



## Редактиране на генома и развъждане на селскостопански животни: социални и етични въпроси

Голяма част от световната популация все още е зависима от животновъдството като източник на храна. **Нарастващото търсене е следствие от увеличеното население, доходите и урбанизацията** както в държавите с ниски, така и в държавите с високи доходи. В същото време е налице нарастваща **обществена загриженост относно етичните въпроси, свързани със стандартите за хуманно отношение към животните, като например интензивните производствени системи и прилагането на нови технологии за подобряване на животновъдството.** В резултат на това в научните и политическите общности е поставен значителен акцент върху прилагането на **нови геномни технологии за подобряване на развъдните системи в животновъдството и устойчивостта на болести при добитъка, включително генетична модификация, редактиране на гени, посредством CRISPR-Cas9, и бъдещото прилагане на синтетичната биология.** В същото време съществуват редица доказателства, които сочат, че **общественото приемане на прилагането на геномни технологии в животновъдството се нюансира от вида на прилаганата геномна технология** (напр. генетична модификация срещу редактиране на гени), **очаквания резултат от модификацията** (напр. подобряване на хуманното отношение към животните или повишена рентабилност) и **целевите организми, използвани в модификацията** (напр. бозайници, птици или риби). В сравнение с генетичната модификация се наблюдават различия в обществените нагласи по отношение на прилагането на геномно редактиране на селскостопански култури, като за постигането на едни и същи цели се прилагат технологии за конвенционална селекция. *Kato-Nitta et al.* съобщават, че участниците в тяхното проучване са имали по-благоприятно отношение към редактирането на гените, отколкото към генетичната модификация, когато се прилагат към растителните култури. Отношението към използването на геномна редакция при растениевъдството е доста противоречиво, отколкото към използването на генетична модификация. Забележително е, че **някои приложения за редактиране на гени са по-приемливи, отколкото други.** *Yunes et al.* в научния си доклад и проучване на прилагането на редактиране на гени при говеда, като цяло е наблюдавал слабо обществено приемане. В случаите, когато е била предоставена подкрепа, тя е била силно зависима от вида и целта на предложението на тези технологии. По същия начин, *Busch et al.* посочват, че техните участници са оценили прилагането на редактиране на гени с цел увеличаване на резистентността към болести при хората най-положително, последвано от резистентност към болести при растенията, а след това и при животните,

но считат промените в качеството и количеството на продуктите при говедата за най-негативен резултат от генната редакция.

Съществува обширна литература относно обществените възприятия и други социално-икономически аспекти на генетично модифицираните животни или други геномни технологии, като клонирането, прилагането на тези технологии в производството на храни и други области на приложение, въпреки че са **проведени по-малко изследвания при животни с редактиран геном**. Установено е, че начинът, по който хората възприемат новите (хранителни) технологии, например по отношение на потенциалните рискове и ползи, определя дали те приемат разработването и прилагането им. **Възприемането на риска се отнася до субективните преценки на хората относно вероятността от отрицателни събития, като например отрицателно въздействие върху здравето на животните или околната среда, и тази информация е важна за комуникацията на риска**, тъй като определя за кои опасности хората се грижат и как се справят с тях. Това включва и информация за нагласите и мнението на обществото относно закупуването на продукти, произведени чрез използване на геномни технологии. Възприемането на риска е важно за създателите на политики, тъй като обществеността може да отхвърли технологии, които те възприемат като рискови или неетични, независимо от техническите оценки на риска, предоставени от експерти. Важно е да се отбележи, че научните изследвания в областта на възприемането на риска отразяват обективен анализ на нагласите на обществеността или потребителите (*Nuffield Council of Bioethics (2021)*).

**Напредъкът в биотехнологиите доведе до нови подходи в развъждането на селскостопански животни, предназначени за храна. Това включва например животни за разплод, устойчиви на болести, по-здрави и по-продуктивни (напр. случаят с CRISPR-Cas9 при свине), нови системи в животновъдство с намалено въздействие върху околната среда, например във връзка с емисиите на парникови газове.** Важно е да се разбере как обществото възприема прилагането на различни геномни технологии в животновъдните системи, тъй като е малко вероятно те да бъдат приети, ако е налице обществено противопоставяне на тяхното прилагане, което често е подкрепено от **морални опасения**. Приемането от обществеността може да бъде свързано както с приемливостта на специфичния биотехнологичен процес, прилаган в процеса на модификация, така и с основанието на разработчиците за прилагането му. Например **загрижеността на обществеността** относно прилагането на тези технологии в животновъдството е **съсредоточена върху различни въпроси, като хуманното отношение към животните и опасенията, свързани с околната среда, биоразнообразието и човешкото здраве**.

Променящата се законодателна рамка, потенциалното въздействие на общественото възприятие за риск, полза и етични норми и степента, в която възприятията на потребителите са допринесли за промяна на нормативната уредба на Европейския съюз относно генетичната модификация в системите за животновъдство, ясно показват, че **трябва да се вземе предвид приемливостта на потребителите**.

Разликите във възприятията и нагласите обаче трябва да бъдат оценени по отношение на различните видове геномно приложение. Съществуват и **различия в законодателните рамки между различните страни**. Например в рамките на Европа технологията **CRISPR-Cas9** попада под същата **законова рамка като генетично модифицираните организми (ГМО)**, докато в САЩ полученият продукт не се счита за генетично модифициран, ако е подложен на гenna редакция. Следователно съществува фундаментална разлика в подхода, при който фокусът на САЩ е върху крайния „продукт,,“, докато акцентът на ЕС е върху „процеса“.

Въпреки че съществува обширна литература относно обществените възприятия и нагласи към генетичната модификация на растенията и до известна степен при животните и микроорганизмите, други области на геномната наука, прилагани при производството на храни, например **използването на тези нови геномни техники при животни, не са изследвани толкова обстойно**. Съществуват обаче някои доказателства, че обществените нагласи към генните модификации/редакции, използвани в селското стопанство, са нюансирани от морални опасения и свързани с тях нагласи.

*Таблица 1. Области на геномната технология*

Тип геномна технология	Кратко описание на технологиите	Примери за прилагане на системи за производство на животни за употреба в
Генетично модифициране	Промяна на генетичния състав на клетките, включително трансфер на гени в рамките на и отвъд границите на видовете, за да се коригират дефектите или да се произведат подобрени и/или нови организми.	Въвеждане в прасетата на ген от спанак за промяна на телесния състав за по-добро производство на храни. Въвеждане на модифициран ген за създаване на животни, устойчиви на топлинен стрес.
Структурна геномика	ДНК секвениране, сглобяване на последователността, организация на последователността и управление и определяне на структурата на всеки протеин, кодиран от генома.	Идентифициране на животните с „пожелателни“ гени, напр. по-висока продуктивност, по-добра устойчивост на болести.

Функционална геномика	Реконструкция на геномни последователности за откриване на функциите на гените заедно.	Определяне на начина, по който гените си взаимодействат, за да произведат желани характеристики, напр. поведение на животните, здраве и повишаване на производителността.
Консервационна геномика	Използване на геномна последователност за по-добра оценка на генетичните фактори, които са от ключово значение за опазването на видовете.	Установяване на размера и здравето на генния фонд или генетичното разнообразие на дадена популация, включително запазване на рискови
Протеомика	Широкомащабното изследване на структурата на протеините и каква е тяхната функция и как те взаимодействат при животните.	Разбиране на функцията и регулирането на гените и как те участват в сложни мрежи, произвеждащи протеини и други биологични агенти, контролиращи фенотипните характеристики.
Генно задвижване	Естествено или генно инженерство, приложени към дадена фенотипна характеристика, така че тя да е доминантна над други характеристики и да може да се разпространява в цяла популация на даден целеви вид.	Генните дрейфове могат да се използват за противодействие на болести, пренасяни от животни, и могат да възникнат по естествен път или да бъдат генетично модифицирани, например чрез CRISPR (генно редактиране).

Всички дискусии на различни фокус групи са много интерактивни, като наблюдава високо ниво на интерес, разбиране и опознаване на тези технологии. Като цяло участниците са непредубедени и често повечето от тях се обединяват около мнението, че е необходимо да се провеждат геномни изследвания в животновъдството. Участниците обаче изразяват различни мнения относно начина, по който следва да се прилага тази технология. Някои участници изразяват специфични културни и етични възгледи за използването на различни геномни технологии в животновъдството. За разлика от това, други са по-положителни по отношение на използването на геномни технологии, ако тези технологии са регулирани по подходящ начин и ако се вземат предвид обществените предпочитания и приоритети за технологични иновации. **Някои учени изразяват позицията, че геномните технологии биха могли да подобрят хуманното отношение към животните и/или да подобрят устойчивостта на организмите в постоянно изменящата се и динамична околна среда.**

Повечето учени и екипи експерти са склонни да се споразумеят за приемливостта на протеомиката, структурната геномика и функционалната геномика. Повечето учени са **по-скептични по отношение на прилагането на генетична модификация и генни стимули при размножаването на нови признаци в селскостопанските продуктивни животни**. В голяма част от научните публикации учените свързват структурната геномика с традиционното селективно развъждане.

*„... Това е като селекцията, с изключение на това, че при конвенционалната селекция има повече разработки и знания... Ако се познават действителните гени и целевите такива, към които се стремите, тези технологии не са тези грешни...“*

*„...Винаги сме го правили от години, но току що селекцията беше модернизирана до напреднало ново поколение, което обаче сега заплашва самото ни съществуване.“*

Някои учени посочват, че **естественият подбор е естествен процес, но това не е така за всички приложения на геномните технологии**. Някои групи учени заявяват, че разбирането на геномните структури и използването на тази информация за селективно развъждане на селскостопански животни би било от полза за земеделските стопани. Мнозинството от учените и неправителствени организации обаче са изразили мнението, че **такива развъдни процеси следва да бъдат „естествени“**, например като се идентифицират полезните черти и характеристики чрез геномен анализ и след това се подбират животни с желана характеристика за създаване и селектиране на животни с „полезни“ характеристики, свързани с производството на храни. Немалка част от научните и обществените групи са изразили **повече отрицателни мнения относно геномните технологии, възприемани като „изкуствени“** (особено генетично модифицирани и генно редактирани), **особено за развитието на животни с характеристики, които биха могли да имат нежелани отрицателни ефекти, с потенциално тежки последици за здравето и благосъстоянието на човека, както и за съответните животински видове**.

*„...Може да е опасно да се отървеш от ген или да го модифицираш. Подобно на това, което са направили с комарите, това е добре, но ако започне да се прави с животните, от които получаваме хранителни продукти, е трудно да се моделира взаимодействието в останалата част от екосистемата, така че може да доведе до нещо отрицателно.“*

Все пак има **немалко мнения, че има потенциални ползи от прилагането на всички обсъждани геномни технологии, ако пътят на прилагане е предпазлив и подходящо законово регулиран**. Но все пак е трудно да се създаде подходяща и последователна регулаторна рамка.

*„...Отначало повечето учени и експерти в областта се обединиха, че трябва тези технологии да се използват с умереност, но как можем да смекчим използването им в световен мащаб, тази задача става все по-трудна.“*

Голяма група заинтересовани страни не вярват, че индивидуалният контрол и контролът на национално равнище са достатъчни за умереното използване на геномни технологии, което е потенциално крайно или злонамерено. Повечето са на мнение, че **трябва да има глобална система за проследяване на приложенията на тези технологии, а не трябва да бъде пренебрегвана и етичната страна.** Има належаща необходимост в промишлеността и в националното законодателство да се **въведат системи на управление, които да включват разпоредби, основани на етични съображения, както и въпроси, свързани с риска.** Този етичен кодекс трябва да е разработен така, че да има механизъм, чрез който неправомерно използващите нови геномни техники компании и производители трябва да бъдат подведени под отговорност.

## Приложения

**Необходимо е да се провеждат много допълнителни изследвания в тези области,** като се използват геномни технологии при животни. Необходимо е също да се използва геномиката и новите геномни техники, за да се получи **по-подробна информация за гените, представляващи интерес, да бъдат по-добре проучени функциите им и да се получи пълна информация за генетичната им последователност.** Все още е твърде рано да бъдат внедрени тези технологии в развъдната дейност и животновъдството, поради не съвсем предвидимият им характер и резултати. **Разработването и прилагането на геномни технологии и техните потенциални ползи също са счестени за важни и трябва да бъдат проучени по отношение на прилагането им за медицински и ветеринарни изследвания и за здравеопазване.**

*„...Ако всички се страхуваме от нови технологии и манипулации, свързани с генома, не е сигурно, че щяхме да получим лечение за някои от болестите на съвременето“. „... Вече доста се знае за технологията CRISPR/Cas9 и в момента се използва в областта на раковите заболявания и лечението на рак. ...“*

Някои учени са изразили **резерви относно използването на геномиката и геномните технологии в контекста на въвеждането на човешки гени в животните за целите на ксенотрансплантацията,** като това мнение основно е свързано с **религиозни разбирания и етични норми.**

*„...Тези геномни технологии като цяло биха били по-подходящи за поддържане на производството на храни... но не е съвсем приемливо да се прилагат към човешкото здраве, религията и етичните норми не го позволяват.“*

**Страхът от „неизвестното“,** което бе в основата на опасенията на някои учени относно прилагането на геномни технологии върху продуктивни животни, е свързан главно с дискусиите относно генетичната модификация и генните редакции. Това може

да е свързано с опасения относно геномните технологии за различни видове или възприетията за неконтролируемост на процесите и резултатите.

*„Смесването на животински видове и генни групи от няколко различни видове е неприемливо, плашещо и ако е допусната грешка, би могло да се „прецака“ всичко.“*

Много учени са изразили **предпочитание към прилагането на геномни технологии за опазване на животинските видове в сравнение с други потенциални ползи**, които биха могли да бъдат генерирани от използването на такива технологии. Учените са **по-отворени към изследването и анализа на геномите на животните и растенията, които в повечето случаи могат да бъдат постигнати чрез геномика, протеомика, структурна геномика и функционална геномика, най-вече с цел опазване на биоразнообразието, а не с цел игра с генома на видовете** и създаване или запазване на нови фенотипни/генотипни характеристики. Има обаче и известен риск, свързан с данните от геномните последователности, събрани от изследването на животинските геноми, тъй като те могат да бъдат използвани неправомерно или да се спекулира с тях.

За повечето учени полезните аспекти на приложение на геномните технологии са свързани с подобряване на живота и благосъстоянието на животните, което включва:

### **Здраве и хуманно отношение към животните**

Дискусията за здравето на животните и хуманното отношение към тях е важна тема за повечето заинтересовани страни и е тясно свързана с концепцията, че хуманното отношение към животните е равнозначно на здравето на животните и контрола върху болестите.

Някои учени възприемат здравето на животните като различно от хуманното отношение към животните, но **мнозинството разглежда здравето на животните като част от хуманното отношение към животните**. По този начин геномните технологии се считат за полезни и важни, ако могат да бъдат използвани за подобряване на здравето на животните и хуманното отношение към тях. По-голямата част от учените считат **хуманното отношение към животните за важно съображение при използването на геномни технологии**.

Някои учени посочват, че хуманното отношение към животните се използва само като обосновка за геномни изследвания, тъй като това е научен мост за подобряване на човешкото здраве.

