

СЛЕДВАЩО ПОКОЛЕНИЕ ТРАНСГЕННИ РАСТЕНИЯ И ПРОДУКТИ НА СИНТЕТИЧНАТА БИОЛОГИЯ

Доц. Цвета Георгиева, НЦОЗА

Резюме

Настоящият обзор има за цел да направи преглед на следващо поколение трансгенни растения с подобрен хранителен състав, приложението им и необходимостта от оценка на хранителната им стойност чрез сравняване с техните конвенционални видове. Синтетичната биология е бързо развиваща се научна област, включваща различни дисциплини - инженерни науки, химия, физика, компютърни науки и биоинформатика. Могат ли продуктите на синтетичната биология да се разглеждат като генно модифицирани организми и попадат ли в обхвата на тази дефиниция? Какви са предизвикателствата, свързани с оценката на тяхната безопасност?

Ключови думи: трансгенни растения, хранителна стойност, синтетична биология, оценка на безопасност.

Abstract

This review aims to provide an overview of the next generation transgenic plants with improved nutritional composition, their application and need to assess the nutritional value by comparison with their conventional types . Synthetic biology is a rapidly growing research area, including a variety of disciplines - engineering, chemistry, physics, computer science and bioinformatics. Can products of synthetic biology to be considered as genetically modified organisms, and fall within the scope of this definition? What are the challenges associated with assessing their safety?

Keywords: transgenic plants, nutritional value, synthetic biology, safety assessment.

Съдържание

1. Въведение	3
2. Гъвкавост на растителния метаболизъм	5
3. Следващо поколение трансгенни растения	
4. Някои примери за подобряване на метаболизма на растения със значение за храненето	6
4.1.Микроелементи	7
4.2.Витамини	8
4.3.Омега-3 масти киселини	9
5. Оценка на безопасността на трансгенни растения с променени хранителни качества	9
6. Продукти на синтетичната биология	10
7. Регулаторна рамка и оценка на безопасността на продуктите на синтетичната биология	10

1. Въведение

В продължение на хиляди години, основно с цел изхранване, човечеството се е опитвало да променя геномите на различни растителни и животински видове, чрез изкуствена селекция или с други думи казано, чрез мутагенеза. Чрез кръстосване на различни сортове растения или породи животни, се е достигало до въвеждането в следващите поколения, на нови по-добри и полезни характеристики, задоволяващи бързо нарастващите нужди на човека.

Терминът "генно инженерство" е въведен за първи път от Джек Уилямсън в научно-фантастичен роман на дракона, публикувани през 1951 г., една година преди роля на ДНК при наследствеността да е била потвърдена с Алфред Хърши и Марта Чейз, [1] и две години преди Джеймс Уотсън и Франсис Крик да докажат, че ДНК молекулата е с двойно-верижна спирална структура.

След откриването на значението и структурата на носителя на наследствен материал, ДНК, започва развитие на молекулярната биология и генното инженерство. Генното инженерство, като пряк начин на манипулиране на ДНК от страна на човека с техники, различни от естественото селектиране, съществува само от 1970 г. насам.

Организъм, който се генерира чрез генно инженерство се счита за генетично модифицирани организми (ГМО). Първите ГМО са бактерии, създадени през 1973 г. [2] първите трансгенни мишки са създадени през 1974 година. Бактериите, произвеждащи инсулин са одобрени за търговия през 1982 г., а първите генетично модифицирани храни са били продадени през 1994 г. Първото ГМО животно, създадено като домашен любимец е декоративна риба, появила се за първи път на пазара в САЩ през декември 2003 година.

Масово отглеждане на генетично модифицирани растения за нуждите на селското стопанство и хранителната индустрия, започва през 1995 г. След този период започва бурно развитие на генното инженерство и създаването на множество трансгенни организми.

