so với mặt nước biển và độ dốc như sau:

$$\text{Log}Q_s = 2,65\log\left(\frac{p^2}{P}\right) + 0,46(\log H)(\tan S) - 1,56 \quad (1-2)$$

Trong đó: Q_s là lượng phù sa bình quân năm (g/m^2); H là độ cao so với mực nước biển (m); S là độ dốc bình quân của lưu vực (độ); P là lượng mưa tháng bình quân lớn nhất (mm); p là lượng mưa trung bình năm (mm).

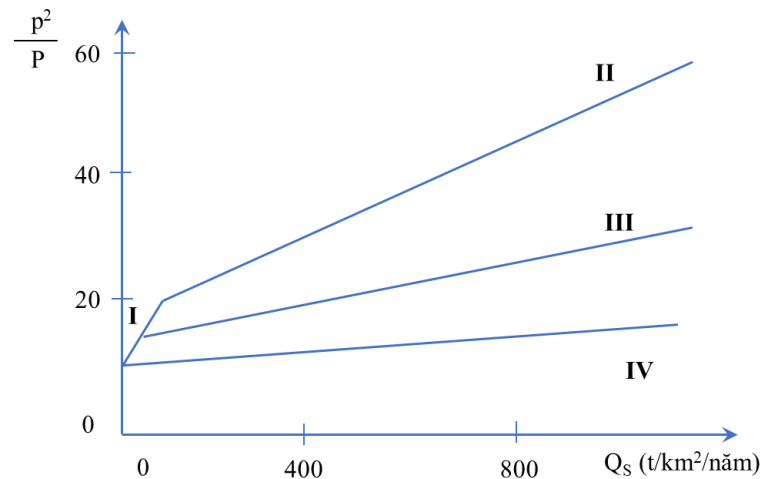
Có một vấn đề đối với các mô hình thực nghiệm này là các phương trình không thể dùng ngoại suy ngoài giới hạn của số liệu với độ tin cậy cao, hoặc nhiều yếu tố bất thường hơn hoặc cho các vùng khác. Những hạn chế của nó vẫn được chỉ ra bởi Fournier (1960) [46] người đã tạo ra 4 phương trình hồi quy khác biểu thị mối quan hệ giữa hàm lượng phù sa với chỉ số p^2/P cho các điều kiện địa hình và khí hậu đặc biệt (Hình 1.2).

I: Địa hình thấp (độ dốc trung bình của lòng thung lũng $< 1:100$), $p^2/P \leq 20$ thì hàm lượng phù sa = $6,14x p^2/P - 49,78$

II: Địa hình thấp (độ dốc trung bình của lòng thung lũng $< 1:100$), $p^2/P > 20$ thì hàm lượng phù sa = $27,12x p^2/P - 475,40$

III: Địa hình cao (độ dốc trung bình của lòng thung lũng $\geq 1:100$), $P > 600$ mm thì hàm lượng phù sa = $52,49x p^2/P - 513,20$

IV: Địa hình cao (độ dốc trung bình của lòng thung lũng $\geq 1:100$), $200 \leq P \leq 600$ mm thì hàm lượng phù sa = $91,78. p^2/P - 737,62$



Hình 1.2: Mối quan hệ giữa hàm lượng phù sa trung bình năm của các con sông và tính xâm kích của mưa (Fournier, 1960 [46])

Phương pháp này không áp dụng cho những vùng có $P < 200$ mm.

Xu hướng gần đây là sử dụng phương trình có khả năng áp dụng rộng rãi ở nhiều nơi trên thế giới của Douglas (1967) [39], phương trình biểu thị mối quan hệ của hàm lượng phù sa trung bình năm với lượng mưa hiệu quả (PE):

$$Q_s = \frac{1.63(0.03937PE)^{2.3}}{1+0.007(0.03937PE)^{3.3}} \quad (1-3)$$

Tử số của phương trình này biểu thị tác động xói mòn trực tiếp của lượng mưa trong khi mẫu số cố gắng biểu thị khả năng bảo vệ đất của thảm phủ thực vật.

Ưu điểm: Mô hình thực nghiệm có độ chính xác cao và phản ánh khá trung thực các tác động, điều kiện cụ thể nơi tiến hành thực nghiệm. Mô hình có cấu trúc đơn giản, nó chỉ mô tả những dữ liệu đầu vào và kết quả đầu ra, vì thế nó không mô tả cấu trúc bên trong của mô hình. Mô hình này dễ áp dụng trong thực tế, nhưng khó phổ biến rộng rãi.

Nhược điểm: Mô hình này không mô tả hoạt động và các pha của quá trình xói mòn đất vì thế khó áp dụng rộng rãi, nó chỉ được áp dụng trong các trường hợp cụ thể tương ứng với các điều kiện tương tự trong thực nghiệm.

Mô hình này thường ít được ứng dụng trong quy hoạch cây trồng bảo vệ đất chống xói mòn trên sườn dốc.

1.5.2.2. Mô hình phương trình mất đất phổ dụng (USLE)

Phương trình ở dạng ngày nay không phải xuất hiện ngay một lúc, nó thay đổi và được kế thừa các kết quả của các công trình nghiên cứu trước:

Zingg (1940) [90] đã định lượng xói mòn đất theo độ dốc và chiều dài sườn dốc: $M = f(S, L)$. Smith (1941) [78] đưa ra khái niệm lượng đất mất cho phép và xác định yếu tố cây trồng. Browning (1947) [31] nghiên cứu tính xói mòn của đất, ảnh hưởng của luân canh và kỹ thuật canh tác đến hoạt động xói mòn. Đặc biệt là những nghiên cứu tác động của hạt mưa theo Phương trình Musgrave (tên của Trưởng ban): E (xói mòn) = T (loại đất) $\times$ S (độ dốc) $\times$ L (chiều dài) $\times$ P (thực tiễn canh tác) $\times$ M (chấn cát cơ giới) $\times$ R (lượng mưa). Phương trình này được cơ quan bảo vệ đất của Mỹ sử dụng 10 năm. Cuối những năm 1950 nó được thay thế bằng phương trình mất đất phổ dụng [87]. Phương trình mất đất phổ dụng được mô tả như sau:

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (1-4)$$

Trong đó:

A: lượng đất mất (Tấn/acre).

R: chỉ số về độ xói mòn của mưa (thang độ đo xói mòn được lập trên cơ sở chỉ số EI30).

K: hệ số tính xói mòn của đất (được xác định bằng lượng đất mất đi cho một đơn vị xói mòn của mưa trong điều kiện chuẩn).

L: hệ số độ dài (tỉ lệ đất mất đi từ thửa ruộng nào đấy so với lượng đất mất đi từ thửa ruộng dài 72,6 feet = 22,13 m).

S: hệ số độ dốc (tỉ lệ lượng đất mất đi từ thửa ruộng nào đấy so với lượng đất mất đi từ thửa ruộng có độ dốc của bề mặt là 9%).

C: hệ số cây trồng (tỉ lệ lượng đất mất đi từ thửa ruộng nào đấy so với lượng đất mất đi từ thửa ruộng được làm đất tiêu chuẩn – bỏ hoá cách năm).

P: hệ số bảo vệ đất (tỉ lệ lượng đất mất đi theo số liệu đã có so với lượng đất mất đi từ thửa ruộng không thực hiện các công việc bảo vệ đất – cày dọc theo sườn dốc).

Điều kiện điển hình (điều kiện chuẩn) ô thí nghiệm có chiều dài 72,6 feet = 22,13 m; độ dốc 9% = 5°30'; làm đất theo lối bỏ hoá cách năm với đường cày dọc theo sườn dốc. Khu ruộng được hình thành do tính lịch sử mà không có ý nghĩa chuyên môn nào cả.

Xác định các thông số của phương trình USLE như sau:

a. Chỉ số về độ xói mòn của mưa: R

Chỉ số xói mòn mưa được tính cho từng trận mưa:

$$R = \frac{EI_{30}}{100} \quad (1-5)$$

Chỉ số xói mòn của mưa trong tuần, tháng và năm được tính bằng tổng chỉ số xói mòn của các trận mưa trong tuần, tháng và trong năm:

$$R_{TT} = \sum_1^n \frac{EI_{30}}{100} \quad (1-6)$$

Vì việc tính toán dựa trên thực nghiệm nên các đơn vị của thang đo không có liên hệ với nhau và có thể được coi như những số nguyên tố.

Trong điều kiện ở Việt Nam, hệ số xói mòn do mưa (R) được áp dụng sử dụng từ thực nghiệm của Nguyễn Trọng Hà, 1996 [6] như sau:

$$R = 0,548257 \cdot P - 59,5 \quad (1-7)$$

Trong đó: P là lượng mưa trung bình năm (mm); R là hệ số xói mòn do mưa (J/m²).

b. Hệ số tính xói mòn của đất: K

Trong điều kiện điển hình phương trình cơ bản có dạng:

$$A = R \times K \quad (1-8)$$

Bởi vì A và R đã được xác định đối với loại đất nào đó, trị số K được xác định sao cho khi nhân với trị số về tính xói mòn mưa R sẽ được lượng đất mất đi hàng năm trong những điều kiện điển hình. Những đo đạc trực tiếp hệ số K là khó khăn, đắt tiền và đòi hỏi thiết bị phức tạp. Mọi quan hệ gián tiếp giữa K và 15 tính chất của đất như: thành phần cơ giới, tính thấm, khả năng giữ nước, khả năng phân tán... đã được xác định, tuy nhiên phương trình đưa ra là quá phức tạp. Để ứng dụng rộng rãi Wischesmeier & Smith (1978) [87] đã lập: (i) toán đồ 3 tham số: $K = f(\% \text{ hạt limon và hạt cát mịn; } \% \text{ hạt cát } 0,1 \div 2 \text{ mm và } \% \text{ hàm lượng mùn})$; và (ii) toán đồ 5 tham số: $K = f(\% \text{ hạt limon và hạt cát mịn; } \% \text{ cát } d = 0,1 \div 2 \text{ mm; } \% \text{ hàm lượng chất hữu cơ OM; cấu trúc đất; tính thấm và cấu trúc đất})$.

Hội khoa học Đất quốc tế (ISSS) đưa ra công thức xác định K (1995):

$$100K = 2,241.[2,1.10^{-4} \cdot (12 - M).a^{1,14} + 3,25.(b - 2) + 2,5.(c - 3)] \quad (1-9)$$

Trong đó:

- K: hệ số xói mòn đất của ô ruộng;
- a: tỷ trọng của cấp hạt ($0,002 \div 0,2\text{mm}$), (%);
- M: hàm lượng chất hữu cơ (%);
- b: hệ số phụ thuộc hình dạng, loại kết cấu đất;
- c: hệ số phụ thuộc khả năng tiêu thấm của đất.

Dùng toán đồ Wischesmeier & Smith và công thức của ISSS. Bộ Nông nghiệp Mỹ (USDA) đã đưa ra kết quả định lượng tính xói mòn đất K theo thành phần cơ giới và hàm lượng chất hữu cơ trong đất ở Bảng 1.2.

Các giá trị được hiển thị là trung bình ước tính của phạm vi rộng của các giá trị đất cụ thể. Khi một phân loại thành phần cơ giới gần đường biên của hai loại khác, sử dụng giá trị trung bình của hai giá trị hệ số K. Để có được các giá trị an toàn trong các đơn vị số liệu được sử dụng ở bảng trên, các giá trị trên phải được nhân với 1,292 [61]).

Bảng 1.2: Giá trị hệ số K dựa vào thành phần cơ giới và hàm lượng hữu cơ đất (Stewart và nnk. 1975 [61])

Thành phần cơ giới	Hệ số K theo chất hữu cơ (OM%)		
	<0,5	2	4
Phân loại thành phần cơ giới	<0,5	2	4
Cát (Sand)	0,05	0,03	0,02
Cát mịn (Fine sand)	0,16	0,14	0,10
Cát pha thịt (Very finesand)	0,42	0,36	0,28
Cát mịn pha thịt (Loamy sand)	0,12	0,10	0,08
Cát rất mịn pha thịt (Loamy finesand)	0,24	0,20	0,16
Cát pha rất mịn (Loamy veryfine sand)	0,44	0,38	0,30
Thịt pha cát (Sandy loam)	0,27	0,24	0,19
Thịt pha cát mịn (Fine sandyloam)	0,35	0,30	0,24
Thịt pha cát rất mịn (Very fine sandy loam)	0,47	0,41	0,33
Thịt (Loam)	0,38	0,34	0,29
Thịt pha limon (Silty loam)	0,48	0,42	0,33
Limon (Silt)	0,60	0,52	0,42
Thịt pha sét pha cát (Sandy clayloam)	0,27	0,25	0,21
Thịt pha sét (Clay loam)	0,28	0,25	0,21
Thịt pha sét pha limon (Silty clayloam)	0,37	0,32	0,26
Sét pha cát (Sandy clay)	0,14	0,13	0,12
Sét pha limon (Silty clay)	0,25	0,23	0,19
Sét (Clay)		0,13-0,2	

Ngoài ra, để thuận lợi, khi áp dụng tính toán với các khoanh đất để xây dựng bản đồ xói mòn đất có thể sử dụng chỉ số xói mòn K theo loại đất ở Bảng 1.3.

Bảng 1.3: Tính chỉ số xói mòn K của một số loại đất đồi núi Việt Nam (Nguyễn Trọng Hà, 1996 [6])

Loại đất	Số mẫu n	$\bar{K}$	
		Theo W - S	Theo ISSS
Đất đen			
1. Đất đen có tầng kết von dày	5	0,09	0,11
2. Đất đen glây	7	0,1	0,10
3. Đất đen cacbonat	9	0,19	0,17
4. Đất nâu thẫm trên badan	15	0,12	0,09
5. Đất đen tầng mỏng	11	0,15	0,12
Đất nâu trên vùng bán khô hạn			
6. Đất nâu vùng bán khô hạn	6	0,25	0,19
7. Đất đỏ vùng bán khô hạn	6	0,20	0,17
Đất tích vôi			
8. Đất vàng tích vôi	12	0,28	0,31
9. Đất nâu thẫm tích vôi	14	0,38	0,29
Đất xám			
10. Đất xám bạc màu	21	0,22	0,20
11. Đất xám có tầng loang lổ	25	0,25	0,23
12. Đất xám feralit	27	0,23	0,22
13. Đất xám mùn trên núi	19	0,19	0,20
Đất đỏ			
14. Đất nâu đỏ	32	0,22	0,23
15. Đất nâu vàng	35	0,21	0,20
16. Đất đỏ vàng có tầng sét loang lổ	27	0,23	0,25
17. Đất mùn đỏ vàng trên núi	25	0,15	0,16
Đất mùn alit núi cao			
18. Đất mùn alit núi cao	19	0,15	0,16
19. Đất mùn alit núi cao Glây	25	0,12	0,14
20. Đất mùn thô than bùn núi cao	15	0,11	0,12

Chỉ số xói mòn đất K của một số loại đất vùng đồi núi Việt Nam có giá trị thay đổi $K = 0,09 \div 0,31$. Theo kết quả đánh giá của Anthony Yuong và FAO UNESCO hầu hết đất dốc Việt Nam có tính xói mòn trung bình đến hơi cao (Nguyễn Trọng Hà, 1996) [6].

c. Hệ số địa hình: LS

Hệ số chiều dài sườn dốc L được định lượng khi tiến hành nghiên cứu thí nghiệm xói mòn có chiều dài chuẩn là 22,13 m:

$$L = \left(\frac{x}{22,13} \right)^m \quad (1-10)$$

Trong đó:

L: hệ số chiều dài sườn dốc.

x: chiều dài sườn dốc (m).

m: hệ số mũ. Theo Wischesmeier – Smith: $m = 0,5$ khi $S > 5\%$; $m = 0,4$ khi $3\% < S < 5\%$; $m = 0,3$ khi $1\% < S < 3\%$ và $m = 0,2$ khi $S < 1\%$.

Phương trình định lượng nhân tố độ dốc S được xây dựng trên những kết quả nghiên cứu xói mòn trong điều kiện của khu đất chuẩn có độ dốc 9%:

$$S = \frac{0,43 + 0,30S + 0,043S^2}{6,613} \quad (1-11)$$

Lượng đất mất do xói mòn là hàm của 2 biến số độc lập: độ dốc và chiều dài sườn dốc. Chúng sẽ trở nên đơn giản hơn nếu tác động của 2 yếu tố này chỉ cần xét đến yếu tố địa hình LS.

$$LS = \left(\frac{x}{22,13} \right)^m (0,065 + 0,045S + 0,0065S^2) \quad (1-12)$$

Trong đó:

LS: hệ số biểu thị nhân tố địa hình.

x: chiều dài sườn dốc (m).

S: độ dốc (%).

m: hệ số mũ

Wischesmeier – Smith xây dựng toán đồ xác định LS theo chiều dài sườn dốc 1 (m) và độ dốc.

Bảng 1.4: Giá trị LS theo chiều dài sườn dốc và độ dốc

Độ dốc		Chiều dài sườn dốc (m)							
%	Độ	10	30	50	70	100	150	200	300
2	1	0,1	-	0,2	-	0,3	-	0,4	0,6
4	2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,2
6	3	0,4	0,7	0,9	1,0	1,2	1,5	1,7	2,1
8	5	0,6	1,0	1,3	1,5	1,8	2,2	2,5	3,1
10	6	0,8	1,4	1,8	2,1	2,5	3,0	3,5	4,3
15	9	1,5	2,6	3,3	3,9	4,6	5,7	6,5	8,1
20	11	2,4	4,1	5,2	6,3	7,5	9,3	10,0	12,4
25	14	3,5	6,1	7,5	9,3	11,0	13,6	15,0	19,3
30	17	4,9	8,4	10,0	12,9	15,0	18,9	20,0	26,7
40	22	8,2	14,3	16,0	21,8	23,0	31,9	34,0	45,1
50	27	12,5	21,6	23,0	33,0	36,0	42,3	45,0	68,3

d. Hệ số xói mòn đất do cây trồng (C)

Hệ số cây trồng C là tỉ lệ của tổn thất đất từ khu đất có cây trồng hoặc có lớp phủ thực vật nào đó so với tổn thất từ khu đất kiểm tra bị bỏ hoá. Hệ số cây trồng rất phức tạp bởi vì có rất nhiều các phương pháp trồng cây nông nghiệp. Hệ số xói mòn do cây trồng C được sử dụng rộng rãi theo hệ số C của Hội Khoa học Đất quốc tế (Bảng 1.5). Tuy nhiên, các tác giả đều cho rằng đối với các vùng khác nhau cần hiệu chỉnh để phù hợp với điều kiện canh tác, khí hậu của từng vùng riêng biệt.

Sử dụng hệ số C ở Bảng 1.5 được áp dụng trên nền tảng các loại sử dụng đất và cây trồng chính. Hệ số cây trồng C sẽ khó được xác định khi các kỹ thuật canh tác như trồng xen canh cây trồng, với bề mặt sườn dốc có cây ngăn ngày trồng với cây trồng dài ngày hoặc cùng là loại cây ngăn ngày nhưng là hai hay ba cây trồng khác nhau. Kỹ thuật trồng xen cây trồng là kỹ thuật được áp dụng khá phổ biến và

rộng rãi ở nhiều nơi khác nhau trên thế giới. Do đó, việc nghiên cứu xác định hệ số C trong các trường hợp này là rất cần thiết và hữu dụng.

Bảng 1.5: Hệ số cây trồng C (Hội Khoa học Đất quốc tế)

Độ che phủ (%)	Bãi chăn thả, cây lâu năm thấp & có lớp phủ	Cây và cây bụi có chiều cao khác nhau (không phủ kín đất)				Rừng nhiệt đới có lớp phủ > 50 mm	Cây hàng năm
		4 m	2 m	1 m	0,5 m		
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0		1,0
10	0,55	0,97	0,95	0,93	0,92		0,55
20	0,30	0,95	0,90	0,83	0,83	0,009	0,30
30	0,17	0,92	0,85	0,79	0,75		0,17
40	0,09	0,89	0,80	0,72	0,66		0,09
50	0,05	0,87	0,75	0,65	0,58	0,003	0,06
60	0,027	0,84	0,70	0,58	0,50		0,056
70	0,015	0,81	0,65	0,51	0,41	0,001	0,053
80	0,008	0,78	0,60	0,44	0,33		0,050
90	0,005	0,76	0,55	0,37	0,24		0,047
100	0,002	0,73	0,50	0,30	0,16	0,0001	0,043

Hệ số C đã được nhiều tác giả đề xuất từ thực nghiệm với các cây trồng khác nhau. Các nghiên cứu nhiều năm của các tác giả khác nhau tại các vùng địa lý khác nhau được tổng hợp ở Bảng 1.6.

Số liệu tổng hợp tại Bảng 1.6 cho thấy, hệ số C đối với các cây trồng khu vực ở Châu Âu với điều kiện khí hậu ôn đới được xác định khá ổn định, ngược lại ở tại Philippines với điều kiện khí hậu nhiệt đới thì cùng một loại cây trồng so với khu vực tại Châu Âu có sự biến động. Do đặc thù điều kiện canh tác vùng ôn đới các cây trồng có thể được bố trí theo các phương thức khác nhau (trồng xen) và lượng mưa có sự biến đổi lớn trong thời vụ canh tác nên sẽ có sự biến thiên về hệ số C.

Bảng 1.6: Hệ số C được xác định từ thực nghiệm cho từng cây trồng được tổng hợp từ nhiều nguồn khác nhau.

Cây trồng	Panagos và nnk, 2015 [74] (Châu Âu)	David, 1988 [35] (Philippines)	Morgan, 2005 [67] (nhiều vùng khác nhau)
Chuối		0,1-0,3	
Lúa mạch	0,21		
Ốt			0,33
Ca cao			0,1-0,3
Cà phê			0,1-0,3
Lúa mì thông thường và mì Châu Âu	0,2		0,1-0,4
Bông	0,5	0,4-0,6	0,4-0,7
Đậu lăng khô (cây họ đậu) và cây trồng protein	0,32	0,3-0,5	0,04-0,7
Lúa mì cứng	0,2		
Đất bỏ hoang	0,5		
Ngô lấy hạt / ngô	0,38	0,3-0,6	0,02-0,9
Lạc			0,3-0,8
Hạt lanh	0,25		0,1-0,2
Hạt có dầu	0,28		
Cây cọ với cây hàng năm che phủ		0,05-0,3	0,1-0,3
Dứa		0,2-0,5	0,01-0,4
Khoai tây	0,34		0,1-0,4
Cải dầu và củ cải dầu	0,3		
Lúa nước	0,15	0,1-0,2	0,1-0,2
Lúa mạch đen	0,2		
Đậu nành	0,28		0,2-0,5
Củ cải đường	0,34		
Mía			0,13-0,4
Hướng dương lấy hạt	0,32		
Thuốc lá	0,49	0,4-0,6	
Khoai lang			0,4-0,5

Các tác giả khác Morgan, 2005 [67]; David, 1988 [35] và Stone và Hilborn, 2000 [80] đã hiệu chỉnh hệ số C theo các yếu tố đặc thù cho canh tác nông nghiệp như độ che phủ các giai đoạn phát triển của cây, các biện pháp làm đất (Bảng 1.7, Bảng 1.8 và Bảng 1.9).

Bảng 1.7: Ví dụ về quan hệ giữa hệ số C và kỹ thuật canh tác, năng suất cây trồng theo Morgan (2005) [67] và David (1988) [35]

Cây trồng	Kỹ thuật canh tác	Hệ số C
Ngô, cao lương, kê	Năng suất cao; làm đất thông thường	$0,20 \div 0,55$
	Năng suất thấp; làm đất thông thường	$0,50 \div 0,90$
	Năng suất cao; cày và cuốc vào tàn dư	$0,12 \div 0,20$
	Năng suất thấp; cày và cuốc vào tàn dư	$0,30 \div 0,45$
	Năng suất cao; không hoặc làm đất tối thiểu	$0,02 \div 0,10$
Dừa	Xen kẽ cây lâu năm	$0,05 \div 0,1$
	Trồng xen canh cây hàng năm	$0,1 \div 0,30$

Bảng 1.8: Hệ số C theo các loại cây trồng theo Stone và Hilborn, 2000 [80]

Loại cây trồng	Hệ số
Ngô lấy hạt	0,40
Ngô ủ, đậu và cải dầu	0,50
Các loại ngũ cốc (vụ xuân & đông)	0,35
Cây trồng hàng năm theo mùa	0,50
Cây ăn quả	0,10
Cỏ để phơi khô và đồng cỏ	0,02

Bảng 1.9: Hệ số kỹ thuật canh tác hiệu chỉnh hệ số C của Stone và Hilborn, 2000 [80]

STT	Kỹ thuật canh tác	Hệ số hiệu chỉnh D
1	Cày vào mùa thu	1,0
2	Cày vào mùa xuân	0,9
3	Làm đất sử dụng hữu cơ che tủ	0,6
4	Cày tạo luống	0,35
5	Làm đất theo vùng	0,25
6	Không làm đất	0,25

Đã có nhiều nghiên cứu để tính toán hệ số C phù hợp cho các vùng nhất định, để hiệu chỉnh cần sử dụng các ô quan trắc xói mòn đất thí nghiệm dưới lượng mưa tự nhiên với các cây trồng, mùa vụ và kỹ thuật canh tác áp dụng riêng cho từng vùng. Hệ số C được xác định dựa vào sự kết hợp của che phủ mặt đất, các giải pháp quản lý và các giai đoạn tăng trưởng và phát triển của tán cây và lượng mưa. Giá trị C hiệu chỉnh được tính bằng sự kết hợp giữa độ che phủ của tán cây theo thời kỳ phát triển của cây, lượng mưa và các biện pháp tác động vào đất trong quá trình canh tác (Wischmeier và Smith (1981) [86], Morgan (1995) [66], Stone và Hilborn (2000) [80], Brychta (2018) [32]). Nghiên cứu của Panagos (2015) [74] sử dụng mô hình LANDUM để hiệu chỉnh hệ số C cho đất canh tác khu vực Châu Âu, theo đó việc hiệu chỉnh hệ số C dựa vào hệ số C của cây trồng (các loại cây trồng) và hệ số C của kỹ thuật làm đất như làm đất tối thiểu, tăng độ che phủ của cây trồng và che tủ bằng thân cây còn lại sau thu hoạch. Franco (2015) [60] hiệu chỉnh hệ số C cho các loại cây trồng ở nước Ý dựa vào thời vụ (giai đoạn mới trồng đến cây trở bông, thời gian từ gieo trồng đến thu hoạch), số lượng các kỹ thuật canh tác áp dụng cho cây trồng như tác động làm lật bề mặt đất (cày, cuốc), làm tơi đất (máy xới đất) hoặc hỗn hợp cả hai và các nguy cơ gây ra cho môi trường của các công cụ tác động vào đất, kết quả xác định được hệ số C cho từng loại cây khá tương đồng với kết quả của Morgan (1995) [66] và Panagos (2015) [74].

Một cách tiếp cận khác là ước tính hệ số C dựa trên việc sử dụng dữ liệu viễn thám thông qua chỉ số thực vật (NDVI) (Borrelli và nnk, 2018 [29], Durigon và nnk, 2014 [40], Panagos và nnk, 2015 [73], Schmidt và nnk, 2018 [77], Vrieling, 2006 [85], Zhang và nnk, 2011 [89]) (Bảng 1.10). Các giá trị yếu tố C ước tính từ dữ liệu viễn thám chưa được so sánh với giá trị yếu tố C thu được từ dữ liệu thực nghiệm và do đó, cũng có thể tạo ra sự không chắc chắn khi sử dụng để dự báo xói mòn đất (Oliveira và nnk, 2015 [72]). Bên cạnh đó, hệ số C xác định từ viễn thám chỉ vào thời điểm nhất định sẽ không phù hợp cho các hệ thống cây trồng có sự thay đổi độ che phủ thường xuyên đối với canh tác cây trồng hàng năm ở vùng đồi núi phía Bắc Việt Nam.

Bảng 1.10: Hệ số C tính toán chỉ số thực vật (NDVI) các tác giả khác nhau

TT	Tác giả	Công thức tính	Vùng áp dụng
1	Durigon và nkk (2014) [40]	$C_r = \left(\frac{-NDVI + 1}{2} \right)$	Lưu vực khu vực nhiệt đới (Baraxin)
2	Ma và nnk (2010) [59] Cũng được trích dẫn bởi Liet và nnk (2014) [58]	$f_g = \frac{NDVI - NDVI_{\min}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}}$ $C = \begin{cases} 1 & f_g = 0 \\ 0.6508 - 0.343 \times \log(f_g) & 0 < f_g < 78,3\% \\ 0 & f_g \geq 78,3\% \end{cases}$	Trung Quốc
3	Van der Knijff và nnk (2000) [83]	$C_{VK} = e^{\left(-\alpha \frac{NDVI}{(\beta - NDVI)} \right)},$	Châu Âu
4	De Jong (1994) [36]	$C = 0,431 - 0,805 \times NDVI$	Địa Trung Hải

e. Hệ số bảo vệ đất thực tiễn: P

Hệ số P là tỷ số cho biết xói mòn trong trường hợp có bảo vệ đất nhỏ hơn bao nhiêu lượng đất mất theo lý thuyết trong trường hợp xấu nhất. Hiệu quả của các biện pháp bảo vệ đất giảm dần trên đất có độ dốc cao. Sử dụng hệ số P của các tác giả David (1988) [35] xác định hệ số P theo các biện pháp kỹ thuật quản lý đất.

Các thành tựu ứng dụng mô hình USLE trong đánh giá xói mòn đất trên thế giới được tổng hợp trong Phụ lục 1.

Từ các đánh giá và tổng hợp ứng dụng mô hình phương trình mất đất phổ dụng, có thể rút ra các ưu, nhược điểm của mô hình này như sau:

Ưu điểm của mô hình USLE:

- Mô hình đã đưa ra chỉ số về tính xói mòn của mưa đã cho phép chú ý khá đầy đủ đến những khác biệt giữa các trận mưa trong một mùa cũng như giữa các mùa với nhau của vùng nghiên cứu.

- Mô hình cũng đã đưa ra được các yếu tố ảnh hưởng là: cây trồng, biện pháp kỹ thuật nông nghiệp và các biện pháp bảo vệ đất chống xói mòn (ít được đề cập ở các mô hình khác).
- Mô hình lập được thang xác định các trị số về tính xói mòn của đất.
- Mô hình khắc phục được những hạn chế riêng (tính địa phương) những giới hạn địa lí và khí hậu đặc trưng cho các mô hình thí nghiệm.
- Phương trình bao gồm những hệ số nhân với nhau, kết cấu đơn giản dễ áp dụng.

Một số hạn chế của mô hình USLE:

- Mô hình được coi có đạt độ chính xác trên đất cày (sườn dốc canh tác nông nghiệp). Vì thế, kém chính xác trên đất rừng. Điều này mặc dù đã có những nghiên cứu bổ sung nhằm cố gắng hạn chế khi áp dụng mô hình cho các khu vực không phải là đất cày.
- Việc xác định hệ số cây trồng C trong mô hình là hết sức khó khăn, bởi tính đa dạng và phong phú của các loại và giống cây trồng nông nghiệp, cũng như kỹ thuật canh tác như xen canh, luân canh...
- Một số nhà khoa học cho rằng Mô hình USLE đã không đề cập đến vấn đề bồi lắng trên sườn dốc.

Bảng 1.11: Xác định hệ số P theo biện pháp quản lý đất (David, 1988 [35])

Quản lý đất	Hệ số P			
Kỹ thuật thông thường	1,00			
Làm đất theo vùng	0,25			
Che tủ	0,26			
Làm đất tối thiểu	0,52			
Độ dốc (%)	Bậc thang		Đường đồng mức	Băng cây đồng mức
	Băng	Bờ rộng		
1-2	0,10	0,12	0,60	0,30
3-8	0,10	0,10	0,50	0,15
9-12	0,10	0,12	0,60	0,30
13-16	0,10	0,14	0,70	0,35
17-20	0,12	0,16	0,80	0,40
21-25	0,12	0,18	0,90	0,45
>25	0,14	0,20	0,95	0,50

1.5.2.3. Mô hình Stehlík

Stehlík (1975) [79] đã sử dụng một phương pháp để dự báo tỷ lệ xói mòn đất hàng năm ở Czechoslovakia bằng phương trình sau:

$$X = D.G.P.S.L.O \quad (1-13)$$

Trong đó:

X: lượng đất mất trung bình hàng năm (mm/y);

D: yếu tố khí hậu và được biểu thị trong những khoảng của lượng mưa rơi với cường độ (mm/ph);

G: yếu tố thạch học và đánh giá loại đá theo tính thấm nước của các tầng phong hóa, giá trị của G được xác định trong giới hạn từ 0,7 – 1,5, tùy thuộc vào tính thấm từ nhanh đến chậm và thành phần cơ giới từ cát thô đến hạt mịn;

P: biểu thị tính xói mòn của đất phụ thuộc vào tỉ lệ % của các hạt đất có kích thước nhỏ hơn 0,1mm và hàm lượng hữu cơ trong đất;

S: biểu thị độ dốc của sườn dốc;

L: yếu tố chiều dài sườn dốc;

O: yếu tố thực vật và phụ thuộc vào tỉ lệ che phủ đất.

Ưu điểm của mô hình Stehlík:

Mô hình này là mô hình cụ thể hóa của mô hình USLE cho vùng Czechoslovakia, các dữ liệu đề cập trong mô hình có tính địa phương và được kiểm chứng cụ thể chi tiết, trong nghiên cứu xói mòn ở vùng này.

Nhược điểm của mô hình Stehlík:

Mô hình này ít đề cập đến tính nhạy cảm của hệ số cây trồng C. Đối với các vùng nhiệt đới mưa nhiều, vai trò của lớp thảm phủ thực vật, cây trồng có ý nghĩa rất lớn, vì thế đây là một hạn chế lớn của việc áp dụng rộng rãi của mô hình này.

1.5.2.4. Phương pháp Morgan và Finney (MMF)

Morgan và Finney (1984) [68] đã phát triển mô hình dự báo lượng đất mất hàng năm cho các diện tích có kích thước cho sẵn trên sườn đồi, vừa cố gắng duy trì tính đơn giản của phương trình mất đất phổ dụng với một số tiến bộ gần đây về sự

hiểu biết tiến trình xói mòn. Mô hình được tạo ra bằng cách kết hợp các kết quả nghiên cứu của các nhà nghiên cứu địa mạo học và các kỹ sư nông nghiệp.

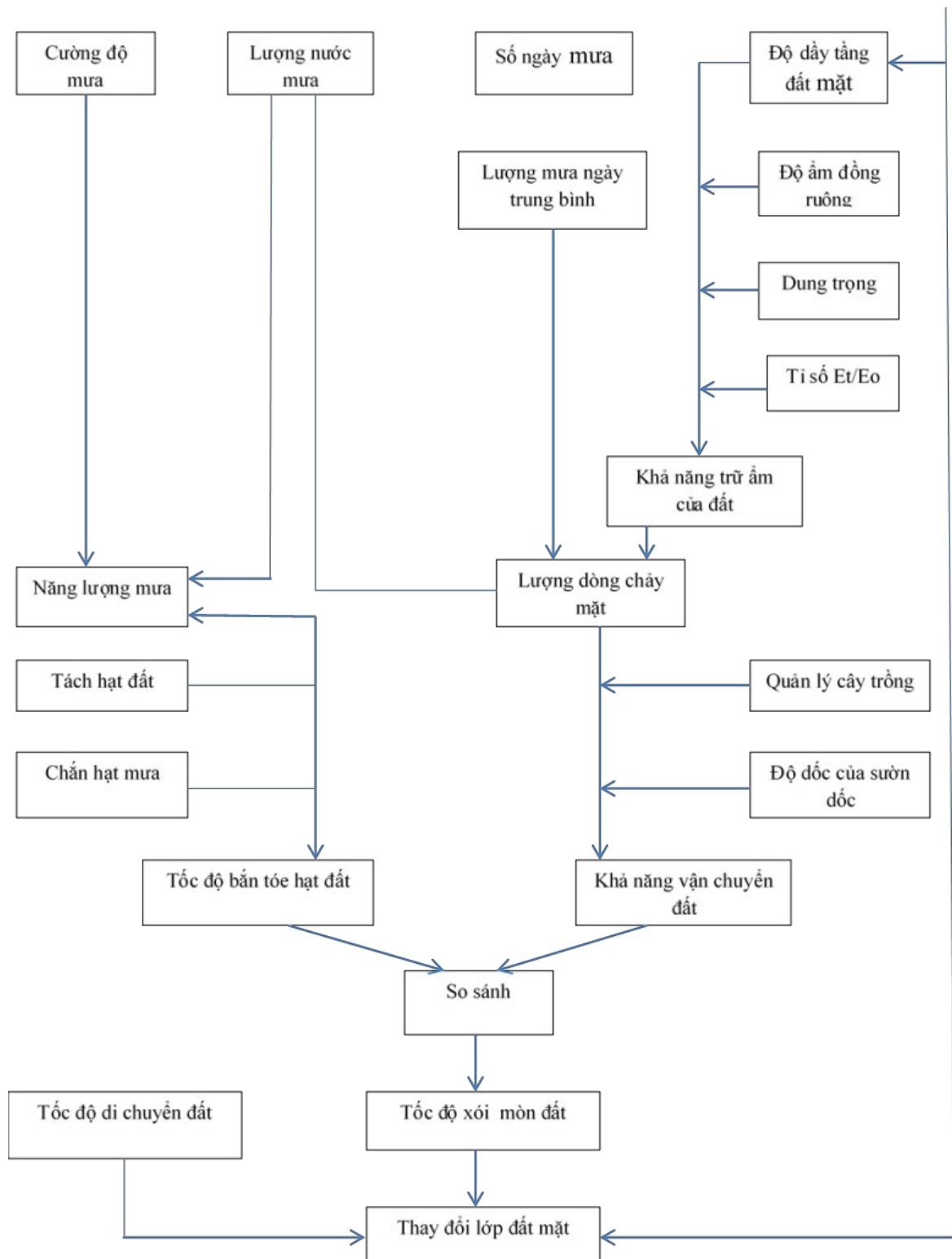
Mô hình này chia tiến trình xói mòn đất thành 2 pha: pha về nước và pha về lắng đọng (Hình 1.3). Mô hình đòi hỏi phải có 15 thông số đầu vào (Bảng 1.12) và 6 hàm số điều khiển (Bảng 1.13). Pha lắng đọng được xem là đơn giản trong hệ thống mô tả bởi Meyer và Wischmeier (1969) [63]. Nó xem xói mòn đất là quá trình tách hạt đất dưới tác động của hạt mưa và di chuyển các hạt này do tác động của dòng chảy mặt. Những quá trình di chuyển do bắn tóe và tách hạt đất của dòng chảy bị bỏ qua. Vì vậy, pha lắng đọng bao gồm hai phương trình dự báo, một phương trình cho tốc độ tách và bắn tóe hạt đất và một phương trình cho khả năng vận chuyển của dòng chảy mặt. Các dữ liệu đầu vào của các phương trình này về năng lượng mưa và khối lượng dòng chảy là tách rời nhau thu được ở pha về nước.

Thông số đầu vào cơ bản của giai đoạn về nước là lượng mưa hàng năm (R). Năng lượng mưa (E) được xác định bởi việc tính toán năng lượng với cường độ mưa điển hình cho tính xói mòn của mưa. Giá trị thường được chọn cho cường độ mưa điển hình là 11,0 mm/h cho vùng khí hậu ôn đới, 25 mm/h cho vùng khí hậu nhiệt đới và 30 mm/h cho vùng khí hậu có mùa mưa rõ rệt như vùng Địa Trung Hải. Những khu vực đã có thông tin về cường độ mưa xói mòn điển hình, thì những thông tin này sẽ được ưu tiên sử dụng.

