



연구논문

## 친환경 농법을 이용한 볼리비아 차코지역 옥수수 생산성 향상 연구\*

박근희\*\*

권순중\*\*\*

후안 헤레즈 라마스\*\*\*\*

### 요 약

볼리비아에서 옥수수는 식량안보에 중요한 작물이며, 생산량의 약 77%가 가축의 사료로 사용되고, 약 17%가 식품으로 사용된다. 그러나 인증되지 않은 종자 사용, 전통농업방식 고수 및 기후변화 등의 이유로 주변국에 비해 생산성이 낮다. 농촌진흥청 코피아 볼리비아센터와 볼리비아 농림혁신청은 Chaco 지역에서 옥수수 생산성 향상을 위해 녹비작물과 친환경 비료를 사용하여 합성종 *INIAF Guaraní*와 hybrid 품종 *INIAF HI*를 재배하는 프로젝트를 진행하였다. Chaco 지역 3개 마을에서 심경파쇄 후 콩과녹비작물을 선행재배하였다.

\* 이 논문은 KOPIA 볼리비아 센터와 볼리비아 농림혁신청(INIAF) 협력과제(볼리비아 옥수수 생산성 향상/과제번호 2019-BOL-02/2019.02.01.-2022.06.30.)의 결과이다.

\*\* Corresponding author: 농촌진흥청 KOPIA 볼리비아 센터 연구원 / geunhee5818@gmail.com

\*\*\* Co-author: 농촌진흥청 KOPIA 볼리비아 센터 소장 / kwonsj1021@hanmail.net

\*\*\*\* Co-author: 볼리비아 농림혁신청 차코지역사무소 연구원 / jerezlamasjuan100@gmail.com

© Copyright Korea International Cooperation Agency. This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

이후 *INIAF Guaraní*와 *INIAF HI*를 친환경 비료인 Biol을 사용하여 재배한 뒤 생산량과 소득을 조사하였다. 관행농법으로 *INIAF Guaraní*와 *INIAF HI*를 재배하였을 때는 생산량이 각각 2.4 ton/ha, 5 ton/ha였으나, 콩과녹비작물과 Biol 도입 후 생산량이 향상되어, *INIAF Guaraní*는 1.8 ton/ha 증가한 5.2 ton/ha를 생산하였고, *INIAF HI*는 1.5 ton/ha가 증가한 6.5 ton/ha를 생산하였다. Ton당 1,300 Bs를 적용했을 때 기존의 순수익은 980 Bs이었지만 친환경농법으로 *INIAF Guaraní*와 *INIAF HI*를 재배하였을 때 각각 2,620 Bs과 3,910 Bs의 순수익을 얻었다. 본 프로젝트의 결과를 바탕으로 INIAF의 인증된 품종과 재배법을 활용하여, 볼리비아 옥수수 생산성 향상을 위한 농가실증사업과 시범마을사업 등을 통한 기술 확산이 필요하다.

**주제어:** 볼리비아, 친환경농업, KOPIA(Korea Partnership for Innovation of Agriculture), 옥수수, 생산성 향상

# I. 서론

볼리비아는 안데스산맥을 끼고 있으며, 고도 3,000 m가 넘는 고산 지역부터 열대 지역까지 다양한 식생을 지니고 있다. 또한 감자, 고추, 땅콩 등 14가지 작물의 원산지로서 다양한 유전자원을 가지고 있다. 자연환경 조건과 유전자원의 다양성에도 불구하고 농업에 관련한 국내 연구들은 미미한 상태이다. 2019년 FAO STAT의 자료에 따르면 볼리비아의 농촌인구는 약 345만 명으로 전체 인구의 30%를 차지한다(UN FAOSTAT, 2023). 전체 인구의 4%인 우리나라에 비해 많은 인구가 농촌에 거주하고 있다(편지은, 2022). 뿐만 아니라 우리나라는 국토 전체 면적 976만 ha 중 163만 7천 ha, 약 17%를 농경지로 이용하고 있지만, 볼리비아는 국토 전체 면적 1억 8,330만 ha 중 3,778만 7천 ha, 약 35%를 농경지로 사용하고 있다(UN FAOSTAT, 2023). 농촌인구와 농경지의 비율이 우리나라보다 높은 비율로 볼리비아 농업의 중요성을 확인할 수 있다. 또한 볼리비아 전체산업에서 농업이 차지하는 비율이 13%이며(ODA KOREA, 2016), 노동인구의 약 30%가 농업에 종사하고 있어 경제적인 측면에서도 상당한 부분을 차지하고 있다(주볼리비아 대한민국 대사관, 2016).

옥수수는 볼리비아에서 사탕수수, 콩, 감자 다음으로 많이 재배되는 작물이며(조선미 · 차원규, 2020: 55-81), 감자와 함께 식량안보 측면에서 매우 중요한 작물로 분류된다(Acebey Vega, 2005: 122). 또한 많은 농촌과 원주민 커뮤니티의 주요 식량이며, 볼리비아 물가에 직접적인 영향을 주는 작물이다(Ortiz, 2012: 14). 볼리비아의 총 곡물생산량 중 옥수수가 2019년까지 가장 많은 양을 생산했으며, 2020년과 2021년에는 수수 다음으로 가장 많은 양을 생산했다(INE, 2023) (〈Table 1〉). 볼리비아 전체 농지 면적 약 3,800만 ha 중 옥수수 재배면적이 430만 ha로 약 11%를 차지한다(조선미 · 차원규, 2020: 55-81). 옥수수 총 생산량 중 약 77%가 가축 사료용으로 소비되고, 다음으로 17%가 식품으로 소비된다(Baldelomar Alvare, 2021: 8).

