

СВЪРЗАНИЯТ С ПОЛА ДЖУДЖЕВИДЕН ГЕН (dw) И ПРИЛАГАНЕТО МУ В БРОЙЛЕРНОТО ПТИЦЕВЪДСТВО

Павлина Христкаева*, Надя Минчева, Магдалена Облакова

Земеделски институт – Стара Загора

*E-mail: poly_31@abv.bg

РЕЗЮМЕ

Един от най-важните приоритети на съвременното птицевъдство е оптимизиране на производствените разходи. Различни са методите за повишаване на ефективността при получаване на птичи продукти. Най-голям процент на разходите при бройлерното птицевъдство е за фуража, необходим за изхранването на птиците. Един от начините за намаляване на разхода за фураж е използването на мини формите, носители на рецесивния джуджевиден ген (dw). В редица страни са разработени и се прилагат селекционни и производствени програми за отглеждане на мини майчини родителски форми в бройлерното направление, носители на гена за джуджевидност (dw). Ниската жива маса на тези форми позволява да се снижат разходите за отглеждане на родителското стадо и себестойността на еднодневните пилета, предназначени за угояване.

Ключови думи: ген (dw) в половата хромозома, генотип, джуджевизъм, жива маса, продуктивност, възпроизводителни качества

SEX-LINKED GENE (DW) AND ITS APPLICATION IN BROILERS POULTRY

P. Hristakieva, N. Mincheva, M. Oblakova

Agricultural Institute – Stara Zagora

E-mail: poly_31@abv.bg

ABSTRACT

One of the most important priorities of modern poultry farming is optimizing production costs. There are various methods to increase efficiency in obtaining poultry products. The highest percentage of costs in broiler poultry feed is to feed the birds. One way to reduce the cost of feed is using mini forms carriers of the recessive sex-linked gene (dw). In a number of countries have developed and applied breeding and production programs for growing mini maternal forms broiler, carriers of the gene for sex-linked gene (dw). The low body weight of these forms allows reducing costs of rearing parent stock and the cost of day-old chicks intended for fattening.

Key words: Sex-linked dwarf gene, broilers, productive, weight, dwarf layer, reproduction potentialities

По данни, публикувани в различни източници (Устинова, 2000; Устинова, 2002; Charpentier, 2009; Тудик и съав., 2011; Съедин, 2015), разходите за отглеждане на мини родителски форми,

използвани за получаване на бройлери, се снижават до 20%, в сравнение с конвенционалните родителски форми. Предимствата при отглеждането на мини майчините форми са: възмож-

ност за повишаване на гъстотата на отглежданите птици на квадратен метър (Charpentier, 2009); по-добра конверсия на фуража за производство на яйца (Galal and Younis, 2006; Galal et al., 2007); по-добри възпроизводителни качества (Decuypere et al., 2012); по-добра устойчивост на топлинен стрес (Gowe и Fairfull, 1995; Rashid et al., 2005; Islam, 2004). Данни, изнесени от EFSA (2010), показват, че в Европа джуджевидните бройлерни женски родители са 18–20%, а във Франция представляват по-голямата част от бройлерните кокошки.

Доминантният алел на ген **DW** определя стандартни размери и тегло на тялото и доминира над рецесивния алел **dw**, който предизвиква джуджевидността при птиците.

Практическото приложение на ген **dw** се обяснява с редица предимства, които притежават мини формите, използвани като майчини линии при производството на бройлери. Основното изискване е стоковият продукт да притежава доминантния алел **DW** на гена, който не позволява проявлението на алела на **dw** гена и така се детерминира нормалният размер на тялото. Най-широко използваната схема за създаване на джуджевидна майчина форма е чрез кръстосване на хомозиготни рецесивни петли **dw/dw** с кокошки с нормална жива маса **DW/_**. Възможен е и втори вариант за получаване на джуджевидна майчина форма чрез използване на хетерозиготни петли **DW/dw**, при които са необходими повече средства и време. Използването на мини кокошки, носители на рецесивния ген, локализиран в половата хромозома, позволява да се увеличи ефикасността на отглеждане. Предимствата на тези специализирани майчини линии, използвани за получаване на бройлерен продукт, са описани от мнозина автори и са разпространени в различни страни по света. (Костиков и Самбуров, 2014; Somes, 1988)

