

임농복합경영 대상지 적지 분석: 북한 황해북도 수안군을 중심으로

권수경^{ID} · 박소영^{ID*} · 권순덕

국립산림과학원 국제산림연구과

Agroforestry Site-suitability Analysis in Suan-gun, Hwanghaebuk-do, North Korea

Sookyung Kwon^{ID}, Soyoung Park^{ID*} and Soonduck Kwon

Division of Global Forestry, National Institute of Forest Science, Seoul 02455, Korea

요약: 혼농임업(agroforestry)은 임업, 농업, 축산업을 병행하여 지속적인 농업을 가능케 하는 생태·경제적 토지이용 체계로, 임농복합경영은 혼농임업의 북한식 표현이다. 북한은 경사 산지 및 산림황폐지 복구를 위한 전략으로 임농복합경영을 선택하였다. 임농복합경영은 남북산림협력 분과회담의 의제로 제시된 바 있으며, 한반도 산림탄소흡수원을 확충하고 '2050 탄소중립 전략'과 '한반도 그린데탕트'를 추진하기 위한 수단으로 주목받고 있다. 본 연구는 북한 산림황폐지 상시 모니터링 지역이자 ICRAF(세계혼농임업센터) 혼농임업경영 시범지인 황해북도 수안군을 대상으로 하여 임농복합경영 대상지 적지 분석을 수행하였다. 문헌 분석을 통해 임농복합경영 대상지 입지조건을 분석하여 대상지 선정의 기준을 정하고, GIS 중첩분석을 응용하여 임농복합경영 적지 분석 지도를 제작하여 시각화하였다. 약 8,839 ha의 경사지가 임농복합경영에 적합한 지역으로 선정되었으며, 이는 수안군 전체 면적의 약 15%에 해당하였다. 본 연구에서 제작한 지도와 구글 어스 위성영상을 대조하여 육안판독을 통해 수안군의 임농복합경영 등 토지이용 현황을 확인하고 결과를 검증하였다. 본 연구는 향후 자연환경적인자와 사회경제적인자에 대한 고찰을 통해 인자 간 상대적 중요도를 평가하고, 전국적 단위에서 정확도 높은 임농복합경영 적지 분석 지도를 제작하여 남북산림협력 정책의 기초자료를 제작하는데 기여할 것이다.

Abstract: Agroforestry is an ecological and economic land-use system that enables sustainable agriculture by combining forestry, agriculture, and livestock industries. North Korea chose agroforestry as a strategy for the restoration of sloping land and deforested land. Agroforestry was proposed for the inter-Korean forest cooperation subcommittee meeting and is currently highlighting carbon removal and promoting the '2050 Carbon Neutral Strategy' and 'Korea Peninsula Green Détente.' The study area, Suan-gun, Hwanghaebuk-do, is a constant deforestation monitoring area and a pilot site for management by the International Center for Research in Agroforestry. The requirements for agroforestry were analyzed through literature analysis. The agroforestry site-suitability map was visualized by applying GIS overlap analysis. Approximately 8,839 ha of sloping area was selected as suitable for agroforestry management, which is about 15% of Suan. We compared the map with Google Earth images and visually detected the land use status, such as agroforestry in Suan, to verify the results. As a future study, we will consider both natural-environment and socioeconomic factors and evaluate the relative importance of the factors to produce a high-accuracy agroforestry site-suitability map at the national scale with the goal of producing basic data for the inter-Korea forest cooperation policy for long-term goals.

Key words: agroforestry, site-suitability analysis, inter-Korean forest cooperation, carbon neutral strategy, Korean Peninsula Green Détente

서론

* Corresponding author
E-mail: chnamoo@korea.kr

ORCID

Soyoung Park ^{ID} <https://orcid.org/0000-0002-5534-4631>

Sookyung Kwon ^{ID} <https://orcid.org/0000-0002-7530-440X>

북한은 국토 면적의 80%가 산지로 구성되어있으며 경작지는 17%에 불과하여 식량 및 에너지원 확보를 위해 다락밭(계단밭) 개간 등 산지전용이 이루어져 왔다(Kim et al., 2019). 특히 1990년대 고난의 행군을 포함한 대기근

에서 식량 문제와 연료부족에 따라 경사지 개간과 목재 에너지원을 생산하기 위한 벌목이 심화되면서 산림황폐화가 급격하게 진행되었다(Yu and Kim, 2015).

2018년 국립산림과학원의 위성영상 분석 결과에 따르면 북한 산림황폐지 면적은 262만 ha로 산림황폐율이 28%에 달한다(Statistics Korea, 2020). 북한은 산림황폐지 복구 전략 중 하나로 ‘림(임)농복합경영’을 선택하였다. 임농복합경영은 혼농임업(agroforestry)의 북한식 표현으로 산림 토지(산지)에 나무, 농작물, 약초 산나물을 재배하여 훼손된 산림생태계 복원 및 경사 산지 보호와 동시에 식량난, 에너지난 해결 등 산림의 생산성을 높이고 경제이익을 얻는 것을 목적으로 한다(Kim et al., 2016).

북한의 임농복합경영 사업은 2003년 스위스 개발협력청(Swiss Agency for Development and Cooperation, SDC)의 ‘경사지 관리 프로그램(Sloping Land Management Program, SLMP)’ 제안과 세계혼농임업센터의 설계 및 자문을 통해 북한 국토환경보호성에서 수행하였다(Xu et al., 2013). 2004년 초 황해북도 수안군에 임농복합경영 방법을 도입하여 시범사업을 진행하였으며, 5단계를 거쳐 임농복합경영을 황해북도 전역으로 확대시켰고(MoLEP et al., 2014), 2013년에 북한 산림법에 임농복합경영을 포함하고 2015년에는 ‘국가 임농복합경영 전략 및 실행계획(2015-2024년)’을 수립하는 등 임농복합경영은 북한 산림 복구의 주요 수단으로 본격화되었다(MoLEP et al., 2015).

