مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (6) العدد(4) 2022
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (6) No. (4) 2022

# التأيين الاصطناعي للهواء في حظائر الدواجن وأهميته الصحية والإنتاجية

## " دراسة مرجعية "

**د. فهيم عبد العزيز ***
**د. بشرى العيسى ****

**(تاريخ الإيداع 14/ 12/ 2021 . قُبِل للنشر في 7/6/ 2022 )**

**□ ملخّص□**

هدف البحث إلى إلقاء الضوء على أهم التقانات الحديثة حول عملية تحجيم الهباء الجوي Aerosol في تحسين نوعية الهواء والحد من الغازات الضارة في مزارع الدواجن بما تحمله من ملوثات حيوية وغيرها من المخاطر والأضرار التي تؤثر سلباً على سلامة وصحة الهواء وعلى أداء الطيور وإنتاجها.

أظهرت نتائج الدراسات أن تأين الهواء له تأثير إيجابي على إنتاجية وصحة الطيور، فقد تحسن معامل تحويل العلف في دجاج اللحم بنسبة 9.8٪ ، كما حقق الدجاج، وخاصة الصيصان، مستوى أعلى في أوزانها عند تعرضها للهواء المؤين (Alonso *et al*.,2016) ، كما أظهرت الأبحاث أن تأين الهواء السالب له حسن من ظروف مساكن الدواجن، إذ أن زيادة عدد الأيونات من 1038 إلى 2194 /سم3 قلل الرطوبة النسبية للهواء من 48 إلى 46.3٪، مع انخفاض طفيف في درجة الحرارة تقريباً، كما تبيّن أن الزيادة في عدد الأيونات السالبة من 367 إلى 866 / سم3، وفي الأيونات الموجبة من 671 إلى 1328/ سم3 سبّب انخفاض درجة حرارة الهواء 0.5 درجة مئوية، وأن مستويات كلاً من الهيماتوكريت والهيموغلوبين تكون أعلى في الدجاج الموجود في مساكن ذات تأين هوائي، والذي بدوره أدى إلى تحسن في معايير الدم بناءً على زيادة عدد كريات الدم الحمراء ومحتوى الهيموغلوبين، كما تحسنت مناعة الجسم الكلية، لذلك تعد عملية تأيين الهواء حالياً من الاجراءات الهامة التي تسهم في تحسين الحالة الصحية والأداء الإنتاجي للطيور(Goel *et al*.,2005) .

**الكلمات المفتاحية:** تأيّن الهواء، الهباء الجوي، تأين الجسيمات الكهربائي، مزارع الدواجن.

* أستاذ في قسم علم الحياة - كلية العلوم - جامعة طرطوس
** مدرس في قسم الإنتاج الحيواني – كلية الزراعة - جامعة تشرين

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (6) العدد(4) 2022
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (6) No. (4) 2022

# Artificial ionization of air in poultry houses and its health and productivity importance "Reference study"

**Dr.. Fahim Abdel Aziz ***
**Dr.. Bushra Al-Issa ****

**(Received 14/ 12/ 2021 . Accepted 7/ 6/ 2022)**

**□ ABSTRACT □**

The aim of the research is to shed light on the most important modern technologies about the process of sizing Aerosol to improve air quality and reduce harmful gases in poultry farms, including vital pollutants and other risks and damages that negatively affect the safety and health of the air and the performance and production of birds.

The results of the studies showed that air ionization has a positive effect on the productivity and health of birds. The feed conversion factor in broiler chickens improved by 9.8%, and chickens, especially chicks, achieved a higher level in their weight when exposed to ionized air. Research also showed that negative air ionization improved poultry housing conditions, as the increase in the number of ions from 1038 to 2194 / cm3 reduced the relative humidity of the air from 48 to 46.3%, with a slight decrease in temperature approximately, and it was found that the increase in the number of ions Negative ions ranged from 367 to 866/cm3, and in positive ions from 671 to 1328/cm3 caused the air temperature to drop by 0.5°C, and the levels of both hematocrit and hemoglobin were higher in chickens housed with air ionization, which in turn led to an improvement in the parameters of The blood based on the increase in the number of red blood cells and hemoglobin content, and the overall body immunity improved. Therefore, the air ionization process is currently one of the important measures that contribute to improving the health condition and productive performance of birds.

**Key words**: air ionization, aerosols, electrostatic particle ionization, poultry farms.

* Professor in the Department of Biology - Faculty of Science - Tartous University
** Doctor in the Department of Animal Production - Faculty of Agriculture - Tishreen University

## المقدمة

يؤدي انخفاض جودة الهواء إلى تدهور الصحة وزيادة المستوى العام للمرض، والحقيقة أن أيونات الهواء سالبة الشحنة، والتي تسمى أيونات الهواء، ضرورية للإنسان والحيوان للحفاظ على حياة طبيعية، لأنها هي التي تضمن النشاط الأمثل لجهاز المناعة، وبالتالي الصحة، والجودة العالية ، ولأول مرة تم اكتشاف التأثير الإيجابي لأيونات الهواء على جسم الإنسان من قبل Chizhevsky الذي اعتقد أن الهواء بدون الأيونات السالبة مثل الطعام بدون فيتامينات أو ماء بدون أملاح، أي أن الأيونات السالبة هي نوع من "فيتامينات" الهواء، وبفضلها يكتسب ميزات مفيدة (Herbut *etal.*,1997) ، وبالتالي يمكننا أن نستنتج أن الهواء عالي الجودة عبارة عن هواء يحتوي على كمية كافية من أيونات الهواء، والهواء الذي يحتوي على كمية قليلة من أيونات الهواء مادة منخفضة الجودة لا تلبي احتياجات الجسم، ويمكن الحصول على أيونات الهواء السالبة في الهواء الداخلي بشكل مصطنع باستخدام أجهزة خاصة تسمى بالمؤينات، وهذه الهوائيات الاصطناعية في خصائصها متطابقة تمامًا مع الخصائص الطبيعية، وبالتالي فإن التأثير الفعلي للمؤينات على جسم الإنسان والحيوان قوي جدًا، وواضح، ويمكن مقارنته بتأثير هواء الجبل النظيف أو المنتجع البحري، نظرًا لأن التأثير الإيجابي للمؤينات هو إنشاء بيئة هواء خاصة تحتوي على أيونات الهواء *etal.*, (Zhao Yang 2017) .

## أهمية الدراسة وأهدافها:

يعد تحسين نوعية الهواء والحد من الغازات الضارة في مزارع الدواجن، وفهم الآلية والأدوات التي تتحكم بذلك من المسائل التي تشغل الباحثين وتحثهم على القيام بالتجارب المستمرة لتجنب انتشار الجسيمات الدقيقة بما تحمله من ملوثات حيوية وغيرها من المخاطر والأضرار التي تؤثر سلباً على سلامة وصحة الهواء وعلى أداء الطيور وإنتاجها، ومن الطرق المتبعة لتحقيق هذه الغايات الفلترة والترشيح والتأيين الاصطناعي أو مولدات الشوارد الكهربائية (المؤينات) التي توضع في مزارع الدواجن.

