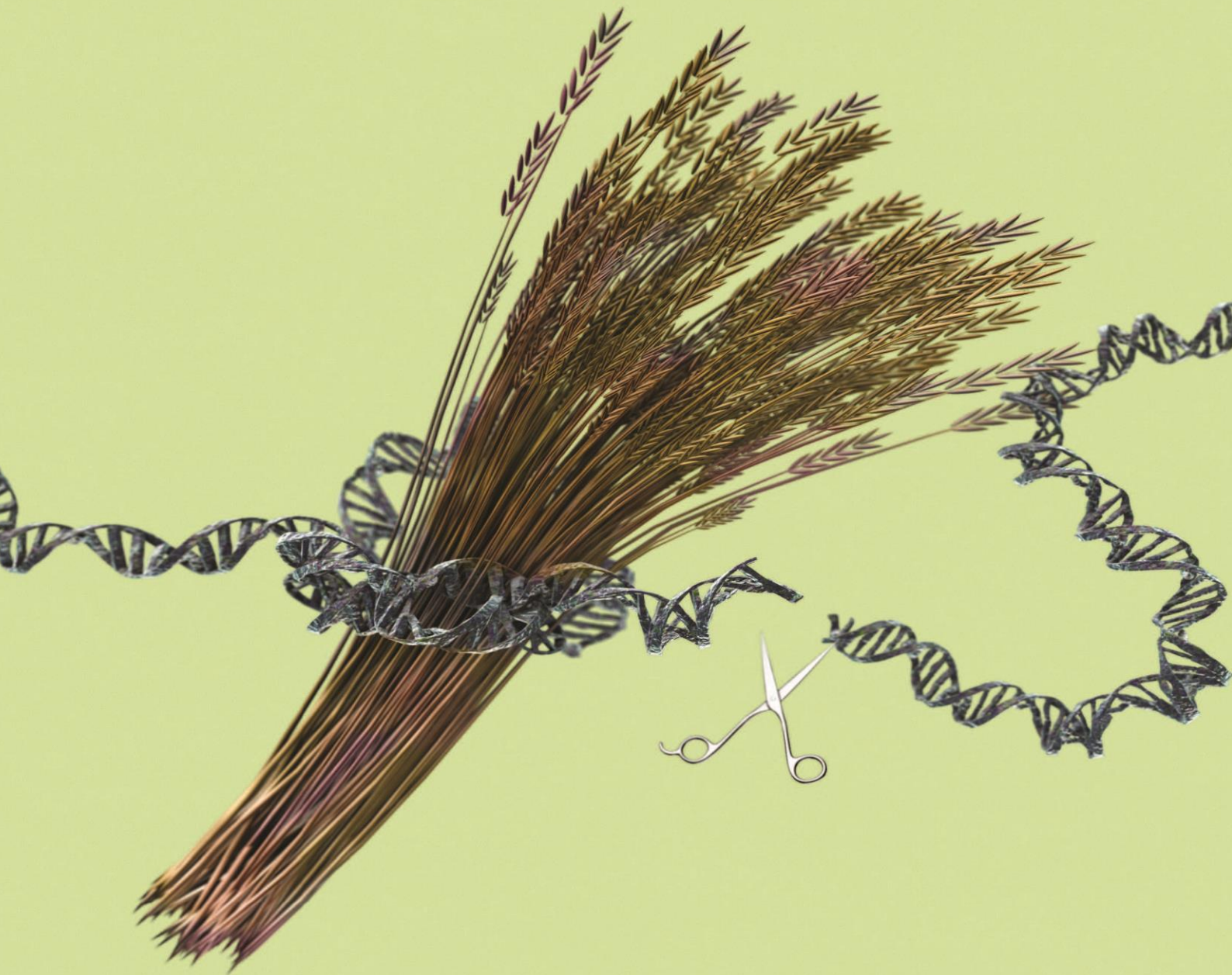


Svenskars inställning till genomredigering inom växtförädling



Dnr 3.1.1-2021-027

Gentekniknämnden, c/o Vetenskapsrådet, Box 1035 SE-101 38 Stockholm

Innehållsförteckning

Förord	4
Sammanfattning	5
Inledning	6
Resultat	7
1.1 Svenskars kunskaper om genetik och genteknik	7
1.1.1 Hälften av svenskarna har kännedom om gensaxar	7
1.1.2 Låg kunskapsnivå om genetik	7
1.1.3 Felaktig bild av hur vanliga genetiskt modifierade produkter är	11
1.1.4 En av tre tror att genetiskt modifierade produkter är säkra	11
1.2 Svenskars inställning till genomredigering inom växtförädling	14
1.2.1 En av tre är positiva till genteknik inom växtförädling	14
1.2.2 Syftet med växtförädlingen är avgörande	14
1.2.3 Majoriteten är oroad för säkerheten med gensax-förädling	17
1.2.4 Fyra av tio anser det oetiskt att inte använda gensaxar	17
1.2.5 Två av tre vill att livsmedel märks med växtförädlingsmetod	20
1.2.6 De flesta köper både ekologiska och konventionella livsmedel	20
1.2.7 En av fyra anser att gensaxar kan användas inom ekologisk odling	23
1.2.8 En av tre är positiva till genomredigering i svensk regi	25
2. Kommentarer till resultat	26
2.1 Många känner till Nobelsaxen CRISPR/Cas9 i Sverige	26
2.2 Risk för oinformerade svar	26
2.3 Personer med förkunskaper är mer positivt inställda	26
3. Metoder - så gick undersökningen till	28
3.1 Webbaserad enkät med informationstext	28
3.2 Demografiska undergrupper	29
4. Introduktion till genteknik och växtförädling	31
4.1 Genetik	31
4.2 Växtförädling	31
4.2.1 Urvalsmetoden	31
4.2.2 Traditionell mutationsförädling	32
4.2.3 Klassisk genetisk modifiering	33
4.2.4 Mutationsförädling med gensax	33
4.3 Lagstiftning	35
4.3.1 En genetiskt modifierad växt godkänd för odling inom EU	35
4.3.2 Vilka tekniker leder till en GMO?	35
5. Ordlista	36