임농복합경영은 남북산림협력 분과회담의 의제로 제시된 바 있으며, 임농복합경영을 통한 북한 산림황폐지의 복구는 한반도 산림탄소흡수원을 확충하고 ‘2050 탄소중립’을 달성하기 위한 수단 중 하나로 주목받고 있다(Kim et al., 2021a; Korea Forest Service, 2021). 산림청 남북산림협력단에서는 고성 평화양묘사업소(2019.11. 준공)와 파주(2020.6. 준공), 철원(2022.4. 준공) 등 접경지역에 남북산림협력센터를 설립하여 산림복구 조립 기술, 스마트양묘장, 종자 및 나무모 생산, 산림병해충 방제 기술, 임농복합경영 모델 개발, 임농복합시범경영지 구축 등 지속가능한 산림 관리 방법을 개발하여 남북산림과학 기술교류에 대비하고 있다(Korea Forest Service, 2022).

한반도 정세의 잦은 변화에도 남북산림협력 정책은 한반도 자연생태계의 보호·복원 등 환경협력의 측면과 인도적 대북지원의 측면에서 지속적으로 논의되어야 하며 이를 효율적으로 수립하기 위해서는 객관적인 지표와 현황 분석 등 기초자료가 구축되어야 한다. 북한 정부는 2021년 처음으로 자발적 국가 보고서(VNR)를 UN에 제출하면서 SDG 15 항목과 관련한 산림 현황을 개략적으로 공개하였으나, 구체적인 사항을 파악하기 위해서는 별도의 북한 산

림정보 분석이 진행되어야 한다.

북한 임농복합경영 선행연구와 관련하여, Xu et al. (2012)은 북한 황해북도를 시범지역으로 한 임농복합경영 사업의 실행 배경과 과정을 단계별로 정리하였다. He and Xu(2017)은 임농복합경영지에서 산이용반(user group)이 가진 수종 선택권과 판매권 등을 토지관리의 지방분권화 개념으로 해석하였다. Oh et al.(2020)은 남한의 치산녹화 사업과 북한의 산림복구전투를 국민 참여적 관점 및 국민 소득 보장의 관점에서 비교하였다. Oh and Kim(2020)은 문헌 분석을 통해 임농복합경영의 사회경제적 함의를 도출하였고 산림복구의 환경적 측면, 나아가 산림자원의 경제적 협력방안에 대한 검토를 제안하였다.

북한 산림정보 분석을 위한 방법으로는 문헌 분석과 원격탐사 기법이 활용되고 있다(Choi and Lim, 2021; Kim et al., 2021b). 임농복합경영에 대해서, Yu et al.(2016)은 남북한의 산지연구 문헌과 산지관리 정책을 분석하여 임농복합경영의 기준 경사도를 결정하는 학문적 배경과 환경요인을 분석하였다. Lim et al.(2020)은 문헌 분석을 통해 북한에서 임농복합경영의 효과를 극대화하기 위한 방법으로 원격탐사자료와 GIS 기법이 활용되고 있으며, 이를 통해 대상지 평가와 사회경제적 효과 분석 등 과학적 분석을 활발하게 수행하는 것으로 판단하였다. Park et al.(2021)은 북한의 입지 특성(토심, 경사, 지형적 위치)을 활용하여 생태지리구획별 임농복합경영 적정 수종 및 작물을 제안하였다.

국내외의 선행연구는 주로 임농복합경영의 개념과 방식을 소개하며 경제적, 정책적으로 접근하고 있으며, 공간정보를 활용한 적지 선정 등 공간적인 분석은 미비한 상황이다. 향후 임농복합경영을 비롯한 남북산림협력 정책을 제안하고 이를 평가하기 위해서 임농복합경영 대상지의 정량적인 연구, 특히 입지조건을 포함한 데이터의 시각화와 공간적 분석이 수행되어야 한다.

본 연구에서는 기존의 개념과 정책 중심에서 수행되었던 북한 임농복합경영 연구에서 나아가 선행연구에서 다루지 않았던 임농복합경영 대상지의 공간적 접근을 통해 통계 작성을 위한 기초자료의 제작과 시각화를 목적으로 1) 문헌 분석으로 임농복합경영 대상지 입지조건을 분석하여 임농복합경영 대상지 선정을 위한 기준을 정하고, 2) 임농복합경영 대상지 입지조건 중첩분석을 수행하여 임농복합경영 적지 분석 지도를 제작하였다. 3) 적지 분석 지도와 구글 어스 위성영상을 대조하여 육안판독을 통해 수안군 임농복합경영 적지 분석 지도와 현황을 비교하였다.

본 논문은 북한의 산림황폐지 복구뿐만 아니라 식량난, 에너지문제를 동시에 해결할 수 있는 환경적·경제적

돌파구인 임농복합경영의 현황을 파악하고 향후 대상지를 선정하기 위한 기초자료인 임농복합경영 적지 분석 지도를 제작함으로써 향후 지속가능한 남북산림협력의 의제와 사업을 발굴하여 ‘한반도 그린데탕트’의 추진 방향을 제안하는 것을 목적으로 한다.

