



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0137753
(43) 공개일자 2020년12월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06Q 50/02 (2012.01) A01K 31/00 (2006.01)
A01K 31/20 (2006.01) G01K 1/02 (2006.01)
G06Q 50/10 (2012.01)
(52) CPC특허분류
G06Q 50/02 (2013.01)
A01K 31/005 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0064580
(22) 출원일자 2019년05월31일
심사청구일자 2019년05월31일

(71) 출원인
경상대학교산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
건국대학교 산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 120, 건국대학교내 (화양동)
(72) 발명자
송영학
경상남도 진주시 초북로 55 초전 해모로 루비채
4단지 403동 1403호
장홍희
경남 진주시 공단로 26 (상평동
동일스위트아파트)104동 2001호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이충한

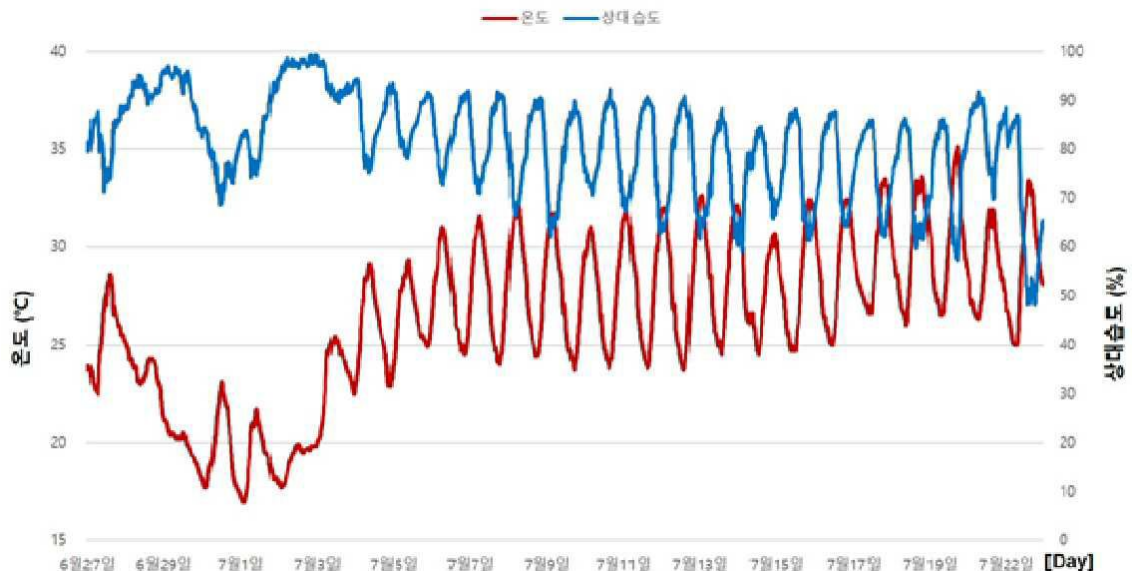
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 크로스 환기 방식 또는 터널 환기방식을 채용한 무창산란계사에서의 온습도 지수를 예측하기 위한 방법

(57) 요약

본 발명은 계사 내부 환경관리를 위한 온습도 지수를 예측하기 위한 방법에 관한 것으로, 전술한 과제를 해결하기 위해 본 발명에 따르면 무창산란계사에서의 온습도 지수를 예측하기 위한 방법이 제공되고, 이 방법은, 무창산란계사 내부의 건구 온도 및 습구 온도를 측정하는 단계; 무창산란계사의 온습도 지수를 계산하는 단계; 무창산란계사의 고온 스트레스를 받는 한계 온습도 지수를 정의하는 단계; 건물 에너지 시뮬레이션을 이용하여 외부 환경 변화에 따라 무창산란계사 내부의 건구 온도와 습구 온도를 예측하는 단계; 및 예측된 무창산란계사 내부의 건구 온도와 습구 온도를 이용하여 외부 환경 변화에 따른 온습도 지수를 예측하는 단계;를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

A01K 31/20 (2013.01)

G01K 1/02 (2013.01)

G06Q 50/10 (2013.01)

(72) 발명자

차광준

경남 창원시 진해구 냉천로 257 408동 1304호(LH자
은프라임)

하주완

경상남도 진주시 새평거로 111 평거휴먼시아3단지
301동 404호

이경우

서울특별시 광진구 아차산로 503-23 청구아파트
104동 1704호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2018-0044

부처명 농촌진흥청

과제관리(전문)기관명 농촌진흥청

연구사업명 농업기후변화대응체계구축(R&D)

연구과제명 (1차년도)환경 조건별 계사 내부 실시간 THI 예측 모형과 실시간 THI 예보 앱의 개

발 및 보급

기 여 율 1/1

과제수행기관명 건국대학교 산학협력단

연구기간 2018.01.01 ~ 2018.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

무창산란계사에서의 온습도 지수를 예측하기 위한 방법에 있어서,
 무창산란계사 내부의 건구 온도 및 습구 온도를 측정하는 단계;
 무창산란계사의 온습도 지수를 계산하는 단계;
 무창산란계사의 고온 스트레스를 받는 한계 온습도 지수를 정의하는 단계;
 건물 에너지 시뮬레이션을 이용하여 외부 환경 변화에 따라 무창산란계사 내부의 건구 온도와 습구 온도를 예측하는 단계; 및
 예측된 무창산란계사 내부의 건구 온도와 습구 온도를 이용하여 외부 환경 변화에 따른 온습도 지수를 예측하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는
 무창산란계사에서의 온습도 지수를 예측하기 위한 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 방법은,
 외부 환경 변화에 따른 예측된 온습도 지수가 한계 온습도 지수를 초과하는지를 판단하는 단계; 및
 온습도 지수가 한계 온습도 지수를 초과하는 경우 이를 무창산란계사의 관리자에게 미리 통보하는 단계;를 더 포함하는
 무창산란계사에서의 온습도 지수를 예측하기 위한 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,
 무창산란계사 내부의 건구 온도 및 습구 온도를 측정하는 단계에서,
 건구 온도는 건구 온도계를 이용하여 측정되고, 습구 온도는 측정된 건구 온도 및 상대 습도를 이용하여 산출되는
 무창산란계사에서의 온습도 지수를 예측하기 위한 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
 무창산란계사의 온습도 지수를 계산하는 단계에서 온습도 지수는 산란 계사의 습도 온도 및 습구 온도를 이용하여 산출되는
 무창산란계사에서의 온습도 지수를 예측하기 위한 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

무창산란계사는 크로스 환기 방식의 무창산란계사 또는 무창 터널 환기방식의 산란계사인
무창산란계사에서의 온습도 지수를 예측하기 위한 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

외부 환경은 기상청으로부터 수신되는 미래의 온도 및 습도 데이터를 포함하는 외기 온도 데이터인
무창산란계사에서의 온습도 지수를 예측하기 위한 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 계사 내부 환경관리를 위한 온습도 지수를 예측하기 위한 방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 외부의 환경 변화 또는 기후 변화에 따른 계사 내부 환경관리를 위한 온습도 지수를 예측할 수 있는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 전 세계적으로 급격한 기후변화에 대처하기 위해 1988년 스위스 제네바에 설립된 UN 정부간기후변화위원회(IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change)에 의하면 평균 지표온도가 상승함에 따라 폭염의 발생 빈도와 지속 기간의 증가 가능성이 매우 높을 것으로 보고되고 있다.

[0005] 이와 관련해서 1906년 기점으로 지난 100년간 지구의 평균 지표온도는 0.74 ± 0.18 °C 정도 상승(IPCC, 2007)되고 있으며 이상기후변화로 인해 과거에 비해 급격한 강수량과 기온변화가 야기되고 있는 상태이다.

[0007] 이와 같이 갑작스런 기후 변화는 가축의 사육환경을 크게 변화시키게 되고, 이로 인한 가축에 대한 환경 스트레스의 발생은 생식력 감소, 대사적 불균형 및 축산물 생산성에 크게 영향을 끼치며, 장시간의 극심한 기온 변화는 결과적으로 생산성 저하, 폐사율 증가 및 질병 문제는 직접적으로 국가-축산업-소비자에게 심각한 경제적 영향을 주는 것으로 보고되고 있다.

[0009] 특히, 고온 스트레스는 가축의 열 균형 또는 항상성 유지에 방해하는 요인으로 가축의 체온 상승과 생리적 장애를 유도한다.

[0011] 이러한 기온과 같은 외부 환경 변화와 관련해서, 대한민국 특허공개공보 10-2014-0083099호는, 양계 사육용 최적 조명환경을 위한 스마트 제어시스템 및 방법을 시사하고 있다. 이 특허문헌에서는, 특히 양계장에 엘이디 램프와 감시 카메라를 설치하고 아울러 상기 엘이디 램프와 감시 카메라의 정보를 입력하는 관리서버를 구비하고, 또한 상기 관리서버와 제어용 입력수단을 더 구비하여, 제어용 입력수단인 컴퓨터 또는 스마트폰을 이용하여 양계장에 존재하는 엘이디 램프를 제어토록 하는 양계 사육용 최적 조명환경을 위한 스마트 제어시스템 및 방법에 관해 개시하고 있다.

[0013] 구체적으로 전술한 특허문헌은, 조명램프 작동장치 및 감시용 카메라와 전기적으로 연결되어 통합 제어하며, 엘

이디 조명램프의 온오프 작동 및 일정 레벨의 조도 출력을 위한 타임 테이블을 미리 저장하고, 상기 저장된 내용을 조명램프 작동장치에 출력하여 일정시간 마다 엘이디가 온오프 되거나 일정조도로 엘이디 빛을 발산되도록 하고, 또한 감시 카메라의 촬영 결과에 따라 양계장에 화재가 발생한 것으로 판단되면 화재 진압을 위한 스프링클러 등의 작동을 출력하고, 또한 엘이디 램프의 조도를 검점한 결과 엘이디 램프가 오작동인 것으로 판단되면 조명램프 작동장치에 제어신호를 보내어 미리 입력된 조도로 엘이디 램프가 작동되도록 제어하는 정보 통합 관리 서버를 포함하도록 구성되어 양계장 내의 온도 및 습도를 모니터링하고 관리하는 것에 시사하고 있지만 여전히 양계장의 외부 환경에 따른 양계장 내부의 온도 습도 변화를 예측하고 이에 대비하는 기술적 사상에 대해서는 시사하는 바가 없다.