Tổng lượng dòng chảy mặt hàng năm được dự báo từ phương trình mưa năm của Carson và Kirby (1972) [33]. Phương trình này cho rằng dòng chảy xuất hiện khi tổng lượng mưa ngày vượt quá một giá trị tới hạn, giá trị tới hạn này thể hiện khả năng trữ nước (R_c) của sự kết hợp giữa đất và đất sử dụng. Phương trình này cũng cho rằng tổng lượng mưa ngày và sự phân phối tần suất theo luật số mũ là xấp xỉ bằng nhau. Theo Wither và Vipond (1974) [88], giá trị R_c được xác định từ các thông số của đất và được điều chỉnh cho phù hợp với các tác động của sự thoát hơi nước bằng cách sử dụng quy trình của Kirkby (1976) [53], các giá trị về tỉ lệ E_t/E_o được thể hiện ở Bảng 1.13.

Bảng 1.12: Các số liệu đầu vào của phương pháp Morgan- Morgan và Finney để dự báo lượng đất mất [68].

Thông số	Giải thích ý nghĩa
MS	Sức chứa ẩm đồng ruộng của đất hoặc áp lực ẩm 1/3 bar (% w/w)
BD	Dung trọng của lớp đất bề mặt (10^3 kg/m^3)
RD	Độ sâu bộ rễ ở lớp đất mặt (m) là độ sâu tính từ bề mặt đất tới lớp đá hoặc một lớp không thấm; hết tầng A của phẫu diện đất; tới hết phần rễ tập trung chính hay tới 1,0 m. Các trị số thích hợp là 0,05 đối với cỏ và ngũ cốc, 0,1 đối với cây trồng.
SD	Tổng chiều sâu tầng đất (m) được định nghĩa là độ sâu của đất từ bề mặt đến tầng đá gốc
EHD	Độ sâu thủy học đất (m)
K	Chỉ số tách rời của đất (g/J) được định nghĩa là khối lượng đất tách rời từ khối đất trên đơn vị năng lượng mưa.
COD	Tính dính kết bề mặt (kPa)
W	Tốc độ tăng chiều sâu của phẫu diện đất do hoạt động phong hóa ở bề mặt đất và đá gây nên (mm/y).
V	Tốc độ tăng tầng đất của bộ rễ bề mặt (mm/năm), là kết quả của các biện pháp quản lý và chăm sóc cây trồng kết hợp với quá trình phân hủy tự nhiên chất hữu cơ thành mùn
S	Độ dốc của sườn dốc được biểu hiện bằng góc của sườn dốc
R	Lượng mưa năm (mm)
Rn	Số ngày mưa trong năm
I	Giá trị điển hình về cường độ của mưa gây xói mòn (mm/h)
P	Phần trăm lượng mưa đóng góp vào sự tích đọng trên lá cây và ở những chỗ trũng.
E_t/E_o	Tỉ lệ của lượng bốc hơi nước thực tế (E_t) và lượng bốc hơi nước tiềm năng (E_o)
C	Yếu tố quản lý độ che phủ của cây trồng. Kết hợp yếu tố C và P của phương trình mất đất phổ dụng để cho tỉ lệ của lượng đất mất dưới điều kiện đất được quản lý so với đất trống được làm giảm độ dốc để canh tác, các điều kiện khác là như nhau.
CC	Độ che phủ tán lá cây (0 - 1)
GC	Độ che phủ bề mặt đất (0 - 1)
PH	Chiều cao của thảm phủ
N	Số năm mô hình dự định áp dụng.



Hình 1.3: Sơ đồ khối của phương pháp Morgan, Morgan và Finney dự báo xói mòn đất (Morgan và nnk, 2008) [68].

Bảng 1.13: Những hàm điều khiển của phương pháp Morgan - Morgan và Finney để dự báo lượng đất mất

Pha về nước	$E = R (11,9 + 8,7 \log I)$	(1-14)
	$Q = R \exp (-R_c/R_o)$	(1-15)
	Trong đó :	
	$R_c = 1000 MS.BD.RD.(E_t/E_o)^{0,5}$	(1-16)
	$R_o = R/R_n$	(1-17)
Pha lắng đọng bùn cát	$F = K(E e^{-ap})^b \cdot 10^{-3}$	(1-18)
	$G = C.Q^d \cdot \sin S \cdot 10^{-3}$	(1-19)
E: Động năng của mưa (J/m^2) Q: Lượng dòng chảy bề mặt (mm) F: Tốc độ tách và bắn tóe hạt đất (kg/m^2) G: Khả năng di chuyển bùn cát của dòng chảy mặt (kg/m^2) Các giá trị của số mũ: $a = 0,05$; $b = 1,0$; Giai đoạn lắng đọng bùn cát được chia thành hai bộ phận cấu thành là sự tách hạt đất, làm bắn tóe do mưa và sự di chuyển bùn cát do dòng chảy. Sự tách rời hạt đất được mô hình hóa bằng một hàm số của năng lượng mưa nhờ sử dụng mối quan hệ được thiết lập tốt với năng lượng cho số mũ b có giá trị bằng 1,0 (Meyer, 1981 [62]) và phản ánh giới hạn ngăn chặn tác động của hạt mưa, năng lượng của mưa được xem là giảm theo quy luật số mũ do tăng tác động che chắn của cây trồng, tới giá trị 0,05 cho số mũ a (Laflen và Colvin, 1981[55]). Những giá trị điển hình biểu thị sự ngăn chặn được trình bày ở công thức 1-22 và 1-23.		

Khả năng di chuyển bùn cát của dòng chảy mặt được xác định bằng phương trình của Kirkby (1976) [53]; K – Quansah (1981) [75]:

$$H = Z \cdot Q^{1,5} \cdot \sin S \cdot (1 - GC) \cdot 10^{-3} \quad (1-20)$$

Trong đó, sự kháng cự của đất:

$$Z = 1/0,5 \cdot COH \quad (1-21)$$

Tổng lượng đất tách ra được tính:

$$J = F + H \quad (1-22)$$

Tính toán khả năng vận chuyển của dòng chảy:

$$G = C \cdot Q^2 \cdot \sin S \cdot 10^{-3} \text{ (S tính bằng độ)} \quad (1-23)$$

(Các thông số và đơn vị của công thức 1-20 đến 1-23 xem ở Bảng 1.12)

Ưu điểm của Mô hình:

Ngoài những ưu điểm của mô hình USLE thì mô hình này đã bổ sung và tính toán thêm quá trình xói mòn do dòng chảy trên sườn dốc, như vậy, mô hình đã khắc phục được hạn chế về dòng chảy của mô hình USLE.

Nhược điểm của Mô hình:

Nhiều tham số và nhiều quan hệ mô tả quá trình xói mòn trên sườn dốc, nên khi áp dụng đòi hỏi hệ thống dữ liệu phải đầy đủ, nên thường khó triển khai trong thực tế. Pha tách hạt đất và vận chuyển bùn cát hoặc lượng đất mất cho từng trận mưa của mô hình còn hạn chế.

1.6 Kết luận Chương 1:

Từ các nghiên cứu trên thế giới và ở Việt Nam, có thể đánh giá việc áp dụng các mô hình dự báo xói mòn đất và các giải pháp quản lý xói mòn đất trong những năm qua đã đạt được nhiều thành tựu, nhưng kết quả đạt được chủ yếu theo hướng chuyên ngành đơn lẻ, ít được gắn kết: ví dụ về nông nghiệp thường tập trung vào các giải pháp chống xói mòn như: mật độ thích hợp của cây trồng, chế độ xen canh luân canh cây trồng; biện pháp che phủ đất; chiều dài và độ dốc của các mô hình canh tác cây trồng cụ thể nhằm giảm thiểu tác động của địa hình đến xói mòn... (biện pháp phi công trình). Các biện pháp công trình như: mương bờ cắt dốc, hồ vẫy cá... hệ thống thu nước trên sườn dốc chưa được nghiên cứu nhiều. Cơ sở khoa học định lượng, dự báo xói mòn đất mặc dù đã áp dụng ở nhiều vùng với nhiều tác giả nhưng việc hiệu chỉnh để phù hợp cho từng vùng đặc thù chưa nhiều do đó hạn chế trong tính chính xác của việc áp dụng các mô hình dự báo.

Cho đến nay chưa có kết luận hoặc khuyến cáo cụ thể nào dựa trên cơ sở nghiên cứu khoa học của việc mô hình hóa thống kê về hoạt động xói mòn trên các hệ thống canh tác nông nghiệp trên đất dốc ở Việt Nam nhằm giảm thiểu xói mòn đất ở mức độ cho phép, đảm bảo canh tác nông nghiệp bền vững trên đất dốc, ngăn chặn quá trình thoái hóa đất do xói mòn. Do đó, cần đưa ra mô hình tính toán xác định xói mòn đất cho các mô hình canh tác nông nghiệp cho vùng đất dốc, giúp các

nhà quy hoạch, thiết kế sử dụng đất và người sản xuất có thể dễ dàng xác định nguyên nhân dẫn đến tình trạng xói mòn đất của vùng nghiên cứu và đưa ra các giải pháp áp dụng hợp lý để giảm thiểu xói mòn, bảo vệ đất.

Trên cơ sở các đánh giá tổng quan ở trên, nghiên cứu này sẽ đưa ra các cơ sở lựa chọn mô hình định lượng xói mòn đất đang được áp dụng trên thế giới vào điều kiện Việt Nam trên cơ sở khảo nghiệm hai mô hình xói mòn đất là: Mô hình mất đất phổ dụng (USLE) và mô hình Morgan – Finney (MMF). Đây là hai mô hình được xem là khá phù hợp khi áp dụng dự báo xói mòn đất cho các hệ thống canh tác nông nghiệp trên đất dốc. Hai mô hình đều có những ưu điểm có thể khắc phục những hạn chế của nhau và những nghi ngại về tính thích hợp của từng mô hình trong thực tế. Kết quả kiểm định mô hình cho phép tiến hành những hiệu chỉnh cần thiết cho phù hợp với vùng nghiên cứu, không những thế kết quả nghiên cứu sẽ đưa ra các giải pháp canh tác nông nghiệp thích hợp nhằm khuyến cáo người dân và các nhà quy hoạch sử dụng đất, quy hoạch rừng phòng hộ, chống lũ một cách hiệu quả dựa trên bảo vệ đất chống xói mòn một cách bền vững.

Sở dĩ 2 mô hình trên được lựa chọn ngoài những ưu nhược điểm đã được đánh giá nêu trên thì các cơ sở áp dụng 2 mô hình này có thể được tính toán, đo đạc theo các nghiên cứu đã được tiến hành thực tế tại miền núi phía Bắc của Việt Nam. Ngoài ra, đây là hai mô hình được áp dụng rộng rãi trên thế giới và trong khu vực. Đặc điểm của mô hình Morgan là có kể đến lượng đất xói mòn trên sườn dốc do dòng chảy gây nên, phương pháp này có xu hướng khắc phục hạn chế của mô hình USLE.

Việc kiểm định bằng cách sử dụng các mô hình khác nhau làm cơ sở để đề xuất sửa đổi bổ sung phương pháp tính toán một số chỉ số trong các thành phần của mô hình nhằm nâng cao tính chính xác và sát thực với sản xuất nông nghiệp vùng đất dốc của Việt Nam.

CHƯƠNG 2: NỘI DUNG, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nội dung nghiên cứu

- Đánh giá lựa chọn hệ số xói mòn, trong đó tập trung vào hệ số xói mòn do cây trồng (C) phù hợp với hệ thống canh tác nông nghiệp điển hình trên đất dốc vùng đồi núi phía Bắc Việt Nam.

- Kiểm định hệ số xói mòn do thực vật hiệu chỉnh bằng các số liệu đo đạc và kế thừa từ các ô quan trắc xói mòn tại khu vực đồi núi phía Bắc Việt Nam, bằng cách tính toán định lượng lượng đất mất theo lý thuyết so với đo đạc lượng đất mất tại mô hình thí nghiệm thực tế.

- Trên cơ sở kiểm định sẽ đề xuất mô hình thích hợp để áp dụng trong định lượng xói mòn đất áp dụng cho hệ thống canh tác nông nghiệp điển hình trên đất dốc miền núi phía Bắc Việt Nam.

2.2. Cơ sở lý thuyết của các vấn đề nghiên cứu

2.2.1. Cơ sở lý thuyết về các nguyên nhân gây xói mòn đất

Các nghiên cứu về nguyên nhân xói mòn trên thế giới đều thống nhất cho rằng có hai nhóm nguyên nhân chính là do tự nhiên và con người. Xói mòn tự nhiên là quá trình xói mòn diễn ra liên tục trong tự nhiên và nó gắn liền với quá trình hình thành diện mạo trái đất như ngày nay. Tác động của xói mòn tự nhiên là do 5 yếu tố chính: Khí hậu (chủ yếu là nhiệt độ, nước, thực vật; đá mẹ, địa hình và thời gian). Tuy nhiên, xói mòn tự nhiên diễn ra rất chậm chạp, liên tục, không ngừng và tạo nên diện mạo trái đất ngày nay. Để nhận biết tác động của xói mòn tự nhiên phải cần đến thời gian được tính bằng thế kỷ hoặc nhiều thế kỷ. Xói mòn do hoạt động của con người gây nên còn được gọi là xói mòn gia tăng. Xói mòn gia tăng là một dạng của xói mòn xảy ra tự nhiên nhưng cường độ của hoạt động xói mòn đột ngột gia tăng do hoạt động sống của con người gây nên. Nguyên nhân của xói mòn gia tăng, theo nhiều nhà nghiên cứu là do sự quản lý đất yếu kém và dường như đó là

cái giá tất yếu phải trả cho sự phát triển kinh tế - xã hội tác động đến tự nhiên mà không được cân nhắc cẩn thận, thiếu cơ sở khoa học.

2.2.2. Cơ sở lý thuyết về mô hình định lượng xói mòn đất

Dựa vào cơ sở lý luận và thực tế áp dụng tại Việt Nam, nghiên cứu này lựa chọn hai mô hình là mô hình mất đất phổ dụng (USLE) và mô hình Morgan – Finney (MMF) để nghiên cứu đưa ra mô hình định lượng xói mòn đất cho khu vực miền núi phía Bắc. Đây là hai mô hình được xem là khá phù hợp khi áp dụng dự báo xói mòn đất cho các hệ thống canh tác nông nghiệp trên đất dốc. Hai mô hình đều có những ưu điểm có thể khắc phục những hạn chế của nhau và những nghi ngại về tính thích hợp của từng mô hình trong thực tế.

Hai mô hình này sử dụng các thông số có thể xác định thông qua đo đạc thực nghiệm, tính toán từ số liệu đo đạc (mưa, độ che phủ...) và có thể xác định dễ dàng trong điều kiện ở nước ta. Đặc điểm của mô hình Morgan là có kể đến lượng đất xói mòn trên sườn dốc do dòng chảy gây nên, phương pháp này có xu hướng khắc phục hạn chế của mô hình USLE.

2.2.3. Cơ sở lý thuyết về hiệu chỉnh mô hình định lượng xói mòn đất

Các mô hình được xây dựng từ các thực nghiệm cho những vùng nhất định, ví dụ mô hình mất đất phổ dụng USLE xuất phát ban đầu từ Hoa Kỳ, khi sử dụng cho các vùng khác nhau trên thế giới sẽ có những hiệu chỉnh nhất định theo Mulengara và Payton, 1999 [69] ước tính hệ số C ở Hoa Kỳ không thể áp dụng cho các điều kiện nông nghiệp và khí hậu ở vùng nhiệt đới.

Trên cơ sở các số liệu đo đạc thực nghiệm, nghiên cứu này sẽ hiệu chỉnh hệ số xói mòn do cây trồng (C) và áp dụng hệ số hiệu chỉnh cho mô hình mất đất phổ dụng USLE và mô hình MMF để kiểm định. Đồng thời, sử dụng phương pháp mô hình thích hợp, nhằm triệt để lợi dụng các nghiên cứu lý thuyết, thực nghiệm về đặc tính vật lý, mưa, thủy lực của quá trình xói mòn đất trong nước và trên thế giới. Phương pháp mô hình thích hợp nhằm kiểm định các kết quả thực đo xói mòn đất của các mô hình dự báo thông qua hệ số tương quan R và giá trị sai số trung bình bình phương (RMSE).

2.3. Cách tiếp cận nghiên cứu

2.3.1. Tiếp cận thí nghiệm

Cách tiếp cận này dựa vào các ô thí nghiệm chuẩn quan trắc lượng đất xói mòn hàng năm và đo đạc, quan trắc các thông số như độ che phủ, lượng mưa, độ dốc, chiều dài sườn dốc, tính chất lý hóa học của đất...để làm cơ sở hiệu chỉnh các thông số của các mô hình dự báo xói mòn đất.

2.3.2. Tiếp cận kế thừa

Việc hiệu chỉnh mô hình cần càng nhiều các số liệu thực nghiệm càng làm tăng độ tin cậy của giá trị hiệu chỉnh mô hình. Do đó, ngoài số liệu thực nghiệm sẽ kế thừa các số liệu thực nghiệm của các nghiên cứu đã thực hiện trong phạm vi vùng nghiên cứu. Các số liệu kế thừa phải đảm bảo đầy đủ và chi tiết và được xem theo từng nhóm trên cơ sở các đặc điểm tương đồng với việc bố trí cây trồng, kỹ thuật làm đất...

2.3.3. Tiếp cận mô hình định lượng

Cách tiếp cận này dựa trên cơ sở sử dụng mô hình để định lượng các tác nhân gây xói mòn đất, để từ đó có thể áp dụng cho các khu vực có điều kiện tương tự. Sử dụng cách tiếp cận mô hình định lượng sẽ dự báo được lượng xói mòn cho khu vực, nhiều vùng khác nhau, với các điều kiện về cây trồng, kỹ thuật làm đất,...khác nhau mà không cần phải quan trắc đo đạc tại hiện trường, nhưng kết quả vẫn đảm bảo tin cậy và tiết kiệm rất nhiều thời gian và chi phí.

2.4. Phương pháp nghiên cứu

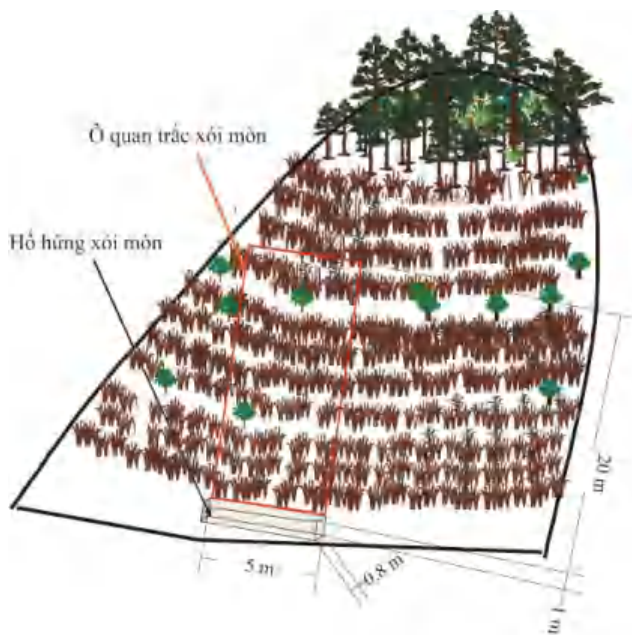
2.4.1. Phương pháp bố trí thí nghiệm

Để đánh giá diễn biến các yếu tố thảm thực vật theo phương thức canh tác khác nhau phục vụ hiệu chỉnh hệ số C, nghiên cứu này lựa chọn 3 điểm bố trí quan trắc xói mòn tại Cò Nòi, Mai Sơn, Sơn La có tọa độ địa lý là 10409'57"E và 2109'41"N. Tại khu vực này có các đặc điểm đặc trưng cho điều kiện canh tác khu vực Tây Bắc của nước ta, người dân canh tác thâm canh ngô và các cây hàng năm nhưng hầu như không áp dụng các biện pháp giảm xói mòn đất.

Bố trí 3 ô quan trắc xói mòn đất với 9 lần quan trắc tại Cò Nòi, Mai Sơn, Sơn La trong 3 năm từ năm 2015 ÷ 2017 với các loại cây trồng chính là ngô và đậu nho nhe, kích thước ô quan trắc là 5x20 m. Hồ hứng đất thực hiện theo rãnh (rộng 80cm x sâu 70cm x dài 4m) (Hình 2.1).

Lượng đất được lấy và cân hàng tháng: cân ướt, lấy 1 cân phơi khô, nhân ngược; tính từ 100m² qui ra ha.

Xác định độ che phủ của các giai đoạn sinh trưởng cây trồng được tính dựa trên độ che phủ của diện tích lá mỗi cây trồng, sau đó tính diện tích và độ che phủ của cây trồng thông qua mật độ gieo trồng để được độ che phủ cho từng thời đoạn của khu ruộng.



Bố trí các ô quan trắc xói mòn

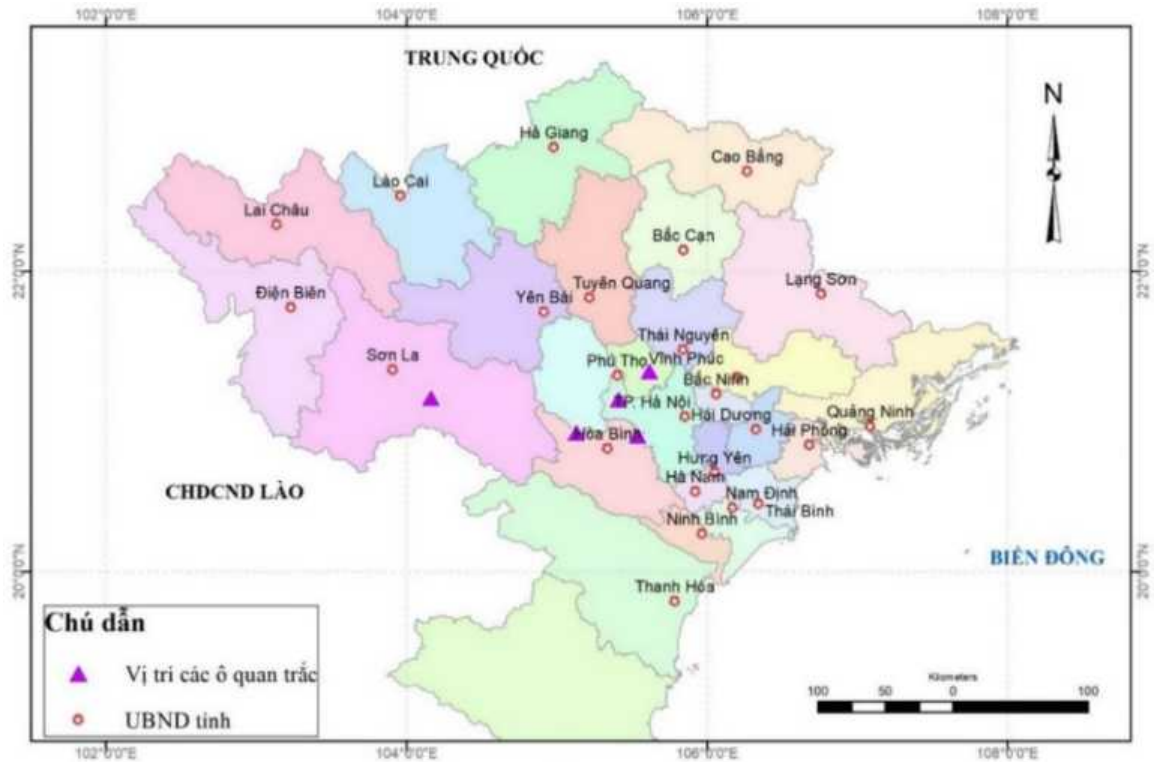


Tạo tiểu bậc thang trồng xen đậu nho nhe

Hình 2.1: Thiết kế ô thí nghiệm quan trắc xói mòn đất tại điểm ở Cò Nòi, Mai Sơn, Sơn La.

2.4.2. Phương pháp kế thừa, thu thập số liệu

Nghiên cứu này lựa chọn 5 điểm thí nghiệm xói mòn đất hiện trường với 39 ô quan trắc (Hình 2.2)



Hình 2.2: Vị trí các điểm thiết lập ô quan trắc xói mòn đất

Trong đó điểm quan trắc Cò Nòi, Mai Sơn, Sơn La được nghiên cứu này xây dựng mới, còn lại 4 điểm được kế thừa các công trình nghiên cứu khác (xem Bảng 2.1), chi tiết bố trí các ô thí nghiệm quan trắc xói mòn được trình bày ở Phụ lục 1 đến Phụ lục 4.

Ngoài ra, còn thu thập, kế thừa số liệu mưa tại các trạm khí tượng lân cận bao gồm: trạm Cò Nòi (Năm 2015, 2016, 2018), trạm Hòa Bình (Năm 2000), trạm Vĩnh Yên (2000, 2001, 2002) (Trung tâm Ứng phó Biến đổi khí hậu, 2019 [19], Trạm Xuân Mai, trạm Hòa Bình, trạm Ba Vì (1992,1993,1994,1995) (kế thừa từ nghiên cứu của Nguyễn Trọng Hà, 1996 [6]).

Bảng 2.1: Thông tin các ô quan trắc dùng để kiểm định

STT	Tên điểm	Ký hiệu	Tọa độ	Kích thước ô thí nghiệm	Cây trồng	Nguồn tham khảo
1	Bản Tát, Tân Minh, Đà Bắc, Hoà Bình.	BT-TM-ĐB-HB	105 ⁰ 11'92"E; 20 ⁰ 11'92"N	Ô kích thước 20 x 5 m	Lúa nương, sắn	Nguyễn Văn Dung và nnk, 2008 [4]
2	Thị xã Vĩnh Yên, Vĩnh Phúc.	TX VY-VP	105 ⁰ 37'54"E 21 ⁰ 18'08"N	Ô kích thước 20 x 5 m	Sắn; Sử dụng bìm bịp trong thời gian bỏ hóa	Kiyoshi Kurosawa và nnk, 2009 [54]
3	Hòa Sơn, Lương Sơn, Hoà Bình.	HS-LS-HB	105 ⁰ 42'2"E 20 ⁰ 47'1"N	Ô kích thước 20 x 5 m	Đậu đen, ngô, lạc, sắn; Sử dụng đậu hồng làm băng cây	Nguyễn Trọng Hà, 1996 [6]
4	Thụy An, Ba Vì, Hà Nội.	TA-BV	105 ⁰ 28'12"E 21 ⁰ 3'24"N	Ô kích thước 20 x 5 m	Lạc, đậu tương, khoai lang, sắn; Sử dụng đậu hồng làm băng cây	Nguyễn Trọng Hà, 1996 [6]

2.4.3. Phương pháp sử dụng mô hình định lượng.

2.4.3.1. Mô hình phương trình mất đất phổ dụng USLE

Sử dụng phương trình mất đất phổ dụng được trình bày ở công thức (1-4), các hệ số của mô hình được tính toán như trình bày ở mục 1.5.2.2, các hệ số cụ thể được tính toán ở mục 3.1.2.2 và 3.2.1 của Chương 3. Mô hình phương trình mất đất được sử dụng để hiệu chỉnh và hệ số xói mòn do thảm thực vật (C).

2.4.3.2. Mô hình Morgan-Morgan và Finney (MMF)

Mô hình Morgan-Morgan và Finney (MMF) được sử dụng để kiểm định hệ số xói mòn do cây trồng (C) trước và sau hiệu chỉnh. Phương pháp tính toán cụ thể

từng thông số của mô hình được trình bày ở mục 1.5.2.4, các hệ số cụ thể được tính toán ở mục 3.2.2, Chương 3.

Kết quả dự báo của mô hình MMF cũng được so sánh với kết quả dự báo của mô hình USLE để đề xuất mô hình định lượng xói mòn đất phù hợp.

2.4.4. Phương pháp hiệu chỉnh, kiểm định mô hình

Như đã đề xuất về định hướng nghiên cứu và hướng tiếp cận ở các phần trên, luận án tiến hành các bước nghiên cứu: lựa chọn mô hình nghiên cứu để áp dụng vào tính toán kiểm định mô hình thí nghiệm trên sườn dốc, nhằm điều chỉnh, sửa đổi, bổ sung với các mô hình thí nghiệm thực tiễn ở vùng đất dốc vùng đồi núi phía Bắc Việt Nam. Nội dung bao gồm: (1) phân tích lựa chọn mô hình tính toán; (2) lựa chọn mô hình thí nghiệm để kiểm định; (3) phân tích lựa chọn hệ số hiệu chỉnh.

Để hiệu chỉnh hệ số C phù hợp cho hoạt động sản xuất nông nghiệp khu vực miền núi phía Bắc với điều kiện lượng mưa lớn, phân bố không đều, địa hình dốc, cơ cấu mùa vụ thay đổi sẽ hiệu chỉnh dựa trên trọng số phân bố lượng mưa, độ che phủ theo từng giai đoạn phát triển của cây và các kỹ thuật tác động vào đất (cày, cuốc, làm cỏ...). Chi tiết các bước hiệu chỉnh hệ số xói mòn do cây trồng (C) sẽ được trình bày ở chương 3.

Hệ số C hiệu chỉnh (C_h) sẽ được hiệu chỉnh dựa vào kết quả nghiên cứu quan trắc tại 01 ô quan trắc thiết lập tại Cò Nòi và kế thừa số liệu 04 ô quan trắc xói mòn ở khu vực khác nhau với 39 lần thí nghiệm sẽ sử dụng các mô hình để hiệu chỉnh và kiểm định lại áp dụng hệ số C hiệu chỉnh mới so với hệ số C tra bảng thông thường để đánh giá kết quả hiệu chỉnh và đề xuất áp dụng.

Trên cơ sở các hệ số xói mòn lựa chọn, tiến hành áp dụng tính toán cho các mô hình dự báo, kết quả tính toán áp dụng tại các ô quan trắc và được so sánh với lượng đất mất đo thực tế. Các chỉ số đánh giá sai số giữa mô hình dự báo và kết quả đo thực tế là hệ số tương quan R và sai số trung bình bình phương (RMSE - Root Mean Square Error). Các giá trị được tính theo công thức sau:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N (F_i - \bar{F})(O_i - \bar{O})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (F_i - \bar{F})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2}} \quad (2-1)$$

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (F_i - O_i)^2} \quad (2-2)$$

Trong đó: F_i và O_i tương ứng là giá trị mô hình và giá trị quan trắc của một biến nào đó (lượng đất mất); $i=1,2,\dots, N$; N là dung lượng mẫu.

Sai số trung bình bình phương (RMSE) là một trong những đại lượng cơ bản và thường được sử dụng phổ biến cho việc đánh giá kết quả của mô hình dự báo số trị. Người ta thường sử dụng đại lượng RMSE biểu thị độ lớn trung bình của sai số. Đặc biệt RMSE rất nhạy với những giá trị sai số lớn [34].

CHƯƠNG 3: KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hiệu chỉnh hệ số xói mòn do cây trồng (C)

3.1.1. Lựa chọn phương pháp hiệu chỉnh hệ số cây trồng C trong đánh giá xói mòn đất

Về nguyên lý, Ellison (1947) [42] đã xác định tác nhân gây xói mòn mạnh nhất là xung lực hạt mưa đập vào mặt đất, đồng thời tác giả đã chia quá trình này thành 3 pha:

Pha 1: Tách các hạt đất ra khỏi khối đất.

Pha 2: Di chuyển các phần tử tách ra đi nơi khác.

Pha 3: Lắng đọng chúng ở một nơi khác.

Do đó, nếu hạn chế được pha 1 thì sẽ làm giảm đi rất nhiều các tác động pha 2 và pha 3. Thảm thực vật là một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến xói mòn đất, liên quan đến khả năng làm giảm tác động của hạt mưa vào đất, là nguyên nhân gây ra pha 1. Nghiên cứu hệ số xói mòn do cây trồng trong đánh giá xói mòn có thể dựa theo tính toán từ thực nghiệm và gần đây một số tác giả đã sử dụng phương pháp viễn thám với chỉ số thực vật để xác định hệ số C. Tuy nhiên, các giá trị yếu tố C ước tính từ dữ liệu viễn thám chưa được so sánh với giá trị yếu tố C thu được từ dữ liệu thực nghiệm và do đó, cũng có thể tạo ra sự không chắc chắn liên quan đến dự đoán xói mòn đất (Oliveira và nnk, 2015 [72]). Bên cạnh đó, hệ số C xác định từ viễn thám chỉ vào thời điểm nhất định sẽ không phù hợp cho các hệ thống cây trồng có sự thay đổi độ che phủ thường xuyên như canh tác cây hàng năm ở đồi núi phía Bắc Việt Nam.

Nghiên cứu này chỉnh hệ số xói mòn do cây trồng (C) áp dụng cho điều kiện canh tác cây trồng hàng năm cho khu vực đồi núi phía Bắc nước ta. Sử dụng phương pháp thực nghiệm, trên cơ sở các ô quan trắc xói mòn được thiết lập và kế thừa các kết quả nghiên cứu đã có về các ô quan trắc xói mòn khác nhau sẽ tính

toán hệ số C hiệu chỉnh dựa vào quan trắc các yếu tố thực nghiệm. Ở đây sẽ lựa chọn các điểm quan trắc xói mòn với các cây trồng đặc trưng cho các hệ thống nông nghiệp vùng đồi núi phía Bắc nước ta để hiệu chỉnh hệ số C bằng cách kết hợp các phương pháp của Wischmeier và Smith (1981) [86], Morgan (2005) [67] và Stone và Hilborn (2000) [80]. Theo đó, việc hiệu chỉnh hệ số C sẽ kết hợp giữa lịch thời vụ canh tác, độ che phủ của tán cây, lượng mưa và các kỹ thuật tác động vào đất.

Về mô hình tính toán để hiệu chỉnh hệ số C, nghiên cứu này sử dụng mô hình mất đất phổ dụng (USLE) để xác định hệ số cây trồng C phù hợp cho điều kiện canh tác nông nghiệp vùng núi phía Bắc nước ta. Mô hình Morgan và Finney (MMF) sử dụng hệ số xói mòn do cây trồng (C) và hệ số biện pháp quản lý (P) của mô hình mất đất phổ dụng (USLE) nên sau khi hiệu chỉnh hệ số C sẽ sử dụng kết quả dự báo của cả hai mô hình USLE và MMF để kiểm định hệ số C hiệu chỉnh và hệ số C tra theo bảng của Hội Khoa học Đất quốc tế. Trên cơ sở kết quả dự báo của hai mô hình và kết quả quan trắc lượng đất mất thực tế sẽ đánh giá sự phù hợp của hai mô hình và đề xuất sử dụng.

3.1.2. Hiệu chỉnh hệ số cây trồng (C) cho vùng đồi núi phía Bắc Việt Nam

3.1.2.1. Đặc trưng về điều kiện canh tác và độ che phủ đối với canh tác nông nghiệp vùng đồi núi phía Bắc Việt Nam

Vùng Trung du miền núi phía Bắc với tổng diện tích tự nhiên là 95.270 km² (chiếm 28,79% diện tích cả nước), dân số 12,5 triệu người với trên 30 dân tộc cùng sinh sống (Tổng cục thống kê, 2019) [17].

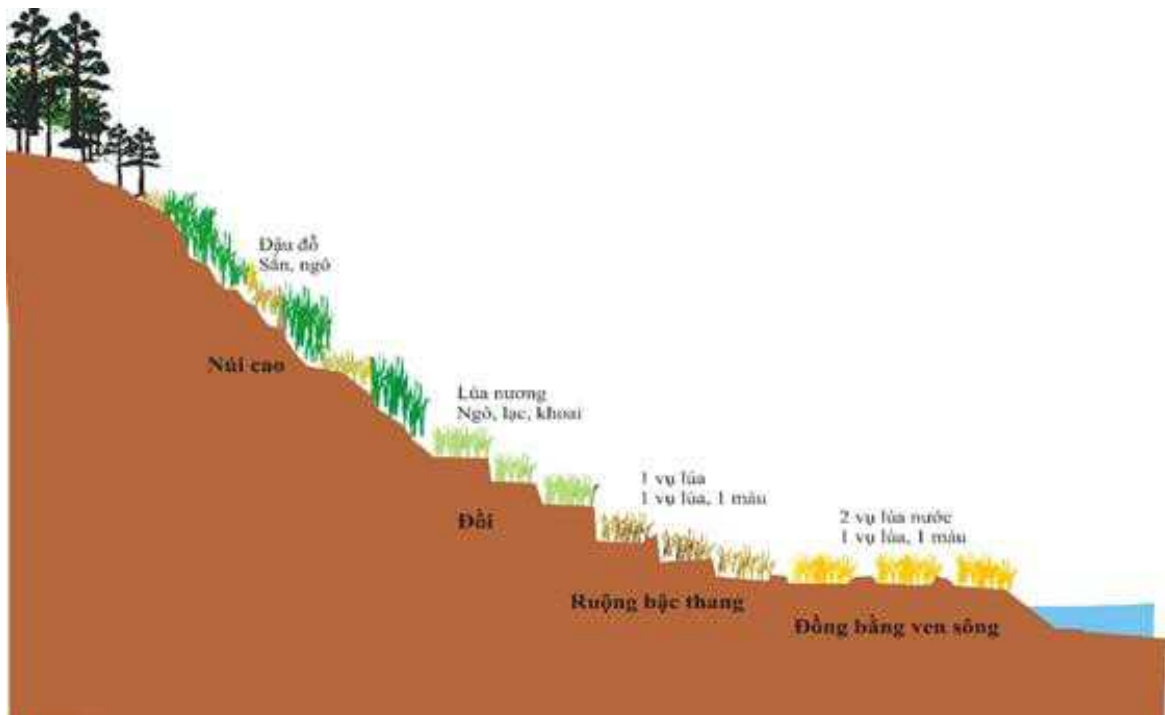
Là vùng được đánh giá có nhiều lợi thế cho phát triển nông nghiệp như: (i) Có tài nguyên thiên nhiên đa dạng, phong phú, thuận lợi cho phát triển một nền nông nghiệp đa dạng về cơ cấu sản phẩm với nhiều loại cây trồng, vật nuôi có nguồn gốc nhiệt đới, á nhiệt đới và ôn đới; (ii) Đất đai rộng lớn, với các nhóm đất thuận lợi cho phát triển nhiều loại cây lâu năm hiệu quả kinh tế cao. (i) Có nhiều cửa khẩu quốc tế và tiểu ngạch thuận lợi cho giao thương, xuất nhập khẩu nông sản và vật tư nông nghiệp.

Tuy vậy, vùng cũng có nhiều khó khăn, như địa hình dốc, chia cắt phức tạp, cơ sở hạ tầng còn bất cập, thiếu đồng bộ, vào mùa mưa thường xảy ra lũ quét, sạt lở đất ảnh hưởng đến đời sống, sản xuất của người dân.

a. Phân bố cây trồng theo điều kiện địa hình

Đối với vùng đồi núi phía Bắc Việt Nam, hệ thống cây trồng không những phụ thuộc rất lớn vào điều kiện địa hình mà còn phụ thuộc vào phân bố lượng mưa trong năm.

Đối với các khu vực sườn núi cao, việc áp dụng canh tác theo đường đồng mức, ruộng bậc thang sử dụng nước tưới từ mưa và nước chảy ra từ các khe núi và được vận chuyển vào các kênh thủy lợi chảy vào ruộng.



Hình 3.1: Đặc trưng bố trí các cây trồng theo đặc điểm địa hình, nguồn nước ở vùng núi phía Bắc Việt Nam

Ở khu vực ruộng bậc thang tưới nhờ mưa, lúa chỉ có thể được canh tác trong mùa mưa vì lượng mưa không đủ cho chu kỳ canh tác thứ hai trong mùa khô. Tại ruộng bậc thang có thể sử dụng cây trồng luân canh như ngô để trồng trong mùa khô vì nó không cần nhiều nước để phát triển. Đối với các khu vực sườn đồi có độ dốc cao, điều kiện địa hình, nguồn nước không cho phép làm ruộng bậc thang

thường canh tác các cây trồng cạn như ngô, đậu đỗ, sắn, cây ăn quả, các mô hình nông lâm kết hợp. Vì không có thiết lập tưới tiêu cho các hệ thống canh tác ở khu vực này nên được gọi là hệ thống canh tác nhờ mưa.