재료 및 방법

1. 연구 대상지

북한 황해북도 수안군은 북한 산림황폐지 상시 모니터링 지역이자 ICRAF 혼합임농경영 시범지이다. Xu et al.(2012)에 따르면 2003년 황해북도의 수안군에서 3개의 산이용반으로부터 임농복합경영이 시범수행되었고, 2012년에는 87개 산이용반으로 확장되어 황해북도 8개 군에 임농복합지가 조성되었다. MoLEP et al.(2014)에 의하면 수안군은 경사지 과잉 재배로 토양 상태가 열악했고, 광산촌의 영향으로 노동력 동원이 용이하였으며, 중앙 차원의 감독 근접성이 높아 임농복합경영 시범지로 선정되었다. 수안군은 북한의 임농복합경영 시범지로서 2003년 이후 오랜기간 임농복합경영이 수행되어 다른 지역에 비해 변화 추이를 파악하기 용이하며 북한 신문 ‘노동신문(로동신문)’에서 임농복합경영 모범사례로 소개된 바 있어 황해북도 수안군을 연구 대상지로 선정하였다(Figure 1).

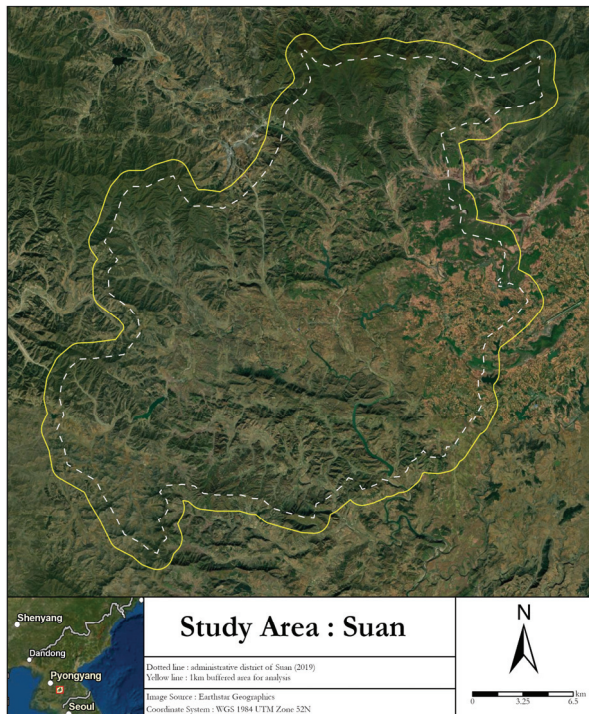


Figure 1. Study area: Suan-gun, Hwanghaebuk-do, North Korea.

2. 임농복합경영 대상지 입지조건 분석

북한의 임농복합경영 대상지 입지조건을 분석하기 위해 국내외 논문과 연구보고서 등의 문헌자료를 수집하였다. 북한 문헌은 NKtech(북한과학기술네트워크, <http://www.nktech.net>)를 검색기반으로 하여 ‘림농’, ‘림농복합경영’의 키워드를 검색어로 사용하였으며, 국내외 문헌은 각각 Science on(<https://scienceon.kisti.re.kr/>)과 Google 학술 검색(Google Scholar, <https://scholar.google.co.kr/>)에서 ‘임농복합경영’, ‘림농복합경영’, ‘agroforestry DPRK’ 등의 검색어를 활용하였다.

북한과학기술네트워크에서 수집한 논문 중 임농복합경영 대상지의 입지조건에 대해 서술하고 있는 논문은 2건이다. Yoon and Lee(2014)의 ‘림농복합경영대상지 입지조건평가에 대한 연구’는 황해남도의 임농복합경영대상지를 연구대상으로 하여 원격탐사와 현장조사를 통해 입지조건을 평가하였다. 황해남도는 대부분이 농경지이며, 총면적의 10% 미만이 산지로 이루어져있다. 논문에 따르면 대부분의 임농복합경영 대상지는 농경지, 경사지와 인접하다. 논문에서는 임농복합경영 대상지의 입지조건 평가를 지형조건(해발고, 경사도, 방위), 토양조건(모암, 기계적조성, 토심), 기상조건(연평균기온, 연평균강수량) 총 8가지 인자로 정리하였다.

Lee(2017)는 ‘GIS를 리용한 림농복합경영대상지들의 유형분류방법에 대한 연구’에서 황해북도 ‘s’ 군의 임농복합경영대상지 총 4,880.32정보(1정보=3000평=9,917.35537 m²)에 대한 유형을 경사도, 토양깊이(토심), 산의 상대적 위치(지형, 산허리·산마루·산기슭) 세 가지 기준으로 분류하였다. 경사도, 토심에 1-3 등급을, 지형에 0-2 코드번호를 각각 부여하였고 경사도와 토심, 지형 등급에 따라 1부터 18까지 유형분류코드와 이에 따른 임농복합경영지 면적을 산출하여 ‘s’군 임농복합경영 대상지의 평균 경사도, 평균 토심, 지형 등을 정리하였다.

국내 저자 Yang et al.(2020)은 북한의 문헌 등을 토대로 임농복합경영지의 주요 식재방법(줄식과 띠식)의 개념에 대해 설명하였다. 또한 농경지와 경사면이 맞는 경사도 15-30° 사이의 산지에서 특히 부대기밭(화전), 불탄 자리, 무립목지 등에 임농복합경영이 적용되며, 경사도 30° 이상의 산지에는 임농복합경영 사업보다는 보호구역 및 조림이 우선된다고 정리하였다. 본 연구에서는 선행연구에서 나타난 임농복합경영 대상지 입지조건 분류 기준을 종합하여 적지 분석 등급과 육안판독 기준을 정리하여 결과 및 고찰에 서술하고 연구에 적용하였다.