I. АНАТОМИЧНИ, ФИЗИОЛОГИЧНИ И ПРОДУКТИВНИ ОСОБЕНОСТИ НА ПТИЦИТЕ, НОСИТЕЛИ НА **DW** ГЕН

За първи път през 1929 г. Landauer е наблюдавал генна мутация при петли от породата

„Червен родайланд“, обуславяща проявата на джуджевизма като явление, характеризиращо се с анормален хрущялен растеж и понижена активност на щитовидната жлеза. Поради факта, че откритият аутозомен доминантен ген не е скачен с пола и е полулетален, не е било обърнато голямо внимание. По-късно, през 1932 г. други учени описват ген – аутозомен рецесивен, обуславящ хипофункция на тироидната жлеза, като в хомозиготно състояние генът има летално действие.

Освен тези гени, съществуват и няколко гена, локализирани в половата хромозома, които не оказват отрицателно влияние върху жизнеността, продуктивността и възпроизводителните качества на птиците.

Oblakova et al., 2004, сравнявайки ембрионалното развитие при мини и нормални пуйки, докладва, че по-ниското тегло на ембрионите от мини формите се дължи на по-ниската маса на яйцата им, а не на други забавени процеси през ебриогенезата.

Пръв Hutt, 1949, описва джуджевидния ефект на рецесивния половосвързан **dw** (dwarf или Dwarf Weight) ген, влияещ върху развитието, възпроизводителните и продуктивни способности на птиците. Неговите изследвания показват, че ген **dw** не редуцира с еднаква интензивност растежа на всички части на тялото. Най-значително е това намаление в дължината на тръбестите кости и, по-точно, дисталните кости на долните крайници (tibiotarsus, tarssometatarsus). Mincheva et al., 2015, съобщават, че най-значително е засегнатата дължината на метатарзуса (20,17%), което е причина за т.нар. късокракост на джуджевидните птици, като дължината на гръдната кост се изменя по-слабо (-7%). Hussain et al. (1982) са установили, че дължината на крака при мини кокошките е 7–8 cm, докато тези с нормални размери имат дължина на крака 9,5–10,5 cm. Редуцирането на живата маса, дължината на крака и дължината на гръдната кост са отчетени и потвърдени и при изследвания на Missohou et al. (2003), Chen et al. (2004), Younis and Galal (2006).

Живата маса на родители, носещи гена за джуджевидност, е редуцирана с около 11–

16% на 10-седмична възраст, а на 20-седмична възраст с около 7–15%. Като по-голямо намаляване на живата маса на 20-седмична възраст се установява при петлите (Rashid et al., 2005).

Yeasmin & Howlider (1998) и Ferdaus et al., 2016, установяват, че през целия растеж на нормални и кокошки джуджета по-ниско тегло имат *dw* птиците. Knižetová, 1993, наблюдава намаление на живата маса с 37,4% и на общото количество на месото в трупа с 42,8% при *dw* кокошки, сравнени с *Dw*^{+/} на 9-седмична възраст. Според редица учени (Hutt, 1959; Mohammadian et al., 1972; Reddy and Siegel, 1977; Brody et al., 1984) този ген не влияе силно върху размера на еднодневното пиле. Вджуджевяването е процес, който се проявява с напредване на възрастта. По време на растежа пилетата – джуджета отлагат по-голямо количество мазнини в трупчето, отколкото нормалните пилета. (Guillaume, 1976).

Chang et al., 2006, описват, че по фенотип пилетата, носещи гена за джуджевидност, обикновено могат да се различат визуално от нормалните птици чак след 8–9-седмична възраст

Смъртността е по-висока за мини кокошките по време на периода на снасяне, отколкото за нормалните носачки. Нормалните кокошки имат предимство пред мини кокошките в процента люпимост на всички заложенни яйца, но процентът люпимост на оплодени яйца не се различава между двете генетични групи. Не са открити разлики в качеството на яйчните черупки от двете проучвани групи (Kousiakis et al., 1985).