〈Table 1〉 Bolivian cereal production yields from 2015 to 2021 (unit: ton)

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Quinoa	75,449	65,548	66,792	70,763	67,135	70,170	38,800
Sorghum	858,101	802,518	556,868	1,023,314	949,039	1,018,885	1,481,332
Oats	27,393	24,684	21,021	21,906	22,204	23,203	23,395
Maize (corn)	1,056,557	984,628	954,909	1,260,926	987,503	954,833	1,224,720
Barley	51,405	45,996	45,483	46,620	47,951	47,567	48,180
Rice	527,341	406,954	478,578	541,157	600,044	487,427	550,182
Wheat	337,599	329,437	154,293	301,689	237,127	311,310	336,223

Source: INE (2023).

국가적인 주요 식량 작물임에도 불구하고 볼리비아의 옥수수 생산량은 2015년 2.4 ton/ha 생산하였고 2021년 3.0 ton/ha를 생산하였으나, 주변 국가인 에콰도르나, 콜롬비아 등 라틴 아메리카 국가 중 하위권을 차지하고 있다(UN FAOSTAT, 2023) (<Figure 1>).

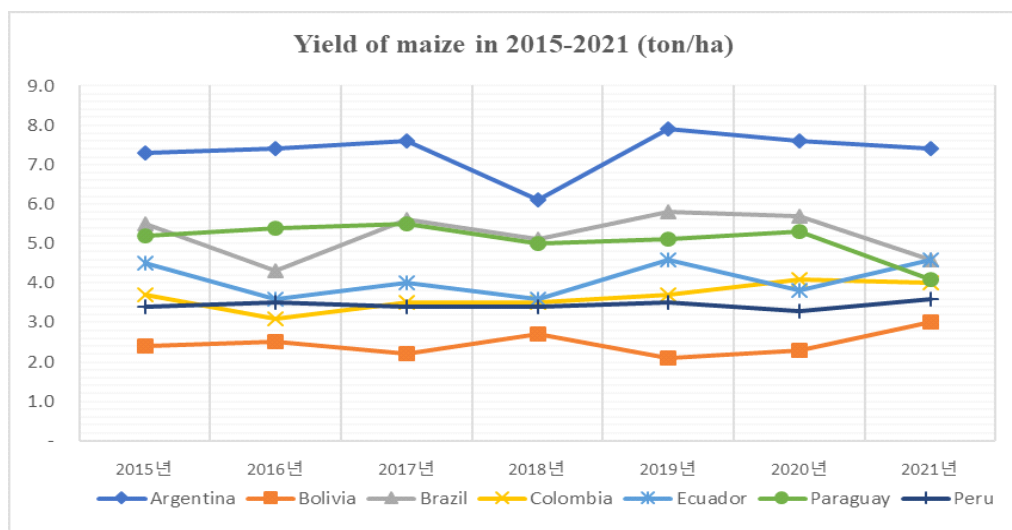
이러한 원인에는 대부분의 농가가 비료를 사용하지 않으며, 미흡한 토양개량 및 관련 연구의 부족, 농업기술 활용의 부재에 이유가 있다(Avila Lara, 2008: 2-9). 또한 엘니뇨 같은 기후변화로 인한 이상기후 현상과 수출입 규제와 밀수와 같은 구조적인 문제들도 볼리비아의 옥수수 생산성에 큰 영향을 미치고 있다(Baldelomar Alvare, 2021: 7-11).

이번 프로젝트 진행지역인 Chaco는 볼리비아 옥수수의 주요 생산 지역으로(Claure et al., 2017: 7-14), 지역 전체 농경지의 70%에서 옥수수를 재배하고 있다(김주영 외, 2019: 115-122). 차코지역에서는 옥수수가 전통을 가진 작물로 오랜 기간 재배 및 소비되었으며, 일인당 연간 옥수수 소비량이 80 kg에 달하는 곳도 있다(Baldelomar Alvare, 2021: 7-11). 하지만 낮은 강수량과 토양오염 및 영양의 불균형으로 인하여 옥수수 생산량이 감소하고 있다(Luis et al., 2017: 56-62).

볼리비아 농림혁신청(INIAF, 2016)은 옥수수 생산성 향상을 위해 2013년 Programa Nacional de Maiz를 통해 국제 옥수수 밀 연구소(Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, CIMMYT)와 함께 단백질 함유량이 높은 하이브리드 종자 *INIAF HI*와 (Claure et al., 2017: 7-14) 2016년 열대 지역에 적합하고 건조 스트레스 저항성이 높은 합성종 *INIAF Guaraní*를 육종하여 보급하였다(INIAF Chaco, 2016).

농촌진흥청 해외농업기술개발사업(Korea Partnership for Innovation of Agriculture,

<Figure 1> Comparison of maize yields per hectare for seven Latin American countries from 2015 to 2021



Source: UN FAOSTAT (2023).