Повечето от трансгенните култури, получени с техниките на съвременната биотехнология (известен също като генетично модифицирани организми или генетично модифицирани култури) са линии царевица, соя, картофи, памук и рапица, които са модифицирани чрез въвеждане на един или повече гени, кодиращи за характеристики като, устойчивост на болести и насекоми, устойчивост на хербициди, или комбинации на тези характеристики.

Таблица 1. Световна площ на биотехнологичните посеви през 2009 г. по страни (в милиони хектари)

Място	Страна	Площ (милиони хектари) 2009	Площ (милиони хектари) 2009	Биотехнологични посеви
1*	САЩ	64.0	66.8	соя, царевица, памук, рапица, тиква, папая, алфалфа, захарна тръстика
2*	Бразилия	21.4	25.4	соя, царевица, памук
3*	Аржентина	21.3	22.9	соя, царевица, памук
4*	Индия	8.4	9.4	памук
5*	Канада	8.2	8.8	рапица, царевица, соя, захарна тръстика
6*	Китай	3.7	3.5	памук, домати, папая, сладък пипер, петуния
7*	Парагвай	2.2	2.6	соя
8*	Южна Африка	2.1	2.4	царевица, соя, памук
9*	Уругвай	0.8	2.2	соя, царевица
10*	Боливия	0.8	1.1	соя,
11*	Филипините	0.5	0.9	царевица
12*	Австралия	0.2	0.7	памук, рапица, карамфил
13*	Буркина Фасо	0.1	0.5	памук
14*	Испания	0.1	0.3	царевица
15*	Мексико	0.1	0.3	памук, соя

16	Чили	< 0.1	0.1	царевица, соя, рапица
17	Колумбия	< 0.1	0.1	памук, карамфил
18	Хондурас	< 0.1	<0.1	царевица
19	Чешка република	< 0.1	<0.1	царевица
20	Португалия	< 0.1	<0.1	царевица
21	Румъния	< 0.1	<0.1	царевица
22	Полша	< 0.1	<0.1	царевица
23	Коста Рика	< 0.1	<0.1	памук, соя
24	Египет	< 0.1	<0.1	царевица
25	Словакия	< 0.1	<0.1	царевица

Източник: 3 - Клайв Джеймс, ISAAA Brief 41-2009: Executive Summary, 2009 г. Brief No 41-2009, Brief No 41-2010

*15 биотехнологични мега държави, отглеждащи 50 000 или повече хектара биотехнологични посеви

Генно модифицираните организми намират все по-широко приложение в редица области, различни от селското стопанство. Например, създаване на нови ветеринарно-медицински препарати и препарати за човешка употреба, приложение в областта на научните изследвания, в медицината и др.

В наши дни, интересът на учените е насочен към създаване на ГМ култури с "качествени характеристики", които имат отношение към подобряване здравето на хората или животните. Тези култури (например ориз с повишено съдържание на желязо и провитамин А, царевица и соя с изменен аминокиселинен или мастнокиселинен състав) обикновено се създават чрез модифициране метаболизма на растението, което води до изменение и на състава им.

2. Гъвкавост на растителния метаболизъм

Растенията са забележителни със способността си да се синтезират различни органични съединения, такива като витамини, захари, нишестета, мастни киселини и аминокиселини. Огромно разнообразие от различни вещества са

синтезират при метаболизма на растителния организъм, включително макроеlementи (например, протеини, въглехидрати, липиди, мазнини и влакнини, микроelementи (например витамини и минерали), антинутриенти (например, съединения като фитат, което намалява бионаличността), алергени (например, албумин), ендогенни токсини (например, гликоалкалоиди и цианогенни гликозиди) и други специфични растителни съединения. Част от тях имат благоприятни ефекти, които са от значение за човешкото здраве и здравето на животните. Това разнообразие се демонстрира от начина, по който растенията реагират на различни въздействия, както от околната среда така и в резултат на патогенни агенти. Процесът стартира с екзогенен сигнал, например от патоген, продължава с механизми за възприемане сигнал и сигнална трансдукция, и в резултатите се извършва "препрограмиране" на клетъчния метаболизъм, включващ широко спектър от промени в генната активност. По този начин, защитните механизми, задействащи се в резултат от въздействия на чужди влияния, предполага съществена промяна в метаболитната активност, а не променя експресията на няколко уникални, свързани с защитата гени. Тази гъвкавост на метаболизма помага на растителния организъм да преживява отрицателни въздействия и стрес.