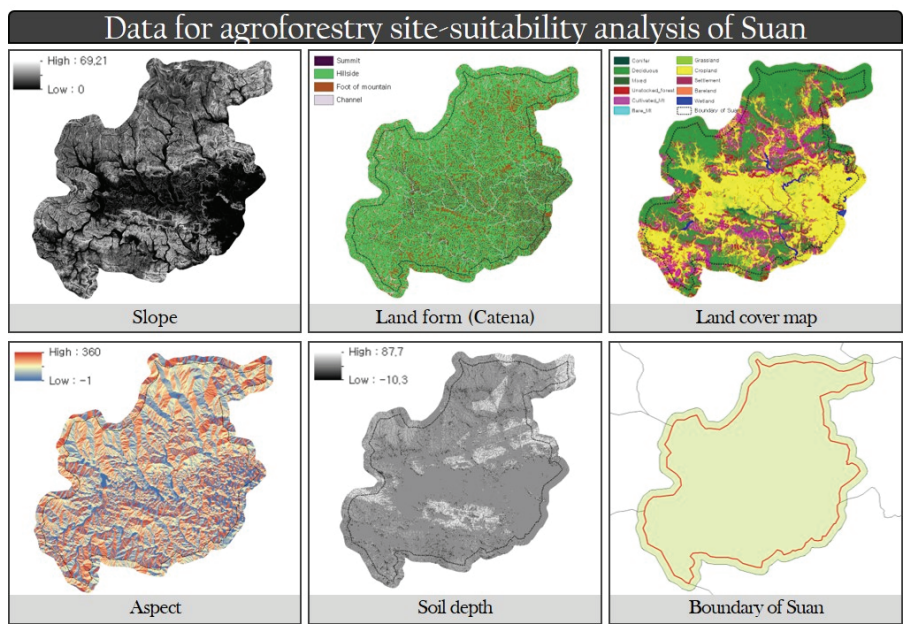


Figure 2. Used data for agroforestry site-suitability analysis of Suan.

3. 임농복합경영 대상지 적지 분석 지도 제작과 검증

수안군 임농복합경영 대상지 적지 분석 지도를 제작하기 위해 대상지 입지조건 인자에 정수값의 등급을 부여하여 중첩분석을 수행하였다. Figure 2는 선행연구를 바탕으로 선정한 임농복합경영 대상지 입지조건 5가지(경사, 토심, 지형, 방위, 토지피복)을 시각화한 것이다. 각각 국토지리정보원에서 2013년 제작한 한반도 10 m DEM으로부터 생성한 경사 데이터(Slope)와 향(Aspect), 임업진흥원에서 2016년 제작한 북한 산림입지토양도 중 지형(Land form)과 토심(Soil Depth), RapidEye 영상으로부터 제작한 토지피복도(Land Cover map)이다.

GIS 중첩분석을 수행하기 위해서는 일반적으로 모든 데이터에 같은 좌표계와 공간해상도를 적용한다. 서로 다른 해상도와 좌표계를 가지는 Figure 2의 입지조건 요소 래스터 데이터에 대해 공간정보 처리 소프트웨어인 ArcMap을 활용하여 공간해상도 5 m 및 UTM zone 52 N 좌표계로

통일하여 전처리를 수행하였다. 이는 각각 토지피복도(Land Cover map)를 기준으로 하였고, 데이터의 손실을 막기 위해 모든 데이터는 전처리 과정에서 국토지리정보원에서 2019년 제작한 북한 행정구역도를 참조하여 수안군 행정구역도 기준 1 km 버퍼를 적용하였다. 임농복합경영 적지 분석 지도의 검증은 구글 어스(Google Earth Pro)에서 제공하는 다중시기 고해상 위성영상을 활용하였으며, 최종 결과는 수안군 행정구역도 내 영역에서 산출하였다.

결과 및 고찰

1. 임농복합경영 대상지 입지조건 분석

수안군 임농복합경영 대상지 적지 분석을 위해 각 입지조건에 적합성에 따라 등급을 설정하고 점수를 부여하였다(Table 1). Lee(2017)는 ‘GIS를 리용한 림농복합경영대상지들의 유형분류방법에 대한 연구’에서 ‘스’군의 임농

Table 1. Criteria for selection of suitable sites for agroforestry.

Criteria	Index Value	High (3)	Medium (2)	Low (1)
	Slope		Gentle (5-15°) Moderate (15-25°)	Steep (25-35°)
Soil Depth		Deep (50 cm and more)	Moderate (30-50 cm)	Shallow (30 cm and less)
Land form		Hillside	-	Foot of mountain
Aspect		South, Southeast, Southwest (135-225°)	-	Other
Land Cover		Cultivated mountain Unstocked forest	Cropland Bare mountain	Grassland Bareland

복합경영대상지에 대한 경사도, 토양깊이, 상대적 위치를 분석하였다. 이에 따르면 ‘사’군에서는 경사도 15° 이하, 15-25°에 임농대상지가 분포되어있어 ‘좋은 유형’으로 평가했다. 따라서 본 연구에서는 완경사지와 보통경사지를 높음(3)으로 정했고 급한경사지를 보통(2), 나머지를 낮음(1)으로 정했다. 토양깊이 등급, 즉 토심 등급은 30 cm이하, 30-50 cm, 50 cm 이상으로 분류하고 토심 50 cm 이상을 높음(3), 30-50 cm를 보통(2), 30 cm 미만을 낮음(1)로 정했다. 산의 상대적 위치(사면 지형)는 산마루(산정, summit), 산허리(산복, hillside), 산기슭(산록, foot of mountain)으로 구분하였다. 산마루는 북한에서 전면 조림대상으로 정하므로, 이를 임농복합경영 대상지에서 제외하고 산허리를 높음(3), 산기슭을 낮음(1)으로 정했다.