KOPIA)는 볼리비아 농촌토지개발부(Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, MDRyT) 산하 농림혁신청 INIAF와 Chaco 지역에서 볼리비아 옥수수 생산성 향상을 위해 2019년부터 2022년까지 Technological innovation to improve corn productivity in Bolivia 프로젝트를 진행하였다. 현지에 적합하고 생산성이 좋은 합성종과 하이브리드 품종 이용 및 녹비 작물과 친환경 비료를 이용한 친환경 재배기술을 도입하였다. 이 논문은 2019년부터 2022년까지 진행되었던 KOPIA 볼리비아 센터의 Chaco 지역 녹비 작물 및 친환경 비료와 인증된 합성종과 하이브리드 품종을 이용한 옥수수 생산성 향상 프로젝트 결과에 대하여 서술하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

본 프로젝트는 2019년 2월부터 2022년 6월, 3개년에 걸쳐 볼리비아 Chaco 지역 Carapari, Villa Montes 커뮤니티에 하이브리드종인 *INIAF Guarani*와 합성종인 *INIAF H1*을 재배하여 수행하였다. 하이브리드종이란 잡종강세를 이용한 양친 간의 1대 교잡종을 말하며, 합성종이란 여러 자식계통에서 인위적으로 교잡하여 만든 합성품종을 말한다(농촌진흥청, 2021: 28). 재배방식은 토양을 보통보다 깊게 경운하는 심경으로(농촌진흥청 농업용어사전, 2023) 재배 토양을 준비한 뒤 콩과녹비작물인 *Crotalaria*, *Dolichos Lab-Lab*(Pic.1, Pic.2)를 선행재배하였다. 그 후 친환경 비료 BioI을 이용해 *INIAF Guarani*와 *INIAF H1*을 재배하였고, 대조구는 관행 농법을 실시했던 2019년 이전 자료를 바탕으로 검토하였다. 실험구와 동일한 조건을 가진 대조구를 사용한 시험이 바람직하나, 현지 사정상 구현과 처리에 어려움이 있어 2019년 이전 수량 성적을 이용하였다. 먼저 심경하여 재배 농지를 준비한 후 콩과녹비작물 *Crotalaria*(*Crotalaria* sp), *Dolichos Lab-Lab*(*Lablab purpureus* L.) 파종을 실시하였고, 3개월 뒤 수확 및 제거작업 후 *INIAF Guarani* 품종과 *INIAF H1* 품종을 파종하였다.

### 1. 콩과 녹비

녹비식물로는 콩과녹비 2종, *Crotalaria* (*Crotalaria* sp), *Dolichos Lab-Lab* (*Lablab purpureus* L.)을 <Pic.1, Pic.2> 사용하였다. *Crotalaria*는 열대와 아열대 지방에서 주로 많이 분포하고 있으며, 특히 남반구에서 많이 발견되는 식물로 유기물과 질소를 포함하고 있어 비료로 많이 사용된다(Bernal, 1986: 1-118). *Dolichos lablab*은 건조한 환경에서 잘 견디며, 주로 중남미에서 비료용으로 재배되는 식물이다(Echo community, 2023). 2종 모두 낮은 기온에서는 잘 자라지 못하기 때문에 우기(11~1월)에 파종하였다. *Crotalaria*는 0.8 cm×0.2 cm 간격으로 심었고, *Dolichos Lab-Lab*는 0.9 cm×0.35 cm 간격으로 심었으며, 깊이는 두 종류 모두 약 3 cm 깊이로 심었다. 두 종 모두 파종일로부터 약 3개월 후 수확하였다.

〈Figure 2〉 *Crotalaria* (*Crotalaria* sp) being tilled into the soil



〈Figure 3〉 *Dolichos* Lab-Lab planted in raised beds rows (*Lablab purpureus* L.)



## 2. 친환경 비료: Bio-fertilizer: Biol

친환경 비료는 식물의 생육에 긍정적인 영향을 준다(Albuquerque et al., 2010: 1052-1058; Koller et al., 2014: 47-52; Myint et al., 2010: 47-54). Biol은 유기물의 혐기성 분해과정에서 만들어지며 식물의 생리활동을 및 성장을 촉진시키는 친환경 비료이다(León & Mabel, 2012: 36; Robles & Jansen, 2008: 3). 액상으로 되어 있으며 토양이나 식물체에 직접 살포한다(Galindo et al., 2007: 1-6; Russo, 2001: 161-166; Ubalua, 2007: 2065-2073). 이번 프로젝트에서 사용된 Biol은 KOPIA와 INIAF가 현지 농업환경을 고려하여 제작한 것이다. 200 L의 biodigestor라는 플라스틱 통에 〈Table 2〉에 나온 재료들을 넣어 〈Appendix Table 1〉의 비율에 따라 37일 동안 제조 후 45일 동안 발효시켜 완성하였다. 완성된 Biol은 20 L의 물에 0.5 L을 넣고 희석하여 사용하였다.

