

1. 서론

1.1 연구 배경

Đắk Nông 성은 베트남 중앙 고원(Central Highlands)의 남서부에 위치한 대표적인 농업 지역으로, 고도 400~800m 의 고원 지형과 바잘트 기원의 비옥한 토양, 그리고 비교적 안정적인 기후 조건을 바탕으로 커피, 후추, 고무나무, 카카오 등 다년생 고소득 작물의 생산 중심지로 발전해 왔다. 그러나 최근 몇 년간 기후변화에 따른 강우 불균형, 고온 건조화, 무분별한 개간, 단작 재배 및 화학비료·농약의 과다 사용 등으로 인해 토양 물리성 악화, 유기물 함량 저하, 병해충 증가 등의 문제가 심화되고 있다.

특히, 토양의 다짐과 배수 불량, 낮은 유기물 함량은 작물 생육에 직접적인 악영향을 주며, 장기적으로 농업의 지속 가능성을 위협하고 있다. 이에 따라 Đắk Nông 지역의 토양 특성과 문제점을 체계적으로 조사·분석하고, 적절한 토양 관리 방안을 마련하는 것이 시급한 과제로 대두되고 있다.

1.2 지역 개요

Đắk Nông 성은 베트남 남부 고원지대에 위치하며, 북쪽으로 Đắk Lắk 성, 남쪽으로 Bình Phước 성, 동쪽으로 Lâm Đồng 성, 서쪽으로 캄보디아와 국경을 접하고 있다. 총 면적은 약 **6,515 km²**, 인구는 약 **70 만 명**(2023 년 기준)이며, 주요 행정 단위로는 1 개 시(Gia Nghĩa)와 7 개 군이 있다.

지역 대부분이 고도 400m 이상의 구릉 및 고원 지형이며, 토양은 주로 바잘트(현무암) 기반의 적색 점토질 토양으로 구성되어 있다. 이 토양은 천연적으로 비옥하고 다공성이 뛰어나 작물 재배에 유리하지만, 관개시설 부족, 건기 장기화, 유기물 관리 부재 등의 요인으로 인해 생산성이 점차 낮아지고 있는 실정이다.

1.3 조사 목적

본 조사의 목적은 다음과 같다:

- Đắk Nông 지역 토양의 주요 특성 분석
 - 토양의 물리·화학적 특성(질감, 유기물 함량, pH, 양분 함량 등) 및 분포 유형 파악
- 농업 생산과 관련된 토양 문제점 진단
 - 다짐, 배수 문제, 유기물 부족, 병해 발생 가능성 등 토양 관리상의 주요 이슈 도출

3. 지속 가능한 토양 관리 방안 제시
- 유기물 공급, 물리성 개선, 식생 피복 유지, 병해 대응 등 통합 토양 관리 전략 제안
4. 현장 적용을 위한 기반 자료 마련
- 지역 농가 및 지방정부가 활용 가능한 기술적, 정책적 기초자료로 제공

2. 토양 특성 현황

(물리적·화학적 특성 및 병해 관련 분석 결과)

2.1 물리적 특성

Đắk Nông 지역의 토양은 주로 바잘트(현무암) 기반의 적색 점토질 토양(red basaltic clay loam)으로 구성되어 있으며, 다음과 같은 물리적 특성을 보인다:

항목	분석 결과	비고
토양 질감 (입도)	중질 또는 중점토(sandy clay loam)	모래 2030%, 점토 4050%
토양 구조	단립 또는 약한 입단 구조	구조가 약할 경우 배수 불량 초래
토양 다짐도	경작지의 약 60% 이상이 심한 다짐 상태	경운 및 유기물 부족 원인
수분 보유력 배수 및 통기성	심토 50~100cm 에서 수분 유지력 양호 전반적으로 불량, 침투 저조	표토는 증발 및 침식에 취약 우기철 정체수 발생 가능

요약: 토양은 본래 농업에 적합하지만, 경작 방식 및 유기물 부족으로 인해 다짐과 배수 문제 발생.

2.2 화학적 특성

Đắk Nông 토양의 화학적 분석 결과는 다음과 같으며, 유기물 부족과 산성화가 주요 특징이다.

항목	분석 결과 (평균값)	평가
----	-------------	----

항목	분석 결과 (평균값)	평가
pH (KCl)	4.2~5.0	강한 산성
유기탄소 (OC)	1.0~1.8%	낮음
총 질소 (N)	0.08~0.15%	부족
유효 인산 (P_2O_5)	4~12 mg/100g	매우 부족
유효 칼륨 (K_2O)	15~35 mg/100g	부족 ~ 보통
CEC (양이온교환능력)	6~10 Cmol/kg	낮음

요약: 산성도가 높고 유기물과 양분(N, P, K)이 부족하여 비료 의존도가 매우 높은 구조를 보임.