[0015] 또한 대한민국 특허공개공보 10-2017-0020415호에는, 축사나 하우스와 같이 가축이나 식물을 성장시키는 공간의 온도나 습도 등을 일정 주기마다 지속적으로 측정한 후 그 결과를 격지에 있는 사용자의 스마트 단말기 등으로 전송하여 표시시킴으로써 관리자가 현장에 방문하지 않고도 축사나 하우스의 내부 환경을 지속적으로 모니터링할 수 있게 하여, 관리자가 인지하지 못하고 있는 상태에서 축사나 하우스의 내부 환경이 가축이나 식물의 성장에 유해한 환경으로 바뀌게 되어 성장에 지장을 초래하게 되는 우려를 제거함과 아울러, 관리자의 스마트폰과 같은 스마트 단말기를 이용하여 무선 모니터링 시스템을 저렴하면서도 간단하게 구축할 수 있게 한 성장환경데이터 무선 모니터링 시스템에 대해 시사하고 있으며, 이 특허문헌 역시 양계장 내의 온도 및 습도를 모니터링하고 관리하는 것에 대해 시사하고 있지만 양계장의 외부 환경에 따른 양계장 내부의 온도 습도 변화를 예측하고 이에 대비하는 기술적 사상에 대해서는 시사하는 바가 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0017] 본 발명은 계사의 외부 환경에 따른 계사 내부의 온도 습도 변화를 예측하고 이에 대비할 수 있도록 하는, 외부의 환경 변화 또는 기후 변화에 따른 계사 내부 환경관리를 위한 온습도 지수를 예측하기 위한 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0019] 전술한 과제를 해결하기 위해 본 발명에 따르면 무창산란계사에서 온습도 지수를 예측하기 위한 방법이 제공되고, 이 방법은, 무창산란계사 내부의 건구 온도 및 습구 온도를 측정하는 단계; 무창산란계사의 온습도 지수를 계산하는 단계; 무창산란계사의 고온 스트레스를 받는 한계 온습도 지수를 정의하는 단계; 건물 에너지 시뮬레이션을 이용하여 외부 환경 변화에 따라 무창산란계사 내부의 건구 온도와 습구 온도를 예측하는 단계; 및 예측된 무창산란계사 내부의 건구 온도와 습구 온도를 이용하여 외부 환경 변화에 따른 온습도 지수를 예측하는 단계;를 포함한다.

[0021] 또한 전술한 양태에서, 본 발명에 따른 무창산란계사에서 온습도 지수를 예측하기 위한 방법은, 외부 환경 변화에 따른 예측된 온습도 지수가 한계 온습도 지수를 초과하는지를 판단하는 단계; 및 온습도 지수가 한계 온습도 지수를 초과하는 경우 이를 무창산란계사의 관리자에게 미리 통보하는 단계;를 더 포함한다.

[0023] 또한 전술한 양태에서, 무창산란계사 내부의 건구 온도 및 습구 온도를 측정하는 단계에서, 건구 온도는 건구 온도계를 이용하여 측정되고, 습구 온도는 측정된 건구 온도 및 상대 습도를 이용하여 산출되는 것이 바람직하다.

[0025] 또한 전술한 양태에서, 무창산란계사의 온습도 지수를 계산하는 단계에서 온습도 지수는 산란 계사의 습도 온도 및 습구 온도를 이용하여 산출되는 것이 바람직하다.

[0027] 또한 전술한 양태에서, 무창산란계사는 크로스 환기 방식의 무창산란계사 또는 무창 터널 환기방식의 산란계사 중 어느 하나이다.

[0029] 또한 전술한 양태에서 외부 환경은 기상청으로부터 수신되는 미래의 온도 및 습도 데이터를 포함하는 외기 온도 데이터를 포함한다.

[0031] 전술한 과제를 해결하기 위해 본 발명의 다른 양태에 따르면, 계사의 측면에 설치된 입기파이프나 배플을 이용해 입기하고 배기하는 크로스 환기 방식을 채용한 무창산란계사에서의 온습도 지수를 예측하기 위한 방법이 제공되고, 이 방법은, 기상청으로부터의 미래의 온도 및 습도 데이터를 포함하는 외기 온도 데이터를 수신하는 단계; 외기 온도 데이터를 기준으로 외기 온도 및 엔탈피를 각각 독립변수(x)로, 온습도지수(THI)를 종속변수(y)로 하여 회귀분석식을 구하는 단계; 상기 회귀 분석식을 이용하여 크로스 환기 방식의 무창산란계사에서의 미래의 온습도 지수를 예측하는 단계를 포함한다.

[0033] 전술한 양태에서, 독립변수(x)가 외기 온도일 때, 종속변수인 온습도지수(y)는 다음의 식:

[0034] $y = -0.0143x^2 + 1.4552x - 2.2624$ 로 정의된다.

[0036] 전술한 양태에서, 독립변수(x)가 엔탈피일 때, 종속변수인 온습도지수(y)는 다음의 식:

[0037] $y = 0.1512x^2 - 3.8855x + 48.551$ 로 정의된다.

[0039] 또한 전술한 과제를 해결하기 위해 본 발명의 또 다른 양태에 따르면, 계사의 한쪽 끝에 환기팬을 설치하고 반대편 끝이나 측벽에 입기구를 설치하여 환기하는 터널 환기 방식을 채용한 무창산란계사에서의 온습도 지수를 예측하기 위한 방법이 제공되고, 이 방법은, 기상청으로부터의 미래의 온도 및 습도 데이터를 포함하는 외기 온도 데이터를 수신하는 단계; 외기 온도 데이터를 기준으로 외기 온도 및 엔탈피를 각각 독립변수(x)로, 온습도지수(THI)를 종속변수(y)로 하여 회귀분석식을 구하는 단계; 귀 분석식을 이용하여 터널 환기 방식의 무창산란계사에서의 미래의 온습도 지수를 예측하는 단계를 포함한다.

[0041] 또한 전술한 양태에서, 독립변수(x)가 외기 온도일 때, 종속변수인 온습도지수(y)는 다음의 식:

[0042] $y = -0.0189x^2 + 1.7037x - 4.6349$ 로 정의된다.

[0044] 또한 전술한 양태에서, 독립변수(x)가 엔탈피일 때, 상기 종속변수인 온습도지수(y)는 다음의 식:

[0045] $y = 0.0374x^2 - 0.0641x + 17.475$ 로 정의된다.

발명의 효과

[0047] 본 발명에 따르면 기상 예보자료를 근거로 하여 미리 온습도 지수를 예측하고 이를 관리자에게 미리 알려줌으로써 온습도 변화에 따른 대책을 마련하게 함으로써 계사의 피해를 방지할 수 있다는 효과가 얻어질 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0049] 도 1은 대상지역의 외기 온도 및 상대 습도의 변화를 나타내는 그래프;
- 도 2는 크로스환기방식의 무창산란계사의 대상건물의 구조를 나타내는 도면으로, (a)는 단면도, (b) 평면도, (c)는 배면도를 나타낸 도면;
- 도 3은 터널환기방식의 무창산란계사의 대상 건물의 구조를 나타낸 도면으로 (a)는 좌측면도, (b)는 우측면도, 및 (c)는 평면도를 나타낸 도면;
- 도 4는 크로스환기방식의 구조를 설명하기 위한 설명도;
- 도 5는 터널환기방식의 구조를 설명하기 위한 설명도;
- 도 6은 센서 데이터의 측정 위치를 설명하기 위한 설명도;
- 도 7은 외기 및 크로스환기방식의 무창산란계사의 1, 3, 5번 센서의 온도 및 상대 습도를 나타내는 그래프;
- 도 8은 외기 및 크로스환기방식의 무창산란계사의 2, 3, 4번 센서의 온도 및 상대습도를 나타내는 그래프;
- 도 9는 데이터 측정 대상기간(26일) 15분 간격 데이터(3번센서)를 통하여 산란계사 내부의 건구온도 및 습구온도(상대습도)를 통하여 온습도지수를 산출한 그래프;
- 도 10은 외기 및 터널환기방식의 무창산란계사의 1, 3, 5번 센서의 온도 및 상대습도를 나타내는 그래프;
- 도 11은 외기 및 터널환기방식의 무창산란계사의 2, 3, 4번 센서의 온도 및 상대습도를 나타내는 그래프;
- 도 12는 데이터 측정 대상기간(26일) 15분 간격데이터(3번 센서)를 통하여 산란계사 내부의 건구온도 및 습구온도(상대습도)를 통하여 온습도 지수를 산출한 그래프;
- 도 13은 각각 크로스환기방식의 무창산란계사의 외기 온도와 온습도지수간의 상관관계를 나타내는 그래프;
- 도 14는 크로스환기방식의 무창산란계사의 엔탈피와 온습도 지수간의 상관관계를 나타내는 그래프;
- 도 15는 터널환기방식의 무창산란계사의 외기 온도와 온습도지수간의 상관관계를 나타내는 그래프;
- 도 16는 터널환기방식의 무창산란계사의 엔탈피와 온습도 지수간의 상관관계를 나타내는 그래프;
- 도 17은 크로스환기방식의 무창산란계사의 외기온도와 온습도 지수간의 상관관계를 나타내는 그래프; 및
- 도 18은 크로스환기방식의 무창산란계사의 엔탈피와 온습도 지수간의 상관관계를 나타내는 그래프;

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0050] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되는 실시예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이다.
- [0052] 본 명세서에서 본 실시예는 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다. 그리고 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 따라서, 몇몇 실시예들에서, 잘 알려진 구성 요소, 잘 알려진 동작 및 잘 알려진 기술들은 본 발명이 모호하게 해석되는 것을 피하기 위하여 구체적으로 설명되지 않는다.
- [0054] 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다. 그리고, 본 명세서에서 사용된(언급된) 용어들은 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 또한, '포함(또는, 구비)한다'로 언급된 구성 요소 및 동작은 하나 이상의 다른 구성요소 및 동작의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [0056] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로

사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 정의되어 있지 않은 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.

