

**СИНХРОНИЗАЦИЯ ЭСТРУСА У ОВЕЦ (*Ovis aries*) ПОРОДЫ АВАССИ ВНЕ СЕЗОНА РАЗМНОЖЕНИЯ ПРИ СКАРМЛИВАНИИ ВИТАМИНА Е И МУЛЬТИМИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКИ (Se, Ca, P, Cu, Co)****А.К. ЗОНТУРЛУ<sup>1</sup>, С. КАЦАР<sup>2</sup>, М. СЕНМЕЗ<sup>3</sup>, А. ЙУСЕ<sup>4</sup>, С. КАЙА<sup>2</sup>**

Прогестерон в сочетании с гонадотропином сыворотки крови жеребых кобыл (гонадотропин СЖК) широко используется для синхронизации эструса у овец. Также известно, что различные минералы и витамины необходимы для репродуктивного здоровья животного и их содержание в крови достоверно связано с функцией размножения. Цель выполненной нами работы заключалась в определении эффекта витаминно-минеральной добавки (витамин Е и мультивитаминно-минеральная смесь) на репродуктивную функцию у овец с индуцированным эструсом вне сезона размножения. Исследования выполняли с мая по июнь, то есть в период, который не считается сезоном размножения овец в провинции Шанлыурфа на юго-востоке Турции. Для эксперимента были отобраны взрослые нелактующие овцы породы Авасси (всего 148 гол.) в возрасте от 2 до 4 лет с живой массой 45-60 кг. Эструс у всех овец вызывали в соответствии с протоколом, предусматривающим применение интравaginaльных спонжей, содержащих 20 мг ацетата флуорогестона. Спонжи вводили во влагалище каждой овце на 14 сут. При извлечении спонжа (0-е сут) животным внутримышечно вводили гонадотропин сыворотки жеребых кобыл (PMSG, 10 МЕ/кг) для стимуляции эструса и овуляции. В опыте овцы ( $n = 74$ ) получали перорально капсулированную витаминно-минеральную добавку (Bakosel® capsule; «Ceva Dif», Стамбул, Турция; в каждой капсуле содержится 500 МЕ ацетата витамина Е, селенита натрия  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  — 2,5 мг, двузамещенного фосфата кальция  $\text{CaHPO}_4$  — 150 мг, сульфата меди  $\text{CuSO}_4$  — 10 мг, сульфата кобальта  $\text{CoSO}_4$  — 12,5 мг) 4 раза в неделю в процессе обработки прогестагеном, а также в период спаривания. Остальные овцы ( $n = 74$ ) служили контролем и вместо витаминно-минеральной добавки получали плацебо. На 40-е сут после спаривания беременность у овец тестировали с помощью ультразвуковой диагностики (Falco Vet с линейным ректальным датчиком, 5-7,5 МГц; «Pie Data Medical», Маастрихт, Нидерланды). Эструс наступал у 87,8 % особей в опыте и 82,4 % особей в контроле. Средняя по опыту частота зачатия равнялась 71,4 % (90 овец из 126). Продолжительность беременности была сходной между группами и в среднем достигала  $149,4 \pm 0,3$  сут. Доля обьягнившихся овцематок составила 75,4 % (49 из 65) и 65,6 % (40 из 61) соответственно в опыте и в контроле. Доля многоплодных пометов (42,9 % против 20,0 %) и коэффициент плодовитости были выше ( $P < 0,05$ ) на фоне витаминно-минеральной добавки по сравнению с показателями в контрольной группе. Делается вывод, что витамин Е и мультивитаминные добавки (болосы) при скармливании за 14 сут до спаривания достоверно повышают коэффициент плодовитости, процент многоплодных пометов, а также усиливают проявление половой охоты у овец породы Авасси.

**Ключевые слова:** овцы, прогестерон, гонадотропин сыворотки жеребых кобыл, ГСЖК, PMSG, витамин Е, микроэлементы, репродуктивная функция.

Прогестерон в сочетании с гонадотропином сыворотки крови жеребых кобыл (гонадотропин СЖК) широко используется для синхронизации эструса у овец, особенно вне сезона размножения (1-3). Конечная цель любого метода синхронизации эструса заключается в сокращении времени на его выявление при приемлемой результативности оплодотворения и высокой технологичности (4). Однако длительное применение прогестерона приводит к снижению фертильности (5).