〈Table 2〉 Bio-fertilizer ingredients: Biol

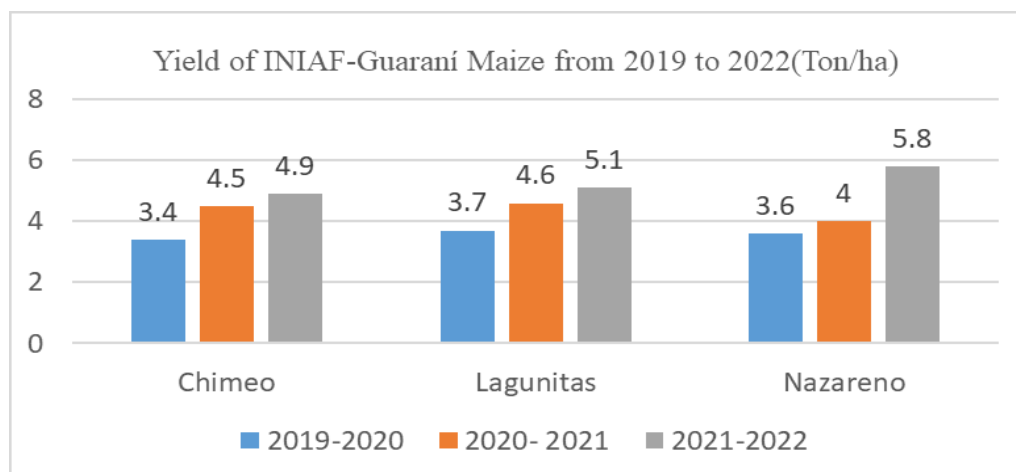
Ingredients	Unit	Quantity
Water	Liter	90
Manure	kg	50
Sugarcane juice	Liter	26
Milk	Liter	26
Calcium carbonate ( $\text{CoCO}_3$ )	kg	2.5
Ashes	kg	1.5
Zinc sulfate ( $\text{ZnSO}_4$ )	kg	2
Magnesium sulfate ( $\text{MgSO}_4$ )	kg	2.5
Borax	kg	1.5
Ferrous sulfate ( $\text{FeSO}_4$ )	kg	0.5
Cupper sulfate ( $\text{CuSO}_4$ )	kg	0.5

### III. 결과

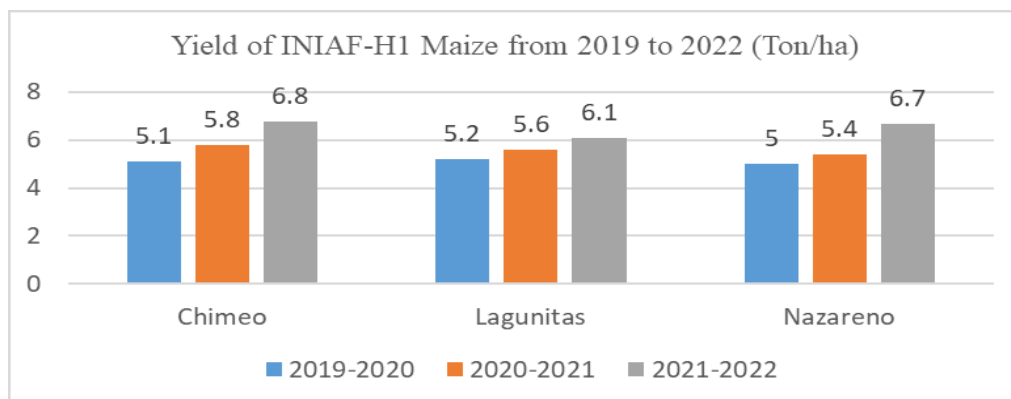
〈Figure 4〉는 2019년부터 2022년까지 2개 마을 3개 지역에서 친환경 비료인 Biol과 콩과 녹비 작물을 이용하여 합성종인 *INIAF-Guaraní*를 재배한 결과이다. 2019년에서 2020년에는 Villa Montes시 Chimeo 커뮤니티가 3.4 ton/ha 생산하였고, Carapari시 Lagunitas 커뮤니티가 3.7 ton/ha, Carapari시 Nazareno 커뮤니티가 3.6 ton/ha 생산하였다. 2020년에서 2021년에는 3개 지역 모두 생산량이 증가하여 Chimeo 커뮤니티가 4.5 ton/ha, Lagunitas 커뮤니티가 4.6 ton/ha, Nazareno 커뮤니티가 4 ton/ha 생산했다. 2021년에서 2022년에도 모든 지역 생산량이 증가하여 Chimeo 커뮤니티가 4.9 ton/ha, Lagunitas 커뮤니티가 5.1 ton/ha, Nazareno 커뮤니티가 5.8 ton/ha 생산하였다. 프로젝트 전체 기간인 2019년에서 2022년 동안 Carapari시 Nazareno 커뮤니티가 2.2 ton/ha 향상되어 가장 높은 생산량 증대를 보였고, Villa Montes시 Chimeo 커뮤니티와 Carapari시 Lagunitas 커뮤니티는 프로젝트 기간 동안 옥수수 생산량이 각각 1.5 ton/ha와 1.4 ton/ha 향상된 것을 확인할 수 있었다(〈Figure 4〉).