1. Влияние на гена върху възпроизводителните способности на кокошките с *dw* ген (възраст на пронасяне, брой яйца, тегло яйца, морфологични качества, маса еднодневно пиле, люпимост на яйцата, оплоденост на яйцата)

Половата зрялост на мини кокошките, сравнена с тази на нормалните, закъснява от 5 до 10 дни (Brody et al., 1984; Mincheva et al., 2015).

Khan and Verma (1983) установяват възраст за достигане на полова зрялост на 152 и 145 дни, съответно за (*dw*) и (*DW*) бройлерни кокошки. Според Sharifi et al. (2010) скаченият с пола рецесивен ген удължава тази възраст приблизително с две седмици. Противоположни са публикуваните данни на Marks (1981) и Sadjadi et al. (1983), които отбелязват липсата на достоверна разлика между двата генотипа. За предимство в полза на мини родителите, в сравнение с нормалните, се съобщава от Anonym (2003), който отчита разлика от 14 дни.

Яйчевото тегло, в абсолютно измерение, е редуцирано от ген *dw*, което се обяснява с наличието на висока положителна корелация между живата маса на носачките и масата на яйцата. (Chambers et al., 1974; Benoff and Renden, 1980; Cole, 2000; Missohou et al., 2003; Yeasmin et al., 2003). Според Sadjadi et al. (1983) при птиците от яйценосно направление намаляването на размера на яйцата е по-голямо и се движи в рамките на -9,6 до -12,6%, в сравнение с бройлерното. Mincheva et al., 2015, установяват, че присъствието на ген (*dw*) в генотипа на кокошките достоверно намалява размера на яйцата с 3,4 g (-5,72%). Missohou et al., 2003, и Galal et al., 2007, съобщават за по-ниска яйчна маса с 4,8 до 9% при мини кокошки.

Корелацията между масата на яйцето с масата на черупката и между масата на белтъка с масата на жълтъка на яйцата от мини кокошки са сходни с тези при нормални кокошки. (Silversides and Scott, 2001).

Коефициентът на унаследяване на масата на яйцата (Heritabilities) варира от 0,52 (Wei and van der Werf, 1995) до 0,71 (Besbes and Gibson, 1998).

Yang et al., 1996, описват джуджевидни кокошки носачки, снасящи кафяви яйца, с жива маса на 20-седмична възраст – 1200 g, и снесените яйца за една година са 285 броя със средна маса 56 g.

Decuypere et al., 1991, регистрират 9,5% по-ниска носливост при мини форми кокошки, в сравнение с нормални кокошки. Докато Marks (1981) не установява различия в яйч-

ната продуктивност между нормални и джуджевидни сибси. Anonum (2003) съобщава за значително по-висока носливост, както и за по-голям брой на годните за инкубация яйца при джуджевидните бройлерни родители като следствие от намаления брой на яйцата с двойни жълтъци, яйца с мека или тънка черупка, неправилна форма или други дефектни яйца.

Генчев, 1995, проучвайки възпроизводителните способности на нормални и джуджевидни форми кокошки Бял плимутрок, установява достоверни различия в люпимостта и оплодеността на яйцата. Наблюдава по-бързо люпене на хетерозиготни пилета, носещи ген *dw*, сравнени с нормални пилета. Според Zhang et al., 2005, унаследяемостта на яйчната маса и качествените характеристики на яйцето при мини кокошки, снасящи кафяви яйца, варират от 0,24 за здравината на черупката и 0,64 за масата на цялото яйце.

Demarne et al. (1984) установяват, че мастно-киселинният състав на мазнините в жълтъка на яйцето е различен при джуджевидните кокошки, в сравнение с нормалните. Отчетени са по-високи нива на линоленовата киселина и по-ниски на олеиновата киселина в жълтъка на яйцата от кокошки, носители на *dw* ген.

2. Влияние на гена върху консумацията на фураж и благополучието (поведението) на птиците

Според много изследователи (Безусова, А., 1977; Пенионжкевич, Э., 1978; Vanerjee et al., 1982; Пенионжкевич, Э., 1987; Устинова, Е., 2000; Устинова, Е., 2002) птиците с ниско телесно тегло, включително мини птиците, изискват значително по-малко количество храна, за да се поддържат основните процеси в организма им.

Според Marks, 1981, и Zulkifli et al., 1993, генът *dw* не повлиява за по-доброто оползотворяване на фуража, в сравнение с птици с нормален генотип.