3. Следващо поколение трансгенни растения

В научната литература от последните пет години се откриват множество данни за проведени научни изследвания и опити за промяна на различни растителни видове, ползвани за консумация от човека и животните, с цел подобряване на хранителната им стойност и свойства.

Създаването на трансгенните растения с подобрен хранителен състав би оказало ползотворно влияние върху подобряване на храненето в различни аспекти. Разрешаването на проблема свързан с недохранването и дефицита на основни хранителни вещества в определени региони на света е едно предизвикателство към науката. Възможностите на генното инженерство са в основата на подобряване на съдържанието на естествените витамини и микроelementи. [4, 5]

Подобряването на антиоксидантните свойства на растителните видове, ползвани за храна, позволява постъпването им в организма от естествен хранителен източник, а не като химически синтезирани хранителни добавки.

В таблица №2 е представен преглед на научните проекти за създаване на трансгенни растения с подобро съдържание на витамини и микроелементи [4]

Табл 2. Трансгенни растения с подобрен състав на витамини и минерали				
хранително компонент	растителен вид	използван ген	Общо увеличение (пъти увеличение на съдържанието спрямо дивия тип)	Литературен източник
Витамин А	царевица (<i>Zea mays</i>)	<i>Pacr1B</i> и <i>Pacr1l</i>	33.6 ng/g DW (34)	Aluru et al. (2008)
	царевица (<i>Z. mays</i>)	<i>Zmpsyl</i> , <i>Pacr1l</i> , <i>PcrtW</i> , <i>Glycb</i>	146.7 ng/g DW (133)	Zhu et al. (2008)
	царевица (<i>Z. mays</i>)	<i>Zmpsyl</i> , <i>Pacr1l</i>	163.2 ng/gDW (112)	Naqvi et al. (2009b)
	пшеница (<i>Triticum aestivum</i>)	<i>Zmpsyl</i> , <i>Pacr1l</i>	4.96 ng/g DW (10.8)	Cong et al. (2009)
	Картоф (<i>Solanum tuberosum</i>)	<i>EuCr1B</i> , <i>EuCr1l</i> , <i>EuCr1Y</i>	114ng/gDW(20)	Diretto et al. (2007)
	Картоф (<i>S. tuberosum</i>)	<i>BoOr</i>	28.22 ng/g DW (6)	Lopez et al. (2008)