Известно, что у овец популяция овариальных фолликулов весьма чувствительна к нутриентам, поступающим в организм с рационом, и, манипулируя его компонентами, можно активировать как фолликоллогенез, так и овуляцию (6). Кроме того, различные минералы и витамины необходимы для репродуктивного здоровья животного. Содержание этих веществ в крови достоверно связано с функцией размножения.

В частности, недостаток некоторых микроэлементов, например меди, кобальта и селена, подавляет проявление полового поведения, снижа-

ет овуляцию, вызывает эмбриональные потери и служит причиной фетальной смертности (7, 8). Содержание цинка, меди и марганца в концептусе (развивающийся плод и окружающие его плодные оболочки) выше, чем в тканях других репродуктивных органов, что указывает на его способность аккумулировать эти минеральные элементы для обеспечения своего развития, роста и витальности (7). Витамин Е играет важную роль в контроле оксидативного стресса, который негативно влияет функции яичников и фолликулогенез (9).

Цель нашей работы заключалась в том, чтобы определить, влияет ли дополнительное поступление витамина Е и смеси минеральных веществ на фоне обработки прогестероном на репродуктивную способность овец с индуцированным эструсом вне сезона размножения.

*Методика.* Исследование проводили в период с мая по июнь, который не считается сезоном размножения для овец в провинции Шанлыурфа на юго-востоке Турции (широта 37°10 N, долгота 39°03 E, высота над уровнем моря 518 м).

Исследовали выборку из 148 нелактующих овец породы Авасси в возрасте от 2 до 4 лет с живой массой 45-60 кг и хорошими оценками по общему состоянию и упитанности. Кроме того, использовали 12 баранов-производителей с доказанной плодовитостью. Овцематки были изолированы от баранов в течение не менее 4 нед до начала эксперимента. Животных содержали на одной коммерческой ферме в провинции Шанлыурфа, они свободно паслись в течение дня, а на ночь их размещали в овчарне. В закрытом помещении овцематкам предлагали рацион, который состоял из 0,5 кг кормового концентрата и 0,5 кг сена люцерны в расчете на 1 гол/сут в течение всего эксперимента, свежей питьевой водой обеспечивали вволю. Все манипуляции с животными проводили в соответствии с предписаниями National Animal Care and Use Committee (Турция).

В начале исследования овцематок случайным образом разделили на две равные группы по возрасту и живой массе. В обеих группах для индукции эструса применяли одинаковую гормональную обработку. При синхронизации эструса использовали интравагинальные спонжи, содержащие 20 мг ацетата флуорогестона (Chrono-gest<sup>®</sup>, «Intervet», Стамбул, Турция), которые водили в вагину каждой овце на 14 сут. При извлечении спонжа (0 сут эксперимента) каждой овце для стимуляции эструса и овуляции вводили внутримышечно PMSG (Pregnant mare serum gonadotropin — гонадотропин СЖК) в дозе 10 МЕ/кг. В одной группе (опыт,  $n = 74$ ) овцы дополнительно перорально получали капсулированную витаминно-минеральную добавку (Bakosel<sup>®</sup>, «Seva Dif», Стамбул, Турция; в расчете на капсулу содержание ацетата витамина Е — 500 МЕ, селенита натрия  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  — 2,5 мг, двузамещенного фосфата кальция  $\text{CaHPO}_4$  — 150 мг, сульфата меди  $\text{CuSO}_4$  — 10 мг, сульфата кобальта  $\text{CoSO}_4$  — 12,5 мг) 4 раза в неделю в периоды обработки прогестагеном и спаривания. Остальные овцематки (контроль,  $n = 74$ ) вместо витаминно-минеральной добавки получали плацебо.

По завершении курса обработки прогестероном всех овец в течение 96 ч визуально тестировали на проявление половой охоты с шестью баранами-пробниками, на которых надевали абдоминальные передники во избежание оплодотворения (30-минутный контакт с интервалом 8 ч — в 06<sup>00</sup>, 14<sup>00</sup> и 22<sup>00</sup>). О наступлении эструса судили по первому проявлению готовности овцы быть покрытой бараном-пробником и учитывали время от извлечения спонжа до наступления эструса. Продолжительность охоты опре-