لذا هدفت هذه الدراسة إلى إلقاء الضوء على تأثير تأين الهواء وعملية تحجيم الهباء الجوي على الكائنات الحية والبيئة المحيطة بها، وكذلك تأثير الحرارة والرطوبة على شروط تركيز الأيونات السالبة في مزارع الدواجن، والتي تعد من التقانات الحديثة في مجال تبعثر الشوارد من خلال النبذ الكهربائي، وبعثرة الجسيمات الساكنة. وزيادة الأيونات السالبة التي تؤدي إلى ترسب الجسيمات الدقيقة والشوائب والقطيرات والأحياء الدقيقة المحمولة بالهواء، مما يؤدي لتنقية الهواء وتحسين مستوى الحالة الصحية في مزارع الدواجن الذي ينعكس إيجابياً على صحة الطيور وأدائها الإنتاجي، ويخفف من حالات الصدمة والإجهاد عند الطيور كما يلعب دوراً هاماً في الأمن الحيوي والبيئي والصحة العامة.

## الدراسة المرجعية:

يعد التأيين من التقنيات الحديثة المستخدمة لإزالة المواد الدقيقة العالقة من الهواء، إذ تعمل الشوارد كنوى تكثيف للدقائق الصغيرة والتي تكبر وتترسب عند التصاقها ببعضها، حيث يكون تركيز الشوارد كقاعدة عامة في الأماكن الداخلية المغلقة، أقل مما هو في الأماكن المفتوحة في حال لم يكن هناك مصادر إضافية للشوارد، ومن هنا يأتي الاعتقاد بأن زيادة تركيز الشوارد السالبة للهواء الداخلي يحسن نوعية الهواء، وتؤكد بعض الدراسات استناداً إلى البيانات

الوبائية والأبحاث التجريبية التي تم التخطيط لها بأن زيادة تركيز الشوارد السالبة في بيئات العمل يؤدي إلى تحسن الحالة الوظيفية وزيادة الكفاءة الحيوية (Herbut et al. 2018).

تتولد أيونات الهواء وتتلف باستمرار من خلال عمليات مختلفة في الغلاف الجوي, بالقرب من السطح تكون طبيعة الأيونات معقدة للغاية وتظهر اختلافات كبيرة في خواصها الفيزيائية. يعتمد ارتباط الأيونات الصغيرة بجزيئات الهباء على حركة أيونات الهواء، إذ يتم توصيل أيونات الهواء عالية الحركة على الفور بجزيئات الهباء الجوي وتستقر على السطح (Pawar et al., 2012) وفي ذات الدراسة، تم الإبلاغ عن تباين أيون الهواء في مواقع مختلفة مثل المناطق الريفية والساحلية والجبلية والمناطق المأهولة ومزرعة الدواجن في ولاية ماهاراشترا Maharashtra في الهند، وكان الهدف من هذه الدراسة هو فهم التوزيع المعقول لأيونات الهواء على حد سواء نهاراً وفي أوقات مختلفة في اليوم لفترة طويلة (ثلاث سنوات) ومتغيرات أرصاد جوية مختلفة، و أظهر التحليل الأولي للبيانات أن أيونات الهواء السالبة مرتبطة بجزيئات الهباء الجوي، وأن جزيئات الهباء الجوي الكبيرة تتكون من جزيئات الهباء الجوي الصغيرة، لذلك لوحظ أن عامل القطبية الأحادية أقل من وحدة/سم3 للمواقع الساحلية والجبلية والريفية وحوالي 2.8 وحدة / سم3، في موقع حضري، ومع ذلك، لوحظت أسوأ حالة في مزرعة الدواجن المدروسة، حيث بلغ عامل القطبية الأحادية 6.3 وحدة / سم3، وهو أمر ضار جداً بصحة الإنسان، وأيضاً هناك تأثير لبارامترات الأرصاد الجوية على تركيز أيون الهواء في الغلاف الجوي.

يمكن لجزيئات الغاز المفرزة من الغلاف الجوي أن تتشرد سلبياً عبر اكتساب الإلكترونات أو إيجابياً عبر فقد الإلكترونات، ومن أجل أن يحدث ذلك يجب على الجزيء الموجود أن يكتسب أولاً طاقة كافية تسمى عادةً طاقة التشرد، لذلك تميل الشوارد للاحتفاظ من خلال إعادة تركيبها ويعتمد نصف حياتها على حجمها، كما يتناسب عكساً مع حركتها، ويكون عدد الشوارد السالبة أقل من الناحية الإحصائية ونصف عمرها عدة دقائق، بينما يكون عدد الشوارد الموجبة أكبر ونصف عمرها حوالي نصف ساعة.

(Brixey *et al.* 2002; Siņicina And Martinovs. 2017)

تعتبر الشحنة الفراغية حاصل لقسمة تركيز الشوارد الموجبة على تركيز الشوارد السالبة، وتكون قيمة هذه العلاقة أكبر من واحد، وهي تعتمد على عدة عوامل كالمناخ والمكان وفصل السنة، ويمكن لهذا العامل في الفراغات الحية أن يكون أقل من الواحد، وتتباين تراكيز الشوارد حسب الشروط الجوية والبيئية، ففي المناطق ذات التلوث القليل يزداد تركيز الشوارد الصغيرة، وفي مستويات الرطوبة العالية يكون هناك فرط للشوارد الكبيرة، وبشكل عام يكون متوسط تركيز الشوارد السالبة والموجبة في الهواء النظيف هو 500 و 600 شاردة / سم3 على التوالي (Brixey *et al.* 2002).

يحدث تراكم للشوارد الكبيرة غالباً في المناطق المغلقة التي لا يوجد فيها عوامل تشرد، كما ينخفض تركيز الشوارد السالبة أيضاً بشكل ملحوظ في مثل هذه الأماكن وفي المناطق الملوثة والمغبرة، كما أن فرط الرطوبة يكثف الشوارد، أما نقصها فيخلق بيئات جافة مع كميات ضخمة من الشحنات الكهربائية الساكنة التي تتراكم في الأماكن وعلى الأفراد، وتمتلك الشوارد السالبة الصغيرة تأثيراً حيوياً كبيراً بسبب حركيتها، ويمكن للتراكيز العالية من الشوارد السالبة أن تقتل أو تعيق نمو العضويات المجهرية الممرضة وليس لها أي تأثيرات سلبية (Wallner *et al.*, 2015).

