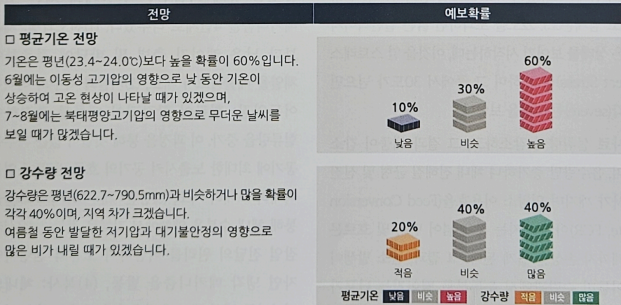


프로바이오틱스로 내 산란계를 위해 행동하라 (B-Act)



홍성철
휴브피마 이사장

최근 기상청 기후통계분석 데이터를 바탕으로 미리 예측해 본 2025년 여름 날씨에 관심이 집중되고 있다. 키워드는 길어진 여름, 폭염, 긴 장마이다. 계명대 김해동 교수는 4-11월까지 여름 수준의 날씨가 이어질 것이라고 한다. 2024년 서울 기준 폭염이 29일이었는데, 올해는 폭염은 최소 20일 이상이고 열대야는 30일 이상으로 전망했다. 그런데, 가장 특이한 점은 6월 중순부터 7월 하순까지 약 31일간 장마가 이어지고 강수량은 평년 대비 1.5배가량 많아진다는 것이다! 지난 2024년은 평년대비 32.5% 증가한 474.8mm의 강수량을 기록했는데, 올해는 300-650mm 범위의 강수량이 예상된다고 한다. 물론, 기상청은 상기 전망이 “말 그대로 최근 몇 십 년간의 추이”를 기초로 작성된 것으로, 워낙 기상 상황은 유동적이기 때문에 과거 데이터가 그렇구나 정도로 참고하라는 당부를 잊지 않았다.



<그림 1> 2025년 여름 기후 전망 (기상청)

정부는 산지가격 고시제 때문에 계란 값이 23.5% 올라 서민 물가가 불안정하게 되었다고, 업계에 대한 불만의 서슬이 시퍼렇다. 한강에서 잃어버린 돈을 은행에 가서 찾는 격이다. 사실, 현 계란 값은 시간을 되돌리며 복기해 봐야 한다. 현 난가는 저병원성 조류 인플루엔자의 영향 전에 작년의 기록적인 폭염, 그 전의 고병원성 인플루엔자, 후한의 2023/2024 겨울까지 계군이 받은 피해를 유기적으로 분석해야 한다. 거기에

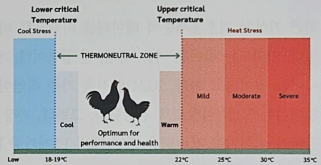
인(P)에 이은 구리(Cu), 아연(Zn), 철(Fe)의 저 미네랄 규제와 준비가 전혀 안 된 저 단백질(CP)사료화 정책으로 계군의 생산성이 감소한 부분부터 짚어가야 한다. 시장 경제 시스템에 의해 정확하게 움직이는 가격은, 수요가 늘어났거나 공급이 줄어들어야 상승한다. 국민 1인당 278개 계란 수요가 최근 달라진 것이 있는가?

이번 글에서는 남한의 상공에 덮인다는 열돔 현상까지 감안하여, “행동하라(B-Act)”라는 특별 제안을 하고자 한다. 이번 하절기는 농장주와 관리자의 섬섬옥수 만으로는 쉽지 않을 것 같다.