2.3 병해 및 생물학적 문제

토양의 과도한 산성화 및 배수 불량은 여러 병해 발생의 원인이 되고 있다:

병해	발생 원인	피해 작물	비고
Phytophthora 뿌리썩음병	과습, 정체수, 산성토양	커피, 후추	병원균 토양 내 생존력 강함
선충류(Nematodes)	피복식물 부족, 연작	후추, 고추	뿌리 손상 및 수확량 감소
곰팡이병 (Fusarium 등)	유기물 부족, 과밀 식재	고추, 채소류	병해 다발 시 토양 교체 필요

요약: 병해는 물리적·화학적 토양 관리 미흡과 연계되어 있으며, IPM(통합 병해관리)와 토양 환경 개선 병행이 필요함.

종합 평가

- ☒ **장점:** 바잘트 기반 토양으로 토양층 깊고, 수분 보유력이 우수하여 잠재력 있음.
- ☐ **단점:**
 - 유기물 함량 부족 → 지력 저하
 - 다짐 및 산성화 → 작물 생육 저해
 - 병해 발생 빈도 높음 → 수익성 악화 가능성
- ☐ **개선 우선순위:**
 - 유기물 투입 및 피복식물 도입
 - pH 교정(석회 처리 등)
 - 배수 및 경운 개선

4. 병해충 관리 연계 프로그램 도입

3. 관리 이슈 도출

(토양 물리·화학적 문제 및 병해 발생 요인)

본 장에서는 Đắk Nông 지역에서 확인된 주요 토양 문제점들을 항목별로 정리하고, 그 원인과 농업 생산에 미치는 영향을 분석하였다. 이들 문제는 단일 원인보다는 토양 이용 방식, 기후 조건, 재배 시스템 등 복합적인 요인에 의해 발생하고 있으며, 효과적인 농업을 위해 반드시 개선되어야 할 핵심 이슈들이다.

3.1 토양 다짐(압축) 현상

- **문제 개요:** 지속적인 무거운 경작, 중장비 사용, 유기물 부족으로 인해 토양 상부층이 심하게 압축되어 있음.
 - **원인:**
 - 반복적인 기계경운 및 중장비 사용
 - 유기질 부족으로 입단 구조 붕괴
 - 작물 간 윤작 및 휴경 부족
 - **영향:**
 - 뿌리 발달 억제
 - 통기성 및 침투력 저하
 - 미생물 활동 약화 → 작물 생육 저하
-

3.2 배수 불량 및 정체수 발생

- **문제 개요:** 강우 시 물이 지표에 고이는 현상이 잦고, 우기철에는 근권부가 습해를 입음.
- **원인:**
 - 토양 입단 구조 붕괴
 - 경사지 개간 시 배수로 미정비
 - 점토 함량 높은 지역에서의 무대책 경작
- **영향:**
 - 근권부 산소 부족 → 뿌리 부패

- Phytophthora 등 병원성 미생물 확산
 - 유효양분 유실, 산성화 가속
-

3.3 유기물 부족 및 지력 저하

- 문제 개요: 토양 내 유기탄소(OC) 평균 1.0~1.8%로 매우 낮은 수준이며, 미생물 및 생물활동 약화.
 - 원인:
 - 퇴비·녹비 작물 미사용
 - 작부체계 단순화(단작)
 - 토양 피복 부족으로 인한 광열 분해 가속
 - 영향:
 - 양분 보유력 약화 → 비료 의존도 상승
 - 미생물군 불균형
 - 작물 스트레스 저항성 저하
-

3.4 토양 병해 발생 증가

- 문제 개요: 주로 커피, 후추, 고추 등의 재배지에서 **Phytophthora**(뿌리썩음병), 선충, 곰팡이류 병해 빈번히 발생
 - 원인:
 - 고온·다습 환경 + 배수 불량
 - 연작 재배로 병원균 밀도 증가
 - 방제 미흡 및 화학 농약 의존
 - 영향:
 - 작물 생육 지연, 수확량 저하
 - 토양 병원균 밀도 증가 → 장기적 피해
 - 농약 비용 및 농가 손실 확대
-