Förord

Utvecklingen inom genteknikområdet går oerhört snabbt. En av de mest omdebatterade teknikerna som är på framfart är genomredigering som utförs med vad som populärt kallas gensaxar. Bland dessa är den Nobelprisbelönade CRISPR/Cas9 den mest använda - och troligen också den gensax som flest känner till. Med genomredigering kan den genetiska koden (DNA) i en organism ändras på ett precist och kontrollerat sätt.

Användningsområdena för genomredigering är många inte minst inom grundforskning för att exempelvis förstå enskilda geners funktion. Även inom mer tillämpade områden har tekniken potential att bidra stort. De första genterapierna som bygger på genomredigering har visats ge positiv behandlingseffekt i patienter med kronisk blodsjukdom, och de första genomredigerade grödorna med förbättrat näringsinnehåll har nått marknader utanför EU.

Genomredigering leder till frågor om lagstiftning och etik. Ska tekniken användas och med vilket syfte? Hur allmänheten ställer sig till genomredigering kan bli avgörande för hur teknikerna kommer att användas i framtiden. Mot bakgrund av detta har Gentekniknämnden i samarbete med Institutionen för växtbiologi vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) och analysföretaget Novus undersökt svenskars inställning till genomredigering. Undersökningen är inspirerad av en enkätstudie som norska Bioteknologirådet utförde under 2020 och många av frågorna är hämtade från den studien. Våra norska kollegor ställde frågor med ett bredare perspektiv, om både jordbruk och akvakultur, medan vi har fokuserat på hur svenskar ser på att genomredigering används inom växtförädling.

Illustrationerna i rapporten har gjorts av Gunilla Elam som har copyright på samtliga bilder.

Stockholm, 21 december 2021
Gentekniknämnden

Sammanfattning

I en enkätundersökning fick 1025 svenskar svara på frågor om sin inställning till att genteknik, i synnerhet genomredigering med gensaxar, används inom växtförädling. Några frågor ställdes i syfte att uppskatta de tillfrågades förkunskaper i ämnet.

- Varannan svensk har kännedom om gensaxar men bara en av tio känner till gensaxar bra.
- Svenskarnas kunskapsnivå om genetik och genteknik är låg, fler än hälften är osäkra på om en tomat innehåller DNA.
- En tredjedel av svenskarna känner till att genetiskt modifierade produkter är ovanliga i svenska livsmedelsbutiker. Övriga svarar tvärtom att dessa produkter är vanliga eller att de inte vet.
- Majoriteten av svenskarna är i någon grad oroade över vilka konsekvenser användningen av gensaxar inom växtförädling kan få på hälsa och miljö.
- En tredjedel av svenskarna är positiva till att gensaxar används inom växtförädling. En lika stor andel är positiva till klassisk genetisk modifiering med en gen från samma art.
- Om syftet med att använda genomredigering inom växtförädling är samhällsfrämjande, är en klar majoritet av svenskarna positivt inställda.
- En dryg fjärdedel av svenskarna tycker att gensaxar kan användas som växtförädlingsmetod för växter som odlas ekologiskt.
- En tredjedel är positiva till att svenska växtförädlingsföretag utvecklar en produkt för den svenska marknaden med hjälp av en gensax. Långt färre är positiva till att ett internationellt företag gör det.
- Nästan två tredjedelar av svenskarna tycker att det är viktigt med märkning av livsmedel, att det framgår om en gröda förädlats med klassisk genetisk modifiering, genomredigering eller traditionell mutationsförädling.
- De grupper i Sverige som är mest positivt inställda till genomredigering inom växtförädling är män, unga, högutbildade, personer med en hög hushållsinkomst och de som känner till gensaxar sedan tidigare.

Inledning

I tusentals år har människan förädlat växter genom urval. Växternas genetiska komposition har på så sätt ändrats så att deras egenskaper passar våra behov. Gener styr egenskaper och i varje ny generation uppstår mutationer som kan leda till nya egenskaper. Under 1940-talet upptäckte växtförädlare att antalet nya mutationer i varje generation kunde mångfaldigas om växterna behandlades med mutagena ämnen. Det kallas *traditionell mutationsförädling*. Senare samma århundrade gjorde genteknik sitt inträde i historien och det blev möjligt att föra in helt nya gener i växtens arvsmassa. Det kallas för *klassisk genetisk modifiering*.