	Картоф(<i>S. tuberosum</i>)	<i>AtZEP</i>	60.8 ng/g DW (5.7)	Romer et al. (2002)
	Potato (<i>S. tuberosum</i>)	<i>Pacr1B</i>	35.5 ng/g DW (6.3)	Ducreux et al. (2005)
	Маниока (<i>Manihot esculenta</i>)	<i>Pacr1B</i>	21.84 ng/g DW (33.6)	Welsch et al. (2010)
	Ориз (<i>Oryza saliva</i>)	<i>Nppsyl</i> , <i>Eucr1l</i>	1.6 ng/g	Ye et al. (2000)
	Ориз (<i>O. saliva</i>)	<i>Zmpsyl</i> , <i>Eucr1l</i>	37 ng/g (23)	Paine et al. (2005)
Витамин С	Царевица (<i>Z. mays</i>)	<i>Osdhar</i>	110ng/gDW(6)	Naqvi et al. (2009b)
	Домат (<i>Solanum lycopersicum</i>)	<i>Acgpp</i>	46-111 mg/100 g FW (3-6)	Bulley et al. (2011)
	Картоф (<i>S. tuberosum</i>)	<i>StVTC2A</i>	1.65 mg/g FW (3)	Bulley et al. (2011)
Фолиева киселина	Ориз (<i>O. saliva</i>)	<i>Atglpchi</i> , <i>Atadcs</i>	38.3 nmol/g (100)	Storozhenko et al. (2007)
	Домат (<i>S. lycopersicum</i>)	<i>Algch</i> , <i>Atadcs1</i>	25 nmol/g (25)	Storozhenko et al. (2007)
Желязо (Fe)	Ориз (<i>O. saliva</i>)	<i>Osnas2</i>	19 ng/g DW in polished seeds (4.2)	Johnson et al. (2011)
	Ориз (<i>O. saliva</i>)	<i>Gm феритин</i> , <i>Af футаза</i> , <i>Osnas1</i>	7 ng/g DW in polished seeds (4-6.3)	Wirth et al. (2009)
	Ориз (<i>O. saliva</i>)	активирано вмъкване на <i>Osnas3</i>	32 in ng/g DW in dehusked (2.9)	Lee et al. (2009)
	Царевица (<i>Z. mays</i>)	<i>Gm феритин</i> и <i>Af футаза</i>	30 ng/g DW in whole seed (2)	Drakakaki et al. (2005)
	Маниока (<i>M. esculenta</i>)	<i>Crfeal</i>	40 ng/g DW in tuber	Sayre et al. (2011)
Цинк (Zn)	Ориз (<i>O. saliva</i>)	активирано вмъкване на <i>Osnas2</i>	40-45 ng/g DW in polished seeds (2.9)	Lee et al. (2011)
	Ориз(<i>O. saliva</i>)	<i>Osnas2</i>	52—76 ng/g DW in polished seeds (2.2)	Johnson et al. (2011)
	Ориз(<i>O. saliva</i>)	<i>Gm ferritin</i> , <i>Af phytase</i> , <i>Osnas1</i>	35 ng/g DW in polished seeds (1.6)	Wirth et al. (2009)
	Маниока (<i>M. esculenta</i>)	<i>Alzall</i>	Tuber (4)	Sayre et al. (2011)
	Маниока (<i>M. esculenta</i>)	<i>Alzip</i>	Tuber (2-10)	Sayre et al. (2011)