〈Figure 5〉는 2019년부터 2022년까지 하이브리드 종자인 *INIAF-HI*을 친환경비료인 Biol과 콩과 녹비 작물을 이용하여 재배한 결과이다. 2019년에서 2020년 사이에는 Villa Montes시 Chimeo 커뮤니티가 5.1 ton/ha를 생산하였고, Carapari시 Legunitas 커뮤니티는 5.2 ton/ha, Carapari시 Nazareno 커뮤니티는 5 ton/ha 생산하였다. 2020년에서 2021년 사이에는 세 지역 모두 생산량이 증가하여 Chimeo 커뮤니티가 5.8 ton/ha, Legunitas 커뮤니티는 5.6 ton/ha, Nazareno 커뮤니티는 5.4 ton/ha 생산하였다. 2021년에서 2022년에도 모

〈Figure 4〉 *INIAF Guarani* maize yields in three communities of the Chaco area from 2019 to 2022



〈Figure 5〉 *INIAF-H1* maize yield in three communities of the Chaco area from 2019 to 2022



든 지역 생산량이 증가하여 Chimeo 커뮤니티가 6.8 ton/ha, Legunitas 커뮤니티는 6.1 ton/ha, Nazareno 커뮤니티는 6.7 ton/ha 생산하였다. 프로젝트 전체 기간인 2019에서 2022년 동안 Villa Montes시 Chimeo 커뮤니티와 Carapari시 Nazareno 커뮤니티의 생산량이 각각 1.7 ton/ha씩 증가하였고, Carapari시 Legunitas 커뮤니티는 0.9 ton/ha 증가한 것을 볼 수 있었다(〈Figure 5〉).

〈Table 3〉은 세 커뮤니티의 프로젝트 기간 동안 평균 생산량을 나타낸 표이다. 관행 농법<sup>1)</sup>을 이용하여 *INIAF Guaraní* 품종을 재배하였을 때는 세 지역 평균 생산량이 2.4 ton/ha였으나, 콩과 녹비 작물과 친환경비료 Biol을 활용하여 재배한 결과 2019에서 2020년에는 1.2 ton/ha 증가한 3.6 ton/ha 생산하였고, 점차 생산량이 증가하여 2020에서 2021년에는 4.3 ton/ha, 2021에서 2022년에는 5.2 ton/ha 생산하였다. 또한 관행농법으로 *INIAF H1*을 재배하였을 때는 세 지역 평균 옥수수 생산량이 5 ton/ha이었으나, 콩과 녹비 작물의 활용과 친환경 비료 Biol을 도입한 프로젝트 진행 후, 생산량이 증가하여 2019에서 2020년에는 5.1 ton/ha, 2020~2021년은 5.6 ton/ha 생산하였고, 2021에서 2022년에는 관행농법에 비하여 1.5 ton/ha 늘어난 6.5 ton/ha 생산한 것을 확인할 수 있었다(〈Table 3〉).

〈Table 3〉 *INIAF Guaraní* and *INIAF-H1* annual yields for 2019 to 2022: conventional agriculture versus eco-friendly-technology based agriculture (unit: ton/ha)

Variety	Conventional agriculture	Maize production from 2019 to 2022		
		2019-2020	2020-2021	2021-2022
<i>INIAF Guaraní</i>	2.4 ton/ha	3.6	4.3	5.2
<i>INIAF H1</i>	5 ton/ha	5.1	5.6	6.5

1) 이 논문에서 관행농법이란 오래전부터 볼리비아 농민들 사이에서 전해져 오던 전통 농사 방식을 일컫는다. 기계를 사용하지 않으며, 농민들마다 다른 시비법과 작물관리법을 통틀어 칭하는 말이다.



〈Table 4〉는 관행농법, *INIAF Guaraní*와 *INIAF H1*을 이용한 재배, 콩과 녹비작물과 Biol을 도입하여 *INIAF Guaraní*와 *INIAF H1*을 재배하였을 때의 생산성 및 소득을 비교한 표이다. 기존 품종과 관행농법으로 옥수수를 재배하였을 때는 2.6 ton/ha를 생산하였지만, *INIAF Guaraní*를 사용하여 재배하였을 때는 2.4 ton/ha, *INIAF H1*을 사용하여 재배하였을 때는 5 ton/ha로 합성종을 도입하여 생산하였을 때는 기존의 품종을 재배하였을 때보다 0.2 ton/ha 낮았지만, 하이브리드 품종을 도입하여 생산하였을 때는 2.4 ton/ha 증가한 것을 확인할 수 있었다. 또한 콩과녹비작물과 Biol을 도입하여 *INIAF Guaraní*와 *INIAF H1*을 재배하였을 때는 각각 4.4 ton/ha와 5.6 ton/ha를 생산하여 기존의 재배 방법에 비하여 생산량이 향상된 것을 볼 수 있었다. *INIAF Guaraní*를 사용하여 재배하였을 때의 소득이 관행농법을 이용하였을 때의 소득보다 낮은 3,120 Bs의 소득을 얻었지만, *INIAF H1*을 사용하여 재배하였을 때는 3,120 Bs 늘어난 6,500 Bs의 소득을 얻었다. 옥수수 ton당 가격은 1,300 Bs로 동일하지만<sup>2)</sup> 콩과 녹비작물과 Biol을 도입하여 *INIAF Guaraní*와 *INIAF H1*을 재배하였을 때는 생산량의 증가로 각각의 소득이 단순히 합성종, 하이브리드 품종을 도입하였을 때의 소득보다 5,200 Bs, 7,410 Bs로 더욱 향상된 것을 확인할 수 있었다. *INIAF Guaraní*와 *INIAF H1* 품종의 사용과 친환경농법을 도입하여 재배하였을 때는 기존의 농법으로 재배하였을 때의 생산비인 2,400 Bs보다 생산비가 더 많이 들어 *INIAF Guaraní*와 *INIAF H1* 사용하였을 때 각각 2,800 Bs와 3,100 Bs가 들었고, 친환경농법과 병행하였을 때는 3,100 Bs와 3,500 Bs의 비용이 사용되었다. 그러나 생산량 증가에 따른 총 소득의 증대로 관행농법을 사용하였을 때 얻었던 순수익인 980 Bs보다 *INIAF H1* 사용하였을 때 3,400 Bs로 더 많은 순수익을 얻었고, 친환경농법과 병행시에는 순수익이 더욱 증가하여 *INIAF Guaraní*는 2,620 Bs의 순수익을 *INIAF H1*품종은 3,190 Bs의 순수익을 얻을 수 있었다(〈Table 4〉).