이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 예시적인 실시예에 대해 설명한다.

1. 연구 대상 건물의 개요 및 설계 요소

1.1 외부 기상 데이터의 검토

도 1은 대상지역의 외기 온도 및 상대 습도의 변화를 나타내는 그래프이다.

도 1에 도시된 바와 같이, 외기 일 평균 최고 온도는 6월 말부터 7월 초까지의 장마 기간을 기점으로 다소 낮아지는 경향이 있지만, 이후 7월 중순부터는 지속적인 온도상승으로 약 35℃ 까지 증가하며, 따라서 이 기간은 지속적인 온도조절과 환기량 검토에 대한 대비가 필요함을 알 수 있다.

데이터 실측기간동안 외기 상대습도는 48~99%로 수준으로 계속하여 유지되기 때문에 계사 내부의 잠열부하 증가가 예상되며, 이는 환기량 증가로 이어질 것으로 예측할 수 있다.

1.2 대상 건물의 개요

표 1은 본 실험 대상인 건물의 개요 및 외피성능, 조명밀도, 사육수수, 환기시스템, 팬사양을 나타내며, 대상 건물은 경남 산청군 신안면 갈전리 173에 위치한 S 농장으로 무창계사 및 3종 환기 시스템으로 구성되어 있다.

[표 1] 대상 건물의 개요

구분		크로스환기 방식의 무창산란계사	터널 환기 방식의 무창산란계사
건물 경계조건	위치	경상남도, 산청군	
	용도	계사	
	외벽 및 지붕의 단열성능 (W/m · k)	0.034	
	건물면적	1764.6㎡	884.66㎡
	조명 밀도	6.17W/㎡	2.46W/㎡
	사육수수	50,200	48,000
	환기 시스템	크로스	터널
팬	대수	21EA	22EA
	소비전력	1.3kW	1.5kW
	풍량	41,370㎡/h	33,900㎡/h
	효율	0.34	0.34

(1) 크로스환기방식의 무창산란계사의 건물개요

[0075] 크로스환기방식의 무창산란계사의 경우 건물의 규모는 폭 17m, 길이 102m이며 6열 8단의 케이지로 구성되어 있으며 외벽·지붕의 열관류율 0.034W/m·k이다. 또한, 단위면적당 사육수수는 28.44수/m²이며, 크로스환기 시스템으로 구성되어 있다.

[0077] 도 2는 크로스환기방식의 무창산란계사의 대상 건물을 나타낸 도면으로 (a) 단면도, (b) 평면도, 및 (c) 배면도를 각각 나타낸다.

[0079] (2) 터널환기방식의 무창산란계사의 건물 개요

[0080] 터널환기방식의 무창산란계사의 경우 건물의 규모는 폭 8.9m, 길이 99.4m이며 3열 7단의 케이지로 구성되어 있으며 외벽·지붕의 열관류율 0.034W/m²·k이다. 또한, 단위면적당 사육수수는 54.25수/m²이며, 터널 환기 시스템으로 구성되어 있다.

[0081] 도 3은 터널환기방식의 무창산란계사의 대상 건물을 나타낸 도면으로 (a)는 좌측면도, (b)는 우측면도, 및 (c)는 평면도를 각각 나타낸다.

[0083] 1.3 환기 방식

[0084] 본 명세서에서 크로스환기방식의 무창산란계사란, 도 4와 같이 측면 배기식 환기방식(크로스 환기방식)을 이용하여, 측면에 설치된 입기파이프나 배플을 이용해 입기하고 배기하는 환기 방식을 채용한 무창산란계사를 의미한다.

[0086] 또한 본 명세서에서 터널환기방식의 무창산란계사란, 도 5와 같이 계사의 한쪽 끝에 환기팬을 설치하고 반대편 끝이나 측벽에 입기구를 설치하여 바람이 터널형태로 흐르도록 하여 여름철에 체감온도를 낮추어 줄 수 있는 환기 방식을 채용한 무창산란계사를 의미한다.

[0088] 1.4 온습도 지수(THI: Temperature-Humidity Index)

[0089] Zulovich and DeShazer(1990)은 건구 온도 및 습구 온도를 이용하여 산란계의 고온 스트레스를 평가하기 위한 온습도 지수를 제시하였으며, 산란계의 온습도 지수 산정식은 다음의 식(1)과 같다.

$$THI_{layers} = 0.6 T_{db} + 0.4 T_{wb} \quad (1)$$

여기서, THI_{layers} : 온·습도 지수

T_{db} : 산란계사 내부 건구 온도(°C)

T_{wb} : 산란계사 내부 습구 온도(°C)

[0090]

[0092] 일반적으로 습구 온도는 습구온도계를 이용하여 측정하나, 대부분의 건물에서는 이를 실시하지 않기 때문에 건구 온도 및 상대 습도의 값을 가지고 식 (2)에 대입한 후 습구온도를 산출하는 것을 가정하여 이하의 식을 전개하여 습구 온도를 산출한다.

$$T_w = T_{atan}[0.151977(RH\% + 8.313659)^{\frac{1}{2}}] + atan(T + RH\%) - atan(RH\% - 1.676331) \quad (2)$$

$$+ 0.00391838(RH\%)^{\frac{3}{2}} atan(0.023101RH\%) - 4.686035$$

여기서, T_w : 습구온도(°C),
 T : 건구온도(°C)
 RH : 상대습도(%)

[0093]

- [0094] 산란계사 고온 스트레스를 받는 한계 온습도 지수 값은 종래의 연구 결과에 따라 28로 설정하였다.
- [0096] 1.5 건물 에너지 시뮬레이션(BES: Building Energy simulation)
- [0097] BES 기법은 건축물의 열에너지 흐름을 수치 해석적으로 계산하고 모의하는 기술로써 높은 정확도와 활용성으로 인해 일반 건축분야에서 널리 사용되고 있으며 최근 농업분야에서도 농업시설의 에너지 분석을 위해서 이용되고 있다.
- [0099] 계사 내부의 온습도 지수를 직접 건구온도와 습구온도(상대습도)를 측정하여 산정할 수도 있으나 계사 내부의 열악한 환경에 따른 센서의 내구성과 감도 등의 여러 가지 문제점들로 인해 본 발명에서는 기상청에서 예보하는 외부 환경 조건(기상조건)과 BES등을 활용하여 온습도 지수를 산정하는 것이 장기적인 관점과 더불어 신뢰성 측면에서 바람직하다.
- [0101] 따라서, 건물 에너지 시뮬레이션을 이용하여 계사 내부의 환경 조성에 영향을 미치는 인자들을 최대한 고려하여 외부 환경 변화(실시간 해당 지역별 기상 조건)에 따라 계사 내부의 건구온도와 습구온도(상대습도)를 예측하고 이를 온습도 공식에 대입하여 온습도 지수를 산정한다.
- [0103] 본 실시예에서 연구대상인 계사내부의 건구온도와 습구온도(상대습도)를 예측하기 위하여 디자인빌더(Designbuilder) 프로그램을 이용하여 시뮬레이션을 실시하였다.
- [0105] 참고로 디자인빌더 프로그램은 영국의 디자인빌더사에 의해 지속적으로 개선되어지는 건물 에너지 시뮬레이션 프로그램이며, 미국의 에너지성(DOE) 개발의 건물에너지 시뮬레이션 프로그램인 에너지플러스(EnergyPlus)와 연동함으로써 작성한 건물 모델링에 대해 열, 빛, CO₂등의 환경을 분석하며, 미국 냉동공조학회(ASHRAE)에서 권장하는 열평형기법을 통해 열전도와 복사 및 대류 열전달에 대한 동적해석이 가능한 프로그램이다.
- [0107] 2. 데이터의 실측
- [0108] 데이터 실측기간은 2018년 6월 19일부터 2018년 9월 7일까지의 80일간이며, 데이터 실측 시작 및 종료기간인 6월 19일, 9월 7일인 경우 데이터 측정시간이 상이하므로 이는 배제하였다.
- [0110] 실측 데이터의 현황은 표 2와 같다. 계사 내부의 열악한 환경에 따른 데이터 기기의 오류로 인해 동일한 측정기간인 6월 27일부터 7월 22일까지의 26일간 데이터를 반영하였으며, 데이터의 측정간격은 15분 단위였다.

[0112] [표 2] 실측 데이터 현황

	1번 센서	2번 센서	3번 센서	4번 센서	5번 센서
크로스환기방식의 무창산란계사	6/20 - 7/23	6/20 - 9/6	6/27 - 9/6	6/27 - 9/6	6/20 - 9/6
터널환기방식의 무창산란계사	6/20 - 9/6	6/20 - 7/22	6/20 - 7/23	6/20 - 9/6	6/20 - 9/6