Селен (Se)	Серапска Горчица (<i>Brassica juncea</i>)	<i>Alapsl</i>	(2-3)	Pilion-Smits et al. (1999)
	Серапска Горчица (<i>B. juncea</i>)	<i>Absmll</i>	(2-4)	LeDuc et al. (2004)
Калций (Ca)	Морков (<i>Daucus carota</i>)	<i>scaxl</i>	3.9 mg/g DW (1.6)	Park et al. (2004)
	Леша (<i>Lactuca saliva</i>)	<i>scaxl</i>	18.9 mg/g DW (1.3)	Park et al. (2009)
	Картоф (<i>S. tuberosum</i>)	<i>scaxl</i>	1.7 mg/g DW (in tuber) (3)	Park et al. (2005)
		<i>cax2b</i> химер	2.5 mg/g DW (3)	Kim et al. (2006)

4. Някои примери за подобряване на метаболизма на растения със значение за храненето

4.1. Микроелементи

Желязото и цинка са важни микроелементи за човешкия организъм. Доказано, че при обработка на оризовото зърно т.нар. „полиран“ ориз неговото съдържание е твърде ниско. Като пример за подобряване синтеза на желязо и цинк може да се разгледа разработената генома на линия ориз IR68144 с високо съдържание на желязо в ендосперма на семената, което е осъществено чрез вмъкване на ген на соев феритин под контрола специфичен глутелинов промотор на ендосперма. При сравняване на хранителният състав на кафяв и бланширан ориз с този на нетрансгенния ориз от същия сорт е установено, че с изключение на повишено ниво на желязо и цинк в трансгенни семена, хранителните качества на новата линия са идентични с конвенционалния ориз . [6]. Пол и колектив също докладват през 2012 резултати от проект за подобряване биотрансформацията на желязо в ориз. След генетична трансформация на ароматен ориз Индика сорт, Pusa-sugandhi II, е постигнато 2,09 и 1,37 пъти увеличаване на натрупването на желязо и цинк. Новата оризова линия демонстрираха специфична локализация на желязото в ендосперма, което потвърждава тъкан специфичната активност на GluA2 промотор. Сравнителния анализ на трансгенните и не-трансгенни растения, не показва разлика в техните агрономически черти. Изследването предполага, че свръхекспресията на ендемичния ген за феритин е стъпка напред към „Цис-генетичния“ подход и може да действа като ефективен инструмент за подобряване на биотрансформацията на желязо. [7]

4.2. Витамини

В свое проучване през 2013 г., Дзанг и колеги, демонстрират как GmTMT2a от соя повишава нивото на α -токоферол в царевица и *Arabidopsis*. α -токоферол или витамин Е, има съществена роля при храненето на човешката и на животните. Синтезира само от фотосинтезиращи организми. γ -токоферол метилтрансферазата (γ -TMT), един от най-важните ензими в биосинтетичен път на токоферола в растенията, превръща γ , δ -токоферол в α -, β -токофероли. Изследвани са 15 соеви сортове и са изолирани GmTMT2 от пет сорта, базирани на съдържанието на α -токоферол. GmTMT2a е експресиран в *E.coli* и пречистения протеин, ефективно превръща γ -токоферол в α -токоферол *in vitro*. Свърхекспресията на GmTMT2a повишава съдържанието на α -токоферол, 4 до 6 пъти в трансгенни линии *Arabidopsis* и 3 до 4,5 пъти в трансгенни царевични линии, което корелира с натрупването на GmTMT2a. Трансгенна царевица, обогатена с α -токоферол може да бъде естествен източник на витамини за подобряване здравето и растежа на животните. [8]

4.3. Омега-3 мастни киселини

Алтернатива на полезните рибни мазнини са манипулирани маслодайни култури с цел производство на омега-3 дълговерижни полиненаситени мастни киселини. Доказано е, че Омега-3 (ω -3) мастните киселини имат значителни роли за човешкото здраве. В момента основният хранителен източник на тези мастни киселини са морски риби, но на нарастващото търсене на рибено масло и риба допринася до намаляване морските запаси. Проблемите, свързани със свръхулова и химичното замърсяване на морските води са насочили научните изследвания към развитието на реалистична алтернатива устойчив източник на дълговерижни полиненаситени мастни киселини. В резултат, последното десетилетие се проучени гените, кодиращи основните полиненаситени мастни. Това позволи на създаването на трансгенни маслодайни култури, проектирани да натрупват ω -3 полиненаситени мастни киселини, в нива, доближаващи се до тези, открити в морските организми. Проучени са различни подходи за промяна на метаболизма, и един от най-обещаващите е т.нар. "обратно инженерство", което позволява производството на така наречените рибни мазнини. [10, 11]

5. Оценка на безопасността на трансгенни растения с променени хранителни качества

Както всяко нов генномодифицирани организъм, който ще се употребяват като храна или фураж, така и модифицираните растения с подобрен хранителен състав би следвало да преминават през строга оценка на безопасността чрез сравняване със съответния конвенционален вид, като се извършва както оценка на хранителния състав, така и на риска за околната среда.

Към настоящия момент в Европейския съюз няма такива подадени за регистрация такъв тип генномодифицирани растения.