Med gensaxen CRISPR/Cas9 har växtförädlare fått ett nytt verktyg som gör det möjligt att med hög precision inducera en mutation på en specifik plats i växtens arvsmassa. Tekniken kallas *genomredigering* och är en modern form av mutationsförädling som till skillnad mot den traditionella går att styra. CRISPR/Cas9 skiljer sig också från klassisk genetisk modifiering eftersom inget nytt DNA behöver tillföras för att växten ska få en ny egenskap.

Det finns ett stort intresse för genomredigerade växter från bland annat forskare och växtförädlare inom EU och globalt, och intresset förväntas öka. De första produkterna har redan nått marknaderna i Japan och USA, men inom EU lär det dröja. Det beror på att en genomredigerad växt i dagsläget regleras som en klassiskt genetiskt modifierad organism (GMO) även om den inte innehåller något nytt DNA. Inom EU är endast en genetiskt modifierad växt godkänd för odling, en fodermajs som godkändes 1998.

Speglar EU:s lagstiftning hur allmänheten ställer sig till att CRISPR/Cas9 används inom växtförädling? Inte nödvändigtvis är svaret enligt den här undersökningen. Majoriteten av svenskarna är positivt inställda till att tekniken används om syftet med växtförädlingen är samhällsfrämjande. Undersökningen visar också att ju mer svenskarna vet om genomredigering desto mer positiva är de till att tekniken används.

Resultat

1.1 Svenskars kunskaper om genetik och genteknik

1.1.1 Hälften av svenskarna har kännedom om gensaxar

Genomredigering är en teknik som gör det möjligt att förändra en växts egenskaper utan att tillföra nytt DNA och utförs med vad som populärt kallas för gensaxar. CRISPR/Cas9 är den gensax som oftast används. Av de tillfrågade i undersökningen svarade drygt hälften att de *har kännedom om* gensaxar som till exempel CRISPR/Cas9. Den andra halvan uppger att de *aldrig tidigare hört talas om* desamma. Bland de personer som har kännedom om gensaxar anger 25 procent att de visserligen *hört talas om, men känner knappt till något alls* och 17 procent tycker att de *känner till lite* om gensaxar. Nio procent svarar att de känner till gensaxar bra, och av dem svarar sex procent *ganska* bra och två procent *mycket bra*. Resultaten illustreras på sidan 8.

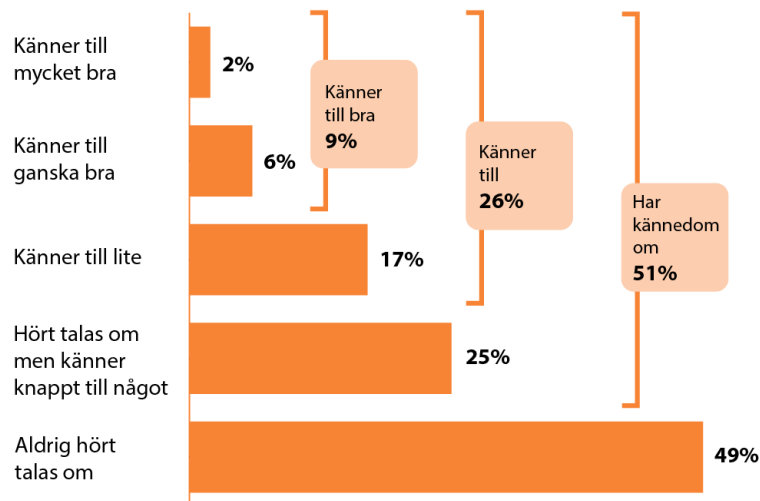
Personer i den yngsta åldersgruppen (18 - 29 år), män och personer med universitets- eller högskoleutbildning svarar i högre utsträckning att de *har kännedom om*, eller *känner till*, gensaxar. En majoritet av personerna med en årlig hushållsinkomst i den högsta valbara inkomstgruppen (mer än 800 000 kr/år) anger också i högre grad att de *har kännedom om* gensaxar. Av de som har kännedom om gensaxar har 60 procent hört talas om dem i sammanhanget *behandla sjukdomar* och 40 procent i sammanhanget *växtförädling*. Den yngsta åldersgruppen (18 - 29 år) svarar i högre grad att de hört talas om att gensaxar kan användas inom växtförädling. I vilket sammanhang de tillfrågade har hört talas om gensaxar illustreras på sidan 9.

1.1.2 Låg kunskapsnivå om genetik

Som allt levande har växter en arvs massa som består av DNA. När en växt är genetiskt modifierad har nytt DNA, till exempel en gen, förts in i växtens arvs massa i syfte att ändra växtens egenskaper. När deltagarna i undersökningen får frågan om de tror att en tomat som **inte** är genetiskt modifierad innehåller DNA, svarar drygt hälften *vet ej*. En liten andel, sex procent, tror att det bara är den genetiskt modifierade tomaten som innehåller DNA och av personer boende i Stockholm är andelen lite högre, nio procent. De som korrekt svarar att alla tomater innehåller DNA, oavsett om de är modifierade eller inte, utgör 42 procent av de tillfrågade. Personer i de två yngre åldersgrupperna (18 - 29, 30 - 49 år), män, personer med universitets- eller högskoleutbildning, boende i Västsverige och personer som känner till gensaxar, svarar i högre utsträckning att alla tomater innehåller DNA. På sidan 10 finns en graf som visar hur svenskarna svarat på frågan om tomater innehåller DNA eller inte.

Resultat på fråga 1.

