온실가스 저감에 필요한 바이오 에너지를 생산을 위한 국내 에너지 파밍 가능성 분석에 관한 연구

성신여자대학교

나인하, 김혜인
성신여자대학교 바이오생명공학과

Abstract

우리나라는 올해 2050 탄소중립 시나리오 초안을 발표했으며 온실가스 배출이 적은 전기로 대체 하자 발표했다. 하지만 태양광, 풍력 등의 신재생에너지로 전기 공급의 한계가 있어 2050년 전력수요를 달성하기 어렵고, 알려진 신재생 에너지 중 바이오 에너지(bio energy)의 가능성이 크게 주목 받고 있다. 현재 국내에서는 부산물로서의 바이오매스를 사용하고 널리 이용되지 않거나 기술적 보완이 필요한 한계점을 지니고 있다. 한편, 농업 생산성을 늘리기 위해서 이모작과 이기작 및 단위 면적당 농작물의 생산성을 높일 수 있는 스마트 파밍(vertical farming) 기술이 등장하고 있다. 따라서 탄소 중립을 위한 재생에너지 한계를 극복하는 방법으로 바이오에너지를 생산하는 에너지 파밍도입의 가능성을 확인하였다. 이기작과 이모작으로 바이오 에탄올 생산성을 늘릴 수 있으며, 빈집을 이용한 스마트 파밍도 다양한 작물에서 바이오디젤(bio-diesel) 생산이 가능함을 확인하였다. 이러한 결과는 국내에서 바이오 에너지 생산을 위한 농업을 추진할 수 있음을 의미한다. 따라서 앞으로 바이오 에너지 생산 농업은 발전 가능성이 높아 보인다. 아울러 해양조류를 이용한 바이오에너지 생산 가능성과 BT 기술의 적용가능성에 대해 고찰하였다.

서론

기후변화의 심각성은 오래전부터 사회적으로 대두되고 있으며 이제는 세계 각국이 경제성 관점이 아니라 에너지 안보, 에너지원 다양화 및 온실가스 감축 등을 추구하고 있다.

이에 따라 우리나라도 2050 탄소중립위원회에서 '탄소중립 시나리오'를 발표하였다.

그러나 화석연료를 온실가스 배출이 적은 전기로 대체 하는 계획과 관련하여 전력 수요량을 1,207.7 ~ 1,259.4TWh로 전망하였는데, '2020 에너지백서'에서는 국내 태양광, 풍력발전 최대 공급량은 434 GW에 불과하여 국내 태양광, 풍력발전으로는 2050년 전력수요량 만큼 공급하기 어렵다. 아울러 수송용 연료 등으로 바이오에너지가 중요하고 바이오차(biochar) 또는 바이오 크래킹 원료로 바이오 매스 생산량 증대가 필요하다. 따라서 바이오에너지를 생산하는 농·수산업의 도입 필요성을 파악하기 위하여 해양과 육상에서 벼와 미세조류를 대상으로 바이오 에너지 잠재량과 바이오매스 증산 가능성을 분석하였다.

.

1. 연구 추진 체계

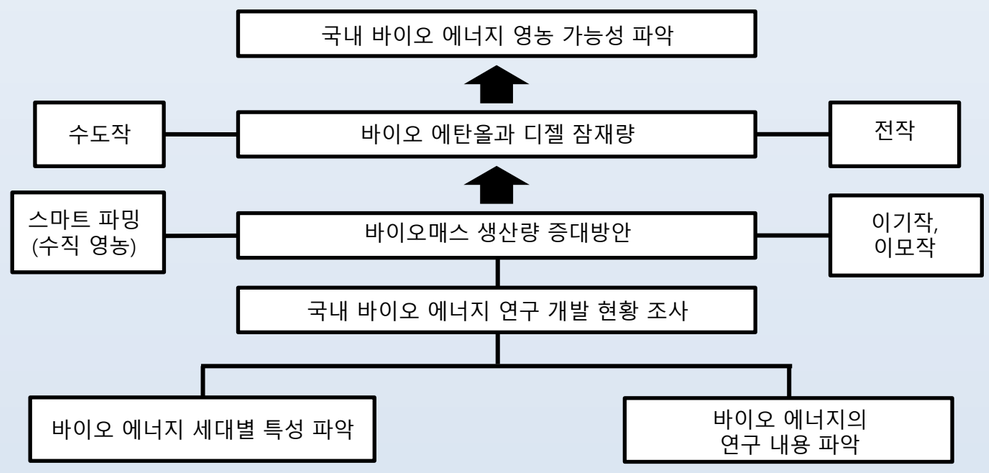


Fig. 1. 연구 추진 체계도

연구방법

1. 바이오 에너지 생산 대상 결정

2020 신재생 에너지 백서에 나타난 바이오 매스의 종류와 잠재량을 확인했고 육상이나 해양에서 생산 가능한 바이오 에너지의 잠재량은 없었다. 이러한 사실은 우리나라에서 생산할 수 있는 바이오 에너지 잠재량이 저평가 되었을 가능성이 있다.