〈Table 4〉 Comparison of profit margins using eco-friendly agricultural technology with synthetic and hybrid species versus conventional agriculture

		Yield (ton/ha)	Cost of 1 ton <sup>2)</sup> (Bs)	Income <sup>3)</sup> (Bs)	Total production cost <sup>4)</sup> (Bs)	Profit (Bs)
Conventional agriculture		2.6	1,300	3,380	2,400	980
<i>INIAF Guaraní</i>	Yield without technology	2.4	1,300	3,120	2,800	320
	Yield with technology	4.4	1,300	5,200	3,100	2,620
<i>INIAF H1</i>	Yield without technology	5	1,300	6,500	3,100	3,400
	Yield with technology	5.7	1,300	7,410	3,500	3,910

2) 볼리비아 옥수수 가격에 큰 차이가 없어 경제성 확인을 위해 22년도 시장 평균값을 일괄 적용하였다.

3) Income은 〈Table 4〉의 Yield×Cost of 1 ton를 계산한 값이다.

4) Total production cost는 농지가격, 농기계 대여비, 종자와 비료값, 인건비를 합친 값이다.

## IV. 결론

2019년부터 2022년까지 KOPIA와 볼리비아 농림혁신청 INIAF는 Chaco 지역 옥수수 생산성 향상을 위한 프로젝트를 진행하였다. 볼리비아의 옥수수 재배는 기존의 전통농업 방식을 고수해왔다. 환경친화적인 콩과녹비작물의 이용, 친환경 비료의 제조 및 사용은 옥수수의 생산성을 향상시키고 농가의 소득을 증대시켰다. 또한 인증된 합성종(synthetic species)과 하이브리드(hybrid) 품종의 사용은 생산량의 증가 및 안정적인 생산성을 확인할 수 있었다. Chaco 지역의 옥수수 재배는 농업 경제활동의 중심이며 전통농업 방식을 유지해 온 지역이다. 하지만 토양 영양의 불균형과 미인증 품종을 사용하여 생산성이 낮은 실정이다. 또한 기후변화와 구조적인 문제로 인해 옥수수 생산성에 큰 영향을 받고 있다. 프로젝트 참여자는 지속적인 교육을 통해 콩과녹비작물의 이용 방법과 친환경 비료 제조 기술을 전수받아 프로젝트 진행 기간인 2019년에서 2022년 동안 매년 옥수수 생산량을 향상시켰다. 기존 농업 방식을 사용했을 때보다 소득을 증대시킬 수 있었으며, 단순히 품종의 도입보다는 친환경 농법과 병행하여 재배하였을 때 생산량과 소득이 더욱 증가한다는 것을 확인할 수 있었다. 시험에서 대조구가 있고 통계적으로 반복처리가 된다면 오차범위를 확정할 수 있어 학문적으로 정확한 결과를 만들어 낼 수 있었겠지만, 현지 사정상 충분한 요소를 구비하지 못하였다는 점은 아쉬운 부분이다. 현지 연구원들에게 프로젝트를 통한 교육으로 향후 진행될 프로젝트에서는 학문적으로 가치가 있는 결과를 만들어낼 수 있도록 해야 할 것이다. 또한 볼리비아는 성공적인 농업개발 프로젝트를 위해 정확한 관리체계를 만들어 이러한 프로젝트들이 지속 가능하도록 하고, 정부 내외 및 국제기구와 원활한 소통을 통해 전국적으로 옥수수 생산성을 향상시킬 수 있도록 해야 한다. 본 연구결과를 반영하여 농가 실증과제를 한다면 정확한 경제성 분석 및 과제 결과가 확산되어 국가정책에 반영될 수 있을 것으로 기대한다. 후속 과제에서는 현지 토양, 기후변화, 현지 농민들의 기술 수준 등의 기초 자료들을 보완하고 기술개발과제의 결과를 기반으로 하여 농가실증사업, 시범마을사업 등을 통한 경제성 분석, 기술보급 및 품종 전파로 전국적인 옥수수 생산성 증대 및 농가 소득증대가 실질적으로 이루어져야 할 것이다.