Yeasmin et al., 1998, проучвайки продуктивните качества на джуджевидни кокошки, установяват, че те имат по-добро оползотво-

ряване на фуража и качествата на снесените яйца не се различават от тези на нормалните по-размер носачки, освен по количеството на жълтъка. В процентно съотношение масата на жълтъка при яйцата от мини кокошки е по-голяма, в сравнение с процентното съотношение на жълтъка към цялото яйце от нормалните по размер кокошки.

По данни на Kousiakis et al., 1985, мини кокошките консумират 25,6% по-малко фураж за едно яйце, но снасят яйца с по-малки размери. Aydin and Şahan, 1999, изследвайки продуктивните качества на нормални и джуджевидни родители в месно направление, установяват, че при кокошките с *dw* ген се наблюдава по-ниска консумация на фураж и по-добра люпимост на яйцата. Yeasmin et al., 2003, наблюдават до 23% по-нисък прием на храна при пилета, носители на рецесивния ген *dw*, в сравнение с нормалните от същата порода. Mincheva et al. (2015) установяват, че присъствието на *dw* гена, детерминиращ проявата на джуджевизъм при птиците, значително намалява консумацията на фураж с 23,38% ($p < 0.01$), в сравнение с техните нормални сестри, мини формите оползотворяват с 12,7% ($p < 0,05$) по-добре постъпилата с фуража енергия за синтезиране на яйчна маса.

3. Влияние на ген *dw* върху биохимичните показатели на кръвта

Важните хормони, необходими за правилния растеж и развитие на организма, са тироидният, растежният хормон и инсулинът. Трябва да бъдат следени нивата им по време на ембрионалното и следембрионалното развитие при джуджевидните и нормални птици организми. През периода на бърз растеж е намалено нивото на тироидния хормон и нивото на инсулина като растежен фактор при *dwarf* птиците, като нивото на растежния хормон (GH) е повишено. (Scanes et al., 1983; Huybrechts et al., 1986, 1987). Burghelle-Mayeur et al. (1989) съобщават, че ген *dw* не променя значително плазмените концентрации на триглицериди и общия холестерол. Scanes et al. (1984) и Descuypere et al. (1986) докладват, че тироидният хормон (T3) и инсулинът като

растежни фактори, циркулиращи в кръвната плазма, са в по-малко количество при dwarf птиците, сравнено с нормалните.

II. ВЛИЯНИЕ НА ГЕНА DW ВЪРХУ РАСТЕЖНИТЕ И МЕСНИТЕ ПОКАЗАТЕЛИ НА БРОЙЛЕРИ, ПОЛУЧЕНИ ОТ МИНИ ФОРМИ

Производството на бройлери с участието на мини майчина форма се основава на известния факт, че при използване на стандартна бащина форма с генотип DW/DW се получава потомство с нормални размери на тялото.

Схема на използване на ген (dw) при производството на пилета – бройлери:

Родителско стадо	♂ DW DW	х	♀ dw
Покολение /бройлери	♂ DWdw	и	♀ DW-

* DW – алел (доминантен), който не позволява проявлението на алела на dw (джуджевизъм)

* dw – рецесивен алел, който предизвиква джуджевидността при птиците

Редица изследователи съобщават за намаляване на живата маса и яйчното тегло, а оттам и на масата на едnodневните пилета, повлияно от полово свързания dw ген за джуджевизъм. (Mérat, 1984; Cole, 2000; Missohou, et al., 2003). Proudfoot et al., 1982, определяйки влиянието на теглото на яйцата от мини и нормални родители върху продуктивните показатели на бройлери, считат, че яйчното тегло оказва достоверно влияние върху живата маса на бройлерите от двата пола при излюпване и в ранна възраст, авторите, обаче, отбелязват, че не съществуват достоверни различия в крайното живо тегло на бройлерите от двата генотипа. Исаев, Г. и Д. Белоречков, 1990, са изследвали зависимостите между теглото на яйцата и теглото на едnodневните пилета, получени от мини и нормални кокошки, обобщават, че процентното съотношение между теглото на яйцата и това на пилетата се увеличава с увеличаването на

теглото на яйцата. Според авторите ген (dw) не оказва потискащо влияние върху растежа през ембрионалния период, но поради по-ниското тегло и размери на яйцата, получени от мини родители, и свързаното с това ограничение в пространството и количеството хранителни вещества, се потиска пълното реализиране на генетичните заложи за растеж, което обуславя и възникващите различия.