Други учени са на мнение, че независимо от причините, поради които земеделските стопани биха използват геномни технологии (например за намаляване на производствените разходи, увеличаване на производителността и за устойчиво подобряване на околната среда, за да се смекчи въздействието от неизползването на оптимални животновъдни практики), **хуманното отношение към животните следва**

**винаги да се взема предвид и да е с висок приоритет.** Търсенето на най-добрите условия за хуманно отношение към животните в крайна сметка ще доведе до всички други ползи, които земеделските стопани могат да търсят. Когато животното се чувства по-добре, когато животното се чувства в естествена среда, когато благосъстоянието му се подобрява, в крайна сметка то ще бъде по-продуктивно, ако живее в естествена среда, храната ще бъде по-безопасна, ще се чувства по-мотивирано и здраво.

На практика **проблемите, свързани с хуманното отношение към животните, са следствие от действията на човека и че условията, свързани с животновъдството, следва да бъдат променени, за да се отговори на нуждите, свързани с хуманното отношение към животните, вместо да се разработват нови технологични подходи за справяне с хуманното отношение към животните в рамките на тези системи.**

*„Ако хората искат да продължат да ядат месо, то със сигурност те трябва да променят средата, в която тези животни трябва да живеят, а не генетично да променят животните, за да издържат на условията“.*

### **По-безопасни храни и здраве за човека**

Някои учени подчертават значението на прилагането на геномни технологии за подобряване на продоволствената сигурност на хората. В този контекст голяма група заинтересовани страни са изразили загриженост относно това кои геномни технологии следва да се прилагат при производството на храни и необходимостта да се даде приоритет на подобряването на безопасността на храните пред други благоприятни въздействия.

### **Устойчивост на околната среда**

**Екологичните проблеми** и фактори, свързани с изменението на климата, биха могли да **оправдаят прилагането на много геномни технологии**, ако тяхното прилагане ги смекчи. За някои заинтересовани страни устойчивостта на околната среда се разглежда като най-важното потенциално въздействие на геномните технологии, което води до по-голяма производителност, по-безопасни храни за човека, подобряване на здравето и хуманното отношение към животните и опазване на екосистемите. Друга опортюнистична група заинтересовани страни обаче счита, че мотивите за инвестиране в геномни технологии се дължат само на финансовите интереси на корпорациите и физическите лица.

### **Ниска цена и по-голяма производителност**

Използването на геномни технологии за подобряване на производителността се разглежда като **„променящ играта фактор“**. По-ниските производствени разходи и повишената производителност, свързана с геномните технологии, са сметени за важни



от някои дискуссионни групи, особено във връзка с нарастването на населението в световен мащаб. **Много учени смятат, че с технологиите може да се произвежда повече на много ниска цена за изхранване на увеличаващото се човешко население.** Немалка част обаче от заинтересованите страни не са на това мнение и смятат, че използването на геномни технологии е свързано с финансови стимули от страна на заинтересованите страни от промишлеността. В не едно становище са предоставени доказателства и данни, че има достатъчно храна за изхранване на световното население, но **продоволствената несигурност се дължи главно на несправедливото разпределение на храни и разхищаването на храни в световен мащаб.**

## **Естественост и температура**

Като цяло **прилагането на геномни техники за размножаване, които са довели до промяна на темперамента или вида на животните е неприемливо.**

## **Етични съображения**

Конкретните етични сценарии, разгледани в различни проучвания, са съсредоточени в немалка степен върху мнението на учените относно използването на генетична модификация. Общите теми включват правата на животните и хуманното отношение към тях, естествеността, подобряване на условията, при които животните могат да бъдат отглеждани, и надлежното разглеждане на алтернативите на използването на геномни технологии.

## **Телос (Естественост)**

Използването на **геномни технологии, които напълно променят естествените характеристики или фенотипни белези, възприемани като естествени, на селскостопанските животни, е неприемливо.** Фенотипните характеристики на животните са неразделна част от естеството на животното и са съществували и оцелели до сега неслучайно.

**Всички промени във фенотипа на животните, освен ако не са свързани с хуманното отношение към животните и здравето на животните, които в крайна сметка са довели до по-добра производителност, се считат за неетични.** Развъждането с цел промяна на темперамента на животните е възприето от мнозинството от заинтересовани страни като нарушение на техния основен характер и „естествени права“ и поради това не се счита за хуманното отношение към животните.

## **Намалено потребление на месо**

Някои учени подчертават **необходимостта от намаляване на консумацията на месо.** Други заинтересовани страни са изразили становището, че подкрепят намаленото производство на месо, като същевременно предоставят на добитъка подходящо

пространство за отглеждане, доближаващо се до естествените им местообитания. **Повишеното обществено търсене на месо се дължи на увеличаването на предлагането на месо**, което прави месото много евтино. Това от своя страна поражда необходимостта от въвеждане на геномни технологични иновации.

### **Общи опасения относно използването на геномни технологии в животновъдството**

Въпреки че съществува общо съгласие, че проучването на структурата и функциите на животинските геноми е важно, някои учени са изразили опасения относно начините, по които получената информация може да се използва, и че генетичната информация следва да се използва само за насърчаване на здравето на животните и хуманното отношение към тях.

**Всяка технология, която не се стреми да подобри здравето на животните, да помогне за предотвратяване на болести или да идентифицира и излекува заболявания при животните и да доведе до подобряване хуманното отношение към животните, не е добре за човечеството и етичните норми.**

Други участници разглеждаха геномните технологии като начин за подобряване на производителността, за да отговорят на изискванията за продоволствена сигурност на нашето все по-нарастващо световно население, докато на други тези технологии предлагат начини за опазване на околната среда и гарантират съществуването на застрашени видове.

Някои заинтересовани страни смятат, че земеделските стопани и производителите са мотивирани само от печалбата. Други изразяват загриженост относно ролята на патентните права върху използването на геномна информация и технологии.

### **Механизъм за редактиране на генома**

Разработени са редица **различни системи за редактиране на генома**, но всички те имат **два основни компонента: система за насочване** (като специфична РНК молекула) **към конкретна ДНК последователност в целевия геном и ензим** (ендонуклеаза като Cas9) **за разцепване на веригите на ДНК в прицелното място**. Тъй като двойното скъсване е много вредно за клетката, и когато скъсването е факт, самата клетка допринася за процеса, мобилизирайки вградени механизми за бързо възстановяване на пробива. Възстановяването на двойноверижната структура продължава по един от двата механизма за възстановяване.

Единият механизъм се осъществява посредством **присъединяване към скъсаните ДНК вериги на нуклеотидни последователности, без да се взема предвид последователността на нуклеотидите във всеки край**. По този начин процесът на поправка може да включва въвеждане, заместване или заличаване на малък брой

нуклеотиди („индел“) по начин, който понастоящем не може да бъде контролиран. Този път за възстановяване е известен като нехомогенно свързване на края (*NHEJ*). **Въвеждането на индел може да наруши или промени функционалната ДНК последователност**, което позволява на изследователите да изследват функцията на тази точна последователност в клетъчната система или организма. Вторият основен път за възстановяване на ДНК е **хомоложно насочено редактиране (HDR)**, при който се използва ДНК шаблон, съвпадащ с мястото на разцепване на ДНК, за да поправи прекъсването и да възстанови оригиналната последователност. Чрез осигуряване на специално проектирана последователност - шаблони чрез методите за редактиране на генома обаче, HDR може да се използва и за добавяне, премахване или промяна на ДНК последователности по контролиран начин. Пътят, който клетката използва, за да поправи прекъсването, изглежда зависи от етапа на клетъчния цикъл, а **въвеждането на специфични последователности на ДНК, използвайки HDR пътя, остава особено предизвикателство.**

## Системи за редактиране на генома

Първите програмируеми нуклеази са **нуклеази тип цинкови пръсти (ZFNs)**, получени от транскрипционни фактори на бозайници (протеини в клетки на бозайници, които се свързват с ДНК и предизвикват активиране на ген). „Пръстите“ се свързват с молекулата на ДНК, по един комплект за всяко от съответните места на двете преплетени вериги на ДНК, за да се получи двойно скъсване на избраният целеви locus.

Втората система за генна редакция използва транскрипционен активатор като **ефекторни нуклеази (TALENs)**, получени от *Xanthomonas sp.* (бактерия, която причинява заболявания по растенията), работи по подобен начин.

Друг подход в генното редактиране използва **мегануклиазите, най-специфичните от естествено срещашите се ендонуклеази, които имат голям потенциал за разпознаване на много генни локуси**, който подход може да бъде програмиран, макар и с известна техническа трудност, за да разпознае избрана цел.

Най-революционното откритие обаче е това, което доведе до **системата за редактиране на генома CRISPR-Cas9** и нейното бързо и широко разпространение в различни научни направления. CRISPR са **част от адаптивната имунна система на бактериите, включваща ДНК секвенции с вирусен произход, присвоени от бактериите**. Те позволяват на бактерията да разпознае и следователно да се защити срещу по-нататъшна вирусна атака. Cas9 (свързан с CRISPR протеин 9) е двойна РНК-направлявана ендонуклеаза, свързана със системата за защита на CRISPR в бактерията *Streptococcus pyogenes*. За първи път е доказано, че **системата може да бъде насочена към конкретни ДНК последователности** през 2012 г. от екип, ръководен от Дженифър Дудна и Емануел Шарпентие. Прилагането на CRISPR-Cas9 в еукариотни клетки е демонстрирано месеци по-късно, през 2013 г. Тази система има **няколко предимства**, включително **относителната лекота, с която е възможно да се синтезират кратките**

**направляващи РНК последователности, необходими за насочване на Cas9 с висока степен на специфичност. Възможно е също така да се създават множество редакции на няколко места в генома чрез директно въвеждане в клетката, без да е необходимо клониране.**

Разработени са допълнителни системи, които позволяват на изследователите да редактират епигенома (набор от придобити химични модификации на ДНК молекула, която регулира генната експресия в клетката), използвайки подобна **система за насочване, комбинирана с инактивиран Cas9 (dCas9), който не разцепва ДНК веригите**. Това позволява генната активност да бъде включена или изключена в прицелните клетки, без да е необходимо да се променя самата ДНК последователност. В последно време е описана **техника, наречена първично редактиране, която директно записва нова генетична информация в определен ДНК локус**, без да е необходимо да се въвеждат двойни прекъсвания или да се използва ДНК шаблон на донора.

### **Технически предизвикателства при редактирането на генома**

Въпреки бързия напредък, постигнат в областта на редактирането на генома през двадесет и първи век, остават **много технически предизвикателства**, съвсем различни от въпросите относно приемливостта или целесъобразността на внедряването му в продоволствените и селскостопанските системи.

**Първото предизвикателство е доставянето на системите за редактиране в целевите клетки.** Съществуват различни методи на доставка, включително физични методи (микроинжекция, електропорация), методи чрез вирусна доставка (напр. рекомбинантен адено-асоцииран вирус) и потенциално невирусни методи на доставка (липозоми, поликомплекси, златни наночастици). Различните системи за редактиране (ZFNs, TALENs, CRISPR-Cas9 и др.) имат различни предимства и недостатъци по отношение на ефективността на доставката, насочването и редактирането.

**Осигуряването на предвидения резултат остава все още предизвикателство** и е ограничено не само от ефективността на редактирането (осигуряване на предвидените редакции в целевите клетки), но и от ефективността на репродуктивните процедури, в рамките на които се използва редактирането (напр. SCNT с помощта на редактирани, култивирани клетки или директно интрацитоплазмено инжектиране на системи за редактиране на геном в клетката).

Възможна последица от ниската специфичност на направляващия компонент на системата за редактиране на генома е да се предизвика **редактиране на непреднамерено място в генома („извънцелев ефект“)**. Ако не бъдат открити, те биха могли да имат неблагоприятно въздействие върху здравето и хуманното отношение към всяко редактирано животно. Спецификата се е подобрила чрез последователни поколения инструменти за редактиране и рискът от нецелев ефект понастоящем пада

под честотата на спонтанните мутации, които се срещат естествено при животинските геноми.

Друг риск е **непреднамереното интегриране на шаблона за редакция в целевия геном**. Този риск може да бъде сведен до минимум, като се използват шаблони за поправка на едноверижни ДНК последователности и геномът на редактирания организъм може да бъде проверен, за да се идентифицират нежеланите ефекти, които потенциално могат да бъдат постигнати с помощта на конвенционални стратегии.

Тъй като NHEJ е преобладаващият път за поправка на скъсвания на двойни вериги ДНК по време на клетъчния цикъл, допълнително предизвикателство се крие в **използването на пътя за възстановяване HDR, който е достъпен само по време на определени фази на клетъчния цикъл**, за да се изпълни целта за въвеждане на нов генетичен материал.

Полезността на редактирането на генома е ограничена от идентифицирането на геномните (или епигеномните) цели и способността за насочване на множество обекти, без, на практика, да се бърка геномът. Тъй като много икономически ценни характеристики при селскостопанските животни се контролират от няколко геномни региона, опитът за подобряване или потискане на избрана характеристика може да доведе до непреднамерени и потенциално вредни промени в други признаци. Въпреки това фенотипните модификации са постижими и са доказани при фундаменталните изследвания, като се използват моделни животни като мишки, зебри, нематодни червеи *C. elegans* и плодови мухи *Drosophila*. Някои модификации вече са постигнати и при продуктивните животни. Сред тях са модификацията на рогатите млекодайки говеда, за да се получат „безроги“ говеда, създаване на **видове свине**, модифицирани така, че да **имат присъща резистентност към определени вируси**, както и **модифицирането на отглежданата в развъдници съомга**, за да стане стерилна и така да се предотврати кръстосването с диви популации.

Като се имат предвид вредите за животните и промишлеността и икономическата цена на конвенционалните протоколи за профилактика и управление на заболяванията, **значителен изследователски капацитет е насочен към разбиране на епидемиологията на тези заболявания и намиране на нови профилактични и терапевтични подходи**.

**Примери за редактиране на генома и трансгенни подходи за постигане на резистентност към болести**

**Откриване на ваксини срещу вируса на африканската чума по свинете**

Разработена е молекулярна диагностика за ранна и предсимптоматична диагностика и за проследяване на разпространението и мутацията на вирусите, например мултиплексен RT-PCR за едновременно откриване на вируса на африканската чума по

свинете (ASFV), вируса на класическата чума по свинете и нетипична чума по свинете. Наскоро са докладвани и RT-qPCR тестове за откриване на респираторен вирус по свинете. Пълното геномно секвениране на вируса може да помогне за идентифициране на генетични маркери за проследяване на разпространението на вирусни изолати и идентифициране на маркери за вирулентност. Молекулярните изследвания за ASFV са спомогнали за идентифицирането на по-малко вирулентни щамове в Латвия, Естония и Китай, където изследователите съобщават за по-ниска смъртност сред популациите свине, но с поява на клинични симптоми, които са по-трудни за откриване и трудни за контрол.

Търсенето на ефективна ваксина е активна област на научните изследвания. В случаи като ASFV обаче разработването на ваксини е ограничено от трудности при придобиването на научни познания за характеристиките на инфекцията и имунитета. Въпреки това има някои съобщения за експериментални ваксини, включително живи атенюирани ваксини и ДНК ваксини. За бактериални заболявания и за лечение на усложнения от вирусни инфекции ваксините също обещават да намалят употребата на антимикробни средства.

**Ако при ваксинацията ще се изисква повторна доза, то при редактирането на генома основна цел е резистентността към конкретни заболявания да се превърне в постоянен признак на популациите и видовете.**

В последните години бяха внедрени редица инструменти, а много други все още са обект на научноизследователска и развойна дейност за борба със зооозните заболявания. Те включват подобрена биосигурност, устойчиво размножаване, нови терапевтични средства и ваксини и други алтернативни подходи като нови билкови добавки или пък трансплантация на фекален микробиом, които биха могли да спомогнат за засилване на имунния отговор и подобряване на устойчивостта на заболявания. Всички тези подходи имат предимства и недостатъци, например по отношение на ефективността, разходите, свързаните с тях изисквания, страничните ефекти и въздействието върху околната среда. Понастоящем тази гама от инструменти е допълнена от методи за редактиране на генома.