산란계의 열 스트레스(Excessive Heat Stress)

산란계는 알을 낳도록 육종 계량된 품종이고, 사람과 달리 조류에 속한다. 조류가 얼마나 우리 주변의 동물과 다른 지를 자각하려면, 내 농장의 닭이 6,500만 년 전 백악기에 멸종된 공룡이 그 조상이고 계통상으로 파충류에 속한 공룡의 일부로 생물학자들이 규정하는 조류임을 인정해야 한다. 조류인 산란계가 편안해하고 생산성이 최적으로 발휘되는 온도는 낮아도 18-19도는 되어야 하고 (최저 임계온도), 높다 해도 22도를 넘어서는 안 된다 (최고 임계온도). 22도를 초과하면 닭은 일반적이지 않은 상태를 보이기 시작하는데, 이것을 열 스트레스 (Heat Stress)라고 하며 그 중에서 30도가 넘으면 심각(severe)한 반응을 보인다.

사료 섭취량이 감소하고, 그 결과 체중이 감소되며, 음수량만 증가하니 체내 전해질 균형 및 신진 대사가 깨지며 영양소 이용효율(Feed Conversion Rate, FCR)이 떨어지는 것을 넘어 면역 및 호르몬 체계까지 손상을 입게 된다. 그 결과, 난소 발생이 줄어들며 수란관에서 누두부로 떨어지는 난포가 감소하며, 산란 클러치(Clutch)가 무너지며 산란율이 떨어진다. 이 상황에 이르면 팽대부에서 분사되는 탄산칼슘 생리도 깨지면서 연파란, 기형란 발생으로 이어져 농장은 총체적인 경제적 손실을 보게 된다.



<그림 2> 다양한 주변 온도에 따른 산란계 상태

필자가 맡고 있는 हु브파마(Huvepharma®) 글로벌 양계 기술진은 산란계의 체온 조절 매커니즘을 4단계로 나누었다. (1)전도과정: 체온보다 낮은 케이지 측벽 및 바닥에 접촉하여 체열을 배출하고자 시도, (2)벼슬과 육수의 적색이 어두워짐: 혈관이 확장되어 대류를 촉진하여 혈류량을 증가. 이 과정을 통해 깃털이 없는 피부를 공기에 최대한 노출시켜 공기의 흐름(바람)에 열을 떠내려 보내려 시도, (3)중발: 개구호흡(panting)을 통해 체내 수분을 액체에서 기체로 전환(기화)시켜 잠열 전달의 원리를 이용하여 조류의 전형적인 자연 냉각 매커니즘을 발달, (4)복사: 체내의 전자파를 체외 공기에 방출하여 외기로 열을 전달한다. 당연하지만, 주변 온도가 체온보다 낮으면 복사열 용량이 증가하는데, 주변 온도가 40도가 넘으면 전혀 발출이 되지 않는다. 복사 냉각은 전체 냉각의 약 5%를 차지한다고 한다.

이미 이러한 생리적 장애는 잘 알려져 있지만, 그에 못지 않게 최근 가급 연구에서는 “장관 피해”를 심각하게 보고하고 있다. 열 스트레스는 특히 영양소를 흡수하는 소장의 장관 상피세포 무결성(Gut integrity)을 손상시켜, 점막 면역 반응에 피해를 주는 것을 강조한다. 손상된 점막 면역 반응은 장내 호기성 미생물의 내독소 침입을 촉진하여 장관 뿐만 아니라 몸 전체에서 항염증 분자와 전염증 분자의 국소 불균형을 만든다. 급성 열 스트레스(24시간 30도)로 시험해 본 결과, 정상적인 산란계의 장내 미생물 총과 옴모 형태가 변화를 일으킴을 발견했다. 즉, 열 스트레스가 장벽을 손상시키고, 옴모를 탈락시켜 소화 흡수 매커니즘을 망가뜨렸음을 발견한 것이다. 이는 여태까지 현장에서 응급으로 추천하는 지용성

비타민제(AD3E)와 전해질 제제, 아연이나 중조 첨가 등으로 왜 관계가 있었는지 원인을 밝히는 중요한 결과이다.