Tona et al., 2004, проследявайки развитието на бройлери, получени от различни линии, установили, че генотиповете, носители на ген dw, не се различават съществено по продуктивни характеристики. Влиянието на dwarf алела върху теглото на m. pectoralis superficialis е оказало 40,6% намаление при джуджевидните птици. Това намаляване на

теглото на мускула води и до намаляване броя на мускулните влакна с 21,2% (829×10^3 v. 654×10^3 , i.e. 21,2%) и диаметъра на влакната с 6% (30,80 v. 28,95 μm , i.e. 6,0%) при мини формите. С напредване на възрастта (при полово зрели кокошки) различията между Dw^+ / и dw / генотипове намалява.

Генчев, 1995, наблюдава, че масата на едnodневните нормални пилета е достоверно по-висока от тази при хетерозиготните, а растежът до 28-дневна възраст и при двата генотипа протича сходно, и разликите са незначителни. Георгиев, 1995, установява, че крайното живо тегло на бройлерите, получени от нормални майки, е по-високо средно с 5,7% за мъжките и с 2,27% за женските, в сравнение с тези, получени от родителско стадо с участието на ген (dw) в майчината форма. Deeb and A. Cahaner, 2001, констатира, че конверсията на фуража при нормални и бройлери, носещи гена за джуджевидност, е без разлики. Merat (1990) съобщава, че при пилетата, носители на гена за джуджевидност, въпреки че консумират по-малко фураж, това не се отразява върху качеството на кланичните показатели.

В заключение можем да обобщим, че са правени множество проучвания, доказващи благоприятното въздействие на джуджевидния ген върху ефективността на месодайното

птицепроизводство. Трябва да се продължи с изследванията, които ще доведат до по оптимално използване на различните генотипи за постигане на едно по-ефективно и съобразено с все по-големите изисквания производство на бройлери в световен мащаб.