Như vậy, ở vùng đồi núi phía Bắc, trên một sườn đồi, phân bố cây trồng còn phụ thuộc vào nguồn nước tưới và điều kiện địa hình. Các vùng ven sông, suối có nguồn nước tưới thường trồng chuyên lúa nước hoặc luân canh lúa - màu. Các vùng cao hơn thường được bố trí các cây trồng có nhu cầu nước ít hơn như lúa nương, sắn, ngô, đậu đỗ, cây ăn quả, các mô hình nông lâm kết hợp,...(Hình 3.1).

Bảng 3.1: Hiện trạng sử dụng đất nông nghiệp vùng trung du miền núi phía Bắc

STT	Loại đất	Cả nước		Vùng trung du miền núi phía Bắc		
		Diện tích (ha)	% so với tổng diện tích	Diện tích (ha)	% so với tổng diện tích vùng	% so với cả nước
	Tổng diện tích tự nhiên	33.123.568	100.00	9.522.223	100,00	28,75
1	Đất trồng cây hàng năm	6.969.303	21,04	1.629.559	17,11	4,92
	Đất trồng lúa	4.126.430	12,46	579.988	6,09	1,75
	Đất trồng cây hàng năm khác	2.842.873	8,58	1.049.571	11,02	3,17
2	Đất trồng cây lâu năm	4.538.707	13,70	491.306	5,16	1,48
3	Đất lâm nghiệp	14.910.513	45,01	5.398.732	56,70	16,30
4	Đất nuôi trồng thủy sản	796.053	2,40	43.003	0,45	0,13
5	Đất nông nghiệp khác	36.858	0,11	2.760	0,03	0,01

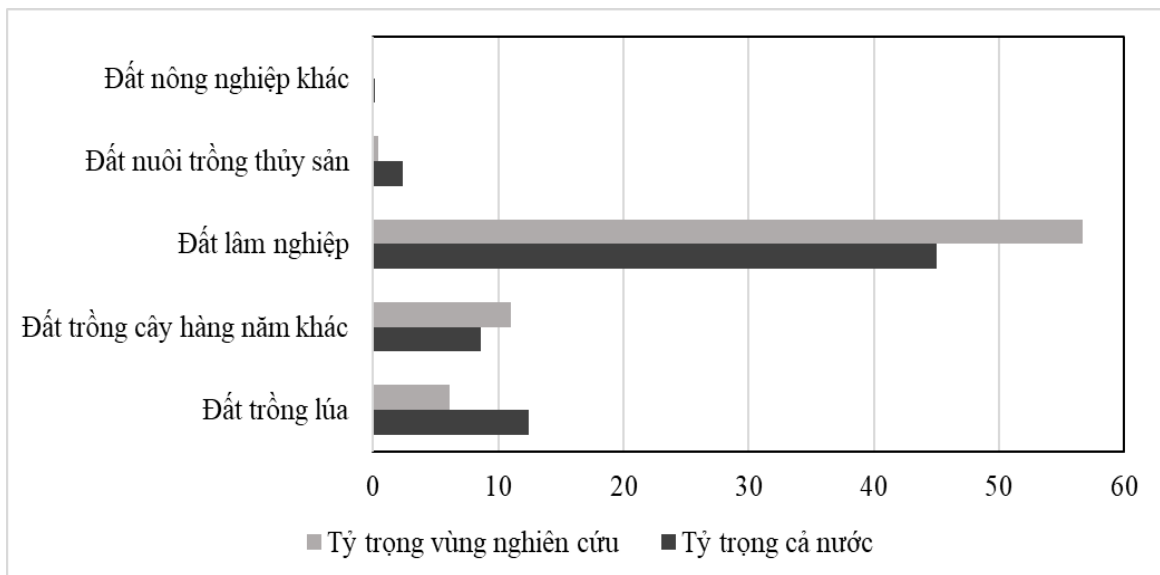
Nguồn: Tổng cục Thống kê, 2019 [17]

b. Các hệ thống cây trồng chính và kỹ thuật canh tác

Hiện trạng sử dụng đất nông nghiệp

Kết quả tổng hợp hiện trạng sử dụng đất nông nghiệp vùng trung du miền núi phía Bắc được thể hiện ở Bảng 3.1. Kết quả tổng hợp cho thấy, mặc dù điều kiện địa hình đồi núi nhưng đất trồng cây hàng năm chiếm 17,11% so với diện tích toàn vùng (toàn quốc là 21,04%), trong đó đất trồng lúa chiếm 6,09% (so với toàn quốc là 12,46%) và đất trồng cây hàng năm khác (ngô, khoai, sắn, lạc, đậu đỗ,...) chiếm 11,2% (so với toàn quốc là 8,58%).

Mặc dù điều kiện địa hình đồi núi, độ dốc lớn nhưng hiện nay đất cho hoạt động canh tác nông nghiệp sử dụng các cây trồng hàng năm (lúa, ngô, khoai, sắn, lạc, đậu đỗ...) vẫn chiếm tỷ trọng khá lớn trong vùng. Đặc biệt, đất trồng cây hàng năm khác (ngô, khoai, sắn, lạc, đậu đỗ...) chiếm 11,2% lớn hơn so với toàn quốc là 8,58% (Hình 3.2). Các hệ thống canh tác cây hàng năm trên điều kiện địa hình đồi núi với độ dốc lớn sẽ gây ra xói mòn đất mạnh nếu không có các biện pháp phòng chống xói mòn đất phù hợp.



Hình 3.2: So sánh tỷ trọng (cơ cấu) cây trồng của vùng nghiên cứu so với cả nước
Các hệ thống cây trồng, kỹ thuật canh tác

Như đánh giá ở phần trên hệ thống cây trồng ở vùng đồi núi phía Bắc nước ta phụ thuộc vào điều kiện địa hình và nguồn nước tưới. Các hệ thống canh tác nông

nghiệp hàng năm của vùng gồm nhiều loại cây trồng như lúa nước, lúa nương, ngô, khoai, đậu đỗ, sắn,...Nhiều công trình nghiên cứu các khu vực khác nhau trong vùng nghiên cứu Lê Quốc Doanh và cộng sự, 2003 [3], Trần Đình Long và cộng sự, 2005 [8], Thái Phiên và cộng sự, 2002 [12], Viện Quy hoạch Thiết kế nông nghiệp, 2005 [21], Viện Thổ nhưỡng Nông hóa, 2014 [22] có thể tổng hợp các hệ thống canh tác như (Bảng 3.2).

Trong nghiên cứu này sẽ nghiên cứu đối với cây lương thực ngắn ngày chủ yếu của vùng: lúa nước, lúa nương, lạc, đậu đỗ, ngô, khoai, sắn.

Kỹ thuật canh tác, dựa vào lịch thời vụ được chia theo các giai đoạn canh tác (làm đất, gieo hạt, tăng trưởng và phát triển tán, thu hoạch và bỏ hoang) và các giai đoạn thời gian (tháng trong năm) để có thể xem xét khả năng che phủ và giải pháp quản lý thống nhất trong từng thời kỳ.

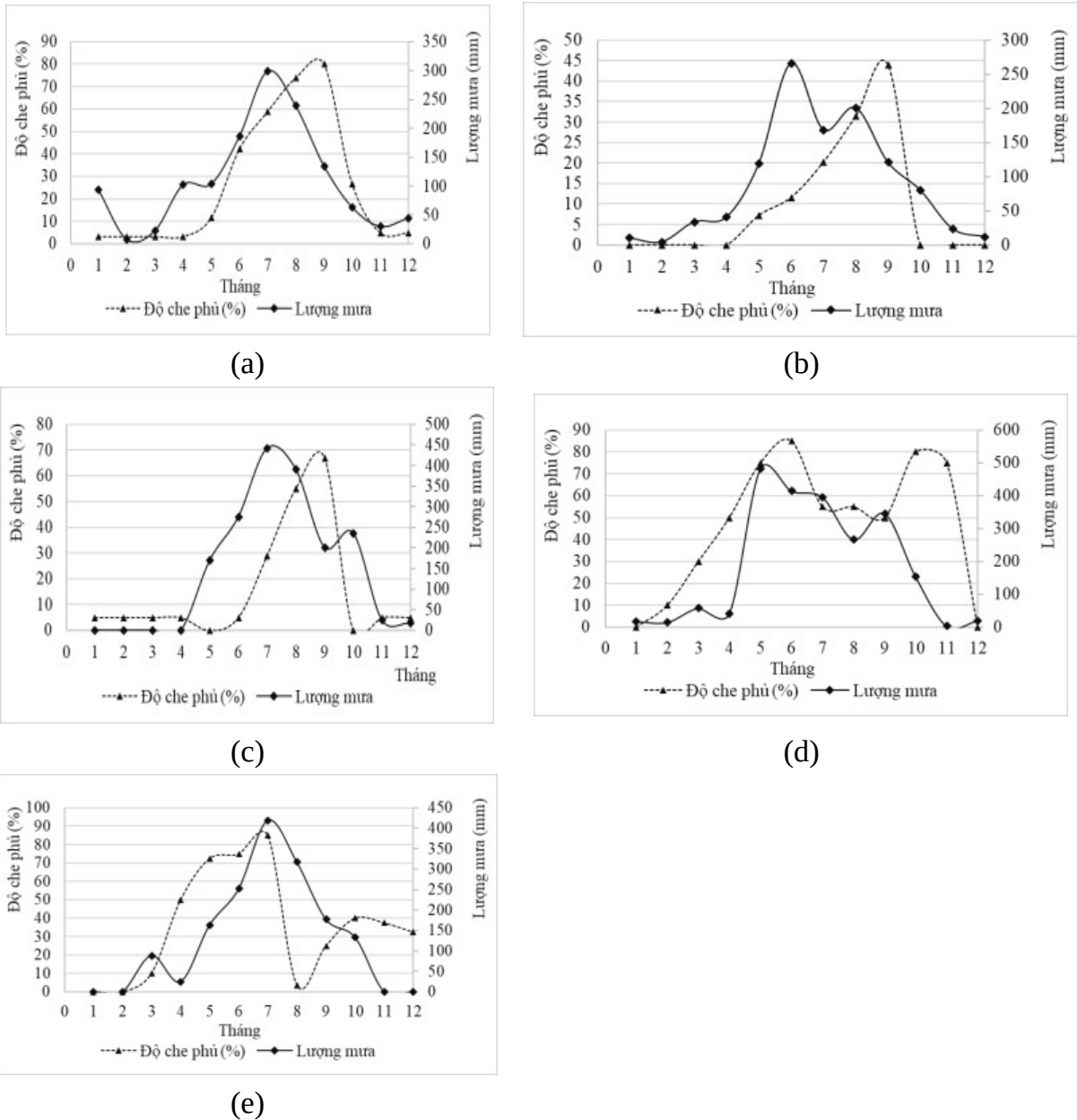
- Làm đất, gieo hạt: Trong quá trình làm đất đối với vùng núi phía Bắc các tác động vào đất như cày, bừa, chặt, đốt, cuốc,...và gieo hạt (hoặc củ), dậm canh,...Đây là giai đoạn dễ bị tổn thương do xói mòn đất, đặc biệt nếu gặp mưa do độ che phủ của tán cây hầu như không có, tầng đất mặt bị cày xới nên khi gặp tác động hạt mưa sẽ dễ bị tách ra và rửa trôi.
- Giai đoạn phát triển của cây: Là giai đoạn giữa giai đoạn gieo hạt và thu hoạch, trong giai đoạn này các biện pháp kỹ thuật tác động vào đất như làm cỏ, xới xáo đất và bón phân, do cây đã phát triển tán nên bề mặt đất sẽ được hạn chế các tác động tách ra khi gặp mưa.
- Thu hoạch và bỏ hoang: Ở giai đoạn này tác động vào đất phụ thuộc vào các kỹ thuật thu hoạch khác nhau hái (ngô), cắt (lúa) hoặc cuốc, đào, nhổ (khoai, lạc, sắn) và quản lý tàn dư cây trồng còn lại trên mặt đất (che tủ, đốt, mang đi). Các kỹ thuật khác nhau sẽ tác động vào đất và mạnh hơn ở giai đoạn này khi gặp mưa, đặc biệt các loại cây trồng cho củ (đào, nhũ để lấy củ đối với khoai, sắn, lạc) khi thu hoạch sẽ tác động mạnh lên bề mặt đất nên khi gặp mưa dễ bị tách ra và bị rửa trôi.

Bảng 3.2: Các hệ thống cây trồng chính khu vực đồi núi phía Bắc

STT	Loại sử dụng đất	Hệ thống cây trồng
1	Chuyên lúa	Lúa nương
		Lúa mùa
		Lúa xuân - Lúa mùa
2	Luân canh lúa - màu	Đậu tương xuân - Lúa mùa
		Lạc xuân - Lúa mùa
		Ngô xuân hè - Lúa mùa
3	Chuyên màu	Ngô xuân hè (có hoặc không trồng xen đậu đỗ)
		Ngô xuân hè - Ngô hè thu (có hoặc không trồng xen đậu đỗ)
		Khoai lang xuân - Khoai lang mùa
		Rau xuân - Rau mùa - Rau đông
		Sắn (có hoặc không trồng xen đậu đỗ)
		Mía tím
4	Chuyên cây công nghiệp hàng năm	Đậu tương xuân - Đậu tương mùa
		Lạc xuân - Lạc mùa
		Sắn
		Mía công nghiệp
5	Chuyên cây công nghiệp lâu năm	Chè
		Cà phê chè
		Cao su
		Mắc ca
6	Cây ăn quả	Cam
		Dứa
		Đào
		Mận
		Nhãn
		Vải
		Hồng
		Xoài

c. Đặc trưng về mối quan hệ giữa mùa vụ, độ che phủ và lượng mưa vùng núi phía Bắc Việt Nam

Như đã trình bày ở trên độ che phủ của tán cây, lượng mưa và các biện pháp kỹ thuật sẽ có tác động vào đất phụ thuộc vào bố trí mùa vụ và phân bố lượng mưa trong năm.



Hình 3.3: Phân bố độ che phủ tán cây và lượng mưa theo tháng tại các ô quan trắc xói mòn đất.

Ở đây sẽ tổng hợp số liệu từ các ô quan trắc xói mòn đất và phân tích mối quan hệ giữa mùa vụ, độ che phủ. Kết quả quan trắc tại 5 điểm (điểm trồng ngô xen đậu nho nhe tại Cò Nòi, Mai Sơn, Sơn La; điểm trồng sắn tại Thị xã Vĩnh Yên, Vĩnh Phúc; điểm tại Bản Tát, Tân Minh, Đà Bắc, Hòa Bình; điểm tại Thụy An, Ba Vì, Hà Nội và điểm tại Hòa Sơn, Lương Sơn, Hòa Bình) được trình bày ở Hình 3.3. Trong đó, a) Phương thức trồng ngô xen đậu nho nhe tại Cò Nòi, Mai Sơn, Sơn La; b) Phương thức trồng sắn có sử dụng cây bìm bịp che phủ trong thời gian bỏ hóa tại Thị xã Vĩnh Yên, Vĩnh Phúc (Kiyoshi và nnk, 2009) [54]; c) Phương thức trồng lúa nương, sắn tại Bản Tát, Tân Minh, Đà Bắc, Hòa Bình (Nguyễn Văn Dung, 2008) [4]; d) Phương thức trồng Lạc, đậu tương, khoai lang, sắn và sử dụng đậu hồng đào làm băng cây tại Thụy An, Ba Vì, Hà Nội và e) phương thức trồng Ngô luân canh đậu đen, lạc, sắn, tại Hòa Sơn, Lương Sơn, Hòa Bình (Nguyễn Trọng Hà, 1996) [6].

Do lớp phủ thực vật bảo vệ đất khỏi tác động của hạt mưa, nên sự tăng trưởng và phát triển tán cùng với phân bố lượng mưa sẽ tác động rất lớn đến lượng đất bị xói mòn. Hiệu quả kiểm soát xói mòn của hệ thống cây trồng phụ thuộc vào cách thức phân bố lượng mưa xói mòn trong năm, được phân phối giữa các giai đoạn của từng loại cây trồng trong hệ thống (Wischmeier và Smith, 1981 [87]).

Sơ đồ biểu diễn độ che phủ thảm thực vật và lượng mưa theo các tháng trong năm của phương thức canh tác tại 5 ô quan trắc xói mòn đất ở Hình 3.3 cho thấy: Ở các điểm ở Cò Nòi, Vĩnh Yên và Bản Tát có đỉnh lượng mưa xuất hiện vào giai đoạn tháng 5 đến tháng 7, trong khi đỉnh của độ che phủ xuất hiện muộn hơn vào tháng 8 đến tháng 10. Trong khi đó, tại điểm quan trắc ở Thụy An và Hòa Sơn đỉnh độ che phủ khá tương đồng với đỉnh lượng mưa.

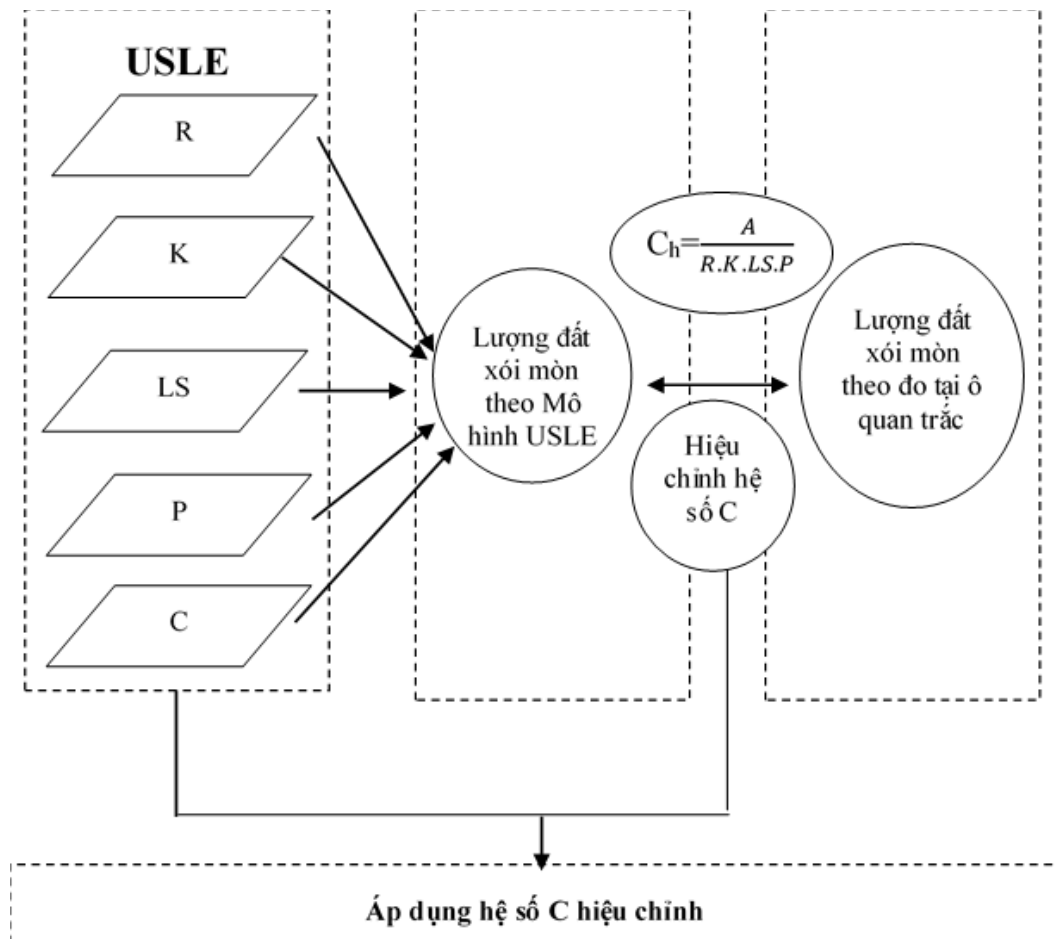
3.1.2.2. Hiệu chỉnh hệ số C phù hợp cho vùng đồi núi phía Bắc Việt Nam

a. Tính toán các hệ số từ các ô quan trắc xói mòn

Như đã trình bày ở các phần trên sẽ sử dụng phương trình mất đất phổ dụng USLE để hiệu chỉnh hệ số xói mòn do thực vật C, theo đó USLE sử dụng các hệ số xói mòn sau: Hệ xói mòn do mưa (R), hệ xói mòn của đất (K), hệ số độ dài sườn dốc (L), độ dốc (S), hệ số xói mòn do thảm thực vật (C) và các biện pháp làm đất

(P). Trong số các yếu tố này, yếu tố hệ số xói mòn do thảm thực vật (C) là một trong những yếu tố nhạy cảm nhất về mặt không gian địa lý do phụ thuộc và tăng trưởng của thực vật (cây trồng, mùa vụ) và lượng mưa (Nearing và nnk, 2005 [70]).

Để xác định hệ số C hiệu chỉnh theo kỹ thuật làm đất, nghiên cứu này tiếp cận theo hướng sử dụng các kết quả quan trắc ô xói mòn đã có và ô quan trắc thiết lập tại Cò Nòi, Mai Sơn, Sơn La và kế thừa các ô quan trắc khác (Bảng 2.1) để hiệu chỉnh hệ số xói mòn do thực vật C, ở nghiên cứu này sẽ đặt hệ số C hiệu chỉnh này là C_h . Hệ số C_h được tính toán dựa trên kết quả đo đạc lượng đất xói mòn và các thông số lượng mưa, độ dốc, chiều dài sườn dốc, hệ số quản lý đất thực tế của các ô quan trắc xói mòn. Sơ đồ cách tiếp cận được trình bày ở Hình 3.4.



Hình 3.4: Sơ đồ cách tiếp cận kiểm định hệ số C đối với một ô quan trắc.

Ở phần này từ các thông tin tại 5 ô quan trắc với 39 thí nghiệm được trình bày ở Phụ lục 7 sẽ tiến hành tính toán các thông số của mô hình USLE như sau:

Hệ số xói mòn do mưa (R):

Hệ số R được tính toán từ số liệu mưa trung bình theo công thức của Nguyễn Trọng Hà, 1996 [6] như sau:

$$R = 0,548257 \cdot P - 59,5 \quad (3-1)$$

Trong đó: R: Hệ số xói mòn do mưa (J/m^2); P: lượng mưa trung bình năm (mm/năm).

Kết quả xác định hệ số R cho 39 lần quan trắc tại 5 ô quan trắc xói mòn được thể hiện ở Bảng 3.3.

Bảng 3.3: Kết quả xác định hệ số xói mòn do mưa R dựa vào lượng mưa năm của các điểm quan trắc

STT	Tên điểm	Năm	Lượng mưa (mm/năm)	Hệ số R
1	CN-MS-SL (CT T3)	2017	1209	603,44
2	CN-MS-SL (CT T3)	2016	1433	725,88
3	CN-MS-SL (CT T3)	2015	1343	676,86
4	CN-MS-SL (CT T2)	2017	1209	603,44
5	CN-MS-SL (CT T2)	2016	1433	725,88
6	CN-MS-SL (CT T2)	2015	1343	676,86
7	CN-MS-SL (CT T1)	2017	1209	603,44
8	CN-MS-SL (CT T1)	2016	1433	725,88
9	CN-MS-SL (CT T1)	2015	1343	676,86
10	BT, TM, ĐB, HB (Ô 1)	2000	1171	602,16
11	BT, TM, ĐB, HB (Ô 2)	2000	1171	602,16
12	BT, TM, ĐB, HB (Ô 3)	2000	1171	602,16
13	BT, TM, ĐB, HB (Ô 4)	2000	1171	602,16
14	BT, TM, ĐB, HB (Ô 5)	2000	1171	602,16
15	TX VY-VP (Ô 6)	2000	921	445,44
16	TX VY-VP (Ô 6)	2002	1224	611,57
17	TX VY-VP (Ô 8)	2000	921	445,44

STT	Tên điểm	Năm	Lượng mưa (mm/năm)	Hệ số R
18	TX VY-VP (Ô 8)	2001	1102	544,68
19	TX VY-VP (Ô 10)	2002	1224	611,57
20	HS-XM (CT T1)	1993	1243	622,09
21	HS-XM (CT T1)	1994	1574	803,29
22	HS-XM (CT T1)	1995	971	472,69
23	HS-XM (CT T2)	1993	1243	622,09
24	HS-XM (CT T2)	1994	1574	803,29
25	HS-XM (CT T2)	1995	971	472,69
26	HS-XM (CT T4)	1993	1243	622,09
27	HS-XM (CT T4)	1994	1574	803,29
28	HS-XM (CT T4)	1995	971	472,69
29	HS-XM (CT T5)	1993	1243	422,09
30	HS-XM (CT T5)	1994	1574	803,29
31	HS-XM (CT T5)	1995	971	472,69
32	TA-BV (CT T2)	1992	1196	396,22
33	TA-BV (CT T2)	1993	1667	854,44
34	TA-BV (CT T2)	1994	1754	902,14
35	TA-BV (CT T3)	1992	1196	596,22
36	TA-BV (CT T3)	1993	1667	854,44
37	TA-BV (CT T3)	1994	1754	902,14
38	TA-BV (CT T4)	1993	1667	854,44
39	TA-BV (CT T4)	1994	2754	1450,4

Nhìn chung do lượng mưa trung bình năm trong vùng nghiên cứu khá lớn (dao động từ trên 900-2.750mm) nên hệ số xói mòn do tác động của mưa trong vùng lớn (dao động từ trên 445 đến trên 1.450). Lượng mưa lớn, tập trung nhiều vào mùa mưa (Hình 3.4) là một trong những nguyên nhân chính gây ra xói mòn tại vùng đồi núi phía Bắc nước ta.

Hệ số mẫn cảm của đất đối với xói mòn (K):

Các giá trị hệ số K được xác định thành phần cơ giới và lượng chất hữu cơ trong đất (Bảng 1.2). Trong đó, đối với vùng núi phía Bắc Việt Nam, nghiên cứu này lựa chọn hàm lượng chất hữu cơ ở mức trung bình là 2%. Thành phần cơ giới được xác định theo các cấp hạt chính là cát, sét và limon sau đó dựa vào tam giác phân loại thành phần cơ giới của USDA (Meyer, 1981) [82] để xác định thành phần cơ giới và hệ số K tương ứng. Khi một phân loại thành phần cơ giới gần đường biên của hai loại khác, sử dụng giá trị trung bình của hai giá trị hệ số K. Để có được các giá trị an toàn trong các đơn vị số liệu được sử dụng ở bảng trên, các giá trị trên phải được nhân với 1,292 (Mepas, 2018) [61]. Dựa vào thành phần cơ giới đất đo tại ô quan trắc xác định hệ số K tại 5 ô quan trắc như sau:

Bảng 3.4: Kết quả xác định hệ số K tại các ô quan trắc xói mòn

STT	Tên điểm	Hệ số K
1	Cò Nòi, Mai Sơn, Sơn La (công thức 1)	0,17
	Cò Nòi, Mai Sơn, Sơn La (công thức 2,3)	0,44
2	Bản Tát, Tân Minh, Đà Bắc, Hòa Bình (Ô 1)	0,17
3	TX Vĩnh Yên, Vĩnh Phúc	0,44
4	Hòa Sơn, Xuân Mai, Hòa Bình	0,15
5	Thụy An, Ba Vì, Hà Nội	0,31

Hệ số địa hình LS

Nghiên cứu này lựa chọn công thức tính hệ số chiều dài sườn dốc và độ dốc tại các ô quan trắc xói mòn như sau:

Hệ số chiều dài sườn dốc được xác định theo công thức sau:

$$L = (l/22,13)^m \quad (3-2)$$

Trong đó: L là hệ số chiều dài sườn dốc (m); l: chiều dài sườn dốc; m: là hằng số xác định bằng tỷ số giữa rãnh xói mòn, đối với vùng nghiên cứu với địa

hình đồi núi, có độ dốc chủ yếu > 5% do vậy nghiên cứu này lựa chọn giá trị $m = 0,5$ (Renard và nnk, 1997) [76].

Hệ số địa hình LS được xác định theo các công thức sau:

$$LS = \left(\frac{1}{22,13} \right)^{0,5} (0,065 + 0,045S + 0,0065S^2) \quad (3-3)$$

Trong đó: S: Độ dốc (%);

Kết quả xác định các thông số L, S và LS được tổng hợp ở Bảng 3.5. Hệ số LS phụ thuộc vào độ dốc và chiều dài sườn dốc của các ô quan trắc, hệ số LS bình quân 6,12, thấp nhất ở điểm Thụy An, Ba Vì với giá trị 0,63 (độ dốc 7%) và cao nhất ở điểm Cò Nòi, Mai Sơn với giá trị 12,96 (độ dốc 67%).

Bảng 3.5: Kết quả xác định hệ số L và hệ số LS tại các ô quan trắc xói mòn tại 5 điểm nghiên cứu

STT	Tên điểm	Năm	Chiều dài ô l (m)	Hệ số L	Độ dốc S (%)	Hệ số địa hình LS
1	CN-MS-SL (CT T3)	2017	20	0,95	27	5,72
2	CN-MS-SL (CT T3)	2016	20	0,95	27	5,72
3	CN-MS-SL (CT T3)	2015	20	0,95	27	5,72
4	CN-MS-SL (CT T2)	2017	20	0,95	36	10,10
5	CN-MS-SL (CT T2)	2016	20	0,95	36	10,10
6	CN-MS-SL (CT T2)	2015	20	0,95	36	10,10
7	CN-MS-SL (CT T1)	2017	20	0,95	32	8,20
8	CN-MS-SL (CT T1)	2016	20	0,95	32	8,20
9	CN-MS-SL (CT T1)	2015	20	0,95	32	8,20
10	BT, TM, ĐB, HB (Ô 1)	2000	20	0,95	67	12,96
11	BT, TM, ĐB, HB (Ô 2)	2000	20	0,95	55	8,84
12	BT, TM, ĐB, HB (Ô 3)	2000	20	0,95	55	8,84
13	BT, TM, ĐB, HB (Ô 4)	2000	20	0,95	65	12,22
14	BT, TM, ĐB, HB (Ô 5)	2000	20	0,95	58	9,80

STT	Tên điểm	Năm	Chiều dài ô l (m)	Hệ số L	Độ dốc S (%)	Hệ số địa hình LS
15	TX VY-VP (Ô 6)	2000	20	0,95	8	0,80
16	TX VY-VP (Ô 6)	2002	20	0,95	8	0,80
17	TX VY-VP (Ô 8)	2000	20	0,95	14	1,87
18	TX VY-VP (Ô 8)	2001	20	0,95	14	1,87
19	TX VY-VP (Ô 10)	2002	20	0,95	14	1,87
20	HS-XM (CT T1)	1993	30	1,16	31	8,46
21	HS-XM (CT T1)	1994	30	1,16	31	8,46
22	HS-XM (CT T1)	1995	30	1,16	31	8,46
23	HS-XM (CT T2)	1993	30	1,16	31	8,46
24	HS-XM (CT T2)	1994	30	1,16	31	8,46
25	HS-XM (CT T2)	1995	30	1,16	31	8,46
26	HS-XM (CT T4)	1993	30	1,16	31	8,46
27	HS-XM (CT T4)	1994	30	1,16	31	8,46
28	HS-XM (CT T4)	1995	30	1,16	31	8,46
29	HS-XM (CT T5)	1993	30	1,16	31	8,46
30	HS-XM (CT T5)	1994	30	1,16	31	8,46
31	HS-XM (CT T5)	1995	30	1,16	31	8,46
32	TA-BV (CT T2)	1992	18	0,90	7	0,63
33	TA-BV (CT T2)	1993	18	0,90	7	0,63
34	TA-BV (CT T2)	1994	18	0,90	7	0,63
35	TA-BV (CT T3)	1992	18	0,90	7	0,63
36	TA-BV (CT T3)	1993	18	0,90	7	0,63
37	TA-BV (CT T3)	1994	18	0,90	7	0,63
38	TA-BV (CT T4)	1993	18	0,90	7	0,63
39	TA-BV (CT T4)	1994	18	0,90	7	0,63

Hệ số P:

Hệ số P là chỉ số phản ánh ảnh hưởng của các biện pháp canh tác được áp dụng sẽ làm giảm khối lượng đất bị xói mòn. Sử dụng hệ số P của các tác giả David (1988) [35] ở Bảng 1.11 để xác định hệ số P theo các biện pháp kỹ thuật quản lý đất. Kết quả được trình bày ở Bảng 3.6.

Bảng 3.6: Kết quả xác định hệ số P tại các ô quan trắc xói mòn đất

STT	Tên điểm	Cây trồng và biện pháp kỹ thuật	Hệ số P
1	CN-MS-SL CT T3 (XC)	Xen canh ngô - đậu nhỏ nhẹ	0,14
2	CN-MS-SL CT T3 (XC)	Xen canh ngô - đậu nhỏ nhẹ	0,14
3	CN-MS-SL CT T3 (XC)	Xen canh ngô - đậu nhỏ nhẹ	0,14
4	CN-MS-SL CT T2 (đơn)	Đơn canh 1 vụ ngô, tiểu bậc thang	0,14
5	CN-MS-SL CT T2 (đơn)	Đơn canh 1 vụ ngô, tiểu bậc thang	0,14
6	CN-MS-SL CT T2 (đơn)	Đơn canh 1 vụ ngô, tiểu bậc thang	0,14
7	CN-MS-SL CT T1 (đơn)	Đơn canh 1 vụ ngô, đốt và cày	1,00
8	CN-MS-SL CT T1 (đơn)	Đơn canh 1 vụ ngô, đốt và cày	1,00
9	CN-MS-SL CT T1 (đơn)	Đơn canh 1 vụ ngô, đốt và cày	1,00
10	BT, TM, ĐB, HB Ô 1 (đơn)	Đơn canh lúa nương, chặt, đốt, cày	0,50
11	BT, TM, ĐB, HB Ô 2 (đơn)	Đơn canh lúa nương, chặt, đốt, cày theo đường đồng mức	0,30
12	BT, TM, ĐB, HB Ô 3 (đơn)	Đơn canh lúa nương, chặt, đốt, cày theo đường đồng mức	0,30
13	BT, TM, ĐB, HB Ô 4 (đơn)	Đơn canh lúa nương, chặt, đốt, cày theo đường đồng mức	0,30
14	BT, TM, ĐB, HB Ô 5 (đơn)	Đơn canh lúa nương, chặt, đốt, cày theo đường đồng mức	0,50
15	TX VY-VP Ô 6 (đơn)	Đơn canh sắn, trồng theo đường đồng mức	0,50
16	TX VY-VP Ô 6 (đơn)	Đơn canh sắn, trồng theo đường đồng mức	0,50
17	TX VY-VP Ô 8 (đơn)	Đơn canh sắn, trồng theo đường đồng mức	0,50
18	TX VY-VP Ô 8 (đơn)	Đơn canh sắn, trồng theo đường đồng mức	0,50
19	TX VY-VP Ô 10 (đơn)	Đơn canh sắn, trồng theo đường đồng mức	0,50

STT	Tên điểm	Cây trồng và biện pháp kỹ thuật	Hệ số P
20	HS-XM CT T1 (LC)	Luân canh ngô, đậu đen theo KT của người dân	0,95
21	HS-XM CT T1 (XC)	Xen canh ngô - lạc theo KT của người dân	0,95
22	HS-XM CT T1 (LC-XC)	Luân canh và xen canh ngô, sắn, lạc theo KT của người dân	0,95
23	HS-XM CT T2 (LC)	Luân canh ngô, đậu đen theo KT trồng theo bậc thang, bờ cắt dốc	0,14
24	HS-XM CT T2 (XC)	Xen canh ngô - lạc theo bậc thang, bờ cắt dốc	0,14
25	HS-XM CT T2 (LC-XC)	Luân canh và xen canh ngô, sắn, lạc theo bậc thang, bờ cắt dốc	0,50
26	HS-XM CT T4 (LC)	Luân canh ngô, đậu đen theo KT trồng có băng chắn, theo đường đồng mức	0,50
27	HS-XM CT T4 (XC)	Xen canh ngô - lạc có băng chắn, theo đường đồng mức	0,50
28	HS-XM CT T4 (LC-XC)	Luân canh và xen canh ngô, sắn, lạc có băng chắn, theo đường đồng mức	0,50
29	HS-XM CT T5 (LC)	Luân canh ngô, đậu đen theo KT trồng có băng chắn, theo đường đồng mức	0,50
30	HS-XM CT T5 (XC)	Xen canh ngô - lạc có băng chắn, theo đường đồng mức	0,50
31	HS-XM CT T5 (LC-XC)	Luân canh và xen canh ngô, sắn, lạc có băng chắn, theo đường đồng mức	0,50
32	TA-BV - CT T2 (LC-XC)	Luân canh và xen canh lạc - khoai lang - đậu tương, theo KT người dân	0,95
33	TA-BV - CT T2 (XC)	Xen canh lạc - sắn theo KT người dân	0,95
34	TA-BV - CT T2 (XC)	Xen canh lạc - sắn theo KT người dân	0,95
35	TA-BV - CT T3 (LC-XC)	Luân canh và xen canh lạc - khoai lang - đậu tương, theo KT dùng băng chắn, trồng theo đường đồng mức	0,50
36	TA-BV - CT T3 (XC)	Xen canh lạc - sắn theo KT dùng băng chắn, trồng theo đường đồng mức	0,50
37	TA-BV - CT T3 (XC)	Xen canh lạc - sắn theo KT dùng băng chắn, trồng theo đường đồng mức	0,50
38	TA-BV - CT T4 (XC)	Xen canh lạc - sắn theo KT dùng băng chắn, trồng theo đường đồng mức	0,50
39	TA-BV - CT T4 (XC)	Xen canh lạc - sắn theo KT dùng băng chắn, trồng theo đường đồng mức	0,50

b. Hiệu chỉnh hệ số xói mòn cho cây trồng C

Xác định hệ số C từ các thông số của mô hình xói mòn

Trên cơ sở kết quả xác định các hệ số xói mòn R, K, LS, P và lượng đất đo được ở các ô quan trắc xói mòn (tổng hợp ở Bảng 3.7) tiến hành xác định hệ số xói mòn do cây trồng C, ở đây sẽ đặt giả định là C_h theo công thức

$$C_h = \frac{A}{R \cdot K \cdot LS \cdot P} \quad (3-4)$$

Kết quả xác định hệ số C_h và hệ số C tra theo bảng của Hội Khoa học Đất quốc tế (xem ở Bảng 1.5) được trình bày ở Bảng 3.7.

So sánh giá trị hệ số C_h tính toán từ các ô quan trắc với 39 lần thí nghiệm với hệ số C tra từ bảng của Hội Khoa học Đất quốc tế cho thấy có sự chênh lệch lớn, hệ số C tra từ bảng cao hơn hệ số C_h tính toán từ các ô quan trắc xói mòn từ 1,32 đến 20,0 lần, trung bình 6,07 lần. Sự chênh lệch lớn này sẽ dẫn đến sai số so với thực tế trong dự báo, đánh giá xói mòn đất.

