

"הצד האפל של האור": זיהום אור והשפעתו על ביצועים ויעילות ייצור של פרות ובני בקר

**עד כמה משפיע צמצום האור
בלילות והאם לתאורת לילה השפעה
על ביצועי הפרות ברפת?
ד"ר אביב אשר במאמר על תופעה
שלא ממש מוכרת, אך בהחלט
קיימת •**



ד"ר אביב אשר

| מו"פ צפון, מרכז ידע גליל עליון

החשיכה בשעות הלילה, היא חלק טבעי ובלתי נפרד ממעגל החיים של בני האדם, בעלי החיים והצמחייה בטבע. אך עם זאת, ככל שהאנושות מתקדמת, הולכת החשיכה ומצטמצמת, בגלל השימוש הנרחב והבזבזני בתאורה.

בעקבות המידע המדעי המצטבר בשנים האחרונות על ההשפעות מרחיקות לכת של תאורה מלאכותית קצרה גל על בריאות האדם, הגדיר לאחרונה ארגון הרופאים האמריקאי את המונח "זיהום אור", שקבע שאור מלאכותי בלילה מזיק לבני אדם, מאחר והוא פוגע בייצור הנוירו-הורמון מלטונין ומשבשש ריתמוס (קצב) ביולוגי. לאור זאת זכה המונח "זיהום אור" להכרה בינלאומית ומעורר עניין רב בהקשר של השפעותיו על בריאות בני האדם. בעשור האחרון מהנדסים, יצרני תאורה, ואנשי הגנת הסביבה גרמו להתייעלות האנרגטית באמצעות תאורה חסכונית, הממירה יותר אנרגיה חשמלית לאור ופחות לחום, תוך חסכון באנרגיה חשמלית והפחתה בפליטת פחמן דו חמצני לאוויר. אמנם, התאורה חסכונית מבחינת צריכת חשמל (תאורת LED, ופלורסנט קומפקטית) אך ספקטרום האור הנפלט מתאורה זו הוא בעיקר של אורכי גל קצרים (490-460 ננומטר) המדכאות כמעט באופן מוחלט את ייצור הנוירו-הורמון מלטונין בבלוטה האצטרובלית. למלטונין חשיבות בהסדרת השעון הביולוגי, במערכת החיסון, בוויסות השינה, בבקרת וויסות החום, בבקרה על מערכת הרבייה ובהסדרת העונתיות. מחקרים בבני אדם ובעכברים הראו כי הירידה ביצור המלטונין, מושפעת מאורך הגל, מהעוצמה וממשך החשיפה לאור בשעות הלילה.

לאחרונה הגדיר ארגון הרופאים האמריקאי את המונח "זיהום אור", שקבע שאור מלאכותי בלילה מזיק לבני אדם, מאחר והוא פוגע בייצור הנוירו-הורמון מלטונין ומשבשש ריתמוס (קצב) ביולוגי



פרה עם חגורת קצב לב ברפת יגור

האדם) מתרחשות פעילויות ביולוגיות תלויות זמן בעלות מחזוריות יומית בכל הרמות – החל מהאורגניזם השלם ועד לרמה המולקולארית, המתוזמנות על ידי השעון הביולוגי השוכן בגרעין העל-תצובתי (SCN) בהיפותלמוס, מעל לתצובת של עצבי הראיה המגיעים מהעיניים. השעון בנוי מתאי עצב ואת המידע על אור וחושך הוא מקבל מתאי הרשתית שבעין. מהשעון הביולוגי מועבר המידע לבלוטה האצטרובלית המייצרת את המלטונין ("הורמון החושך"). שמגיע לזרם הדם ומעביר את "מסר החושך" לכל תאי הגוף. מבחינה אבולוציונית, המלטונין היא מולקולה עתיקה מאד באורגניזמים ובעלת תפקוד מגוון, למשל כחומר נוגד חמצון יעיל ביותר (בעולם החי והצומח). בעשור האחרון מתרבות ההוכחות לכך שמלטונין משפיע באופן ישיר על תגובת המערכת החיסונית לפתוגנים, הן באמצעות גיוס תאי דם לבנים והן ע"י פגיעה ישירה בחיידקים. ייצור המלטונין מגיע לשיא באמצע הלילה והינו תהליך מאוד רגיש, כך שגם כמות קטנה של אור מלאכותי בעל אורך גל קצר יכולה לשבש את ייצורו. אורך גל קצר מוגדר בטווח שבין 460-490 ננומטר, והוא דומיננטי בתאורה חסכונית מסוג LED לבן. לעומת זאת, וחשוב להדגיש – תאורה בעלת אורכי גל ארוכים, בטווח שבין 620-780 ננומטר (אור אדום) אינה משבשת את ייצור המלטונין.