تقترح بعض الدراسات بأن التعرض للتراكيز العالية من الشوارد السالبة يحدث تغيرات فيزيولوجية وبيوكيميائية تتعلق بعملها كمرخيات ومخفضة للتوتر والإجهاد، كما تحسن من التنبيه وتقلل من تأثير زمن الارتكاس، وتعزى هذه التأثيرات إلى تثبيط الهرمون العصبي (HT) وتثبيط الهيستامين في البيئات المحملة بالشوارد السالبة ، وفي دراسة للبيولوجيا الهوائية وبفحص العديد من العينات تم عزل الفيروسات المعلقة في الهباء الجوي والظروف البيئية المؤثرة عليها (Daniel *et al*. 2008).

**الأهمية الصحية والطبية للأيونات السالبة** The health and medical importance of negative ions

في أنظمة إيواء الحيوانات الحالية، بما في ذلك الدواجن وخاصة مساكن الفرّوج، لا يمكن تحقيق مستويات إنتاج عالية ما لا يتم توفر ظروف بيئية مناسبة داخل الحظيرة، فقد أظهرت الأبحاث أن المناخ المحلي لا يتحدد بواسطة الجسيمات الدقيقة في الهواء فقط، ولكن أيضًا بدرجة تأينه (Arnold, 2004; Herbut *et al*., 1997a; Kellog, 1984; Nizioł, 1987; Janowski *et al*., 1989)، إذ تؤثر الأيونات على الجسم من خلال الجهاز التنفسي والجلد، وبيّنت دراسات مختلفة مجموعة متزايدة من الأدلة على أن الأيونات السالبة لها تأثير إيجابي على الكائن الحي (Asaj, 1987; Iwama, 2004; Laza and Bolboacă, 2008; Lenkiewicz *et al*., 1989)، كما ذكرت دراسة (Herbut *et al*. 1995) بأن مستويات كلاً من الهيماتوكريت والهيموغلوبين تكون أعلى في الدجاج الموجود في مساكن ذات تأين هوائي، والذي بدوره أدى إلى تحسن في معايير الدم بناءً على زيادة عدد كريات الدم الحمراء ومحتوى الهيموغلوبين، كما تحسنت مناعة الجسم الكلية نتيجة النشاط البلعمي العالي للبلعميات الجوالة ونشاط الليزوزيم في مصل الدم، كما أظهرت أبحاث الدواجن أن تأين الهواء له تأثير مفيد على جميع وظائف الطيور المدروسة تقريبًا (Herbut *et al*. 2018)، كما أبلغ Asaj (1987) عن تحسن بنسبة 9.8٪ في كفاءة تحويل العلف في دجاج اللحم، كما لاحظوا أن الدجاج، وخاصة الصيصان، وصلت إلى مستوى أعلى في أوزانها عند تعرضها للهواء المؤين بالمقارنة بنظرائها من الشاهد، إذ يمكن أن يرتبط هذا مع تحسين وظيفة القلب والأوعية الدموية وتبادل الهواء نتيجة لارتفاع نسبة الهيماتوكريت ومستويات الهيموغلوبين، كما أبلغ أيضاً أن تأين الهواء يمنع متلازمة الموت المفاجئ ، وبالتالي تقلل من خسائر في مزارع الفرّوج (Herbut *et al*. 1995)، وبحسب (Laza and Bolboacă, 2008) فإن التأين له أيضاً تأثير إيجابي على قابلية الفقس، ويعتمد التطور الجنيني على مدة وشدة الهواء سالب الشحنة مع الاستخدام طويل المدى، ويمكن أن تكون التراكيز غير المعتدلة ضارة بالتطور الجنيني، على الرغم من التعرض القصير له آثار مفيدة خاصة في الفترة الثانية للتفريخ وله تأثير مفيد على قابلية فقس أجنة الدجاج (Laza, 2010; Patil *et al*. 2014).

قد يكون تأين الهواء عاملاً بيئياً يسهم في تحسين الأداء في مساكن الحيوانات وفقًا لـ (Ritz *et al*. 2006)، ويعتمد تأثير تأين الهواء في جسم الحيوان على حجم وقطبية وتركيز الأيونات في الهواء، وكذلك على الخصائص الفيزيائية والكيميائية لحاملات الأيونات، إذ تعمل الأيونات السالبة في الهواء على تسريع التفاعلات البيولوجية في الجسم، مما يحسن راحة ورفاهية كلا البشر والحيوانات، وأفادت دراسة (Hagen, 2012) التي أجريت على المواليد الحديثة للخنازير، بأن زيادة الوزن يوميًا تغيرت بشكل ملحوظ بنسبة (12.2٪) لصالح الحيوانات المعرضة للهواء المتأين مقارنة بحيوانات الشاهد، وكان أيضاً للتأين تأثير إيجابي على الفطام وزاد تحسن صحة ووزن الخنازير بنسبة 9.3٪، بالإضافة إلى ذلك يعمل تأين الهواء السلبي على تحسين ظروف المناخ المحلي في مباني مزارع الحيوانات، والتي تترجم مباشرة إلى تحسين صحة وإنتاجية حيوانات المزرعة.

**عوامل المناخ المحلي المؤثرة في تركيز الأيونات السلبية في هواء الحظائر:**

**1- الحرارة**

يجب أن تكون مساكن الحيوانات مستقلة بما يكفي لضمان الاستقرار الأمثل للمناخ المحلي ضمنها، بما في ذلك الظروف الحرارية، وهذا يؤثر ليس فقط على راحة الحيوانات، ولكن أيضًا على تركيز الأيونات، فقد لاحظ (Herbut *et al*. 1997b) أن تأين الهواء المطبق أثناء رعاية الدجاج في ظروف حظيرة انخفضت فيها درجة الحرارة بمقدار 10 مْ، مما أدى إلى زيادة تركيز الأيونات السالبة بحوالي 50٪ مقارنة مع ظروف حظيرة كان فيها ارتفاع درجة حرارة الهواء (37 مْ – 23 مْ )، وهذا يدل على أن ارتفاع درجة حرارة الهواء هو عامل يؤثر سلباً على تركيز الأيونات السالبة، وتعد هذه المعلومات ضرورية للحفاظ على البيئة المادية للهواء المؤين بشكل صحيح (Wakamura *et al*. 2004). ووفقًا لـ Walczak and Herbut (2000) فإن لدرجة الحرارة المحيطة التأثير الأكبر على الإنتاج، فتأثير درجة الحرارة كنتيجة للتغيرات في معدل الأيض، تنعكس على درجة الحرارة المتبادلة بين الحيوان وما يحيط به، إذ يؤدي الفشل في توفر درجة حرارة مناسبة إلى زيادة معدلات الإصابة بالأمراض، وانخفاض كمية العلف المتناولة والوزن المكتسب، وزيادة فترة التسمين، بالتالي الحصول على نسبة عالية من الدهون وزيادة السمنة، وايضاً مشاكل في التناسل وقلاء الجهاز التنفسي respiratory alkalosis، وفي دراسة (Herbut *et al*. 1997b) عند رعاية الدجاج في حظيرة ذات درجة حرارة هواء أعلى وتركيز أقل من الأيونات السالبة كانت تتميز بانخفاض ملحوظ في مستوى هرمونات الغدة الدرقية مقارنة بالطيور في حظيرة ذات درجة حرارة منخفضة، وهذه النتائج تدعم نتائج (Brigmon and Mather, 1992) الذي أظهر أن ارتفاع درجة حرارة الهواء يقلل من نشاط الغدة الدرقية. و من الملاحظ أن التأين السالب للهواء يعوض التأثير الضار لارتفاع درجة الحرارة على الدجاج والتي لها أهمية عملية كبيرة، و من ناحية أخرى تبيّن أن الزيادة في عدد الأيونات السالبة من 367 إلى 866 / سم3، وفي الأيونات الموجبة من 671 إلى 1328/ سم3 يسبب انخفاض درجة حرارة الهواء 0.5 درجة مئوية (Wallner *et al*. 2015).