그래서, 유럽과 미국에서는 프로바이오틱스로 병원균을 배제하고, 소장의 장벽 기능을 강화하며, 이로써 면역 체계를 긍정적으로 열 스트레스를 극복하려는 시도를 2000년대 초반부터 이어오고 있었다. 이미 인체에서는 FAO와 WHO에서 노약자와 임산부, 유아 등에게 적절한 양의 프로바이오틱스를 투여함으로써 기후 변화에 대응하려는 실행을 2001년부터 발표하여 실행하고 있다. 바로 그 프로바이오틱스가 *Bacillus licheniformis*(바실러스 리체니포미스, 이하 리체니포미스)이다.

Bacillus licheniformis(바실러스 리체니포미스)

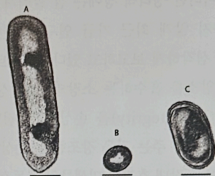
리체니포미스는 이미 전세계 가급 영양학계에서는 잘 알려진 프로바이오틱스이지만, 국내에서는 구글과 네이버를 다 뒤져도 몇 개 나오지 않는다. 박테리아로 설명하는 블로그를 보고 눈을 의심했고, 이마저도 깔짚되비 부속제로 소개하고 쓰이고 있어 왜 그럴까 의아했다. 한국은 생균제의 종균을 가지고 있는 기관과 회사가 당연하지만 없다. 전 세계에서 종균을 가지고 있는 회사는 글로벌 기업이 4개사(그 중 하나가 Huvepharma[®])이고, 일본이 미야리산으로 잘 알려진 1개사가 있을 뿐이다. 특히, 종균 단일종(Single strain)과 배양 기술은 하루아침에 얻어질 수도 배울 수도 없으니 어찌면 당연하다.

그 중에서도 리체니포미스는 발아 활성화부터 배양 발효까지 과정이 무척이나 복잡하고 까다로운

데다, 그 시설 환경을 갖추는 것은 둘째 치고 제어하는 것도 자체적인 연구 개발로 이르기에는… 현재, 많이 쓰이는 프로바이오틱스는 락토바실러스(*Lactobacillus*), 스트렙토코커스(*Streptococcus*), 사카로미세스(*Saccharomyces*), 아스퍼질러스(*Aspergillus*), 그리고 바실러스(*Bacillus*)이다.

리체니포미스는 바실러스 종으로 포자 형성을 하는 박테리아적 특성이 휴면 상태로 보존되는 안정성을 자랑하고, 특히 프로테아제(Protease), 아밀라아제(amylase), 리파아제(lipase)와 같은 다양한 효소를 생성할 수 있어 단백질, 탄수화물, 지방 대사에 직접 관여하는 지금 한국의 사료 환경에 최적의 프로바이오틱스이다. 국내에 일부 알려져 있듯이, 리체니포미스는 항균 활성 물질을

생산하고 산소와 반응하는 독특한 메커니즘을 가지고 있어 병원체를 둘러싸는 억제원을 만들어 성장과 번식을 억제한다. 그리고, 혐기 환경에서도 생존하기 때문에 무산소 장관에 주로 서식하는 유익균과 함께 경쟁적 배제에 참여함으로써 장내 세균총을 조절하여, 장관의 성장과 항상성을 촉진할 뿐만 아니라 장 기능까지 회복시키는 것으로 이미 잘 알려져 있다.



<그림 3> (A)종단면 (B)횡단면 (C) 여러 겹의 고도로 교차 연결된 단백질과 펩티도글리칸에 보호되는 리체니포미스 (미국 알레르기, 천식 및 면역학 아카데미)

열 스트레스 상황에서 리체니포미스

생균제로 통칭되는 프로바이오틱스는 한국에서 농장 또는 사료에 적용하기에 난이도가 높은 첨가제이다. 우선 쉬운 사양시험에 비해 변별성 및 특이점을 데이터로 발췌해 내기가 어렵다. 왜냐하면, 이미 농장에서 많은 첨가제를 사료의 프리믹스 또는 음수, 심지어 두 가지 모두 급여하고 있기 때문이다. 시험 결과가 좋게 나와도 시험에 참여한 농장주와 시험 주체인 제조사 모두 이것이 첨가한 프로바이오틱스에 의한 결과인지, 아니면 이미 급여하고 있는 농장의 그것 때문인지 마스킹이 되지 않는다. 즉, 특정 조건에 부합하거나 만족하는 값들만 선별하는 기술적 방법이 쉽지 않다는 뜻이다.