הסיכונים בתאורת לילה

מהו הסיכון בחשיפה ממושכת לתאורת LED בשעות הלילה? הבסיס לאיום הבריאותי והיצרני נעוץ בעובדה כי תאורה מלאכותית בלילה מפרה את התפקוד התקיין של השעון הביולוגי, המסנכרן פעילויות ביולוגיות תלויות-זמן, בעלות מחזוריות יומית; תהליכים אלו קשורים קשר הדוק עם פעילות מערכת החיסון, חילוף חומרים, ויסות החום והוצאת אנרגיה, התפתחות עוברית, התבגרות מינית והזדקנות. בניסוי בו נבחנה השפעת התאורה המלאכותית בלילה על גורי חולדות נמצאה פגיעה בחילוף החומרים הבסיסי בגוף שהתבטאה בירידה ברמתם של הורמון הגדילה ואינסולין, הורמונים החשובים בהתפתחות ומטבוליזם תקיין של הגוף. מחקרים רבים מעידים על כך שפגיעה במחזוריות השעון הביולוגי יכולה לגרום נזקים מידיים כגון פגיעה באורך ובאיכות השנה והחלשת המערכת החיסונית. נזקים ארוכי טווח עלולים להתבטא בתחלואה כרונית כתוצאה מרגישות לזיהומים,



סככה מוארת בתאורת LED אדומה



סככה מוארת בתאורת LED לבן

האם תאורת הלילה ברפתות פוגעת בביצועי הפרות?

לעומת הידע הקיים על השפעות התאורה המלאכותית על בני אדם, קיים מחסור משמעותי בידע הנוגע להשפעות התאורה החסכונית קצרת הגל (תאורת LED בעיקר) (על מערכות פיזיולוגיות שונות בחיות משק. מידע ביולוגי מסוג זה יכול לחולל שינוי במדיניות התאורה ברפת, הנוגע למשך הזמן, עוצמת וסוג התאורה.

רוב הרפתות בארץ מוארות דרך קבע בשעות הלילה ולאחרונה מתגברת הבנייה של סככות חדשות, בהן מותקנת בשפע תאורת LED הפולטת אור באורך גל קצר במהלך הלילה. האם אנו עלולים לפגוע בביצועי הפרות? האם קיים ערך מקסימאלי לעצמת אור בשעות הלילה (נמדד ביחידות LUX) אשר מעליו נפגעים הביצועים? ומה תרומתו של אור קצר גל (דומיננטי בתאורת LED) בפגיעה ביעילות הייצור של הבקר? מתוך סקר שערךנו במספר רב של רפתות ודירים בארץ עולה שהסיבות להארה של בע"ח בשעות הלילה (לאחר סיום חליבת ערב) נובע בעיקר מהחשיבה שיותר אור משמעו שהפרות יאכלו יותר ולכן יניבו יותר חלב, כמו כן יש צורך בהארה בלילה בכדי שהפרות יראו את המזון (תפישה שגויה היות ולפרות ראיית לילה מצוינת), זיהוי אירועים חריגים בסככות, שיקולי בטחון (מניעת גניבות בקר) והרגל מן העבר. השאלה הנשאלת היא מהי השפעת תאורת ה-LED בלילה ומהן ההשלכות על ביצועי הפרות, בריאותן ורווחתן. הבה ונרחיב: בבע"ח שונים (כולל



מדידת צריכת מזון פרטנית בתחנת המחקר נווה יער



עגלים יונקים במלונות פרטניות בניסוי השפעת תאורה מלאכותית בתקופת היניקה

בעת בניית סככה חדשה, או בעת שדרוג מערך התאורה בסככות, יש להשקיע מחשבה באשר לעוצמה, סוג ומשך האור בשעות הלילה