Yoon and Lee(2014)이 황해남도에서 입지조건을 평가한 대상지는 모두 남향(남, 남동, 남서)에 배치되어 있었으며, Lee and Jeong(2014)의 임농복합경영기간설정 연구와 Park et al.(2021)의 임농복합경영 적정 수종 고찰 연구에 따르면 황해북도는 내륙산간지형으로 임농복합경영 시 식재하는 수종은 대표적으로 잣나무, 낙엽송(일본잎갈나무), 쉬나무(수유나무)이고, 특히 활엽수 위주로 식재하는 것을 확인하였다. 따라서 활엽수가 잘 자라며 농작물 생산량도 높일 수 있는 남향 사면(135-225°)을 높음(3), 그 외를 낮음(1)으로 정하였다.

임농복합경영은 북한의 산림황폐지 중, 특히 무림목지와 개간산지에 이루어지므로(Yang et al., 2020) 토지피복 분류에서 개간산지와 무림목지를 높음(3), 농경지, 산간나지를 보통(2), 초지와 나지를 낮음(3)으로 하였다. 이때, 무림목지는 땀나무 채취, 가축의 방목 및 산불 발생 등으로 관목지 상태로 남아있는 토지, 개간산지(다락밭, 비탈밭)는 산림을 개간하여 농작물을 재배하는 토지, 산간나지는 산림황폐화가 많이 진전된 상태의 토지를 각각 말한다.

2. 수안군 토지피복도 제작

임농복합경영 대상지 입지조건 중 하나인 토지피복 분석을 위해 수안군 토지피복도를 제작하였다(Figure 3). RapidEye 생육기(2015.9.12., 9.16., 9.17.)·비생육기(2015.4.27.) 영상을 각각 객체분할한 후 판독 라이브러리를 참조한 감독분류기법(MLC)을 활용하여 수안군의 토지피복을 산림(침엽수림, 활엽수림, 혼효림), 초지, 농경지, 시가건조지, 나지, 수역으로 분류하였다. SRTM DEM 경사도 데이터를 활용하여 경사도 15° 이상에 해당하는 초지, 농경지, 나지를 각각 무림목지, 개간산지, 산간나지 즉 산림황폐지로 분류하였다. 이는 산림황폐지를 포함한 북한의 토지피복을 11가지로 분류하는 기존 연구와의 연속성에 기초하였다(Kim et al., 2015; Kim et al., 2020; Kwon et al., 2021).

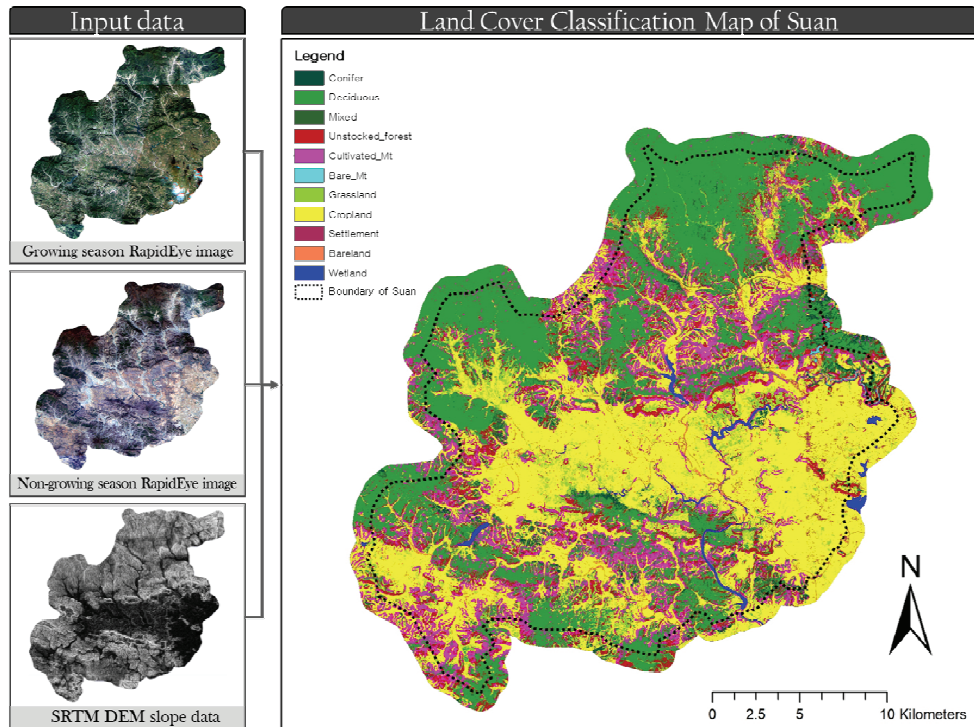


Figure 3. Land cover classification map of Suan.