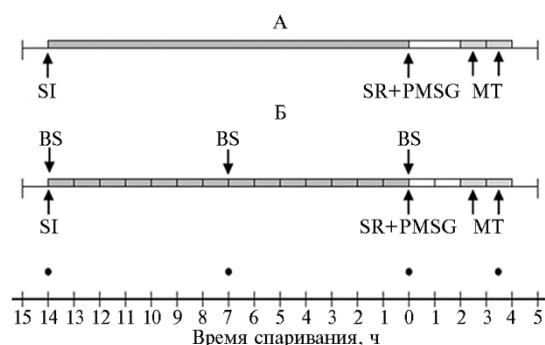
деляли как время между первой и последней положительной реакцией на барана-пробника за один период эструса. По силе половой охоты в группе выявляли особей с высокой половой активностью (высокопривлекательные) и нормальным половым поведением (восприимчивые), что оценивали по видимым признакам, интенсивности и частоте проявления охоты (овцы ищут барана, не отходят от него, проявляют беспокойство, блеют, у них наблюдается частое мочеиспускание, выделения из влагалища, гиперемия и отек вульвы).

Все овцематки в охоте дважды (через 8 и 16 ч после наступления эструса) подвергались контролируемому вручную оплодотворению бараном с известной фертильностью. На 40-е сут после спаривания определяли наступление беременности с помощью ультразвуковой диагностики в режиме реального времени (Falco Vet с линейным ректальным датчиком, 5-7,5 МГц; «Pie Data Medical», Маастрихт, Нидерланды), что впоследствии подтверждалось рождением потомства.

Из репродуктивных показателей учитывали следующие: реакцию на индукцию эструса (по проценту овец в охоте от общего числа обработанных овец), время от извлечения интравагинального спонжа до наступления эструса, длительность эструса от момента первой садки барана-пробника, интенсивность половой охоты (активное поведение или восприимчивость), процент забеременевших самок от числа участвовавших в спаривании, длительность беременности от спаривания до ягнения, процент ягнений от числа спарившихся овцематок и плодовитость как число живых ягнят от одной обьягнвившейся овцематки.

Полученные результаты представлены как среднее ( $M$ ) и стандартная ошибка среднего ( $\pm SEM$ ). Различия по среднему интервалу от извлечения интравагинальных спонжей до наступления эструса, длительности эструса, плодовитости сравнивали относительно показателей в контрольной группе и оценивали по  $t$ -критерию Стьюдента. Соотношение между числом овец в эстрове, коэффициентом зачатия и долей обьягнвившихся овцематок анализировали с помощью критерия  $\chi^2$ . Различия считали статистически значимыми при  $P < 0,05$ . Расчеты проводили в программе SPSS/PC 10 («SPSS», США).

**Результаты.** Обобщенную схему проведенного опыта наглядно иллюстрирует рисунок.



**Дизайн эксперимента по синхронизации эструса у овец породы Авасси с использованием интравагинальных спонжей с гонадотропином сыворотки жеребых кобыл (PMSG) и витаминно-минеральной добавки:** А — контроль, Б — опыт; SI — введение спонжа, SR — извлечение спонжа, MT — спаривание, BS и • — пероральное введение витаминно-минеральной добавки, PMSG — внутримышечная инъекция гонадотропина сыворотки жеребых кобыл.

Результаты синхронизации эструса с использованием интравагинальных спонжей с флуорогестеном и инъекции гонадотропина СЖК в сочетании с витаминно-минеральной добавкой по сравнению с плацебо (контроль) представлены в таблице. Средняя доля овцематок с проявлениями половой охоты достигала 85,1 % (126 особей из 148). У

9 особей в опытной группе и 13 — в контрольной признаков половой охоты в период наблюдений не выявили. Достоверных различий ( $P > 0,05$ ) при двух вариантах обработки не обнаружили.

Среднее время от извлечения спонжа до наступления эструса составило  $43,2 \pm 1,1$  и  $45,3 \pm 1,0$  ч соответственно в опыте и в контроле, средняя продолжительность периода охоты —  $30,9 \pm 0,7$  и  $27,3 \pm 0,6$  ч. Значимых различий между группами по времени до наступления эструса и его длительности не выявили. Однако интенсивность проявления половой охоты в опыте была заметно выше ( $P < 0,05$ ), чем у контрольных овец.