## Генна терапия за бруцелоза

В допълнение към ваксинацията са предложени стратегии за генна терапия, например за справяне с риска от бруцелоза — зооозна болест, причинена от бактерията *Brucella melitensis*, която води до аборт и безплодие, наред с други симптоми, при заразени животни и хора. Бруцелозата засяга по-специално преживните животни в Средиземноморието, Африка и Азия и, въпреки че **съществуват ваксини, ваксинацията не е напълно ефективен метод за контрол или ликвидиране** и води до редица нежелани последици, включително самата тя предизвиква аборт и безплодие. Поради това е **предложен алтернативен терапевтичен подход, включващ нови CRISPR-Cas9 лентивирусни вектори, които биха инактивирали специфични гени,**

**кодиращи фактори, които играят решаваща роля във вътреклетъчната репликация на бактериите *Brucella melitensis*.**

### **Определяне на генетични цели**

Домашните животни са силно селектирани с определени производствени характеристики, които са желателни за земеделските стопани, повишена хомогенност в рамките на породите и адаптиране към условията на съвременните животновъдни системи. Това е довело до **намаляване на генетичното разнообразие и до съобразен с околната среда подбор на генетични характеристики**, като например резистентност към болести.

### **Научни изследвания за идентифициране на генетични цели за размножаване**

Геномните проучвания изследват например ефектите върху генетичното разнообразие при рибите, например кохо съомгата, отглеждана предимно в Чили, включително геномните региони, свързани с телесното тегло и резистентността към болести (устойчивост на *Piscirickettsia salmonis*). Научните изследвания са насочени и към маркери за устойчивост, например по-високата устойчивост на тихоокеанската съомга към различни патогени в сравнение с атлантическата съомга.

Изследванията разглеждат и естествените антители при пилетата, които присъстват независимо от излагането на по-високи нива на патогени при някои птици, което позволява на птиците да реагират по-бързо, когато са инфектирани. Изследователите са установили, че присъствието на по-високи нива на естествени антители изглежда наследствено, което го прави потенциален обект за новите геномни техники и възможен начин за намаляване на употребата на антибиотици.

Проучвания в Камерун са изследвали говедата от различни породи с резистентност към туберкулоза по говедата, за да се идентифицират целите на новите геномни техники. По-нататъшната работа е идентифицирала геномните локуси, свързани с чувствителността към паратуберкулоза по говедата.

Възможно е кръстосване с устойчиви индивиди в рамките на един и същ вид, това обаче може да не е желателно от гледна точка на производството, тъй като повишаването на устойчивостта вероятно ще бъде за сметка на загуба на показателите за продуктивност, селектирани за домашните породи. Въпреки това, в подгрупа от случаи, при които съответните вариации на ДНК могат да бъдат идентифицирани и характеризирани, технологията за редактиране на генома може да даде възможност желаният вариант да бъде въведен директно в целевите видове, без да се излагат на риск други характеристики.

Изследователите успяха да **идентифицират специфичните молекулярни механизми, участващи в някои инфекции**, и да използват тези знания, за да

**разработят стратегии за редактиране на гени/генома, които блокират патогена,** като същевременно оставят други региони на генома и други функции незасегнати. Например изследванията са идентифицирали повърхностния рецептор (*CD163*), който позволява на вируса на репродуктивния и респираторен синдром (*PRRSV*) да нахлуе в макрофагите на свинете. Отстраняването на гена *CD163* (който кодира *CD163* протеина) потвърждава, че прасетата, които нямат този рецептор, са резистентни към *PRRSV*. Въпреки това, *CD163* рецепторът има други биологични функции (при хомеостаза, възпаление и имунен отговор), които са важни за животното, така че е разработен протокол за редактиране на генома, който позволява на изследователите да изключат само една от деветте рецепторни области (домен 5, който е отговорен за възприемчивостта на *PRRSV*). Последващите опити потвърждават, че **редактираните животни са „напълно резистентни към инфекция с *PRRSV* и поддържат биологичните функции, свързани с останалите области на *CD163*“.**

В проучване от 2016 г. се съобщава, че *PRNP* генът, който е свързан със спонгиформната енцефалопатия по говедата, заболяване, което може да засегне хора, които са консумирали заразено месо, е бил успешно променен при крави, използвайки CRISPR- Cas9.

**Маститът** е едно от най-значимите икономически заболявания при млекодайнните направления говеда и овце. Установено е, че резистентността към мастит, обикновено резултат от имунния отговор на дадено животно, е наследима и следователно е потенциална цел за размножаване. Последните изследвания показват производството на **трансгенни клонирани говеда, които произвеждат протеин в млякото си, които може да убият *Staphylococcus aureus***, причиняващ мастит (чрез редакция на човешки лизозимен ген в бета-казеин локуса, постигнато с помощта на нуклеази тип цинкови пръсти).

Наред с подобряването на устойчивостта към инфекциозни заболявания бяха използвани **стратегии за размножаване, за да се повиши толерантността на животните към предизвикателствата, свързани с околната среда.** Наследствеността е установена в редица т.нар. „функционални характеристики“, които са от значение за специфичните условия на някои съвременни животновъдни практики, и които са били обект на развъдни програми.

Повече от половината говеда в света живеят в гореща и влажна среда. **Високите температури** могат да повлияят на селскостопанските животни, като **намалят плодовитостта и добива на мляко, и имат отрицателно въздействие върху хуманното отношение към животните.** Проучванията установяват, че вредните температурни диапазони са сходни за хората, едрия рогат добитък, свинете, домашните птици, рибата и селскостопанските култури. Адаптирането към тропическата топлина в съчетание с високия добив на мляко при млекодайнните говеда е цел на програмите за развъждане в Южна Америка и Африка на юг от Сахара.



Генът **SLICK**, който е свързан с **по-гладка козина и термична толерантност** при кравите, е идентифициран през 2008 г. и в стопанствата вече се използва **генетична селекция на устойчиви на топлина крави**. Смята се, че компанията за прецизно развъждане *Acceligen*, например, с финансиране от фондацията *Bill & Melinda Gates*, се съсредоточава върху съчетаването на адаптацията към тропическата топлина, характерна за местните породи, с вече установения висок добив на мляко от елитни породи крави, с възможност за добавяне на резистентност към местни широко разпространени болести, както се изисква от производителите в различни региони. За да се съчетаят характеристиките и за постигане на тези цели голяма част от учените са на мнение, че е добре да се използват стратегии за редактиране на генома.



**Фигура 1:** Животни, носещи *SLICK* гена (в ляво) и див тип (в дясно)



## TRAITS FOR IMPROVED ANIMAL HEALTH AND WELL-BEING



### FOR BEEF & DAIRY CATTLE

- Bovine Tuberculosis (BTB) Resistance
- Foot-and-mouth disease virus (FMDV) Resistance
- Pest Resistance
- Improved Heat Tolerance
- Localized Climate Adaptation
- Dehorning Procedure Prevention
- Greater Genetic Diversity



### FOR SWINE

- Porcine Reproductive Respiratory Syndrome (PRRS) Resistance
- Foot-and-Mouth Disease Virus (FMDV) Resistance
- Piglet Nutrition Enhancement
- Castration Procedure Prevention
- Greater Genetic Diversity



### FOR FISH

- Disease Resistance
- Disease Outbreak Mitigation
- Sea Lice Resistance
- Reduced Use of Antibiotics
- Greater Genetic Diversity

**Фигура 2:** Програма на компанията *Acceligen*, с финансиране от фондацията *Bill & Melinda Gates*

гр. София, 1618, бул. "Цар Борис III" № 136  
<http://corhv.government.bg>, [corhv@mzh.government.bg](mailto:corhv@mzh.government.bg)  
 тел. 02/4273056

Учени в Нова Зеландия са използвали **редактиране на генома, за по-добра термотолерантност на Холщайн-фрезийските черно-бели млекодайки говеда**, за да могат да понесат по-добре променящите се климатични условия.

Пилетата са важен източник на протеини в световен мащаб и следователно са обект на много научни изследвания. Някои екипи учени изразяват мнението, че **редактирането на генома** може да предостави възможности за размножаване на характеристики като **подобряване на толеранса на топлина или укрепване на мускулно-скелетните характеристики** като здравината на костите и краката, което води до подобряване на физическото състояние и **намаляване на риска от контактен дерматит**.

Подобно на устойчивостта на болести, функционалните характеристики, като поносимост към неблагоприятни условия на околната среда, имат различни ползи за различните животновъдни системи.

Отглеждането на животни за производство на храни е може би най-очевидната цел на селекцията и развъдната дейност. Това може да се характеризира като пряко увеличаване на стойността на животинските продукти чрез повишаване на стойността на продукцията спрямо цената на вложените ресурси. Тази проста формула насочва вниманието към степента, в която целите се преследват като оптимизиране на производствената система, която включва както фенотипа на животните, така и физиологията, животновъдните практики и околната среда, за да се повиши ефективността чрез коефициенти на превръщане на вложените ресурси в продукцията и да се намалят разходите за интервенции (като ветеринарни интервенции) и за смекчаване на въздействието върху околната среда.

Въпреки че по-нататъшното увеличаване на фенотипните характеристики остава възможно чрез селективно размножаване във всички основни продуктивни видове животни, в много случаи те **все повече са придружени от отрицателни ефекти**, като например **по-голяма честота на заболявания или сериозност на здравния статус**. Те включват: **мастит при млекодайки говеда, куцота при говедата, неонатална смърт при прасета, проблеми с краката и асцит при бройлери и аномалии при съомгата**. Тези ефекти могат да изискват повишени ветеринарни грижи и медикаментозно лечение, въпреки че се твърди, че тези геномни технологии и селекции са безопасни и са само с положителни ефекти върху стадата.

Въпреки че все още има количествено увеличение на производителността, което се постигна чрез конвенционално развъждане, въпреки доказаните негативни ефекти от генната редакция и несигурния резултат от прилагането им, вниманието и употребата на **генно редактиране е насочено** и към други определени от потребителите качества на животинските продукти, например **вкус и текстура, или хипоалергенност на продуктите**.

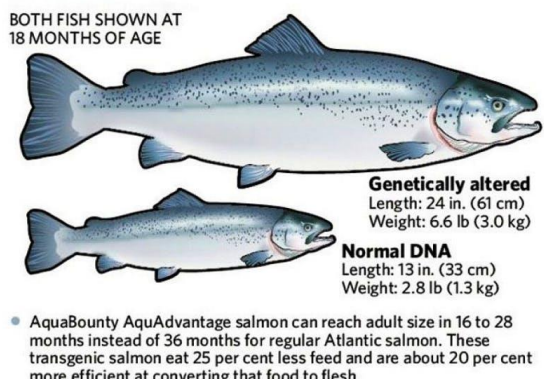
## Увеличаване на добива

Една област, в която може да се постигне значително увеличаване на добива чрез генетична манипулация, е при аквакултурите, например при видове като съомга и тилапия. Отглежданата в рибовъдни стопанства риба се различава само с няколко поколения от своите диви предшественици и предлага на производителите „неизползван потенциал за оптимизация“, въпреки че управлението на модифицираната риба също представлява предизвикателство за биосигурността и запазването на биоразнообразието. Изпускането на генно редактирана риба, отглеждана в морски развъдници и резервоари, граничещи с канализационни и речни системи, в околната среда и потенциалът и за кръстосване с диви видове поражда безпокойство. Като решение е предложено използването на биотехнологии за постигане на стерилитет при рибата, за да се блокира възможността за кръстосване и произтичащата от това заплаха за биологичното разнообразие.

Рекомбинантна ДНК технология е използвана за производството на съомгата *AquAdvantage*, първото генетично редактирано животно, одобрено за консумация от човека от национален регулаторен орган (Администрацията по храните и лекарствата на САЩ - FDA). Съомгата *AquAdvantage* е генетично изменена атлантическа съомга, която съдържа рекомбинантна ДНК последователност, съставена от гена, кодиращ растежния хормон при съомгата *Chinook* под контрола на промотор (последователност от ДНК, която се превръща в експресия на ген). Това води до нов вид риба, която може да достигне етап на растеж, при който тя може да бъде продавана на пазара по-бързо от (в непроменено) отглеждана в рибовъдните стопанства нередигирана съомга.



Фигура 3: Съомга *AquAdvantage*



FDA одобрява съомгата *AquAdvantage* като безопасна за консумация, установява, че въведената ДНК е безопасна за самата риба и също така установи, че тази генетична редакция няма значително въздействие върху околната среда или екосистемата. Това се основава на факта, че съомгата се отглежда в контролирана наземна система, както и на факта, че съомгата е стерилна.

Докато съомгата е била произведена с помощта на биотехнология от по-ранно поколение, техниката за редактиране на генома **CRISPR-Cas9** се прилага успешно и за различни видове аквакултури за придобиване на производствени характеристики, включително подобрена репродукция и растеж.

Характеристики като размер на кланичните трупове, коефициенти на конверсия на фуража, млечен добив и плодовитост показват различна степен на наследственост и могат да бъдат обект на селективни развъдни програми. Основните **генетични характеристики, свързани с тези фенотипове, обаче, често са сложни и полигенни и не могат лесно да се поддават на пряк молекулярен контрол** чрез техники като редактиране на генома. Освен това много от съпътстващите варианти могат да имат плейотропни ефекти, като са замесени в няколко биологични функции, така че промяната им може да доведе до **непредвидени странични ефекти върху организма. Въпреки това научните „експерименти“ продължават.**

Някои животни носят специфични генетични мутации в гена *MSTN*, регулатор на мускулния растеж, което води до **изумително увеличен размер на мускулите, както е установено например в *Piedmontese* и *Belgian Blue* „двойно замускулени“ говеда и в овцете *Texel*. Прасетата, кравите, овцете и конете са били подложени на процедури за редактиране на генома, за да се увеличи мускулната им маса. През 2015 и 2016г. Различни изследователски групи използват **TALEN** и **CRISPR-Cas9**, за да редактират гена *MSTN*, за да се получат свине с по-голяма мускулна маса. Отстраняването на гена *MSTN*, обаче е суров подход за увеличаване на производствения добив, който поражда допълнителни опасения относно хуманното отношение към животните, здравния им статус, ефективността и качеството след това на получената храна.**

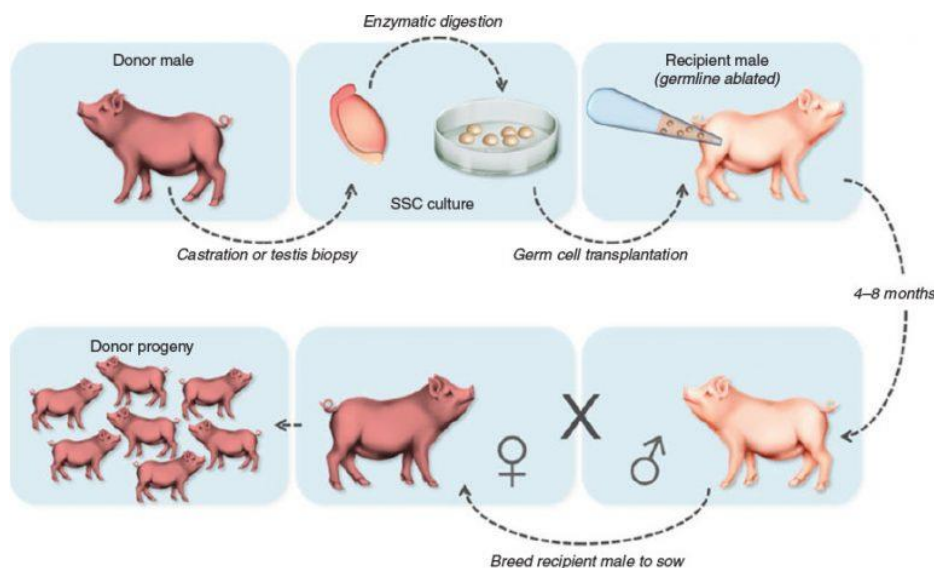




**Фигура 4:** Генно редактирани продуктивни животни

Едно от ограниченията на конвенционалното изкуствено осеменяване е необходимостта от многократно събиране и разпространение на репродуктивния материал от елитни животни-донори. Друга възможност съществува за усложнения, произтичащи от изкуственото осеменяване, който носи риск от разпространение на инфекциозни заболявания, ако животните-донори не са внимателно изследвани, както и риска от кръстосано замърсяване. Стратегиите за редактиране на генома също са дали възможност за нови подходи за увеличаване на разпространението на високопродуктивни елитни животни чрез конвенционални програми за селекция.