השמנה, ואף לגרום לגידולים סרטניים כגון סרטן השד וסרטן המעי הגס בבני אדם. יש להבדיל בין מחקרים העוסקים בהשפעת תאורה מלאכותית לבין מחקרים העוסקים בנושא השפעת פוטו-פריודה במע"ג: עיקר המחקר בעשורים האחרונים עסק בפוטו-פריודה (השפעת העונתיות), והתמקד בהשפעת אורך היום ושינוי באורך היום על פרמטרים יצרניים. התקבל שמשטר תאורה של יום ארוך בתחילת התחלובה הגביר את תנובת החלב ב-2-3 ק"ג/יום, כשהאפקט החיובי נמשך לאורך כל התחלובה. השפעה דומה התקבלה בכבשים ובעיזים. כמו כן, נמצא שפרות שנחשפו ליום קצר בתקופת היובש ייצרו בתחלובה העוקבת בממוצע 2.3 ק"ג/ליום יותר חלב מאלו אשר נחשפו ליום ארוך. נראה שלמשך שעות החושך משמעות יצרנית בפרות חלב; פחות ידוע על השפעת סוג התאורה, אורך הגל ועוצמתה על ביצועים אלו.

ניסוי ותוצאות ראשוניות

בימים אלו מתבצע ניסוי ברפת יגור, אשר בא לבחון את השפעת תאורת LED אדום בהשוואה לפרות שנחשפות לתאורת LED לבן ולפרות שנחשפות לחושך בשעות הלילה. מתוצאות השנה הראשונה של הניסוי עולה שההשפעה של האור המלאכותי קצר הגל בלילה התבטאה בירידה בחלב ובמשקל גוף כאשר פרות שנחשפו לאור לבן מסוג LED ירדו באופן המשמעותי ביותר בייצור החלב ובמשקל הגוף לעומת פרות שלא נחשפו לתאורה מלאכותית בלילה. כמו כן נמצא שהייתה השפעה משמעותית ביותר לתאורה המלאכותית על הרכב החלב וחשיפה של פרות לתאורה מלאכותית קצרה גל גרמה לירידה באחוז השומן והעלתה באופן מובהק את כמות התאים הסומטיים בחלב. בהיבט של יעילות ייצור נמצא

שאור מלאכותי בלילה גרם לירידה ביעילות ניצולת המזון של הפרות ושינויי של משטר תאורה ממאר לחושך העלה את יעילות ניצולת המזון. כמו כן נמצא שחשיפה של הפרות לאור קצר הגל גרמה לעליה של קצב הלב לעומת ירידה בקצב הלב של פרות שעברו ממשטר מואר למשטר חשוך, תוצאה זו משתלבת עם ממצאים נוספים מניסויים בעכברים, בעגלים ובבני אדם שהראו שקצב הלב עולה בחשיפה לאור לבן קצר גל כתוצאה מדיכוי הפרשת המלטונין בעקבות חשיפת העין לאורכי גל קצרים. בתנאי חשוכים הפרשת המלטונין גוברת במהלך הלילה וגורמת לירידה בקצב הלב, לחץ הדם וטמפרטורת הגוף של יונקים יומיים. המשמעות של עליה בקצב הלב היא עליה בדרישות לקיום בשעות ביממה שבהן הפרות אמורות להיות במצב אנרגטי "חסכוני" המתבטא בין היתר בירידה בקצב הלב, לחץ דם, מטבוליזם וטמפרטורת גוף בשעות החשכה. לפיכך אנו משערים שחשיפה של הפרות לאור קצר גל גרמה לעליה בהוצאת האנרגיה שהתבטאה בקצב לב גבוה יותר. עליה בהוצאת האנרגיה משמעה שיותר אנרגיה נותבת לדרישות לקיום ופחות אנרגיה נותבת למסלול ייצור החלב שהתבטא בירידה ביעילות הייצור בקרב פרות שנחשפו לאור קצר גל בלילה.