[0115] 2.1 데이터 측정 포인트

- [0116] 도 6은 데이터 측정을 위한 센서의 측정 포인트 위치를 나타낸 도면이다.
- [0118] (1) 평면 측정 포인트
- [0119] 수직온도 분포와 비교하면 수평온도분포의 온도차는 작으며, 출입문이나 창문으로부터의 틈새 바람이 감지되는 곳은 온도차가 크게 나타났다.
- [0121] 평면으로 측정 시, 높이는 천장과 바닥의 중간에 위치하도록 하는 것이 정밀도를 높이는 가장 중요한 포인트인 것으로 나타났다.
- [0123] (2) 수직 측정 포인트
- [0124] 장의 상부공간에서는 상승된 고온의 공기가 축적되어 온도성층이 형성되므로, 상/중/하로 3Point로 측정하는 것이 정확한 결과를 도출할 수 있다.
- [0126] 2.2 크로스환기방식의 무창산란계사의 데이터 실측 기간 및 현황
- [0127] 크로스환기방식의 무창산란계사의 경우, 측면 배기식 환기방식(크로스 환기방식)을 이용하여, 측면에 설치된 입기파이프나 배플을 이용해 입기하고 배기하는 방식이지만 여름철에는 풍속에 의한 체감온도 저하를 기대할 수 없다.
- [0129] 데이터의 실측기간은 6월 27일부터 7월 22일까지 26일간을 대상으로 하였다.
- [0131] (1) 1, 3, 5 센서 데이터 분석
- [0132] 도 7은 외기 및 크로스환기방식의 무창산란계사의 1, 3, 5번 센서의 온도 및 상대 습도를 나타내는 그래프로서, 데이터 실측 기간인 6월 27일부터 7월 22일까지 26일간을 대상으로 계사 내부의 수평 온도분포를 파악하기 위해 나타낸 도면이다.
- [0134] 3번 센서를 기준으로 2번 센서와 4번 센서의 평균온도는 각각 1.4%, 0.5%의 차이가 났으며, 평균습도는 각각 0.8%, 2.6%의 차이가 나타났다.
- [0136] 산란계사 내부의 온도는 시간별 일사량 및 외기온도 변화 양상과 유사하게 증가 및 감소하는 경향을 보여주고 있으며, 냉방장치가 설치되지 않고, 환기장치만 설치되어 있어 대부분의 주간에는 각 일령별 적정 사육 권장온도인 24℃보다 높은 값을 보이는 것으로 나타났다.
- [0138] 장마기간인 6월 27일 부터 7월3일까지의 외기온도는 평균온도인 26.2℃에 비해 24.9℃로보다 낮으나 상대습도가 71.9~90.3%로 형성되어 산란계의 잠열부하의 증가로 인해 내부 발열량이 증가하여 계사내부의 온도가 높은 것으로 나타났다.
- [0140] (2) 2, 3, 4번 센서 데이터 분석
- [0141] 도 8은 외기 및 크로스환기방식의 무창산란계사의 2, 3, 4번 센서의 온도 및 상대습도를 나타낸 그래프이다. 도 8은 데이터 실측 기간인 6월 27일부터 7월 22일까지 26일간을 대상으로 계사 내부의 수직 온도 분포를 파악하기 위해 나타낸 도면으로, 3번 센서를 기준으로 2번 센서와 4번 센서의 평균온도는 각각 3.2%, 0.3%의 차이가 났

으며, 평균습도는 각각 5.9%, 1.1%의 차이가 나타났다.

- [0143] (3) 한계 온습도 지수의 초과일
- [0144] 도 9는 데이터 측정 대상기간(26일) 15분 간격 데이터(3번센서)를 통하여 산란계사 내부의 건구온도 및 습구온도(상대습도)를 통하여 온습도지수를 산출한 그래프이다.
- [0146] 산란계의 고온 스트레스를 받기 시작하는 한계 온습도 지수값 28을 기준으로 대상기간 중 초과기간에 대한 분석을 실시하였다.
- [0148] 대상 계사의 데이터 측정기간 26일 중 한계 THI지수를 초과하는 일은 전체기간 중 50%인 것으로 나타났다.
- [0150] 온습도 지수가 아닌 온도에 근거하여 센서가 작동되므로 상대적으로 계사 내부의 상대습도가 낮은 날인 7월 6~9일에도 많은 환기팬이 작동되어 에너지 사용량이 증가하였으며, 환기량 증가로 인해 계사 내부의 온도가 낮아져 온습도 지수가 상대적으로 낮아진 것을 알 수 있다.
- [0152] 7월 10일 이후부터는 지속적인 폭염으로 인해, 온도 상승 및 상대습도(습구온도)의 증가에도 불구하고, 비슷한 외기 온도분포를 이루는 7월6 ~ 9일과 동일한 환기팬을 제어하여 한계 온습도 지수를 초과하는 것으로 판단된다.
- [0154] 2.3 터널환기방식의 무창산란계사의 데이터 실측 기간 및 활동
- [0155] 터널환기방식의 무창산란계사의 경우, 계사의 한쪽 끝에 환기팬을 설치하고 반대편 끝이나 측벽에 입기구를 설치하여 바람이 터널형태로 흐르도록 하여 여름철에 체감온도를 낮추어 줄 수 있는 환기 방식이다.
- [0157] 데이터의 실측기간은 6월 27일부터 7월 22일까지 26일간을 대상으로 하였다.
- [0159] (1) 1,3,5번 센서 데이터 분석
- [0160] 도 10은 외기 및 터널환기방식의 무창산란계사의 1, 3, 5번 센서의 온도 및 상대습도를 나타내는 그래프로써, 데이터 실측기간인 6월 27일부터 7월 22일까지 26일간을 대상으로 계사 내부의 수평 온도분포를 파악하기 위해 나타낸 도면이다.
- [0162] 3번 센서를 기준으로 1번 센서와 5번 센서의 평균온도는 각각 8.2%, 6.6%의 차이가 났으며, 평균습도는 각각 8.4%, 9.9%의 차이가 나타나며, 측정값의 차이율이 크로스환기 방식의 계사에 비해 상대적으로 높은 것으로 나타났다.
- [0164] 이는, 대상계사의 구조 및 환기방식이 크로스환기 방식의 계사와 상이하며, 터널방식의 환기방식으로 인해 출입구 쪽의 1번 센서의 위치에 입기구가 있어 기류의 영향을 많이 받아 온도가 낮은 것으로 판단될 수 있다.
- [0166] (2) 2, 3, 4번 센서 데이터 분석
- [0167] 도 11은 외기 및 터널환기방식의 무창산란계사의 2, 3, 4번 센서의 온도 및 상대습도를 나타내는 그래프로써, 데이터 실측기간인 6월 27일부터 7월 22일까지 26일간을 대상으로 계사 내부의 수직 온도분포를 파악하기 위해

나타낸 그래프이다.

[0169] 3번 센서를 기준으로 2번 센서와 4번 센서의 평균온도는 각각 3.6%, 1.5%의 차이가 났으며, 평균습도는 각각 5.1%, 4.7%의 차이가 나타났다.

[0171] (3) 한계 온습도 지수 초과일

[0172] 도 12는 데이터 측정 대상기간(26일) 15분 간격데이터(3번 센서)를 통하여 산란계사 내부의 건구온도 및 습구온도(상대습도)를 통하여 온습도 지수를 산출한 그래프이다.

[0174] 도 12에서 산란계의 고온 스트레스를 받기 시작하는 한계 온습도 지수 값 28을 기준으로 대상기간 중 초과기간에 대한 분석을 실시하였다.

[0176] 대상 계사의 데이터 측정기간 26일 중 한계 온습도 지수를 초과하는 일은 전체기간 중 50%인 것으로 나타났다.

[0178] 3. 시뮬레이션 및 실측값의 비교

[0179] 시뮬레이션의 정확성은 ASHRAE(American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)에서 권장하는 MBE(Mean Bias Error)와 CVMSE(Coefficient of Variation of the Root Mean Square Error)로 평가하였으며, 관련식은 아래의 식(3) 및 식(4)와 같다.

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n (M_i - S_i)}{\sum_{i=1}^n M_i} \times 100 \quad (3)$$

$$CVMSE = \frac{\left[\frac{\sum_{i=1}^n (M_i - S_i)^2}{n} \right]^{0.5}}{\bar{M}} \times 100$$

여기서, M_i : 실제 측정값
 S_i : 시뮬레이션 예측값
 n : 데이터의 수
 $\bar{M}$: M_i 의 평균값

[0180]

[0182] ASHRAE Guideline 14(2002)에 의하면, MBE와 CVMSE의 권장 오차 값은 시간별 측정일 경우 MBE는 10%, CVMSE는 30% 미만이며, 월별 측정일 경우 MBE 5%, CVMSE는 15% 미만이다.

[0184] 3.1 크로스환기방식의 무창산란계사 시뮬레이션 검증 및 보정

[0185] 기상데이터는 대상지역의 인근지역인 진주시역 표준기상데이터를 사용하고, 이 데이터는 실측값과 무관한 기온 및 습도이다.

[0187] 크로스환기방식의 무창산란계사의 시뮬레이션 정확도 검증을 위하여 상기의 식을 이용하여 모델의 정확성을 검증하였으며, 이는 표 3에 나타내었다.

[0189] [표 3] 크로스환기방식의 무창산란계사 시뮬레이션 결과 오차율 비교

구분	계사내부온도	Fan 가동율	MBE	CVRMSE
ALT1	21℃	28.5%	-10.36	14.75
ALT2	22℃	42.8%	-5.04	11.68
ALT3	23℃	57.14%	-2.31	10.80
ALT4	24℃	71.42%	-0.65	10.58
ALT5	25℃	85.71%	0.46	10.58
ALT6	26℃	100%	1.26	10.65

[0190]

[0192] 시뮬레이션에 따르면 계사내부온도 21℃, Fan 가동율 28.5%인 경우를 제외하고, ASHRAE에서 권장하는 시간별 측정일 경우의 권장오차값인, MBE 10%, CVRMSE 30%미만을 충족하는 것으로 나타났다.

[0194] 또한, 시뮬레이션 모델의 정확성은 계사내부의 온도 25℃일 경우, 팬 가동율이 85.71%으로 시뮬레이션을 실시하였을 때 MBE 0.46, CVRMSE 10.58으로 가장 높으며, 이는 대상건물을 가장 잘 모사하는 것으로 판단되어 해당 시뮬레이션 값과 실측값의 온도보정을 실시하였다.

[0196] 3.2 터널환기방식의 무창산란계사 시뮬레이션 검증 및 보정

[0197] 기상데이터는 대상지역의 인근지역인 진주시역 표준기상데이터를 사용하고, 이 데이터는 실측값과 무관한 기온 및 습도이다.

[0198] 터널환기방식의 무창산란계사의 시뮬레이션 정확도 검증을 위하여 상기의 식을 이용하여 모델의 정확성을 검증하였으며, 이는 표 4에 나타낸 바와 같다.