Редактирането на генома се използва за създаване на „сурогатни свине“, при което генът *NANOS2* се редактира при мъжки свине, за да ги направи неспособни да произвеждат собствени сперматозоиди, без да се засяга по друг начин функцията на тестисите. Това позволява клетките от прекурсор на сперматозоиди, взети от елитни свине донори, да бъдат прехвърляни в тестисите на редактираните животни. Тези присадки след това произвеждат зрели гамети, които могат да оплодят женските. Този процес дава възможност за радикално разширяване и разпространение на елитни животни с желаните фенотипове. Подобна техника се прилага и при пилетата за създаване на „заместители“ за елитно размножаване и селекция.

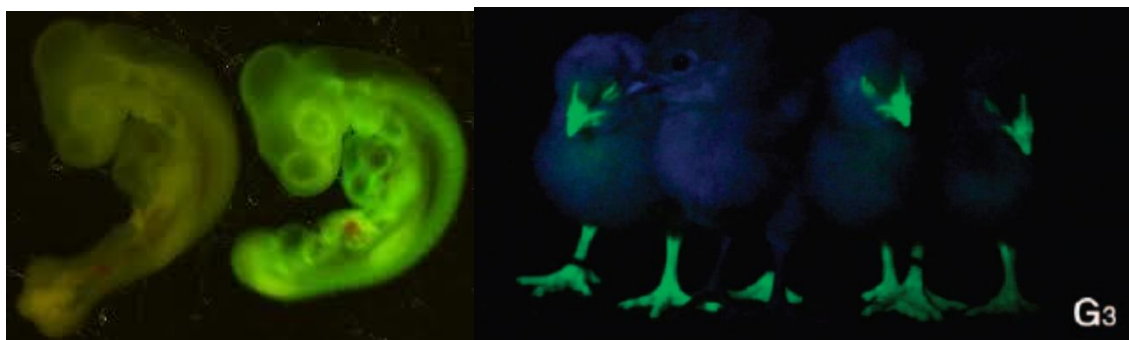


**Фигура 5:** Схематично представен процес на разпространение на редактирани животни с желани характеристики

### Сексиране на яйца при пилета

По отношение на кокошките носачки бе предложено редактиране на генома като метод за избягване на масовото избиване на новоизлюпените мъжки. В люпилните мъжките новоизлюпени пилета нямат икономическа стойност, тъй като не могат да снасят яйца, а породите, които са по-добре приспособени към снасянето на яйца, не са достатъчно добре представени като породи бройлери по отношение на производството на месо. Поради това пилетата се подлагат на сексиране на пола след излюпването и мъжките пилета се унищожават по конвенционален начин.

Изследователите са използвали инструменти за редактиране на генома, за да поставят маркерен ген върху хромозомите на пилешки ембриони, които насочват мъжкото фенотипно развитие. Флуоресцират яйцата, съдържащи мъжки ембриони, когато лазерът се прокара през яйцето, което позволява, да се унищожат веднага след снасянето, като по този начин се освобождават 50 % от инкубаторното пространство и се избягва необходимостта от унищожаване след инкубация на 50-те процента от новоизлюпените мъжки животни.



**Фигура 6:** Изглед *in ovo* на мъжки пилета

В допълнение към техниките за увеличаване на количеството и качеството на животинските продукти, изследователите са проучили и начини за използване на нови технологии за постигане на ценени характеристики на животинските продукти, като например ниска алергенност, и за производство на нови химични съединения, които могат да имат хранителна, медицинска, биомедицинска или промишлена стойност.

Нуклеазите тип цинкови пръсти са използвани в изследванията в Нова Зеландия за създаване на вид крави BLG през 2018 г. В друг експеримент телетата са с генетична редакция, за да експресират микроРНК, които ефективно се намесват в производството на алергена, което показва, че подходът може да се използва за промяна на състава на млякото, за да се избегне алергична реакция при хората. Подобен резултат е получен при кози, като е използван CRISPR-Cas9 през 2017 г. В изследвания от Русия, докладвани през 2021 г., CRISPR-Cas9 е използван за отстраняване на гени за BLG

(*PAEP*) и *BLG*-подобния протеинов ген (*LOC100848610*) с цел **клонирание на говеда с дефицит на *BLG***.

Разработени са и **подходи за отстраняване или изменение на протеиновите алергени в птичите яйца**. Молекулярните интервенции при домашните птици се **оказват обаче предизвикателство**. Изследователите наскоро показаха, че CRISPR-Cas9 може да се използва за предизвикване на мутации в гени, кодиращи два яйчни белтъка- яйчен албумин и овомукоид, в птичи първични зародишни клетки, за да се създадат химерни петли и развъдни линии, съдържащи мутацията. В друг експеримент изследователите използват PCR-насочена мутагенеза, за да **създадат мутантен яйчен белтък, който може да се използва в имунотерапията, за да предизвика поносимост към овомукоидния протеин (*Gald1*)**. Системата CRISPR- Cas9 се използва и за създаване на **кокошки с генни мутации в овомукоидите (*OVM*)**, като яйцата не **съдържат овомукоиден протеин**.

Второто генетично модифицирано животно, **одобрено за консумация от човека** (след съомгата *AquAdvantage*), е **линия домашни свине *GalSafe***, които са модифицирани с помощта на **трансгенна технология**. **В месото им липсва алфа-галактоза, която присъства в говеждото, агнешкото и свинското месо и предизвиква алергична реакция при хора**. Редактираните свине са одобрени от Администрацията по храните и лекарствата на САЩ (FDA) в края на 2020 г. както за **храни за хора, така и за потенциална терапевтична употреба като ксеноприсади**.



**Фигура 7: Изглед на генно редактирани свине *GalSafe***

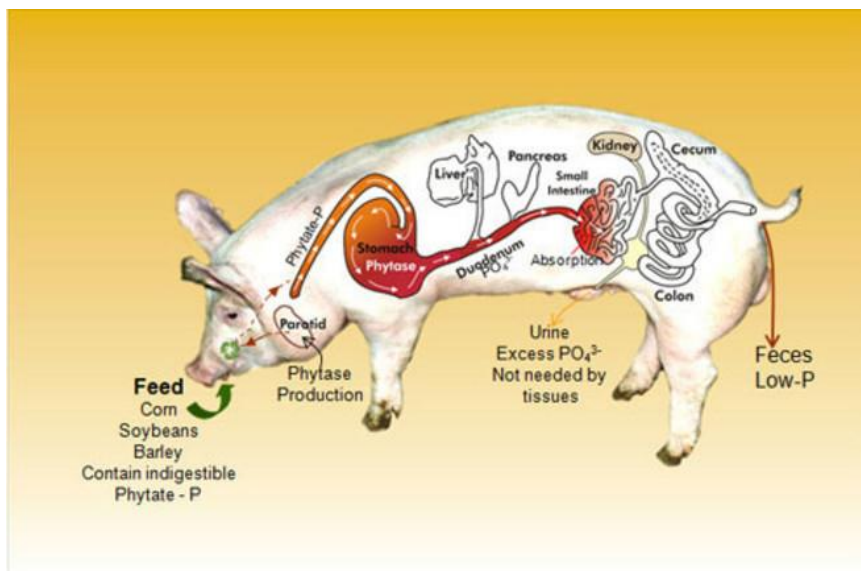
### **Въздействие върху околната среда**

Сред **основните въздействия на продоволствените и селскостопанските системи са тези върху околната среда**. Те включват **въздействия върху почвите и водоизточниците чрез замърсяване, въздействие върху биосферата, включително въздействие върху биологичното разнообразие и екосистемите, въздействие върху ландшафта и географията, както и въздействие върху атмосферата и климата**. Въпреки че тези въздействия могат да бъдат установени на местно равнище, последиците от световната продоволствена и селскостопанска система допринасят за последиците в планетарен мащаб. **Общопризнато е, че човешката дейност е оказала решаващо въздействие върху планетарните системи**.

Според Организацията на ООН за прехрана и земеделие (ФАО) **животновъдството** представлява приблизително **14,5 % от всички антропогенни емисии на парникови газове в световен мащаб**. Приблизително **65 % от тези емисии се дължат на отглеждането и развъждането на едър рогат добитък**. Те се генерират по цялата верига на доставки, включително чрез използване на изкопаеми горива в производството, преработката и транспорта на фуражи, чрез усвояването на фуража от преживни животни, което представлява 39 % от общите емисии. Говедата имат най-висок процент емисии сред селскостопанските животни (почти 300 килограма еквивалент на CO<sub>2</sub> на килограм произведен протеин). Въпреки че 27 % от емисиите от добитъка са под формата на въглероден диоксид, 44 % са - метан (CH<sub>4</sub>), а останалите 29 % - двуазотен оксид (N<sub>2</sub>O), които са значително по-вредни за околната среда.

Проучват се няколко стратегии за намаляване на емисиите на парникови газове от добитъка, включително управление на развъждането на стадата, контрол чрез храната, манипулиране на микробиома и управление на отпадъците. Изследванията показват, че производството на метан и емисиите при преживните животни показват значителна наследственост, а някои предполагат, че генетичната селекция би могла да постигне намаление от 10 до 20% на производството на метан по време на храносмилането. Факторите обаче са сложни. Предложени са стратегии за редактиране на генома, но все още са на експериментално ниво. Това изглежда са области, в които все още предстои да се извлекат ползи от селективното развъждане, макар и в съчетание със стратегии за развъдната дейност, храненето, пашата и управлението на отпадъците. Възможно е селективното развъждане на животни чрез използване на геномни методи за подбор да предложи начин за намаляване на емисиите на метан: геномният подбор дава възможност за ефективен подбор на характеристики, които биха спомогнали за намаляване емисиите. Освен **развъждането на генно редактирани животни с ниско производство на метан, би могло да се повиши ефективността на преобразуването на азота, за да се намалят концентрациите на азот в почвата**. Предложени са **„Enviro-pigs“ с подобро разграждане на фосфатите**. Промените в управлението на производствените системи обаче изглежда има най-голям принос в намаляването на емисиите на парникови газове. **Най-обещаващите приложения на биотехнологиите за намаляване на емисиите на парникови газове от животновъдството изглежда не се дължат на редактиране на генома на самите животни, а главно на промяна в производството и видовете фуражи, което може да има по-голямо въздействие върху биологичното разнообразие (напр. обезлесяване, пасища) и управлението на водите (напояване)**. Най-значимите налични мерки за справяне с въздействието върху околната среда се отнасят до ефективността на системите за животновъдство и **общото намаляване на добитъка в полза на растителните храни, когато това е възможно**.





Фигура 8: *EnviroPigs*, принцип на преобразуване на азота

## Биоразнообразие

Макар и опитомяването да е довело до значително увеличение на общия брой на животните на планетата, то е придружено от значително намаляване на биологичното разнообразие както в рамките на опитомени животински популации, така и чрез селективен натиск върху дивите животни и техните местообитания, например когато земята се превръща в земеделска, до такава степен, че общата биологична маса на добитъка в света понастоящем е повече от десет пъти по-голяма от общата маса на всички диви животни, взети заедно. Една от **последниците от селективното развъждане е намаляването на генетичното разнообразие**, тъй като животните се отглеждат с цел подобряване и фиксиране на характеристиките, отчасти и вследствие на липсата на координация и комуникация между животновъдите, насочени към постигането на общи цели. **Редактирането на генома може да се използва за придобиване на желаните генетични черти между линиите, за да се разшири наличното генетично разнообразие.** Тези техники може дори да се използват за **отстраняване на вредни признаци от разплодните животни, които са преминали интензивно размножаване за желаните характеристики, като се използва комбинация от традиционна селекция и геномна селекция.**

Разнообразието може да бъде нарушено и от кръстосване на домашни породи с диви. Това е особен проблем в рибовъдството. Всяка година милиони отглеждана в рибовъдни стопанства съомга напускат стопанствата и се кръстосват с дива риба, като намаляват разнообразието на дивите генни пулове и така се намаляват характеристиките, които дават предимства на дивата риба. Едно от приложенията за редактиране на генома е създадената и одобрена за консумация отглеждана в рибовъдни стопанства съомга, която е стерилна и не може да се размножава и кръстосва с популации диви риби. Следва все пак да се отбележи, че **всяка намеса, която увеличава производителността, има потенциал да намали отрицателното**

**въздействие върху околната среда.** Например създаването на устойчиви на различни метеорологични условия (топлина/студ) крави е застъпено в доста проучвания и разработки по екологични съображения, тъй като едно редактирано термотолерантно животно може да произвежда същото количество мляко и месо колкото няколко нередигирани животни, но да използва част от водата и енергията, да генерира по-малко отпадъци и да отделя по-малко парникови газове. Беше отбелязано обаче от не малка част от заинтересованите страни, че **тези генни редакции може да афектират хуманното отношение към животните и околната среда.** Като се има предвид обаче неефективността на животновъдството като източник на храна, в по-общ план **най-ефективният начин за намаляване на въздействието върху околната среда в много региони може да бъде просто намаляване на броя на отглежданите животни.**

**Всички приложения на технологиите за размножаване, основани на геномни техники и гена редакция, осигуряват бъдещ, макар и в повечето случаи все още несигурен, отговор на конкретно предизвикателство, възникнало вследствие на човешка дейност или за задоволяване на човешкото желание. Привлекателността на тези иновации до голяма степен е, че предлаганото от тях решение е на по-ниска цена от алтернативата, или защото основният проблем е твърде труден за решаване с други средства, или че отговорността за това може да бъде отложена или изместена.**

Болестите при селскостопанските животни допринасят за редица предизвикателства, пред които е изправена продоволствената и селскостопанската система: те оказват отрицателно въздействие върху хуманното отношение към животните; те могат да бъдат икономически разрушителни за земеделските стопани; те могат да повлияят пряко върху благосъстоянието на хората; и както болестите, така и тяхното непредпазливо лечение могат да засегнат човешкото здраве, екосистемите и околната среда. Много от тях се разглеждат като „болести на промишленото земеделие“, а интензивните животновъдни системи несъмнено са направили последиците от тях особено опустошителни. Те обаче не са ограничени до промишлените системи. Различните системи всъщност имат различни видове уязвимост: в един случай това може да се дължи на по-голямата концентрация на животни; в друга, от по-големия риск от излагане на вектори.