**2- الرطوبة:**

تقدر الرطوبة المنتجة من الحيوانات في الهواء المحلي للحظائر بحوالي 75٪ من إجمالي رطوبة الهواء، وتؤثر هذه الزيادة على تنظيم حرارة الجسم ومعدل تبخر الماء، وبالتالي في التمثيل الغذائي، وبذلك تنخفض الإنتاجية وكذلك مناعة الحيوانات، فقد زادت الرطوبة المرتفعة من تناول العلف بنسبة 30٪ وخفضت زيادة الوزن بنسبة 25٪ في تسمين الخنازير (Huynh *et al*., 2005; Alonso *et al*., 2016).

تعد الدراسات قليلة بشكل عام حول تأثير التأين على مستويات الرطوبة في الهواء أو تأثير محتوى بخار الماء على تركيز الأيونات، فقد أظهر دراسة (Wallner *et al*. 2015) أن زيادة عدد الأيونات من 1038 إلى 2194 /سم3 يقلل الرطوبة النسبية للهواء من 48 إلى 46.3٪، مع انخفاض طفيف في درجة الحرارة (بمقدار 0.5 درجة مئوية)، ويصعب تفسير هذه المشكلة بسبب العمليات الفيزيائية الكيميائية المعقدة التي تحدث في الهواء. في الدراسة التي أجراها (Herbut *et al*. 1997 a)، تبين أن استخدام التأيين الاصطناعي للهواء في مساكن الدواجن عند مستوى الرطوبة 55٪ و 85٪ أظهر انخفاض تركيز الأيونات

السالبة بحوالي 50٪ عند المستويات الأعلى للرطوبة، مما يعني أن رطوبة الهواء المرتفعة تؤثر سلبًا على تركيز الأيونات السالبة.

كما بيّنت دراسة (Herbut *et al*. 1997a)، وبالرغم ومن وجود نسبة الرطوبة المنخفضة، بأن التركيز الأعلى للأيونات السالبة يستمر حتى الأسبوع الثالث من الرعاية، ومع بداية الأسبوع الرابع من عمر الطيور ينخفض تركيز الأيونات بشكل واضح، ومن المحتمل أن يكون هذا مرتبط بزيادة تلوث الهواء بالشوائب والجسيمات الصلبة، ففي المساكن ذات الرطوبة العالية وبدون التأين الاصطناعي للهواء كان هناك أقل نسبة من الأيونات السالبة، بينما كانت الأيونات الموجبة موجودة أيضا، الأيونات السالبة والموجبة كلاهما أقل لكن أكثر حركة، وخلال الفترة الأولى من الرعاية تميز دجاج هذه المجموعة أيضًا بتركيز أعلى من هرمون ثلاثي يودوثيرونين Triiodothyronine ومحتوى أقل من هرمون الثيروكسين Thyroxine، وقد اختفت هذه الاختلافات في فترة الرعاية الثانية، والتي بيّنت أن الطيور الفتية أكثر حساسية، فتأين الهواء مفيد من أجل تقليل التأثير السلبي للعوامل البيئية غير المثلى (Herbut *et al*. 1997).

**3- عمر الطيور والوزن الحي :**

أظهرت الأبحاث التي أجريت على الحيوانات أن تأين الهواء السالب له تأثير إيجابي على جميع وظائف الجسم تقريباً، وتؤكد هذه الملاحظات من النتائج التي تم الحصول عليها لوزن الجسم وتناول العلف والجودة، إذ اتسمت ذبائح الدجاج المعرضة لتركيز أعلى من الأيونات السالبة بنسبة أعلى من العضلات وانخفاض نسبة الدهون ; (Pawar *et al*, 2012; Wakamura *et al*., 2004 Jovanić and Jovanić,. 2001).

## مواد وطرائق العمل:

### المؤينات الاصطناعية : Synthetic ionizers

مؤينات الهواء عبارة عن أجهزة تستخدم تيار جهد عالي لتأيين جزيئات الهواء أو شحنها كهربائياً، ومعظم المؤينات التجارية مصممة لتطلق أيونات سالبة، فالإيونات السالبة هي جزيئات لها إلكترون إضافي أو أكثر مما يعطي الجزيء شحنة سالبة، يحدث تأين الهواء بسبب التفاعل الكهرومغناطيسي لجسيمين، وبالنتيجة جسيم واحد يكتسب طاقة كافية لإطلاق إلكترون، ثم يتحد الإلكترون المنطلق عن طريق التأين في وقت قصير جدًا مع الجسيم المحايد كهربائيًا لتكوين أيون سالب، أو مع جسيم موجب الشحنة لتحييد شحنتها (Kolarž *et al*., 2012; Pająk, 2012; Wiszniewski and Suchanowski, 2008).

تقوم مولدات الشوارد بتشرد الهواء عن طريق نقل كمية ضخمة من القدرة من مصدر كهربائي، والمولدات الكهربائية مصنوعة من إلكترود مدبب محاط بتاج، حيث يزود الإلكترود بفولتاج سلبي من آلاف الفولتات فيتم تأريض التاج، وتطرد الشوارد السالبة، بينما تنجذب الشوارد الموجبة إلى المولد، ويزداد مقدار الشوارد السالبة المتولدة بالتناسب مع الفولتاج المطبق وعدد الإلكترودات الذي يحتويه، وتعد المولدات التي تملك عدداً أكبر من الإلكترودات وتستخدم فولتاج أقل أكثر أماناً، فعندما يتجاوز الفولتاج 8000 إلى 10000 فولت فإن المولد لن ينتج الشوارد فقط بل ينتج الأوزون وبعض أكاسيد النيتروز الأخرى ويتم تبعثر الشوارد من خلال النبذ الكهربائي (Brixey *et al*. 2002).