Bảng 3.7: Kết quả xác định hệ số C_h dựa vào các thông số đo và tính toán tại các ô quan trắc xói mòn

STT	Tên điểm	Năm	Hệ số R	Hệ số K	Hệ số LS	Hệ số P	A (tấn/ha/ năm)	Hệ số C_h	Hệ số C tra bảng	
									Giá trị	Tỷ lệ C/ C_h
1	CN-MS-SL (CT T3)	2017	603,44	0,44	5,72	0,14	14,56	0,069	0,24	3,48
2	CN-MS-SL (CT T3)	2016	725,88	0,44	5,72	0,14	18,34	0,072	0,24	3,33
3	CN-MS-SL (CT T3)	2015	676,86	0,44	5,72	0,14	15,45	0,065	0,24	3,69
4	CN-MS-SL (CT T2)	2017	603,44	0,44	10,10	0,14	21,56	0,057	0,24	4,21
5	CN-MS-SL (CT T2)	2016	725,88	0,44	10,10	0,14	27,54	0,061	0,24	3,93
6	CN-MS-SL (CT T2)	2015	676,86	0,44	10,10	0,14	20,45	0,049	0,24	4,90

STT	Tên điểm	Năm	Hệ số R	Hệ số K	Hệ số LS	Hệ số P	A (tấn/ha/ năm)	Hệ số C _h	Hệ số C tra bảng	
									Giá trị	Tỷ lệ C/C _h
7	CN-MS-SL (CT T1)	2017	603,44	0,17	8,20	1,00	57,45	0,069	0,24	3,48
8	CN-MS-SL (CT T1)	2016	725,88	0,17	8,20	1,00	64,45	0,064	0,24	3,75
9	CN-MS-SL (CT T1)	2015	676,86	0,17	8,20	1,00	50,75	0,054	0,24	4,44
10	BT, TM, ĐB, HB (Ô 1)	2000	602,16	0,17	12,22	0,50	8,00	0,013	0,24	18,46
11	BT, TM, ĐB, HB (Ô 2)	2000	602,16	0,17	12,96	0,50	8,00	0,012	0,24	20,00
12	BT, TM, ĐB, HB (Ô 3)	2000	602,16	0,17	8,84	0,50	13,00	0,029	0,24	8,28
13	BT, TM, ĐB, HB (Ô 4)	2000	602,16	0,17	12,22	0,50	16,00	0,026	0,24	9,23
14	BT, TM, ĐB, HB (Ô 5)	2000	602,16	0,17	9,80	0,50	25,60	0,052	0,24	4,62
15	TX VY-VP (Ô 6)	2000	445,44	0,44	0,80	0,50	25,60	0,327	0,78	2,39
16	TX VY-VP (Ô 6)	2002	611,57	0,44	0,80	0,50	43,90	0,409	0,78	1,91
17	TX VY-VP (Ô 8)	2000	445,44	0,44	1,87	0,50	59,50	0,325	0,43	1,32
18	TX VY-VP (Ô 8)	2001	544,68	0,44	1,87	0,50	17,60	0,079	0,43	5,44
19	TX VY-VP (Ô 10)	2002	611,57	0,44	1,87	0,50	46,00	0,183	0,43	2,35
20	HS-XM (CT T1)	1993	622,09	0,15	8,46	0,95	35,91	0,048	0,24	5,00
21	HS-XM (CT T1)	1994	803,29	0,15	8,46	0,95	20,77	0,021	0,24	11,43
22	HS-XM (CT T1)	1995	472,69	0,15	8,46	0,95	16,13	0,028	0,09	3,21
23	HS-XM	1993	622,09	0,15	8,46	0,14	5,03	0,046	0,24	5,22

STT	Tên điểm	Năm	Hệ số R	Hệ số K	Hệ số LS	Hệ số P	A (tấn/ha/ năm)	Hệ số C _h	Hệ số C tra bảng	
									Giá trị	Tỷ lệ C/C _h
	(CT T2)									
24	HS-XM (CT T2)	1994	803,29	0,15	8,46	0,14	14,84	0,104	0,24	2,31
25	HS-XM (CT T2)	1995	472,69	0,15	8,46	0,50	12,43	0,041	0,09	2,20
26	HS-XM (CT T4)	1993	622,09	0,15	8,46	0,50	4,68	0,012	0,09	7,50
27	HS-XM (CT T4)	1994	803,29	0,15	8,46	0,50	14,21	0,028	0,12	4,29
28	HS-XM (CT T4)	1995	472,69	0,15	8,46	0,50	10,26	0,034	0,09	2,65
29	HS-XM (CT T5)	1993	422,09	0,15	8,46	0,50	2,81	0,011	0,09	8,18
30	HS-XM (CT T5)	1994	803,29	0,15	8,46	0,50	14,21	0,028	0,12	4,29
31	HS-XM (CT T5)	1995	472,69	0,15	8,46	0,50	16,69	0,056	0,09	1,61
32	TA-BV – (CT T2)	1992	396,22	0,31	0,63	0,95	0,83	0,011	0,09	8,18
33	TA-BV – (CT T2)	1993	854,44	0,31	0,63	0,95	2,08	0,013	0,12	9,23
34	TA-BV – (CT T2)	1994	902,14	0,31	0,63	0,95	3,35	0,020	0,12	6,00
35	TA-BV – (CT T3)	1992	596,22	0,31	0,63	0,50	0,99	0,017	0,09	5,29
36	TA-BV – (CT T3)	1993	854,44	0,31	0,63	0,50	0,63	0,008	0,12	15,00
37	TA-BV – (CT T3)	1994	902,14	0,31	0,63	0,50	2,54	0,029	0,12	4,14
38	TA-BV – (CT T4)	1993	854,44	0,31	0,63	0,50	0,65	0,008	0,12	15,00
39	TA-BV – (CT T4)	1994	1450,4	0,31	0,63	0,50	2,52	0,018	0,12	6,67

Đề xuất hiệu chỉnh hệ số xói mòn do cây trồng C

Nghiên cứu của nhiều tác giả đã trình bày ở trên cho thấy, việc hiệu chỉnh hệ số xói mòn do cây trồng C phù hợp với các vùng khác nhau, nhất là vùng nhiệt đới là hết sức cần thiết. Kết quả tính toán từ các ô quan trắc xói mòn thực tế ở Bảng 3.7 cho thấy hệ số C tra theo bảng của Hội Khoa học Đất quốc tế có sự sai khác so với tính toán từ các ô quan trắc xói mòn thực tế. Do đó, việc hiệu chỉnh hệ số C là hết sức cần thiết, ở đây sẽ tiếp cận hiệu chỉnh hệ số C phù hợp với điều kiện canh tác ở vùng đồi núi phía Bắc nước ta bằng cách kết hợp các phương pháp của Wischmeier và Smith (1981) [86], Morgan (2005) [67] và Stone và Hilborn (2000) [80]. Theo đó, việc hiệu chỉnh hệ số C sẽ kết hợp giữa độ che phủ của tán cây vào từng giai đoạn phát triển của cây, cơ cấu cây trồng (trồng xen), lượng mưa và kỹ thuật canh tác tác động vào đất (cày, bừa, cuốc, làm cỏ...).

Yếu tố độ che phủ và lượng mưa:

Từ độ che phủ của tán cây, hệ số C đầu tiên được xác định cho từng thời kỳ trong năm theo mối quan hệ tuyến tính tỷ lệ nghịch giữa yếu tố C và độ che phủ mặt đất. Tổng của tích hệ số C và hệ số điều chỉnh (% R) cho từng thời kỳ cho phép tính toán hệ số C được điều chỉnh theo phân bố của lớp phủ mặt đất và lượng mưa trong năm (Morgan, 1995) [66]. Công thức hiệu chỉnh hệ số C do phân bố độ che phủ và lượng mưa được viết tổng quát như sau:

$$C_{cr} = \sum_{i=1}^n C_i * W_{ri} \quad (3-5)$$

$$W_{ri} = \frac{p_i}{p} \quad (3-6)$$

Trong đó: C_{cr} : là hệ số C hiệu chỉnh do phân bố độ che phủ và lượng mưa; n: là giai đoạn canh tác (làm đất, gieo hạt, tăng trưởng và phát triển tán, thu hoạch và bỏ hoang); C_i : là hệ số C tra theo bảng Hệ số C của Hội Khoa học Đất quốc tế (Bảng 1.5), tương ứng với độ che phủ của giai đoạn canh tác i; W_{ri} : là trọng số do lượng mưa ở giai đoạn canh tác i; p_i : là lượng mưa theo tháng tại giai đoạn canh tác i; và p là tổng lượng mưa của năm.

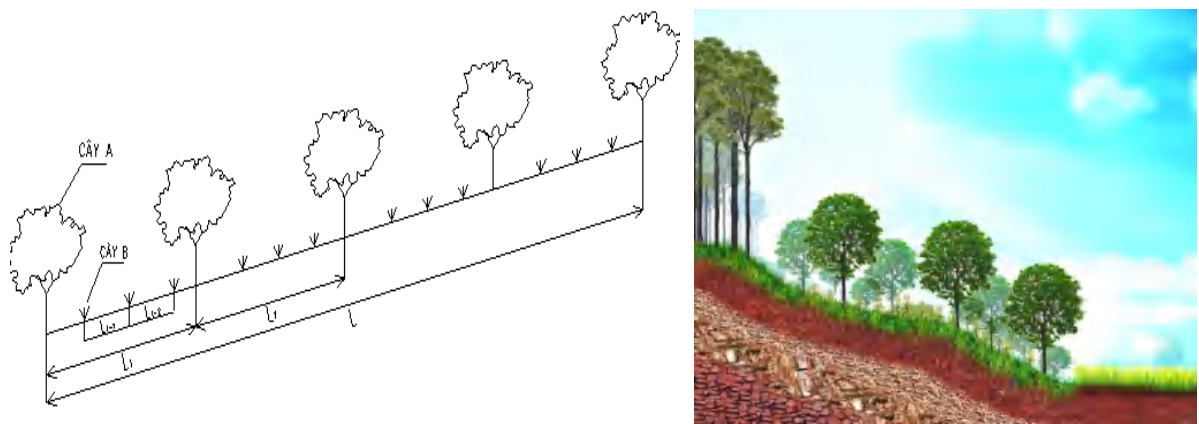
Trong trường hợp trồng xen (Hình 3.5) nghiên cứu này đề xuất tính hệ số C được tính cho mỗi cây như trên, sau đó tính hệ số C_i cho loại hình trồng xen như sau:

$$\bar{C}_i = \frac{\sum c_i l_i}{\sum l_i} \quad (3-7)$$

Trong đó:

c_i : hệ số cây trồng C của cây trồng thứ i

l_i : Chiều dài tính theo sườn dốc của cây trồng thứ i.



Hình 3.5: Khoảng cách bố trí trồng xen để xác định độ che phủ đối với loại hình trồng xen.

Yếu tố kỹ thuật canh tác:

Trên cơ sở hệ số C_h được tính toán từ kết quả đo đạc tại các ô quan trắc xói mòn theo công thức 3-4, tiến hành xác định hệ số D theo công thức xác định như sau:

$$D = \frac{C_h}{C_{cr}} \quad (3-8)$$

Trong đó: C_h và C_{cr} được tính toán từ các ô quan trắc xói mòn theo công thức 3-4, kết quả ở Bảng 3.7 và công thức 3-5.

Dựa vào kết quả tính toán giá trị C_h ở Bảng 3.7, tiến hành xác định hệ số C_{cr} theo công thức 3-5 và 3-6, nếu các ô có trồng xen sử dụng thêm công thức 3-7. Sau khi xác định được hệ số C_{cr} sẽ xác định hệ số D theo công thức 3-8. Kết quả tổng

hợp từ 39 ô quan trắc xói mòn theo loại hình cây trồng và biện pháp kỹ thuật, các hệ số C_{cr} , C_h và hệ số hiệu chỉnh D được tổng hợp ở Bảng 3.8.

Bảng 3.8: Xác định hệ số hiệu chỉnh các biện pháp kỹ thuật (D) để hiệu chỉnh hệ số C

STT	Loại sử dụng đất	Biện pháp kỹ thuật	Số mẫu (N)	Hệ số C_{cr}	Hệ số C_h	Hệ số D	
						Trung bình	Độ lệch chuẩn
1	Đơn canh 1 loại cây trồng/năm		16				
	Lúa nương	- Chặt, đốt (đối với lần đầu), bừa - Chọc lỗ/rạch hàng theo đường đồng mức gieo bằng tay - Làm cỏ dại (cào)	5	0,118	0,058	0,498	0,013
	Sắn	- Làm đất bằng cuốc, xẻng, dầm cày - Làm cỏ bằng cuốc - Thu hoạch nhỏ rẽ sử dụng cuốc, xẻng	5	0,513	0,208	0,407	0,093
	Ngô	- Làm đất bằng cuốc, cào - Gieo hạt bằng tay - Làm cỏ dại bằng cuốc	6	0,293	0,059	0,203	0,013
2	Luân canh		4				
	Ngô - đậu	- 2 lần làm đất bằng cuốc, cào - 2 lần gieo hạt bằng tay - 2 lần làm cỏ dại bằng cuốc	4	0,140	0,042	0,298	0,004
3	Luân canh kết hợp xen canh		2				
	Lạc luân canh với Khoai lang	- 2 lần làm luống, 1 lần làm đất nhẹ (cuốc, cào) - 2 lần làm cỏ bằng	2	0,213	0,106	0,499	0,009

STT	Loại sử dụng đất	Biện pháp kỹ thuật	Số mẫu (N)	Hệ số C_{cr}	Hệ số C_h	Hệ số D	
						Trung bình	Độ lệch chuẩn
	xen đậu tương	cuốc, cào - 2 lần thu hoạch nhỏ rẫy, sử dụng cuốc					
4	Xen canh		17				
	Sắn - ngô - lạc	- 1 lần làm đất chính, 2 lần xới nhẹ kèm làm cỏ. - 1 lần dặm canh, 2 lần gieo hạt - 1 lần thu hoạch nhỏ rẫy (sắn và lạc) sử dụng cuốc, xẻng.	4	0,088	0,053	0,606	0,007
	Sắn - lạc	- 1 lần làm đất, dặm canh, gieo hạt. - 1 lần làm cỏ. - 1 lần thu hoạch nhỏ rẫy (củ) bằng cuốc, xẻng	6	0,080	0,137	0,600	0,014
	Ngô - lạc	- 1 lần làm đất, gieo hạt - 1 lần làm cỏ. - 1 lần thu hoạch nhỏ rẫy (củ) bằng cuốc	4	0,220	0,055	0,247	0,010
	Ngô - đậu	- 1 lần làm đất, gieo hạt - 1 lần làm cỏ	3	0,321	0,068	0,214	0,018

Kết quả tính toán hệ số hiệu chỉnh do kỹ thuật canh tác D cho các loại cây trồng và cơ cấu cây trồng trong năm tại Bảng 3.8 cho thấy, đối với loại hình đơn canh, kết quả đo xác định cho 16 lần quan trắc cho 3 loại cây trồng là lúa nương, sắn và ngô cho thấy, hệ số hiệu chỉnh D của 3 loại cây lần lượt là 0,498, 0,407 và 0,203.

- Đối với loại hình luân canh: Ở loại hình này mỗi vụ sẽ bố trí một loại cây trồng, do đó sẽ có các tác động vào đất giống như mỗi vụ của loại hình đơn canh. Với loại hình luân canh kết quả của 4 lần quan trắc luân canh ngô và đậu cho thấy giá trị hệ số hiệu chỉnh do biện pháp canh tác D là 0,298.

- Đối với loại hình xen canh kết hợp luân canh: Có 2 lần quan trắc cho các loại hình trồng lạc, luân canh với 1 vụ trồng khoai lang xen đậu tương. Với loại hình này trồng được 3 loại cây trồng/năm và giảm được 1 lần làm đất để gieo hạt, 1 lần làm cỏ so với đơn canh. Hệ số hiệu chỉnh kỹ thuật canh tác cho loại hình hai cây thu hoạch củ (khoai, lạc) và một cây hàng năm (đậu tương) là 0,499.
- Đối với loại hình xen canh: Có tổng cộng 17 quan trắc, kết quả cho thấy, hệ số hiệu chỉnh D của các loại cây trồng sản sau 1 tháng trồng xen ngô và sau 3 tháng trồng xen thêm lạc (sắn – ngô – lạc); sắn – lạc; ngô – lạc; ngô – đậu lần lượt là 0,606; 0,6; 0,247 và 0,214.

Qua hệ thống cây trồng với cơ cấu khác nhau và các kỹ thuật canh tác áp dụng có thể thấy, hệ thống trồng xen có hệ số ảnh hưởng xói mòn do độ che phủ đất thấp nhất, các cây trồng khi canh tác có hệ số ảnh hưởng do kỹ thuật canh tác đến xói mòn đất cao là lúa nương (0,498); sắn (0,40); ngô khoảng 0,2, khi luân canh với đậu tương khoảng 0,3; lạc và khoai lang có xen đậu tương khoảng 0,5. So sánh các giá trị này với kết quả nghiên cứu của Karine Vezina và nnk, 2009 [84] khi nghiên cứu các hệ thống canh tác nhờ mưa với các loại cây trồng là đậu nành, sắn, ngô được trồng trên các vùng đồi núi tại xã Đồng Phúc, huyện Ba Bể, Bắc Kạn cho thấy các kết quả có sự tương đồng với các giá trị với sắn là 0,4, đậu nành 0,4, và ngô là 0,2. Một vụ lúa nước theo hình thức bậc thang là 0,6 và 2 vụ lúa hoặc 1 vụ lúa, 1 vụ màu (ngô) là 0,8.

Từ các tính toán ở các ô thí nghiệm quan trắc xói mòn đất, tổng hợp các loại cây trồng và các biện pháp kỹ thuật tác động vào đất và hệ số hiệu chỉnh D do biện pháp kỹ thuật đối với hệ số C được đề xuất ở Bảng 3.9. Các hệ số này dao động từ 0,20 đến 0,8. Trong đó thấp nhất là trồng đơn canh hoặc xen canh các cây trồng không lấy củ (ngô, đậu tương, đậu đen...), hệ số là khoảng 0,2; cao đối với loại hình 2 vụ lúa, 1 lúa-màu ruộng bậc thang (hệ số là 0,8) và trồng 2 loại cây lấy củ (sắn, khoai, lạc) trở lên trong một vụ (hệ số là 0,6).

Bảng 3.9: Hệ số D cho các hệ thống cây trồng khác nhau áp dụng cho vùng đồi núi phía Bắc Việt Nam

STT	Hệ thống canh tác	Biện pháp (các hoạt động và công cụ)	Hệ số D
1	Lúa nương cạn	- Chặt, đốt (đối với lần đầu), bừa - Chọc lỗ/rạch hàng theo đường đồng mức gieo bằng tay - Làm cỏ dại (cào)	0,50
2	2 vụ lúa nước ruộng bậc thang ^(*)	2 lần cày và bừa (cày, bừa và trâu) 2 lần gieo (bằng tay) 2 lần làm cỏ (cào)	0,80
3	1 vụ lúa nước, 1 vụ màu ruộng bậc thang ^(*)	2 cày và bừa (cày, bừa và trâu) 2 lần gieo (bằng tay) 2 lần làm cỏ (cuốc)	0,80
4	1 vụ lúa nước ruộng bậc thang ^(*)	2 cày và 2 bừa (cày, bừa và trâu) 1 lần gieo (bằng tay) 1 lần làm cỏ dại (cào)	0,60
5	1 vụ khoai hoặc sắn hoặc lạc	1 lần (dâm cành, gieo hạt) (xẻng hoặc cuốc) 1 lần làm cỏ (cuốc) 1 lần nhổ rễ (lấy củ) (xẻng, cuốc)	0,40
6	1 vụ ngô hoặc đậu đỗ hoặc vừng hoặc các loại cây trồng hàng năm còn lại	1 lần làm đất (cuốc, cào) 1 lần gieo (tay, chọc lỗ) 1 lần làm cỏ dại (cuốc)	0,20
7	Luân canh 1 trong các loại cây (sắn, khoai, lạc) với cây trồng hàng năm còn lại	- 2 lần làm đất, gieo hạt - 2 lần làm cỏ - 1 lần thu hoạch nhổ rễ (củ) bằng cuốc	0,30
8	Luân canh 2 trong các loại cây (sắn, khoai, lạc) có trồng xen với 1 cây trồng hàng năm.	- 2 lần làm luống, 1 lần làm đất nhẹ (cuốc, cào) - 2 lần làm cỏ bằng cuốc, cào - 2 lần thu hoạch nhổ rễ, sử dụng cuốc	0,5
9	Xen canh 2 trong các loại cây (sắn, khoai, lạc) với cây trồng hàng năm còn lại	- 2 lần làm đất, 2 lần xới nhẹ kèm làm cỏ - 1-2 lần dâm cành, 2 lần gieo hạt - 2 lần thu hoạch nhổ rễ (sắn, lạc hoặc khoai) sử dụng cuốc, xẻng.	0,60
10	Xen canh sắn - lạc (khoai)	- 1 lần làm đất, dâm cành, gieo hạt - 1 lần làm cỏ - 1-2 lần gần nhau thu hoạch nhổ rễ (củ) bằng cuốc, xẻng	0,60
11	Xen canh 1 trong các loại cây (sắn, khoai,	- 1 lần làm đất, gieo hạt - 1 lần làm cỏ	0,25

STT	Hệ thống canh tác	Biện pháp (các hoạt động và công cụ)	Hệ số D
	lạc) với cây trồng hàng năm còn lại	- 1 lần thu hoạch nhỏ rế (củ) bằng cuốc	
12	Xen canh 2 loại cây hàng năm/vụ (cây không lấy củ)	- 1 lần làm đất, gieo hạt - 1 lần làm cỏ	0,21

(*): Kế thừa từ số liệu của Karine Vezina và nnk, 2006 [84].

3.2. Kiểm định hệ số xói mòn do cây trồng hiệu chỉnh (C_h) và đề xuất áp dụng

3.2.1. Kiểm định bằng mô hình phương trình mất đất phổ dụng (USLE)

Ở phần này sẽ sử dụng hệ số C_h hiệu chỉnh và hệ số C tra theo bảng của Hội Khoa học Đất quốc tế để áp dụng dự báo lượng đất xói mòn tại các ô quan trắc xói mòn. Kết quả dự báo sẽ được so sánh với giá trị mất đất thực đo để kiểm định hệ số C_h hiệu chỉnh của nghiên cứu này và hệ số C tra theo bảng của Hội Khoa học Đất quốc tế thông thường. Để kiểm định kết quả dự báo của mô hình và so với thực tế sẽ sử dụng hệ số tương quan R và sai số trung bình bình phương (RMSE). Kết quả tính toán được thể hiện ở Bảng 3.10.

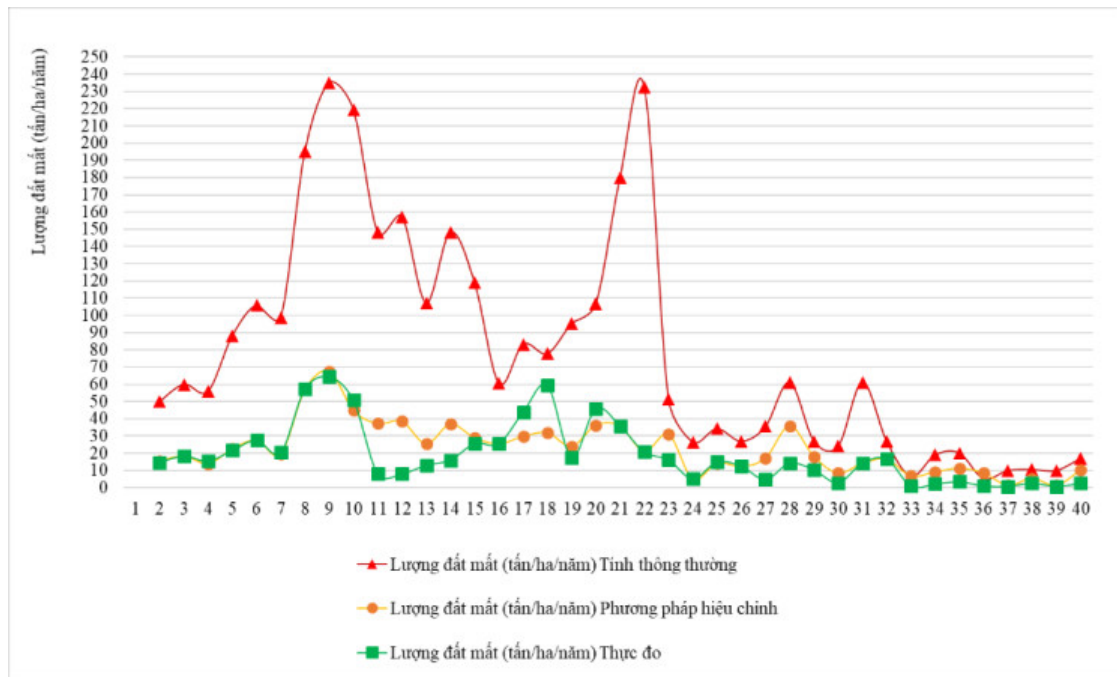
Kết quả nghiên cứu của 5 điểm quan trắc xói mòn với mùa vụ, năm canh tác khác nhau với tổng cộng 39 lần thí nghiệm ($N=39$) tại Bảng 3.10 cho thấy, phương pháp hiệu chỉnh hệ số C có kết quả dự báo sát với kết quả đo thực tế hơn so với mô hình thông thường. Điều này, thể hiện qua giá trị hệ số tương quan R, phương trình USLE với hệ số C thông thường và hiệu chỉnh là 0,69 và 0,8 và sai số trung bình bình phương (RMSE) của mô hình thông thường là 82,09 còn của mô hình sử dụng hệ số C hiệu chỉnh theo nghiên cứu này là 11,01. Như vậy, sử dụng hệ số C hiệu chỉnh của nghiên cứu này cho kết quả dự báo tốt hơn so với kết quả dự báo sử dụng hệ số C tra theo bảng của Hội Khoa học Đất quốc tế.

Bảng 3.10: Kết quả xác định các hệ số xói mòn đất và tính toán xói mòn đất theo mô hình mất đất phổ dụng theo hệ số C của hội KHD Quốc tế và theo hiệu chỉnh của nghiên cứu này

STT	Tên điểm	Năm	Độ che phủ năm (%)	Hệ số C				Hệ số P	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)		
				Tra bảng	Hiệu chỉnh				Tính thông thường	Phương pháp hiệu chỉnh	Thực đo
					C _{cr}	D	C _h				
1	CN-MS-SL (CT T3)	2017	29,58	0,24	0,34	0,21	0,07	0,14	49,90	15,33	14,56
2	CN-MS-SL (CT T3)	2016	29,83	0,24	0,34	0,21	0,07	0,14	60,02	18,39	18,34
3	CN-MS-SL (CT T3)	2015	29,63	0,24	0,28	0,21	0,06	0,14	55,97	13,87	15,45
4	CN-MS-SL (CT T2)	2017	25,42	0,24	0,30	0,20	0,06	0,14	88,12	22,42	21,56
5	CN-MS-SL (CT T2)	2016	25,83	0,24	0,31	0,20	0,06	0,14	106,00	27,57	27,54
6	CN-MS-SL (CT T2)	2015	24,58	0,24	0,23	0,20	0,05	0,14	98,84	19,60	20,45
7	CN-MS-SL (CT T1)	2017	23,75	0,24	0,34	0,20	0,07	1,00	195,37	56,92	57,45
8	CN-MS-SL (CT T1)	2016	25,42	0,24	0,34	0,20	0,07	1,00	235,02	67,64	64,45
9	CN-MS-SL (CT T1)	2015	23,75	0,24	0,24	0,20	0,05	1,00	219,15	44,94	50,75
10	BT-TM-ĐB-HB (Ô 1)	2000	24,58	0,24	0,12	0,50	0,06	0,50	148,32	37,18	8,00
11	BT-TM-ĐB-HB (Ô 2)	2000	26,25	0,24	0,12	0,50	0,06	0,50	157,33	38,45	8,00
12	BT-TM-ĐB-HB (Ô 3)	2000	25,42	0,24	0,11	0,50	0,06	0,50	107,29	25,43	13,00
13	BT-TM-ĐB-HB (Ô 4)	2000	25,42	0,24	0,12	0,50	0,06	0,50	148,32	36,82	16,00
14	BT-TM-ĐB-HB (Ô 5)	2000	25,83	0,24	0,12	0,50	0,06	0,50	118,90	28,97	25,60

STT	Tên điểm	Năm	Độ che phủ năm (%)	Hệ số C				Hệ số P	Loại đất mất (tấn/ha/năm)		
				Tra bảng	Hiệu chỉnh				Tính thông thường	Phương pháp hiệu chỉnh	Thực đo
					C _{cr}	D	C _h				
15	TX VY-VP (Ô 6)	2000	7,21	0,78	0,81	0,40	0,32	0,50	60,62	25,38	25,60
16	TX VY-VP (Ô 6)	2002	7,21	0,78	0,69	0,40	0,28	0,50	83,23	29,76	43,90
17	TX VY-VP (Ô 8)	2000	11,08	0,43	0,44	0,40	0,17	0,50	77,83	31,87	59,50
18	TX VY-VP (Ô 8)	2001	11,08	0,43	0,27	0,40	0,11	0,50	95,17	23,95	17,60
19	TX VY-VP (Ô 10)	2002	11,08	0,43	0,36	0,40	0,14	0,50	106,86	36,30	46,00
20	HS-XM (CT T1)	1993	26,67	0,24	0,16	0,30	0,05	0,95	179,96	35,79	35,91
21	HS-XM (CT T1)	1994	25,00	0,24	0,09	0,25	0,02	0,95	232,38	20,99	20,77
22	HS-XM (CT T1)	1995	41,08	0,09	0,09	0,60	0,05	0,95	51,28	30,91	16,13
23	HS-XM (CT T2)	1993	26,67	0,24	0,15	0,30	0,05	0,14	26,52	5,01	5,03
24	HS-XM (CT T2)	1994	25,00	0,24	0,40	0,25	0,10	0,14	34,25	14,26	14,84
25	HS-XM (CT T2)	1995	40,67	0,09	0,07	0,60	0,04	0,50	26,99	12,26	12,43
26	HS-XM (CT T4)	1993	42,33	0,09	0,14	0,30	0,04	0,50	35,52	17,15	4,68
27	HS-XM (CT T4)	1994	48,13	0,12	0,28	0,25	0,07	0,50	61,15	35,87	14,21
28	HS-XM (CT T4)	1995	39,42	0,09	0,10	0,60	0,06	0,50	26,99	17,98	10,26
29	HS-XM (CT T5)	1993	40,67	0,09	0,11	0,30	0,03	0,50	24,10	8,52	2,81
30	HS-XM (CT T5)	1994	45,63	0,12	0,11	0,25	0,03	0,50	61,15	14,10	14,21
31	HS-XM (CT T5)	1995	41,08	0,09	0,09	0,60	0,05	0,50	26,99	16,48	16,69

STT	Tên điểm	Năm	Độ che phủ năm (%)	Hệ số C				Hệ số P	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)		
				Tra bảng	Hiệu chỉnh				Tính thông thường	Phương pháp hiệu chỉnh	Thực đo
					C _{cr}	D	C _h				
32	TA-BV - (CT T2)	1992	39,58	0,09	0,18	0,50	0,09	0,95	6,62	6,73	0,83
33	TA-BV - (CT T2)	1993	47,08	0,12	0,10	0,60	0,06	0,95	19,02	9,11	2,08
34	TA-BV - (CT T2)	1994	47,08	0,12	0,11	0,60	0,07	0,95	20,08	11,20	3,35
35	TA-BV - (CT T3)	1992	39,58	0,09	0,24	0,60	0,15	0,50	5,24	8,45	0,99
36	TA-BV - (CT T3)	1993	47,08	0,12	0,03	0,60	0,02	0,50	10,01	1,28	0,63
37	TA-BV - (CT T3)	1994	47,08	0,12	0,10	0,60	0,06	0,50	10,57	5,38	2,54
38	TA-BV - (CT T4)	1993	47,08	0,12	0,03	0,60	0,02	0,50	10,01	1,29	0,65
39	TA-BV - (CT T4)	1994	47,08	0,12	0,12	0,60	0,07	0,50	16,99	10,19	2,52
R									0,69	0,80	
RMSE									82,09	11,01	



Hình 3.6: Đồ thị biểu diễn lượng đất mất đo tại các ô thực tế và kết quả tính toán lượng đất mất theo mô hình USLE thông thường và hiệu chỉnh hệ số C của nghiên cứu này

Kết quả biểu diễn lượng đất mất tại đồ thị Hình 3.6 cho thấy, so với phương trình USLE với hệ số C thông thường, thì giá trị hiệu chỉnh cho kết quả sát với kết quả đo thực tế hơn. Tại các đỉnh kết quả dự báo lớn nhất của phương trình USLE thông thường (canh tác đơn canh cây ngô tại Cò Nồi dự báo là 235,02 tấn/ha/năm, thực tế là 64,45 tấn/ha/năm; trồng xen ngô và lạc tại Hòa Sơn dự báo là 232,38 tấn/ha/năm, thực tế là 20,77), thì mô hình USLE sử dụng hệ số C hiệu chỉnh đã khắc phục được sai số dự báo này. Điều này cho thấy, phương pháp hiệu chỉnh đã khắc phục được hạn chế do chưa tính sự phân bố độ che phủ của cây trồng, bố trí cơ cấu cây trồng (đơn canh, luân canh, xen canh), lượng mưa, kỹ thuật canh tác vào đất trong quá trình canh tác so với phương pháp thông thường.

3.2.2. Kiểm định bằng mô hình Morgan và Finney (MMF)

3.2.2.1. Số liệu đầu vào và dự báo theo mô hình MMF

Các thông số đầu vào cho mô hình MMF được kế thừa từ kết quả đo trực tiếp tại các ô quan trắc và các nguồn dữ liệu khác. Trong nghiên cứu này sử dụng các số liệu đầu vào và nguồn tham khảo được thể hiện ở Bảng 3.11.

Bảng 3.11: Các thông số đầu vào của mô hình MMF

Nhân tố xói mòn	Thông số tính toán	Giải thích thông số	Nguồn dữ liệu xác định giá trị cho thông số
Mưa	R	Lượng mưa TB năm (mm)	Số liệu khí tượng đo tại các ô và số liệu tại các trạm lân cận [19].
	Rn	Số ngày mưa trong năm	Số liệu khí tượng đo tại các ô và số liệu tại các trạm lân cận [19].
	I	Cường độ mưa (mm/h)	Số liệu khí tượng đo tại các ô và số liệu tại các trạm lân cận [19].
Thổ nhưỡng	MS	Khả năng trữ ẩm của đất (%w/w)	Xác định theo thành phần cơ giới đất tại các ô quan trắc
	BD	Dung trọng lớp đất bề mặt (10^3kg/m^3)	Xác định theo thành phần cơ giới
	EHD	Độ sâu thủy học đất (m)	Kế thừa, theo các loại thảm phủ [68] [52] [81] [18]
	K	Chỉ số xói mòn đất (g/J)	Số liệu phân tích tại các ô
	COH	Tính dính kết bề mặt (kPa)	Kế thừa [81]
Địa hình	S	Độ dốc ($^\circ$)	Đo tại các ô quan trắc
Thảm phủ	A	Tỷ lệ (0 - 1) lượng mưa bị cản bởi thảm phủ	Đo tại các ô quan trắc, kế thừa [68] [52] [81] [18].
	Et/Eo	Tỷ lệ bốc thoát hơi nước thực tế (Et) và tiềm năng (Eo)	Kế thừa [68] [52] [81] [18].
	C	Nhân tố quản lý thảm phủ (kết hợp C và P của USLE)	Đo tại các ô quan trắc, kế thừa [68] [52] [81] [18].
	CC	Độ che phủ tán lá cây (0 - 1)	Đo tại các ô quan trắc, kế thừa [68] [52] [81] [18].
	GC	Độ che phủ bề mặt đất (0 - 1)	Đo tại các ô quan trắc, kế thừa [68] [52] [81] [18].
	PH	Chiều cao của thảm phủ	Đo tại các ô quan trắc, kế thừa [68] [52] [81] [18].

Nguồn: Morgan, 2009 [66]; Khatereh, 2010 [52]; Trương Đình Trọng và nnk, 2012 [18]; Ugyen Thinley, 2008 [81]; Trung tâm Ứng phó Biến đổi khí hậu, 2019 [19]

Tính toán năng lượng mưa:

- Lượng mưa hữu hiệu:

$$ER = R \cdot (1 - A) \quad (3-9)$$

ER được chia thành 2 phần:

Lượng mưa trực tiếp (DT) và một phần qua tán lá đến bề mặt (LD):

$$LD = ER \cdot CC \quad (3-10)$$

$$DT = ER - LD \quad (3-11)$$

Năng lượng động học của DT ($KE(DT)$; J/m^2) (Kinetic Energy of Direct Throughfall) được xác định như là một hàm của cường độ mưa (I ; mm/h).

Công thức sau được phát triển bởi Hudson (1965) ở Zimbabwe có khí hậu nhiệt đới [81]:

$$KE(DT) = DT \cdot (29,8 - (127,5/I)) \quad (3-12)$$

Năng lượng động học của LD ($KE(LD)$; J/m^2) (Kinetic Energy of Leaf Drainage) phụ thuộc vào chiều cao của tán lá (PH ; m):

$$KE(LD) = LD \cdot ((15,8 \cdot PH^{0,5}) - 5,87) \quad (3-13)$$

Tổng năng lượng động học của lượng mưa hữu hiệu (KE ; J/m^2):

$$KE = KE(DT) + KE(LD) \quad (3-14)$$

Tính toán dòng chảy mặt:

Công thức tính toán dòng chảy được đề xuất bởi Kirkby (1976) [53], dòng chảy mặt phát sinh khi lượng mưa trong ngày vượt quá khả năng trữ ẩm của đất (R_c ; mm).

$$Q = R \cdot \exp(-R_c/R_o) \quad (3-15)$$

Trong đó: $R_o = R/R_n$; R_o là lượng mưa trung bình ngày (mm).

Khả năng trữ ẩm của đất được tính toán:

$$R_c = 1000 \cdot MS \cdot BD \cdot EHD \cdot (E_t/E_o) \quad (3-16)$$

Thảm phủ thực vật

Các giá trị CC, GC, PH, A của ngô, sắn, lạc, khoai, đậu được đo đạc tại các ô thí nghiệm thực địa; các giá trị còn lại tham khảo giá trị từ các tài liệu trích dẫn (Morgan và nnk, 2008) [68], Trương Đình Trọng, 2012 [18]; Khatereh Polous, 2010 [52] Ugyen Thinley, 2008 [81] (Bảng 3.13). Giá trị C là nhân tố quản lý thảm phủ (kết hợp C và P của USLE) sẽ được tính theo phương pháp thông thường (tra theo bảng của Hội Khoa học Đất quốc tế) và theo phương pháp hiệu chỉnh C_h ở trên.

Bảng 3.12: Các giá trị hướng dẫn của thổ nhưỡng cho MMF (Morgan 2000; Morgan và Duzant 2007) [81]

Thành phần cơ giới	MS	BD	COH
Cát	0,08	1,5	2
Cát pha thịt	0,15	1,4	2
Thịt pha cát	0,28	1,2	2
Thịt	0,20	1,3	3
Limon	0,15	1,3	3
Thịt pha limon	0,25	1,3	3
Thịt pha sét và cát	0,38	1,4	3
Thịt pha sét	0,40	1,3	10
Thịt pha sét và limon	0,42	1,3	9
Sét pha cát	0,28	1,4	9
Sét pha limon	0,30	1,3	10
Sét	0,45	1,1	12

Bảng 3.13: Các giá trị liên quan đến thảm phủ thực vật.

Loại thảm phủ	PH (m)	CC (%)	GC (%)	Et/Eo	A (%)	EHD (m)
Cây hàng năm (ngô, sắn)	1,10	25	25	0,68	20	0,12
Nương rẫy	1,00	20	20	0,68	17	0,12
Cây hàng năm (khoai, lạc, đậu, vừng,...)	0,40	20	20	0,68	17	0,12
Lúa	0,60	50	50	1,35	20	0,12

Tính toán lượng đất tách ra:

Công thức trong mô hình MMF để ước tính khả năng tách các phần tử đất bởi ảnh hưởng của hạt mưa:

$$F = K * K_E * 10^{-3} \quad (3-17)$$

Hệ số ứng chịu xói mòn đất được xác định dựa vào mẫu đất phân tích thành phần các cấp hạt, hàm lượng mùn, tính thấm và cấu trúc đất. Từ đó, xác định hệ số xói mòn do đất K dựa vào toán đồ của USDA.