[0200] [표 4] 터널환기방식의 무창산란계사 시뮬레이션 결과 오차율 비교

구분	계사내부온도	Fan 가동율	MBE	CVRMSE
ALT1	20℃	9.09%	-40.35	41.99
ALT2	21℃	18.18%	-27.39	29.26
ALT3	22℃	27.27%	-22.45	24.36
ALT4	23℃	36.36%	-16.12	18.29
ALT5	24℃	45.45%	-11.44	14.26
ALT6	25℃	63.63%	-5.72	10.25
ALT7	26℃	81.81%	-2.39	8.86
ALT8	26.5℃	86.36%	-2.55	8.9
ALT9	27℃	100%	1.14	8.64

[0201]

[0203] 크로스환기방식의 무창산란계사와 달리, 터널환기방식의 무창산란계사의 경우, 계사내부온도 25℃, 26℃, 26.5℃, 27℃ 및 Fan 가동율 63.63%, 81.81%, 86.36%, 100%인 경우에만, ASHRAE에서 권장하는 시간별 측정일 경우의 권장오차값인, MBE 10%, CVRMSE 30% 미만을 충족하는 것으로 나타났다.

[0205] 또한, 시뮬레이션 모델의 정확성은 계사내부의 온도 27℃일 경우, Fan 가동율 100%으로 시뮬레이션을 실시하였을 때 MBE 1.14, CVRMSE 8.64으로 가장 높으며, 이는 대상건물을 가장 잘 모사하는 것으로 판단되어 해당 시뮬

레이션 값과 실측값의 온도보정을 실시하였다.

[0207] 4. 회귀분석식 도출

[0208] 일반적으로 실측 데이터를 토대로 미래 또는 실측 데이터가 없는 구간의 값을 예측하기 위해 회귀분석을 실시하며, 회귀분석은 하나 또는 그 이상의 독립변수와 종속변수간의 영향을 추정하기 위한 통계 기법이다.

[0210] 종속변수는 온도습도 지수(THI 지수)이며, 독립변수는 온도 및 엔탈피로 선정하였다.

[0212] 온도제어는 건구온도를 기준으로 외기도입량을 결정하지만, 외기의 습도가 높을 경우 잠열부하의 증가로 인해 오히려 계사 내부의 환경에 악영향을 끼칠 우려가 있다.

[0214] 따라서 온도와 상대습도를 고려한 엔탈피를 파악하여, 온도제어가 아닌 엔탈피를 기준으로 하는 엔탈피제어를 이용하여 실내엔탈피가 외기엔탈피와 설정상태의 엔탈피보다 높으면 최대한의 외기를 도입하는 것을 판단하기 위해 THI 지수와 엔탈피와의 상관관계를 나타내었다.

[0216] 실측값의 데이터 수가 증가함에 따라 예측의 정확성은 증가하지만 실측값이 비정상적인 운전을 반영하는 경우, 회귀식의 결정계수 값(R^2)을 낮추므로 극단치(Outlier)를 제외하였다.

[0218] 해당 상관관계는 고온 스트레스를 받는 환경을 고려하는 것이므로 사육 권장온도인 24℃ 미만, 한계 THI 지수 28미만, 해당 실측기간의 비정상운전으로 판단되는 7월 6일~9일 기간의 데이터 실측값을 극단치(Outlier)로 설정하였다.

[0220] 또한, 건구온도와 상대습도를 이용하여 엔탈피를 산출하기 위하여 하기의 식들을 이용하였다.

[0222] 가. 포화 수증기량 계산식

[0223] 포화수증기량(f_s)의 계산식은 다음의 식(5)를 이용하여 계산될 수 있다.

$$f_s = \exp[5800.2206/T_{ab} + 1.3914993 - 0.048640239 T_{ab} + 0.41764768 \times 10^{-4} T_{ab}^2 - 0.14452093 \times 10^{-7} T_{ab}^3 + 6.5459673 \ln(T_{ab})]/1000 \quad (5)$$

여기서, θ : 온도 [℃]

T_{ab} : 절대온도 (= $\theta + 273.15$ [K])

e^x : $\exp(x)$

$\ln(x)$: x 의 자연로그함수

[0224]

[0226] 나. 상대습도의 계산식

[0227] 상대습도(Φ)의 계산식은 다음의 식(6)과 같으며 이를 이용하여 수증기분압(f)를 산출한다.

$$\Phi = 100 \times f / f_s \quad (6)$$

여기서, Φ : 상대습도(%)

f : 수증기분압[mmHg]

f_s : 포화공기의 수증기분압[mmHg]

[0228]

[0230] 다. 절대습도의 계산식

[0231] 절대습도(x)의 계산식은 다음의 식(7)과 같으며, 이식을 이용하여 절대습도가 산출될 수 있다.

$$x = 0.622 \times f / (101.3 - f) \quad (7)$$

여기서, x : 절대습도[kg/kgDA]

f : 수증기분압[mmHg]

[0233]

[0235] 라. 엔탈피의 계산식

[0236] 엔탈피(h)는 다음의 식(8)을 통해 산출될 수 있다.

$$h = 0.24 \theta + (0.431\theta + 597.3)x \quad (8)$$

여기서, h : 엔탈피[kcal/kg]

θ : 온도[°C]

x : 절대습도[kg/kgDA]

[0237]

[0239] 4.1 실측에 의한 회귀 분석식 도출

[0240] 실측값의 데이터 수가 증가함에 따라 예측의 정확성은 증가하지만 실측값이 비정상적인운전을 반영하는 경우, 회귀식의 결정계수 값(R^2)을 낮추므로 극단치(Outlier)를 제외해야 한다.

[0242] 실측기간의 비정상운전으로 판단되는(7월 6일~9일)기간의 데이터 실측값과 해당 상관관계는 고온스트레스를 받는 환경을 고려하는 것이므로 사육 권장온도인 24°C 미만을 극단치(Outlier)로 설정하였다.

[0244] (1) 크로스환기방식의 무창산란계사

[0245] 도 13은 각각 크로스환기방식의 무창산란계사의 외기 온도와 온습도지수간의 상관관계를 나타내는 그래프이고, 도 14는 크로스환기방식의 무창산란계사의 엔탈피와 온습도 지수간의 상관관계를 나타내는 그래프이다.

[0247] 크로스환기방식의 무창산란계사의 실측데이터를 기준으로, 외기온도 및 엔탈피를 독립변수로, 온습도 지수를 종속변수로 하여 회귀분석을 실시하였다.

[0249] 온습도 지수와 외기온도, 온습도 지수와 엔탈피간의 상관관계의 신뢰도를 나타내는 결정계수 R^2 값은 0.7729, 0.5978로 나타났다.

- [0251] (2) 터널환기방식의 무창산란계사
- [0252] 도 15는 터널환기방식의 무창산란계사의 외기 온도와 온습도지수간의 상관관계를 나타내는 그래프이고, 도 16는 터널환기방식의 무창산란계사의 엔탈피와 온습도 지수간의 상관관계를 나타내는 그래프이다.
- [0254] 터널환기방식의 무창산란계사의 실측데이터를 기준으로, 외기온도 및 엔탈피를 독립변수로 하고, 온습도 지수를 종속변수로 하여 회귀분석을 실시하였다.
- [0256] 온습도 지수와 외기온도, 온습도 지수와 엔탈피간의 상관관계의 신뢰도를 나타내는 결정계수 R^2 값은 0.5046, 0.3442로 나타났다.
- [0258] 4.2 시뮬레이션에 의한 회귀 분석식의 도출
- [0259] (1) 크로스환기방식의 무창산란계산
- [0260] 도 17은 크로스환기방식의 무창산란계사의 외기온도와 온습도 지수간의 상관관계를 나타내는 그래프이고, 도 18은 크로스환기방식의 무창산란계사의 엔탈피와 온습도 지수간의 상관관계를 나타내는 그래프이다.
- [0262] 크로스환기방식의 무창산란계사 시뮬레이션 데이터를 기준으로, 외기온도 및 엔탈피를 독립변수로 하고, 온습도 지수를 종속변수로 하는 회귀분석을 실시하였다.
- [0264] 온습도 지수와 외기온도, 온습도 지수와 엔탈피간의 상관관계의 신뢰도를 나타내는 결정계수 R^2 값은 0.9328, 0.5149로 나타났다.
- [0266] (2) 터널환기방식의 무창산란계사
- [0267] 도 19는 터널환기방식의 무창산란계사의 엔탈피와 온습도 지수간의 상관관계를 나타내는 그래프이고, 도 20은 터널환기방식의 무창산란계사의 외기온도와 온습도 지수간의 상관관계를 나타내는 그래프이다.
- [0269] 터널환기방식의 무창산란계사의 시뮬레이션 데이터를 기준으로, 외기온도 및 엔탈피를 독립변수로 하고, 온습도 지수를 종속변수로 하는 회귀분석을 실시하였다.
- [0271] 온습도 지수와 외기온도, 온습도 지수와 엔탈피간의 상관관계의 신뢰도를 나타내는 결정계수 R^2 값은 0.9551, 0.6044로 나타났다.
- [0273] 5. 결론
- [0274] 아래의 표 5는 환기방식 및 데이터구분에 따른 상관관계, 회귀방정식, 결정계수를 나타낸다.

[0276] [표 5] 상관관계에 따른 온습도 지수 회귀분석식

환기방식	데이터구분	상관관계	회귀분석식	결정계수(R^2)
크로스	실측	외기온도-THI	$y = 0.0538x^2 - 2.3482x + 49.692$	0.7729
		엔탈피-THI	$y = 0.1432x^2 - 4.0433x + 52.5$	0.5978
	시뮬레이션	외기온도-THI	$y = -0.0143x^2 + 1.4552x - 2.2624$	0.9328
		엔탈피-THI	$y = 0.1512x^2 - 3.8855x + 48.551$	0.5149
터널	실측	외기온도-THI	$y = 0.0405x^2 - 1.7279x + 43.158$	0.5046
		엔탈피-THI	$y = 0.0834x^2 - 2.2095x + 39.33$	0.3442
	시뮬레이션	외기온도-THI	$y = -0.0189x^2 + 1.7037x - 4.6349$	0.9551
		엔탈피-THI	$y = 0.0374x^2 - 0.0641x + 17.475$	0.6044

[0277]

[0278] R^2 값이 가장 큰 변수가 종속변수에 크게 영향을 끼치는 것을 의미하므로, 온습도 지수(y)는, 엔탈피 보다 외기 온도가 독립변수(x)일 경우, 온습도 지수(y)에 더 큰 영향을 끼치는 것을 확인할 수 있었다.