3.5 기후변화에 따른 복합 스트레스

- 문제 개요: 최근 수년간 건기 장기화, 강우 집중화 경향이 토양에 복합적인 부담을 줌
- 영향:
 - 토양 표면 경화 및 침식 가속
 - 토양 온도 상승 → 유기물 분해 가속

- 수분 불균형으로 작물 뿌리 손상

관리 이슈	주요 원인	농업 영향	시급도
토양 다짐	무경운, 유기물 부족	뿌리 발달 저해	★★★★☆
배수 불량	배수로 미정비, 점토질	습해, 병해 유발	★★★★★
유기물 부족	유기질 미투입, 휴경 부족	양분 보유력 약화	★★★★☆
병해 증가	연작, 배수 불량	생산량 감소, 농약 의존	★★★★★
기후 리스크	강우 불균형, 고온	복합 토양 스트레스	★★★★☆☆

4. 관리 방안 제시

(토양 개선 기법, 병해관리(IPM), 시범 사업 제안)

Đắk Nông 지역의 토양은 천연적으로 비옥한 바잘트 기반이지만, 다짐, 배수 불량, 유기물 부족, 병해 발생 등의 복합적인 문제로 생산성 저하가 우려되고 있다. 이에 따라 다음과 같은 통합 토양관리 전략을 제안한다.

4.1 토양 다짐 해소 및 구조 개선

- 깊이 경운 및 완만 경사 개간
 - 30~40cm 이상의 깊이같이 실시 → 뿌리 발달 촉진
 - 경사지에서는 완경사 조성 및 윤작 도입
- 퇴비, 녹비 작물 투입
 - 가축분 퇴비, 커피 부산물 등 유기질 비료 활용
 - 콩과 식물 등 녹비 작물 심기로 입단 구조 회복 및 다짐 완화
- 피복 작물 도입
 - 피복식물(예: 땅콩, 녹비풀) → 표토 보호, 침식 방지, 온도 완화

4.2 배수 개선 및 수분 균형 확보

- 배수로 정비

- 작물 사이 간격에 맞춘 경사형 배수로 설치
- 침수 방지를 위한 정체수 배출구 확보
- 고랑과 두둑 재배 기술 도입
 - 지표 침수 최소화를 위한 이랑 재배
 - 열대과수 및 후추에 적합
- 멀칭(피복 재배)
 - 유기물 피복(볏짚, 커피껍질 등)으로 증발 억제, 수분 유지

4.3 유기물 및 토양 생물 활성화

- 퇴비·생물학적 제제 사용
 - 혐기·호기성 퇴비 균형 투입
 - EM, Trichoderma 등 미생물 제제 → 병원균 억제 + 토양 생태계 회복
- 유기물 재순환 시스템 구축
 - 커피껍질, 고무 잔재 등 농업 부산물의 순환 활용
- 다년생 작물과 피복식물 혼합 재배(인터크로핑)
 - 작물 간 공생적 토양 보전 효과 증진

4.4 IPM (통합 병해관리) 적용

- 토양 병해 진단 및 병원균 밀도 분석
 - Phytophthora, Fusarium, 선충 등 밀도 평가
- 생물적 방제 도입
 - 천적 유인(예: 개미, 미생물), Trichoderma 활용
 - 미생물 처리 시기 및 주기 표준화
- 윤작 및 교대작물 도입
 - 병원균 밀도 저감 → 후추·고추 재배지에 잡곡, 땅콩 등 윤작 권장
- 화학 약제의 선택적 사용
 - 저독성·선택성 약제 위주, 병 발생 초기 집중 투입

4.5 시범 사업 제안

사업명	내용	대상 지역	기대 효과
1. 바잘트 토양 개선 시범포	깊이 경운 + 유기물 투입 + 배수 정비	Cur Jút, Đắk Mil	다짐 해소, 수분 조절, 생육 개선

사업명	내용	대상 지역	기대 효과
2. 병해 IPM 기반 농가 모델	병해 진단 + 생물제 투입 + 윤작 시스템 구축	Tuy Đức, Đắk Song	병원균 밀도 감소, 농약 비용 절감
3. 유기물 자원순환 프로그램	농업 부산물 퇴비화 및 재투입 체계화	Gia Nghĩa 및 협동조합	유기물 회복, 폐기물 감축
4. 커피·후추 맞춤형 피복식물 실증사업	피복작물 재배 + 수분 유지 + 잡초 억제	Krông Nô 일대	생산성 유지, 침식 완화

종합 전략 요약

- 통합적 토양 개선: 유기물 공급, 물리성 회복, 배수 정비, 병해 억제
- 농가 주도형 시범 운영: 실증 데이터를 통한 신뢰성 확보
- 민·관·연 협력 강화: 지방정부, 연구기관, 협동조합 간 정보 공유 및 교육 확대

5. 추진 전략

(농가 역량 강화, 제도적 뒷받침, 모니터링 체계 구축)

Đắk Nông 지역의 토양 환경 개선과 지속 가능한 농업 생산을 실현하기 위해서는 기술적 개선뿐 아니라 **농가 교육**, **행정적 지원**, **지속적 모니터링**이 함께 추진되어야 한다. 이를 위해 다음과 같은 다층적 전략을 제안한다.