По принцип използването на редактиране на генома за постигане на резистентност към болести има редица предимства. На теория точният контрол позволява включването на черти с проста и добре характеризирани генетична основа, без на теория да се нарушават други генни функции. За разлика от конвенционалното развъждане, на теория това може да се постигне пряко и без влошаване на производствените характеристики на породата. След като бъдат изпълнени в развъдна линия, введените черти могат да бъдат фиксирани и предадени чрез конвенционално размножаване на потомството.

Резистентността следва също така да спомогне за намаляване на необходимостта от ветеринарно лечение, както и на употребата на антимикробни средства в селското стопанство, което представлява заплаха за хората, животните и по-широките екосистеми. Когато се появят иновации, те ще зависят от тяхната достъпност за производители с различни размери и от това колко ефективно могат да бъдат включени в различни системи.

Приемливостта на тези процедури е доста спорна тема и трябва да бъде разгледана в контекста на по-широка дискусия относно приемливостта и целесъобразността на различните животновъдни системи и последиците от всяка намеса за снабдяването с храни, храненето, здравето, поминъка и околната среда.

**В някои случаи биотехнологиите могат да предложат изящни и бързи „печалби,, в други случаи „конвенционалното“ отглеждане ще бъде по-ефективно, а в трети - адаптирането към условията на околната среда е най-ефективният или единственият начин на действие.** Повечето конвенционални „производствени характеристики“ изглеждат високо полигенни, което ги прави рефрактерни към стратегиите за редактиране на генома при повечето домашни видове. Изглежда вероятно редактирането на генома да намери първоначалните си приложения при въвеждането на допълнителни моногенни характеристики на вече селективно отглежданите животни. Но не можем да обобщим или предскажем с голяма сигурност какво ще се случи в бъдеще. Начинът, по който се използват новите технологии за размножаване, ще зависи отчасти от изобретателността на технологиите във връзка с ограниченията на биологията и отчасти от начина, по който тяхното използване се стимулира и контролира.

Релевантен е не само процентът на „печалбата“, но и неговата цел. Именно тук става важен въпросът как биотехнологиите са включени в различните виждания за бъдещето на продоволствените и селскостопанските системи. На пръв поглед например изглежда, че присъщата резистентност към болести ще бъде от полза за всяко животно: тези, отглеждани в задните дворове, които могат да влязат в контакт с диви вектори, и тези, отглеждани в производствени стада, чрез които болестта може да се разпространи с опустошителни последици. Ефектът обаче може да бъде асиметричен. Повишаването на ефективността може да бъде опустошително за други системи. Доколкото производството на селскостопански животни се ръководи от икономическите сили на пазара на животински продукти, най-силните стимули, които насочват развитието и възприемането на технологиите, са тези за повишаване на производителността. Въпреки че животновъдите вече като цяло признават тези ефекти, те остават въввлечени в противоречиви стимули. Неотчитането на социалните и екологичните разходи в рамките на продоволствената и селскостопанската система може да не отрази с точност ефективността на самите геномни технологии и ефектите им, както и ползата за самите животновъди.

Животновъдството като цяло (за разлика от генетичните интервенции) е доста законово облекчено.

Установено е, че в исторически план стимулт за увеличаване на производителността е оказал вредно въздействие върху животните, земеделските стопани и техните общности, както и върху околната среда в резултат на вида на селскостопанските практики, в които е замесена. **Конвенционалните селективни системи за развъждане и отглеждане вече са надвишили ръста на производителността, който в много случаи съответства на капацитета на животните за добър живот и хуманно отношение към животните.** Наблюдават се несмекчени външни фактори в животновъдството, които водят до бъдещи вреди както за хората, така и за животните. Въпреки че много животновъди вече твърдят, че са възприели „балансиран“ подход за размножаване, е трудно да се проверят последиците от това, тъй като липсват данни. По-специално, липсват подходящи, събрани във времето данни за резултатите от развъждането или за живота и благосъстоянието на животните в стопанствата. **Три аспекта на животновъдството, по-специално, изискват допълнителен контрол и управление:**

Първият е използването на развъждане за подобряване на устойчивостта на животните към инфекциозни заболявания, когато причината за влошеното здраве са лошите условия, в които се отглеждат, или практиките, на които са подложени. В този случай съществува риск развъждането просто да произвежда животни, които могат да понесат по-добре неблагоприятни условия на отглеждане без привидно лоши последици за здравето, като по този начин се прикрива фактът, че те продължават да живеят в неприемливи условия. **Изводът е, че животните не трябва да бъдат развъждани, за да се подобрят само характеристиките им или за да са издържливи на липсата на хуманно отношение към тях.**

Вторият аспект е свързан с потенциалното отклонение между поколенията в способностите, необходими за водене на добър живот в резултат на последователни фенотипни промени в поколенията чрез преследване на целите и програмите за размножаване. Очевиден пример са „ужасяващо изглеждащите редактирани животни“, които се нуждаят от акушерска намеса, за да раждат или да се размножават. Друг такъв пример е мускулно-скелетните проблеми при **бързорастящите бройлери**, които предполагат, че тяхната физиология не се е развила успоредно с производствените характеристики, които са били обект на развъдните програми. **Изводът е, че животните не следва да се отглеждат по начини, които намалява присъщите им фенотипни признаци и да се изменя естественият им начин на живот и съществуване.**

Третият аспект, който изисква преразглеждане, е свързан с **необходимост от действия за създаване на законодателство, регламентиращо новите геномни техники, тяхното приложение и точните методи, които биват използвани особено в животновъдството.** Трябва да се изградят политики, на базата на различни гледни

точки на всички заинтересовани страни за обезпечаване на продоволствената и селскостопанска система, включвайки новите методи в биотехнологиите и молекулярната биология, но **не пренебрегвайки хуманното отношение към животните и етиката. Всяко преразглеждане на нормативната уредба, засягащо новите технологии за отглеждане, следва да бъде предшествано от задълбочен преглед на политиката, който отчита въздействието на тези технологии не само върху производството, но и върху организацията на продоволствената и селскостопанската система и върху обществото в по-общ план; по-специално тя следва да разгледа и контролира потенциала на иновациите в подкрепа на вредните земеделски практики.** Това ни връща отново към въпроса за осигуряването на справедлива продоволствена и селскостопанска система, строго детерминиране на ролята на потребителите и гражданите, както и към необходимостта да се обърне внимание на други интереси.

## Бъдещи визии

Публичното обсъждане на биотехнологиите постоянно отваря за размисъл въпросите, които създателите на политики трябва да покрият, за да се даде възможност за напредък чрез иновации. Това обаче може да бъде важен сигнал за **необходимостта от предпазливост** по отношение на преждевременното ангажиране с предпочитано технологично решение: реална загриженост относно неизследваната несигурност, структурните последици или алтернативните разходи от такъв порядък. ЕК отбеляза, че няма един вид интервенция, която да предлага достатъчен отговор на всички предизвикателства, пред които понастоящем са изправени продоволствените и селскостопанските системи. Считано е за важно да **не се мисли само по отношение на ad hoc интервенциите, за да се посрещнат най-непосредствените и неотложни предизвикателства, а по-скоро да се мисли за дългосрочно приложение на тези технологии** и установяване на техните дългосрочни последици от приложенията им.

Има **много противоречия по отношение на биотехнологичните иновации**, чете не съответстват на визията за желаното бъдеще. При разглеждането на интервенциите в продоволствената и селскостопанската система е необходимо непрекъснато да се преразглеждат взаимовръзките между факторите на местно и световно ниво, както и между действията и последиците в краткосрочен и дългосрочен план.

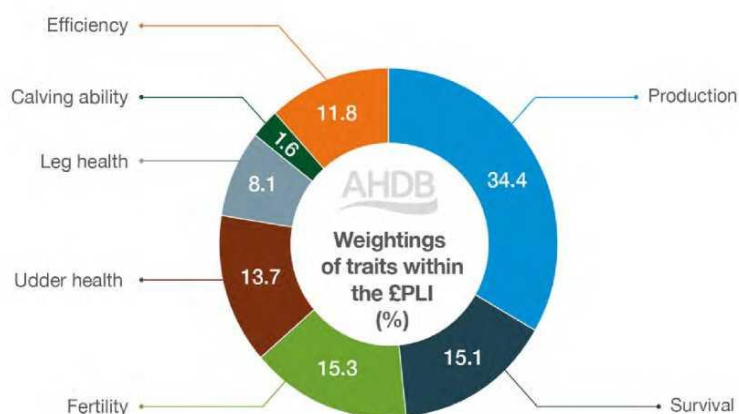
Code-EFABAR например предлага по-усъвършенствано разработване на концепцията за „балансирано отглеждане“, отколкото просто да се постигне баланс между производителността, от една страна, и здравето на животните и хуманното отношение към тях, от друга, която третира целите за отглеждане като сложен проблем. Всъщност неотдавнашното разработване на Кодекса съдържа, наред с първоначалното понятие „отговорно отглеждане,, по-амбициозното понятие за „устойчиво отглеждане“, което се определя като:

*„до каква степен отглеждането на селскостопански животни, управлявано от професионални организации, допринася за производството на достатъчни, безопасни,*

питателни и здравословни храни, като същевременно се грижи за генетичното разнообразие, ефективното използване на ресурсите, околната среда, здравето на животните и хуманното отношение към животните, за да се създаде „по-добър свят„ за бъдещите поколения.“

Препоръчва се също така разработването на по-подробни стандарти, които могат да бъдат прилагани въз основа на ясни доказателства относно употребата и внедряването на тези нови геномни технологии. Те ще трябва ясно да зададат правила и да гарантират, че животните няма да бъдат развъждани само за подобряване на характеристиките им, или само за да издържат на лоши условия на отглеждане и нехуманно отношение, които намаляват присъщите им характеристики.

Ключов показател за подбора на животни за генна редакция и селекция е печелившият индекс за целия живот (PLI). PLI измерват допълнителната печалба, която потомството на дадено животно се очаква да реализира през целия си живот в сравнение с потомството на средностатистическо животно (PLI=0) от тази порода. По-долу е представено претеглянето на различните характеристики (*фигура 9*):



Индексите за размножаване (или генетичните индекси) могат да бъдат разработени за всеки интересен признак, за който може да се изчисли наследствеността. Индексите за разплод се използват от дружества, които предоставят „генетичен материал,, за да се изрази степента, в която се очаква интересна черта да бъде предадена на потомството на животното.

Геномните индекси все повече се използват за много видове. Те позволяват да се изчисли генетичен индекс по-скоро от собствения генотип на животното, отколкото от информацията за неговите роднини, въз основа на сравнение с геномите и известните характеристики на дадена референтна популация.

**Разработването на значими мерки за хуманно отношение към животните, които подкрепят оценката на начина, по който животните с различни наследствени**

характеристики се отглеждат в реални условия, е област, в която има нужда от допълнителни изследвания, за които следва да се предостави публично финансиране.

**Счита се, че разработването и внедряването на технологии за наблюдение в стопанствата следва да се насърчава и че тяхното независимо валидиране от компетентен орган следва да бъде подкрепено.**

Въвеждането на правилно валидирани технологии за наблюдение би могло да бъде от пряка полза за земеделските стопани, тъй като предоставя информация за състоянието и ефективността на отделните стада. **За да се гарантират ползите за промишлеността и населението от употребата на тези технологии, получената информация трябва да включва подобрени механизми за докладване и анализ.**

Потребителите постоянно съобщават за желанието си за информация относно избора на продуктите, които консумират, и че за тях е важно ясното и съдържателно етикетирание на продуктите. Като се има предвид, че обществените нагласи към много генетично модифицирани (ГМ) продукти от първо поколение бяха възбудени от липсата на отделяне на генетично модифицираните и генетично немодифицираните суровини като съставки в преработени храни (на основание, че са по същество еквивалентни), е разумно да се разгледа въпросът за **етикетирането на продуктите от животински произход с редактиран геном**. Установено е, че е трудно да се разграничат продуктите с редактиран геном, от конвенционалните продукти аналитично, тъй като за разлика от повечето продукти на рекомбинантни ДНК технологии, случаите на редактиране на генома може да не оставят видима следа от направената редакция. Поради това етикетиранието може да изисква разработването на нови инструменти или да разчита на изпитани методи за контрол и проследяване.

Очевидно не всичко в естествения диапазон на генетичната вариация е безвредно за животните или за потребителите на животински продукти. Освен това, без да се знае много за генетиката на съответния организъм, връзката между размера на генетичната промяна и размера на ефекта не може да бъде известна. Малките изменения не означават непременно малки ефекти. Това лесно се доказва от факта, че определени точкови мутации в генома могат да имат тежки или летални последици за фенотипа, докато в други случаи нарушаването и редакцията на дълги последователности в генома няма видим ефект. Това предполага, че безопасността на продуктите, съдържащи редактиран геном, не е гарантирана. За тази цел ще бъде необходима по-конкретна информация относно естеството на изменението/редакцията и последиците от него. **Всички нови продукти, пуснати на пазара, включително продукти с геномна редакция, трябва да бъдат подложени на оценка на риска и подходящ анализ и изпитване.**

Това етикетирание на генно редактирани продукти дава информирана възможност за избор, който е от значение за потребителите, и предоставя информация, към която може да се придаде обществено значение.

Както твърди правителството на Обединеното кралство:

гр. София, 1618, бул. "Цар Борис III" № 136  
<http://corhv.government.bg>, [corhv@mzh.government.bg](mailto:corhv@mzh.government.bg)  
тел. 02/4273056

*"Потребителите трябва да могат да вземат информирани решения за закупуване на подобни стоки, съдържащи редактиран геном, което пък от своя страна да отразява и предпочитанията на потребителите за хуманно отношение към животните... Освен възможността за по-голяма прозрачност, високото хуманно отношение към животните е обществено благо."*

Осигуряването на достъп до достатъчно хранителни доставки за населението, опазването на здравето на хората и животните, поддържането на екосистемите и биологичното разнообразие и реагирането на извънредната ситуация в областта на климата са цели, за които са предложени биотехнологии като алтернативни решения. Противниците на биотехнологиите твърдят обратното, включително че биотехнологиите ще доведат до неравенство по отношение на достъпа до селскостопански продукти, като концентрират властта в ръцете на корпоративните участници, че ще навредят на екосистемите и че дори биха могли да навредят на здравето на потребителите. На тези две противоположни мнения се базират аргументите за по-строго или рестриктивно регулиране на биотехнологиите. В продължение на 20 и повече години са поставени строги регулаторни условия около въвеждането на генетични технологии в много държави. В Европа това е постигнато чрез редица правни инструменти, сред които Европейската директива 2001/18 (Директивата за ГМО). Директивата предвижда освобождаването или пускането на пазара на „генетично модифицирани организми“ (ГМО) и налага изисквания за проследяване и етикетирание на всички генетично модифицирани продукти, които се пускат на пазара. Тази директива характеризира даден ГМО като „организъм, в който генетичният материал е бил променен по начин, който не се среща естествено чрез чифтосване и/или естествена рекомбинация“. Регулаторният режим, въведен чрез Директивата за ГМО, е ръководен от широко обсъждания „**принцип на предпазливост**“. Това се постига чрез изисквания за предварително разрешение за пускане на пазара, което изисква оценки на риска и полеви изпитвания.

Като цяло преразглеждането на регулаторната рамка, касаещо редактираните организми ще отнеме време, но Европейският съд в крайна сметка е приел, че действащото законодателство за ГМО, обхваща организмите, получени чрез редактиране на генома.