Частота наступления беременности составила 71,4 % (90 особей из 126). Продолжительность беременности была сходной и в среднем по двум группам равнялась  $149,4 \pm 0,3$  сут. В опыте обьягнилось 75,4 % овец, или 49 из 65, в контроле — 65,6 % (40 из 61) при среднем числе живых ягнят на овцематку в опыте  $1,45 \pm 0,08$  (71/49), в контроле —  $1,23 \pm 0,08$  (49/40). По частоте наступления беременности и ягнения статистически значимых различий между группами не выявили, однако процент многоплодия (42,9 % против 20,0 %) и живорождений на фоне витаминно-минеральной добавки оказался достоверно выше относительно контроля.

**Репродуктивные показатели ( $M \pm SEM$ ) у овец породы Авасси вне сезона размножения при синхронизации эструса на фоне витаминно-минеральной добавки**

Показатель	Контроль	Обработка	Всего
Наступление эструса, %	82,4 % (61/74) <sup>a</sup>	87,8 % (65/74) <sup>a</sup>	85,1 % (126/148)
Время до эструса, ч	$45,3 \pm 1,0^a$	$43,2 \pm 1,1^a$	$44,2 \pm 0,7$
Длительность эструса, ч	$27,3 \pm 0,6^a$	$30,9 \pm 0,7^a$	$29,1 \pm 0,5$
Интенсивность эструса:			
доля активных овец	52,5 % (32/61) <sup>a</sup>	73,8 % (48/65) <sup>b</sup>	63,5 % (80/126)
доля восприимчивых овец	47,5 % (29/61) <sup>a</sup>	26,2% (17/65) <sup>b</sup>	36,5 % (46/126)
Число спарившихся овец	61	65	126
Коэффициент зачатия	67,2 % (41/61) <sup>a</sup>	75,4 % (49/65) <sup>a</sup>	71,4 % (90/126)
Коэффициент ягнения	65,6 % (40/61) <sup>a</sup>	75,4 % (49/65) <sup>a</sup>	70,6 % (89/126)
Продолжительность суягности, сут	$148,9 \pm 0,4^a$	$149,7 \pm 0,3^a$	$149,4 \pm 0,3$
Число ягнят	49	71	120
в том числе в помете:			
один ягненок	32 (32)	28 (28)	60 (60)
двойня	7 (14)	20 (40)	27 (54)
тройня	1 (3)	1 (3)	2 (6)
Доля многоплодных окотов	20,0 % (8/40) <sup>a</sup>	42,9 % (21/49) <sup>b</sup>	32,6 % (29/89)
Коэффициент плодовитости	$1,23 \pm 0,08$ (49/40) <sup>a</sup>	$1,45 \pm 0,08$ (71/49) <sup>b</sup>	$1,35 \pm 0,06$ (120/89)

**П р и м е ч а н и е.** Для синхронизации эструса использовали интравагинальные спонжи с флуорогестонном и инъекции гонадотропина сыворотки жеребых кобыл, в контроле вместо витаминно-минеральной добавки (витамин Е и смесь минеральных компонентов) овцы получали плацебо. Различия между величинами для одного показателя, помеченными разными буквами (а, b), статистически значимы при  $P < 0,05$ .

Выполненное исследование показало влияние витаминно-минеральной добавки (витамин Е, Se, Ca, P, Cu и Co) на поведение и репродуктивные показатели у овец породы Авасси в сезон анэструса при применении протокола синхронизации половой охоты на основе обработки прогестероном и гонадотропином СЖК.

В этом исследовании у 87,8 % овец после применения добавки и 82,4 % контрольных особей выявили эструс в течение наблюдения. В среднем этот показатель составил 85,1 %, что согласуется с выводами других авторов (10, 11). Индивидуальная чувствительность яичников на гормональные воздействия в анэстральный период может различаться.

Важное требование к успешной эстральной синхронизации заключается в одинаковом времени от окончания обработки до наступления половой охоты. В нашем опыте между извлечением спонжей и наступлением охоты в среднем прошло  $44,2 \pm 0,7$  ч (см. табл.), что сравнимо с данными

М. Ali (12) и I. Dogan с соавт. (13), больше, чем  $38,8 \pm 1,6$  ч, о чем сообщали R. Ungerfeld с соавт. (14), и меньше, чем  $69,0 \pm 9,9$  ч, как показано в работе А. Ali (15). Причиной могут быть многие экзогенные факторы, например рацион, условия естественного освещения, воздействие внешней среды, присутствие самца после извлечения спонжа.