표 1. 바이오매스 잠재량 결정에 사용한 에너지원 종류와 잠재량

바이오매스 구분	에너지원 종류	연간 축적 이론적 잠재량	기술적 잠재량
임산	침엽수, 활엽수, 혼효림	12,849,010	9,852,860
농산	볏짚, 볏짚, 왕겨, 보리짚, 쌀보리짚, 감자줄기, 고구마줄기 등	2,979,677	2,979,677
축산	한우, 육우, 젖소,돼지, 닭	1,705,306	1,497,799
도시 폐기	음식물류 폐기물 하수 농축 슬러지	1,143,227	759,788
합 계		18,677,312	15,090,125

2. 농작물 생산량 증산 가능성

1) 이기작을 통한 생산량 증대
- 우리나라에서는 기후 변화로 무상일수가 길어지면서 식물이 자랄 수 있는 기간이 늘었고, 최근 극조생종이 개발되어 이기작이 가능해졌다.
- 봄철 이앙 시 520kg, 여름 이앙 시 400kg 생산하면 연간 약 80% 쌀 생산량 증대 가능하다.

2) 수직 농법을 통한 생산량 증대
- 수직농법은 단위 면적당 농작물의 생산성을 높이는 방법이다.
- LED 조명을 사용해 식물을 키우고 면적당 식물 생산성 증대가 가능하다.
- 농지 뿐 아니라 도시 건축물에서도 재배가 가능한 방법이기 때문에 국토 면적이 좁고 산지가 많은 우리나라에 적용하기 유리하다.



Fig. 1. 수직영농을 통한 작물 재배

표 3. 수직 영농(스마트 파밍)에 의한 생산성 증대 사례

작물	년도	증가율	문헌
상추	2016	최대 약 20배	Touliatos *et al.*
밀	2020	220 ~ 600 배	Asseng *et al.*
수박	2021	최대 3배	농촌진흥청
파프리카	2016	10% 증가	농림축산식품부
토마토	2016	31% 증가	농림축산식품부

3. 수도작(벼)과 전작 바이오 에너지 잠재량 분석

1) 벼 재배를 통한 바이오 에너지 잠재량
정부는 35만톤을 시장 가격이나 재해에 대비 해 비축미를 보관한다. 이러한 비축미가 충분히 소진 하지 않으면 재고가 쌓이고 이러한 쌀은 바이오 에탄올을 만드는 재료로 사용 할 수 있다.

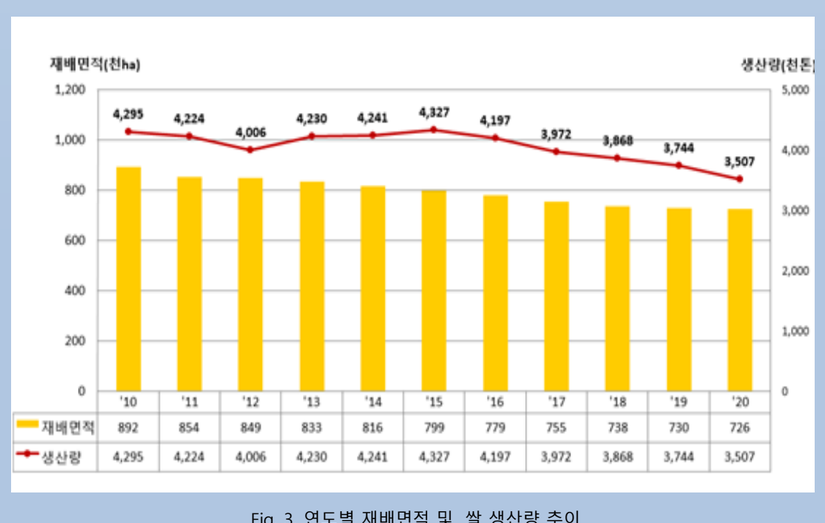


Fig. 3. 연도별 재배면적 및 쌀 생산량 추이

3) BT(Bio technology)기술 및 돌연변이를 통한 생산량 증대
- 목질계 바이오매스는 전환 공정에서 바이오 연료 생산 미생물의 활동을 억제하는 물질이 발생해 생산 효율이 낮아져 연료 생산에 어려움이 있었으나 KIST 연구에 의하면 이를 극복할 신규 미생물을 개발되었다. 이를 이용하면 바이오 매스 증산에 유리할 것으로 보인다.
- 식물의 성장에도 BT 기술을 적용하면 같은 기간동안 빠르게 성장하여 같은 기간 내 더 많은 바이오 매스 생산에 기여할 수 있다.