Công thức ước tính lượng đất tách ra bởi dòng chảy mặt dựa vào công thức thực nghiệm của Quansah (1982) [75]:

$$H = Z * Q^{1,5} * \sin S * (1 - GC) * 10^{-3} \quad (3-18)$$

Trong đó, sự kháng cự của đất:

$$Z = 1/0.5 * COH \quad (3-19)$$

Tổng lượng đất tách ra được tính:

$$J = F + H \quad (3-20)$$

Tính toán khả năng vận chuyển của dòng chảy:

$$G = C * Q^2 * \sin S * 10^{-3} \quad (S \text{ tính bằng độ}) \quad (3-21)$$

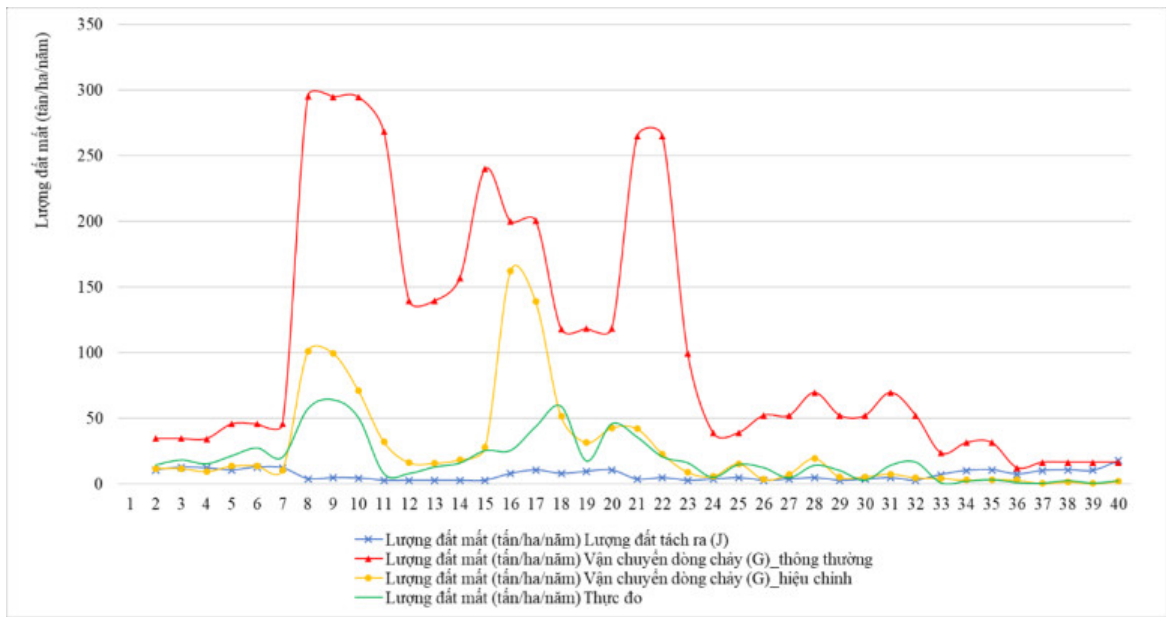
Tính toán lượng đất xói mòn:

Tính toán tổng lượng đất tách ra bởi tác động của mưa và dòng chảy, sau đó so sánh với khả năng vận chuyển của dòng chảy mặt. Giá trị ít hơn là lượng đất xói mòn năm (Meyer và Wischmeier, 1969):

$$\text{Lượng đất xói mòn} = \text{Min}(J; G) \quad (3-22)$$

3.2.2.2. Kết quả kiểm định theo mô hình MMF

Kết quả chi tiết tính toán các thông số đầu vào theo các công thức (từ 3-9 đến 3-22) được trình bày tại Bảng 3.14. Theo mô hình MMF lượng đất xói mòn được tính theo hai giá trị là lượng đất tách ra (J) (3-20) và khả năng vận chuyển của dòng chảy (G) (3-21), trong hai giá trị này giá trị nào nhỏ hơn sẽ là lượng đất bị xói mòn theo (3-22). Tổng hợp một số thông số chính và các giá trị lượng đất mất theo J, G và đo thực tế được trình bày ở Bảng 3.14 và Hình 3.7.



Hình 3.7: Đồ thị biểu diễn lượng đất mất tính theo lượng đất tách ra (J) và vận chuyển dòng chảy (G) thông thường và hiệu chỉnh và giá trị thực đo

Trong mô hình MMF, hệ số C liên quan trực tiếp đến giá trị khả năng vận chuyển của dòng chảy (G), do vậy để so sánh hệ số C thông thường theo Hội KHD Quốc tế và C hiệu chỉnh của nghiên cứu này thì sẽ sử dụng lượng đất mất do khả năng vận chuyển của dòng chảy G để so sánh. Đồ thị hình ở Hình 3.7 cho thấy, so với lượng đất mất do thực đo (đường màu xanh lá cây) thì giá trị lượng đất mất G sử dụng hệ số C hiệu chỉnh gần hơn, điều này thể hiện khi tính giá trị sai số RMSE, RMSE của lượng đất mất G sử dụng hệ số C hiệu chỉnh là 21,62, còn sử dụng C thông thường là 119,01. Như vậy, áp dụng hệ số C hiệu chỉnh nghiên cứu này sẽ cho kết quả tốt hơn khi ước tính lượng đất mất do khả năng vận chuyển của dòng chảy G.

Bảng 3.14: Kết quả tính toán một số thông số chính và lượng đất mất J, G theo hệ số C thông thường và hệ số C hiệu chỉnh

STT	Tên điểm	Năm	Dòng chảy mặt (Q)	KE	F	H	Hệ số C		Lượng đất mất (tấn/ha/năm)						Mô hình MMF so với thực đo (%)
							Theo hội KHD Quốc tế	Hiệu chỉnh của N.C này C_h	Lượng đất tách ra (J)	Vận chuyển dòng chảy (G)_thông thường	Vận chuyển dòng chảy (G)_hiệu chỉnh	Mô hình MMF thông thường	Mô hình MMF hiệu chỉnh	Thực đo	
1	CN-MS-SL (CT T3)	2017	115,18	23780,74	10,45	0,16	0,24	0,07	10,61	34,64	7,27	10,61	7,27	14,56	49,93
2	CN-MS-SL (CT T3)	2016	191,13	28245,49	12,41	0,34	0,24	0,07	12,75	34,61	7,27	12,75	7,27	18,34	39,64
3	CN-MS-SL (CT T3)	2015	247,78	26548,12	11,66	0,50	0,24	0,06	12,17	34,57	7,26	12,17	7,26	15,45	46,99
4	CN-MS-SL (CT T2)	2017	115,18	23780,74	10,45	0,21	0,24	0,06	10,66	45,78	9,16	10,66	9,16	21,56	42,49
5	CN-MS-SL (CT T2)	2016	191,13	28245,49	12,41	0,45	0,24	0,06	12,86	45,73	9,15	12,86	9,15	27,54	33,22
6	CN-MS-SL (CT T2)	2015	247,78	26548,12	11,66	0,67	0,24	0,05	12,33	45,69	9,14	12,33	9,14	20,45	44,69
7	CN-MS-SL (CT T1)	2017	34,91	23780,74	3,99	0,01	0,24	0,07	4,00	295,44	59,09	4,00	4,00	57,45	6,96
8	CN-MS-SL (CT T1)	2016	68,74	28245,49	4,74	0,03	0,24	0,07	4,77	295,14	59,03	4,77	4,77	64,45	7,40
9	CN-MS-SL (CT T1)	2015	105,05	26548,12	4,46	0,06	0,24	0,05	4,51	294,85	58,97	4,51	4,51	50,75	8,89
10	BT-TM-ĐB-HB (Ô 1)	2000	53,16	16815,44	2,82	0,02	0,24	0,06	2,85	268,41	134,21	2,85	2,85	8,00	35,63
11	BT-TM-ĐB-HB (Ô 2)	2000	53,16	16815,44	2,82	0,02	0,24	0,06	2,85	139,63	69,81	2,85	2,85	8,00	35,63
12	BT-TM-ĐB-HB (Ô 3)	2000	53,16	16815,44	2,82	0,02	0,24	0,06	2,85	139,63	69,81	2,85	2,85	13,00	21,92

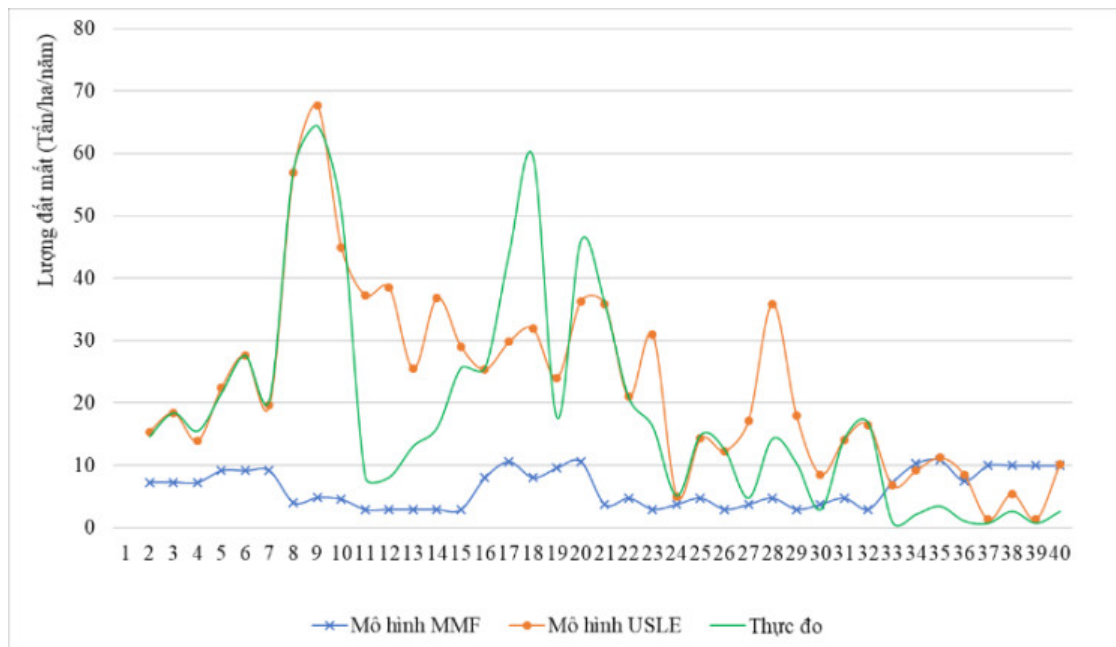
STT	Tên điểm	Năm	Dòng chảy mặt (Q)	KE	F	H	Hệ số C		Lượng đất mất (tấn/ha/năm)						Mô hình MMF so với thực đo (%)
							Theo hội KHD Quốc tế	Hiệu chỉnh của N.C này C_h	Lượng đất tách ra (J)	Vận chuyển dòng chảy (G)_thông thường	Vận chuyển dòng chảy (G)_hiệu chỉnh	Mô hình MMF thông thường	Mô hình MMF hiệu chỉnh	Thực đo	
13	BT-TM-ĐB-HB (Ô 4)	2000	53,16	16815,44	2,82	0,02	0,24	0,06	2,85	156,86	78,43	2,85	2,85	16,00	17,81
14	BT-TM-ĐB-HB (Ô 5)	2000	53,16	16815,44	2,82	0,02	0,24	0,06	2,85	240,00	120,00	2,85	2,85	25,60	11,13
15	TX VY-VP (Ô 6)	2000	96,35	18126,26	7,96	0,04	1,28	0,32	8,00	200,07	80,03	8,00	8,00	25,60	31,25
16	TX VY-VP (Ô 6)	2002	92,50	24029,83	10,56	0,03	1,28	0,28	10,59	200,47	80,19	10,59	10,59	43,90	24,12
17	TX VY-VP (Ô 8)	2000	96,35	18126,26	7,96	0,07	0,43	0,17	8,03	118,30	47,32	8,03	8,03	59,50	13,50
18	TX VY-VP (Ô 8)	2001	99,32	21663,86	9,52	0,07	0,43	0,11	9,59	118,42	47,37	9,59	9,59	17,60	54,49
19	TX VY-VP (Ô 10)	2002	92,50	24029,83	10,56	0,06	0,43	0,14	10,62	118,53	47,41	10,62	10,62	46,00	23,09
20	HS-XM (CT T1)	1993	35,69	24449,28	3,67	0,01	0,24	0,05	3,68	264,78	79,43	3,68	3,68	35,91	10,25
21	HS-XM (CT T1)	1994	87,78	31053,22	4,66	0,04	0,24	0,02	4,70	265,05	66,26	4,70	4,70	20,77	22,63
22	HS-XM (CT T1)	1995	58,97	19162,71	2,87	0,02	0,09	0,05	2,90	99,49	59,70	2,90	2,90	16,13	17,98
23	HS-XM (CT T2)	1993	35,69	24449,28	3,67	0,01	0,24	0,05	3,68	39,02	11,71	3,68	3,68	5,03	73,16
24	HS-XM (CT T2)	1994	87,78	31053,22	4,66	0,04	0,24	0,10	4,70	39,06	9,76	4,70	4,70	14,84	31,67
25	HS-XM (CT T2)	1995	58,97	19162,71	2,87	0,02	0,09	0,04	2,90	52,36	31,42	2,90	2,90	12,43	23,33
26	HS-XM (CT T4)	1993	35,69	24449,28	3,67	0,01	0,09	0,04	3,68	52,26	15,68	3,68	3,68	4,68	78,63
27	HS-XM (CT T4)	1994	87,78	31053,22	4,66	0,04	0,12	0,07	4,70	69,75	17,44	4,70	4,70	14,21	33,08

STT	Tên điểm	Năm	Dòng chảy mặt (Q)	KE	F	H	Hệ số C		Lượng đất mất (tấn/ha/năm)						Mô hình MMF so với thực đo (%)
							Theo hội KHĐ Quốc tế	Hiệu chỉnh của N.C này C_h	Lượng đất tách ra (J)	Vận chuyển dòng chảy (G)_thông thường	Vận chuyển dòng chảy (G)_hiệu chỉnh	Mô hình MMF thông thường	Mô hình MMF hiệu chỉnh	Thực đo	
28	HS-XM (CT T4)	1995	58,97	19162,71	2,87	0,02	0,09	0,06	2,90	52,36	31,42	2,90	2,90	10,26	28,27
29	HS-XM (CT T5)	1993	35,69	24449,28	3,67	0,01	0,09	0,03	3,68	52,26	15,68	3,68	3,68	2,81	130,96
30	HS-XM (CT T5)	1994	87,78	31053,22	4,66	0,04	0,12	0,03	4,70	69,75	17,44	4,70	4,70	14,21	33,08
31	HS-XM (CT T5)	1995	58,97	19162,71	2,87	0,02	0,09	0,05	2,90	52,36	31,42	2,90	2,90	16,69	17,38
32	TA-BV - (CT T2)	1992	69,69	23177,45	7,19	0,03	0,09	0,09	7,22	23,67	11,83	7,22	7,22	0,83	869,88
33	TA-BV - (CT T2)	1993	146,14	32901,98	10,20	0,09	0,12	0,06	10,29	31,59	18,95	10,29	10,29	2,08	494,71
34	TA-BV - (CT T2)	1994	157,97	34624,62	10,73	0,10	0,12	0,07	10,84	31,62	18,97	10,84	10,84	3,35	323,58
35	TA-BV - (CT T3)	1992	69,69	24432,04	7,57	0,03	0,09	0,15	7,60	12,46	7,47	7,60	7,47	0,99	754,55
36	TA-BV - (CT T3)	1993	146,14	32901,98	10,20	0,09	0,12	0,02	10,29	16,62	9,97	10,29	9,97	0,63	1.582,54
37	TA-BV - (CT T3)	1994	157,97	34624,62	10,73	0,10	0,12	0,06	10,84	16,64	9,98	10,84	9,98	2,54	392,91
38	TA-BV - (CT T4)	1993	216,87	32978,48	10,22	0,17	0,12	0,02	10,39	16,62	9,97	10,39	9,97	0,65	1.533,85
39	TA-BV - (CT T4)	1994	631,05	54663,98	16,95	0,83	0,12	0,07	17,78	16,64	9,98	16,64	9,98	2,52	396,03
R													-0,04		
RMSE										119,01	29,13		21,62		

3.2.3. So sánh kết quả kiểm định bằng mô hình USLE và MMF

Kết quả xác định các hệ số xói mòn, dự báo lượng đất mất theo phương trình mất đất phổ dụng (USLE) và mô hình MMF được trình bày ở Bảng 3.15 và đồ thị Hình 3.8.

Đây là kết quả tính toán cho 5 điểm quan trắc xói mòn với mùa vụ, năm canh tác khác nhau với tổng cộng 39 lần thí nghiệm (N=39). Đối với mô hình USLE kết quả tính toán lượng đất thông qua các hệ số R, K, LS, C_h , P và mô hình MMF thông qua các hệ số chính là Q, KE, F, H. Mô hình MME sử dụng hệ số K, C_h và P của mô hình USLE để tính các hệ số thành phần của mình. Kết quả dự báo của mô hình USLE được trình bày tại cột (13) của Bảng 3.15. Kết quả dự báo của mô hình MMF bao gồm lượng đất tách ra (J) ở cột (14) và lượng đất được vận chuyển bởi dòng chảy (G) ở cột (15), trong đó giá trị nhỏ nhất của J và G chính là kết quả dự báo cuối cùng của mô hình MMF ở cột (16), lượng đất mất thực đo tại các ô ở cột (17). Lượng đất bị xói mòn đo thực tế tại các ô quan trắc dao động là 0,63 đến 64,45 tấn/ha/năm; mô hình dự báo USLE là 1,28 ÷ 67,64 tấn/ha/năm; của mô hình MMF là 2,85 ÷ 10,84 tấn/ha/năm.



Hình 3.8: So sánh kết quả dự báo của mô hình MMF và USLE hiệu chỉnh với lượng đất mất đo được

Bảng 3.15: Kết quả tính toán các hệ số và lượng đất mất theo mô hình USLE và mô hình MMF

STT	Ký hiệu điểm	Năm	Mô hình USLE				Mô hình MMF					Lượng đất mất (tấn/ha/năm)				
			Hệ số R	Hệ số LS												
					Hệ số K	Hệ số C _h	Hệ số P	Dòng chảy mặt (Q)	Hệ số KE	Hệ số F	Hệ số H	Mô hình USLE	Mô hình MMF			Thực đo
													J	G	Dự báo	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)		(13)	(14)	(15)	
1	CN-MS-SL (CT T3)	2017	603,44	5,72	0,44	0,21	0,14	115,18	23780,74	10,45	0,16	15,33	10,61	7,27	7,27	14,56
2	CN-MS-SL (CT T3)	2016	725,88	5,72	0,44	0,21	0,14	191,13	28245,49	12,41	0,34	18,39	12,75	7,27	7,27	18,34
3	CN-MS-SL (CT T3)	2015	676,86	5,72	0,44	0,21	0,14	247,78	26548,12	11,66	0,50	13,87	12,17	7,26	7,26	15,45
4	CN-MS-SL (CT T2)	2017	603,44	10,10	0,44	0,20	0,14	115,18	23780,74	10,45	0,21	22,42	10,66	9,16	9,16	21,56
5	CN-MS-SL (CT T2)	2016	725,88	10,10	0,44	0,20	0,14	191,13	28245,49	12,41	0,45	27,57	12,86	9,15	9,15	27,54
6	CN-MS-SL (CT T2)	2015	676,86	10,10	0,44	0,20	0,14	247,78	26548,12	11,66	0,67	19,60	12,33	9,14	9,14	20,45
7	CN-MS-SL (CT T1)	2017	603,44	8,20	0,17	0,20	1,00	34,91	23780,74	3,99	0,01	56,92	4,00	59,09	4,00	57,45
8	CN-MS-SL (CT T1)	2016	725,88	8,20	0,17	0,20	1,00	68,74	28245,49	4,74	0,03	67,64	4,77	59,03	4,77	64,45
9	CN-MS-SL (CT T1)	2015	676,86	8,20	0,17	0,20	1,00	105,05	26548,12	4,46	0,06	44,94	4,51	58,97	4,51	50,75
10	BT, TM, ĐB, HB (Ô 1)	2000	602,16	12,22	0,17	0,50	0,50	53,16	16815,44	2,82	0,02	37,18	2,85	134,21	2,85	8,00
11	BT, TM, ĐB, HB (Ô 2)	2000	602,16	12,96	0,17	0,50	0,50	53,16	16815,44	2,82	0,02	38,45	2,85	69,81	2,85	8,00
12	BT, TM, ĐB, HB (Ô 3)	2000	602,16	8,84	0,17	0,50	0,50	53,16	16815,44	2,82	0,02	25,43	2,85	69,81	2,85	13,00
13	BT, TM, ĐB, HB (Ô 4)	2000	602,16	12,22	0,17	0,50	0,50	53,16	16815,44	2,82	0,02	36,82	2,85	78,43	2,85	16,00
14	BT, TM, ĐB, HB (Ô 5)	2000	602,16	9,80	0,17	0,50	0,50	53,16	16815,44	2,82	0,02	28,97	2,85	120,00	2,85	25,60

STT	Ký hiệu điểm	Năm	Mô hình USLE			Mô hình MMF						Lượng đất mất (tấn/ha/năm)				
			Hệ số R	Hệ số LS												
					Hệ số K	Hệ số C _h	Hệ số P	Dòng chảy mặt (Q)	Hệ số KE	Hệ số F	Hệ số H					
												Mô hình USLE	Mô hình MMF			Thực đo
													J	G	Dự báo	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)
15	TX VY-VP (Ô 6)	2000	445,44	0,80	0,44	0,40	0,50	96,35	18126,26	7,96	0,04	25,38	8,00	80,03	8,00	25,60
16	TX VY-VP (Ô 6)	2002	611,57	0,80	0,44	0,40	0,50	92,50	24029,83	10,56	0,03	29,76	10,59	80,19	10,59	43,90
17	TX VY-VP (Ô 8)	2000	445,44	1,87	0,44	0,40	0,50	96,35	18126,26	7,96	0,07	31,87	8,03	47,32	8,03	59,50
18	TX VY-VP (Ô 8)	2001	544,68	1,87	0,44	0,40	0,50	99,32	21663,86	9,52	0,07	23,95	9,59	47,37	9,59	17,60
19	TX VY-VP (Ô 10)	2002	611,57	1,87	0,44	0,40	0,50	92,50	24029,83	10,56	0,06	36,30	10,62	47,41	10,62	46,00
20	HS-XM (CT T1)	1993	622,09	8,46	0,15	0,30	0,95	35,69	24449,28	3,67	0,01	35,79	3,68	79,43	3,68	35,91
21	HS-XM (CT T1)	1994	803,29	8,46	0,15	0,25	0,95	87,78	31053,22	4,66	0,04	20,99	4,70	66,26	4,70	20,77
22	HS-XM (CT T1)	1995	472,69	8,46	0,15	0,60	0,95	58,97	19162,71	2,87	0,02	30,91	2,90	59,70	2,90	16,13
23	HS-XM (CT T2)	1993	622,09	8,46	0,15	0,30	0,14	35,69	24449,28	3,67	0,01	5,01	3,68	11,71	3,68	5,03
24	HS-XM (CT T2)	1994	803,29	8,46	0,15	0,25	0,14	87,78	31053,22	4,66	0,04	14,26	4,70	9,76	4,70	14,84
25	HS-XM (CT T2)	1995	472,69	8,46	0,15	0,60	0,50	58,97	19162,71	2,87	0,02	12,26	2,90	31,42	2,90	12,43
26	HS-XM (CT T4)	1993	622,09	8,46	0,15	0,30	0,50	35,69	24449,28	3,67	0,01	17,15	3,68	15,68	3,68	4,68
27	HS-XM (CT T4)	1994	803,29	8,46	0,15	0,25	0,50	87,78	31053,22	4,66	0,04	35,87	4,70	17,44	4,70	14,21
28	HS-XM (CT T4)	1995	472,69	8,46	0,15	0,60	0,50	58,97	19162,71	2,87	0,02	17,98	2,90	31,42	2,90	10,26
29	HS-XM (CT T5)	1993	422,09	8,46	0,15	0,30	0,50	35,69	24449,28	3,67	0,01	8,52	3,68	15,68	3,68	2,81
30	HS-XM (CT T5)	1994	803,29	8,46	0,15	0,25	0,50	87,78	31053,22	4,66	0,04	14,10	4,70	17,44	4,70	14,21
31	HS-XM (CT T5)	1995	472,69	8,46	0,15	0,60	0,50	58,97	19162,71	2,87	0,02	16,48	2,90	31,42	2,90	16,69

STT	Ký hiệu điểm	Năm	Mô hình USLE			Mô hình MMF						Lượng đất mất (tấn/ha/năm)				
			Hệ số R	Hệ số LS												
					Hệ số K	Hệ số C _h	Hệ số P	Dòng chảy mặt (Q)	Hệ số KE	Hệ số F	Hệ số H	Mô hình USLE	Mô hình MMF			Thực đo
													J	G	Dự báo	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)		(13)	(14)	(15)	
32	TA-BV - (CT T2)	1992	396,22	0,63	0,31	0,50	0,95	69,69	23177,45	7,19	0,03	6,73	7,22	11,83	7,22	0,83
33	TA-BV - (CT T2)	1993	854,44	0,63	0,31	0,60	0,95	146,14	32901,98	10,20	0,09	9,11	10,29	18,95	10,29	2,08
34	TA-BV - (CT T2)	1994	902,14	0,63	0,31	0,60	0,95	157,97	34624,62	10,73	0,10	11,20	10,84	18,97	10,84	3,35
35	TA-BV - (CT T3)	1992	596,22	0,63	0,31	0,60	0,50	69,69	24432,04	7,57	0,03	8,45	7,60	7,47	7,47	0,99
36	TA-BV - (CT T3)	1993	854,44	0,63	0,31	0,60	0,50	146,14	32901,98	10,20	0,09	1,28	10,29	9,97	9,97	0,63
37	TA-BV - (CT T3)	1994	902,14	0,63	0,31	0,60	0,50	157,97	34624,62	10,73	0,10	5,38	10,84	9,98	9,98	2,54
38	TA-BV - (CT T4)	1993	854,44	0,63	0,31	0,60	0,50	216,87	32978,48	10,22	0,17	1,29	10,39	9,97	9,97	0,65
39	TA-BV - (CT T4)	1994	1450,40	0,63	0,31	0,60	0,50	631,05	54663,98	16,95	0,83	10,19	17,78	9,98	9,98	2,52
R												0,8			-0,04	
RMSE												11,01			21,62	

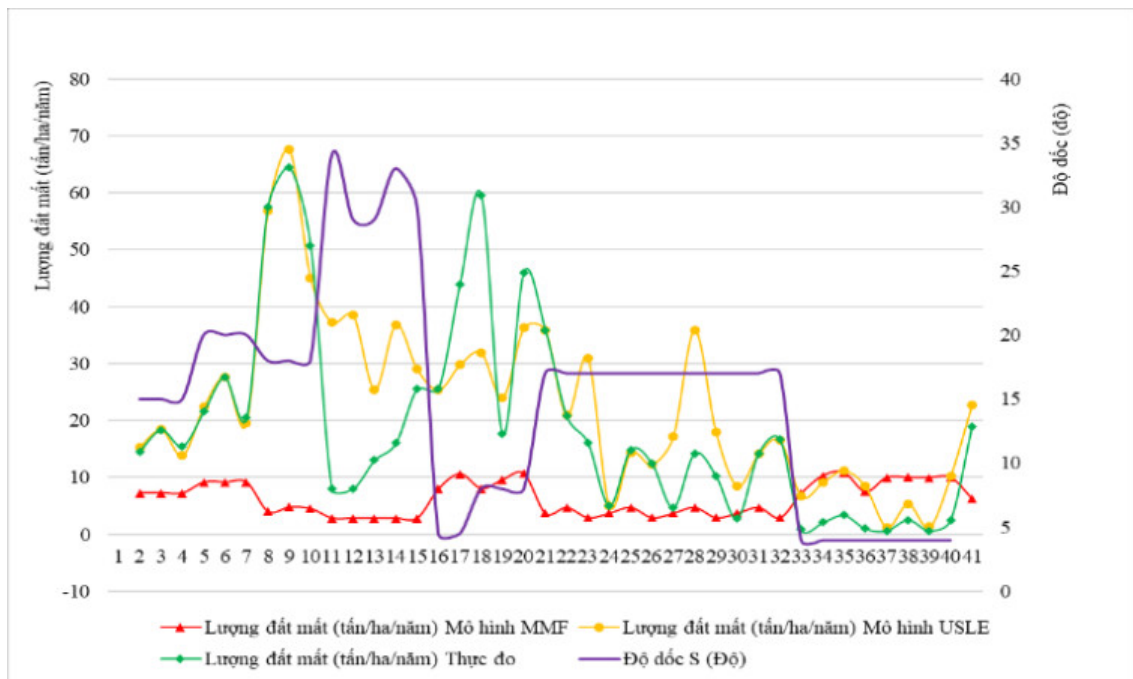
Kết quả tính là sai số trung bình bình phương (RMSE) của mô hình USLE và MMF so với giá trị thực đo lần lượt là 11,01 và 21,62, điều này cho thấy mô hình USLE sử dụng cho kết quả dự báo có sai số nhỏ hơn so với mô hình MMF. Điều này phù hợp với nghiên cứu của các tác giả Arun Mondal và nnk (2016) [65] khi sử dụng mô hình USLE và MMF để dự báo xói mòn ở sông Narmada ở miền Trung Ấn Độ, kết quả cho thấy sử dụng mô hình hiệu chỉnh USLE cho thấy sự phù hợp nhất đối với vùng nghiên cứu. Nghiên cứu của Emil Bayramov và nnk (2013) [43] cũng so sánh mô hình USLE và MMF cho thấy, mô hình MMF cho thấy hệ số biến thiên (COV) lớn hơn trong tỷ lệ mất đất dự đoán, kết quả theo dõi 3 năm tại các ô xói mòn trên thực địa, mô hình USLE dự báo tốt hơn mô hình MMF về tỷ lệ tàn suất xuất hiện xói mòn trong các lớp xói mòn quan trọng (mất đất > 10 tấn/ha). Tỷ lệ mất đất do mô hình USLE dự đoán đáng tin cậy hơn mô hình MMF không chỉ về phân bố không gian của các lớp xói mòn quan trọng, mà còn về định lượng tỷ lệ mất đất vì có mối tương quan cao với các phép đo mất đất của các ô xói mòn trên thực địa.

3.2.3. Nhận xét chung:

Kết quả tính toán các hệ số của mô hình cho thấy, yếu tố lượng mưa tác động lớn nhất đến lượng đất xói mòn đất của các điểm quan trắc, đối với mô hình USLE thể hiện qua giá trị hệ số R và mô hình MMF thể hiện qua giá trị hệ số Q, J. Yếu tố độ dốc là yếu tố tác động rất lớn thứ hai đến xói mòn đất theo mô hình USLE, thể hiện của giá trị hệ số mất đất do độ dốc và chiều dài sườn dốc LS, còn đối với mô hình MMF yếu tố địa hình thể hiện qua độ dốc được tính toán thông qua lượng đất tách ra bởi dòng chảy mặt và khả năng vận chuyển của dòng chảy.

Bên cạnh sử dụng hệ số chung như hệ số K, C, P mô hình MMF quan tâm đến các yếu tố độ che phủ mặt đất, tán lá cây, chiều cao thảm phủ. Tuy nhiên điều kiện canh tác ở vùng núi phía Bắc với cơ cấu mùa vụ thay đổi các cây trồng trong năm, chiều cao, độ che phủ cây ở từng giai đoạn phát triển của cây trồng sẽ khác nhau, lượng mưa phân bố tập trung vào mùa mưa (tháng 5 đến 9), trùng với thời điểm gieo trồng vụ, thu hoạch vụ xuân hè, hè thu do đó động năng hạt mưa tác động

vào bề mặt sẽ mạnh hơn nhưng chưa được xem xét trong mô hình MMF. Điều này cũng được thể hiện ở đồ thị Hình 3.8, kết quả dự báo lượng đất bị xói mòn bằng mô hình MMF hầu hết đều thấp hơn giá trị đo thực tế, chỉ có các ô quan trắc ở Thụy An, Ba Vì có giá trị dự báo của mô hình MMF cao hơn so với đo thực tế và mô hình USLE, nguyên nhân ở đây độ dốc nhỏ (độ dốc 4^0) khi dự báo bằng mô hình MMF yếu tố độ dốc tác động thông qua giá trị $\sin(S)$ đối với cả lượng đất tách ra hay vận chuyển bởi dòng chảy nên mức độ thay đổi không lớn do đó tác động lên sự thay đổi lượng đất xói mòn không lớn. Điều này thể hiện ở đồ thị Hình 3.9, độ dốc các ô quan trắc dao động từ $4 \div 34^0$ nhưng kết quả dự báo bằng mô hình MMF lượng đất mất $2,85 \div 10,84$ tấn/ha/năm, so với quan trắc thực tế là $0,63 \div 64,45$ tấn/ha/năm.



Hình 3.9: Độ dốc và lượng đất mất thực đo và dự báo bởi mô hình USLE và MMF

3.3. Kết luận Chương 3:

Kết quả đánh giá tính toán và xác định hệ số xói mòn do cây trồng hiệu chỉnh (C_h) từ các ô quan trắc với 39 lần thí nghiệm với hệ số C tra từ bảng của Hội Khoa học Đất quốc tế cho thấy hệ số C tra từ bảng cao hơn hệ số C_h tính toán từ các ô quan trắc xói mòn từ 1,32 đến 20,0 lần, trung bình 6,07 lần. Sự chênh lệch lớn này sẽ dẫn đến sai số so với thực tế trong dự báo, đánh giá xói mòn.

Hệ số cây trồng sau khi hiệu chỉnh bằng cách sử dụng hệ số C tra từ bảng của Hội Khoa học Đất quốc tế nhân với trọng số phân bố lượng mưa, độ che phủ theo tháng và hiệu chỉnh theo hệ số các biện pháp kỹ thuật tác động vào đất. Áp dụng hệ số C_h hiệu chỉnh để dự báo xói mòn đã khắc phục được hạn chế do chưa tính sự phân bố độ che phủ của cây trồng, bố trí cơ cấu cây trồng (đơn canh, luân canh, xen canh), lượng mưa, kỹ thuật canh tác vào đất trong quá trình canh tác so với phương pháp thông thường. Điều này, thể hiện qua giá trị hệ số tương quan R, kết quả dự báo với hệ số C thông thường và hiệu chỉnh là 0,69 và 0,8 và sai số trung bình bình phương (RMSE) của phương trình sử dụng hệ số C thông thường là 82,09, còn sử dụng hệ số C hiệu chỉnh là 11,01.

Kết quả sử dụng 2 mô hình dự báo xói mòn đất cho thấy mô hình USLE dự báo lượng đất mất dao động từ $1,28 \div 67,64$ tấn/ha/năm; mô hình MMF dự báo lượng đất mất $2,85 \div 10,84$ tấn/ha/năm so với lượng đất bị xói mòn đo được dao động từ $0,63 \div 64,45$ tấn/ha/năm. Sai số trung bình bình phương (RMSE) của mô hình USLE và MMF so với giá trị thực đo lần lượt là 11,01 và 21,62, điều này cho thấy mô hình USLE dự báo tốt hơn mô hình MMF. Yếu tố lượng mưa tác động lớn nhất đến lượng đất xói mòn đất của các điểm quan trắc, đối với mô hình USLE thể hiện qua giá trị hệ số R và mô hình MMF thể hiện qua giá trị hệ số Q, J. Yếu tố độ dốc là yếu tố tác động rất lớn thứ hai đến xói mòn đất theo mô hình USLE, thể hiện của giá trị hệ số mất đất do độ dốc và chiều dài sườn dốc LS, còn đối với mô hình MMF yếu tố địa hình thể hiện qua độ dốc được tính toán thông qua lượng đất tách ra bởi dòng chảy mặt và khả năng vận chuyển của dòng chảy. Tuy nhiên mô hình MMF không thể hiện rõ tác động của xói mòn đất, độ dốc các ô quan trắc dao động từ $4 \div 34^0$ nhưng kết quả dự báo bằng mô hình MMF lượng đất mất $2,85 \div 10,84$ tấn/ha/năm, so với quan trắc thực tế là $0,63 \div 64,45$ tấn/ha/năm.

KẾT LUẬN – KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

1. Kết quả đánh giá tính toán và xác định hệ số xói mòn do cây trồng hiệu chỉnh (C_h) từ các ô quan trắc với 39 lần thí nghiệm với hệ số C tra từ bảng của Hội Khoa học Đất quốc tế cho thấy hệ số C tra từ bảng cao hơn hệ số C_h tính toán từ các ô quan trắc xói mòn từ $1,32 \div 20,0$ lần, trung bình 6,07 lần. Sự chênh lệch lớn này sẽ dẫn đến sai số so với thực tế trong dự báo, đánh giá xói mòn.

Hệ số cây trồng sau khi hiệu chỉnh bằng cách sử dụng hệ số C tra từ bảng của Hội Khoa học Đất quốc tế nhân với trọng số phân bố lượng mưa và độ che phủ theo tháng, cần hiệu chỉnh theo hệ số các biện pháp kỹ thuật tác động vào đất, đối với các cây trồng chính các hệ số này dao động từ $0,20 \div 0,8$.

2. Kết quả sử dụng phương trình mất đất phổ dụng để kiểm định cho thấy, phương pháp hiệu chỉnh hệ số C có kết quả dự báo tốt hơn so với sử dụng hệ số C tra bảng thông thường. Phương pháp hiệu chỉnh đã khắc phục được hạn chế do chưa tính sự phân bố độ che phủ của cây trồng, bố trí cơ cấu cây trồng (đơn canh, luân canh, xen canh), lượng mưa, kỹ thuật canh tác vào đất trong quá trình canh tác so với phương pháp thông thường.

Kết quả sử dụng 2 mô hình dự báo xói mòn đất cho thấy mô hình USLE dự báo lượng đất mất dao động từ $1,28 \div 67,64$ tấn/ha/năm; mô hình MMF dự báo lượng đất mất $2,85 \div 10,84$ tấn/ha/năm so với lượng đất bị xói mòn đo được dao động từ $0,63 \div 64,45$ tấn/ha/năm. Sai số trung bình bình phương (RMSE) của mô hình USLE và MMF so với giá trị thực đo lần lượt là 11,01 và 21,62, điều này cho thấy mô hình USLE dự báo tốt hơn mô hình MMF.

3. So sánh kết quả dự báo của mô hình USLE và MMF sử dụng hệ số xói mòn do cây trồng hiệu chỉnh (C_h) cho thấy, việc sử dụng mô hình USLE với hệ số C_h được đề xuất áp dụng cho vùng đồi núi phía Bắc nước ta.

2. Kiến nghị

1. Đề nghị mở rộng kỹ thuật canh tác luân canh kết hợp xen canh (so với đơn canh) để làm giảm lượng đất bị xói mòn.

2. Đề nghị tiếp tục nghiên cứu chi tiết hơn với độ che phủ và lượng mưa trong từng tháng của năm để làm cơ sở dự báo xói mòn chính xác hơn và các giải pháp giảm thiểu xói mòn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

1. Báo điện tử Nông nghiệp Việt Nam (2013), *Canh tác nông lâm nghiệp bền vững trên đất dốc, trong diễn đàn “Một số giải pháp về canh tác nông lâm nghiệp bền vững trên đất dốc vùng Tây Bắc”*, Sơn La, truy cập ngày 22-7-2019, tại trang web <https://nongnghiep.vn/canh-tac-nong-lam-nghiep-ben-vung-tren-dat-doc-d115400.html>.
2. Lê Thái Bạt (2006), Xói mòn đất và nghèo đói ở các tỉnh miền núi phía Bắc nguyên nhân và giải pháp, *Hội thảo thường niên các tổ chức xã hội*, Hà Nội.
3. Lê Quốc Doanh, Nguyễn Văn Bộ và Hà Đình Tuấn (2003), *Nông nghiệp vùng cao: Thực trạng và giải pháp*, Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
4. Nguyễn Văn Dung, Trần Đức Viên, Nguyễn Thanh Lâm, Trần Mạnh Tường, Aran Patanothai, George Cadisch và A.Terry Rambo (2008), "Phân tích Mức độ bền vững của hệ canh tác nương rẫy tổng hợp tại Bản Tát bằng phương pháp cân bằng dinh dưỡng", trong Trần Đức Viên, A.Terry Rambo và Nguyễn Thanh Lâm, editor, *Canh tác nương rẫy tổng hợp: Một góc nhìn*, NXB Nông nghiệp, Hà Nội, pp. 258-312.
5. Chu Đức, Nguyễn Quang Mỹ và Mai Đình Yên (1991), Áp dụng phân tích hệ thống trong nghiên cứu xói mòn ở Việt Nam, *Báo cáo tại hội nghị lần thứ 2 về địa chất Đông Dương*, Hà nội.
6. Nguyễn Trọng Hà (1996), *Xác định các yếu tố gây xói mòn và khả năng dự báo xói mòn trên đất dốc*, Luận án Tiến sĩ, Trường ĐH Thủy lợi, Hà Nội.
7. N. Hudson, Đào Trọng Năng và Nguyễn Kim Dung dịch (1981), *Bảo vệ đất và chống xói mòn*, Nhà xuất bản Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
8. Trần Đình Long (2005), *Cải tiến quản lý nguồn tài nguyên thiên nhiên vùng đất dốc miền Bắc Việt Nam*, NXB Nông nghiệp, Hà Nội.
9. Nguyễn Quang Mỹ (2005), *Xói mòn đất hiện đại và các biện pháp phòng chống*, Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia Hà Nội, Hà Nội.
10. Nguyễn Quang Mỹ (1983), Bước đầu nghiên cứu xói mòn và thử nghiệm chống xói mòn đất Trung Du, *Báo các hội nghị khoa học về sử dụng hợp lý tài nguyên thiên nhiên và bảo vệ môi trường*, Hà Nội, tr. 19 -23.
11. Đặng Quang Phán, Đào Châu Thu và Thân Thế Hùng (2008), "Kết quả nghiên cứu phủ thảm bện hữu cơ chống xói mòn đất đồi huyện Tam Nông, tỉnh Phú Thọ", *Tạp chí Khoa học đất*, số 29.
12. Thái Phiên và Nguyễn Tử Siêm (2002), *Sử dụng bền vững đất miền núi và vùng cao ở Việt Nam*, NXB Nông nghiệp, Hà Nội.