В нашем исследовании продолжительность эструса в опыте и контроле была сходной —  $30,9 \pm 0,7$  ч против  $27,3 \pm 0,6$  ч у овец, не получавших витаминно-минеральную добавку. Сообщалось (10) о пределах варьирования этого периода от 22 до 31 ч при различных протоколах обработки прогестероном у каракульских овец вне сезона размножения. По данным N. Ozyurtlu с соавт. (16), продолжительность индуцированного эструса вне сезона размножения при применении различных прогестагенов составляет 29-30 ч. Возможно, такие различия обусловлены породными особенностями, условиями кормления, стрессом, местом содержания и присутствием самца. Мы наблюдали отсутствие статистически значимых преимуществ витаминно-минеральной добавки в отношении репродуктивных показателей, среднего времени от извлечения спонжей до наступления эструса и его продолжительности. Объяснением может быть тот факт, что в сезон размножения у всех овец был нормальный овариальный цикл.

М. Hidirolou (17) отмечал главную роль микроэлементов в репродукции и плодовитости овец. Подтверждено, что скармливание овцам витаминно-мультивитаминных добавок (руминальные болюсы) до спаривания значительно повышает как процент ягнений, так и частоту двоен в помете (18, 19). В то же время сообщалось (20), что Se и витамин E не влияют на репродуктивные показатели и эффективность разведения у 2- и 3-летних овец. Se существенно влияет на суперовуляцию у коров, а также необходим для повышения качества спермы и многоплодия у овец, поскольку играет существенную роль в обеспечении подвижности и перемещении сперматозоидов в репродуктивном тракте самки и формировании яйцеклеток (21). Наши выводы тоже свидетельствуют об увеличении доли многоплодных пометов у овцематок, получавших до спаривания витамин E и мультивитаминную добавку.

Кобальт как микроэлемент необходим для синтеза витамина  $B_{12}$ . Известно, что у овец при дефиците Co повышается частота мертворожденных, неонатальной смертности и снижается частота ягнений (22). Также известно, что недостаток кобальта связан с множественной овуляцией, снижением частоты зачатия и ослаблением эструса (17). В нашем эксперименте овцы, получавшие витаминно-минеральную добавку, сильнее проявляли признаки охоты, привлекали больше баранов и не пытались избавиться от барана при садке, оставались спокойными при садке. В то же время у особей, не получавших эту добавку, охота проявлялась нерегулярно и была слабее, чем у других.

Таким образом, делается вывод, что у овец породы Авасси витамин E и мультивитаминная добавка (болюс) при скармливании за 14 сут до спаривания значительно повышают коэффициент плодовитости, частоту многоплодия и усиливают поведенческие реакции при половой охоте.

<sup>1</sup>Department of Obstetrics and Gynaecology,  
Faculty of Veterinary Medicine, Harran University,  
63300, Şanlıurfa, Turkey;

<sup>2</sup>Department of Obstetrics and Gynaecology, Faculty  
of Veterinary Medicine, Kafkas University,

Поступила в редакцию  
30 декабря 2016 года

## THE EFFECT OF INJECTABLE VITAMIN E AND TRACE MINERALS (SELENIUM, CALCIUM, PHOSPHATE, COPPER, AND COBALT) ON REPRODUCTIVE PERFORMANCE DURING NON-BREEDING SEASON IN AWASSI EWES

A.K. Zonturlu<sup>1</sup>, C. Kacar<sup>2</sup>, M. Sönmez<sup>3</sup>, A. Yuce<sup>4</sup>, S. Kaya<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Department of Obstetrics and Gynaecology, Faculty of Veterinary Medicine, Harran University, 63300, Şanlıurfa, Turkey;*

<sup>2</sup>*Department of Obstetrics and Gynaecology, Faculty of Veterinary Medicine, Kafkas University, 36000, Kars, Turkey, e-mail cihan3000@hotmail.com (corresponding author);*

<sup>3</sup>*Department of Reproduction and Artificial Insemination, Faculty of Veterinary Medicine, Firat University, 23119, Elazığ, Turkey;*

<sup>4</sup>*Department of Physiology, Faculty of Veterinary Medicine, Firat University, 23119, Elazığ, Turkey*