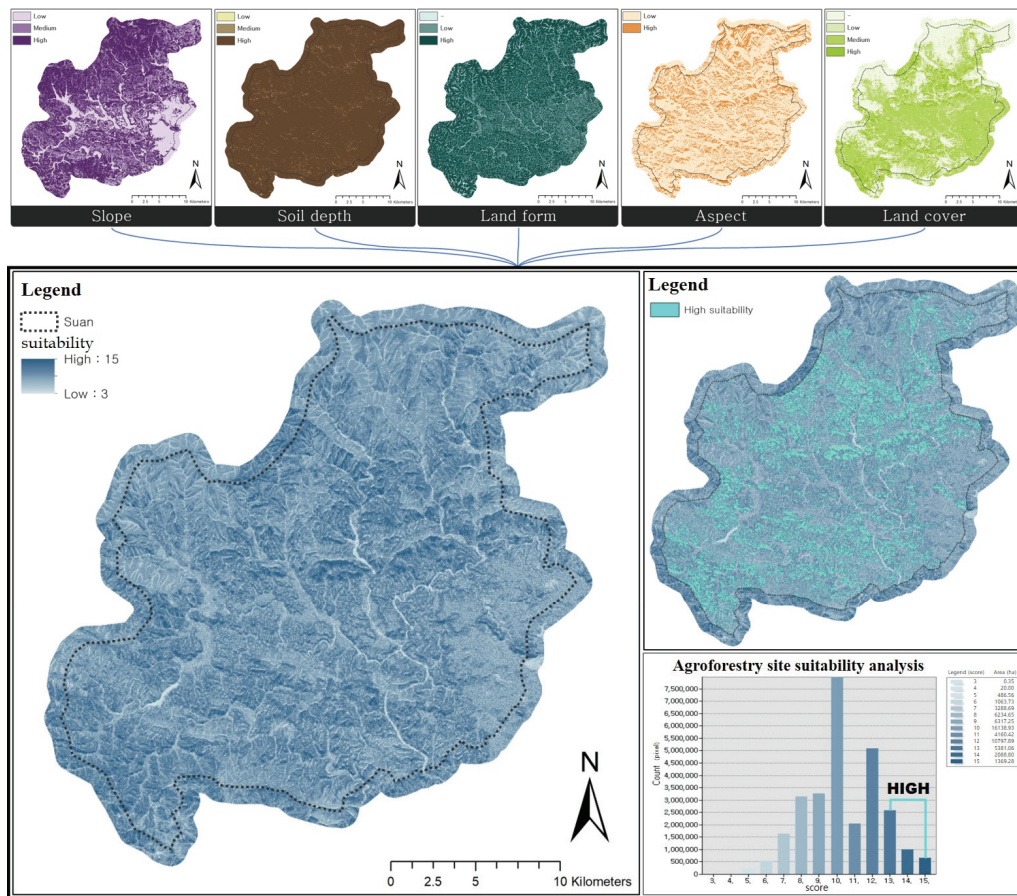


Figure 4. Input data and results of agroforestry site-suitability analysis.

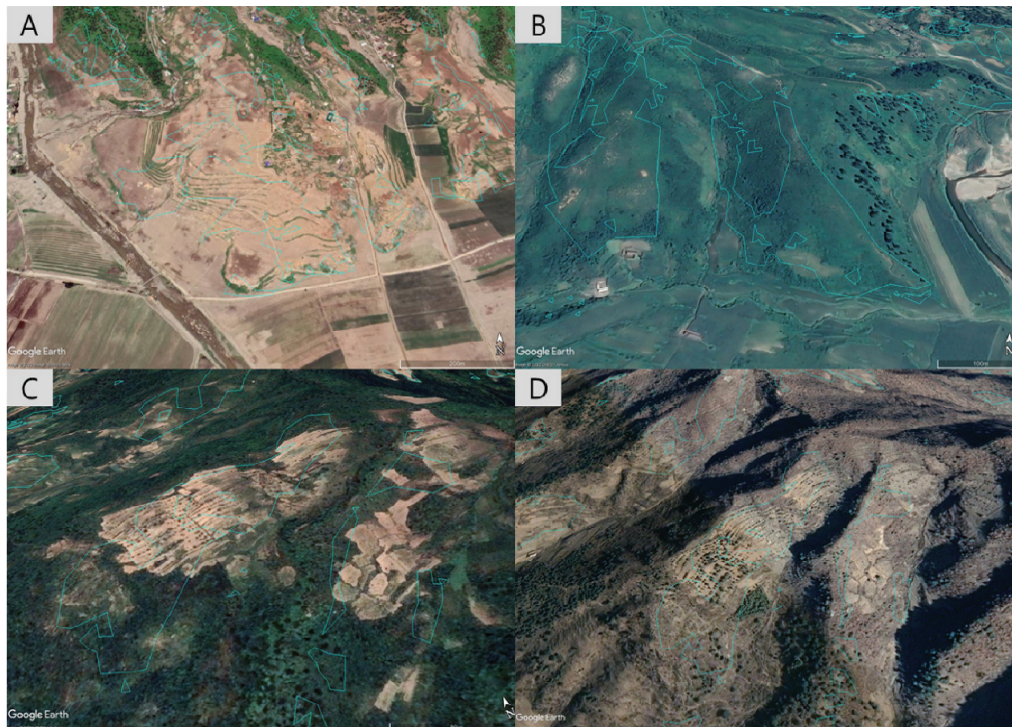


Figure 5. Deforested land and agroforestry sites on Google Earth imagery.

3. 임농복합경영 대상지 적합도 분석

임농복합경영 대상지 입지조건 총 5가지 (경사도, 토심, 지형, 방위, 토지피복)에 대해 래스터 데이터를 각각 적합성 낮음(1), 보통(2), 높음(3)으로 등급화하여 Reclassify를 수행한 후, ArcMap의 Raster Calculator 기능을 활용하여 중첩하였다(Figure 4). 이때, 인자간 상대적 중요도를 평가하기 어려우므로 동일 가중치를 부여하였다. 중첩분석된 값은 3-15 사이에서 나타났고, 적합성 점수의 평균은 10.38이며 표준편차는 2.07이었다. 따라서 1 시그마(12.45) 이상에 해당하는 13-15점을 가지는 지역을 ‘높은 적합성을 가지는 임농복합경영 대상지’로 분류하였다. 높은 임농복합경영 대상지 적합성을 가지는 영역은 약 8,839 ha에 해당하였다. 수안군의 면적이 약 57,348 ha이므로 수안군의 약 15%에 해당하는 면적을 임농복합경영 우선 수행에 적합한 대상지로 판단하였다.