그래서, 필자는 당사(Huvepharma[®])가 진행한 유럽(EU) 사양 시험 결과를 가지고 설명하고자 한다. 이 사양 시험은 96수의 60주령 하이라인 브라운(체중 1.75~1.85kg)으로 진행하였고, 동북 아시아 시장을 겨냥하여 옥수수 64%, 대두박 25%의 Com-soy 배합비로 CP 17%에 ME 2740kcal의 기초 사료로 진행하였다. 열 스트레스는 일반적으로 연속적인 폭염이 6~7일 지속되는 것을 감안하여, 6일과 12일

연속 노출로 설계하여 데이터를 채집하였다.

N은 21도의 최적 상태를 이상적으로 놓고, H는 대조구로 라이체니포미스를 무첨가 하였다. H+B1은 106 cfu/g 첨가하였고, H+B2는 107 cfu/g 첨가하여 유의미한 수준으로 증량하였다. 쉽게 말해 N은 정상적인 계군이고, H는 열 스트레스에 노출시킨 실험구이다. 이 실험구는 무첨가를 대조구로 놓고, 처리구 1, 2를 서로 첨가량을 달리하여 비교하였다는 뜻이다. 첨가량을 달리한 것은 최소 몇 제품승의 프로바이오틱스 농도 제품을 제조업체 또는 농장이 선택해야 하는지 가이드라인을 제시하기 위함이다.

<표 1>을 보면 정상 상황(N, 21도)과 비교해 보았을 때 폭염에 노출시킨 실험 계군(H, 34도)은 열 스트레스로 생산성이 저하되었음을 극명하게 보여준다. 산란율과 사료 섭취량이 매우 크게 감소하였음을 볼 수 있다. 표 2를 보면 이것의 원인이 단순히 더워서 닭이 안 먹고 대사 불균형 정도의 문제가 아니라, 염증성 과사가 일어났음을 알려주는 혈액내 염증 과사인자(TNF- α , tumor necrosis factor- α)가 6일째에 정상치의 4배로 정점을 찍었다가

<표 2> 고온(34도) 열 스트레스 상황에서 산란계 체내의 염증 반응 증명

Parameter	Day	Treatment ¹				SEM	P-value
		N	H	H ⁺ B ₁	H ⁺ B ₂		
TNF- α (pg/mL)	6	14.76 ^b	25.38 ^a	23.92 ^a	16.22 ^b	1.42	0.018
	12	15.41	21.49	20.05	18.64	1.36	0.082
IL-1 (pg/mL)	6	82.69 ^b	136.51 ^a	108.13 ^{ab}	91.55 ^b	5.96	0.004
	12	78.93 ^b	126.34 ^a	104.76 ^{ab}	101.19 ^{ab}	6.14	0.025
IL-6 (pg/mL)	6	4.82	6.17	5.83	5.29	0.25	0.071
	12	4.66	6.03	5.79	5.09	0.28	0.107
Corticosterone (ng/mL)	6	2.52 ^b	4.15 ^a	3.31 ^{ab}	2.73 ^b	0.17	0.012
	12	2.68	3.44	3.27	2.83	0.14	0.113

^{a,b}Means within a row followed by different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

¹N = group kept at 21°C and fed a basal diet; H, H⁺B₁, H⁺B₂ = groups kept at 34°C and fed the basal diet supplemented with 0, 10⁶, or 10⁷ cfu/g of *Bacillus licheniformis*, respectively; n = 12 per group.