The authors declare no conflict of interests

Received December 30, 2016

doi: 10.15389/agrobiologia.2017.2.331eng

### Abstract

Progesterone in combination with pregnant mare serum gonadotropin (PMSG) is widely used to synchronize estrus in ewes. It is also known that various minerals and vitamins are necessary to provide animal reproductive health, and their blood level is reliably associated with reproductive performance. The objective of our research was to determine the effects of supplementation of vitamin E and mineral mixtures during progesterone treatment on reproductive performance of estrus-induced ewes during the non-breeding season. The present study was carried out between May and June, which is the period accepted as non-breeding season for ewes in Sanliurfa province of Southeast Turkey. A total of 148 non-lactating adult ewes of Awassi breeds in good body score condition, ranging in age from 2 to 4 years and weighting between 45 and 60 kg were used in this study. Estrus was synchronized in all ewes using the intravaginal sponges containing 20 mg fluorogestone acetate. The intravaginal sponges were inserted into vagina of each ewe for 14 days. At the time of sponge withdrawal (day 0), all ewes were injected intramuscularly with 10 IU/kg of PMSG for stimulation of estrus and ovulation. Treatment group ( $n = 74$ ) received orally supplementation of vitamin E and mineral mixtures (Bakosel<sup>®</sup> capsule; Ceva Dif, Istanbul, Turkey; a capsule contains 500 IU vitamin E acetate, 2.5 mg sodium selenite, 150 mg dicalcium phosphate, 10 mg copper sulphate, 12.5 mg cobalt sulphate) at the four times a week apart during progestagen treatment and at the time mated. The remaining ewes ( $n = 74$ ) served as control group, and the each female in this group also received only placebo instead of vitamin and mineral supplementation. They were tested for pregnancy detection on day 40 after mating using real time ultrasonography with 5-7.5 MHz linear array rectal transducer. The estrus response was 87.8 % and 82.4 % for the treatment and control groups, respectively. The overall pregnancy rate was 71.4 % (90/126). The gestation length was similar between groups and it averaged  $149.4 \pm 0.3$  days. The lambing rate was 75.4 % (49/65) and 65.6 % (40/61) for the treatment and control groups, respectively. The number of multiple births (42.9 % versus 20.0 %) and prolificacy rate were higher ( $P < 0.05$ ) for the treatment group than those of control group. It is concluded that vitamin E and the multi-trace minerals/bolus given to Awassi ewes 14 days before mating significantly increased the proficiency rate, the multiple births rates and led to stronger manifested estrus behaviors.

Keywords: ewes, progesterone, pregnant mare serum gonadotropin, PMSG, vitamin E, trace minerals, reproductive performance.

### REFERENCES

1. Gungor O., Cenesiz M., Pancarcı S.M., Yildiz S., Kaya M, Kacar C., Ozyurtlu N., Gurbulak K. Effects of different intravaginal progesterone releasing devices on estrous synchronization and LH surge in fat-tailed ewes during non-breeding season.