13. Emma Rochelle-Newall, Do Phai, Jean-Louis Janeau, Pascal Jouquet, Thierry Tureaux, Jean-Luc Maeght, Nguyen Phuong, Nguyen Thiet, Didier Orange, Pham Rin, Pascal Podwojewski, Olivier Ribolzi, Anneke Rouw, Norbert Silvera, Doan Thuy, Tran Tien, Tran Toan, Hai Tran và Christian Valentin (2015), Kết quả hợp tác nghiên cứu về quản lý tài nguyên đất giữa Viện Nghiên cứu phát triển Pháp và Viện Thổ nhưỡng Nông hóa, *Hội thảo quốc gia Đất Việt Nam - Hiện trạng sử dụng và thách thức*, NXB Nông nghiệp, Hà Nội, tr. 266-273.
14. Nguyễn Tử Siêm và Thái Phiên (1999), *Đồi núi Việt Nam - Thoái hoá và phục hồi*, Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội, 412 tr.
15. Lê Bá Thảo (2009), *Thiên nhiên Việt Nam*, NXB Giáo Dục, Hà Nội.
16. Đào Châu Thu (2008), *Báo cáo tổng kết Nghiên cứu bảo vệ đất đồi huyện Tam Nông*, Dự án nghiên cứu bảo vệ đất đồi EU-BORASSUS 2005-2008, Hà Nội.
17. Tổng cục Thống kê (2019), *Niên giám thống kê*, NXB Thống kê, Hà Nội.
18. Trương Đình Trọng, Nguyễn Quang Việt và Đỗ Thị Việt Hương (2012), "Đánh giá khả năng xói mòn đất ở huyện Đakrông, tỉnh Quảng Trị bằng mô hình RMMF (Revised Morgan-Morgan-Finney)", *Tạp chí Khoa học, Đại học Huế*. 74A(5), tr. 173-184.
19. Trung tâm Ứng phó Biến đổi khí hậu (2019), Dữ liệu khí tượng trạm Cò Nòi, Hòa Bình, Vĩnh Yên, Trung tâm Ứng phó Biến đổi khí hậu, Trung tâm Ứng phó Biến đổi khí hậu, Hà Nội.
20. Vũ Anh Tuấn (2004), *Nghiên cứu biến động hiện trạng lớp phủ thực vật và ảnh hưởng của nó tới quá trình xói mòn lưu vực sông Trà Khúc bằng phương pháp Viễn Thám và Hệ thống tin địa lý*, Luận án tiến sĩ địa lý, Đại học Khoa học tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội, Hà Nội.
21. Viện Quy hoạch và Thiết kế Nông nghiệp (2005), *Báo cáo Điều tra bổ sung quy hoạch chuyển đổi cơ cấu sản xuất Nông - Lâm nghiệp vùng TDMN Bắc bộ đến năm 2010 và tầm nhìn 2020*, Hà Nội.
22. Viện Thổ nhưỡng Nông hóa (2014), *Nghiên cứu nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên đất nông nghiệp vùng Miền núi Tây Bắc Việt Nam*, Báo cáo kết quả nghiên cứu Đề tài Độc lập cấp nhà nước, Hà Nội.
23. Trần Quốc Vinh (2012), *Nghiên cứu sử dụng Viễn thám (RS) và Hệ thống thông tin địa lý (GIS) để đánh giá xói mòn đất huyện Tam Nông tỉnh Phú Thọ*, Luận án Tiến sĩ, Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội, Hà Nội.
24. Zakharov và Ngô Quốc Trân dịch (1981), *Xói mòn đất và các biện pháp phòng chống*, Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.

Tiếng Anh

25. Bahrawi Jarbou A., Mohamed Elhag, Amal Y. Aldhebiani, Hanaa K. Galal, Ahmad K. Hegazy and Ebtisam Alghailani (2016), "Soil Erosion Estimation Using Remote Sensing Techniques in Wadi Yalamlam Basin, Saudi Arabia", *Advances in Materials Science and Engineering*. 2016, pp. 8.
26. Benavidez R., B. Jackson, Maxwell D. and Norton K. (2018), "A review of the (Revised) Universal Soil Loss Equation ((R)USLE): with a view to increasing its global applicability and improving soil loss estimates", *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 22(11), pp. 6059-6086.
27. Bennett H.H. (1993), *Soil Conservation*, Graw - Hill, New York and London.
28. BORASSUS (2008), *The contribution of biogeotextiles to sustainable development and soil conservation in the tropics*, Project Final Report (INCO-CT-2005-510745).
29. Borrelli P., Katrin Meusburger, Cristiano Ballabio, Panos Panagos and Christine Alewell (2018), "Object-oriented soil erosion modelling: A possible paradigm shift from potential to actual risk assessments in agricultural environments", *Land Degradation & Development*. 29(4), pp. 1270-1281.
30. Bougoucos G. J. (1935), "The clay ratio as a criterion of susceptibility of soils to erosion", *Journal of the American Society of Agronomy*. 27, pp. 738-741.
31. Browning G.M, Parish C. L. and Glass J. (1947), "A method for determining the use and limitations of rotation and conservation practices in the control of soil erosion in Iowa.", *J. Am. Soc. Agron.* 39(1), pp. 65 - 73.
32. Brychta J., M. Janeček and A. Walmsley (2018), "Crop-management factor calculation using weights of spatio-temporal distribution of rainfall erosivity", *Soil & Water Res.* 13, pp. 150-160.
33. Carson M. A. and M. J. Kirkby (1972), "Hillslope Form and Process", *Geological Magazine*. 111(1), pp. 87-87.
34. Chai T. and R.R. Draxler (2014), "Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)?—Arguments against avoiding RMSE in the literature", *Geosci. Model Dev.* 7, pp. 1247–1250.
35. David W. P. (1988), "Soil and Water Conservation Planning: Policy Issues and Recommendations", *J. Philipp. Dev.* 15, pp. 47-84.
36. De Jong S. M. (1994), *Application of Reflective Remote Sensing for Land Degradation Studies in Mediterranean Environment*, Utrech, Physical Geography, University of Utrech.

37. Dendy F.E. (1982), "Distribution of sediment deposits in small reservoirs.", *Trans. Amer. Soc. Agric. Eng.* 25(1), pp. 100–104.
38. Dickinson W.T. and R.P. Rudra (1990), *Garmer - Guelph model for evaluation the effect of Agricultural management systems on Erosion and Sedimentation, User's manual version 3.01*, Canada.
39. Douglas I. (1967), "Erosion of granite terrains under tropical rain forest in Australia, Malaysia and Singapore.", *Pubis. int. Hydro!. Scient.* 75, pp. 31-39.
40. Durigon V. L., D. F. Carvalho, M. A. H. Antunes, P. T. S. Oliveira and M. M. Fernandes (2014), "NDVI time series for monitoring RUSLE cover management factor in a tropical watershed", *International Journal of Remote Sensing.* 35(2), pp. 441-453.
41. Ellison W.D. (1958), "Studies on Raindrop Erosion", *Agricultural Engineering.* 25, pp. 131-136.
42. Ellison W.D. (1947), "Soil Erosion Studies—Part I", *Agricultural Engineering.* 28, pp. 145-146.
43. Emil Bayramov, F. Buchroithner Manfred and McGurty Eileen (2013), "Differences of MMF and USLE Models for Soil Loss Prediction along BTC and SCP Pipelines", *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice.* 4(1), pp. 81-96.
44. FAO (1976), *Assessing soil degradation*, Fao Soils Bulletin, ed, Rome.
45. Fleming G. (1981), The Sediment problem related to engineering, Problem of Soil Erosion and Sedimentation,, *Proceeding of the Sounth East Asia*, AIT, Bangkok, Thailand, pp. 8-9.
46. Fournier F. (1960), *Climat at Erosion*, Press Universitaires de France, Paris, France.
47. Gregory K.J. and D.E. Walling (1973), *Drainage Basin. Form and Process: A Geomorphological Approach*, Edward Arnold, London.
48. Itosh I.L.Mc (1980), *Croping systems and soil classification for Agrotechnology development and transfer*, Bogo, Indonesia.
49. Jacks G.V. and R.O. Whyte (1938), *Erosion and Soil Conservation*, Imperial Bureau of Soil Science.
50. Jovanovic S. and M. Vukcevic (1957), "Suspended sediment regimen on some watercourses in Yugoslavia and analysis of erosion processes", *Proceedings of the General Assemby of Toronto.* 1, pp. 337-359.
51. Karanja Gichuki and Fissiha Tefera (1990), *Soil and Water Conservation in Kenya Bibliography with Annotations* Dept. of Agricultural Engineering Publication No. 90/1 Nairobi.

52. Khatereh Polous (2010), *Effect of spatial resolution on erosion assessment in Namchun watershed*, Thailand, Faculty of Geo-Information science and Earth observation University of Twente, Enschede, The Netherlands.
53. Kirkby M. J. (1976), "Tests of the random network model, and its application to basin hydrology", *Earth Surface Processes*. 1(3), pp. 197-212.
54. Kiyoshi Kurosawa, Do Nguyen Hai, Nguyen Tat Canh and Kazuhiko Egashira (2009), "Magnitude of Annual Soil Loss from a Hilly Cultivated Slope in Northern Vietnam and Evaluation of Factors Controlling Water Erosion", *Applied and Environmental Soil Science*. 2009, pp. 8.
55. Laflen J. M. and T. S. Colvin. (1981), Effect of crop residue on soil loss from continuous row cropping, *Crop production with conservation in the '80s*, TRANSACTIONS of the ASAE, pp. 605-609.
56. Laflen M. J. and et al (1991), "Wepp - Soil erodibility experiment for Rangeland and Cropland Soil", *Journal of Soil and Water conservation*.
57. Leopold L.B., M.G. Wolman and J.P. Miller (1964), *Fluvial Processes in Geomorphology*, Freeman, San Francisco, 522.
58. Liet L., Y. Wang and Liu C. (2014), "Effects of land use changes on soil erosion in a fast developing area ", *Int.J.Environ.Sci.Technol*. 11(x), pp. 1549–1562.
59. Ma H.L., Z.L. Wang and X. Zhou (2010), "Estimation of soil loss based on RUSLE in Zengcheng, Guangdong Province", *Yangtze River*. 41, pp. 90–93.
60. Mari Franco (2015), "The Evaluation of Soil Erosion C Factor ", *International Journal of Applied Science and Technology* 5(6), pp. 30-38.
61. Mepas.pnnl.gov 5.3.2 Soil Erodibility Factor, accessed on 12/06-2018, at https://mepas.pnnl.gov/mepas/formulations/source_term/5_0/5_32/5_32.html
62. Meyer L. D. (1981), "How rain intensity affects interrill erosion", *Transactions of the American Society of Agricultural Engineering*. 24(6), pp. 1472-1475
63. Meyer L. D. and W. H. Wischmeier (1969), "Mathematical Simulation of the Process of Soil Erosion by Water", *Transactions of the ASAE*. 12(6), pp. 754-0758.
64. Moldenhauer W.C. and G.R. Foster (1981), "Empirical studies of soil conservation techniques and design procedures", trong R.P.C. Morgan, editor, *Soil Conservation: problems and prospects*, Wiley, Chichester. Morgan, R.P.C. 1986.
65. Mondal Arun, Deepak Khare and Sananda Kundu (2016), "A comparative study of soil erosion modelling by MMF, USLE and RUSLE", *Geocarto International*. 9/2016, pp. 1-25.

66. Morgan R. P. C. (2009), *Soil erosion and conservation*, John Wiley & Sons.
67. Morgan R. P. C. (2005), *Soil erosion and conservation*, Third, Blackwell Publishing Ltd, pp.304.
68. Morgan R. P. C. and J. H. Duzant (2008), "Modified MMF (Morgan–Morgan–Finney) model for evaluating effects of crops and vegetation cover on soil erosion", *Earth Surface Processes and Landforms*. 33(1), pp. 90-106.
69. Mulengera M. K. and R.W. Payton (1999), "Estimating the USLE-soil erodibility factor in developing tropical countries", *Trop Agric (Trinidad)*. 76(1), pp. 17–22.
70. Nearing M. A., V. Jetten, C. Baffaut, O. Cerdan, A. Couturier, M. Hernandez, Y. Le Bissonnais, M. H. Nichols, J. P. Nunes, C. S. Renschler, V. Souchère and K. van Oost (2005), "Modeling response of soil erosion and runoff to changes in precipitation and cover", *CATENA*. 61(2), pp. 131-154.
71. Nguyen X. H. and A. H. Pham (2018), "Assessing Soil Erosion by Agricultural and Forestry Production and Proposing Solutions to Mitigate: A Case Study in Son La Province, Vietnam", *Applied and Environmental Soil Science*. 2018, pp. 10.
72. Oliveira P. T. S., Mark A. Nearing and Edson Wendland (2015), "Orders of magnitude increase in soil erosion associated with land use change from native to cultivated vegetation in a Brazilian savannah environment", *Earth Surface Processes and Landforms*. 40(11), pp. 1524-1532.
73. Panagos P., P. Borrelli, K. Meusburger, E. H. Van Der Zanden, J. Poesen and C. Alewell (2015), "Modelling the effect of support practices (P-factor) on the reduction of soil erosion by water at European scale", *Environ. Sci. Policy*. 51, pp. 23-34.
74. Panagos P., Pasquale Borrelli, Katrin Meusburger, Christine Alewell, Emanuele Lugato and Luca Montanarella (2015), "Estimating the soil erosion cover-management factor at the European scale", *Land Use Policy*. 48, pp. 38-50.
75. Quansah C. (1982), *Laboratory experimentation for the statistical derivation of equations for soil erosion modelling and soil conservation design*, Cranfield Institute of Technology, Cranfield University.
76. Renard K. G., G. R. Foster, Weesies G. A., McCool D. K. and Yoder D. C. (1997), *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation*, U.S Government Printing Office, Washington DC.
77. Schmidt Simon, Christine Alewell and Katrin Meusburger (2018), "Mapping spatio-temporal dynamics of the cover and management factor (C-factor) for grasslands in Switzerland", *Remote Sensing of Environment*. 211, pp. 89-104.

78. Smith D.D. (1941), "Interpretation of soil conservation data for field use", *Agr. Eng.* 22(3), pp. 173 - 175.
79. Stehlík O. (1975), "Potential soil erosion by running water on territory of the Czech Socialist Republic", *Studia Geographica*. 42.
80. Stone R.P. and D. Hilborn (2000), *Universal Soil Loss Equation (USLE)*, Ontario Ministry of Agriculture and Food, Agriculture and Rural Division; Factsheet.
81. Thinley Ugyen (2008), *Spatial Modeling for Soil erosion assessment in upper Lam Phra Phloeng watershed*, Nakhon Ratchasima, Thailand.
82. USDA Soil Texture Calculator, accessed on 25 September-2019, at https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/?cid=nrcs142p2_054167.
83. Knijff van der, Jones J. M. and Montanarella R. J. A., L. (2000), *Soil Erosion Risk Assessment in Europe*, truy cập ngày 22 December-2019, tại trang web https://www.preventionweb.net/files/1581_ereurnew2.pdf
84. Vezina Karine, Ferdinand Bonn and Pham Van Cu (2006), "Agricultural land-use patterns and soil erosion vulnerability of watershed units in Vietnam's northern highlands", *Landscape Ecol.* 21, pp. 1311–1325.
85. Vrieling A. (2006), "Satellite remote sensing for water erosion assessment: A review", *CATENA*. 65(1), pp. 2-18.
86. Wischmeier W.H. and D.D. Smith (1981), *Predicting rainfall erosion losses -a guide to conservation planning*, Supplement to Agriculture Handbook No. 537. USDA, Washington DC, USA, pp.58.
87. Wischmeier W.H. and D.D. Smith (1978), *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning*, vol Agriculture Handbook No. 537, USDA/Science and Education Administration, US. Govt. Printing Office, Washington, DC., 58.
88. Withers B. and S. Vipond (1974), *Irrigation: Design and Practice: By Bruce Withers and Stanley Vipond*.
89. Zhang Changshun, Gaodi Xie, Chunlan Liu and Chunxia Lu (2011), "Assessment of soil erosion under woodlands using USLE in China", *Frontiers of Earth Science*. 5(2), pp. 150-161.
90. Zingg Austin W. (1940), "Degree and length of land slope as it affects soil loss in run-off", *Agric. Engng.* 21, pp. 59-64.

DANH MỤC CÔNG TRÌNH CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ

1. Trần Minh Chính, Nguyễn Trọng Hà, (2020), “Nghiên cứu hiệu chỉnh hệ số cây trồng (C) trong dự báo xói mòn đất sử dụng cho vùng đồi núi phía Bắc Việt Nam”. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ thủy lợi*, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, số 62, tr. 88-105.
2. Trần Minh Chính, Nguyễn Trọng Hà, Nguyễn Văn Kiên (2020), “Nghiên cứu lựa chọn mô hình dự báo xói mòn đất áp dụng cho vùng đồi núi phía Bắc Việt Nam”, *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, số 22, tr. 102-112.
3. Trần Minh Chính, Nguyễn Trọng Hà, Nguyễn Văn Kiên (2021) “ Nghiên cứu đề xuất áp dụng phương trình mất đất phổ dụng (USLE) trong dự báo xói mòn do hoạt động sản xuất nông nghiệp vùng núi phía Bắc Việt Nam” , *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và môi trường*, Trường Đại học Thủy lợi, số 74 tháng 6/2021, tr. 39 – 45.

PHỤ LỤC TÍNH TOÁN

Phụ lục 1: Tổng hợp các các nghiên xói mòn sử dụng mô hình phương trình mất đất phổ dụng

TT	Tác giả	Địa điểm nghiên cứu	Hệ số R	Hệ số K	Hệ số LS	Hệ số C	Hệ số P
1	David (1988)	Nhiều lưu vực ở Philippines	Mihara (1951) và Hudson (1971) được trích dẫn bởi David (1988)	Wischmeier và Mannering (1969)	Madarcos (1985) và Smith và Whitt (1947)	Kế thừa hệ số C ở phương trình mất đất phổ dụng	Kế thừa hệ số C ở phương trình mất đất phổ dụng
2	Eiumnoh (2000)	Lưu vực Sakae Krang (Thailand)	El-Swaify et al. (1987) được trích dẫn bởi Merritt và nnk. (2004)	Theo phương pháp mô hình USLE	Theo phương pháp mô hình USLE	Kế thừa hệ số C ở phương trình mất đất phổ dụng	Không đánh giá (P= 1)
3	Fernandez et al. (2003)	Lưu vực Lawyers Creek (USA)	USDA-ARS (2002)	Từ dữ liệu SSURGO (Bộ Nông nghiệp Hoa Kỳ USDA)	Phương pháp phân vùng độ dốc, địa hình	Sử dụng số liệu từ phần mềm (RUSLE software)	Sử dụng số liệu từ phần mềm (RUSLE software)
4	Merritt et al. (2004)	Lưu vực Mae Chem (Thailand)	El-Swaify et al. (1987) được trích dẫn bởi Merritt và nnk. (2004)	Kế thừa nghiên cứu trước cùng khu vực	Theo phương pháp mô hình USLE	Kế thừa nghiên cứu trước cùng khu vực	Kế thừa nghiên cứu trước cùng khu vực
5	Post và Hartcher (2005)	Lưu vực Mae Chem (Thailand)	El-Swaify và nnk. (1987) được trích dẫn bởi Merritt và nnk. (2004)	Kế thừa nghiên cứu trước cùng khu vực	L=1 S=: lấy từ mô hình số độ cao DEM	Kế thừa nghiên cứu trước cùng khu vực	Không đánh giá (P= 1)
6	Dumas và Fossey (2009)	Efate Island (Vanuatu)	Roose (1975) và Morgan (1974) được trích dẫn bởi Morgan (2005)	Theo phương pháp mô hình USLE	Theo phương pháp mô hình USLE theo giá trị pixel	Kế thừa hệ số C ở phương trình mất đất phổ dụng	Không đánh giá (P= 1)
7	Adornado et al. (2009)	REINA (Philippines)	El-Swaify et al. (1987) as cited in	Sử dụng từ bảng của Stewart và	Phương pháp phân vùng độ dốc, địa	Kế thừa hệ số C ở phương trình mất đất phổ dụng	Không đánh giá (P= 1)

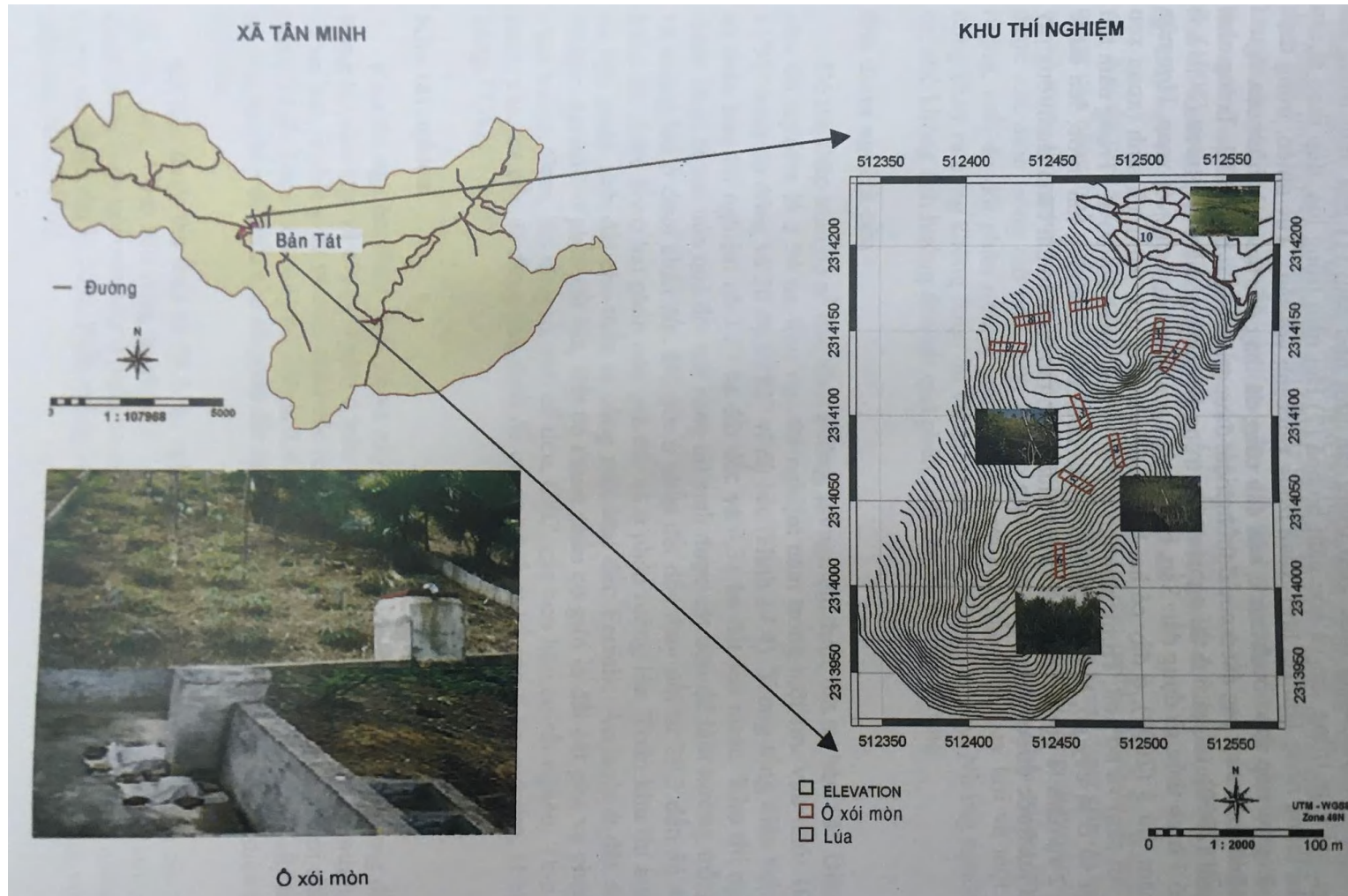
TT	Tác giả	Địa điểm nghiên cứu	Hệ số R	Hệ số K	Hệ số LS	Hệ số C	Hệ số P
			Merritt và nnk. (2004)	nnk. (1975)	hình		
8	Schmitt (2009)	Negros Island (Philippines)	Theo phương pháp hiệu chỉnh RUSLE	Theo phương pháp mô hình USLE	Theo phương pháp mô hình USLE theo giá trị pixel	Kế thừa hệ số C ở phương trình mất đất phổ dụng	Kế thừa các nghiên cứu trước
9	Jayasinghe et al. (2010)	Nuwaraeliya (Sri Lanka)	El-Swaify et al. (1987) as cited in Merritt và nnk. (2004)	Sử dụng từ bảng của Stewart và nnk. (1975)	Phương pháp phân vùng độ dốc, địa hình	Kế thừa hệ số C ở phương trình mất đất phổ dụng	Không đánh giá (P= 1)
10	Jain và Das (2010)	Jharkhand (India)	Ram và nnk. (2004) được trích dẫn bởi Jain và Das (2010)	Theo phương pháp mô hình USLE	Phương pháp phân vùng độ dốc, địa hình	Kế thừa hệ số C ở phương trình mất đất phổ dụng	Không đánh giá (P= 1)
11	Adornado và Yoshida (2010)	Bukidnon (Philippines) và also REINA (Philippines)	El-Swaify et al. (1987) được trích dẫn bởi Merritt và nnk. (2004)	Sử dụng từ bảng của Stewart và nnk. (1975)	Phương pháp phân vùng độ dốc, địa hình	Kế thừa hệ số C ở phương trình mất đất phổ dụng	Không đánh giá (P= 1)
12	Boyle et al. (2011)	California (USA)	Kế thừa các nghiên cứu trước	Kế thừa các nghiên cứu trước	Phương pháp phân vùng độ dốc, địa hình	Kế thừa hệ số C ở phương trình mất đất phổ dụng	Không đánh giá (P= 1)
13	Chen et al. (2011)	Lưu vực Xiangxi (China)	Wischmeier và Smith (1978)	Williams và Renard (1983)	Phương pháp phân vùng độ dốc, địa hình	Sử dụng NDVI (GIS)	Không đánh giá (P= 1)
14	Demirci và Karaburun (2012)	Lưu vực Büyükcemece (Turkey)	Arnoldus (1980)	Torri et al. (1997) equation	Phương pháp phân vùng độ dốc, địa hình	Sử dụng NDVI (GIS)	Không đánh giá (P= 1)
15	Nontananand h và	Lưu vực Songkhram	Giá trị từ bộ phân phát triển đất (2000)	Giá trị từ bộ phân phát triển đất	Theo phương pháp hiệu chỉnh RUSLE	Kế thừa hệ số C ở phương trình mất đất phổ dụng	Không đánh giá (P= 1)

TT	Tác giả	Địa điểm nghiên cứu	Hệ số R	Hệ số K	Hệ số LS	Hệ số C	Hệ số P
	Changnoi (2012)	(Thailand)		(2000)			
16	Ozsoy et al. (2012)	Lưu vực Mustafakemalpaşa (Turkey)	Kế thừa các nguyên cứu khác.	Theo phương pháp mô hình USLE	Theo phương pháp hiệu chỉnh RUSLE	Kế thừa hệ số C ở phương trình mất đất phổ dụng	Không đánh giá (P= 1)
17	Delgado và Canters (2012)	Claveria (Philippines)	Shamshad và nnk. (2008)	Theo phương pháp mô hình USLE	Theo phương pháp hiệu chỉnh RUSLE	Kế thừa hệ số C ở phương trình mất đất phổ dụng	Theo David (1988)
18	Hernandez và nnk. (2012; sử dụng SedNet, là một thành phần của USLE)	Pagsanjan (Philippines)	El-Swaify et al. (1987) as cited in Merritt và nnk. (2004)	Wischmeier và Mannering (1969)	Phương trình trong SedNet	Kế thừa hệ số C ở phương trình mất đất phổ dụng	Không đánh giá (P= 1)
19	Sinha và Joshi (2012)	Maharashtra (India)	Roose (1975)	Theo phương pháp mô hình USLE	Morgan (1986)	Kế thừa hệ số C ở phương trình mất đất phổ dụng	Kế thừa hệ số ở phương trình mất đất phổ dụng
20	Nigel và Rughooputh (2012)	Mauritius	Arnoldus (1980) được trích dẫn bởi Le Roux et al. (2005)	From previous studies	Phương pháp phân vùng độ dốc, địa hình	Kế thừa hệ số C ở phương trình mất đất phổ dụng	Kế thừa hệ số C ở phương trình mất đất phổ dụng
21	Životić et al. (2012)	Lưu vực Nišava (Serbia)	Wischmeier và Smith (1978)	Theo phương pháp mô hình USLE	Theo phương pháp hiệu chỉnh RUSLE	Sử dụng NDVI	Không đánh giá (P= 1)
22	Rozos et al. (2013)	Euboea Island (Greece)	Flabouris (2008)	Dựa trên đặc trưng địa hóa	Morgan (1986)	Kế thừa hệ số C ở phương trình mất đất phổ dụng	Không đánh giá (P= 1)
23	Bagherzadeh (2014)	Mashhad plain (Iran)	Wischmeier và Smith (1978)	Theo phương pháp USLE	Theo phương pháp USLE		Không đánh giá (P= 1)

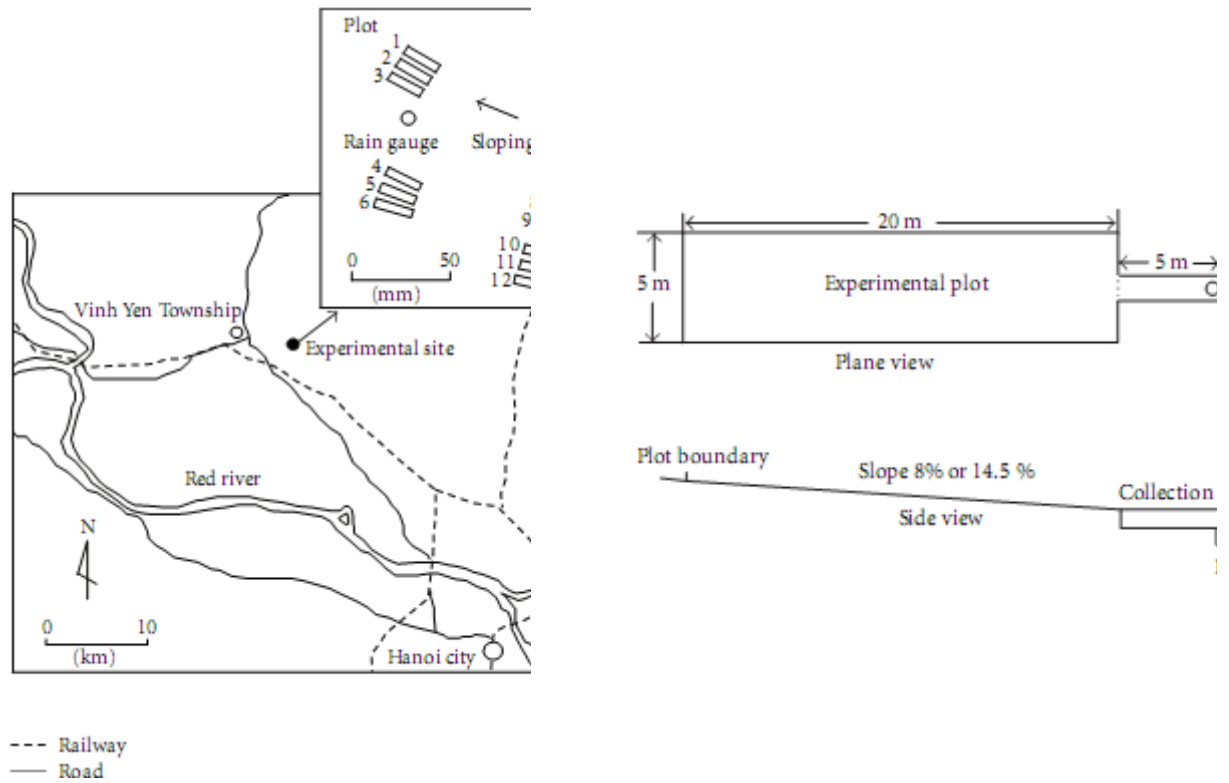
TT	Tác giả	Địa điểm nghiên cứu	Hệ số R	Hệ số K	Hệ số LS	Hệ số C	Hệ số P
24	Ferreira và Panagopoulos (2014)	Alqueva (Portugal)	Similar to Loureiro và Coutinho (2001)	Theo phương pháp USLE	Phương pháp phân vùng độ dốc, địa hình	Sử dụng NDVI (GIS)	Không đánh giá (P= 1)
25	Li và nnk. (2014)	Guangdong (China)	Zhou và nnk. (1995)	Theo phương pháp USLE	Theo phương pháp hiệu chỉnh RUSLE	Sử dụng NDVI (GIS)	1 for wasteland và built-up area, 0.5 for forest, 0.2 for orchard land, 0.35 for cropland
26	Zakerinejad và Maerker (2015; sử dụng USPED, như thành phần của USLE)	Mazayjan (Iran)	Ferro và nnk. (1991); Renard và Freimund (1994); Sadeghifard và nnk. (2004)	Theo phương pháp hiệu chỉnh RUSLE	Phương trình USPED	Kế thừa hệ số C ở phương trình mất đất phổ dụng	Không đánh giá (P= 1)
27	Jahun và nnk. (2015)	Crete (Greece)	Fu và nnk. (2006)	Theo phương pháp hiệu chỉnh RUSLE	Phương pháp phân vùng độ dốc, địa hình	Sử dụng NDVI (GIS)	Kế thừa nghiên cứu trước.
28	Farhan và Nawaiseh (2015)	Wadi Kerak (Jordan)	Eltaif và nnk. (2010)	Theo phương pháp USLE	Phương pháp phân vùng độ dốc, địa hình	Kế thừa hệ số C ở phương trình mất đất phổ dụng	Kế thừa hệ số C ở phương trình mất đất phổ dụng
29	Panagos et al. (2015)	Europe	Công cụ tính lượng mưa (RIST)	Theo phương pháp USLE	Bản hiệu chỉnh RUSLE	Kế thừa hệ số C ở phương trình mất đất phổ dụng	Kế thừa hệ số C ở phương trình mất đất phổ dụng
30	Russo (2015)	Brunei Darussalam	Rosewell và Turner (1992)	Rosewell (1997)	Theo phương pháp hiệu chỉnh RUSLE	Dựa trên thăm phủ bề mặt	Không đánh giá (P= 1)

TT	Tác giả	Địa điểm nghiên cứu	Hệ số R	Hệ số K	Hệ số LS	Hệ số C	Hệ số P
31	Nakil và Khire (2016)	Gangapur (India)	Nakil (2014)	Theo phương pháp USLE	Theo phương pháp hiệu chỉnh RUSLE	Kế thừa hệ số C ở phương trình mất đất phổ dụng	Kế thừa hệ số C ở phương trình mất đất phổ dụng
32	Raissouni và nnk. (2016)	Smir Dam (Morocco)	Giống phương pháp của Arnoldus (1980)	Merzouk (1985)	Phương pháp phân vùng độ dốc, địa hình	Kế thừa hệ số C ở phương trình mất đất phổ dụng	Không đánh giá (P= 1)
33	Fernandez và Daigneault (2016)	Waikato (New Zealand)	Institute of Water Research (2015)	Dymond et al. (2010)	Phương pháp phân vùng độ dốc, địa hình	Xếp loại giữa 1 (thực vật thân gỗ) và 10 (thảo mộc và đất trống)	
34	Duarte và nnk. (2016)	Montalegre (Portugal)	Loureiro và Coutinho (2001)	Theo phương pháp USLE	Theo phương pháp USLE	Kế thừa hệ số C ở phương trình mất đất phổ dụng	Kế thừa hệ số C ở phương trình mất đất phổ dụng
35	Gaubì và nnk. (2017)	Lebna (Tunisia)	Rango và Arnoldus (1987)	Theo phương pháp USLE	Phương pháp phân vùng độ dốc, địa hình	Kế thừa hệ số C ở phương trình mất đất phổ dụng	Không đánh giá (P= 1)

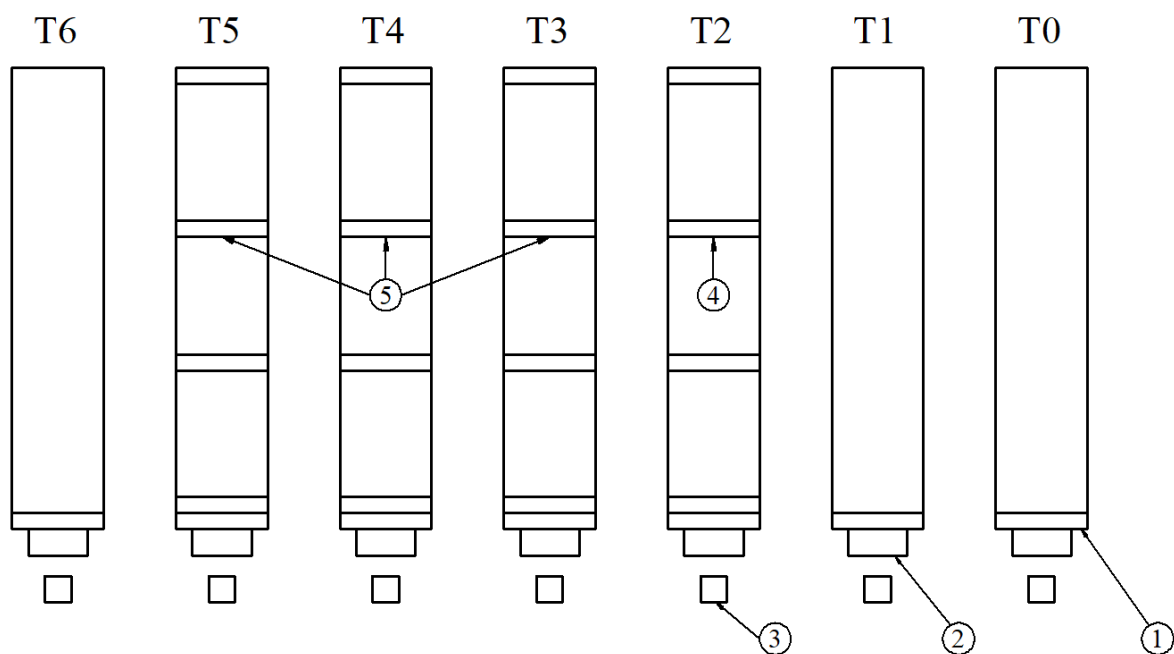
Phụ lục 2: Vị trí khu vực thí nghiệm và bố trí các ô quan trắc tại Bản Bát, Tân Minh, Đà Bắc, Hòa Bình



Phụ lục 3: Vị trí khu vực thí nghiệm và bố trí các ô quan trắc tại TX Vĩnh Yên, Vĩnh Phúc



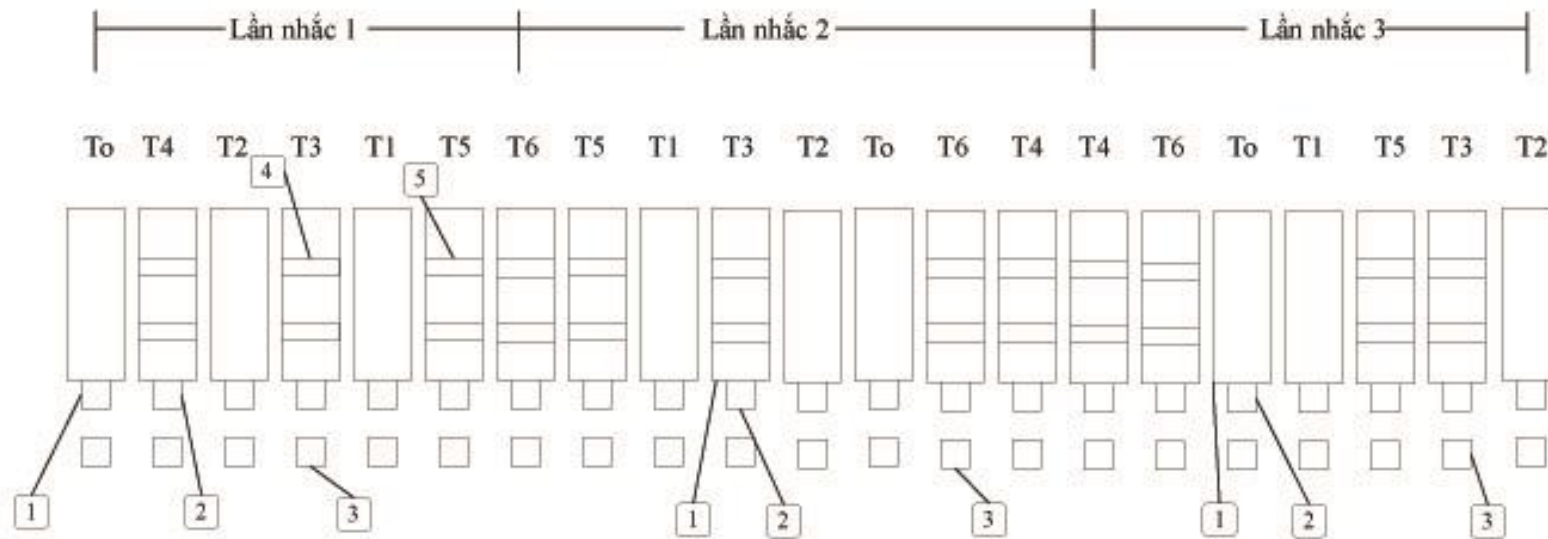
Phụ lục 4: Vị trí khu vực thí nghiệm và bố trí các ô quan trắc tại Hòa Sơn, Lương Sơn, Hòa Bình



Ghi chú:

- 1: Máng thu nước
- 2: Bể chính thu nước (2m x 1m x 1m)
- 3: Bể phụ thu nước (1m x 1m x 1m)
- 4: Mương bờ cắt dốc (0,5m x 0,3m x 0,5m)
- 5: Băng cây chắn ngang sườn dốc (b = 1m)

Phụ lục 5: Vị trí khu vực thí nghiệm và bố trí các ô quan trắc tại Thụy An, Bà Vĩ, Hà Nội



- Ghi chú:
- 1: Máng thu nước.
 - 2: Bể chính thu nước (2m x 1m x 1m).
 - 3: Bể phụ thu nước (1m x 1m x 1m).
 - 4: Băng Cốt khí (b=1m).
 - 5: Băng Keo trầm + Dừa (b=1m).