Hur väl känner du till så kallade gensaxar som till exempel CRISPR/Cas9?



Signifikanta skillnader

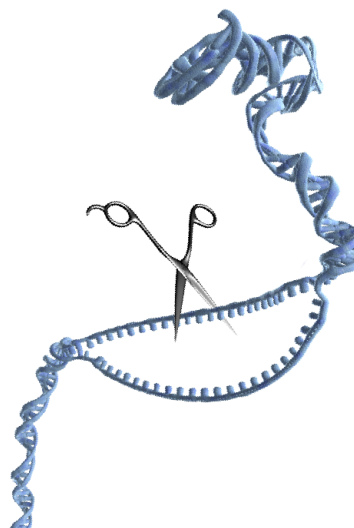
Följande undergrupper svarar i högre grad följande:

Känner till (26%)

- Man (29%)
- Åldersgruppen 18-29 år (42%)
- Högsta avslutade utbildning universitet/högskola (33%)

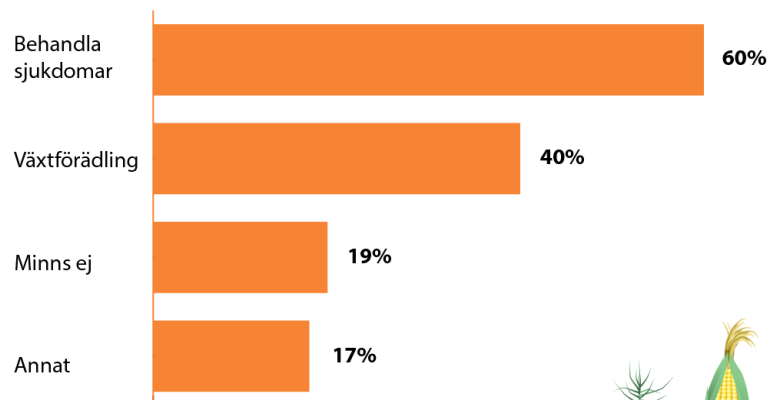
Kännedom totalt (51%)

- Man (59%)
- Åldersgruppen 18-29 år (60%)
- Högsta avslutade utbildning universitet/högskola (62%)
- Hushållsinkomst högre än 800 000 kr/år (64%)



Resultat på fråga 2.

I vilket sammanhang har du hört talas om så kallade gensaxar som till exempel CRISPR/Cas9?



Signifikanta skillnader

Följande undergrupper svarar i högre grad följande:

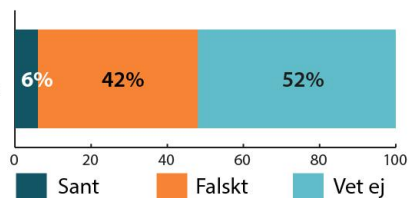
- Växtförädling (40%)
- 18-29 år (52%)



Resultat på fråga 3.

Är följande påstående sant eller falskt?

Tomater innehåller vanligtvis inget DNA.
Det gör bara genetiskt modifierade tomater.



Signifikanta skillnader

Följande undergrupper svarar i högre grad följande:

Sant (6%)

- Boende i Stockholm (9%)

Falskt (42%)

- Känner till gensaxar (69%)
- Man (49%)
- Åldersgruppen 18-29 år (55%), 30-49 år (48%)
- Högsta avslutade utbildning universitet/högskola (49%)
- Boende i Västsverige (48%)



1.1.3 Felaktig bild av hur vanliga genetiskt modifierade produkter är

Livsmedelsprodukter som innehåller genetiskt modifierade växter förekommer i princip inte i svenska livsmedelsbutiker. De kan förekomma i butiker som specialiserat sig på matvaror från till exempel USA eller Asien. Enligt en branschöverenskommelse förekommer inte heller genetiskt modifierade växter i djurfoder i Sverige. Likväl tror nästan en tredjedel av svenskarna att det är vanligt med genetiskt modifierade växter, både i livsmedelsprodukter och djurfoder i Sverige. Ungefär 40 procent av svenskarna svarar att de inte vet. Personer i den yngsta åldersgruppen (18 - 29 år) och personer som känner till gensaxar svarar i högre utsträckning att det är vanligt i livsmedel. Samma grupper, och även gruppen män, tror i högre grad att det är vanligt i djurfoder. På sidan 12 illustreras dessa resultat.

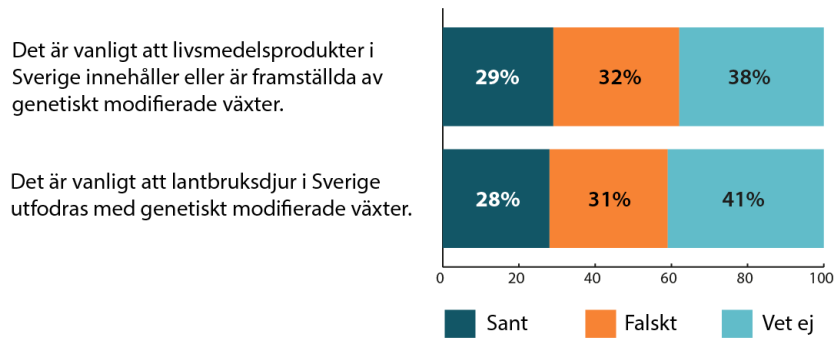
1.1.4 En av tre tror att genetiskt modifierade produkter är säkra