<표 3> 고온 열 스트레스 상황에서 산란계의 용모 길이와 용모간의 간격 길이 영향

Parameter	Intestinal segment	Day	Treatment ¹				SEM	P-value
			N	H	H ⁺ B ₁	H ⁺ B ₂		
Villus height (μ m)	Ileum	6	629.7 ^a	565.1 ^b	595.8 ^{ab}	611.4 ^a	8.74	0.023
		12	615.3	587.3	599.6	605.2	6.91	0.210
	Cecum	6	258.1 ^a	233.8 ^b	235.2 ^b	252.6 ^a	3.12	0.002
		12	263.7 ^a	236.3 ^b	249.9 ^{ab}	256.1 ^a	3.34	0.017
Crypt depth (μ m)	Ileum	6	143.8	156.3	154.3	149.0	2.05	0.109
		12	139.5	151.8	150.8	147.2	2.43	0.224
	Cecum	6	122.7 ^b	140.9 ^a	132.1 ^{ab}	124.3 ^b	2.18	0.013
		12	125.9	134.2	136.4	128.8	1.94	0.158
Villus:crypt	Ileum	6	4.43 ^a	3.65 ^b	3.92 ^{ab}	4.11 ^{ab}	0.097	0.028
		12	4.51	3.92	4.03	4.15	0.102	0.232
	Cecum	6	2.09 ^a	1.70 ^b	1.74 ^b	2.06 ^a	0.041	0.007
		12	2.08 ^a	1.66 ^b	1.87 ^{ab}	2.04 ^a	0.053	0.041

^{a,b}Means within a row followed by different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

¹N = the group kept at 21°C and fed a basal diet; H, H⁺B₁, H⁺B₂ = groups kept at 34°C and fed the basal diet supplemented with 0, 10⁶, or 10⁷ cfu/g of *Bacillus licheniformis*, respectively; n = 12 per group.

B-Act[®]로 Be Act (행동하라)!

정리하겠단. 그 전에 프로바이오틱스와 생균제는 어떻게 다를까? 프로바이오틱스는 생균제와 사균제를 통칭하는 말이다. 사균은 말 그대로 죽어서 분말화한 것으로 유익균의 세포벽 성분(parabiotics)과 유익균이 생성한 물질(postbiotics)을 다 함께 같이 만든 것이다. 당연히제도 생산, 운반, 보관이 용이한 것이 최대 장점이다.

휴브파마의 리체니포미스(B-Act[®]), 1.6 x 10¹² CFU)는 아포로 둘러싸인 포자형태로 제조된다. 즉, 균 자신이 스스로 자연캡슐인 아포로 보호하여 위산, 담즙산, 소화효소의 공격을 뚫고 소장하부까지 도달하여 몇 분 이내에 생식세포로 발아한다. 우리가 아는 바 대로, 대부분의 영양소를 흡수하는 소장은 위장과 가까운 곳은 호기성이다. 그러나 실질적으로 영양소가 흡수되어지는 곳은 심부 깊숙한 곳으로 혐기성 환경이다. 리체니포미스는 발아한 후 양쪽 모두에서 활발하게 서식할 수 있는 강력한 혐기, 장 전체에서 경쟁적 배제를 통해 유해균을 몰아내고 감소시켜 장 무결성(Gut integrity)를 달성한다.

이미 눈 앞으로 성큼 다가온 예견된 폭염의 2025년 여름, 걱정과 한숨 말고 휴브파마의 B-Act[®]와 함께 여러분의 산란계를 보호하고 농장의 경제성까지 잡는 복된 계절이 될 수 있기를 염원해 본다. ❶

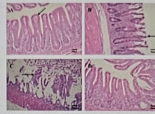
12일째에 약보합으로 지속됨을 보여준다.