Phụ lục 6: Một số hình ảnh trong thời gian thực hiện luận án



Phỏng vấn người dân tại các điểm lựa chọn thiết lập ô quan trắc xói mòn đất



Đo đạc các thông số địa hình và thiết kế các ô quan trắc xói mòn



Theo dõi độ che phủ tại ô quan trắc ở các giai đoạn phát triển

Phụ lục 7: Các thông số đo tại các ô quan trắc thực địa

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc l (m)	BP Quản lý đất
1	CN-MS-SL CT T3 (XC)	2017												Tiêu bậc thang, che tủ thân cây ngô
	CN-MS-SL CT T3 (XC)	Ngô (0,7x0.4m)	1		5	120,2	0,099	0,775	0,08					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)	Đậu nho nhe (0.5X0.25m)	2		5	4,5	0,004	0,775	0,00					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)	20 x 5 m	3		5	47,7	0,039	0,775	0,03					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)		4		5	60,4	0,050	0,775	0,04					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)	Gieo hạt ngô	5	Làm đất, gieo hạt	10	146,7	0,121	0,55	0,07					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)	Gieo hạt đậu	6	Tạo tán và phát triển	40	157,5	0,130	0,09	0,01					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)		7		60;10	228,6	0,189	0.056; 0.55	0,05					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)		8		75;30	192,8	0,159	0.0515;0.17	0,02					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)		9	Thu hoạch ngô	80; 50	102,5	0,085	0.05; 0.06	0,00					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	CN-MS-SL CT T3 (XC)		10		10; 60	88,0	0,073	0.55; 0.056	0,03					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)		11		5	4,9	0,004	0,775	0,00					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)		12		5	55,4	0,046	0,775	0,02					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)	Tổng				1209,2	1,000		0,34	14,56	27	15	20	
2	CN-MS-SL CT T3 (XC)	2016												Tiểu bậc thang, che tủ thân cây ngô
	CN-MS-SL CT T3 (XC)	Ngô (0,7x0.4m)	1		5	106,3	0,074	0,775	0,06					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)	Đậu nho nhe (0.5X0.25m)	2		5	14,9	0,010	0,775	0,01					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)	20 x 5 m	3		5	9,5	0,007	0,775	0,01					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)		4		5	204,3	0,143	0,775	0,11					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)	Gieo hạt ngô	5	Làm đất, gieo hạt	20	101,6	0,071	0,3	0,02					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)	Gieo hạt đậu	6	Tạo tán và phát triển	50	122,2	0,085	0,09	0,01					
	CN-MS-SL		7		60;10	343,1	0,240	0.056; 0.55	0,06					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	CT T3 (XC)													
	CN-MS-SL CT T3 (XC)		8		70;30	273,9	0,191	0.053;0.17	0,02					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)		9	Thu hoạch ngô	80; 60	156,6	0,109	0.05; 0.056	0,01					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)		10		10; 60	31,5	0,022	0.55; 0.056	0,01					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)		11		5	68,2	0,048	0,775	0,04					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)		12		5	0,4	0,000	0,775	0,00					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)	Tổng				1432,5	1,000		0,34	18,34	27	15	20	
3	CN-MS-SL CT T3 (XC)	2015												Tiểu bậc thang, che tủ thân cây ngô
	CN-MS-SL CT T3 (XC)	Ngô (0,7x0.4m)	1		5	54,9	0,041	0,775	0,03					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)	Đậu nho nhe (0.5X0.25m)	2		5	4,1	0,003	0,775	0,00					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)	20 x 5 m	3		5	10,9	0,008	0,775	0,01					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)		4		5	42,3	0,031	0,775	0,02					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc l (m)	BP Quản lý đất
	CN-MS-SL CT T3 (XC)	Gieo hạt ngô	5	Làm đất, gieo hạt	10	63,3	0,047	0,55	0,03					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)	Gieo hạt đậu	6	Tạo tán và phát triển	40	279,4	0,208	0,09	0,02					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)		7		50;10	326,6	0,243	0.09;0.55	0,07					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)		8		70;30	249,8	0,186	0.053;0.17	0,02					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)		9	Thu hoạch ngô	80; 50	145,4	0,108	0.05; 0.09	0,01					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)		10		10; 60	70,7	0,053	0.55; 0.056	0,02					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)		11		5	17	0,013	0,775	0,01					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)		12		5	78,7	0,059	0,775	0,05					
	CN-MS-SL CT T3 (XC)	Tổng				1343,1	1,000		0,28	15,45	27	15	20	
4	CN-MS-SL CT T2 (đơn)	2017												Tiêu bậc thang, che tủ thân cây ngô
	CN-MS-SL CT T2 (đơn)	Ngô (0,7x0.4m)	1		5	120,2	0,099	0,775	0,08					

[illegible]

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc l (m)	BP Quản lý đất
														che tủ thân cây ngô
	CN-MS-SL CT T2 (đơn)	Ngô (0,7x0.4m)	1		5	106,3	0,074	0,775	0,06					
	CN-MS-SL CT T2 (đơn)	20 x 5 m	2		5	14,9	0,010	0,775	0,01					
	CN-MS-SL CT T2 (đơn)		3		5	9,5	0,007	0,775	0,01					
	CN-MS-SL CT T2 (đơn)		4		5	204,3	0,143	0,775	0,11					
	CN-MS-SL CT T2 (đơn)		5	Làm đất, gieo hạt	10	101,6	0,071	0,55	0,04					
	CN-MS-SL CT T2 (đơn)		6	Tạo tán và phát triển	40	122,2	0,085	0,09	0,01					
	CN-MS-SL CT T2 (đơn)		7		60	343,1	0,240	0,056	0,01					
	CN-MS-SL CT T2 (đơn)		8		80	273,9	0,191	0,05	0,01					
	CN-MS-SL CT T2 (đơn)		9	Thu hoạch	80	156,6	0,109	0,05	0,01					
	CN-MS-SL CT T2 (đơn)		10		10	31,5	0,022	0,55	0,01					
	CN-MS-SL CT T2 (đơn)		11		5	68,2	0,048	0,775	0,04					
	CN-MS-SL CT T2 (đơn)		12		5	0,4	0,000	0,775	0,00					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc l (m)	BP Quản lý đất
	CN-MS-SL CT T2 (đơn)	Tổng				1432,5	1,000		0,31	27,54	37	20	20	
6	CN-MS-SL CT T2 (đơn)	2015												Tiểu bậc thang, che tủ thân cây ngô
	CN-MS-SL CT T2 (đơn)	Ngô (0,7x0.4m)	1		5	54,9	0,041	0,775	0,03					
	CN-MS-SL CT T2 (đơn)	20 x 5 m	2		5	4,1	0,003	0,775	0,00					
	CN-MS-SL CT T2 (đơn)		3		5	10,9	0,008	0,775	0,01					
	CN-MS-SL CT T2 (đơn)		4		5	42,3	0,031	0,775	0,02					
	CN-MS-SL CT T2 (đơn)		5	Làm đất, gieo hạt	5	63,3	0,047	0,775	0,04					
	CN-MS-SL CT T2 (đơn)		6	Tạo tán và phát triển	40	279,4	0,208	0,09	0,02					
	CN-MS-SL CT T2 (đơn)		7		60	326,6	0,243	0,056	0,01					
	CN-MS-SL CT T2 (đơn)		8		70	249,8	0,186	0,053	0,01					
	CN-MS-SL CT T2 (đơn)		9	Thu hoạch	80	145,4	0,108	0,05	0,01					
	CN-MS-SL CT T2 (đơn)		10		10	70,7	0,053	0,55	0,03					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	CN-MS-SL CT T2 (đơn)		11		5	17	0,013	0,775	0,01					
	CN-MS-SL CT T2 (đơn)		12		5	78,7	0,059	0,775	0,05					
	CN-MS-SL CT T2 (đơn)	Tổng				1343,1	1,000		0,23	20,45	37	20	20	
7	CN-MS-SL CT T1 (đơn)	2017												Đốt, cây
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)	Ngô (0,7x0.4m)	1		0	120,2	0,099	1	0,10					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)	20 x 5 m	2		0	4,5	0,004	1	0,00					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)		3		0	47,7	0,039	1	0,04					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)		4		0	60,4	0,050	1	0,05					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)		5	Làm đất, gieo hạt	10	146,7	0,121	0,3	0,04					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)		6	Tạo tán và phát triển	40	157,5	0,130	0,09	0,01					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)		7		60	228,6	0,189	0,056	0,01					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)		8		75	192,8	0,159	0,0515	0,01					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)		9	Thu hoạch	80	102,5	0,085	0,05	0,00					
	CN-MS-SL		10		10	88,0	0,073	0,55	0,04					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	CT T1 (đơn)													
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)		11		5	4,9	0,004	0,775	0,00					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)		12		5	55,4	0,046	0,775	0,04					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)	Tổng				1209,2	1,000		0,34	57,45	33	18	20	
8	CN-MS-SL CT T1 (đơn)	2016												Đốt, cày
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)	Ngô (0,7x0.4m)	1		0	106,3	0,074	1	0,07					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)	20 x 5 m	2		0	14,9	0,010	1	0,01					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)		3		0	9,5	0,007	1	0,01					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)		4		0	204,3	0,143	1	0,14					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)		5	Làm đất, gieo hạt	20	101,6	0,071	0,3	0,02					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)		6	Tạo tán và phát triển	50	122,2	0,085	0,06	0,01					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)		7		60	343,1	0,240	0,056	0,01					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)		8		75	273,9	0,191	0,0515	0,01					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)		9	Thu hoạch	80	156,6	0,109	0,05	0,01					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc l (m)	BP Quản lý đất
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)		10		10	31,5	0,022	0,55	0,01					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)		11		5	68,2	0,048	0,775	0,04					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)		12		5	0,4	0,000	0,775	0,00					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)	Tổng				1432,5	1,000		0,34	64,45	33	18	20	
9	CN-MS-SL CT T1 (đơn)	2015												Đốt, cày
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)	Ngô (0,7x0.4m)	1		0	54,9	0,041	1	0,04					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)	20 x 5 m	2		0	4,1	0,003	1	0,00					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)		3		0	10,9	0,008	1	0,01					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)		4		0	42,3	0,031	1	0,03					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)		5	Làm đất, gieo hạt	10	63,3	0,047	0,55	0,03					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)		6	Tạo tán và phát triển	40	279,4	0,208	0,09	0,02					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)		7		60	326,6	0,243	0,056	0,01					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)		8		75	249,8	0,186	0,0515	0,01					
	CN-MS-SL		9	Thu	80	145,4	0,108	0,05	0,01					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	CT T1 (đơn)			hoạch										
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)		10		10	70,7	0,053	0,55	0,03					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)		11		5	17	0,013	0,775	0,01					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)		12		5	78,7	0,059	0,775	0,05					
	CN-MS-SL CT T1 (đơn)	Tổng				1343,1	1,000		0,24	50,75	33	18	20	
10	BT, TM, ĐB, HB Ô 1 (đơn)	Lúa nương, 20mx5m, năm 2000	1	Bỏ hoá	5		0,000	0,775	0,00					Chặt, đốt, cây theo đường đồng mức, gieo
	BT, TM, ĐB, HB Ô 1 (đơn)		2		5		0,000	0,775	0,00					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 1 (đơn)		3		5		0,000	0,775	0,00					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 1 (đơn)		4		5		0,000	0,775	0,00					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 1 (đơn)		5	Chặt, đốt, cây,	0	169	0,096	1	0,05					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 1 (đơn)		6	gieo hạt	5	275	0,157	0,775	0,07					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 1 (đơn)		7	Tạo tán và phát	30	442	0,252	0,17	0,02					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc l (m)	BP Quản lý đất
	BT, TM, ĐB, HB Ô 1 (đơn)		8	triển	50	391	0,222	0,06	0,01					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 1 (đơn)		9		60	201	0,115	0,056	0,00					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 1 (đơn)		10	Thu hoạch	0	236	0,134	1	0,07					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 1 (đơn)		11	Bỏ hoá	5	24	0,014	0,775	0,01					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 1 (đơn)		12		5	18	0,010	0,775	0,00					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 1 (đơn)	Tổng				1.756	1,000		0,12	8	65	33	20	
11	BT, TM, ĐB, HB Ô 2 (đơn)	Lúa nương, 20mx5m, năm 2000	1	Bỏ hoá	5		0,000	0,775	0,00					Chặt, đốt, cày theo đường đồng mức, gieo
	BT, TM, ĐB, HB Ô 2 (đơn)		2		5		0,000	0,775	0,00					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 2 (đơn)		3		5		0,000	0,775	0,00					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 2 (đơn)		4		5		0,000	0,775	0,00					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 2 (đơn)		5	Chặt, đốt, cày,	0	169	0,096	1	0,05					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	BT, TM, ĐB, HB Ô 2 (đơn)		6	gieo hạt	5	275	0,157	0,775	0,07					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 2 (đơn)		7	Tạo tán và phát triển	35	442	0,252	0,13	0,02					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 2 (đơn)		8		55	391	0,222	0,058	0,01					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 2 (đơn)		9		70	201	0,115	0,053	0,00					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 2 (đơn)		10	Thu hoạch	0	236	0,134	1	0,07					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 2 (đơn)		11	Bỏ hoá	5	24	0,014	0,775	0,01					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 2 (đơn)		12		5	18	0,010	0,775	0,00					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 2 (đơn)	Tổng				1.756	1,000		0,12	8	67	34	20	
12	BT, TM, ĐB, HB Ô 3 (đơn)	Lúa nương, 20mx5m, năm 2000	1	Bỏ hoá	5		0,000	0,775	0,00					Chặt, đốt, cây, gieo
	BT, TM, ĐB, HB Ô 3 (đơn)		2		5		0,000	0,775	0,00					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 3 (đơn)		3		5		0,000	0,775	0,00					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 3 (đơn)		4		5		0,000	0,775	0,00					
	BT, TM, ĐB,		5	Chặt,	0	169	0,096	1	0,03					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	HB Ô 3 (đơn)			đốt, cày, gieo hạt										
	BT, TM, ĐB, HB Ô 3 (đơn)		6		5	275	0,157	0,775	0,03					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 3 (đơn)		7	Tạo tán và phát triển	30	442	0,252	0,17	0,01					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 3 (đơn)		8		60	391	0,222	0,056	0,00					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 3 (đơn)		9		60	201	0,115	0,056	0,00					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 3 (đơn)		10	Thu hoạch	0	236	0,134	1	0,04					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 3 (đơn)		11	Bỏ hoá	5	24	0,014	0,775	0,00					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 3 (đơn)		12		5	18	0,010	0,775	0,00					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 3 (đơn)	Tổng				1.756	1,000		0,11	13	55	29	20	
13	BT, TM, ĐB, HB Ô 4 (đơn)	Lúa nương, 20mx5m, năm 2000	1	Bỏ hoá	5		0,000	0,775	0,00					Chặt, đốt, cày, gieo
	BT, TM, ĐB, HB Ô 4 (đơn)		2		5		0,000	0,775	0,00					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 4 (đơn)		3		5		0,000	0,775	0,00					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 4 (đơn)		4		5		0,000	0,775	0,00					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	BT, TM, ĐB, HB Ô 4 (đơn)		5	Chặt, đốt, cày, gieo hạt	0	169	0,096	1	0,02					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 4 (đơn)		6		5	275	0,157	0,775	0,03					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 4 (đơn)		7	Tạo tán và phát triển	20	442	0,252	0,3	0,02					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 4 (đơn)		8		60	391	0,222	0,056	0,00					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 4 (đơn)		9		70	201	0,115	0,053	0,00					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 4 (đơn)		10	Thu hoạch	0	236	0,134	1	0,03					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 4 (đơn)		11	Bỏ hoá	5	24	0,014	0,775	0,00					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 4 (đơn)		12		5	18	0,010	0,775	0,00					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 4 (đơn)	Tổng				1.756	1,000		0,12	13	65	33	20	
14	BT, TM, ĐB, HB Ô 5 (đơn)	Lúa nương, 20mx5m, năm 2000	1	Bỏ hoá	5		0,000	0,775	0,00					Chặt, đốt, cày, gieo
	BT, TM, ĐB, HB Ô 5 (đơn)		2		5		0,000	0,775	0,00					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 5 (đơn)		3		5		0,000	0,775	0,00					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	BT, TM, ĐB, HB Ô 5 (đơn)		4		5		0,000	0,775	0,00					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 5 (đơn)		5	Chặt, đốt, cày, gieo hạt	0	169	0,096	1	0,03					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 5 (đơn)		6		5	275	0,157	0,775	0,03					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 5 (đơn)		7	Tạo tán và phát triển	30	442	0,252	0,17	0,01					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 5 (đơn)		8		50	391	0,222	0,06	0,00					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 5 (đơn)		9		75	201	0,115	0,0515	0,00					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 5 (đơn)		10	Thu hoạch	0	236	0,134	1	0,04					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 5 (đơn)		11	Bỏ hoá	5	24	0,014	0,775	0,00					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 5 (đơn)		12		5	18	0,010	0,775	0,00					
	BT, TM, ĐB, HB Ô 5 (đơn)	Tổng				1.756	1,000		0,12	16	58	30	20	
15	TX VY-VP Ô 6 (đơn)	Sấn, ô số 6,20mx5m, năm 2000	1	Bỏ hoá	0	0	0,000	1	0,00		8			Trồng theo đường đồng mức
	TX VY-VP Ô 6 (đơn)		2		0	0	0,000	1	0,00		8			

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	TX VY-VP Ô 6 (đơn)		3		0	78	0,084	1	0,08		8			
	TX VY-VP Ô 6 (đơn)		4	Làm đất, dâm cành	0	44	0,048	1	0,05		8			
	TX VY-VP Ô 6 (đơn)		5	Tạo tán và phát triển	7,5	73	0,079	0,775	0,12		8			
	TX VY-VP Ô 6 (đơn)		6		11	233	0,253	0,425	0,22		8			
	TX VY-VP Ô 6 (đơn)		7		14,5	149	0,161	0,425	0,14		8			
	TX VY-VP Ô 6 (đơn)		8		23	199	0,216	0,235	0,10		8			
	TX VY-VP Ô 6 (đơn)		9		30,5	78	0,084	0,17	0,03		8			
	TX VY-VP Ô 6 (đơn)		10	Thu hoạch	0	68	0,074	1	0,07		8			
	TX VY-VP Ô 6 (đơn)		11	Bỏ hoá	0	0		1	0,00		8			
	TX VY-VP Ô 6 (đơn)		12		0	0		1	0,00		8			
	TX VY-VP Ô 6 (đơn)	Tổng				921	1,000		0,81	25,6	8	4,5	20	
	TX VY-VP Ô 6 (đơn)													
16	TX VY-VP Ô 6 (đơn)	Sấn, ô số 6,20mx5m, năm 2002	1	Bỏ hoá	0	25	0,020	1	0,02		8			Trồng theo đường đồng

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc l (m)	BP Quản lý đất
														mức
	TX VY-VP Ô 6 (đơn)		2		0	11	0,009	1	0,01		8			
	TX VY-VP Ô 6 (đơn)		3		0	7	0,005	1	0,01		8			
	TX VY-VP Ô 6 (đơn)		4	Làm đất, dặm canh	0	29	0,024	1	0,02		8			
	TX VY-VP Ô 6 (đơn)		5	Tạo tán và phát triển	7,5	177	0,144	0,775	0,20		8			
	TX VY-VP Ô 6 (đơn)		6		11	281	0,230	0,425	0,18		8			
	TX VY-VP Ô 6 (đơn)		7		14,5	177	0,144	0,425	0,06		8			
	TX VY-VP Ô 6 (đơn)		8		23	174	0,142	0,235	0,03		8			
	TX VY-VP Ô 6 (đơn)		9		30,5	174	0,142	0,17	0,02		8			
	TX VY-VP Ô 6 (đơn)		10	Thu hoạch	0	94	0,077	1	0,08		8			
	TX VY-VP Ô 6 (đơn)		11	Bỏ hoá	0	45	0,037	1	0,04		8			
	TX VY-VP Ô 6 (đơn)		12		0	30	0,024	1	0,02		8			
	TX VY-VP Ô 6 (đơn)	Tổng				1224	1,000		0,69	43,9	8	4,5	20	

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc l (m)	BP Quản lý đất
	TX VY-VP Ô 6 (đơn)													
17	TX VY-VP Ô 8 (đơn)	Sắn, ô số 8,20mx5m, năm 2000	1	Bỏ hoá	0	0	0,000	1	0,00		14			Trồng theo đường đồng mức
	TX VY-VP Ô 8 (đơn)		2		0	0	0,000	1	0,00		14			
	TX VY-VP Ô 8 (đơn)		3		0	78	0,084	1	0,08		14			
	TX VY-VP Ô 8 (đơn)		4	Làm đất, dâm cành	0	44	0,048	0,775	0,04		14			
	TX VY-VP Ô 8 (đơn)		5	Tạo tán và phát triển	7	73	0,079	0,775	0,06		14			
	TX VY-VP Ô 8 (đơn)		6		12	233	0,253	0,425	0,11		14			
	TX VY-VP Ô 8 (đơn)		7		24	149	0,161	0,235	0,04		14			
	TX VY-VP Ô 8 (đơn)		8		37	199	0,216	0,13	0,03		14			
	TX VY-VP Ô 8 (đơn)		9		53	78	0,084	0,06	0,01		14			
	TX VY-VP Ô 8 (đơn)		10	Thu hoạch	0	68	0,074	1	0,07		14			
	TX VY-VP Ô 8 (đơn)		11	Bỏ hoá	0		0,000	1	0,00		14			
	TX VY-VP Ô 8 (đơn)		12		0	0	0,000	1	0,00		14			

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	8 (đơn)													
	TX VY-VP Ô 8 (đơn)	Tổng				921	1,000		0,44	59,5		8	20	
18	TX VY-VP Ô 8 (đơn)	Sắn, ô số 8,20mx5m, năm 2001	1	Bỏ hoá	0	0	0,000	1	0,00		14			Trồng theo đường đồng mức
	TX VY-VP Ô 8 (đơn)		2		0	0	0,000	1	0,00		14			
	TX VY-VP Ô 8 (đơn)		3		0	0	0,000	1	0,00		14			
	TX VY-VP Ô 8 (đơn)		4	Làm đất, dâm cành	0	57	0,052	0,775	0,04		14			
	TX VY-VP Ô 8 (đơn)		5	Tạo tán và phát triển	7	94	0,085	0,775	0,07		14			
	TX VY-VP Ô 8 (đơn)		6		12	301	0,273	0,425	0,06		14			
	TX VY-VP Ô 8 (đơn)		7		24	191	0,174	0,235	0,02		14			
	TX VY-VP Ô 8 (đơn)		8		37	257	0,233	0,13	0,02		14			
	TX VY-VP Ô 8 (đơn)		9		53	100	0,091	0,06	0,00		14			
	TX VY-VP Ô 8 (đơn)		10	Thu hoạch	0	76	0,069	1	0,04		14			
	TX VY-VP Ô 8 (đơn)		11	Bỏ hoá	0	26	0,024	1	0,02		14			

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	TX VY-VP Ô 8 (đơn)		12		0	0	0,000	1	0,00		14			
	TX VY-VP Ô 8 (đơn)	Tổng				1102	1,000		0,27	17,6		8	20	
19	TX VY-VP Ô 10 (đơn)	Sấn, ô số 10,20mx5m, năm 2002	1	Bỏ hoá	0	25	0,020	1	0,02		14			Trồng theo đường đồng mức
	TX VY-VP Ô 10 (đơn)		2		0	11	0,009	1	0,01		14			
	TX VY-VP Ô 10 (đơn)		3		0	7	0,005	1	0,01		14			
	TX VY-VP Ô 10 (đơn)		4	Làm đất, dặm cành	0	29	0,024	0,775	0,02		14			
	TX VY-VP Ô 10 (đơn)		5	Tạo tán và phát triển	7	177	0,144	0,775	0,01		14			
	TX VY-VP Ô 10 (đơn)		6		12	281	0,230	0,425	0,10		14			
	TX VY-VP Ô 10 (đơn)		7		24	177	0,144	0,235	0,03		14			
	TX VY-VP Ô 10 (đơn)		8		37	174	0,142	0,13	0,02		14			
	TX VY-VP Ô 10 (đơn)		9		53	174	0,142	0,06	0,01		14			
	TX VY-VP Ô 10 (đơn)		10	Thu hoạch	0	94	0,077	1	0,08		14			
	TX VY-VP Ô		11	Bỏ hoá	0	45	0,037	1	0,04		14			

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	10 (đơn)													
	TX VY-VP Ô 10 (đơn)		12		0	30	0,024	1	0,02		14			
	TX VY-VP Ô 10 (đơn)	Tổng				1224	1,000		0,36	46		8	20	
20	HS-XM CT T1 (LC)	Đậu-ngô, 1993												KT của người dân
	HS-XM CT T1 (LC)		1	Bỏ hoá			0,000	1	0,00					
	HS-XM CT T1 (LC)		2	Bỏ hoá			0,000	1	0,00					
	HS-XM CT T1 (LC)	Đậu đen	3	Làm luống, gieo hạt	25	38,0	0,031	0,235	0,01					
	HS-XM CT T1 (LC)		4	Tạo tán và phát triển	40	57,8	0,046	0,09	0,00					
	HS-XM CT T1 (LC)		5		52,5	169,2	0,136	0,058	0,01					
	HS-XM CT T1 (LC)		6	Thu hoạch	62,5	236,6	0,190	0,0825	0,02					
	HS-XM CT T1 (LC)	Ngô	7	Làm luống, gieo hạt	10	172,2	0,139	0,55	0,04					
	HS-XM CT T1 (LC)		8	Tạo tán và phát triển	20	217,0	0,175	0,3	0,03					
	HS-XM CT T1 (LC)		9		30	195,9	0,158	0,17	0,01					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	HS-XM CT T1 (LC)		10		60	72,2	0,058	0,056	0,00					
	HS-XM CT T1 (LC)		11	Thu hoạch	20	40,8	0,033	0,3	0,01					
	HS-XM CT T1 (LC)	cỏ tự nhiên	12			43,5	0,035	1	0,03					
	HS-XM CT T1 (LC)	Tổng				1243,2	1,000		0,16	35,908	30	17	30	
21	HS-XM CT T1 (XC)	Ngô - lạc, 1994												KT của người dân
	HS-XM CT T1 (XC)		1		Tự nhiên		0,000	1	0,00					
	HS-XM CT T1 (XC)		2		Tự nhiên		0,000	1	0,00					
	HS-XM CT T1 (XC)	Ngô + Lạc	3	Làm đất, gieo hạt	10	88,2	0,056	0,55	0,05					
	HS-XM CT T1 (XC)	Xen (0.5m)	4	Tạo tán và phát triển	20; 30	24,2	0,015	0.3; 0.17	0,00					
	HS-XM CT T1 (XC)		5		30; 50	162,9	0,104	0.17; 0.06	0,00					
	HS-XM CT T1 (XC)		6		60; 75	251,8	0,160	0.056; 0.0515	0,01					
	HS-XM CT T1 (XC)		7	Thu hoạch	70; 85	419,5	0,267	0.053; 0.0485	0,02					
	HS-XM CT T1 (XC)		8			317,0	0,201							
	HS-XM CT		9			177,1	0,113							

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	T1 (XC)													
	HS-XM CT T1 (XC)		10			133,0	0,085							
	HS-XM CT T1 (XC)		11				0,000		0,00					
	HS-XM CT T1 (XC)		12				0,000		0,00					
	HS-XM CT T1 (XC)	Tổng				1573,7	1,000		0,09	20,772	30	17	30	
22	HS-XM CT T1 (LC-XC)	Sắn - Ngô - Lạc, 1995												KT của người dân, trồng bằng sắn
	HS-XM CT T1 (LC-XC)		1		0	0	0,000	1	0,00					
	HS-XM CT T1 (LC-XC)	Sắn	2	Làm đất, dâm cành	0	0	0,000	0,775	0,00					
	HS-XM CT T1 (LC-XC)		3		0	18,9	0,019	0,55	0,01					
	HS-XM CT T1 (LC-XC)	Ngô + Sắn	4	làm đất, bỏ thêm hạt ngô	10; 5	1,2	0,001	0.55; 0.775	0,00					
	HS-XM CT T1 (LC-XC)		5		20; 17.5	89,4	0,092	0.55; 0.425	0,04					
	HS-XM CT		6		30; 35	122,0	0,126	0.17; 0.13	0,01					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	T1 (LC-XC)													
	HS-XM CT T1 (LC-XC)	Ngô, lạc, sắn	7	Làm đất giữa luống, bổ thêm hạt lạc	60; 20; 47.5	262,6	0,271	0.056; 0.3; 0.075	0,02					
	HS-XM CT T1 (LC-XC)	Lạc Sắn	8		50; 55	317,8	0,327	0.3; 0.058	0,00					
	HS-XM CT T1 (LC-XC)		9		70;55	148,9	0,153	0.053; 0.058	0,01					
	HS-XM CT T1 (LC-XC)		10		80; 45	9,1	0,009	0.05; 0.058	0,00					
	HS-XM CT T1 (LC-XC)	Thu hoạch Lạc + Sắn	11		90;32.5	0,8	0,001	0.065; 0.17	0,00					
	HS-XM CT T1 (LC-XC)		12		0	0	0,000	1	0,00					
	HS-XM CT T1 (LC-XC)	Tổng				970,7	1,000		0,09	16,125	30	17	30	
23	HS-XM CT T2 (LC)	Đậu đen - ngô, 1993												Bậc thang, bờ cắt dốc
	HS-XM CT T2 (LC)		1	Bỏ hoá			0,000	1	0,00					
	HS-XM CT T2 (LC)	cỏ tự nhiên	2	Bỏ hoá			0,000	1	0,00					
	HS-XM CT T2 (LC)	Đậu đen	3	Làm luống,	25	38,0	0,031	0,235	0,01					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc l (m)	BP Quản lý đất
				gieo hạt										
	HS-XM CT T2 (LC)		4	Tạo tán và phát triển	40	57,8	0,046	0,09	0,00					
	HS-XM CT T2 (LC)		5		52,5	169,2	0,136	0,058	0,01					
	HS-XM CT T2 (LC)		6	Thu hoạch	62,5	236,6	0,190	0,0825	0,02					
	HS-XM CT T2 (LC)	Ngô	7	Làm luống, gieo hạt	10	172,2	0,139	0,55	0,04					
	HS-XM CT T2 (LC)		8	Tạo tán và phát triển	20	217,0	0,175	0,3	0,03					
	HS-XM CT T2 (LC)		9		30	195,9	0,158	0,17	0,02					
	HS-XM CT T2 (LC)		10		60	72,2	0,058	0,056	0,00					
	HS-XM CT T2 (LC)		11	Thu hoạch	20	40,8	0,033	0,3	0,00					
	HS-XM CT T2 (LC)	cỏ tự nhiên	12			43,5	0,035	1	0,02					
	HS-XM CT T2 (LC)	Tổng				1243,2	1,000		0,15	5,031	30	17	30	
24	HS-XM CT T2 (XC)	Ngô - lạc, 1994												Bậc thang, bờ cắt dốc
	HS-XM CT		1		Tự		0,000	1	0,00					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc l (m)	BP Quản lý đất
	T2 (XC)				nhiên									
	HS-XM CT T2 (XC)		2		Tự nhiên		0,000	1	0,00					
	HS-XM CT T2 (XC)	Ngô + Lạc	3	Làm đất, gieo hạt	10	88,2	0,056	0,55	0,03					
	HS-XM CT T2 (XC)	Xen (0.5m)	4	Tạo tán và phát triển	20; 30	24,2	0,015	0.3; 0.17	0,00					
	HS-XM CT T2 (XC)		5		30; 50	162,9	0,104	0.17; 0.06	0,01					
	HS-XM CT T2 (XC)		6		60; 75	251,8	0,160	0.056; 0.0515	0,01					
	HS-XM CT T2 (XC)		7	Thu hoạch	70; 85	419,5	0,267	0.053; 0.0485	0,01					
	HS-XM CT T2 (XC)		8			317,0	0,201	1	0,13					
	HS-XM CT T2 (XC)		9			177,1	0,113	1	0,11					
	HS-XM CT T2 (XC)		10			133,0	0,085	1	0,08					
	HS-XM CT T2 (XC)		11				0,000	1	0,00					
	HS-XM CT T2 (XC)		12				0,000	1	0,00					
	HS-XM CT T2 (XC)	Tổng				1573,7	1,000		0,40	14,841	30	17	30	
25	HS-XM CT T2 (LC-XC)	Sắn - ngô - lạc, 1995												Băng chắn
	HS-XM CT	Cỏ tự nhiên	1		0	0	0,000	1	0,00					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	T2 (LC-XC)													
	HS-XM CT T2 (LC-XC)	Sắn	2	Làm đất, dâm cành	0	0	0,000	0,775	0,00					
	HS-XM CT T2 (LC-XC)		3		0	18,9	0,019	0,55	0,01					
	HS-XM CT T2 (LC-XC)	Ngô + Sắn	4	làm đất, bổ thêm hạt ngô	10; 5	1,2	0,001	0.55; 0.775	0,00					
	HS-XM CT T2 (LC-XC)		5		20; 17.5	89,4	0,092	0.3; 0.425	0,01					
	HS-XM CT T2 (LC-XC)		6		30; 35	122,0	0,126	0.17; 0.13	0,02					
	HS-XM CT T2 (LC-XC)	Ngô, lạc, sắn	7	Làm đất giữa luống, bổ thêm hạt lạc	60; 20; 47.5	262,6	0,271	0.056; 0.3; 0.075	0,01					
	HS-XM CT T2 (LC-XC)	Lạc Sắn	8		50; 55	317,8	0,327	0.3; 0.058	0,00					
	HS-XM CT T2 (LC-XC)		9		70; 55	148,9	0,153	0.053; 0.058	0,01					
	HS-XM CT T2 (LC-XC)		10		80; 45	9,1	0,009	0.05; 0.058	0,00					
	HS-XM CT T2 (LC-XC)	Thu hoạch Lạc + Sắn	11		90; 32.5	0,8	0,001	0.065; 0.17	0,00					
	HS-XM CT T2 (LC-XC)		12		0	0	0,000	1	0,00					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	HS-XM CT T2 (LC-XC)	Tổng				970,7	1,000		0,07	12,433	30	17	30	
26	HS-XM CT T4 (LC)	Đậu đen - ngô, 1993												Trồng băng chắn, theo đường đồng mức, trồng xen
	HS-XM CT T4 (LC)	cỏ tự nhiên	1	Bỏ hoá			0,000	1	0,00					
	HS-XM CT T4 (LC)	cỏ tự nhiên	2	Bỏ hoá			0,000	1	0,00					
	HS-XM CT T4 (LC)	Đậu đen	3	Làm luống, gieo hạt	25	38,0	0,031	0,235	0,01					
	HS-XM CT T4 (LC)		4	Tạo tán và phát triển	40	57,8	0,046	0,09	0,00					
	HS-XM CT T4 (LC)		5		52,5	169,2	0,136	0,058	0,01					
	HS-XM CT T4 (LC)		6	Thu hoạch	62,5	236,6	0,190	0,0825	0,02					
	HS-XM CT T4 (LC)	Ngô + Đậu Hồng đào	7	Làm luống, gieo hạt	10 ; 7.5	172,2	0,139	0.55; 0.775	0,05					
	HS-XM CT T4 (LC)	Trồng ngô xen băng đậu hồng đào (0.5mx10m)	8	Tạo tán và phát	20 ;50	217,0	0,175	0.3; 0.06	0,01					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	HS-XM CT T4 (LC)		9	triển	30; 80	195,9	0,158	0.17; 0.05	0,01					
	HS-XM CT T4 (LC)		10		60; 75	72,2	0,058	0.056; 0.0515	0,00					
	HS-XM CT T4 (LC)		11	Thu hoạch	20; 65	40,8	0,033	0.3; 0.0545	0,00					
	HS-XM CT T4 (LC)	cỏ tự nhiên	12			43,5	0,035	1	0,03					
	HS-XM CT T4 (LC)	Tổng				1243,2	1,000		0,14	4,677	30	17	30	
27	HS-XM CT T4 (XC)	Ngô - lạc, 1994												Trồng băng chắn, theo đường đồng mức, trồng xen
	HS-XM CT T4 (XC)		1		Tự nhiên		0,000	1	0,00					
	HS-XM CT T4 (XC)		2		Tự nhiên		0,000	1	0,00					
	HS-XM CT T4 (XC)	Ngô + Lạc	3	Làm đất, gieo hạt	10	88,2	0,056	0,55	0,06					
	HS-XM CT T4 (XC)	Xen (0.5m)	4	Tạo tán và phát triển	20; 30	24,2	0,015	0.3; 0.17	0,00					
	HS-XM CT		5		30; 50	162,9	0,104	0.17; 0.06	0,01					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	T4 (XC)													
	HS-XM CT T4 (XC)		6		60; 75	251,8	0,160	0.056; 0.0515	0,01					
	HS-XM CT T4 (XC)		7	Thu hoạch	70; 85	419,5	0,267	0.053; 0.0485	0,03					
	HS-XM CT T4 (XC)	Đậu hồng đào	8		7,5	317,0	0,201	0,775	0,16					
	HS-XM CT T4 (XC)		9		50	177,1	0,113	0,06	0,01					
	HS-XM CT T4 (XC)		10		80	133,0	0,085	0,05	0,00					
	HS-XM CT T4 (XC)		11		75		0,000	0,0515	0,00					
	HS-XM CT T4 (XC)		12		65		0,000	0,0545	0,00					
	HS-XM CT T4 (XC)	Tổng				1573,7	1,000		0,28	14,209	30	17	30	
28	HS-XM CT T4 (LC-XC)	Ngô-sắn - lạc, 1995												Trồng băng chắn, theo đường đồng mức, trồng xen
	HS-XM CT T4 (LC-XC)	Cỏ tự nhiên	1		0	0	0,000	1	0,00					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc l (m)	BP Quản lý đất
	HS-XM CT T4 (LC-XC)	Sắn	2	Làm đất, đâm cành	0	0	0,000	0,775	0,00					
	HS-XM CT T4 (LC-XC)		3		0	18,9	0,019	0,55	0,01					
	HS-XM CT T4 (LC-XC)	Ngô + Sắn	4	làm đất, bỏ thêm hạt ngô	10; 5	1,2	0,001	0.55; 0.775	0,00					
	HS-XM CT T4 (LC-XC)		5		20; 17.5	89,4	0,092	0.55; 0.425	0,02					
	HS-XM CT T4 (LC-XC)		6		30; 35	122,0	0,126	0.17; 0.13	0,02					
	HS-XM CT T4 (LC-XC)	Ngô, lạc, sắn	7	Làm đất giữa luống, bỏ thêm hạt lạc	60; 20; 47.5	262,6	0,271	0.056; 0.3; 0.075	0,02					
	HS-XM CT T4 (LC-XC)	Lạc Sắn	8		50; 55	317,8	0,327	0.3; 0.058	0,01					
	HS-XM CT T4 (LC-XC)		9		70;55	148,9	0,153	0.053; 0.058	0,01					
	HS-XM CT T4 (LC-XC)		10		80; 45	9,1	0,009	0.05; 0.058	0,00					
	HS-XM CT T4 (LC-XC)	Thu hoạch Lạc + Sắn	11		90;32.5	0,8	0,001	0.065; 0.17	0,00					
	HS-XM CT T4 (LC-XC)		12		0	0	0,000	1	0,00					
	HS-XM CT	Tổng				970,7	1,000		0,10	10,262	30	17	30	