تعتمد هجرة الشوارد على اصطفاف الحقل المغناطيسي المتولد بين نقطة الانبعاث والأجسام التي تحيط به،

ويكون تركيز الشوارد المحيطة بالمولدات غير متجانس، فهو يقل بشكل ملحوظ مع ازدياد البعد عنها، وتزيد المراوح المركبة في هذه التجهيزات من منطقة التبعثر الشاردي، وقد تكون المولدات أيضاً معتمدة على الماء المزود أو على التأثيرات الكهرحرارية أو على الأشعة فوق البنفسجية، ويمكن أن تركب على السقوف أو يمكن أن يتم وضعها في أي مكان إذا كانت من النمط الصغير القابل للحمل (Brixey *et al*. 2002).

تقاس الشوارد بوضع لوحتي نقل بفاصل 0,75 سم وتطبيق فولتاج متباين وتقاس الشوارد المجموعة بواسطة مقياس بيكو أمبيري وتسجل شدة التيار لفولتاجات المتباينة بقياس تركيز الشوارد التي تملك قابليات تحرك مختلفة، يحسب تركيز الشوارد (N) من شدة التيار الكهربائي المتولد باستخدام الصيغة التالية: (Brixey *et al*. 2002).

$$N = \frac{I}{VqA}$$

I: التيار بالأمبير

V: سرعة تدفق الهواء

q: شحنة الشاردة ( $1,6 \times 10^{-19}$ ) بالكولومبوس

A : المنطقة الفعالة من اللوائح الجامعة.

من المفترض بأن جميع الشوارد تمتلك شحنة وحيدة ويتم احتباسها جميعاً في المجمع، وينبغي التذكر بأن هذه الطريقة لها قيودها بسبب تيار الخلفية، وتأثرها بعوامل أخرى كالرطوبة وحقول الكهربائية الساكنة (Brixey *et al*. 2002).

**نتائج تطبيق التأيين الاصطناعي في حظائر الدواجن Artificial ionization in poultry houses**

– **تأثير الظروف المناخية داخل الحظائر في عملية التأيين:** يؤدي استمرار نمو إنتاج الدواجن، جنباً إلى جنب مع التوسع العمراني المتزايد في المناطق الريفية إلى المزيد من الشكاوى المتعلقة بانبعاث الروائح والغبار إلى التجمعات السكنية المجاورة، لذلك يهتم منتجي الدواجن بإجراءات الرقابة للحد من هذه الملوثات، هذا وتعد مساكن الدواجن بما تصدره من غبار متطاير واحدة من الوسائل الرئيسية التي تحمل الأحياء الدقيقة الحية المسببة للأمراض، والتي تنتشر في جميع أنحاء المسكن وخارجه مع شحنات الهواء الكهربائية (Ritz *et al*. 2006; Moga, 2011).

في دراس (Cambra -López *et al*. 2009 ) ، وللحد من انبعاثات الجسيمات من الدواجن، تم تقييم تأثير عملية التأيين في الحد من الجسيمات والانبعاثات الغازية في حظائر دجاج اللحم وتأثيرها على توزيع حجم الجسيمات، كما تم اختبار نظام التأين وتأثيره على أداء الطيور خلال دورتين متتاليتين لإنتاج اللحم على نطاق تجريبي مع أربع غرف متطابقة بقياس تركيزات PM10 وPM2.5، والكائنات الدقيقة المحمولة جواً، والأمونيا، ورائحة الهواء الداخلة والصادرة، وتم تقييم أداء النظام من خلال قياس تركيز الأيونات، وإنتاج

الأوزون، وتركيز الجسيمات متناهية الصغر وسجلت (الأوزان المكتسبة للطيور، واستهلاك العلف، النفوق، والجودة الخارجية، وآفات وسادة القدم)، وقد أظهرت النتائج خفض كتلة الانبعاثات 36٪ لـ PM10 و 10٪ لـ PM2.5. وقد لوحظت الكفاءة في الحد من ارتفاع أو زيادة حجم الجسيمات دون أن يكون هناك تأثير كبير للتأين على الكائنات الدقيقة، والأمونيا، أو انبعاث الروائح الكريهة أو على أداء الطيور، وبذلك ثبت أن التأيين تقنية عملية وفعالة للحد من الجسيمات، مع الحد الأدنى من الصيانة المطلوبة للاستخدام في مزارع دجاج اللحم (Herbut *et al*. 2018; *Goel* .*et al*. 2005 )

وبيّنت دراسة حول الانبعاثات في مزارع الدواجن ( دجاج لحم ) توصيف أيونات الأمونيوم والروائح والغازات السامة مع الأيونات الأخرى في الجسيمات العالقة في حظائر دجاج اللحم، ووجود تراكيز لأيونات متعددة الذرات في الجزيئات العالقة تركزت بشكل كبير في الجسيمات ذات الحجم الكبير، ووصل تركيز الأيونات إلى حده الأقصى في منتصف عمر القطيع (حوالي الأسبوع الرابع)، واستنتج أن الفرشة تؤثر في تركيز الأيونات في جسيمات الهباء الجوي أكثر من عمر الطيور ( Jerez *et al*. 2013 Zhang., 2005; Lovanh *et al*, 2016)

- **نتائج تطبيق التأيين الاصطناعي في تحسين نوعية الهواء:**

أظهرت النتائج أن الأيونات السالبة تقلل بشكل كبير من التعداد الكلي للبكتيريا الهوائية ومن محتوى الغبار في الحظيرة ($P<0.05$)، ويزداد التأثير الإيجابي أيضاً وبشكل كبير مع مرور الوقت ($P<0.05$)، بينما لم يتأثر محتوى الغبار من الجسيمات الأقل من 0.5 ميكرومتر بشكل كبير بالوقت ($P>0.05$)، ولكنه كان أقل بكثير بالنسبة للجسيمات بحجم 1.0 ميكرومتر أو أعلى مع إطالة وقت العلاج ($<P<0.01$). وتبين أن الأيونات السالبة المولدة مع طاقة أعلى لديها كفاءة أكبر لتنظيف الغبار والبكتيريا الهوائية خلال 30 دقيقة، ويمكن خفض العدد الإجمالي للبكتيريا الهوائية ومحتوى الغبار في بشكل كبير في الحظيرة في غضون 30 دقيقة و 60 دقيقة، على التوالي، وبذلك تشير النتائج إلى أنه يمكن استخدام الأيونات السالبة لتحسين نوعية الهواء في مساكن الحيوانات والدواجن وحماية صحتها(JIAO, *et a* .2017).