[0280] 또한 환기팬은 온도를 감소시키는 효과는 없고 습도를 감소시키는 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

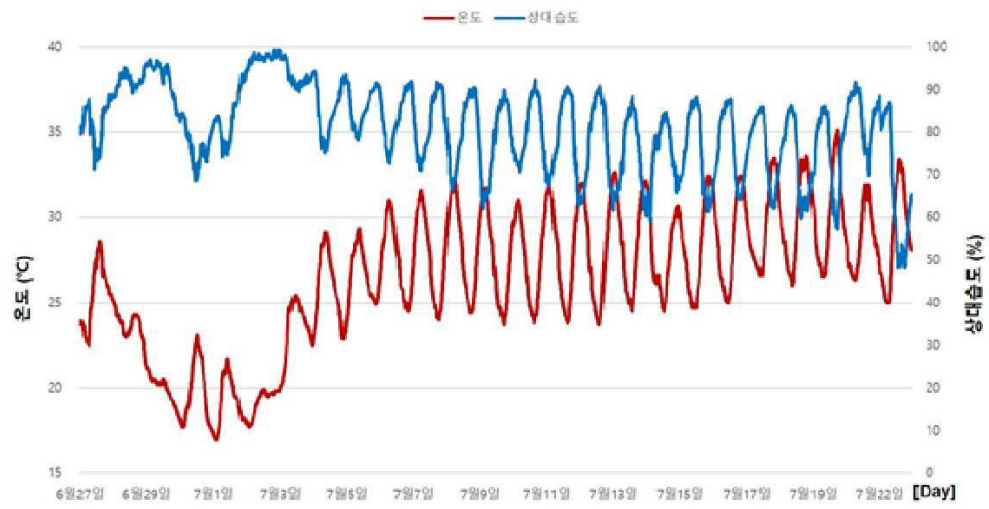
[0282] 따라서 외기 온도에 비해 외기온도와 습도를 고려한 외기 엔탈피의 R^2 값이 낮은 이유는 환기팬에 의해 계사내 부의 습도가 낮춰지기 때문인 것을 알 수 있다.

[0284] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 갖는 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 게시된 실시예는 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아닌 설명을 위한 것이고, 이런 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다.

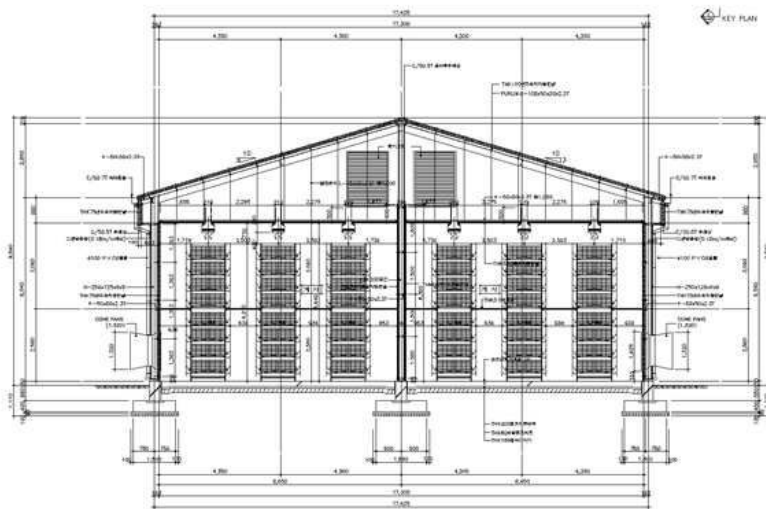
[0286] 따라서 본 발명의 보호 범위는 전술한 실시예에 의해 제한되기 보다는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