6. Продукти на синтетичната биология

Синтетичната биология е бързо развиваща се научна област, включваща различни дисциплини - инженерни науки, химия, физика, компютърни науки и биоинформатика. Синтетична биология може да бъде описана като рационалното проектиране и изграждане на нови биологични части и системи с контролирано и надеждно функциониране, каквото не съществуват естествено в природата. Създадените чрез ре-дизайн от съществуващи естествени биологични системи, те намират приложение при провеждане на фундаментални научни изследвания. Най-общо синтетичната биология обхваща : инженерна промяна на метаболизма, създаването на минимални клетки или протоклетки. Синтетична биология също така включва нов подход а създаването на ортогонални биологични системи, в които генетичната информация е кодирана чрез различни химични структури (ксенобиология).[12]

Основни области в които се прилагат средствата на синтетичната биология

Здраве	Енергия	Околна среда	Селско стопанство	Други индустриални приложения
Клетъчен брояч	Био хранващи блокове	Сензори за оценка на емисиите	Синтез на скорбяла	Биологични компютри
Биологични	Био горива	Откриване на	Нови продукти	Дигитални био

сезнори		химикали и радиация	за посев	преобразуватели
Диагностика	Ензими	Биоразградими опаковки	Биоенергийна суровина	Logic gates
Борба с заболяванията	Изкуствена листа маса	По-здрави/по-леки материали	Агро-горива	Включващи устройства / осцилатори
Контролиране признаците на стареене			Подобряване производството на храна	Прочистващи биофилми
Персонални лекарства				Производство на наночастици
Тъканно инженерство				Биосаниране
				Биопроизводства

7. Регулаторна рамка и оценка на безопасността на продуктите на синтетичната биология

Все още се дискутира дали продуктите на синтетичната биология трябва да се разглеждат като генно модифицирани организми, съгласно определенията дадени в Директива 2001/18/ЕС , което води и до множество въпроси, свързани с оценката на безопасността на този тип продукти. Дали регулаторната рамка, обхващаща генно модифицираните организми ГМО е приложима и тези случаи ?

Във връзка с необходимост от регулиране на оценката на безопасността и по специално оценката на риска, през 2008 г. Европейската Комисия възлага на Европейската група по етика в науката и новите технологии да посготви становище. [12]

Групата отбелязва, че синтетичната биология може да доведе в бъдеще до промяна на парадигмата на нашето разбиране за живота. Затова Групата призовава Комисията да поеме инициативата за организиране на открит межкултурен форум за разглеждане на проблемите и за включване на философски и религиозни аспекти.

Тези и други въпроси попадат в обхвата на семинар по Синтетична Биология (SynBio Workshop) – „Предизвикателствата на Оценка на риска на синтетичната биология“, проведен през декември 2012 г. в Париж, Франция. В семинара участват учени, представители на комитетите по биобезопасност и етичните комитети в държавите –членки, представители на Европейския орган по безопасност на храните, Европейската комисия и др. компетентни органи, за да обменят мнения и становища доколко подходите и принципите на оценката на риска на ГМО за храни, фуражи и околна среда биха били приложими за продуктите на синтетичната биология. Например подхода „сравняване с конвенционален не-ГМО вид“ в случая с продукти на синтетичната биология е неприложим, тъй като тези продукти не се намират в природата, а съществуват само в лабораторията. Също така е необходимо да се дефинира какви точно данни да се ползват при извършване на оценката на риска

По отношение на регулаторната рамка, едно от заключенията на SynBio Семинара, е че настоящите дейности, свързани с развитието и използването на синтетични организми, попадат в приложното поле на Директиви № 2009/41/ЕО и 2001/18/ЕО. Някои национални законодателни рамки на държавите-членки, касаещи употребата в контролирани условия, покриват както ГМО, така и не-ГМО патогени. В този случай, реконституцията на патогенни микроорганизми, които не се различават генетично от техния патогенен архетип, също попада в приложното поле на регулаторната рамка за ГМО. Въпреки това, следва да се отбележи, че протоклетъчни системи не могат да се възпроизвеждат или модифицират. Това затруднява този тип продукти да бъдат управлявани със законодателството, касаещо работа с ГМО в контролирани условия. Заедно с по-нататъшното развитие на тези подходи, ще възникнат въпроси дали изобщо могат да се дефинират като „организми“, „ГМО“ или „генетични материали“. Необходимо е да се преразгледат или да се разширят законодателните документи попадащи в обхвата на процедурите за контрол и оценката на безопасността на ГМО. И докато протоклетките биха могли да попадат в обхвата на регулаторните рамки, които обхващат химикали или химически модифицирани продукти, то