كما أظهرت دراسة (Mitchell *et al*. 2004) أن نظام شحن الجو الكهربائي (ESCS) القائم على الهواء سالب الشحنة قلل من تركيز الغبار في الهواء بمعدل 61٪ والأمونيا بمعدل 56٪ والبكتيريا المحمولة في الهواء بنسبة 67٪ في حظائر الدواجن، بدورها دراسة(Rademacher *et al*. 2004) بيّنت أن استخدام تأين الجسيمات الكهربائية electrostatic particle ionization (EPI)، بالإضافة إلى الرعاية المثلى للخنازير (حتى اليوم 45) تسبب في انخفاض كبير في تركيز الغازات (كبريتيد الهيدروجين بشكل رئيسي) وانخفاض في تركيز جزيئات الغبار، وفي الوقت نفسه لم يجد (Richards *et al*. 2003) أي تأثير لتأين الهواء السالب على الأداء ونسبة النفوق ووزن الجسم لدى الدجاج البياض، بينما خفضت تركيز الغبار المتطاير في الهواء بنسبة 61 ٪، وهو ناقل ممتاز لانتقال أفقي للأمراض، كما أدى انخفاض الغبار المحمول في الهواء إلى انخفاض مستوى الحمولة البكتيرية للهواء بنسبة 76٪ والبكتيريا سالبة الغرام بنسبة 48٪، علاوة على ذلك تم تقليل البكتيريا سالبة الغرام بنسبة 63٪ على سيور وأحزمة جمع البيض في المزارع التي يتم فيها جمع ألي للبيض، وبالتالي الحد من البكتيريا سالبة الغرام على سطح قشر البيض.

– **تأثير التأيين الاصطناعي في أداء وصحة الطيور داخل حظائر الدواجن:** تم استخدام نظام شحن الجو الكهربائي electrostatic space charge system (ESCS) للحد من الغبار المتطاير في مزارع الفرّوج، كما استخدم نظام مراوح سقفية لتوزيع الهواء سالب الشحنة في جميع أنحاء المسكن، وهذا أدى إلى انخفاض الغبار العالق بمعدل 61٪، والأمونيا بمعدل 56٪، والبكتيريا المحمولة في الهواء بنسبة 67٪، وبذلك أسفرت التخفيضات الكبيرة من الغبار المتطاير، والبكتيريا المحمولة جواً إلى تحسين الحالة الصحية للهواء، وتم النصح باستخدام النظام في مزارع الدواجن والمفاقس والمستودعات وفي المزارع الحيوانية وغيرها لأن تطبيقاته تفيد في تحسين الصحة الحيوانية والعامة (Rademacher *et al.*, 2012; Mitchell *et al.*, 2004). كما أظهرت الدراسات أن كميات كبيرة من المركبات الطيارة والغازات الضارة وجزيئات الغبار يمكن نقلها بشكل مكثف من مزارع الدواجن ( اللحم والبيض)، لذلك وجب العمل على تخفيض هذه الحمولات والروائح، إذ تشكل الانبعاثات غير العضوية من مزارع لإنتاج الحيواني مصدراً رئيساً للتلوث بالهباء الجوي Aerosol الذي يؤثر سلباً على الإنتاج والأداء، وصحة كل من الطيور والعاملين في مجال الإنتاج الحيواني (Mitchell *et al.*, 2000).

تم تطبيق نظام تأين الجسيمات الكهربائي (EPI) الذي يبعث الأيونات السالبة القادرة على تصفية الجسيمات العالقة في الهواء على السطوح ويحتمل أن يقلل من خطر نشر الممرض، وكان لتطبيق النظام EPI تأثيرا فعال في الحد من كمية فيروس انفلونزا الخنازير(IAV) وفيروس المتلازمة التناسلية والتنفسية (PRRSV) وفيروس إسهال الخنازير الوبائي (PEDV) والمكورات العنقودية الذهبية *Staphylococcus aureus* (Alonso *et al.*, 2016)، وكذلك لتقليل البكتريا المسببة للأمراض في مساكن الدواجن تم تقييم الكفاءة في إزالة الجسيمات المحمولة جواً التي تتراوح أحجامها من 0،4 حتي 10 ميكرون، وكانت كفاءة الإزالة أكبر بكثير لجميع مسببات الأمراض عندما كان نظام EPI أقرب إلى مصدر الهباء وكان هناك انخفاض أكبر للجسيمات التي حجمها بين 3.3 و 9 ميكرون، وتم الكشف عن فعالية نظام EPI في الحد وتخفيض كمية العوامل المعدية في الهواء عن طريق وبالتالي التقليل من التعرض الحيوانات والناس للعوامل الممرضة في المجمعات الحيوانية (Banhazi *et al.*, 2018; Skromulis and Noviks., 2012).

كما استُخدم التأيين في دراسات ( Hagbom *et al.*, 2015; Bailey *et al.*, 2018) على حيوانات المختبر، إذ لاحظوا أن الأيونات السالبة التي ينتجها المؤين تزيل بشكل فعال فيروس الأنفلونزا A المحمول بالهواء (strain Panama 99)، وبالتالي أمنت حماية من العدوى لجميع خنازير غينيا المختبرية، ومع نشوب جائحة أنفلونزا الطيور عالية الإمراضية عام 2015 في الولايات المتحدة بدأ بعض منتجي البيض في الولايات المتحدة باستخدام تنقية الهواء الداخل للحد من خطر انتقال المرض إلى مساكن الدجاج بإزالة الجسيمات الدقيقة الحاملة لمسببات الأمراض بإتباع أنظمة الترشيح والتأيين، فقد أجريت دراسة ميدانية لتقييم فعالية الإزالة باتباع هذه الأنظمة( الترشيح، تأيين الجسيمات كهربائياً )، إذ تم إجراء التقييم في مكررين خلال فترة سنة واحدة، وأظهرت النتائج أن متوسط كفاءة الإزالة في المكررات كانت على التوالي 66٪ و 29٪ للجسيمات PM1، 66٪ و 30٪ لـ 2.5 PM، 66٪ و 31٪ لـ 4 PM، 68٪ و 36٪ لـ 10 PM، و 68٪ و 45٪ لمجموع الجسيمات PM، وكانت كفاءة الإزالة غير مستقرة عندما تم الاعتماد فقط على مرشح

الجسيمات نتائج هذه الدراسة وضعها المنتجون في مراكز صنع القرار من أجل استراتيجيات الوقاية من الأمراض (Zhao *et al*, 2017).

وحسب نتائج دراسة (JIAO *etal*.,2014) تؤدي الرعاية الحديثة المكثفة للحيوانات والدواجن على نطاق واسع إلى تدهور نوعية الهواء في مساكن الحيوانات والدواجن المغلقة، وتراكم كميات هائلة من الغبار والغازات الضارة والكائنات الدقيقة، وهذا ما يؤثر على صحة الحيوان والإنتاج. تم اجراء تجربتان لدراسة أثر الأيونات السالبة على تحسين الهواء الداخلي ووقت التمثيل الفعال في حظائر الدواجن، وتم جمع عينات الهواء في نقاط زمنية مختلفة من حظيرتين للدواجن، واستعمل في إحدى الحظيرتين مولد أيونات سلبي، بينما لم يستخدم في الثانية تم قياس المؤشرات الصحية بعد جمع عينات الهواء قبل وبعد تطبيق مولد الأيونات السالبة.