II-1과 II-6은 염증성 사이토카인을 정량한 것인데, 코로나19 당시 뉴스에 백신을 맞으면 사이토카인 폭풍이 일어나서 백신 부작용이 심각하다 등의 말을 들어봤을 것이다. 사이토카인 자체는 면역물질을 전달하는 세포이지만, 그 중에서 인터루킨(Interkukin)은 백혈구를 포함하는 세포에서 분비되는 단백질이다. 즉, 백혈구가 관여한다는 것은 몸에 나쁜 물질이 생기거나 들어와서 그것을 죽이려 군대가 출동했다고 보면 되는데 II-1과 II-6는 염증이 관여한다. 그러니 이 두 가지가 늘어났다는 것은 체내에 열 스트레스로 염증이 발생했다는 두 번째 확실한 증거가 된다.

게다가 에너지 조절, 면역반응 및 스트레스 반응에 관여하는 코르티코스테론(Corticosterone)이 정상계군(N, 21도) 증가했다는 것은 부신 피질에까지 작용하여 항염증 반응을 시작해서 염증이 심각한 수준임을 나타내기도 하지만, 과도한 염증 반응은 질병을 초래하고 조직 손상까지 유발한다. 그래서, 작년 열 스트레스에 노출된 산란계와 종계(산란, 육용) 계군들이 가을철까지도 회복은커녕, 심각한 생산성 저하로 이어졌고 공급 불안정으로 시장은 시장대로 고생했으며, 저병원성 인플루엔자(LPAI)의 늪으로 빠져들었던 것이다. 계군의 열 스트레스는 결코 간과해서는 안 된다.

염증으로 끝나지 않는다. 그림 4는 소장 용모를

전자 현미경으로 관찰한 것인데 정상계군(N)의 A 사진과 대조적으로 무첨가(H) 계군의 B 사진에서는



<그림 4>
전자 현미경으로 관찰한 계군별 소장 용모 상태 (A: 정상계군, B/C: 무첨가 계군, D: 리체니포미스 첨가 계군)

장 용모 끝에서 점막 상피의 탈락을 관찰할 수 있다. 일부 용모는 C 사진에서 볼 수 있듯이 거의 형태를 구분할 수 없이 심각하게 훼손됨을 볼 수 있다. 하지만, 리체니포미스 107 cfu/g 첨가한 H+B2 계군의 장 용모(사진D)는 상대적으로 정상적인 편 아니라, 손상된 병변을 전혀 찾아볼 수 없음이 확인된다.

<표3>은 사진의 용모를 회장과 맹장에서 분리하여 그 길이와 깊이를 측정한 것을 보여준다. 무첨가(H)군은 용모(Villus) 높이가 깎여 짧아졌음에도 불구하고 깊이(Crypt depth)까지 깊어졌는데, 이는 용모 손상 뿐만 아니라 소장의 장벽까지 얇아졌다는 뜻이 된다. 즉, 단지 6일만의 폭염(34도) 만으로도 닭은 회복 불가능의 피해를 입었음을 알 수 있다. 이 때에도 리체니포미스를 107 cfu/g 첨가한 H+B2 계군은 사실 정상계군과 비교했을 때 거의 무의미한 수준의 차이를 보일 뿐이다.

<표 1> 고온 열 스트레스 상황에서 산란계의 생산성 비교

Parameter	Treatment ¹					SEM	P-value
	N	H	H ⁺ B ₁	H ⁺ B ₂			
Egg production (%)	79.51 ^a	50.69 ^c	60.07 ^{bc}	74.35 ^{ab}	3.37	0.005	
Egg weight (g)	60.80	58.52	59.02	59.71	0.45	0.323	
Feed intake (g/bird per day)	124.32 ^a	95.74 ^c	102.35 ^{bc}	110.28 ^b	3.68	0.009	

^{a-c}Means within a row followed by different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

¹N = group kept at 21°C and fed a basal diet; H, H⁺B₁, H⁺B₂ = groups kept at 34°C and fed the basal diet supplemented with 0, 10⁶, or 10⁷ cfu/g of *Bacillus licheniformis*, respectively; n = 12 per group.