Fig. 2. 돌연변이 메릴랜드 매머드(담배)와 대조군 성장률 비교 모식도

표 4. 이기작 시행 시 잉여 쌀과 볏짚으로부터 에탄올 생산량

구 분	바이오 매스 생산량	에탄올 생산량
볏 짚	630만 톤	120.0만 톤
잉여 쌀	280만 톤	228.2만 톤

표 5. 이모작 시행 시 잉여 보리로부터의 에탄올 생산량

구분	잉여보리
생산량	79 천톤
생산 가능한 바이오 에탄올 양	3.3 만톤

2) 전작
기존 농지를 이용하지 않는 범위에서 에너지 농업을 실행 할 목적으로 작물을 재배할 토지는 전국적으로 152만호에달한다(152만호의 면적 : 10,890.2ha)
따라서 수직 영농과 2모작 또는 3모작을 도입하면 실제 생산 가능한 양(표 6.)의 수배에서 10배 정도 생산 가능할 것으로 추정된다.

표 6. 미거주 주택에서 영농을 할 경우 작물 별 바이오디젤 생산 잠재량

작물 이름	기름 생산량(KL)	바이오디젤 생산성(톤)
유 채	12,959	938
대 두	486	612
옥 수 수	187	166
해바라기	1,037	1,030

결론 및 고찰

이기작, 이모작, 그리고 수직 농법을 도입할 경우 충분히 바이오 에너지 생산을 위한 농업이 가능할 것으로 판단되며 이는 앞으로 농촌 경제 활성화와 지방 소멸이라는 문제를 해결하는데 있어 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 추정 된다.
따라서 보다 정확하고 정밀한 분석과 파일럿 테스트 등 실증 연구가 필요 할 것이다.
농업 뿐 아니라 해양 또는 담수에서 서식하는 미세조류로부터 바이오 에너지를 얻을 수 있으며 이러한 미세조류를 이용한다면 장기적으로 육상식물들과 비교했을 때 동일면적에서 더 많은 에너지를 생산할 수 있었다. 또한 미세조류에서 바이오 연료 추출 후 생성되는 부산물을 이용하면 다양한 분야에 활용 뿐 아니라 수익 창출도 가능하다.

표 7. 담수종과 해수종의 바이오매스 생산량, 일일지질 생산량

	담수종	해수종
바이오매스 생산량	0.002 ~ 0.28 (g/L/d)	0.04 ~ 0.48 (g/L/d)
일일지질생산량	0.20 ~ 53.70 (mg/L/d)	8.60 ~ 142.0 (g/L/d)

담수종을 대표하는 클로렐라, 해수종을 대표하는 *Nannochloropsis oculata* NCTU-3로 작성한 표이다.
다른 종들보다 바이오매스 생산량이 높은 종을 선택하여 비교 (Kang et al., 2012).

참고문헌

"2050년엔 전기 수요 3배 될 것, 원전 없이 신재생에너지만으로 감당될까",
2020 신재생에너지 백서, 2020, 산업통상자원부, 한국에너지공단 신재생에너지센터
2020년 쌀 생산량조사 결과, 2020.11, 농작물생산조사, 통계청, 사회통계국 농어업통계과
2020년 양곡소비량조사 결과(가구·사업체 부문), 2020.01, 양곡소비량조사, 통계청, 사회통계국 농어업동향과
2050 탄소중립 시나리오 초안, 2021.08, 2050 탄소중립위원회
김재곤, 2018, 온실감수 수단으로서 바이오연료의 현황과 전망, 한국석유관리원 석유기술연구소
자생생물종 현황, 2021.01, e-나라지표, 환경부, 국립생물자원관,
Climate Change 2021 The Physical Science Basis, 2021, IPCC AR6 WGI
http://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1462
https://www.hankookilbo.com/News/Read/A2021080515150001482?did=DA (2021년 8월 6일)
Kang et al., 2012, A Review on Major Factors for Microalgae Biofuel Commercialization, Ocean and Polar Research, 34(4), 365-384
Woo, 2009, 해조류 바이오매스 확보 및 통합적 활용 기술 개발, 바이오 에너지 기술 심포지움