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	T4 (LC-XC)													
29	HS-XM CT T5 (LC)	Đậu đen - ngô 1993												KT của người dân
	HS-XM CT T5 (LC)	cỏ tự nhiên	1	Bỏ hoá			0,000	1	0,00					
	HS-XM CT T5 (LC)	cỏ tự nhiên	2	Bỏ hoá			0,000	1	0,00					
	HS-XM CT T5 (LC)	Đậu đen	3	Làm luống, gieo hạt	25	38,0	0,031	0,235	0,01					
	HS-XM CT T5 (LC)		4	Tạo tán và phát triển	40	57,8	0,046	0,09	0,00					
	HS-XM CT T5 (LC)		5		52,5	169,2	0,136	0,058	0,01					
	HS-XM CT T5 (LC)		6	Thu hoạch	62,5	236,6	0,190	0,0825	0,00					
	HS-XM CT T5 (LC)	Ngô + Đậu Hồng đảo	7	Làm luống, gieo hạt	10 ; 7.5	172,2	0,139	0.55; 0.775	0,05					
	HS-XM CT T5 (LC)	Trồng ngô xen băng đậu hồng đảo (0.5mx10m)	8	Tạo tán và phát triển	20 ;50	217,0	0,175	0.3; 0.06	0,01					
	HS-XM CT T5 (LC)		9		30; 80	195,9	0,158	0.17; 0.05	0,01					
	HS-XM CT T5 (LC)		10		60; 75	72,2	0,058	0.056; 0.0515	0,00					
	HS-XM CT T5 (LC)		11	Thu hoạch	20; 65	40,8	0,033	0.3; 0.0545	0,00					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	HS-XM CT T5 (LC)	cỏ tự nhiên	12			43,5	0,035	1	0,01					
	HS-XM CT T5 (LC)	Tổng				1243,2	1,000		0,11	2,812	30	17	30	
30	HS-XM CT T5 (XC)	Ngô - lạc 1994												Trồng băng chắn, theo đường đồng mức, trồng xen
	HS-XM CT T5 (XC)		1		Tự nhiên		0,000	1	0,00					
	HS-XM CT T5 (XC)		2		Tự nhiên		0,000	1	0,00					
	HS-XM CT T5 (XC)	Ngô + Lạc	3	Làm đất, gieo hạt	10	88,2	0,056	0,55	0,01					
	HS-XM CT T5 (XC)	Xen (0.5m)	4	Tạo tán và phát triển	20; 30	24,2	0,015	0.3; 0.17	0,00					
	HS-XM CT T5 (XC)		5		30; 50	162,9	0,104	0.17; 0.06	0,01					
	HS-XM CT T5 (XC)		6		60; 75	251,8	0,160	0.056; 0.0515	0,01					
	HS-XM CT T5 (XC)		7	Thu hoạch	70; 85	419,5	0,267	0.053; 0.0485	0,01					
	HS-XM CT T5 (XC)	Đậu hồng đào	8		7,5	317,0	0,201	0,775	0,06					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	HS-XM CT T5 (XC)		9		50	177,1	0,113	0,06	0,01					
	HS-XM CT T5 (XC)		10		80	133,0	0,085	0,05	0,00					
	HS-XM CT T5 (XC)		11		75		0,000	0,0515	0,00					
	HS-XM CT T5 (XC)		12		65		0,000	0,0545	0,00					
	HS-XM CT T5 (XC)	Tổng				1573,7	1,000		0,11	5,488	30	17	30	
31	HS-XM CT T5 (LC-XC)	Sắn - ngô - lạc, 1995												Trồng băng chắn, theo đường đồng mức, trồng xen
	HS-XM CT T5 (LC-XC)	Cỏ tự nhiên	1		0	0	0,000	1	0,00					
	HS-XM CT T5 (LC-XC)	Sắn	2	Làm đất, đâm cành	0	0	0,000	0,775	0,00					
	HS-XM CT T5 (LC-XC)		3		0	18,9	0,019	0,55	0,01					
	HS-XM CT T5 (LC-XC)	Ngô + Sắn	4	làm đất, bổ thêm hạt ngô	10; 5	1,2	0,001	0.55; 0.775	0,00					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	HS-XM CT T5 (LC-XC)		5		20; 17.5	89,4	0,092	0.55; 0.425	0,02					
	HS-XM CT T5 (LC-XC)		6		30; 35	122,0	0,126	0.17; 0.13	0,02					
	HS-XM CT T5 (LC-XC)	Ngô, lạc, sắn	7	Làm đất giữa luống, bỏ thêm hạt lạc	60; 20; 47.5	262,6	0,271	0.056; 0.3; 0.075	0,03					
	HS-XM CT T5 (LC-XC)	Lạc Sắn	8		50; 55	317,8	0,327	0.3; 0.058	0,00					
	HS-XM CT T5 (LC-XC)		9		70;55	148,9	0,153	0.053; 0.058	0,01					
	HS-XM CT T5 (LC-XC)		10		80; 45	9,1	0,009	0.05; 0.058	0,00					
	HS-XM CT T5 (LC-XC)	Thu hoạch Lạc + Sắn	11		90;32.5	0,8	0,001	0.065; 0.17	0,00					
	HS-XM CT T5 (LC-XC)		12		0	0	0,000	1	0,00					
	HS-XM CT T5 (LC-XC)	Tổng				970,7	1,000		0,09	16,686	30	17	30	
32	TA-BV - CT T2 (LC-XC)	Lạc - khoai lang - đậu tương, 1992												Theo KT người dân
	TA-BV - CT T2 (LC-XC)	cỏ tự nhiên	1		0	57	0,048	1	0,05					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	TA-BV - CT T2 (LC-XC)	Lạc	2		10	37	0,031	0,55	0,02					
	TA-BV - CT T2 (LC-XC)		3		30	30	0,025	0,17	0,00					
	TA-BV - CT T2 (LC-XC)		4		50	70	0,059	0,06	0,00					
	TA-BV - CT T2 (LC-XC)		5		75	120	0,100	0,0515	0,01					
	TA-BV - CT T2 (LC-XC)		6		85	240	0,201	0,0485	0,01					
	TA-BV - CT T2 (LC-XC)	Khoai lang + Đậu tương	7		20; 20	475	0,397	0.3; 0.3	0,06					
	TA-BV - CT T2 (LC-XC)		8		50;40	14	0,012	0.06; 0.09	0,00					
	TA-BV - CT T2 (LC-XC)		9		75; 52.5	72	0,060	0.0515; 0.058	0,00					
	TA-BV - CT T2 (LC-XC)		10		80; 62.5	26	0,022	0.05; 0.056	0,00					
	TA-BV - CT T2 (LC-XC)	cỏ tự nhiên	11			19	0,016	1	0,00					
	TA-BV - CT T2 (LC-XC)	cỏ tự nhiên	12			36	0,030	1	0,03					
	TA-BV - CT T2 (LC-XC)	Tổng				1196	1,000		0,18	0,83	7	4	18	
33	TA-BV - CT T2 (XC)	Lạc - Sắn, 1993												
	TA-BV - CT T2 (XC)	Cỏ tự nhiên	1			11	0,007	1	0,01					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	TA-BV - CT T2 (XC)	Lạc	2		10	1	0,001	0,55	0,00					
	TA-BV - CT T2 (XC)	Lạc + sắn	3		30; 5	42	0,025	0.17; 0.775	0,02					
	TA-BV - CT T2 (XC)		4		50; 17.5	55	0,033	0.06; 0.3	0,01					
	TA-BV - CT T2 (XC)		5		75; 35	396	0,238	0.0515; 0.13	0,01					
	TA-BV - CT T2 (XC)		6		85; 47.5	242	0,145	0.043; 0.048	0,01					
	TA-BV - CT T2 (XC)	Sắn	7		55	287	0,172	0,058	0,01					
	TA-BV - CT T2 (XC)	Sắn + Đậu hồng đào	8		55; 7.5	337	0,202	0.058; 0.775	0,03					
	TA-BV - CT T2 (XC)		9		45; 50	192	0,115	0.048; 0.06	0,01					
	TA-BV - CT T2 (XC)		10		32.5; 80	104	0,062	0.17; 0.05	0,00					
	TA-BV - CT T2 (XC)	Đậu hồng đào	11		75		0,000	0,0515	0,00					
	TA-BV - CT T2 (XC)	Cỏ tự nhiên	12		0		0,000	1	0,00					
	TA-BV - CT T2 (XC)	Tổng				1667	1,000		0,10	2,079	7	4	18	
34	TA-BV - CT T2 (XC)	Lạc - sắn, 1994												
	TA-BV - CT T2 (XC)	Cỏ tự nhiên	1			24	0,014	1	0,01					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	TA-BV - CT T2 (XC)	Lạc	2		10	28	0,016	0,55	0,01					
	TA-BV - CT T2 (XC)	Lạc + sắn	3		30; 5	73	0,042	0.17; 0.775	0,00					
	TA-BV - CT T2 (XC)		4		50; 17.5	27	0,015	0.06; 0.3	0,00					
	TA-BV - CT T2 (XC)		5		75; 35	567	0,323	0.0515; 0.13	0,00					
	TA-BV - CT T2 (XC)		6		85; 47.5	587	0,335	0.043; 0.048	0,02					
	TA-BV - CT T2 (XC)	Sắn	7		55	504	0,287	0,058	0,02					
	TA-BV - CT T2 (XC)	Sắn + Đậu hồng đào	8		55; 7.5	196	0,112	0.058; 0.775	0,02					
	TA-BV - CT T2 (XC)		9		42.5; 50	500	0,285	0.048; 0.06	0,02					
	TA-BV - CT T2 (XC)		10		32.5; 80	203	0,116	0.13; 0.05	0,01					
	TA-BV - CT T2 (XC)	Đậu hồng đào	11		75	6	0,003	0,0515	0,00					
	TA-BV - CT T2 (XC)	cỏ tự nhiên	12			39	0,022	1	0,00					
	TA-BV - CT T2 (XC)	Tổng				1754	1,570		0,11	3,346	7	4	18	

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc l (m)	BP Quản lý đất
35	TA-BV - CT T3 (LC-XC)	Lạc - khoai lang - đậu tương, 1992												Trồng băng chắn, theo đường đồng mức, trồng xen
	TA-BV - CT T3 (LC-XC)	cỏ tự nhiên	1		0	57	0,048	1	0,05					
	TA-BV - CT T3 (LC-XC)	Lạc	2		10	37	0,031	0,55	0,02					
	TA-BV - CT T3 (LC-XC)		3		30	30	0,025	0,17	0,00					
	TA-BV - CT T3 (LC-XC)		4		50	70	0,059	0,06	0,00					
	TA-BV - CT T3 (LC-XC)		5		75	120	0,100	0,0515	0,01					
	TA-BV - CT T3 (LC-XC)		6		85	240	0,201	0,0485	0,01					
	TA-BV - CT T3 (LC-XC)	Khoai lang + Đậu tương	7		20; 20	475	0,397	0.3; 0.3	0,12					
	TA-BV - CT T3 (LC-XC)		8		50;40	14	0,012	0.06; 0.09	0,00					
	TA-BV - CT T3 (LC-XC)		9		75; 52.5	72	0,060	0.0515; 0.058	0,00					
	TA-BV - CT T3 (LC-XC)		10		80; 62.5	26	0,022	0.05; 0.056	0,00					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	TA-BV - CT T3 (LC-XC)	cỏ tự nhiên	11			19	0,016	1						
	TA-BV - CT T3 (LC-XC)	cỏ tự nhiên	12			36	0,030	1	0,03					
	TA-BV - CT T3 (LC-XC)	Tổng				1196	1,000		0,24	0,99	7	4	18	
36	TA-BV - CT T3 (XC)	Lạc, sản 1993												
	TA-BV - CT T3 (XC)	Cỏ tự nhiên	1			11	0,007	1	0,01					
	TA-BV - CT T3 (XC)	Lạc	2		10	1	0,001	0,55	0,00					
	TA-BV - CT T3 (XC)	Lạc + sản	3		30; 5	42	0,025	0.17; 0.775	0,02					
	TA-BV - CT T3 (XC)		4		50; 17.5	55	0,033	0.06; 0.3	0,01					
	TA-BV - CT T3 (XC)		5		75; 35	396	0,238	0.0515; 0.13	0,05					
	TA-BV - CT T3 (XC)		6		85; 47.5	242	0,145	0.043; 0.048	0,01					
	TA-BV - CT T3 (XC)	Sản	7		55	287	0,172	0,058	0,01					
	TA-BV - CT T3 (XC)	Sản + Đậu hồng đào	8		55; 7.5	337	0,202	0.058; 0.775	0,14					
	TA-BV - CT T3 (XC)		9		45; 50	192	0,115	0.048; 0.06	0,01					
	TA-BV - CT T3 (XC)		10		32.5; 80	104	0,062	0.17; 0.05	0,00					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	TA-BV - CT T3 (XC)	Đậu hồng đào	11		75		0,000	0,0515	0,00					
	TA-BV - CT T3 (XC)	Cỏ tự nhiên	12		0		0,000	1	0,00					
	TA-BV - CT T3 (XC)	Tổng				1667	1,000		0,03	0,634	7	4	18	
37	TA-BV - CT T3 (XC)	Lạc- sản, 1994												
	TA-BV - CT T3 (XC)	Cỏ tự nhiên	1			24	0,014	1	0,01					
	TA-BV - CT T3 (XC)	Lạc	2		10	28	0,016	0,55	0,01					
	TA-BV - CT T3 (XC)	Lạc + sản	3		30; 5	73	0,042	0.17; 0.775	0,00					
	TA-BV - CT T3 (XC)		4		50; 17.5	27	0,015	0.06; 0.3	0,00					
	TA-BV - CT T3 (XC)		5		75; 35	567	0,323	0.0515; 0.13	0,00					
	TA-BV - CT T3 (XC)		6		85; 47.5	587	0,335	0.043; 0.048	0,00					
	TA-BV - CT T3 (XC)	Sản	7		55	504	0,287	0,058	0,02					
	TA-BV - CT T3 (XC)	Sản + Đậu hồng đào	8		55; 7.5	196	0,112	0.058; 0.775	0,01					
	TA-BV - CT T3 (XC)		9		42.5; 50	500	0,285	0.048; 0.06	0,02					
	TA-BV - CT T3 (XC)		10		32.5; 80	203	0,116	0.13; 0.05	0,01					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	TA-BV - CT T3 (XC)	Đậu hồng đảo	11		75	6	0,003	0,0515	0,00					
	TA-BV - CT T3 (XC)	cỏ tự nhiên	12			39	0,022	1	0,01					
	TA-BV - CT T3 (XC)	Tổng				1754	1,570		0,10	2,538	7	4	18	
38	TA-BV - CT T4 (XC)	Lạc - sản, 1993												Trồng băng chắn, theo đường đồng mức, trồng xen
	TA-BV - CT T4 (XC)	Cỏ tự nhiên	1			11	0,007	1	0,01					
	TA-BV - CT T4 (XC)	Lạc	2		10	1	0,001	0,55	0,00					
	TA-BV - CT T4 (XC)	Lạc + sản	3		30; 5	42	0,025	0.17; 0.775	0,00					
	TA-BV - CT T4 (XC)		4		50; 17.5	55	0,033	0.06; 0.3	0,01					
	TA-BV - CT T4 (XC)		5		75; 35	396	0,238	0.0515; 0.13	0,01					
	TA-BV - CT T4 (XC)		6		85; 47.5	242	0,145	0.043; 0.048	0,01					
	TA-BV - CT T4 (XC)	Sản	7		55	287	0,172	0,058	0,01					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc l (m)	BP Quản lý đất
	TA-BV - CT T4 (XC)	Sắn + Đậu hồng đào	8		55; 7.5	337	0,202	0.058; 0.775	0,03					
	TA-BV - CT T4 (XC)		9		45; 50	192	0,115	0.048; 0.06	0,01					
	TA-BV - CT T4 (XC)		10		32.5; 80	104	0,062	0.17; 0.05	0,00					
	TA-BV - CT T4 (XC)	Đậu hồng đào	11		75		0,000	0,0515	0,00					
	TA-BV - CT T4 (XC)	Cỏ tự nhiên	12		0		0,000	1	0,00					
	TA-BV - CT T4 (XC)	Tổng				1667	1,000		0,03	0,645	7	4	18	
39	TA-BV - CT T4 (XC)	Lạc - sắn, 1994												
	TA-BV - CT T4 (XC)	Cỏ tự nhiên	1			24	0,014	1	0,01					
	TA-BV - CT T4 (XC)	Lạc	2		10	28	0,016	0,55	0,01					
	TA-BV - CT T4 (XC)	Lạc + sắn	3		30; 5	73	0,042	0.17; 0.775	0,00					
	TA-BV - CT T4 (XC)		4		50; 17.5	27	0,015	0.06; 0.3	0,00					
	TA-BV - CT T4 (XC)		5		75; 35	567	0,323	0.0515; 0.13	0,00					
	TA-BV - CT T4 (XC)		6		85; 47.5	587	0,335	0.043; 0.048	0,00					
	TA-BV - CT T4 (XC)	Sắn	7		55	504	0,287	0,058	0,02					

STT	Tên điểm	Cây trồng	Tháng	Giai đoạn	Độ che phủ (%)	Lượng mưa (mm)	%R	Hệ số C	Ccr	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Độ dốc (%)	Độ dốc (độ)	Chiều dài sườn dốc 1 (m)	BP Quản lý đất
	TA-BV - CT T4 (XC)	Sắn + Đậu hồng đào	8		55; 7.5	196	0,112	0.058; 0.775	0,02					
	TA-BV - CT T4 (XC)		9		42.5; 50	500	0,285	0.048; 0.06	0,02					
	TA-BV - CT T4 (XC)		10		32.5; 80	203	0,116	0.13; 0.05	0,01					
	TA-BV - CT T4 (XC)	Đậu hồng đào	11		75	6	0,003	0,0515	0,00					
	TA-BV - CT T4 (XC)	cỏ tự nhiên	12			39	0,022	1	0,02					
	TA-BV - CT T4 (XC)	Tổng				2754	1,570		0,12	2,517	7	4	18	

Ghi chú: Đơn: Đơn canh; XC: Xen Canh; LC: Luân canh; CT: Công thức

TA-BV: Ô quan trắc tại Thụy An, Bà Vì, Hà Nội;

HS-XM: Ô quan trắc tại Hòa Sơn, Lương Sơn, Hòa Bình

TX VY – VP: Ô quan trắc tại TX Vĩnh Yên, Vĩnh Phúc

BT,TB,DB,HB: Ô quan trắc tại Bản Tát, Tân Minh, Đà Bắc, Hòa Bình

CN-MS-SL: Ô quan trắc tại Cò Nòi, Mai Sơn, Sơn La.

Phụ lục 8: Kết quả tính toán các thông số đầu vào và lượng đất mất theo mô hình MMF

STT	Tên điểm	Năm	Dòng chảy mặt (Q) (m³/s)	Ro (mm)	Số ngày mưa Rn	I (mm/h)	Lượng mưa R (mm)	ER	LD	DT	KE(LD)	KE(DT)	KE	F	Z	H	A (%)	CC (%)	PH (m)	MS	BD	EHD	Et/E0	Rc	COH	GC (%)	Hệ số K	Độ dốc S (Độ)	Hệ số C			Hệ số P	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)			
																													Theo hội KHD Quốc tế	Hiệu chỉnh của N.C ngày			Lượng đất tách ra (J)	Vận chuyển dòng chảy (G)_ thông thường	Vận chuyển dòng chảy (G)_ hiệu chỉnh	Thực đo
																														D	Ch					
1	CN-MS-SL CT T3 (XC)	2017	115,18	9,02	134	217	1209	967,34	241,83	725,50	2587,91	21192,83	23780,74	10,45	0,67	0,16	20,00	25,00	1,10	0,20	1,30	0,12	0,68	21,22	3,00	25,00	0,44	15,00	0,24	0,21	0,07	0,14	10,61	34,64	7,27	14,56
2	CN-MS-SL CT T3 (XC)	2016	191,13	10,53	136	253	1433	1146,00	286,50	859,50	3065,89	25179,60	28245,49	12,41	0,67	0,34	20,00	25,00	1,10	0,20	1,30	0,12	0,68	21,22	3,00	25,00	0,44	15,00	0,24	0,21	0,07	0,14	12,75	34,61	7,27	18,34
3	CN-MS-SL CT T3 (XC)	2015	247,78	12,55	107	301	1343	1074,48	268,62	805,86	2874,55	23673,57	26548,12	11,66	0,67	0,50	20,00	25,00	1,10	0,20	1,30	0,12	0,68	21,22	3,00	25,00	0,44	15,00	0,24	0,21	0,06	0,14	12,17	34,57	7,26	15,45
4	CN-MS-SL CT T2 (đơn)	2017	115,18	9,02	134	217	1209	967,34	241,83	725,50	2587,91	21192,83	23780,74	10,45	0,67	0,21	20,00	25,00	1,10	0,20	1,30	0,12	0,68	21,22	3,00	25,00	0,44	20,00	0,24	0,20	0,06	0,14	10,66	45,78	9,16	21,56
5	CN-MS-SL CT T2 (đơn)	2016	191,13	10,53	136	253	1433	1146,00	286,50	859,50	3065,89	25179,60	28245,49	12,41	0,67	0,45	20,00	25,00	1,10	0,20	1,30	0,12	0,68	21,22	3,00	25,00	0,44	20,00	0,24	0,20	0,06	0,14	12,86	45,73	9,15	27,54
6	CN-MS-SL CT T2 (đơn)	2015	247,78	12,55	107	301	1343	1074,48	268,62	805,86	2874,55	23673,57	26548,12	11,66	0,67	0,67	20,00	25,00	1,10	0,20	1,30	0,12	0,68	21,22	3,00	25,00	0,44	20,00	0,24	0,20	0,05	0,14	12,33	45,69	9,14	20,45
7	CN-MS-SL CT T1 (đơn)	2017	34,91	9,02	134	217	1209	967,34	241,83	725,50	2587,91	21192,83	23780,74	3,99	0,22	0,01	20,00	25,00	1,10	0,28	1,40	0,12	0,68	31,99	9,00	25,00	0,17	18,00	0,24	0,20	0,07	1,00	4,00	295,44	59,09	57,45
8	CN-MS-SL CT T1 (đơn)	2016	68,74	10,53	136	253	1433	1146,00	286,50	859,50	3065,89	25179,60	28245,49	4,74	0,22	0,03	20,00	25,00	1,10	0,28	1,40	0,12	0,68	31,99	9,00	25,00	0,17	18,00	0,24	0,20	0,07	1,00	4,77	295,14	59,03	64,45
9	CN-MS-SL CT T1 (đơn)	2015	105,05	12,55	107	301	1343	1074,48	268,62	805,86	2874,55	23673,57	26548,12	4,46	0,22	0,06	20,00	25,00	1,10	0,28	1,40	0,12	0,68	31,99	9,00	25,00	0,17	18,00	0,24	0,20	0,05	1,00	4,51	294,85	58,97	50,75
10	BT, TM, ĐB, HB Ô 1 (đơn)	2000	53,16	20,54	57	493	1171	936,53	468,27	468,27	2982,22	13833,22	16815,44	2,82	0,22	0,02	20,00	50,00	0,60	0,28	1,40	0,12	1,35	63,50	9,00	50,00	0,17	34,00	0,24	0,50	0,06	0,50	2,85	268,41	134,21	8,00

STT	Tên điểm	Năm	Dòng chảy mặt (Q) (m³/s)	Ro (mm)	Số ngày mưa Rn	I (mm/h)	Lượng mưa R (mm)	ER	LD	DT	KE(LD)	KE(DT)	KE	F	Z	H	A (%)	CC (%)	PH (m)	MS	BD	EHD	Et/E0	Rc	COH	GC (%)	Hệ số K	Độ dốc S (Độ)	Hệ số C			Hệ số P	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)			
																													Theo hội KHĐ Quốc tế	Hiệu chỉnh của N.C ngày			Lượng đất tách ra (J)	Vận chuyển dòng chảy (G)_ thông thường	Vận chuyển dòng chảy (G)_ hiệu chỉnh	Thực đo
																														D	Ch					
11	BT, TM, ĐB, HB Ô 2 (đơn)	2000	53,16	20,54	57	493	1171	936,53	468,27	468,27	2982,22	13833,22	16815,44	2,82	0,22	0,02	20,00	50,00	0,60	0,28	1,40	0,12	1,35	63,50	9,00	50,00	0,17	29,00	0,24	0,50	0,06	0,30	2,85	139,63	69,81	8,00
12	BT, TM, ĐB, HB Ô 3 (đơn)	2000	53,16	20,54	57	493	1171	936,53	468,27	468,27	2982,22	13833,22	16815,44	2,82	0,22	0,02	20,00	50,00	0,60	0,28	1,40	0,12	1,35	63,50	9,00	50,00	0,17	29,00	0,24	0,50	0,06	0,30	2,85	139,63	69,81	13,00
13	BT, TM, ĐB, HB Ô 4 (đơn)	2000	53,16	20,54	57	493	1171	936,53	468,27	468,27	2982,22	13833,22	16815,44	2,82	0,22	0,02	20,00	50,00	0,60	0,28	1,40	0,12	1,35	63,50	9,00	50,00	0,17	33,00	0,24	0,50	0,06	0,30	2,85	156,86	78,43	16,00
14	BT, TM, ĐB, HB Ô 5 (đơn)	2000	53,16	20,54	57	493	1171	936,53	468,27	468,27	2982,22	13833,22	16815,44	2,82	0,22	0,02	20,00	50,00	0,60	0,28	1,40	0,12	1,35	63,50	9,00	50,00	0,17	30,00	0,24	0,50	0,06	0,50	2,85	240,00	120,00	25,60
15	TX VY-VP Ô 6 (đơn)	2000	96,35	9,40	98	226	921	736,80	184,20	552,60	1971,16	16155,11	18126,26	7,96	0,67	0,04	20,00	25,00	1,10	0,20	1,30	0,12	0,68	21,22	3,00	25,00	0,44	4,50	1,28	0,40	0,32	0,50	8,00	200,07	80,03	25,60
16	TX VY-VP Ô 6 (đơn)	2002	92,50	8,21	149	197	1224	979,20	244,80	734,40	2619,65	21410,18	24029,83	10,56	0,67	0,03	20,00	25,00	1,10	0,20	1,30	0,12	0,68	21,22	3,00	25,00	0,44	4,50	1,28	0,40	0,28	0,50	10,59	200,47	80,19	43,90
17	TX VY-VP Ô 8 (đơn)	2000	96,35	9,40	98	226	921	736,80	184,20	552,60	1971,16	16155,11	18126,26	7,96	0,67	0,07	20,00	25,00	1,10	0,20	1,30	0,12	0,68	21,22	3,00	25,00	0,44	8,00	0,43	0,40	0,17	0,50	8,03	118,30	47,32	59,50
18	TX VY-VP Ô 8 (đơn)	2001	99,32	8,82	125	212	1102	881,60	220,40	661,20	2358,54	19305,32	21663,86	9,52	0,67	0,07	20,00	25,00	1,10	0,20	1,30	0,12	0,68	21,22	3,00	25,00	0,44	8,00	0,43	0,40	0,11	0,50	9,59	118,42	47,37	17,60
19	TX VY-VP Ô 10 (đơn)	2002	92,50	8,21	149	197	1224	979,20	244,80	734,40	2619,65	21410,18	24029,83	10,56	0,67	0,06	20,00	25,00	1,10	0,20	1,30	0,12	0,68	21,22	3,00	25,00	0,44	8,00	0,43	0,40	0,14	0,50	10,62	118,53	47,41	46,00
20	HS-XM CT T1 (LC)	1993	35,69	9,01	138	216	1243	994,56	248,64	745,92	2660,74	21788,54	24449,28	3,67	0,22	0,01	20,00	25,00	1,10	0,28	1,40	0,12	0,68	31,99	9,00	25,00	0,15	17,00	0,24	0,30	0,05	0,95	3,68	264,78	79,43	35,91

STT	Tên điểm	Năm	Dòng chảy mặt (Q) (m³/s)	Ro (mm)	Số ngày mưa Rn	I (mm/h)	Lượng mưa R (mm)	ER	LD	DT	KE(LD)	KE(DT)	KE	F	Z	H	A (%)	CC (%)	PH (m)	MS	BD	EHD	Et/E0	Rc	COH	GC (%)	Hệ số K	Độ dốc S (Độ)	Hệ số C			Hệ số P	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)			
																													Theo hội KHH Quốc tế	Hiệu chỉnh của N.C ngày			Lượng đất tách ra (J)	Vận chuyển dòng chảy (G)_ thông thường	Vận chuyển dòng chảy (G)_ hiệu chỉnh	Thực đo
																														D	Ch					
21	HS-XM CT T1 (XC)	1994	87,78	11,08	142	266	1574	1258,96	314,74	944,22	3368,09	27685,13	31053,22	4,66	0,22	0,04	20,00	25,00	1,10	0,28	1,40	0,12	0,68	31,99	9,00	25,00	0,15	17,00	0,24	0,25	0,02	0,95	4,70	265,05	66,26	20,77
22	HS-XM CT T1 (LC-XC)	1995	58,97	11,42	85	274	971	776,56	194,14	582,42	2077,53	17085,18	19162,71	2,87	0,22	0,02	20,00	25,00	1,10	0,28	1,40	0,12	0,68	31,99	9,00	25,00	0,15	17,00	0,09	0,60	0,05	0,95	2,90	99,49	59,70	16,13
23	HS-XM CT T2 (LC)	1993	35,69	9,01	138	216	1243	994,56	248,64	745,92	2660,74	21788,54	24449,28	3,67	0,22	0,01	20,00	25,00	1,10	0,28	1,40	0,12	0,68	31,99	9,00	25,00	0,15	17,00	0,24	0,30	0,05	0,14	3,68	39,02	11,71	5,03
24	HS-XM CT T2 (XC)	1994	87,78	11,08	142	266	1574	1258,96	314,74	944,22	3368,09	27685,13	31053,22	4,66	0,22	0,04	20,00	25,00	1,10	0,28	1,40	0,12	0,68	31,99	9,00	25,00	0,15	17,00	0,24	0,25	0,10	0,14	4,70	39,06	9,76	14,84
25	HS-XM CT T2 (LC-XC)	1995	58,97	11,42	85	274	971	776,56	194,14	582,42	2077,53	17085,18	19162,71	2,87	0,22	0,02	20,00	25,00	1,10	0,28	1,40	0,12	0,68	31,99	9,00	25,00	0,15	17,00	0,09	0,60	0,04	0,50	2,90	52,36	31,42	12,43
26	HS-XM CT T4 (LC)	1993	35,69	9,01	138	216	1243	994,56	248,64	745,92	2660,74	21788,54	24449,28	3,67	0,22	0,01	20,00	25,00	1,10	0,28	1,40	0,12	0,68	31,99	9,00	25,00	0,15	17,00	0,09	0,30	0,04	0,50	3,68	52,26	15,68	4,68
27	HS-XM CT T4 (XC)	1994	87,78	11,08	142	266	1574	1258,96	314,74	944,22	3368,09	27685,13	31053,22	4,66	0,22	0,04	20,00	25,00	1,10	0,28	1,40	0,12	0,68	31,99	9,00	25,00	0,15	17,00	0,12	0,25	0,07	0,50	4,70	69,75	17,44	14,21
28	HS-XM CT T4 (LC-XC)	1995	58,97	11,42	85	274	971	776,56	194,14	582,42	2077,53	17085,18	19162,71	2,87	0,22	0,02	20,00	25,00	1,10	0,28	1,40	0,12	0,68	31,99	9,00	25,00	0,15	17,00	0,09	0,60	0,06	0,50	2,90	52,36	31,42	10,26
29	HS-XM CT T5 (LC)	1993	35,69	9,01	138	216	1243	994,56	248,64	745,92	2660,74	21788,54	24449,28	3,67	0,22	0,01	20,00	25,00	1,10	0,28	1,40	0,12	0,68	31,99	9,00	25,00	0,15	17,00	0,09	0,30	0,03	0,50	3,68	52,26	15,68	2,81
30	HS-XM CT T5 (XC)	1994	87,78	11,08	142	266	1574	1258,96	314,74	944,22	3368,09	27685,13	31053,22	4,66	0,22	0,04	20,00	25,00	1,10	0,28	1,40	0,12	0,68	31,99	9,00	25,00	0,15	17,00	0,12	0,25	0,03	0,50	4,70	69,75	17,44	14,21
31	HS-XM CT T5 (LC-XC)	1995	58,97	11,42	85	274	971	776,56	194,14	582,42	2077,53	17085,18	19162,71	2,87	0,22	0,02	20,00	25,00	1,10	0,28	1,40	0,12	0,68	31,99	9,00	25,00	0,15	17,00	0,09	0,60	0,05	0,50	2,90	52,36	31,42	16,69

STT	Tên điểm	Năm	Dòng chảy mặt (Q) (m³/s)	Ro (mm)	Số ngày mưa Rn	I (mm/h)	Lượng mưa R (mm)	ER	LD	DT	KE(LD)	KE(DT)	KE	F	Z	H	A (%)	CC (%)	PH (m)	MS	BD	EHD	Et/E0	Rc	COH	GC (%)	Hệ số K	Độ dốc S (Độ)	Hệ số C			Hệ số P	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)			
																													Theo hội KHH Quốc tế	Hiệu chỉnh của N.C ngày			Lượng đất tách ra (J)	Vận chuyển dòng chảy (G)_ thông thường	Vận chuyển dòng chảy (G)_ hiệu chỉnh	Thực đo
																														D	Ch					
32	TA-BV - CT T2 (LC-XC)	1992	69,69	9,65	124	231	1196	956,80	191,36	765,44	788,94	22388,51	23177,45	7,19	1,00	0,03	20,00	20,00	0,40	0,28	1,20	0,12	0,68	27,42	2,00	20,00	0,31	4,00	0,09	0,50	0,09	0,95	7,22	23,67	11,83	0,83
33	TA-BV - CT T2 (XC)	1993	146,14	11,26	148	270	1667	1333,60	333,40	1000,20	3567,77	29334,21	32901,98	10,20	1,00	0,09	20,00	25,00	1,10	0,28	1,20	0,12	0,68	27,42	2,00	25,00	0,31	4,00	0,12	0,60	0,06	0,95	10,29	31,59	18,95	2,08
34	TA-BV - CT T2 (XC)	1994	157,97	11,39	154	273	1754	1403,20	350,80	1052,40	3753,97	30870,65	34624,62	10,73	1,00	0,10	20,00	25,00	1,10	0,28	1,20	0,12	0,68	27,42	2,00	25,00	0,31	4,00	0,12	0,60	0,07	0,95	10,84	31,62	18,97	3,35
35	TA-BV - CT T3 (LC-XC)	1992	69,69	9,65	124	231	1196	992,68	248,17	744,51	2655,71	21776,33	24432,04	7,57	1,00	0,03	17,00	25,00	1,10	0,28	1,20	0,12	0,68	27,42	2,00	25,00	0,31	4,00	0,09	0,60	0,15	0,50	7,60	12,46	7,47	0,99
36	TA-BV - CT T3 (XC)	1993	146,14	11,26	148	270	1667	1333,60	333,40	1000,20	3567,77	29334,21	32901,98	10,20	1,00	0,09	20,00	25,00	1,10	0,28	1,20	0,12	0,68	27,42	2,00	25,00	0,31	4,00	0,12	0,60	0,02	0,50	10,29	16,62	9,97	0,63
37	TA-BV - CT T3 (XC)	1994	157,97	11,39	154	273	1754	1403,20	350,80	1052,40	3753,97	30870,65	34624,62	10,73	1,00	0,10	20,00	25,00	1,10	0,28	1,20	0,12	0,68	27,42	2,00	25,00	0,31	4,00	0,12	0,60	0,06	0,50	10,84	16,64	9,98	2,54
38	TA-BV - CT T4 (XC)	1993	216,87	13,44	124	323	1667	1333,60	333,40	1000,20	3567,77	29410,71	32978,48	10,22	1,00	0,17	20,00	25,00	1,10	0,28	1,20	0,12	0,68	27,42	2,00	25,00	0,31	4,00	0,12	0,60	0,02	0,50	10,39	16,62	9,97	0,65
39	TA-BV - CT T4 (XC)	1994	631,05	18,61	148	447	2754	2203,20	550,80	1652,40	5894,21	48769,77	54663,98	16,95	1,00	0,83	20,00	25,00	1,10	0,28	1,20	0,12	0,68	27,42	2,00	25,00	0,31	4,00	0,12	0,60	0,07	0,50	17,78	16,64	9,98	2,52