Efter många års forskning om eventuella risker med produkter som innehåller genetiskt modifierade växter finns det inget som tyder på att de skulle vara mindre säkra än andra produkter.¹ Trettiofem procent av svenskarna tror att forskning just visat detta och 16 procent svarar att produkter från genetiskt modifierade växter är mindre säkra. Nästan hälften, 49 procent, av de tillfrågade svarar att de inte vet. Personer i den yngsta åldersgruppen (18 - 29 år), män, personer med högskole- eller universitetsutbildning och personer som känner till gensaxar, tror i högre grad att genetiskt modifierade produkter är säkra. Kvinnor och personer som aldrig hört talas om gensaxar svarar i högre utsträckning att de är mindre säkra. Hur svenskarna tror att det förhåller sig med säkerheten illustreras i en graf på sidan 13.

¹ Europeiska kommissionen, *A decade of EU-funded GMO research (2001–2010)*, publicerade den 11 november 2010. Singer et al., *Genetic Variation and Unintended Risk in the Context of Old and New Breeding Techniques*. Plant Sciences (2021).

Resultat på fråga 4.

Är följande påståenden sanna eller falska?



Signifikanta skillnader

Följande undergrupper svarar i högre grad följande:

Livsmedel

Sant (29%)

- Känner till gensaxar (38%)
- Man (36%)
- Åldersgruppen 18-29 år (46%)

Falskt (32%)

- Känner till gensaxar (40%)
- Boende i Mellansverige (41%)

Djurfoder

Sant (28%)

- Känner till gensaxar (37%)
- Åldersgruppen 18-29 år (45%)

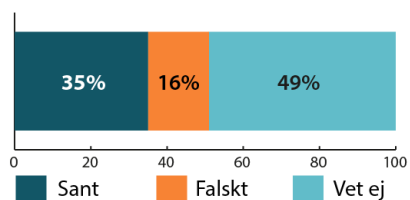
Falskt (31%)

- Kännedom gensaxar totalt (36%)
- Högsta avslutade utbildning gymnasium eller motsvarande (35%)
- Hushållsinkomst 300 000-499 000 kr/år (36%)
- Boende i Mellansverige (37%)

Resultat på fråga 5.

Är följande påstående sant eller falskt?

Forskning visar att produkter från genetiskt modifierade växter är lika säkra som produkter från växter som förädlats med andra metoder.



Signifikanta skillnader

Följande undergrupper svarar i högre grad följande:

Sant (35%)

- Känner till gensaxar (59%)
- Man (43%)
- Åldersgruppen 18-29 år (58%)
- Högsta avslutade utbildning universitet/högskola (41%)

Falskt (16%)

- Aldrig hört talas om gensaxar (20%)
- Kvinna (19%)

1.2 Svenskars inställning till genomredigering inom växtförädling

1.2.1 En av tre är positiva till genteknik inom växtförädling

För att undersöka hur svenskar ser på användningen av olika växtförädlingsmetoder, användes förädling av potatis som exempel. De fyra metoderna som exemplifierades var att potatisen förädlades genom att:

1. Genetiskt förändra potatisens eget DNA med CRISPR/Cas9 (**genomredigering**)
2. Med klassisk genetisk modifiering föra in en gen som isolerats från en annan potatissort (**cisgen modifiering**)
3. Med klassisk genetisk modifiering föra in en gen som isolerats från en bakterie (**transgen modifiering**)
4. Genetiskt förändra potatisens eget DNA med hjälp av mutationsframkallande ämnen (**traditionell mutationsförädling**)

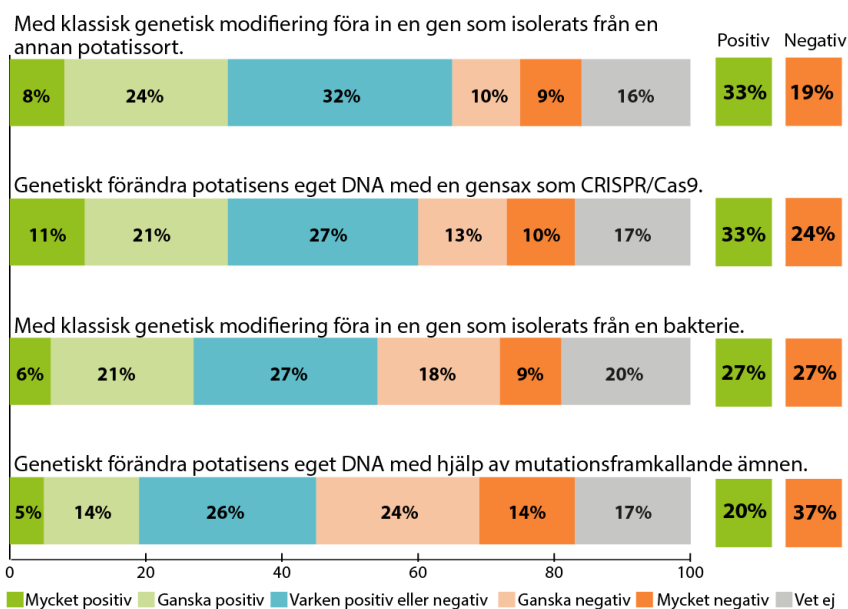
En tredjedel är positiva till genomredigering och cisgen modifiering. De som i högre grad är positiva till dessa två metoder är yngre personer (18 - 29 år), män, personer med högskole- eller universitetsutbildning, boende i Sydsverige och personer som känner till gensaxar. En dryg fjärdedel, 27 procent, ställer sig positiva till att potatisen förädlas med transgen modifiering. Minst positiva är svenskar till att potatisen förädlas med traditionell mutationsförädling, den andelen är 20 procent. Hur svenskarna ställer sig till olika växtförädlingsmetoder illustreras på sidan 15.