продуктите на ксенобиологията могат да попадат в една нова, специфична регулаторна рамка. [14]

В зависимост от приложението си продуктите на синтетичната биология биха попаднали в различни законодателни рамки:

- Нови медицински продукти (Регламент (ЕС) No 726/2004, Директива 2001/83/ЕС, Директива 2003/94/ЕС и Директива 2003/63/ЕС);
- медицински изделия (Директиви 93/42/ЕЕС и 90/385/ЕЕС);
- Генна терапия, клетъчна терапия и тъканно инженерство (Регламент (ЕС) No 1394/2007 допълващ Директива 2001/83/ЕС и Регламент (ЕС) No 726/2004, Директиви 2001/83/ЕС, 2004/23/ЕС и 2002/98/ЕС);
- Клинични изпитвания (Директива ЕС 2001/20 с допълнения 2003 и 2005);
- Козметични продукти (Директива 1976/768/ЕС);
- Опазване на данните (Директива относно обработката на лични данни и защитата на неприкосновеността на личния живот в сектора на електронните комуникации);
- Химикали (REACH законодателство);
- Биологични рискове (Директиви 82/894/ЕЕС и Директиви 2000/29/ЕС)
- Безопасност и здраве при работници , експонирани на биологични агенти (Директива 2000/54/ЕС).

Световната търговска организация (WTO) и Организация за опазване на интелектуалната собственост (TRIPS) предоставят модел на управление, който да е насочен към различни аспекти на политиката и активностите в областта на синтетичната биология, който включва следните основни характеристики:

- Наблюдение на проучваният и въпросите , свързани с безопасността
- Наблюдение етичните критерии да бъдат прилагани при проучванията, свързани със синтетичната биология

- Международно законодателство, което да регулира и изясни законодателно сивите области;
- Професионално ниво на самоконтрол
- Научно ниво на проучванията, определяне на приоритетни условия и източници
- Оценка на риска институционално ниво и прилагане на управлението на риска;
- Защита на обществено ниво на гражданските права и свободи .

В заключение

През 2050 г. световното население ще достигне 10,5 млрд. г., като основен дял от увеличението на населението е в развиващите се страни. Световното производство на храни ще трябва да се увеличи с 70% включително 3 милиарда тона зърнени култури, Това означава, че производството на ориз и царевица трябва да се удвои, на фона на намаляване на селскостопанските площи, урбанизацията, ерозията на земята и тенденция към намаляване на достъпа до вода [15].

Бъдещи проекти ще търсят иновативни решения и възможности за подобряване на качество и количеството на храната ни, както и подобряване на здравето чрез регулиране на ендемичния дефицит на микроелементи и витамин.

Средствата на съвременните нови мултидисциплинарни клонове на биологията, биотехнологията в съчетаните с математика и информатиката ще намират все по-широко приложение в науката и медицината.

От друга страна съществуват редица отворени въпроси, касаещи регулаторната рамка, контрола, оценката на безопасността, социо-икономическото въздействие и не на последно място етичните въпроси, отнасящи се както до трансгенните растения, следващо поколение, така и на продуктите на синтетичната биология.