**Счита се, че е желателно по-нататъшно публично обсъждане, за да се проучат разбирането, предположенията и ценностите, залегнали в основата на изразените от обществеността мнения относно рисковете от новите геномни технологии.**

Също така става ясно, че потенциалните рискове за здравето на потребителите при консумация на продукти с редактиран геном, не са най-важният проблем и че повечето хора са на мнение, че съществуващата регулаторна рамка осигурява някаква сигурност. Голяма част от заинтересованите страни са по-загрижени за последиците за животните и структурата на продоволствената и селскостопанската система — опасения, които са посочени и в становището на Европейската група по етика от 2021 г.



„ Етика на редактирането на генома “. **Подходът на предпазливост изисква да се признае, че е невъзможно и нецелесъобразно възприемането на нови технологични пътища да се основава единствено на научни становища.**

Понастоящем редактирането на генома представлява само малка част от нежеланите последици в рамките на хранителните и селскостопанските системи. **Следователно един пропорционален и предпазлив подход следва да отчита не само прогнозираните разходи и ползи от иновациите в областта на агрохранителната верига, но и последиците от тяхното приемане, разпространение и внедряване за продоволствената и селскостопанската система и за обществото като цяло. Последиците от липсата на иновации или от следването на алтернативни начини на действие следва да предоставят контекст за това съображение.** Регулирането на ГМО доведе до забавяне на иновациите, докато предизвикателствата пред системата особено що се отнася до генно редактираните организми продължават да нарастват.

В заключение е установена **необходимостта от по-нататъшен контрол, за да се гарантира, че животните не се отглеждат по начини, които намаляват присъщите им фенотипни характеристики и качеството им на живот. Счита се, че подходящо учреден и авторитетен орган следва да наблюдава въздействието на развъдните практики, селекцията и въвеждането на новите геномни техники в животновъдния сектор и храните.** Този орган следва да дава насоки относно всички породи или линии, които могат или не да бъдат използвани за търговски цели, и да дава насоки относно породите, изложени на риск.

Съобразно **Европейското патентно право**, общоприето е, че **животно с нова черта може да бъде патентовано в Европа**, когато например новата характеристика е налице в резултат на пряка техническа намеса в генома на животното, докато селективно отглежданите животни, чиито черти присъстват в резултат на „по същество биологичен процес“, не могат. Всички животновъди имат права на собственост върху своите животни, така че никой да не може да ги използва без съгласието на селекционера. В този ред на мисли, прилагането на биотехнологиите води до два вида права на собственост върху животното: **права на собственост върху самото животно и интелектуална собственост, произхождаща приемането на животното като продукт на човешка намеса или нова геномна техника.** Освен това, докато собствеността върху конвенционално отглежданите животни или техния репродуктивен материал се прехвърля при продажба, правата на собственост върху животни с геномна обработка могат „да се простират“ до последователни поколения в размножителната линия, което води до **източник на приходи за селекционера.**

Съществува още едно изключение от патентоспособността, което може да възникне в контекста на патентите за животни с редактиран геном. Европа е една от малкото юрисдикции, чието патентно право включва изключване от патентно право по морални съображения (*ordre public*). Европейската патентна конвенция предвижда по-специално, че европейски патенти не следва да се издават по отношение на „процеси за

промяна на генетичната идентичност на животните, които има вероятност да им причинят страдание без съществена медицинска полза за човека или животните, а също и за животните, които са резултат от такива процеси“. Относно новите геномни техники и употребата им при животни има доста етични възражения, основани например на това, че животните са същества с усещания и чувства, а също така базирани на хуманното отношение към животните и здравните проблеми, които възникват вследствие на употребата на тези технологии.

**Счита се, че следва да се проучи ползата от развъдните индекси, касаещи „общественото благо,, за насочване на плащанията към земеделските стопани, включително изискването, че когато предприемачите на развъдни породи пускат на пазара животни или животински репродуктивни материали, от тях следва да се изисква да публикуват информация за индекса „обществено благо“ в одобрен формат.**

Резултатите от изследванията показват, че въпреки че са били предоставени допълнителна информация и разяснения, като цяло все още **липсва разграничение между различните геномни технологии, прилагани за селскостопанските животни.** Голяма част от заинтересованите страни са изразили **предпочитание към „неинвазивни“ технологии, при които не се прилага генетична модификация или редактиране,** а вместо това **технологичните иновации да са насочени към картографиране на съществуващите животински геноми** и се използват за селективно размножаване за желаните характеристики. Често са **изразявани етични опасения относно прилаганите технологични процеси,** по-специално по отношение на степента, в която тези процеси се възприемат като различни от „естествените“ техники за селекция, както и във връзка с целта на прилагането, като например здравето на животните и хуманното отношение към тях или опазването на околната среда, които обикновено се разглеждат като по-важни от етична гледна точка от приложения, които увеличават добива или икономическата стойност в рамките на агрохранителната верига. Изключения, касаещи етичните норми са обаче тези геномни приложения, които повишават толерантността на животните към интензивните производствени системи или по-ниските стандарти за хуманно отношение към животните. Някои експерти по етика твърдят, че „недоволството и етичните спирачки“ може да бъдат временна мярка за облекчаване на страданието на животните в среда, която хората са създали за тях, въпреки че на свой ред се твърди, че е **по-добре да се обърне внимание на условията, които водят до лошо благосъстояние,** или наистина да се **преосмисли концепцията за телос, за да се обърне внимание на това, което „е важно“ за животното.** **Необходими са допълнителни изследвания, за да се разберат разликите между етичната обосновка и обществените нагласи, възприятия и мнения по едни и същи въпроси.**

Когато се предоставя допълнителна информация за различните технологични иновации, прилагани към животните, заинтересованите страни са изразили мнение, че редактирането на гени е предпочитано пред генетичната модификация и използването на генни дискове. Наблюдението е, че **заинтересованите страни приемат повече**

**геномните технологии, които не водят до „инвазивни „генетични промени, а позволяват по-бърза и прецизна стратегия за генетична промяна въз основа на „секвенирането“ на гените, а не на въвеждане на изкуствени генетични промени. Понятието за генетична промяна е предмет на загриженост за обществеността, но по-скоро технологичният механизъм, чрез който се постига генната редакция буди по-сериозни дискусии, както и степента, в която тази редакция може да се постигне чрез естествени техники за селекция и размножаване. Както е установено в предишни изследвания, потенциалът за непреднамерено, неконтролируемо и неясно въздействие върху здравето и околната среда, са допринесли за тези опасения.**

Заинтересованите страни признават трансграничния характер на потенциалните рискове и етичните въпроси, свързани с новите геномни техники и се обединяват около заключението, че има необходимост от включване и разглеждане на етични въпроси при разработването на нормативни актове, свързани с геномните технологии, прилагани към животните и техните продукти, необходимо е също да се включат и трансграничните регулаторни системи, като се има предвид, че рисковете и етичните въпроси също имат трансгранични последици. Изразена е и етична загриженост във връзка с непрестанното използване на геномни технологии за по-нататъшно развитие на съществуващите интензивни системи в животновъдството (например чрез прилагане на тези технологии за премахване на отрицателните поведенчески реакции на животните към такива производствени системи). По-специално, много заинтересовани страни смятат, че **прилагането на някои или на всички геномни технологии в системите за животновъдство, всъщност е нерегулирано в световен мащаб.** Това може да бъде свързано с **липсата на доверие**, което потребителите имат в научноизследователските институции, управленските практики и промишлеността. Много заинтересовани страни смятат, че **основния двигател за употребата и внедряването на тези технологии е финансовата изгода, което би довело до потенциално вредни за здравето на животните и хуманното отношение към тях ефекти и резултати.** Участието на **всички сектори в разработването на регламенти, политики и начина, по който те се прилагат и наблюдават, може да повиши общественото доверие в управленските практики.**

Всички геномни технологии, разгледани в този обзор, приложенията им и употребата им с различна цел, е необходимо да бъдат ясно описани, регламентирани законово и продуктите с генна редакция е необходимо щателно, основно и подробно да бъдат етикетирани, за да може да се възвърне доверието на потребителя и да се постигне информиран избор на потребителя. Трябва да се прави ясно разграничение между различните видове геномни технологии, включително във връзка с етичните опасения. Например **технологията CRISPR-Cas9 понастоящем се регулира от регламентите за ГМО в Европа.** Привържениците на съвременните техники за редактиране на гени като CRISPR-Cas9 твърдят, че такива техники могат да бъдат използвани, за да се „надградят“ различните видове генетични промени, които биха се появили естествено. Следователно това следва да бъде взето предвид в законодателните документи. Основният въпрос, на който трябва да се обърне **внимание, е дали продуктите, разработени чрез**

**редактиране на гени, следва да бъдат регулирани въз основа на процеса или характеристиките на крайните продукти**, или следва да се възприеме хибриден подход. Важно е **технологиите**, използвани за производството на храни, да бъдат упоменати **върху етикега на продуктите**, за да се насърчи **прозрачността** в продоволствените системи и наличието на информация.

И накрая, геномните технологии в здравеопазването както за хората, така и за животните, **крият потенциални нежелани последици от предаването на потомството на нежелани черти в резултат на генетична промяна**, необходими са **още много изследвания и проувания на различни нива**, за да могат тези технологии да се внедрят без риск за здравето и благосъстоянието на хора и животни и без риск за биоразнообразието в околната среда.

### **Заклучение и препоръки:**

Този научен обзор отразява мненията на голяма част от заинтересованите страни, че обществеността е по-положителна по отношение на използването на (различни) геномни технологии за изучаване и натрупване на генетична информация за животни, включително продуктивни животни, и които са информативни и подобряват традиционните практики на отглеждане в сравнение с техниките, които променят генома на животните. Постигнат е по-голям консенсус по отношение на подобряване и увеличаване на информацията за опазването, устойчивостта на околната среда, здравето и хуманното отношение към животните. Поддържането на „естествеността“ на животните е също важен компонент при изучаване прилагането на тези технологии. Вземането предвид на обществените предпочитания и актуализирането или създаването на нови регламенти и стратегии, свързани с новите геномни техники и етикетирването може да повиши общественото доверие в научните и регулаторните институции, но са необходими допълнителни изследвания в различни направления и в мащаб.

В рамките на този обзор са идентифицирани и разгледани етични въпроси, свързани с въздействието на новите технологии за размножаване, по-специално технологиите за редактиране на генома, върху производството, използването и хуманното отношение към животните. С напредването на дискусиите по темата стана ясно, че въздействието на тези технологии, а оттам и естеството на тези въпроси, зависи само отчасти от естеството на самите технологии и от това, което те дават като резултат.

Както има стара византийска поговорка:

*„Този, който има хляб, има много проблеми; този, който не разполага с хляб, има само един проблем.“*

Начинът, по който биотехнологиите се използват при селскостопански животни, потенциално играе роля по отношение на всички предизвикателства, които бяха посочени в изложението. От доказателствата, преведени в различни проучвания и дискуссионни групи, е малко вероятно генетичните технологии да доведат до драматично

и пряко увеличаване на производствените характеристики на селскостопанските животни. Там, където биотехнологиите могат да предложат повишаване на производителността, са свързани с намаляване на тежестта на заболяванията и разходите за ветеринарни интервенции. Биотехнологиите обаче не са единственият път към този резултат и различните подходи ще обслужват по различен начин интересите на различните групи хора и селскостопански животни. Тук е необходима предпазливост, тъй като това, което изглежда като *prima facie* ползи, може да послужи и за укрепване на производствените системи. Тези технологии не трябва да се използват в полза на хората за сметка на животните.

Изводът е, че всяка намеса в развъждането на селскостопански животни, независимо дали е положителен опит за развитие на науката за развъждане с цел насърчаване на желаните резултати или регулаторно ограничение за такива дейности, за да се избегнат нежелани последици, трябва да се разглежда в контекста на една по-широка и последователна визия за бъдеща продоволствена и селскостопанска система. Следва да се отчита не само динамиката на продоволствената и селскостопанската система, но и въздействието на тази система върху общите условия на живот на хората и селскостопанските животни.

Бъдещето на развъждането на селскостопански животни трябва да се разглежда в по-широкия контекст на промяната в хранителния режим на населението, в полза на хората, животните, планетата и бъдещите поколения. Това ще включва намалена консумация на животински продукти като цяло, а там, където те се консумират, консумация на продукти с по-високо качество и подобряване хуманното отношение към животните, в съчетание с по-ефективно използване на производството на обработваеми култури за хранене на хората и разработване на нови източници на протеини. Това, много вероятно, ще означава повишаване на цената на животинските продукти.

Заклучението е, че начинът, по който е организирана и управлявана световната продоволствена и селскостопанска система, както и вътрешните и външните предизвикателства, на които е подложена, я правят морално незащитима и неустойчива в настоящата си форма. Съществуват както непосредствени предизвикателства, така и дългосрочни предизвикателства. В отговор на тези предизвикателства е необходимо вместо да се преодоляват отделни предизвикателства на парче, намесата в системата трябва, да се ръководи от последователна визия за желания вид храна и селскостопанска система, да се основава на нюансирано отчитане на „възможността“ на пропуснатите алтернативи и да се основава на цялостен политически контекст за постигането ѝ.

Развъждането на селскостопански животни е съставна част от тази визия. Новите техники за размножаване, като например редактирането на генома, имат способността да ускорят напредъка към желаното подреждане на продоволствената система или да я обогатят с нови посоки, цели и възможности. Технологиите за размножаване, които използват редактиране на генома, понастоящем не са насочени в традиционните производствени характеристики, като например повишеното тегло на кланичните

трупове и плодовитостта. Въпреки това те могат да увеличат селскостопанската производителност по други начини (напр. чрез намаляване на риска от болести по животните или въздействието на топлината), което от своя страна може да реши проблемите, възникващи в резултат на използваните животновъдни системи. Но бъдещите технологии за размножаване несъмнено имат значителен потенциал за постигане на тези цели, но са необходими доста изпитвания, оценки на риска и разработки.

Редактирането на генома е само една съвсем наскоро разработена гама от техники в биотехнологиите и други по-усъвършенствани могат да се появят в бъдеще. Поради тази причина заключенията и препоръките на ЕК относно развъждането на селскостопански животни трябва да имат значение отвъд специфичните техники, които понастоящем съществуват и се прилагат. Освен това, въпреки че понастоящем се разработват редица приложения, не е възможно да се предвидят употребите, за които могат да бъдат използвани нововъзникващи биотехнологии в бъдеще.

Един от проблемите на тези нови геномни техники е свързан не само с начина, по който може да се използва една или друга технология за развъждане, но и с това как възприемането на различни технологии може да повлияе на формата и организацията на хранителните и селскостопанските системи и основните интереси на хората и животните, които са зависими от тях. Трябва да се подхожда предпазливо към избора на дизайн и управление на системите, така че каквито и подходи и технологии да включват, те могат да го направят по начин, който има минимални до нулеви рискове за хора, животни и околна среда.

Изброени са в изложението редица принципи, които са от значение за разработването, прилагането и управлението на геномни технологии в животновъдство. Ето защо принципите по-долу се предлагат като рамка, около която може да се оформи разработването на политики и законодателство, касаещо само и единствено новите геномни техники в животновъдството и агрохранителната верига.

### **Принцип 1: Продоволствена сигурност**

Продоволствените и селскостопанските системи следва да бъдат организирани, управлявани и контролирани да доставят, като минимум, достатъчно безопасна, питателна храна, за да се отговори на нуждите на хората и животните, които зависят от тях, сега и за бъдещите поколения.