1.2.2 Syftet med växtförädlingen är avgörande

En majoritet av svenskarna är positiva till genomredigering om syftet med växtförädlingen är samhällsfrämjande. Om syftet är att minska användningen av bekämpningsmedel är 73 procent positiva. Yngre (18 - 29 år), boende i Sydsverige och personer som känner till gensaxar är i högre grad positivt inställda. Majoriteten av de tillfrågade, 64 procent, är också positiva om syftet är att ta fram en klimatanpassad växt. Även här är det yngre (18 - 29 år) och personer som sedan tidigare känner till gensaxar som i högre grad är positiva, men även män och personer med högskole- eller universitetsutbildning. Om syftet är att öka näringsvärdet på en växt är fortfarande en svag majoritet, 51 procent, positiva men inställningen ändras när syftet är att förändra form eller färg på frukt och grönsaker. Då är 9 procent positivt inställda och majoriteten, 59 procent, är istället negativa. I grafen på sidan 16 illustreras svenskarnas inställning till genomredigering med de olika syften som beskrivs ovan.

Resultat på fråga 6.

Vilken är din allmänna inställning till att använda någon av följande metoder för att ge en potatissort en ny egenskap?



Signifikanta skillnader

Följande undergrupper svarar i högre grad positivt gällande följande:

Med klassisk genetisk modifiering föra in en gen som isolerats från en annan potatissort. (33%)

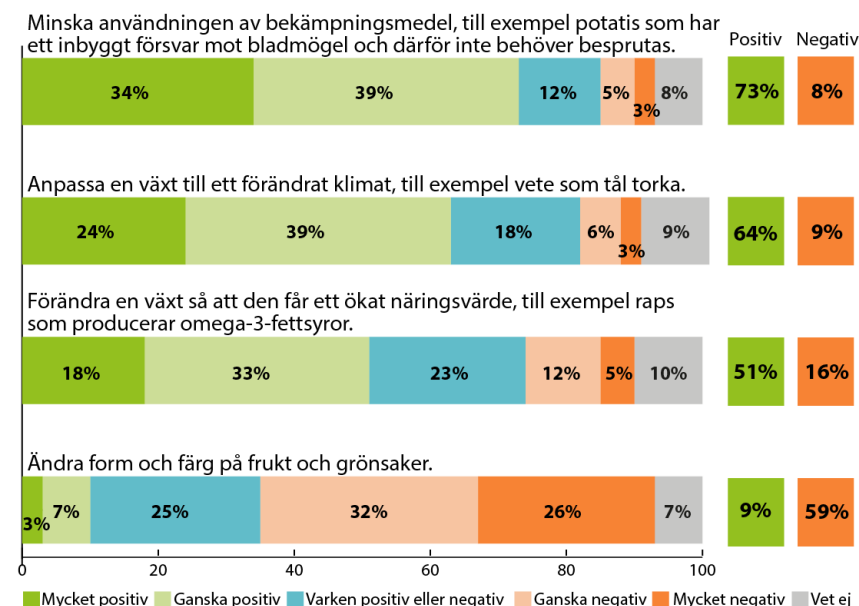
- Känner till gensaxar (50%)
- Man (39%)
- Åldersgruppen 18-29 år (51%)
- Högsta avslutade utbildning universitet/högskola (38%)
- Boende i Sydsverige (46%)

Genetiskt förändra potatisens eget DNA med en gensax som CRISPR/Cas9. (33%)

- Känner till gensaxar (58%)
- Man (40%)
- Åldersgruppen 18-29 år (49%)
- Högsta avslutade utbildning universitet/högskola (41%)
- Boende i Sydsverige (50%)

Resultat på fråga 7.

Baserat på vad du vet, hur positiv eller negativ är du till att man kan använda en gensax som CRISPR/Cas9 på växter om syftet är att:



Signifikanta skillnader

Följande undergrupper svarar i högre grad positivt gällande följande:

Minska användningen av bekämpningsmedel, till exempel potatis som har ett inbyggt försvar mot bladmögel och därför inte behöver besprutas. (73%)

- Känner till gensaxar (88%)
- Åldersgruppen 18-29 år (85%)
- Boende i Sydsverige (81%)

Anpassa en växt till ett förändrat klimat, till exempel vete som tål torka. (64%)

- Känner till gensaxar (83%)
- Man (68%)
- Åldersgruppen 18-29 år (75%)
- Högsta avslutade utbildning universitet/högskola (71%)

1.2.3 Majoriteten är oroadade för säkerheten med gensax-förädling

Trots att många svenskar är positiva till att använda genomredigering om syftet med växtförädlingen är samhällsfrämjande är många också oroadade för eventuella risker. En klar majoritet av de tillfrågade svarar att de i någon grad är oroadade för att genomredigeringen ska ge negativa konsekvenser för människors och djurs hälsa (68 respektive 67 procent) och för miljön (70 procent). Nitton procent svarar att de inte är oroadade för negativa konsekvenser för människors eller djurs hälsa och 15 procent är inte oroadade för miljön. De grupper som svarar att de inte är oroadade för människors hälsa är i högre grad den näst yngsta åldersgruppen (30 - 49 år), män, personer med högskola- eller universitetsutbildning och personer som känner till gensaxar. Personer som inte är oroadade för djurs hälsa är i hög utsträckning de två yngsta åldersgrupperna (18 - 29, 30 - 49 år), män, boende i Sydsverige och personer som känner till gensaxar. Resultaten illustreras i grafen på sidan 18.