Литературни източници

- 1 - Hershey A, Chase M (1952). "Independent functions of viral protein and nucleic acid in growth of bacteriophage" *J Gen Physiol* 36 (1): 39–56. doi:10.1085/jgp.36.1.39. PMC 2147348. PMID 12981234.
- 2 - Cohen, S., Chang, A., Boyer, H. & Helling, R. (1973) Construction of Biologically Functional Bacterial Plasmids In Vitro. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 70, 3240-3244
- 3- ISAAA Brief 41-2009: Executive Summary, 2009 г. Brief No 41-2009, Brief No 41-2010
- 4-Pérez-Massot E, Banakar R, Gómez-Galera S, Zorrilla-López U, Sanahuja G, Arjó G, Miralpeix B, Vamvaka E, Farré G, Rivera SM, Dashevskaya S, Berman J, Sabalza M, Yuan D, Bai C, Bassie L, Twyman RM, Capell T, Christou P, Zhu C. The contribution of transgenic plants to better health through improved nutrition: opportunities and constraints. *Genes Nutr.* 2013 Jan;8(1):29-41. doi: 10.1007/s12263-012-0315-5. Epub 2012 Aug 29.)
- 5- Hussain N, Irshad F, Jabeen Z, Shamsi IH, Jiang L. Biosynthesis, structural, and functional attributes of tocopherols in plants: past, present and future perspective. *J Agric Food Chem.* 2013 May 29.
- 6- Gayen D, Sarkar SN, Datta SK, Datta K Comparative analysis of nutritional compositions of transgenic high iron rice with its non-transgenic counterpart. *Food Chem.* 2013 Jun 1;138(2-3):835-40. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.11.065. Epub 2012 Nov 24.)
- 7 -Paul S, Ali N, Gayen D, Datta SK, Datta K., Molecular breeding of OsFer 2 gene to increase iron nutrition in rice grain. *GM Crops Food.* 2012 Oct-Dec;3(4):310-6. doi: 10.4161/gmcr.22104. Epub 2012 Sep 19.
- 8 - Zhang L, Luo Y, Zhu Y, Zhang L, Zhang W, Chen R, Xu M, Fan Y, Wang L. GmTMT2a from soybean elevates the α -tocopherol content in corn and Arabidopsis. *Transgenic Res.* 2013 May 4.

9 -Napier JA, Graham IA. Tailoring plant lipid composition: designer oilseeds come of age. *Curr Opin Plant Biol.* 2010 Jun;13(3):330-7. doi: 10.1016/j.pbi.2010.01.008. Epub 2010 Feb 23.)

10 - Ruiz-López N, Sayanova O, Napier JA, Haslam RP. Metabolic engineering of the omega-3 long chain polyunsaturated fatty acid biosynthetic pathway into transgenic plants. *J Exp Bot.* 2012 Apr;63(7):2397-410. doi: 10.1093/jxb/err454. Epub 2012 Jan 30.)

11 -Venegas-Calcrón M, Sayanova O, Napier JA. An alternative to fish oils: Metabolic engineering of oil-seed crops to produce omega-3 long chain polyunsaturated fatty acids. *Prog Lipid Res.* 2010 Apr;49(2):108-19. doi: 10.1016/j.plipres.2009.10.001. Epub 2009 Oct 24.

12 -Synthetic biology, A review of the technology, and current and future needs from the regulatory framework in Great Britain. 2012 и 13 -RAER report (2009),

13 -Становище на Европейската група по етика в науката и новите технологии (ЕГЕННТ) относно етичните аспекти на синтетичната биология

http://ec.europa.eu/bepa/european-group-ethics/docs/press_release_opinion_25_bg.pdf

14-Pauwels K., PMampuys, C. Golstein, D. Breyer, Ph. Herman, M. Kaspari, J. Pagès, H. Pfister, F. van der Wilk, B. Schöning Event report: SynBio Workshop (Paris 2012) – Risk assessment challenges of Synthetic Biology , *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit* September 2013, Volume 8, Issue 3, pp 215-226

15 – FAO, 2009 <http://www.fao.org/docrep/012/i0680e/i0680e.pdf>