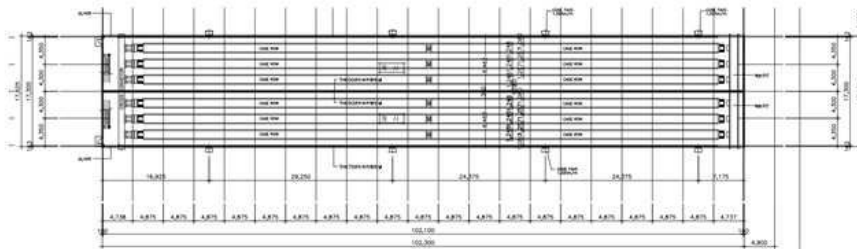
도면1



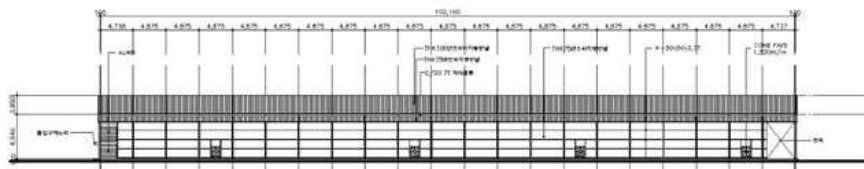
도면2



(a) 단면도



(b) 평면도

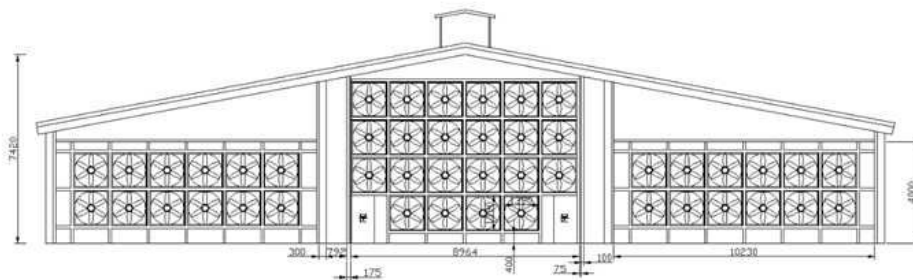


(c) 배면도

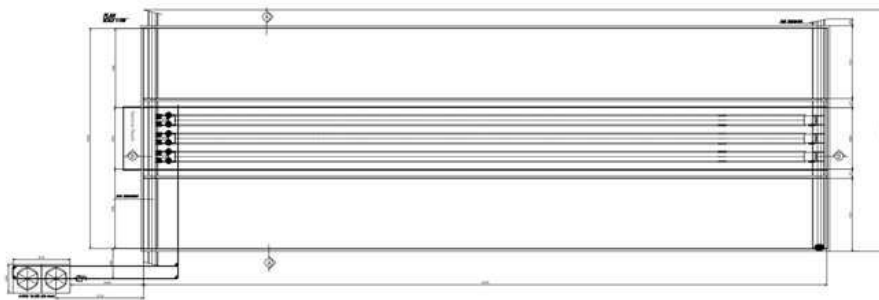
도면3



(a) 좌측면도

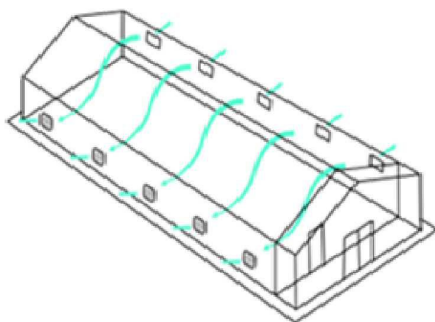


(b) 우측면도

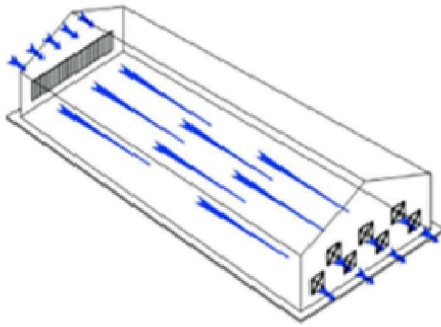


(c) 평면도

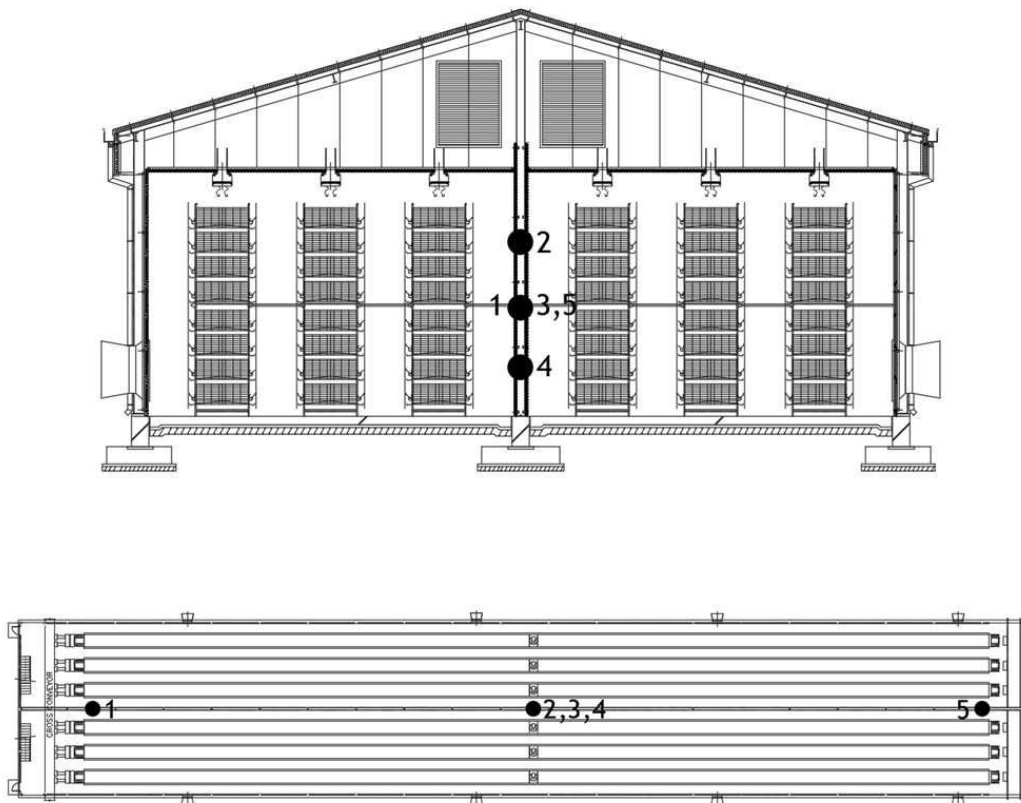
도면4



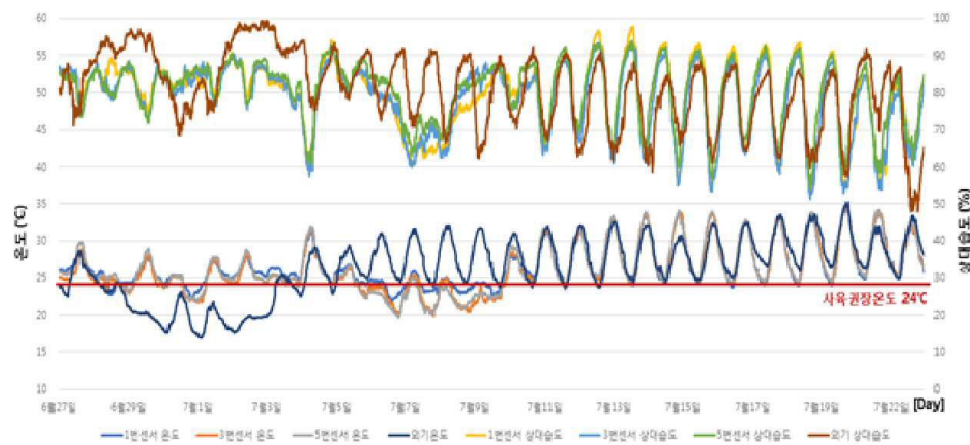
도면5



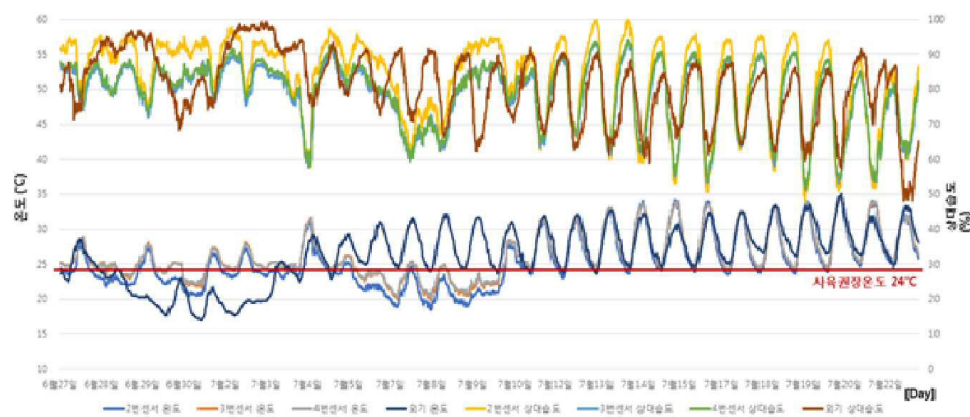
도면6



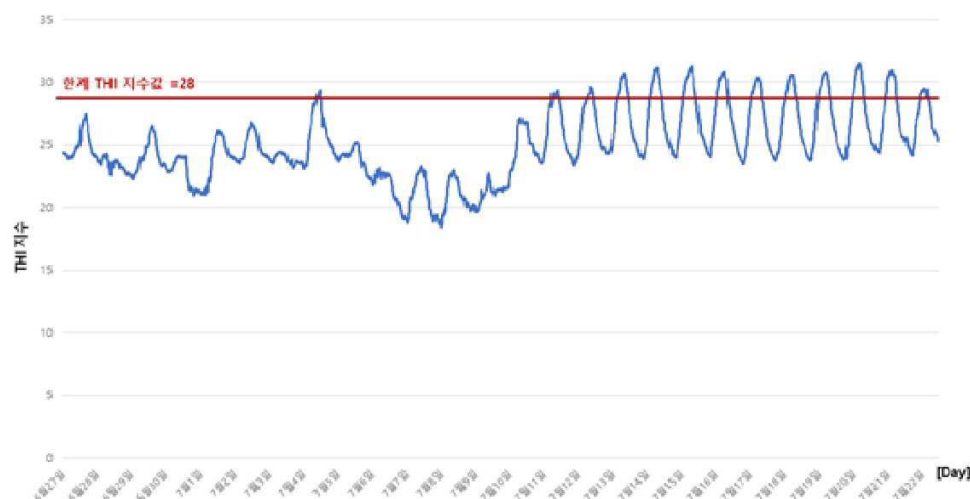