تتوفر في الأسواق التجارية أنواع متعددة من الأنظمة المستخدمة تشمل: الفلاتر المؤينات الاصطناعية الثابتة أو المتحركة، وفي دراسة تجريبية لتقييم فعالية التنظيف من ذرات الغبار باستخدام مؤينات كورورنا للجسيمات بحجم 0,3 – 2,5 ميكرون بينت النتائج خفض تركيز الجسيمات بمقدار الضعف (Grabarczyk., 2001)، وفي دراسة (Jerez *et al*. 2013) كان الهدف تقييم فعالية نظامين من التكنولوجيات المتاحة تجارياً هما (BioCurtain ™ ونظام التأين (EPI) في الحد من مجموع الجسيمات العالقة (TSP) والجسيمات <10 ميكرون في القطر (PM10)، ومن غازات الأمونيا (NH3)، وكبريتيد الهيدروجين (H2S) المنبعثة من حظائر دجاج اللحم في ولاية تكساس، وأجريت القياسات على مدى يومين متتاليين في كل من شهري أيلول وتشرين الأول عام 2010 وقد أظهر اختبار الـ BioCurtain ™ انخفاض NH3 ومعدلات انبعاث غاز H2S بنسبة تصل إلى 8٪ (1040 مقابل 943 غرام / ساعة لNH3 و 9.2 مقابل 8.4 غرام / ساعة لH2S)، وبنسبة تصل إلى 43٪ (396 مقابل 227 لمعدلات انبعاث الجسيمات الدقيقة المعلقة TSP، وساهم نظام الـ (EPI ) في خفض معدلات الانبعاثات NH3، H2S، وTSP بنسبة تصل إلى 17٪، 34٪ و 39٪ على التوالي، وأظهر التحليل الاقتصادي أن تشغيل نظام BioCurtain ™ ونظام الـ (EPI ) لأحد مساكن دجاج اللحم بمساحة 14x 152 متر وبمتوسط 23،000 طير يكلف 0,06 دولار لكل طير.

## الاستنتاجات والتوصيات

- يعد التأيين الاصطناعي من التقنيات الحديثة المستخدمة لإزالة المواد الدقيقة العالقة في الهواء ويعمل على زيادة تركيز الشوارد السالبة للهواء الداخلي، مما يحسن نوعية الهواء والحالة الوظيفية وزيادة الكفاءة الحيوية للجسم الحي، إذ يمكن للتراكيز العالية من الشوارد السالبة أن تقتل أو تعيق نمو العضيّات المجهرية الممرضة ولها تأثير حيوي كبير بسبب حركيته.
- يرتبط التأين السالبة للهواء كعامل مادي في المناخ المحلي إلى حد كبير على بالظروف السائدة في الحظائر (حرارة، رطوبة، غازات، غبار وشوائب، ...)، ويظهر توفر الأيونات السالبة تأثير كبير على الكائن الحي يترجم إلى سلامة وصحة وإنتاجية الطيور والحيوانات.
- تزداد كمية الجسيمات الدقيقة بشكل أكبر في الأماكن المغلقة، وتتغير معها تراكيز أيونات هذه الجسيمات، بحيث تزداد الأيونات الموجبة وتنخفض الأيونات السالبة التي توصف بأنها فيتامينات الهواء التي تعمل على تحسين الصحة والأداء.

## المراجع


1. Alonso C., Rayn o r P.C., Davies P.R., Morrison R.B.,Torremore. M. (2016). Evaluation of an electrostatic particle ionization technology for decreasing airborne pathogens in pigs. Aerobiologia, 32: 405–419.
2. ArnoldJ.W. (2004). Use of negative air ionization for reducing bacterial pathogens and spores on stainless steel surfaces. J. Appl. Poultry Res., 13: 200–206.
3. AsajA. (1987). The influence of negative air ionization on domestic animals. Proc. Int. Symp.: Microphysical problems in biology versus animal hygiene, Kraków, Poland, 1–3.06.1987.
4. Bailey W.H., William s A.L., Leonhard M.J. (2018). Exposure of laboratory animals to small air ions: a systematic review of biological and behavioral study. BioMed Eng OnLine, 17: 72.
5. Banhazi T., Aland A., Hartung J. (2018). Editors. Air quality and livestock farming. CRC Press, 372 pp.
6. Brixey LA[1], Paik SY, Evans DE, Vincent JH,(2002) New experimental methods for the development and evaluation of aerosol samplers J Environ Monit. Oct;4(5):633-41.
7. Brigmon R.L., Mather F.B. (1992). Seasonal temperature and its influence on plasma corticosterone, triiodothyronine, thyroxine, plasma protein and packed cell volume in mature male chickens. Comp. Broch. Physiol., 102: 289–293.
8. Cambra - López M., Winkel A., Harn J. Van , Ogink N.W.M.,Aarnink A.J.A. (2009). Ionization for reducing particulate matter emissions from poultry houses. Transactions of the ASABE, 52: 1757–1771.
9. Daniel Verreault, Sylvain Moineau, and Caroline Duchaine, 2008. Methods for Sampling of Airborne Viruses, Microbiol Mol Biol Rev. Sep;72(3):413–444
10. Goel N., Terman M., Terman J.S., Macchi M.M., Stewart J.W. (2005). Controlled trial of bright light and negative air ions for chronic depression. Psychol. Med., 35: 1–11.
11. Grabarczyk, Z. 2001. Effectiveness of indoor air cleaning with corona ionizers. J. Electrostatistics 51: 278-283
12. Lee, J., and Y. Zhang. 2006. Determination of ammonia and odor emissions from animal building dusts. ASABE Paper No. 064210. St.Joseph, Mich.: ASABE
13. Hagbom M., Nordgren J., NybomR., Heldlund K.O., Wigzell H., Svensson L. (2015). Ionizing air affects influenza virus infectivity and prevents airborne-transmission. Sci. Rep., 23: 1–10.
14. Hagen D. (2012). Ionic system aids air quality for nursery pigs. Feedstuffs, 26: 16–21.
15. Herbut E., Nizioł B., Pietras M. (1995). Preliminary studies on the effect of thermal environment and air ionization on selected haematological parameters and productivity of broiler chickens (in Polish). Rocz. Nauk. Zoot., 22: 395–403.
16. Herbut E., NiziołB., Pietras M., Sosnówka E. (1997 a). Effect of humidity and artificial air ionization on negative ion concentration and performance of broiler chickens (in Polish). Rocz.Nauk. Zoot., 24: 181–188.

17. Herbut E., Nizioł B., Sosnówka E., Pietras M. (1997 b). Effect of thermal conditions on air ionization and rearing performance of broiler chickens (in Polish). Rocz. Nauk. Zoot., 24:301–306.

18. Herbut Eugeniusz, Sosnówka Ewa -Czajka, Skomorucha Iwona. 2018 Air ionization in livestock buildings – a review. Ann. Anim. Sci., Vol. 18, No. 4: 899–905

19. HuynhT.T.T., Aarnink A.J.A., Verstegen M.W.A., G e r r i t s W.J.J., H e e t k a m p M.J.W., K e m p B., C a n h T.T. (2005). Effects of increasing temperatures on physiological changes in pig different relative humidities. J. Anim. Sci., 83: 1385–1396.