## 참고문헌

- 김주영, 배형근, 김종혁, 권순중, 호세 곤잘로 에르바스 메네세스, 유리 요렌티 세하스. (2019). 볼리비아 차코지역 농업현황 및 산지축산체계 적용사례 고찰. *한국국제농업학회지*, 31(2), 115-122.
- 농촌진흥청. (2021). 옥수수의 발달과 분류. In *농업기술잡지* 035\_옥수수 (pp. 25-40). 전주: 농촌진흥청.
- 농촌진흥청. (2023). 농업용어사전. Retrieved from <https://www.nongsaro.go.kr/portal/ps/psq/>

- psqb/farmTermSimpleDicLst.ps?menuId=PS00064&searchTagWord=&sWordNm=조선미, 차원규. (2020). 볼리비아 농업 현황과 개발협력 추진 방향. In *세계농업* (vol. 235, pp. 1-27). 나주: 한국농촌경제연구원.
- 주볼리비아 대한민국 대사관. (2016). 볼리비아 주요 산업별 동향. Retrieved from [https://overseas.mofa.go.kr/viewer/skin/doc.html?fn=file\\_20160929061607936\\_0&rs=/viewer/result/202306](https://overseas.mofa.go.kr/viewer/skin/doc.html?fn=file_20160929061607936_0&rs=/viewer/result/202306)
- 편지은. (2022). 농가 인구구조 변화에 따른 주요 대응정책과 향후과제: 농업 인력 부족과 농촌 지방소멸 위기 대응을 중심으로. 이슈와 논점. 제1966호, 서울: 국회입법조사처.
- Acebey Vega, P. A. (2005). *Evaluación de híbridos y variedades comerciales de maíz en dos localidades del municipio de San Buenaventura* (p. 122). La Paz: Universidad Mayor de San Andrés.
- Albuquerque, W. A., Rocha, S. E., Costa, P. V. C., Farias, P. A., & Bastos, L. A. (2010). Produção de helicônia Golden Torch influenciada pela adubação mineral e orgânica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(10), 1052-1058.
- Avila Lara, G. (2008). *El Maíz y su mejoramiento genetico en bolivia* (pp. 2-9). Cochabamba: La Academia Nacional de Ciencias de Bolivia y La Fundacion Simon I. Patino.
- Baldelomar Álvarez, M. G. (2021). *Incidencia de la produccion del maiz en el producto interno agricola en los principales departamentos productores de Bolivia (2002-2017)* (Ph.D. Dissertation). Universidad Mayor de San Andres, La Paz.
- Bernal, H. Y. (1986). Crotalaria. In: P. Pinto, & P. Ruiz (Eds.), *Flora de Colombia*(4) (pp. 1-118). Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales--Museo de Historia Natural, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional.
- Claure, T., Marino, C., & Ramos, P. (2017). Selection of maize hybrids with high productive potential for Bolivian chaco. *Revista Cientifica de Investigacion INFO-INIAF*, 4(7), 7-14.
- Echo Community. (2023). Dolichos lablab: Una leguminosa que alimenta a personas, a animales y al suelo. Retrieved from <https://www.echocommunity.org/es/resources/c82a56e2-82a2-4ac1-9873-c4bff04e1480>
- Galindo, A., Jerónimo, C., Spaans, E., & Weil, M. (2007). Los abonos líquidos fermentados y su efectividad en plántulas de papaya (Carica papaya L.). *Tierra Tropical*, 3(1), 1-6.
- INE. (2023). Statistical tables. Retrieved from <https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-economicas/agropecuaria/agricultura-cuadros-estadisticos/>
- INIAF Chaco. (2016). *Informe final de actividades INF/INIAF Chaco (HFVG N°01-2016)*. Yacuiba: INIAF Chaco.

- Koller, M., Koch, R., & Degen, B. (2014). Fertilisation strategies in organic ornamental plants. *Acta Horticulturae*, 1041, 47-52.
- León, C., & Mabel, F. (2012). *Aprovechamiento del estiércol de gallina para la elaboración del biol en biodigestores tipo batch como propuesta al manejo de residuo avícola*. In Proceedings of the XIX Simposio Peruano de Energia Solar y del Ambiente (XIX-SPES). Puno, Peru (p. 36).
- Luis, A., Jose, R., Felix, M., & Tito, C. (2017). Uso de yeso agricola como enmienda en el cultivo de maiz forrajero en el valle central de Tarija. *Revista Cientifica de Investigacion INFO-INIAF* (pp. 56-62). La paz: INIAF.
- Myint, A. K., Yamakawa, T., Kajihara, Y., & Zenmyo, T. (2010). Application of different organic and mineral fertilizers on the growth, yield and nutrient accumulation of rice in a Japanese ordinary paddy field. *Science World Journal*, 5(2), 47-54.
- ODA Korea. (2016). 볼리비아 국가 협력 전략. Retrieved from <https://odakorea.go.kr/articleFile/countryProfile/CPS/2016/BOL.pdf>
- Ortiíz, A. I. (2012). *Los maíces en la seguridad alimentaria de Bolivia* (p. 14). La paz: Grafika Leal.
- Russo, O. R. (2001). Organic foliar fertilizer prepared from fermented fruits on growth of vochysia guatemalensis in the costa rican humid tropics. *Journal of Sustainable Agriculture*, 18(2-3), 161-166.
- Ubalua, A. O. (2007). Cassava wastes: treatment options and value addition alternatives. *African Journal of Biotechnology*, 4(18), 2065-2073.
- UN FAOSTAT. (2023). Bolivia (Plurinational State of). Retrieved from <https://www.fao.org/countryprofiles/index/en/?iso3=BOL>

---

논문 접수일: 2023. 3.27.

수정논문 접수일: 2023. 4.29.

게재 확정일: 2023. 5.30.