מעבר לפרות הבוגרות, גם בני הבקר הצעירים נחשפים מיד לאחר שנולדים לאור המלאכותי קצר הגל לאורך כל שעות היממה היות ורוב היונקים בארץ מוארות. בבעלי חיים ממחלקת היונקים, השעון הביולוגי מתחיל להתפתח בשליש האחרון של ההיריון, ומגיע להבשלה ולפעילות מלאה בתקופת הגמילה מחלב. כלומר, התקופה בה חשופים העגלים לתאורה מלאכותית במהלך הלילה היא אותה תקופה בחיי העגל שבה השעון הביולוגי מצוי עדין בשלבי התפתחותו. האם התאורה המלאכותית בשעות הלילה הנפוצה ביונקיות עלולה לפגוע



מדית הוצאת האנרגיה בעגלים באמצעות מדית קצב לב וצריכת חמצן

שנחשפו בינקותם לאור קצר גל בלילה המשיכו בבגרותם לאכול יותר ולגדול פחות יחסית לעגלים שנחשפו לתנאים חשוכים. כלומר הפגיעה בבשלות השעון הביולוגי בגיל הינקות באה לידי ביטוי גם בחייו הבוגרים של בעל החיים. תוצאה ייחודית זו, מדאיגה במיוחד לאור החשיפה של תינוקות וילדים כבר מגיל מאוד צעיר למכשירים רבים הפולטים אור קצר גל (מסכי הפלאפון, טלוויזיות, טבלטים וכו') ולתאורה הביתית המכילה ברובה תאורת LED. בהיבט החקלאי, תוצאות המחקר מצביעות על כך שניתן לשער כי גידול עגלים יונקים ללא תאורה מלאכותית בלילה יוזיל את עלויות הגידול בכך שישפר את יעילות ניצולת המזון של העגלים במשך כל תקופת הגידול, ויפחית את עלויות צריכת החשמל של המגדל. מעבר לכך, כפי שהוכח בניסויי ה"ל", תאורת ה-LED בלילה שיבשה את המקצב הביולוגי של הפרות והעגלים שהיו חשופים לאור (שיבוש שנראה בברור בקצב הלב לאורך היממה של החיה) כלומר זו הוכחה לכך שהתאורה הלילית על פרות ועגלים נכנסת להגדרה של "זיהום אור" הפוגע באופן חד משמעי ברווחת החיה. כלומר, תאורה מלאכותית קצרת גל פוגעת גם ברווחיות של המגדל (הפרות והעגלים היו פחות יעילים מבחינת הייצור) וגם ברווחת החיה עצמה!!!

לסיכום

בעת בניית סככה חדשה, או בעת שדרוג מערך התאורה בסככות, יש להשקיע מחשבה באשר לעוצמה, סוג ומשך האור בשעות הלילה. מחקרים שבדקו את השפעת עוצמת האור על פרות הראו שתאורה מתחת ל-LUX 40 אינה פוגעת בייצור המלטונין ואינה משפיעה על ביצועי הבקר. נראה שמעבר לרמה המינימאלית הדרושה לטובת בטיחות העובדים וזיהוי אירועים חריגים, אין צורך ואף מזיק להפריז בתאורה! ▲

תוצאות המחקר מצביעות על כך שניתן לשער כי גידול עגלים יונקים ללא תאורה מלאכותית בלילה יוזיל את עלויות הגידול בכך שישפר את יעילות ניצולת המזון של העגלים במשך כל תקופת הגידול, ויפחית את עלויות צריכת החשמל של המגדל

בביצועי היונקים? במספר ניסויים פרטניים שביצענו בשיתוף עם המחלקה לבקר לברר בתחנת המחקר נווה יער, בחנו את צריכת המזון וביצועי הגדילה של עגלים יונקים ועגלי פיטום, אשר שהו בלילה בתנאי חושך או בתנאי תאורת לילה (תאורת LED) ונמצא שהעגלים בתנאי תאורת לילה צרכו יותר מזון באופן מובהק, אך לא גילו ביצועי גדילה טובים יותר מקבוצת החושך; כלומר, נמצא שתאורת לילה מלאכותית קצרת גל בתקופת היניקה עלולה לגרום לירידה ביעילות ניצולת המזון ועליה בהוצאת האנרגיה גם בגיל הינקות. לאחר גמילה של עגלי הניסוי מחלב, אוחדו שתי הקבוצות (עגלים שנחשפו לאור ועגלים שנחשפו לחושך בלילה) והוכנסו להמשך גידול בסככה בעלת מערכת ניטור צריכת מזון פרטנית בתחנת המחקר נווה יער. בשלב זה של הניסוי (מגמילה ועד שיווק) כל העגלים נחשפו לתנאי חושך בלילה. באופן מפתיע, עגלים