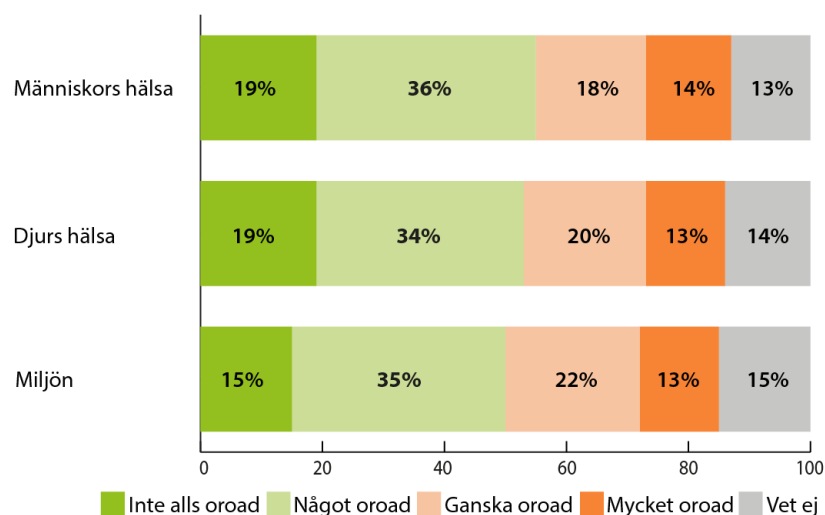
1.2.4 Fyra av tio anser det oetiskt att inte använda gensaxar

De tillfrågade fick ange om de instämmer i, eller tar avstånd från, fyra påståenden av etisk karaktär. I påståendet *gensaxar bör kunna få användas i samma utsträckning som andra växtförädlingsmetoder* instämmer 36 procent och 22 procent tar avstånd. De grupper som instämmer är i högre grad män, personer med högskole- eller universitetsutbildning, personer med en årlig hushållsinkomst i den högsta inkomstgruppen (mer än 800 000 kr/år), boende i Sydsverige och personer som känner till gensaxar sedan tidigare.

I påståendet *det är i alla sammanhang oetiskt att ändra i en växts DNA med en gensax* instämmer 22 procent. En större andel, 45 procent, tar avstånd från att det skulle vara oetiskt. I det snarlika påståendet *det är i alla sammanhang oetiskt att ändra i en växts DNA* instämmer 27 procent och 44 procent tar avstånd. När de tillfrågade ställs inför påståendet att *det är oetiskt att inte använda en gensax för att förädla växter om det kan bidra till att lösa allvarliga samhällsproblem*, så instämmer 39 procent och 19 procent tar avstånd. De grupper som instämmer i högre utsträckning är yngre (18 - 29 år), män, personer med högskole- eller universitetsutbildning, personer med en årlig hushållsinkomst i den högsta inkomstgruppen (mer än 800 000 kr/år) och personer som känner till gensaxar. Hur svenskarna ställer sig till de olika påståendena illustreras i grafen på sidan 19.

Resultat på fråga 8.

I vilken grad känner du oro över att växter som förädlas med en gensax kan få negativa konsekvenser för:



Signifikanta skillnader

Följande undergrupper svarar i högre grad positivt gällande följande:

Inte alls oroad för
Människors hälsa (19%)

- Känner till gensaxar (38%)
- Man (25%)
- Åldersgruppen 30-49 år (24%)
- Högsta avslutade utbildning universitet/högskola (25%)

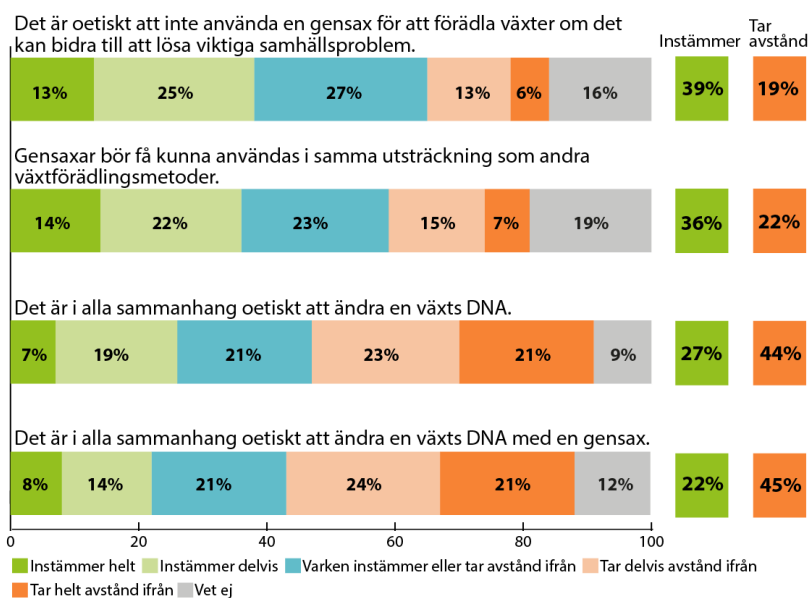
Djurs hälsa (19%)

- Känner till gensaxar (41%)
- Man (26%)
- Åldersgruppen 18-29 år (26%), 30-49 år (24%)
- Boende i Sydsverige (26%)



Resultat på fråga 9.