도면7



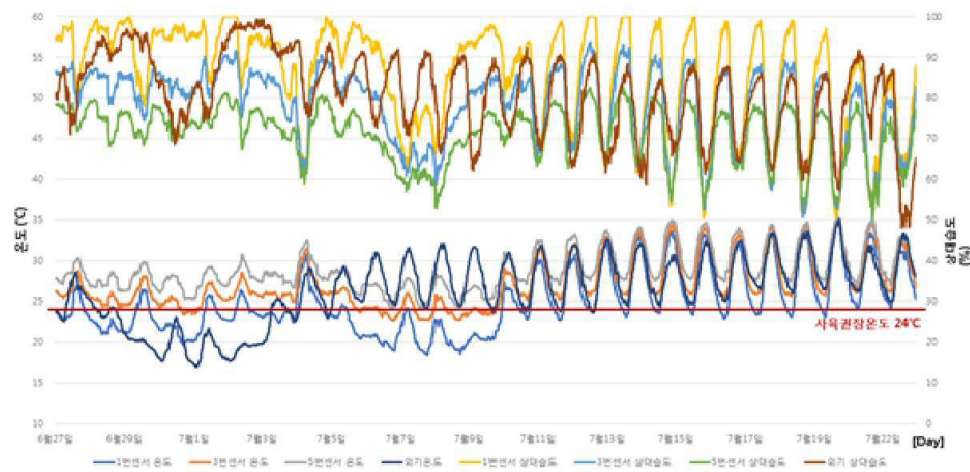
도면8



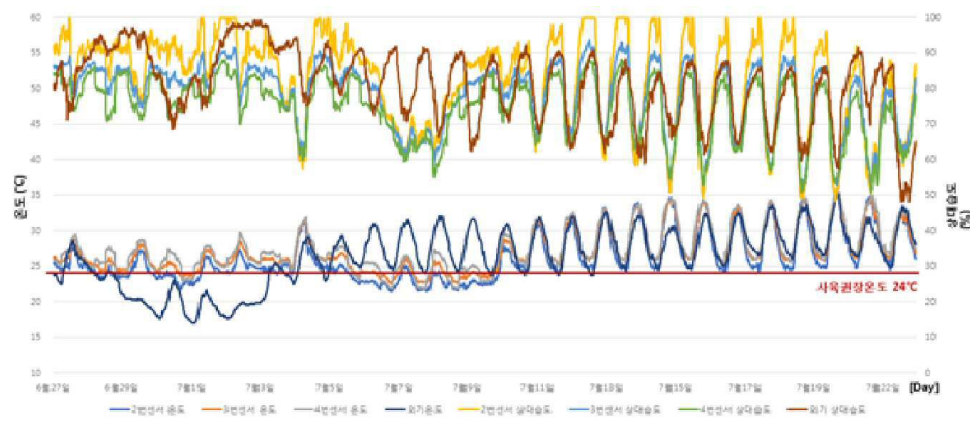
도면9



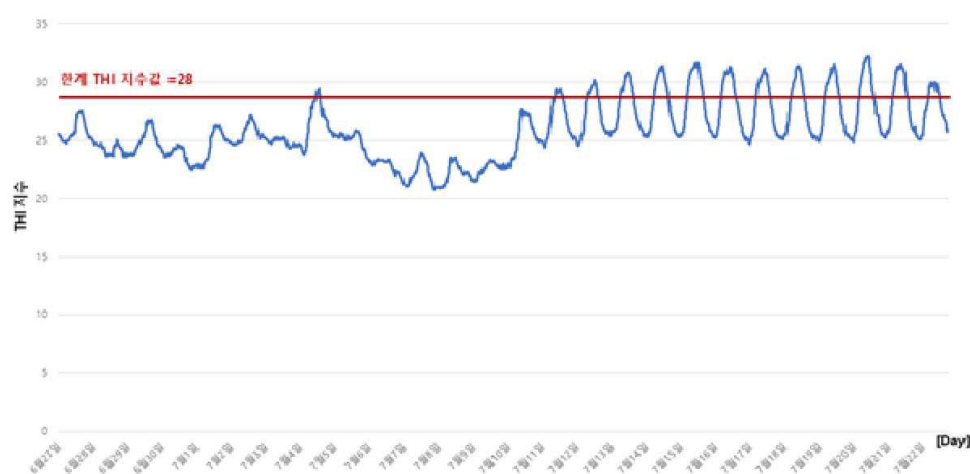
도면10



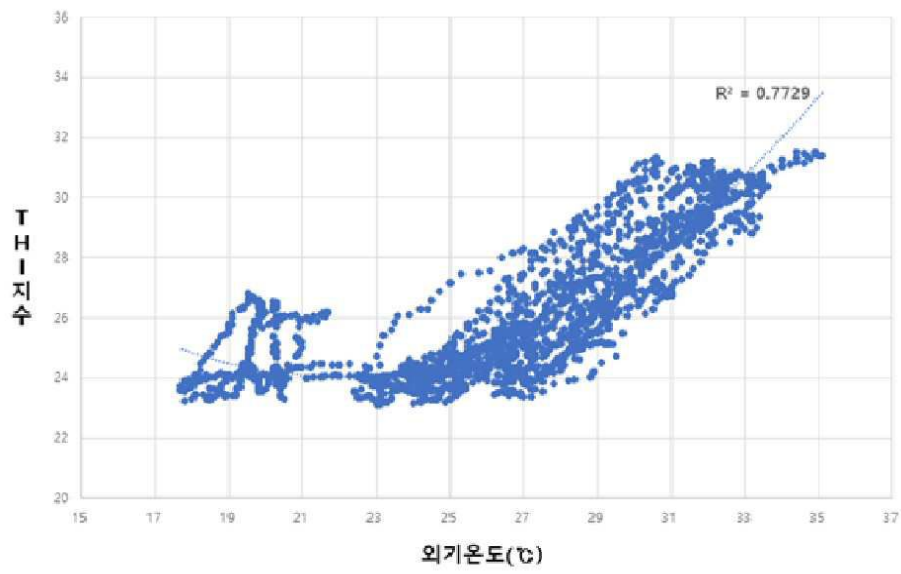
도면11



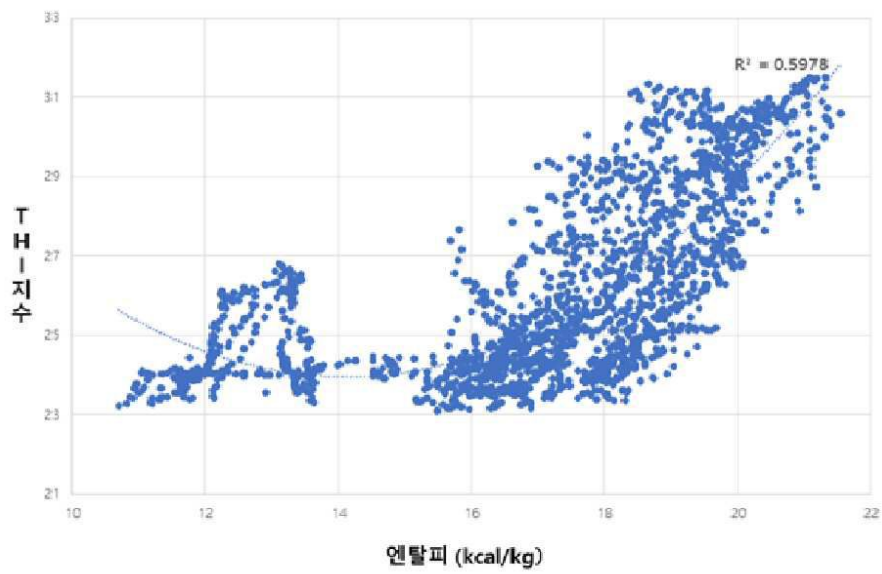
도면12



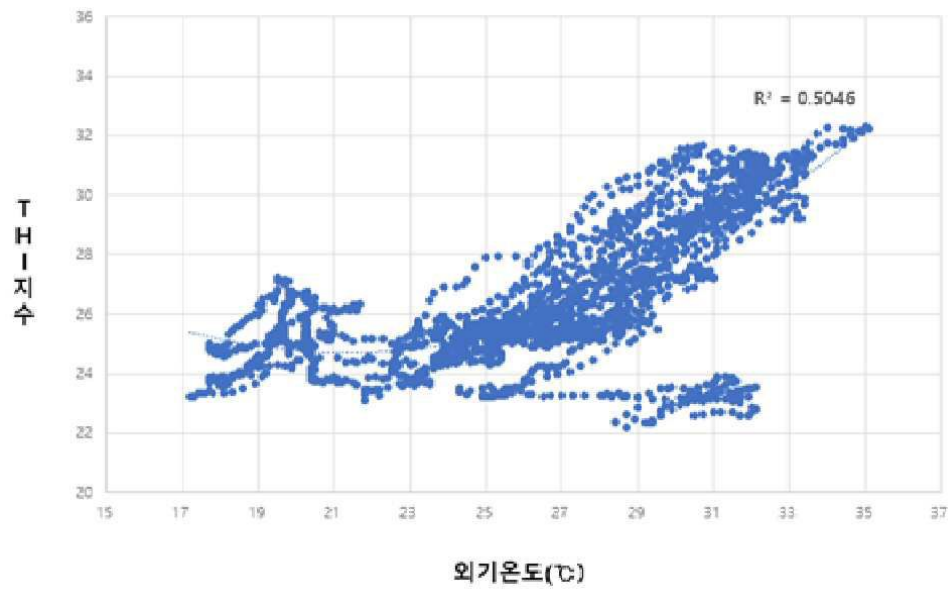
도면13



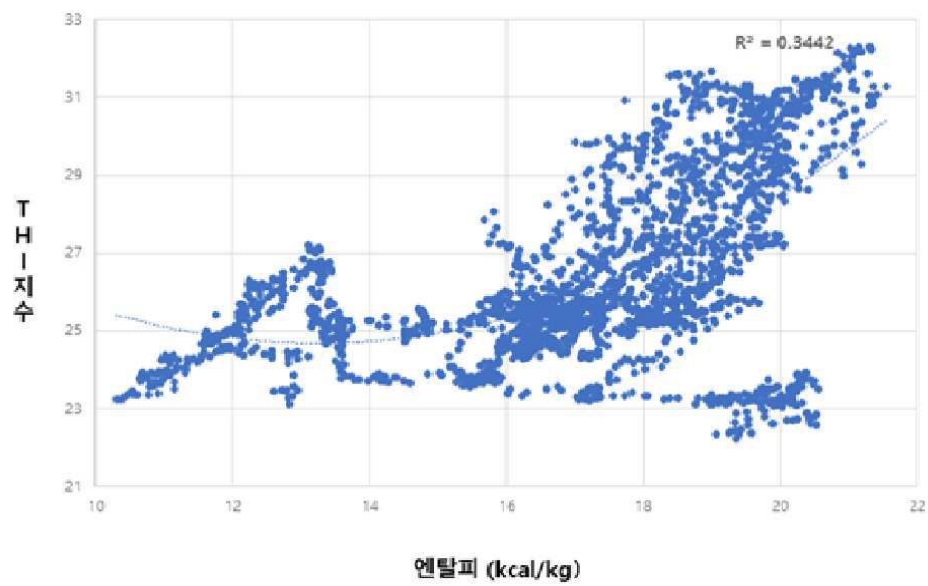
도면14



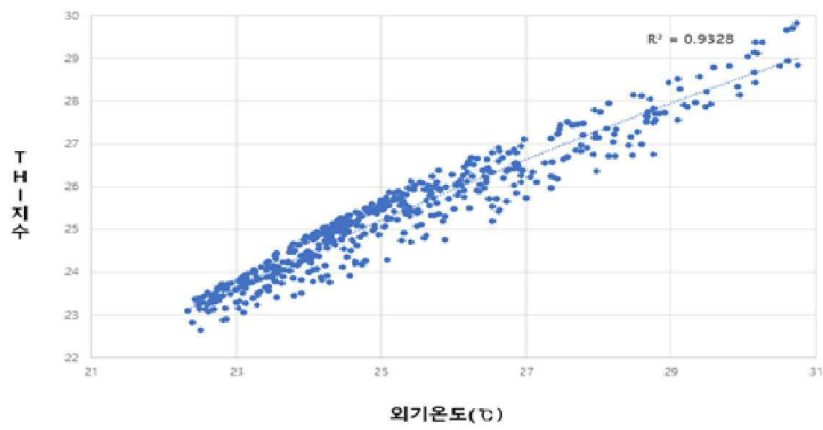
도면15



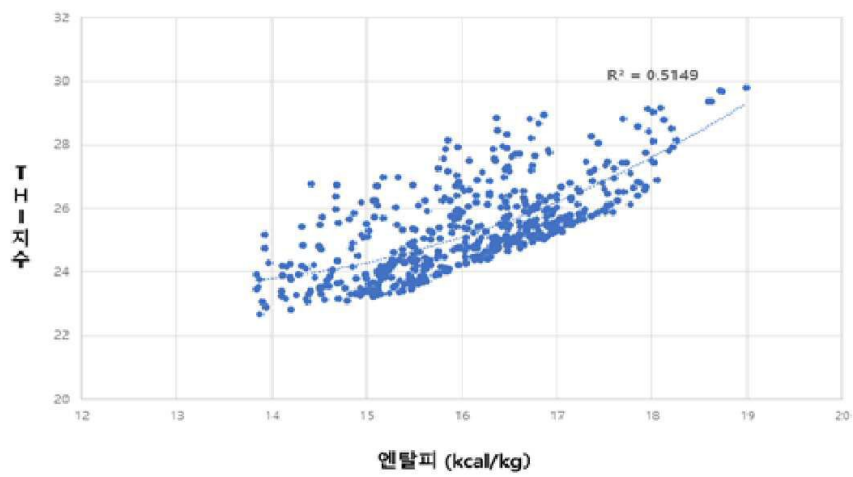
도면16



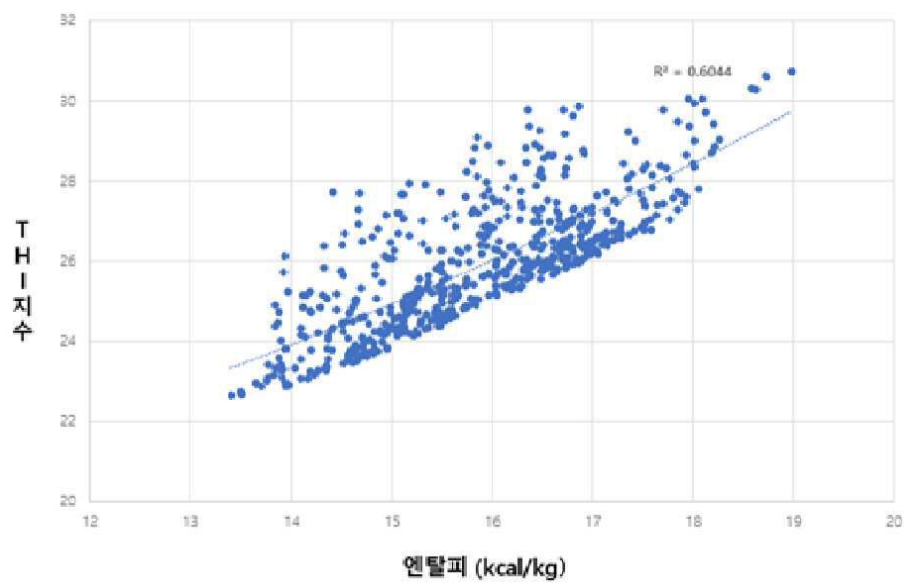
도면17



도면18



도면19



도면20