ЛИТЕРАТУРА

- Безусова, А.** 1977. Экономическая эффективность яичных мини-кур. Птицеводство, № 7: 26-27
- Георгиев, Г.**, 1995. Продуктивни и възпроизводителни показатели на мини и нормални бройлерни родители при различни технологични варианти. PhD Thesis, Стара Загора, 184.
- Генчев, А.**, 1995. Възпроизводителни качества на носачките от джуджевидната и нормална форма на породата Бял плимутрок и растежни способности на пилетата, получени от тях. Животновъдни науки, 5-8: 211-213
- Исаев, Г. и Д. Белоречков**, 1990. Материали от Научно-техническа конференция по птицевъдство, Варна, 1990, с. 8-10
- Костиков, А. Л. и Н. В. Самбуров**, 2014. Кроссы мясных цыплят отечественной и зарубежной селекции, 5: 1-3
- Пенионжкевич, Э.**, 1978. Карликовые куры селекции ВНИТИП и их промышленное значение. Птицеводство, 7: 30-33
- Съедин, Г. П.**, 2015. Эффективность использования рецессивного гена карликовости (dw) в промышленном бройлерном птицеводстве. Генетика и разведение животных. 1: 66-68
- Тудик, К., Мичард, Дж., Съедин, Г., М. Гайна**, 2011. Мини-кроссы – новая возможность снижения затрат. Животноводство России, с. 10-12
- Устинова, Е.**, 2000. Мясные куры „мини“ – это выгодно. Птицеводство, № 3: 22-23
- Устинова, Е.**, 2002. Экономьте деньги, разводите кур „мини“. Птицеводство, № 1:14.
- Аноним**, 2003. A Report on the growth hatching egg production performance of i-757 (sex-linked dwarf gene), Arbor Acres and MPK broilers strain in Bangladesh. Bhagalpur, Bajitpur, Kishoregonj, Bangladesh.
- Aydin I., Ü. Şahan**, 1999. A Comparison of the Dwarf (Ross) and Normal (Hubbard) Broiler Parents with Respect to Some Production Traits. Tr. J. of Veterinary and Animal Sciences, 23 (1999) Ek Sayı 2, 429-433 (abstract)
- Banerjee, A. K., A. Bordas, P. Merat**, 1982. Sex linked dwarf gene (dw) in White Leghorn laying hens under normal and hot temperature. Ann. Génét. Sèl. Anim. 14(2): 135-160
- Benoff, F. H. and J. A. Renden**, 1980. Maternal determinants of egg size in dwarf Leghorns differing in adult body size. Poult. Sci. 59:1582-1583
- Besbes, B. and J. P. Gibson**, 1998. Genetic variability of egg production traits in purebred and crossbred laying hens. 6th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod. 25:459-462
- Brody, P., B. Siegel, J. A. Cherry**, 1984. Age, body weight and body composition requirements for the onset of sexual maturity of dwarf and normal chickens. British poultry science, Vol. 25, Issue 2:245-252
- Burghelle-Mayeur, C., Y. Demarne and P. Merat**, 1989. Influence of the sex-linked dwarfing gene (dw) on the lipid composition of plasma, egg yolk and abdominal fat pad in white Leghorn hens: effect of dietary fat. J. Nutr., 119: 1361-1368
- Chambers, J. R., A. D. Smith, I. McMillan and G. W. Friars**, 1974. Comparison of Normal and Dwarf Broiler Breeder Hens. *Poultry Science* 53 (3): 864-870 (Abstract)
- Chang, C. S., Y.H. Chen, C. F. Chen, M. Tixier-Boichard and Y. P. Lee**, 2006. The Effect of Sex-Linked Dwarf Gene on Muscle Growth of Chickens. Symposium COA/INRA Scientific Cooperation in Agriculture, Tainan (Taiwan, R. O. C.), November 7-10, 209-212
- Charpentier, P.**, 2009. A new look at mini breeders. World Poultry, 25 (4)
- Chen, C. F., A. Bordas, D. Gourichon and M. Tixier-Boichard**, 2004. Effect of high ambient temperature and naked neck genotype on performance of dwarf brown-egg layers selected for improved clutch length. Br. Poult. Sci., 45: 346-354
- Cole, R. K.**, 2000. An autosomal dwarfism in the domestic fowl. Poult. Sci. 79: 1507-1516
- Decuypere, E., Boonen, R, Bruggeman, V., Li, Y., Koppenol, A., Tavernier, J., Janssens, S., Buys, N. and N. Everaert**, 2012. The broiler breeder paradox from an ethical, genetic and physiological perspectives and suggestions for solutions. XXIV World's Poultry Congress, Brazil.
- Decuypere, E., L. M. Huybrechts, E. R. Kuhn, M. Tixier-Biochard and P. Merat**, 1991. Physiological alterations associated with the chicken sex-linked dwarfing gene. Critical Rev. Poult. Bio., 3:191-221
- Decuypere, E., P. Rudas, L. Huybrechts, P. Mongin and E. R. Kuhn**, 1986. Endocrinological effects of the dwarf gene. II. Effect on tissue monodeiodination activity. In Proceeding of the 7th European Poultry Conference (Paris), 2: 955-959
- Deeb and A. Cahaner**, 2001. Genotype-by-Environment Interaction with Broiler Genotypes Differing in

Growth Rate: 2. the Effects of High Ambient Temperature on Dwarf Versus Normal Broilers. *Poultry Science*, 80: 541-548

Demarne, Y., P. Merat and A. Pihet, 1984. Composition des lipides de l'oeuf chez des poules Leghorn normales et naines. *Genet. Sel. Evol.*, 16: 211-220

Ferdaus, A. J. M., M. S. A., Bhuiyan, B. M. Hassin, A. K. F. H. Bhuiyan, M. A. R. Howlider, 2016. Phenotypic characterization and productive potentialities of indigenous dwarf chicken of Bangladesh. *Bang. J. Anim. Sci.* 45 (1): 52-61

Galal, A. and H. H. Younis, 2006. Minimizing residual feed intake by introducing dwarf and naked neck genes in laying chicken. *Egypt. Poult. Sci.*, 25:677-694