20. IwamaH. (2004). Negative air ions created by water shearing improve erythrocyte deformability and aerobic metabolism. Indoor Air, 14: 293–297.

21. JanowskiT., Nizioł B., Zimmal S. (1989). Studies on air ionization in poultry houses with different degrees of ventilation (in Polish). Acta Agr. Silv. Zoot., 28: 19–23.

22. Jerez, S.B**.,** S. Mukhtar, W. Faulkner, K.D. Casey, M.S. Borhan, and R.A. Smith. 2013. Evaluation of electrostatic particle ionization and biocurtain™ technologies to reduce air pollutants from broiler houses. Applied Engineering in Agriculture 26(9): 975-984.

23. JIAO Hong-chao, SUN Li, CUI Can, HOU Xue-chao, LIN Hai. 2017. Effects of Artificial Anion on Purificating Indoor Air of Poultry House[J]. Acta Veterinaria Et Zootechnica Sinica, 48(8): 1543-1550

24. Jovanić B.R., Jovani ć S.B. (2001). The effect of high concentration of negative ions in the air on the chlorophyll content in plant leaves water. Air Soil Pollut., 129: 259–265.

25. KellogE.W. (1984). Significance of air ions. J. Bioelectr., 3: 119–136.

26. Kolarž P., Gaisberger M., Madl P., Hofmann W., Ritter M., Hartl A. (2012). Characterization of ions at Alpine waterfalls. Atmos. Chem. Phys., 12: 3687–3697.

27. LazaV. (2010). Environmental factors (negative air ions) with beneficial effects on animals and humans. Revista de Igiena Si Sanatate Publica, J. Hyg. Public Health, 60: 62–69.

28. LazaV., Bolboacă S.D. (2008). The effect of negative air ionization exposure on ontogenetic development of chicken. Leonardo El. J. Pract. Technol., 13: 76–87.

29. Laza V., Lotrean L. (2009). Using the negative air generators to improve the animal reactivity. In: Vlad S., Ciupa R.V., Nicu A.I. (eds), MEDITECH 2009, IFMBE Proceedings, 26, pp. 157–162.

30. Lenkiewicz Z., Dąbrowska B., Schiffer Z. (1989). The influence of negative ionization of the air on motor activity in Syrian hamsters (*Masocricetus auratus* Waterhouse) in light conditions. Int. J. Biometorol., 33: 251–258.

31. Lovanh N, Loughrin J, Silva P, The effect of aged litter materials on polyatomic ion concentrations in fractionated suspended particulate matter from a broiler house, J Air Waste Manag Assoc. 2016 Jul;66(7):707-14

32. Mitchell B.W., Holt P.S., Seo K.H. (2000). Reducing dust in a caged layer room: An electrostatic space charge system. J. Appl. Poultry Res., 9: 292–296.

33. Mitchell B.W., Richardson J., Wilson J., Hofacre C. (2004). Application of an electrostatic space charge system for dust, ammonia and pathogen reduction in a broiler breeder house. App. Eng. Agric., 20: 87–93.

34. Moga M., MałeckaI. (2011). The effect of differentiated air on the human organism (in Polish). Zesz. Nauk. Inż. Ląd. Wod. Kształt. Środow., 4: 26–29.

35. Nizioł B. (1987). The composition of air-ions and their effect on human and animal organisms. Proc. Int. Symp.: Microphysical problems in biology versus animal hygiene. Kraków, Poland, 1–3.06.1987.

36. Pająk T. (2012). Effect of air ionization on the microclimate, well-being and productivity of pigs (in Polish). Praca doktorska, IZ PIB, Kraków-Balice.

37. Patil V.N., Patil B.P., Shimpi N.G. (2014). Effect of negative ionization on egg incubation and burn patient. Wulfenia, 21: 125–142.

38. Pawar S.D., Meena G.S., Jadhav D.B., (2012). Air ion variation at poultry-farm, coastal, mountain, rural and urban sites in India. Aerosol Air Qual. Res., 12: 440–451.

39. Rademacher C., Bradley G., Pollmann S., Coffelt B., Baumgartner M., Baumgartner J., (2012). Electrostatic particle ionization (EPI) improves nursery pig performance and air quality. Proc. AASV. Integrating Science, Welfare, and Economics in Practice, Denver USA, pp. 257–258.

40. Richards L.J., Hofacre C.L., Mitchell B.W., Wilson J.L. (2003). Effect of electrostatic space charge on reduction of airborne transmission of *Salmonella* and other bacteria in broiler breeders in production and their progeny. Avian Dis., 47: 1352–1361.

41. Ritz C.W., Mitchel B.W., Fairchild B.D., Czarick M., Worley J.W. (2006). Improving in-house air quality in broiler production facilities using an electrostatic space charge system.J. Appl. Poultry Res., 15: 333–340.

42. Siņicina Natālija, Martinovs Andris.( 2017) Air ionizer and indoor plants interaction Impact on Ion concentration rural and environmental Doi:10. 22616/rrd.23..025

43. Skromulis A and Noviks G. (2012). Atmospheric light air ion concentrations and related meteorological factors in Rezekne City, Latvia. J. Environ. Boil., 33: 455–462.

44. Wakamura T., Sato M., Dohi T., Ozak i K., Ason N., Hagata S., Tokura H. (2004). A preliminary study on influence of negative air ions generated from pajamas on core body temperature and salivary IgA during night sleep. Int. J. Occup. Med. Env., 17: 295–298.

45. Walczak J., HerbutE. (2000). The use of telemetric measurement of biophysical parameters for evaluating the response of growing pigs to different management systems. Ann. Anim. Sci., 27: 231–239.

46. WallnerP., Kundi M., Panny M., Tappler P., Hutter H.P. (2015). Exposure to air ions in indoor environments: experimental study with healthy adults. Int. J. Environ. Res. Public Health, 12: 14301–14311.

47. Wiszniewski A., Suchanowsk i A. (2008). Influence of air-ions on people subjected to physical effort and at rest. Pol. J. Environ. Stud., 17: 801–810.

48. Wiszniewski A., Suchanowski A., Wielgomas B. (2014). Effects of air-ions on human circulatory indicators. Pol. J. Environ. Stud., 23: 521–531.

49. Zhao Yang, Chai Lilong, Richardson Brad, Xin Hongwei,( 2017) Field Evaluation of an Electrostatic Air Filtration System for Reducing Incoming Particulate Matter of a Hen House, Written for presentation at the 2017 ASABE Annual International Meeting Sponsored by ASABE Spokane, Washington July 16-19,.

50. Zhang Yuanhui, 2005. Indoor Air Quality Engineering. Boca Raton, Fla.: CRC Press LLC.