Що се отнася до продоволствените и селскостопанските системи, това означава като минимум да се осигури достатъчно снабдяване с храни за всички групи от населението. Както се отбеляза по-нагоре в изложението, това се отнася както до обективните фактори, така и до субективните фактори. И двете са важни: от една страна, излишъкът от ресурси е недостатъчен, ако продуктите не се предоставят там, където са необходими; от друга страна, производителността на оскъдните ресурси може да се

увеличи значително чрез технологии или чрез други алтернативни методи в селското стопанство. Степента на контрол, който може да се упражнява чрез институциите, обаче е ограничена, не на последно място защото, предвид глобализацията на пазарите и веригите на доставки.

## **Принцип 2: Правосъдие и законодателство**

Продоволствените и селскостопанските системи следва да бъдат организирани и управлявани по начин, който зачита основните интереси на лицата, чийто живот засягат. Това означава, че те следва да имат възможност да живеят живота си в състояние на безопасност, сигурност и благосъстояние.

В рамките на икономически развити и политически стабилни общества продължава да съществува сериозно неравенство, така че много хора да не се ползват от условията, необходими дори за адекватно качество на живот. Следователно ще бъде необходим втори принцип.

Продоволствените и селскостопанските системи допринасят за осигуряването на справедлива продоволствена сигурност. Селскостопанските системи са отговорни за задоволяване на основните нужди на животните, както и за осигуряване на възнаграждаване на заетостта на селскостопанските работници и на други лица по агрохранителната верига. Те също така оказват въздействие, чрез взаимодействието си с екосистемите и околната среда, върху други основни направления, като например здравето. И обратно, начинът, по който са организирани продоволствените и селскостопанските системи, може да допринесе за несправедливост и несигурност, когато основните интереси на някои направления не се зачитат.

## **Принцип 3: Пропорционалност и предпазливост**

Политиката и управлението, свързани с развъждането на селскостопански животни, следва да отчитат не само прогнозираните разходи и ползи от иновациите, но и последиците за продоволствената и селскостопанската система и за обществото като цяло от тяхното приемане, разпространение и прилагане, като се има предвид необходимостта да се отговори на обществените предизвикателства и като се вземат предвид първите два принципа.

Продоволствената и селскостопанската система е динамична и е предмет на редица вътрешни и външни предизвикателства и е интегрирана в по-широк социален и екологичен контекст. Сред най-важните цели на управлението са да се гарантира, че иновациите не задълбочават обществените предизвикателства, пред които е изправена продоволствената и селскостопанската система, и че всички установими рискове са пропорционални на прогнозираната обществена полза, като същевременно се гарантира, че системата като цяло отговаря на целите, заложили в първите два принципа (продоволствена сигурност и правосъдие).

Изразени са опасения относно използването на инвазивни или технологични подходи за справяне с проблеми, възникнали в резултат на по-ранни промени в селскостопанските практики, или когато те се използват за справяне с предизвикателствата. ЕК обаче заключава, че нито тези исторически съображения, нито методологичните съображения са решаващи възражения срещу технологичните иновации: в зависимост от обстоятелствата може да има случаи, в които промяната на биологията на животното може да бъде по-пропорционален подход, отколкото към вече установените в системата условия или практики. Въпросът за пропорционалността обаче трябва да се постави във връзка с алтернативни подходи, които са на разположение за постигане на същата законосъобразна цел. Два аспекта на новите биотехнологии затрудняват оценката на пропорционалността. Първото е изискването да се представят доказателства в подкрепа на пригодността на биотехнологиите за постигане на целта, което автоматично поставя иновациите в неизгодно положение. Докато установените практики могат да представляват идентифицирани и оценени рискове, иновациите често са свързани с несигурност. Една от причините, които често се предлагат, за да се предпочита адаптирането на условията на околната среда вместо биологията на животните, е загрижеността, че новите технологии могат да имат непредвидени или необратими последици и че те може да не бъдат разбрани или смекчени преди катастрофалните резултати да станат неизбежни. Този вид загриженост порождает „принцип на предпазливост“. Важно е новите молекулярно биотехнологични методи да бъдат оценявани на макромолекулярно и клетъчно ниво, на равнището на отделните животни и при животинските популации. Въпреки това фокусирането на тези съображения около безопасността на продуктите, която обикновено е строго регулирана, пропуска важни измерения на ефекта и резултатите от тези технологии.

Вторият аспект, който затруднява оценката на новите технологии, е изискването да се докаже, че те не са по-обременяващи от алтернативите. Обхватът на технологичното управление не трябва да пропуска да поеме по-общите пътища за продоволствените и селскостопанските системи, които могат да спомогнат за създаването и/или утвърждаването на конкретни технологични иновации. Именно това потенциално затвърждаване на системи, конфигурирани около конкретни технологии чрез социални процеси на иновации, разпространение и узаконяване, изисква специална предпазливост.

За разлика от „принципа на предпазливост,,“, който се възприема от някои като обосновка за блокиране на определени видове иновации, се показва необходимостта да се действа в определена посока, дори и да е предпазлива, за да се отговори на настоящите предизвикателства. Местните и глобалните политически, икономически, климатични и демографски промени оказват натиск върху продоволствената и селскостопанската система, и няма неутрален вариант (т.е. такъв, който няма последици). Това дава основание за разгръщане на оценката на технологиите по два начина. Първата е да се премине от ограничени въпроси относно конкретната технология, продукт или практика към по-обща въпроси относно алтернативни технологии, продукти или практики, които



могат да бъдат на разположение за справяне с набор от взаимосвързани обществени предизвикателства. Второто е да се премине от целта за събиране на повече доказателства от особен вид към това да се проучат други форми на доказване, да се използват различни начини за тълкуване и оценяване на доказателствата, както и различни начини за конструиране на предизвикателствата, които трябва да бъдат преодолени, или на целите, които трябва да се преследват.

#### **Принцип 4: Ангажираност и процедурно правосъдие**

Когато прилагането на нови технологии за отглеждане засяга въпроси от обществен интерес (напр. във връзка с обществените предизвикателства, засягащи продоволствената и селскостопанската система), по-специално когато това би могло да има значително въздействие върху целите, заложиени в първите два принципа, отговорните звена за политиката и управлението следва да предприемат стъпки, за да се грижат за редица ценности и интереси, изразени от обществото.

Интегрирането на продоволствените и селскостопанските системи в обществото като цяло предполага, че политиката и управлението, свързани с тях, следва да бъдат ориентирани към обществения интерес. Връзката на обществения интерес с интересите на гражданите обаче е сложна: не може да се приеме, че общественият интерес е съвкупността от индивидуални интереси, а още по-малко интересите на която и да е част от обществеността, която може да бъде мотивирана или насърчена да ги изрази. В либералните демократични общества могат да се приемат различни процедури за разпознаване, създаване и осъществяване на обществения интерес. Два механизма, чрез които може да бъде изразен обществен интерес, са чрез подбор между програмите на политическите партии, за които гражданите могат да гласуват на общи избори, и чрез сигнали от пазара в резултат на икономически избор, направен от потребителите.

#### **Принцип 5: Сътрудничество и солидарност**

Правителствата и публичните органи следва да работят с органите в други юрисдикции за справяне с обществените и глобалните предизвикателства, които пресичат националните или политическите граници, включително продоволствената сигурност и храненето, хуманното отношение към животните, здравето на животните, появата на зоонозни болести, загубата на биологично разнообразие, екосистемите и изменението на климата.

Фактът, че продоволствените системи рядко са съчетани с някоя конкретна национална юрисдикция, предполага, че насърчаването на обществения интерес в една юрисдикция трябва да включва сътрудничество с институции в други юрисдикции. Сътрудничеството е както морален принцип, така и практическа необходимост, за да се гарантират стандарти и да се избегне проблемът с по-слабите стандарти и тяхното въздействие между народите, следвайки теченията на икономическата дейност, като по този начин се подкопават усилията за поддържане или повишаване на стандартите във

вътрешен план. Това може да изисква регулаторна дипломация и прилагане на търговските условия за насърчаване на подходящи стандарти.

Като се има предвид глобалният характер на предизвикателствата, пред които са изправени продоволствените и селскостопанските системи, и неравномерното разпределение в световен мащаб на тяхното въздействие върху хората и животните, принципът на правосъдието и законодателството изисква отговори, които надхвърлят видовете, географията и юрисдикцията. На политическо равнище това налага солидарност. Солидарността може да се характеризира като готовност за поемане на разходи от името на други лица. Това може да бъде под формата на споделяне на ползите от научните изследвания, съвместно проектиране на изследователски цели, улесняване на трансфера на технологии и договаряне на справедливи търговски отношения, които насърчават високи стандарти и обезкуражават „прескачането“ на моралната отговорност и икономическите разходи за други нации.

## **Основни предложения и препоръки**

### **Научното развъждане е довело до хипердоминиране**

Новите технологии за развъждане, по-специално тези, които се основават на познанията за генетиката, ускориха темпа на фенотипни промени в селскостопанските животни и потвърдиха тяхното нарастващо подлагане на технологичен контрол. Бъдещите технологии за размножаване, като например редактирането на генома, имат потенциала да увеличат това ускорение. Освен управлението на тяхното хранене, физическа среда и взаимодействия, съвременното животновъдство включва контрол върху възпроизводството на животните, който потенциално позволява селекция на нивото, на което отделните алели се предават на следващото поколение. Наричаме това прогресивно усъвършенстване и комбинация от контролиращи интервенции „хипердоминиране“. Дали това представлява приемственост или скъсване с предишни развъдни практики е въпрос на морална и политическа рамка, която може да повлияе на реакцията към него.

### **Продоволствената и селскостопанската система е неустойчива в сегашния си вид**

Продоволствената и селскостопанската система в световен мащаб е силно интегрирана и е предмет както на вътрешни, така и на външни предизвикателства, които я правят както потенциално нестабилна, така и неустойчива в дългосрочен план. Заключение е, че макар да са необходими промени, интервенциите, които имат за цел да подобрят някои условия, потенциално биха могли да влошат други. Освен това, тъй като системата е силно интегрирана, местните интервенции могат да доведат до нови траектории, които потенциално засягат или дори трансформират системата в световен мащаб.

**Справедлива система е тази, която зачита основните интереси на лицата, които са обект на нея.**

Продоволствената и селскостопанската система оказват дълбоко въздействие върху интересите на всички, които зависят от нея, за да отговорят на определени „основни интереси“. Всъщност задоволяването на основните интереси на всички зависи от тяхното сътрудничество или от подчиняването им на сложна, интегрирана продоволствена и селскостопанска система. „Основното правосъдие“ се обезпечава от система или институция, когато предоставя на всички лица, за които се отнася, възможността да удовлетворят основните си интереси. Но системата е от такова глобално значение, че дори тези, които не зависят пряко от нея, са засегнати от нейното въздействие върху тяхното местообитание, околна среда, икономически условия, климат и др.

### **Селскостопанските животни имат морално значими основни интереси**

Научните изследвания предоставят нов поглед върху опита на животните и начините, по които животните от повечето опитомени видове са способни да имат морално значими основни интереси. Условията на продоволствените и селскостопанските системи определят дали и как са изпълнени някои от основните интереси на хората и почти всички тези на селскостопанските животни. Въпреки че хората и животните зависят един от друг по различни начини, за да гарантират основните си интереси, е възможно системите за прехрана и земеделие да се организират по начин, който е по-добър за справедливост на хората и селскостопанските животни, участващи в тях.

### **Биологичните и институционалните промени могат да повлияят положително и отрицателно на правосъдието**

Тъй като продоволствените и селскостопанските системи свързват живота на хората и селскостопанските животни в отношенията на зависимост, не може да се приеме, че системите на социални отношения, институции и практики по необходимост са по-гъвкави от биологичните параметри, особено предвид последните развития в областта на биотехнологиите. Освен това не може просто да се приеме, че промяната на социалните фактори по необходимост предлага по-добра перспектива за успешно осигуряване на справедливост или за това без значителни съпътстващи вреди, отколкото промяната на биологичните фактори. Оценката зависи, поне в някои случаи, от обстоятелствата, както и от естеството на намесата.

### **Ефектът зависи от това как биотехнологиите са замесени в по-широката система**

Начинът, по който се преодоляват предизвикателствата, пред които са изправени продоволствените и земеделските системи, обаче не е въпрос на безразличие. Биотехнологията не е просто инструмент. Технологиите включват различни социални и

икономически отношения, форми на знания и практика, изпълняват отличителни изключвания и включвания, представят конкретни виждания за желаното бъдеще; внедряването на технологии може потенциално да промени хода на цялата промишленост или да затвърди съществуващите траектории. Да се грижат само за касаещи веригите на доставки фактори създава потенциал за участниците да възлагат на външни изпълнители социалните разходи, свързани с техните дейности. Необходима е съгласувана визия за бъдещата продоволствена и селскостопанска система, за да се определят целите на политиката и да се оцени подходящото място за различните технологии за отглеждане.

## **Биотехнологиите имат значителни и изключителни последици**

**Способността на биотехнологиите да ускоряват, укрепват или трансформират траекториите на развъждането представляват както възможности, така и рискове** чрез приспособяване на селскостопанските животни към специфични животновъдни системи и условия. Съществува **риск развъждането, което не зачита благосъстоянието на животните, да доведе до създаване на животни, които са по-добре приспособени към условията на нехуманно отношение**, в които те не са в състояние да живеят с добро или дори задоволително качество. **Подобряването на устойчивостта към болести може да означава, че животните могат да понесат лоши условия без неблагоприятни последици за здравето**, което потенциално прикрива въздействието, което животът при тези условия може да окаже върху хуманното отношение към тях.

Въпреки че може да се обърне внимание на състоянието на отделни животни или стада и популации, **развъждането създава потенциал за отклонение между поколенията, което може да доведе до загуба на физическия капацитет, необходим за добър живот**, в резултат на последователно фенотипно изменение в продължение на поколения чрез преследване на определени видове генетична печалба. Новите технологии за размножаване имат значителен потенциал за повишаване на продуктивността, така и за намаляването и.

## **Влиянието на потребителите върху системата е ограничено от пазарните процеси**

Когато потребителите не координират умислено поведението си при закупуване, влиянието им върху отглеждането на селскостопански животни на пазара е ограничено. **Дискусиите с представители на обществеността показват значителна разлика между изразените от обществеността ценности и ценностите, които организират продоволствената и селскостопанската система**. С оглед на тази разлика съществува основателна причина за по-нататъшно проучване на съответните обществени ценности, като се използват редица количествени и качествени методологии.

## **Препоръка 1**

Препоръчва се да се насърчават инициативи за проучване на общественото мнение по въпроси, свързани с продоволствената и селскостопанската система и употребата и внедряването на новите геномни технологии, за да се осигури информация за разработването на политики, законова и нормативна уредба във връзка с отглеждането на животни в стопанства и въвеждането на нови технологии за развъждане. Тези инициативи следва да проучат разбирането на настоящите и предложените технологии за отглеждане, системите за отглеждане и управлението, връзката между избора на потребителите и обществения интерес, както и подходящата роля на публичните органи.

### **Следва да има стандарти за развъждане**

Публичните институции имат правомощия да оформят и управляват продоволствената и селскостопанската система.

### **Препоръка 2**

Препоръчва се на всички промишлени животновъди да приемат изричен и признат набор от стандарти за развъждане с независим надзор. Трябва да се разработят по-подробни стандарти, които могат да бъдат прилагани от национален компетентен орган. По-специално, те следва да имат за цел да гарантират, че животните не могат да бъдат развъждани, за да се подобрят характеристиките им, така че те могат по-добре да издържат на лоши условия на отглеждане или по начини, които намаляват присъщите им способности да преживяват и фенотипните им характеристики.