한편, GIS 중첩분석을 활용한 입지 분석 과정은 일반적으로 표고, 경사, 사면 방향, 토양 등 자연환경요소와 토지 이용, 도로 인접성, 인구밀도 등 사회경제적요소 외에 법적요소, 정책적요소 등의 입지결정인자를 동시에 고려한다(Kim and Chung, 2001). 본 연구에서는 북한이라는 공간적인 특성상 토지피복도를 제외한 사회경제적요소를 활용하지 못한 한계가 있었다. Son et al.(2014)은 남북협력으로 임농복합경영 사업 대상지를 선정할 때 임농복합경영 시설 건설 및 유지보수에 필요한 기자재와 생산품을 수송하기 위한 관계자 및 물자의 물리적 접근 가능성을 중요하게 꼽았다. 따라서, 향후 북한 공간 자료를 추가 확보하여 도로 인접성, 인구 밀도, 묘목 또는 자재 운반 비용 등 임농복합경영지 선정에 있어 큰 영향을 끼치는 사회경제적 인자에 대한 부분을 보완하고자 한다. 또한 기존의 자연환경적인자를 적정 수준에 따른 표고, 기상, 기후 등으로 확대하여 인자 간 연관성 분석을 수행하고 판독 가능한 임농복합경영지와 대조하여 더욱 최적화된 적지 분석 결과를 산출하고자 한다.

Figure 5는 Google Earth Pro에서 제공하는 고해상 위성 영상을 통해 수안군의 임농복합경영 대상지 분석 결과를 육안판독한 결과이다. 파란 경계선은 임농복합경영 적지로 판독된 영역이다. Figure 5의 A는 임농복합경영 적지로 분석되었으며 현재 토지이용은 계단식 밭인 지역이며, B는 무림목지에 해당하는 지역의 예시이다. 두 지역 모두 문헌 분석에서 도출된 임농복합경영 대상지 조건을 모두 충족시켜 향후 임농복합경영 수행에 적합한 지역으로 판독된 지역이다. C와 D는 임농복합경영 적지로 도출된 지역 중 실제 임농복합경영을 수행하고 있는 지역이다. 임농복합경영지는 항공·위성영상에서 판독할 경우 등고선을

따라 일정한 줄 사이 간격(줄식의 경우 4-5 m, 띠식의 경우 7-8 m)과 식재열(줄식의 경우 단일 식재열, 띠식의 경우 띠너비 2 m)을 보이는 줄식, 띠식 식재방법이 특징적이다. C와 D는 모두 줄 사이 간격이 약 6 m인 임농복합경영지로 판단되며, 적지 분석 지도를 활용하여 수안군 내에 위치한 최소 5 곳 이상의 임농복합경영지를 육안판독 하였다.

기존의 임농복합경영지 판별 방법은 구글 어스 위성영상을 활용한 전지역 육안판독으로, 상당한 품이 들었다. 본 연구에서 제작한 임농복합경영지 적지 분석 지도를 참조하여 판독할 경우 적합도가 높은 대상지를 우선적으로 판독하여 기존 방식에 비해 효율적이라는 장점이 있었다. 향후 본 연구를 인자 측면에서 보완하여 더 효율적이고 정확한 임농복합경영 적지 분석 및 현황 파악에 접근하고자 한다.

결론

남북산림협력은 한반도 정세변화의 잦은 변화에서도 협력이 가능한 분야로 남북산림협력을 통해 ‘한반도 그린데탕트’를 구현할 수 있는 협력 분야이다. 그중 임농복합경영은 대한민국 정부에서도 황폐산림 복구와 식량안보 달성, 에너지 문제, 나아가 탄소중립을 동시에 해결할 수 있는 중요한 전략으로 판단하고 이를 지원하기 위해 여러 협력 전략을 수립하고 있다. 이에 산림청에서는 철원에 임농복합경영 시범단지를 조성하는 등 향후 남북산림협력 재개 시 임농복합경영과 관련한 협력 방안을 준비하고 있다.

이에 따라 본 연구는 북한의 임농복합경영에 대한 통계 자료를 구축하여 남북산림협력 전략을 수립하기 위한 북한산림공간정보 기초자료를 제작하는 것을 목적으로 하였다. 임농복합경영 시범단지인 북한 황해북도 수안군을 연구 대상지로 하여 임농복합경영 적지 분석을 수행하고 임농복합경영 대상지 면적을 선제적으로 분석하였다.

본 연구는 1) 문헌 분석을 통해 경사도, 토심, 지형, 향 등 자연환경적인자와 토지피복 등 사회경제적인자 등 입지조건을 선정하였고, 2) 입지조건을 등급화 및 중첩분석하여 임농복합경영 적지 분석 지도를 제작하였다. 3) 제작한 임농복합경영 적지 분석 지도와 비교하여 구글 어스 영상자료를 육안판독하여 결과를 검증하였다. 그 결과로, 약 8,839 ha의 영역이 임농복합경영 수행에 높은 적합성을 가지는 지역으로 분석되었으며, 최소 5 곳 이상에서 임농복합경영이 수행됨을 판독하였다. 이는 수안군 전체 면적 약 57,348 ha의 15%에 해당하며, 이에 해당하는 일부 지역에서는 임농복합경영이 수행되고 있는 것을 확인하였다.

본 연구는 기존 연구에서 다루지 않았던 임농복합경영 대상지의 정량화와 시각화에 의미가 있다. 향후 북한 생태 지리구획 별 적정수종의 생육특성 등 자연환경적인자와 더불어 사회경제적인자(도로 인접성, 자재 운반비용, 인구밀도 등)를 수집하고, 각 인자의 정량적 고찰을 기반으로 인자간 상대적 중요도를 평가하여 북한 전역에서 정확도 높은 임농복합경영 적지 분석을 수행함으로써 북한산림 공간정보의 제작을 구체화하고 상세화하는 것을 목표로 한다.