Galal, A., Ahmed, A. M. H., Ali, U. M. and H. H. Younis, 2007. Influence of Naked Neck gene on laying performance and some hematological parameters of dwarfing hens. *International Journal of Poultry Science* 6 (11): 807-813

Gowe, R. S. and R. W. Fairfull, 1995. Breeding for resistance to heat stress. *In: Poultry Production in Hot Climates*. Ed. N.J. Dagher, CAB International, UK, pp. 11-29

Hussain, S. A., P. Horst, T. K. Mukherjee and E. S. Tawfik, 1982. Genotype-environment interaction in layers involving dwarf gene (dw) and its normal (Dw) allele. *Animal Production and Health in the Tropics*, pp. 195-198

Hutt, F. B., 1959. Sex-linked dwarfism in the fowl. *J. Heredity* 50: 209-221

Huybrechts, L. M., Kiihn, E. R., M6rat, P., Decuyper, E., Michels, H. & Tixier, M., 1986. Endocrinological effects of the sex-linked dwarf gene. I. Effect on growth and plasma thyroid hormone concentration. *In: 7th Eur. Poultry Conf., Paris, World Poultry Science*.

Huybrechts, L. M., Kuhn, E. R., Decuyper, E., M6rat, P. & Scanes, C. G., 1987. Plasma concentrations of growth hormone and somatomedin C in dwarf and normal chickens. *Reprod. Nutr. Dev.* 27, 547-553

Islam, M. A., 2004. Comparison between sex-linked dwarf and normal broiler breeder hens for fertility, hatchability and growth performances at hot-humid climate. *Progressive Agriculture*, 15 (2):61-66

Khan, A. G. and A. K. Verma, 1983. Influence of dw gene on egg production of 'Normada-XL' egg layer, dwarf and normal broiler pullets. *Ind. J. Anim. Sci.* 53:978-984

King, D. B. and J. D. May, 1984. Thyroidal influence on body growth. *Journal of Experimental Zoology*, Volume 232, Issue 3, pages 453-460

Knížetová, H., 1993. Effects of the sex linked dwarf gene (dw) on skeletal muscle cellularity in broiler chickens. *British poultry science* 34, 3:479-485

Kousiakis, D., Andrews, L.D., and L. Stamps. 1985. Comparison of dwarf and normal broiler breeder hens. *Poult. Sci.* 64(5): 795-802.

Landauer, W., 1929. *American Journal of Anatomy*, 43:1.

Marks, H. L., 1981. The sex-linked dwarf gene as expressed in two meat-type control lines of chickens. *Poult. Sci.* 60(6): 1127-1131

Mérat, P., 1984. The sex-linked dwarf gene in the broiler chicken industry. *World's Poult. Sci. J.* 40:10-18

Merat, P., 1990. Pleiotropic and associated effects of major genes. Pages 429-467 in R. D. Crawford, ed. *Poultry Breeding and Genetics*. New York.

Mincheva, N., M. Oblakova, P. Hristakieva, I. Ivanova, M. Lalev, 2015. Effect of sex-linked dwarf gene (dw) on exterior appearance, productive performance and egg characteristics in a colored broiler dam line. *Biotechnology in animal husbandry*, 31(2):163-174

Missohou, A., A. Dieng, P. Horst, V. A. Zarate, T. Nesseim, and K. Tchadre, 2003. Effect of dwarf (dw) and fizzle F genes on the performance of layers under Senegalese conditions *Trop. Anim. Health Prod.* 35:373-380

Mohammadian, M., R. G. Jaap, 1972. Effect of the sex-linked dw Dwarfing gene on body growth of chickens *Poultry Science*, 51 (5): 1701-170

Oblakova, M. Lalev, V. Todorova, 2004. Comparative study of embryos in mini and normal forms of turkeys. *Bulgarian Journal of Agricultural*, 10:485-489

Proudfoot, F. G., H.W. Hulan, K. B. McRae, 1982. Effect of Hatching Egg Size from Semi-Dwarf and Normal Maternal Meat Parent Genotypes on the Performance of Broiler Chicken. *Poultry Science*, 61, (4):655-660

Rashid, M. A., M. A. R. Howlider, J. Alam, Md. Abdur Rashid, M. H. Kawsar and S. A. Azma, 2005. Effect of Dwarfism on Reproductive and Meat Yield Parameters of Crossbred Chicken. *International Journal of Poultry Science* 4 (6): 372-377