### **Информацията и прозрачността могат да бъдат подобрени**

Ефективната намеса е възпрепятствана, от една страна, от недостиг на информация, така че не е възможно да се разкрие многоизмерна картина на действителното въздействие на развъдните практики. От друга страна, той е възпрепятстван и от дефицит на управление, така че дори да е налична такава информация, липсват механизми за нейното използване.

### **Препоръка 3**

Препоръчва се подкрепа и насърчаване за научните изследвания, което да включва публично финансиране за независими научни изследвания за разработване, валидиране и интегриране на нови мерки и стандарти, по-специално свързани с хуманното отношение към животните, което следва да включва поведенчески мерки, отделно от здравето на животните.

### **Препоръка 4**

ЕК препоръчва **финансиране за разработване на технологии за отглеждане, да се осигури публично финансиране за научни изследвания за разработване и валидиране на подходящи технологии за мониторинг, регистриране и докладване** в стопанствата на употреба на нови геномни техники в развъдната дейност, както и за улесняване на тяхното приемане от земеделските стопани.

## Препоръка 5

Препоръчва се да се осигури **публично финансиране за инфраструктура, обучение и техническа подкрепа за по-добро събиране, интегриране и независим анализ на данните** от стопанствата, използващи новите геномни техники, за да се открият и анализират многоизмерните ефекти от практиките за отглеждане и развъждане.

### **Разширяване на индексите за размножаване, за да се покаже пълната информация и ефектите от размножаването**

Индексите за размножаване са мощен инструмент в индустрията. Понастоящем обаче те предлагат само частичен профил, който включва главно характеристики, които се считат за икономически ценни за производителите. Освен това не всички индекси са независимо валидирани. **По-доброто използване на индекси, включващи характеристики, които дават по-пълен профил,** би било от полза както за земеделските стопани, така и за публичната политика.

## Препоръка 6

Препоръчва се използването на **индекси за размножаване, които отразяват профил на наследствени характеристики, включително такива, които са с обществена или социална, както и икономическа стойност,** следва да бъде проучено като възможен регулаторен инструмент. От създателите на търговски породи, които пускат на пазара животни или животински репродуктивни материали, може да се изисква да публикуват тези индекси.

## Препоръка 7

Препоръчва се **подходящ, независим и надежден орган, който да наблюдава развитието на развъдните линии.** Този орган следва да докладва по тези въпроси на публичния орган или органи, които упражняват надзор върху развъждането на селскостопански животни. В идеалния случай органът следва да **има достъп до информация, която да позволи валидирането на развъдните ефекти,** ако е необходимо, и да съветва при липса на информация. Насърчават се животновъдите да улесняват научните изследвания, като използват техните данни, което води до публикуване в рецензирани списания.

## **Етикетирането следва да предоставя съдържателна информация за животинските продукти, съдържащи генна редакция**

Това, което хората купуват, може да окаже влияние върху поведението на промишлеността; **съдържателното етикетиране може да позволи на хората да упражняват информиран избор.** Това, което прави етикетирането напълно значимо за потребителите, обаче не е просто въпрос за точно представяне на аналитичните характеристики на продуктите. Някои потребители искат да получат уверение, че не са лишени от информация, която считат за уместна преди покупката. Твърди се, че е необходимо да се подобри общото разбиране за характеристиките на продуктите и естеството на производствените процеси, които могат да бъдат посочени чрез етикетиране.

Следва да се упражнява надзор върху политиката за етикетиране като цяло въз основа на съответните научни и социални изследвания и да се работи с обществеността, заинтересованите страни от промишлеността и други заинтересовани групи. Това следва да бъде прозрачно и да има функцията както да анализира каква информация е от значение за гражданите, така и да им предоставя информация за значението и значението на етикетите. Аргументите за прозрачно етикетиране на продукти с редактиран геном се прилагат еднакво за продукти от конвенционално размножаване: те също са създадени по начини, които имат социално и културно въздействие и които могат да бъдат от значение в еднаква степен за избора на потребителите.

### **Препоръка 8**

Препоръчва се при етикетирането на храни, съдържащи животински продукти, да се вземат предвид 1) научните становища относно безопасността на храните, храненето и други важни характеристики и 2) проследимите компоненти от интерес за потребителите, които могат да включват косвени фактори като използваните практики и технологии за развъждане, системите за отглеждане, региона на произход и начините, по които продуктите се преработват. Следва да се използват поддържащи технологии, за да се гарантира проследимостта и кодовете за бързо реагиране (QR), за да се осигури достъп до публикуваната информация.

**Следва да се постигне по-добро съответствие между публичните и частните интереси**

Търговците на дребно имат значителни правомощия да определят стандарти за това как се произвеждат продуктите, които предлагат за продажба. Търговците на дребно работят с международни вериги за доставка на храни. **Всички стандарти относно отговорното развъждане на животни**, от които се предлагат за продажба продукти, следва да се прилагат независимо от държавата на произход, отглеждането

или преработката, независимо от предизвикателствата, свързани с проверката на спазването на тези стандарти.

## Препоръка 9

Препоръчва се правителството да обедини основните търговци на дребно на хранителни продукти, за да могат те колективно да се споразумеят за: (1) за това, че всички животински продукти, предлагани за продажба, произхождат от животни, които са развъждани отговорно; (2) средствата, с които тази цел ще бъде постигната; (3) начина, по който ще бъде наблюдавано постигането на тази цел; (4) как тази цел може да бъде ефективно подкрепена от акредитация на търговец на дребно (а не продукт).

## Регулирането на технологиите за размножаване изисква съгласуван политически контекст

Аспектите, свързани с безопасността на продуктите при редактирането на генома и други нови технологии за размножаване, е малко вероятно да бъдат основният проблем, като се има предвид достатъчното регулиране в областта на околната среда и безопасността на храните. Докато някои се надяват, че прекласифицирането на подгрупа генетично модифицирани организми (ГМО), произведени в резултат на редактирането на генома, би могло да улесни развитието на социални и икономически ценни инициативи за размножаване, други изразяват загриженост, че премахването на рестрикциите в регулирането на ГМО би могло да доведе до ускоряване на развъдните практики по нежелани методи и начини. Те също така се опасяват, че това може да доведе до социално нежелано въздействие върху селскостопанската промишленост.

## Препоръка 10

ЕК препоръчва **всяко преразглеждане на действащия регулаторен режим за генетично модифицираните организми да бъде предшествано от задълбочен преглед на политиката.** По този начин следва да се обърне внимание на въздействието на всяка предложена промяна върху хранително-вкусовата и селскостопанската промишленост и, ако е необходимо, на начина, по който те следва да бъдат контролирани, включително използването на промишлени системи в животновъдството, които могат да окажат неблагоприятно въздействие върху здравето на животните, хуманното отношение към тях, околната среда и други предизвикателства.

## Препоръка 11

ЕК препоръчва **всеки преглед на регулаторната рамка за генетично модифицираните организми да се извършва в контекста на публично формулирана визия за бъдещето на продоволствената и селскостопанската система** и да доведе до всеобхватна политическа рамка.



**Развъждането на търговски животни следва да бъде контролирано, за да се предотврати присъща вреда.**

Ефектите от **неупражнявания контрол над развъдните практики** са довели до някои **фенотипове, които не са съвместими със способността да живеят добър живот**. В същото време те могат да утежнят други фактори или пряко, или чрез начина, по който са се разпространили и интегрирали в селскостопанската промишленост. Когато продължават да съществуват несъвместими с нормалния живот фенотипове, съществува **необходимост от правна защита**; като се имат предвид стимулите, които оказват влияние върху промишлеността, е необходимо също така да се **предотврати възникването на такива последици** в бъдеще. Производителите на животни с търговска цел следва да бъдат насърчавани да се **ангажират с устойчиви и отговорни практики за развъждане**; налице е обаче и **необходимост от по-ефективни механизми за оценка на съответствието и за търсене на отговорност от тях**.

## **Препоръка 12**

Препоръчва се **подходящо учреден и авторитетен орган за наблюдение и мониторинг на въздействието на развъдните практики** в научните изследвания и развитието на породите с търговска цел.

**Стимулите следва да насърчават отговорното развъждане**

Необходимо е да се преосмислят стимулите, свързани с животновъдството и аквакултурите, за да се постигне съответствие с визията за желана продоволствена и селскостопанска система, насочена към **осигуряване на правосъдие и насърчаване на общественото благо**. В съответствие с принципа на солидарност стимулите следва да отразяват не само местното, но и глобалното обществено благо.

## **Препоръка 13**

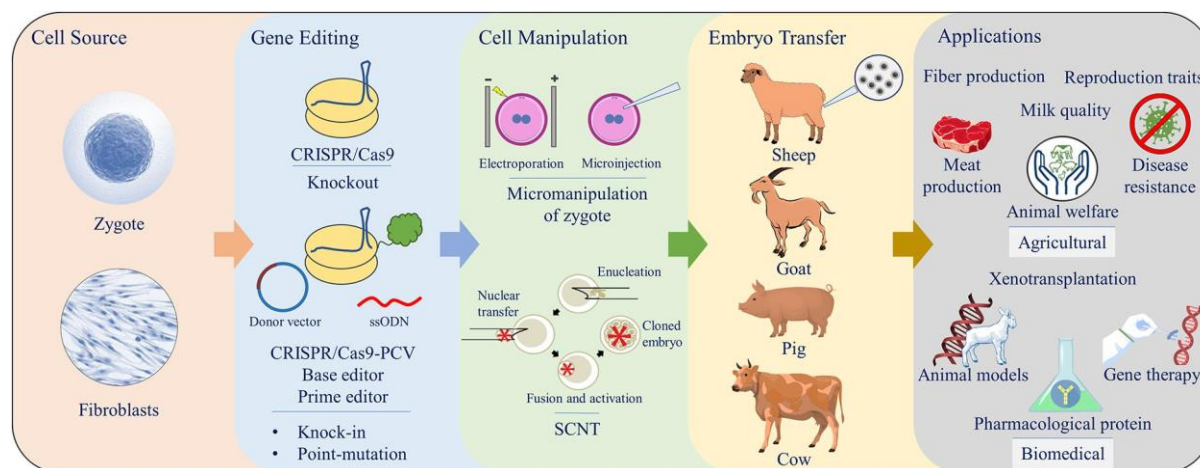
ЕК препоръчва да се проучат **начини за насърчаване на отговорното развъждане и използването на отговорно развъждани животни, както и отговорни животновъдни практики**, например чрез насърчителни плащания на земеделските стопани във връзка с характеристиките на животните, които отглеждат. **Бъдещите продоволствени системи трябва да използват продуктите от животински произход пестеливо и устойчиво**.

Стигна се до заключението, че продоволствената и селскостопанската система не може да бъде поддържана за неопределен период от време в настоящата ѝ конфигурация. Следователно тя трябва да се адаптира, за да отговори на предизвикателствата, пред които е изправена, и да намали неблагоприятните последици от обществените предизвикателства, за които допринася. Трябва да **бъде формулирана** и следвана

съгласувана визия за мястото на животинските продукти в бъдещата продоволствена система. Подобна съгласувана визия трябва да бъде съчетана със съгласувана политическа рамка, за да се избегне възможността за тясно фокусирани, частични промени, които да имат непредвидени, верижни и потенциално нежелани ефекти, които просто отлагат, изместват или задълбочават съществуващите проблеми.

## Препоръка 14

Препоръчва се да се предостави публична подкрепа, включително финансиране, за инициативи за разработване на нови източници на храна и за по-справедливо и ефективно използване на съществуващите, както и за насърчаване и подкрепа на доброволна промяна в начина на хранене на населението с цел консумация на животински продукти само когато те се отглеждат отговорно и се консумират в разумни граници, с цел насърчаване на здравето, намаляване на щетите за околната среда и екосистемите и постигане на целите на политиката в областта на изменението на климата.



**Изготвил:** Красимира Захариева,  
главен експерт в дирекция „ОРХВ“, ЦОРХВ

### Използвана литература:

- *Public Perceptions Regarding Genomic Technologies Applied to Breeding Farm Animals: A Qualitative Study* - Francis Z. Naab, David Coles, Ellen Goddard and Lynn J. Frewer
- *Role of the OIE in improving animal health by using biotechnologies* – OIE, FAO, WHO
- *Genome editing and farmed animal breeding: social and ethical issues* – Nuffield Council on Bioethics
- <https://www.biomedcentral.com/collections/animalagriculture>

- <https://www.wsj.com/articles/deformities-alarm-scientists-racing-to-rewrite-animal-dna-11544808779>
- *Genome editing in large animals: current status and future prospects* - Jianguo Zhao, Liangxue Lai, Weizhi Ji, Qi Zhou
- *Livestock 2.0 – genome editing for fitter, healthier, and more productive farmed animals* - Christine Tait-Burkard, Andrea Doeschl-Wilson, Mike J. McGrew, Alan L. Archibald, Helen M. Sang, Ross D. Houston, C. Bruce Whitelaw & Mick Watson
- *Genome editing in animals: an overview* – JayaBharati, MeetiPunetha, B.A.A.Sai Kumar, G.M.Vidyalakshmi, MihirSarkar, Michael J.D'Occhio, Raj Kumar Singh
- *The ethics of genome editing in non-human animals: a systematic review of reasons reported in the academic literature* - Nienke de Graeff, Karin R. Jongsma, Josephine Johnston, Sarah Hartley and Annelien L. Bredenoord
- *Rules to create gene-edited farm animals must put welfare first – review* - By Pallab Ghosh
- <https://www.vox.com/22994946/gene-editing-farm-animals-livestock-crispr-genetic-engineering>
- *Impact of CRISPR-Cas9-Based Genome Engineering in Farm Animals* - Parul Singh and Syed Azmal Ali
- Cavaliere, G., Giubilini, A. and Devolder, K., (2019), 'Regulating Genome Editing: For an Enlightened Democratic Governance', *Cambridge Quarterly of Health Care Ethics*
- Devolder, K., (2021), 'Genome Editing in Livestock, Complicity, and the Technological Fix Objection', *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*
- Devolder K., (2021), 'Genome Editing in Livestock', in D. Edmonds (ed.) *Future Morality* (OUP)
- Devolder, K. and Douglas, T., (2019), 'A Conception of Genetic Parenthood', *Bioethics*
- Devolder, K. and Eggel, M., (2019), 'No Pain, No Gain? In Defence of Genetically Disenhancing (Most) Research Animals', *Animals* (Basel)
- *Gene editing of livestock: Sociotechnical imaginaries of scientists and breeding companies in the Netherlands* - Senna Middelveld, Phil Macnaghten
- <https://www.sciencemediacentre.org/expert-reaction-to-report-on-genome-editing-and-farmed-animal-breeding/>
- <https://www.inrae.fr/en/news/genome-editing-technologies-animals>
- <https://www.standard.co.uk/news/uk/government-dna-animal-welfare-university-of-exeter-leicestershire-b969303.html>
- *Breeding and ethical perspectives on genetically modified and genome edited cattle* - S. Eriksson, E. Jonas, L. Rydhmer and H. Röcklinsberg
- *Modeling suggests gene editing combined with vaccination could eliminate a persistent disease in livestock* - Gertje Eta Leony Petersen, Jaap B. Buntjer, Fiona S. Hely, Timothy John Byrne and Andrea Doeschl-Wilson
- *Empowering of reproductive health of farm animals through genome editing technology* - Seema Dua, Kamlesh Kumari Bajwal, Atul Prashar, Sonu Bansal, Madhuri Beniwal, Pradeep Kumar, Meeti Punetha, Naresh Lalaji Selokar, P. S. Yadav, Dharmendra Kumar