References

- Choi, H.A. and Lim, C.H. 2021. Forest cooperation with North Korea based on analysis of the characteristics of North Korea's forest research. *Review of North Korean Studies* 24(1): 88-111.
- He, J. and Xu, J. 2017. Is there decentralization in North Korea? evidence and lessons from the sloping land management program 2004-2014. *Land Use Policy* 61: 113-125.
- Kim, J.I. and Chung, H.W. 2001. GIS applications for optimum site selection of public facility. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 4(4): 8-20.
- Kim, K., Kang, M. and Kim, S.W. 2021b. Analyzing the occurrence trend of sediment-related disasters and post-disaster recovery cases in mountain regions in North Korea based on a literature review and satellite image observations. *Journal of Korean Society of Forest Science* 110(3): 419-430.
- Kim, K.M., Yu, J.S., Kim, C.M., Moon, K.S., Kim, E.S. and Kim, S.R. 2015. A classification map of deforested areas in North Korea's continuous monitoring area. *NIFoS Newsletter* 15-07. pp. 1-14.
- Kim, K.M., Kim, E.H., Lim, J.B. and Kim, M.K. 2019. Current status and research trends of agroforestry in North Korea. National Institute of Forest Science. NIFoS Global Forest Policy Topic No. 81. pp. 7.
- Kim, K.M., Lim, J.B., Kim, E.H., Yang, A.R., Kim, S.L., Park, J.W. and Park, J.W. 2020. A study on development of forest information in North Korea using satellite images and AI. National Institute of Forest Science. NIFoS Research Report 20-01. pp. 15-17.
- Kim, S.J., Han, H.J. and Park, B.R. 2021a. A study on inter-Korean climate development cooperation for carbon neutrality on the Korean peninsula. *Korea Environment Institute* 21-8. pp. 15-32.
- Kim, S.Y., Park, S.Y. and Park, K.S. 2016. A study on the change of forest management in North Korea through the agroforestry. *The Korean Journal of Unification Affairs* 66(2): 127-157.
- Korea Forest Service. 2021. 2050 Carbon Neutral Strategy for Forestry Sector. pp. 9-10.
- Korea Forest Service. 2022. From military security to green security, 'Cheorwon Inter-Korean Forest Cooperation Center' completed. <https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156505586> (2022.04.29.).
- Kwon, S., Kim, E., Lim, J. and Yang, A.R. 2021. The analysis of changes in forest status and deforestation of North Korea's DMZ using RapidEye satellite imagery and Google earth. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 24(4): 113-126.
- Lee, S.M., and Jeong, S.I. 2014. A study on the setting period for several species in the agroforestry site. *Forest Science* 4: 14-16. (Article in North Korea).
- Lee, Y.H. 2017. A study on the classification method of agroforestry target sites using GIS. *Forest Science* 4: 11-14. (Article in North Korea).
- Lim, J., Kim, K.M., Kim, M.K., Yi, J.M. and Park, J.W. 2020. Trend analysis of North Korean forest science research (1962-2016) by data mining. *Journal of Korean Society of Forest Science* 109(1): 81-98.
- MoLEP, SDC and ICRAF. 2014. Ten years of sloping land management. Industrial Publisher. pp. 1-3, 48. (Book in North Korea).
- MoLEP, SDC and ICRAF 2015. DPRK national agroforestry strategy and action plan. 2015-2024. Ministry of Land and Environment Protection. pp. 16-17. (Book in North Korea).
- Oh, S.U., Kim, E.H., Kim, K.M. and Kim, M.K. 2020. A study on the application of successful forest greening experience for forest and landscape restoration: A comparative study of two Koreas. *Sustainability* 12(20): 8712.
- Oh, S.U. and Kim, E.H. 2020. Socioeconomic implication of North Korea's agroforestry and direction of South-North forest cooperation. *The Korean Journal of North Korea* 16(2): 277-305.
- Park, S., Lim, J., Kim, E.H. and Yang, A.R. 2021. A study on appropriate tree species and crops for agroforestry using an ecological geographic map of North Korea. *Journal of the Korea Society of Forest Science* 110(3): 355-368.
- Son, Y.H., Jung, Y.H., Kim, S.H., Park, K.S., Lee, J.M., Shin, S.C., Choi, Y.C. and Lee K.J. 2014. A study on North Korea's reforestation plan focusing on agroforestry. Seoul: Climate Change Center. pp. 28-35.
- Statistics Korea. 2020. Major Statistics Indicators of North Korea. Statistics Korea. pp. 239-253.
- Xu J., Mercado A., He J. and Dawson I. 2013. An agroforestry guide for field practitioners. World Agroforestry Centre.

- Xu, J. et al. 2012. Participatory agroforestry development for restoring degraded sloping land in DPR Korea. *Agroforest Systems* 85(2): 291-303.
- Yang, A.R., Kim, E.H., Lim, J.B. and Kim, K.M. 2020. A study on agroforestry in North Korea. *National Institute of Forest Science. NIFoS Newsletter* 20-28. pp. 1-9.
- Yoon, C.H. and Lee, Y.J. 2014. A study on the assessment of site conditions or agroforestry target site. *Forest Science* 1: 39-41. (Article in North Korea)
- Yu, J. and Kim, K.M. 2015. Spatio-temporal changes and drivers of deforestation and forest degradation in North Korea. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology* 18(6): 73-83.
- Yu, J., Park, H., Lee, S.H. and Kim, K. 2016. Review of slope criteria and forestland restoration plan in North Korea. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology* 19(4): 19-28.

Manuscript Received : July 8, 2022

First Revision : September 27, 2022

Second Revision : October 7, 2022

Accepted : October 19, 2022