Reddy, P. K., P. B. Siegel, 1977. Selection for Body Weight at Eight Weeks of Age 14. Effects of the Sex-Linked Dwarf Gene. *Poultry Science* 56 (3): 1004-1013

Sadjadi, M., Benoff, F. H., Rowe, K. E., Renden, J. A. and J. A. Harper, 1983. Effects of the sex-linked dwarfing gene (dw) on growth and reproduction in White Leghorn hens. *Poultry Science*, 62(10): 1921-1930

Scanes, C. G., Marsh, J., Decuyper, E., Rudas, P., 1983. Abnormalities in the plasma concentrations of thyroxine, tri-iodothyronine and growth hormone in sex-linked dwarf and autosomal dwarf White Leghorn domestic fowl. *J. Endocr.*, 97, 127-135

Scanes, C. G., S. Harvey, J. A. Marsh and D. B. King, 1984. Hormones and growth in poultry. *Poult. Sci.*, 63: 2062-2074

Sharifi, A. R., Horst, P. and H. Simianer, 2010. The effect of frizzle gene and dwarf gene on reproductive performance of broiler breeder dams under high and normal ambient temperatures. *Poultry Science* 89: 2356-2369

- Silversides, F. G. and T. A. Scott**, 2001. Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens. *Poultry Science* 80:1240-1245
- Somes, Jr, R. G.**, 1988. International registry of poultry genetic stocks. Document Number BULLETIN 476, 1-133
- Tahir, M., H. Cervantes, C. W. Farmer, M. Y. Shim and G. M. Pesti**, 2011. Broiler performance, hatching egg, and age relationships of progeny from standard and dwarf broiler dams. *Poultry Science*, 90:1364-1370
- Tona, K., O. M. Onagbesan, Y. Jego, B. Kamers, E. Decuyper and V. Bruggeman**, 2004. Comparison of Embryo Physiological Parameters During Incubation, Chick Quality, and Growth Performance of Three Lines of Broiler Breeders Differing in Genetic Composition and Growth Rate. *Poultry Science*, 83:507-513
- Wei, M. and J. H. van der Werf**, 1995. Genetic correlation and heritabilities for purebred and crossed performance in poultry egg production traits. *J. Anim. Sci.*, 73:2220-2226
- Yang, N., Z. Ning, Q. Wang, J. Li and C. Wu**, 1996. Application of the sex-linked dwarf gene to improving feed efficiency of layers. Pages 447-451 in Proceedings of the 20th World's Poultry Congress, New Delhi, India.
- Yeasmin, T. M., A. R. Howlider and M. U. Ahammad**, 2003. Effect of Introgressing Dwarf Gene from Bangladeshi Indigenous to Exotic Breeds on Egg Production. *International Journal of Poultry Science*, 2(4): 264-266
- Yeasmin, T. and M. A. R. Howlider**, 1998. Comparative physical features, egg production and egg quality characteristics of normal and dwarf indigenous (Deshi) hens of Bangladesh. *J. Appl. Anim. Res.*, 13: 191-196
- Younis, H. H. and A. Galal**, 2006. Impact of dwarf (dw), rapid feathering (k+) and naked neck (Na) genes on growth and egg production of laying hen chickens. *Egypt. Poult. Sci.*, 26: 17-38
- Zhang, L.-C., Z.-H. Ning, G.-Y. Xu, Z.-C. Hou and N. Yang**, 2005. Heritabilities and Genetic and Phenotypic Correlations of Egg Quality Traits in Brown-Egg Dwarf Layers. *Poultry Science*, 84:1209-1213
- Zulkifli, I., E. A. Dunnington, W. B. Gross, A. S. Larsen, A. Martin, P. Siegel**, 1993. Responses of Dwarf and Normal Chickens to Feed Restriction, *Eimeria tenella* Infection, and Sheep Red Blood Cell Antigen. *Poultry Science*, 72 (9): 1630-1640
- EFSA (European Food Safety Authority). 2010. Scientific opinion on welfare aspects of the management and housing of the grand-parent and parent stock raised and kept for breeding purposes. *The EFSA Journal*, 8: 1667.