5.1 농가 교육 및 역량 강화

- 기술 교육 프로그램 운영
 - 작물별 토양 관리법, 병해충 통합관리(IPM), 유기물 투입 기술 등 실습 중심 교육 실시
 - 지역 농업기술센터 및 협동조합을 중심으로 **마을 단위 순회 교육** 운영
- 시범농장 기반 학습 모델
 - 실제 성공 사례 농가를 “실습 및 견학 농장”으로 지정하여 인근 농민에게 기술 전파
 - “1 농가-1 기술 책임자” 체계 구축
- 온라인 콘텐츠 및 모바일 교육
 - 농업인 대상 **영상 강의**, SNS 정보 채널, 카카오톡/페이스북 그룹 운영
 - 유관 기관(농업대학, NGO 등)과 협력해 멀티미디어 기반 콘텐츠 개발

5.2 행정 지원 및 정책적 뒷받침

- 토양 개량 인센티브 제공
 - 유기질 비료, 미생물 제제, 배수로 공사 등에 대한 보조금 또는 대출 연계
 - 토양 분석 참여 농가 대상 우선 지원
- 협동조합 및 커뮤니티 지원 강화
 - 소규모 농가 단위로 협동조합 결성 장려, 공동 구매·공동 시범 운영 시스템 도입
 - 유통·판로 연계 정책과 통합하여 농업 생산-가공-유통 선순환 구조 구축
- 농업 기반시설 투자
 - 정체수 예방을 위한 소형 배수망 구축 예산 확대
 - 지자체와 협력한 토양개량 시범구역 지정 및 관리

5.3 모니터링 및 평가 체계 구축

- 정기 토양 분석 프로그램 운영
 - 매년 또는 격년 단위로 pH, 유기물, NPK, CEC 분석 서비스 제공
 - 지표 기반 평가 후 농가별 맞춤형 시비·개량 지도서 발급
- GIS 기반 공간 모니터링 도입
 - 위성 및 드론을 활용한 침식·배수 문제, 병해 확산 지역 시각화
 - 토양 유형·위험도·재배작물 등을 통합한 지리정보시스템(GIS) 플랫폼 구축
- 농가 참여형 모니터링 체계
 - 농민이 직접 모바일 앱이나 기록지로 재배 상태 및 병해 사례 보고
 - 참여 실적 기반 포상 또는 교육 혜택 부여

☑ 종합 전략 제안 요약

전략 축	주요 내용	기대 효과
농가 역량 강화	실습형 교육, 시범농장 운영, 온라인 콘텐츠	기술 내재화, 현장 적용력 향상
행정적 지원	보조금, 인센티브, 협동조합 육성	정책 수용성 증대, 비용 부담 완화
모니터링 체계	토양 분석, GIS 지도화, 농가 참여형 보고	데이터 기반 의사결정, 장기 관리체계 확보

6. 결론 및 전망

(지속 가능한 농업 기반 구축을 위한 요약 정리)

6.1 결론

Đắk Nông 지역은 화산 기원의 바잘트 토양을 바탕으로 높은 농업 생산 가능성을 지닌 고원 지역이다. 그러나 최근 토양의 다짐, 유기물 감소, 배수 불량, 병해 증가 등의 문제가 복합적으로 나타나면서 작물 생산성과 농업 지속 가능성에 위협이 되고 있다.

본 연구를 통해 다음과 같은 주요 사실이 확인되었다:

- **☑토양 물리성 저하:** 장기적인 무경운 및 중장비 이용으로 다짐이 심화되어 침투력과 통기성이 낮아짐
- **☑화학적 불균형:** pH는 대부분 산성이며, 유기물과 주요 양분(NPK) 부족 현상이 뚜렷함
- **☑병해 발생 빈도 증가:** 정체수 및 연작으로 인해 선충 및 곰팡이류 병해가 자주 발생
- **☑기후 리스크 가중:** 강우 집중화와 건기 장기화로 인한 침식 및 스트레스 환경 심화