## 부록

〈Appendix Table 1〉 Proportion of ingredients for bio-fertilizer: Biol

Day	Ingredients	Quantity	Additional
1 day	Manure	50 kg	
	Water	90 L	
	Milke	2 L	
	Sugarcane juice	2 L	
4 day	Calcium carbonate ( $\text{CoCO}_3$ )	200 g	1 kg of Zinc sulfate ( $\text{ZnSO}_4$ )
	Ashes	100 g	
	Milke	2 L	
	Sugarcane juice	2 L	
7 day	Calcium carbonate ( $\text{CoCO}_3$ )	50 g	1 kg of Zinc sulfate ( $\text{ZnSO}_4$ )
	Ashes	100 g	
	Milk	2 L	
	Sugarcane juice	2 L	
10 day	Calcium carbonate ( $\text{CoCO}_3$ )	200 g	
	Ashes	100 g	
	Milk	2 L	
	Sugarcane juice	2 L	
13 day	Calcium carbonate ( $\text{CoCO}_3$ )	200 g	1 kg of magnesium sulfate ( $\text{MgSO}_4$ )
	Ashes	100 g	
	Milk	2 L	
	Sugarcane juice	2 L	
16 day	Calcium carbonate ( $\text{CoCO}_3$ )	200 g	1 kg of magnesium sulfate ( $\text{MgSO}_4$ )
	Ashes	100 g	
	Milk	2 L	
	Sugarcane juice	2 L	
19 day	Calcium carbonate ( $\text{CoCO}_3$ )	200 g	
	Ashes	100 g	
	Milk	2 L	
	Sugarcane juice	2 L	

〈Appendix Table 1〉 Continued

Day	Ingredients	Quantity	Additional
22 day	Calcium carbonate ( $\text{CoCO}_3$ )	200 g	300 g of magnesium sulfate ( $\text{MgSO}_4$ )
	Ashes	100 g	
	Milk	2 L	
	Sugarcane juice	2 L	
25 day	Calcium carbonate ( $\text{CoCO}_3$ )	200 g	300 g of magnesium sulfate ( $\text{MgSO}_4$ )
	Ashes	100 g	
	Milk	2 L	
	Sugarcane juice	2 L	
28 day	Calcium carbonate ( $\text{CoCO}_3$ )	200 g	750 g of Borax
	Ashes	100 g	
	Milk	2 L	
	Sugarcane juice	2 L	
31 day	Calcium carbonate ( $\text{CoCO}_3$ )	200 g	750 g of Borax
	Ashes	100 g	
	Milk	2 L	
	Sugarcane juice	2 L	
34 day	Calcium carbonate ( $\text{CoCO}_3$ )	200 g	300 g of ferrous sulfate $\text{FeSO}_4$
	Ashes	100 g	
	Milk	2 L	
	Sugarcane juice	2 L	
37 day	Calcium carbonate ( $\text{CoCO}_3$ )	200 g	300 g of Copper sulfate $\text{CuSO}_4$
	Ashes	100 g	
	Milk	2 L	
	Sugarcane juice	2 L	

# Maize Yield Improvement in the Chaco Region of Bolivia Using Eco-Friendly Agriculture\*

Geun Hee Park\*\*  
Soon Jong Kweon\*\*\*  
Jerez Lamas Juan\*\*\*\*

## Abstract

Corn is an important food security crop in Bolivia. Consumption is approximately divided into 77% animal feed and 17% human consumption. However, Bolivian corn production is the lowest among its neighboring countries due to the use of uncertified varieties, lack of fertilizer use, limited agricultural technology, and climate change. Korea Partnership for Innovation of Agriculture Bolivia Center and Bolivian Institute of Agricultural and Forestry Innovation planted synthetic *INIAF Guarani* and hybrid *INIAF HI* using green manure and Biol (eco-friendly fertilizer) in the Chaco region. Three villages used green manure for crops. Later, *INIAF Guarani* and *INIAF HI* were sown using Biol. The production and generated income were calculated based on the market price of 1,300 Bs per ton. Traditional farming methods for *INIAF Guarani* and *INIAF HI* yield 2.4 tons/ha and 5 tons/ha, respectively. By contrast, using green manure and Biol yielded 5.2 tons/ha for *INIAF Guarani* (1.8 tons/ha increase) and 6.5 tons/ha for *INIAF HI* (1.5 tons/ha increase). Net income from traditional farming methods was 980 Bs, whereas using eco-friendly farming methods to cultivate *INIAF Guarani* and *INIAF HI* resulted in net incomes of 2,620 Bs and 3,910 Bs, respectively. The project highlights Bolivia's need to disseminate techniques that use certified varieties and eco-friendly farming methods through demonstrations for farmers and village pilot programs.

**Key words:** Bolivia, Korea Partnership for Innovation of Agriculture (KOPIA), Maize, Eco-Friendly Agriculture, International Agriculture

\* This paper is the result of the cooperation project between the KOPIA Bolivia Center and National Institute of Agriculture and Forestry Innovation (INIAF) (Bolivia Corn Productivity Improvement/Task No. 2019-BOL-02/2019.02.01.-2022.06.30.).

\*\* **Corresponding author:** Researcher, KOPIA Bolivia Center / geunhee5818@gmail.com

\*\*\* **Co-author:** Director, KOPIA Bolivia Center / kwonsj1021@hanmail.net

\*\*\*\* **Co-author:** Researcher, INIAF Yacuiba (Chaco) / jerezlamajuan100@gmail.com