- Medycyna Weterynaryjna*, 2007, 63(11): 1316-1319.
2. Karagiannidis A., Varsakeli S., Karatzas G., Brozos C. Effect of time of artificial insemination on fertility of progestagen and PMSG treated indigenous Greek ewes, during non-breeding season. *Small Ruminant Res.*, 2001, 39: 67-71.
  3. Zarazaga L.A., Gatica M.C., Gallego-Calvo L., Celi I., Guzmán J.L. The timing of oestrus, the preovulatory LH surge and ovulation in Blanca Andaluza goats synchronised by intravaginal progestagen sponge treatment is modified by season but not by body condition score. *Anim. Reprod. Sci.*, 2014, 146: 170-175 (doi: 10.1016/j.anireprosci.2014.02.012).
  4. Scaramuzzi R.J., Downing J.A., Campbell B.K., Cognie Y. Control of fertility and fecundity of sheep by means of hormonal manipulation. *Aust. J. Biol. Sci.*, 1988, 41(1): 37-45.
  5. Vicoles C., Forsberg M., Banchemo G., Rubianes E. Effect of long-term and short-term progestagen treatment on follicular development and pregnancy rate in cyclic ewes. *Theriogenology*, 2001, 55(4): 993-1004.
  6. Scaramuzzi R.J., Campbell B.K., Downing J.A., Kendall N.R., Khalid M., Muñoz-Gutiérrez M., Anongnart Somchit. A review of the effects of supplementary nutrition in the ewe on the concentrations of reproductive and metabolic hormones and the mechanisms that regulate folliculogenesis and ovulation rate. *Reprod. Nutr. Dev.*, 2006, 46: 339-354 (doi: 10.1051/rnd:2006016).
  7. Hostetler C.E., Kincaid R.L., Miranda M.A. The role of essential trace elements in embryonic and fetal development in livestock. *Vet. J.*, 2003, 166(2): 125-139.
  8. Mitchell L.M., Robinson J.J., Watt R.G., McEvoy T.G., Ashworth C.J., Rooke J.A., Dwyer C.M. Effects of cobalt/vitamin B<sub>12</sub> status in ewes on ovum development and lamb viability at birth. *Reproduction, Fertility and Development*, 2007, 19(4): 553-562 (doi: 10.1071/RD07012).
  9. Liu S., Masters D., Ferguson M., Thompson A. Vitamin E status and reproduction in sheep: potential implications for Australian sheep production. *Anim. Prod. Sci.*, 2014, 54(6): 694-714 (doi: 10.1071/AN13243).
  10. Hashemi M., Safdarian M., Kafi M. Estrous response to synchronization of estrus using different progesterone treatments outside the natural breeding season in ewes. *Small Ruminant Res.*, 2006, 65: 279-283 (doi: 10.1016/j.smallrumres.2005.07.051).
  11. De Nicolo G., Morris S.T., Kenyon P.R., Morel P.C.H., Parkinson T.J. Melatonin-improved reproductive performance in sheep bred out of season. *Anim. Reprod. Sci.*, 2008, 109(1-4): 124-133 (doi: 10.1016/j.anireprosci.2007.10.012).
  12. Ali M. Relevance of type of breeding and single versus double sponge combined with PMSG on Heri ewes estrus exhibition and pregnancy rate. *Global Veterinaria*, 2014, 13(2): 166-172.
  13. Dogan I., Nur Z. Different estrous induction methods during the non-breeding season in Kivircik ewes. *Veterinari Medicina*, 2006, 51(4): 133-138.
  14. Ungerfeld R., Rubianes E. Short term primings with different progestogen intravaginal devices (MAP, FGA and CIDR) for eCG-estrous induction in anestrus ewes. *Small Ruminant Res.*, 2002, 46(1): 63-66.
  15. Ali A. Effect of time of eCG administration on follicular response and reproductive performance of FGA-treated Ossimi ewes. *Small Ruminant Res.*, 2007, 72: 33-37.
  16. Ozyurtlu N., Kucukaslan I., Cetin Y. Characterization of oestrous induction response, oestrous duration, fecundity and fertility in Awassi ewes during the non-breeding season utilizing both CIDR and intravaginal sponge treatments. *Reprod. Domest. Anim.*, 2010, 45: 464-467 (doi: 10.1111/j.1439-0531.2008.01246.x).
  17. Hidioglou M. Trace element deficiencies and fertility in ruminants: a review. *J. Dairy Sci.*, 1979, 62(8): 1195-1206 (doi: 10.3168/jds.S0022-0302(79)83400-1).
  18. Hemingway R.G., Parkins J.J., Ritchie N.S. Enhanced reproductive performance of ewes given a sustained-release multi-trace element/vitamin ruminal bolus. *Small Ruminant Res.*, 2001, 39(1): 25-30 (doi: 10.1016/S0921-4488(00)00175-9).
  19. Abdollahi E., Kohram H., Shahir M.H., Nemati M.H. Effects of a sustained-release multi-trace element ruminal bolus on sex ratio, reproductive traits and lambs growth in synchronized Afshari ewes. *Iranian Journal of Veterinary Science and Technology*, 2015, 7: 1-11.
  20. Gabryszuk M., Klewie J. Effect of injecting 2- and 3-year-old ewes with selenium and selenium-vitamin E on reproduction and rearing of lambs. *Small Ruminant Res.*, 2002, 43(2): 127-132 (doi: 10.1016/S0921-4488(02)00005-6).
  21. Hemingway R.G. The influences of dietary intakes and supplementation with selenium and vitamin E on reproduction diseases and reproductive efficiency in cattle and sheep. *Vet. Res. Commun.*, 2003, 27(2): 159-174.
  22. Fisher G.E. Effect of cobalt deficiency in the pregnant ewe on reproductive performance and lamb viability. *Res. Vet. Sci.*, 1991, 50(3): 319-327 (doi: 10.1016/0034-5288(91)90132-8).