I vilken utsträckning instämmer du i följande påståenden?



Signifikanta skillnader

Följande undergrupper svarar i högre grad positivt gällande följande:

Det är oetiskt att inte använda en gensax för att förädla växter om det kan bidra till att lösa viktiga samhällsproblem. (39%)

- Känner till gensaxar (60%)
- Man (44%)
- Åldersgruppen 18-29 år (48%)
- Högsta avslutade utbildning universitet/högskola (44%)
- Hushållsinkomst över 800 000 kr/år (46%)

Gensaxar bör få kunna användas i samma utsträckning som andra växtförädlingsmetoder. (36%)

- Känner till gensaxar (65%)
- Man (44%)
- Högsta avslutade utbildning universitet/högskola (45%)
- Hushållsinkomst över 800 000 kr/år (47%)
- Boende i Sydsverige (47%)

1.2.5 Två av tre vill att livsmedel märks med växtförädlingsmetod

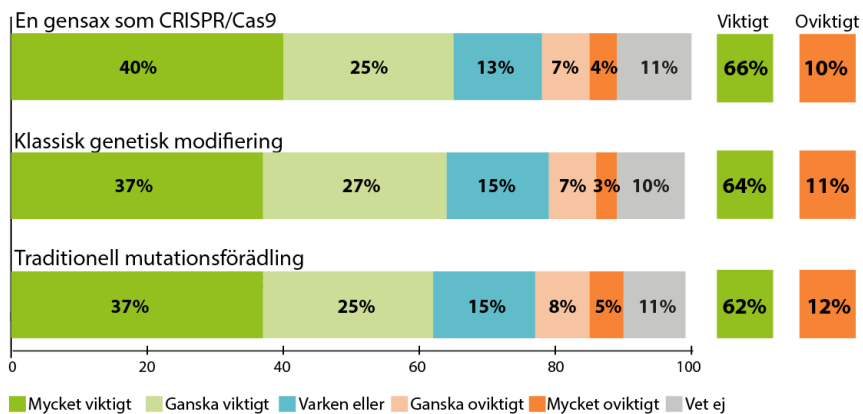
Enligt rådande EU-lagstiftning måste det framgå av innehållsförteckningen om ett livsmedel eller ett foder innehåller, består av eller framställts från genetiskt modifierade växter. Över 60 procent av svenskarna tycker att den här typen av märkning är viktig oavsett om det rör sig om växtförädling med hjälp av genteknik eller traditionell mutationsförädling. De grupper som tycker att märkningen är viktig är i högre grad kvinnor, boende i Stockholm och personer som inte känner till gensaxar. De två äldsta åldersgrupperna (50 - 64, 65 - 79 år) tycker också i högre utsträckning att märkning av produkter som tagits fram med klassiskt genetiskt modifierade och traditionellt mutationsförädlade växter är viktigt. Resultaten illustreras på sidan 21.

1.2.6 De flesta köper både ekologiska och konventionella livsmedel

Om valet står mellan att köpa ett ekologisk eller konventionellt livsmedel svarar 37 procent att de oftast väljer ekologiskt och 19 procent anger att de oftast väljer en konventionell vara. Den största andelen, 41 procent, svarar att det varierar mellan varor. De som väljer ekologiskt är i högre utsträckning kvinnor, personer med högskole- eller universitetsutbildning, personer med en årlig hushållsinkomst i den högsta inkomstgruppen (mer än 800 000 kr/år), personer med barn i hushållet och personer som känner till gensaxar. De som väljer konventionella varor är i högre grad män, personer med gymnasium som högsta avslutade utbildning och personer med en årlig hushållsinkomst tillhörande den näst högsta inkomstgruppen (500 000 - 799 000 kr/år) samt boende i Sydsverige. På sidan 22 finns en illustration av resultaten.

Resultat på fråga 10.

Hur viktigt eller oviktigt är det att det framgår av innehållsförteckningen att livsmedelsprodukter är producerade med hjälp av:



Signifikanta skillnader

Följande undergrupper svarar i högre grad positivt gällande följande:

En gensax som CRISPR/Cas9 (66%)

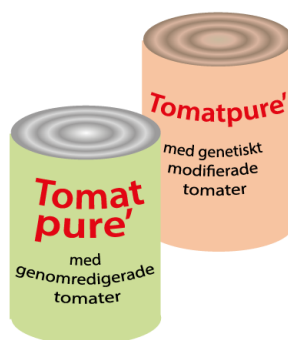
- Aldrig hört talas om gensaxar (70%)
- Kvinna (73%)
- Boende i Stockholm (74%)

Klassisk genetisk modifiering (64%)

- Aldrig hört talas om gensaxar (67%)
- Kvinna (73%)
- Åldersgruppen 50-64 år (71%)
- Boende i Stockholm (72%)

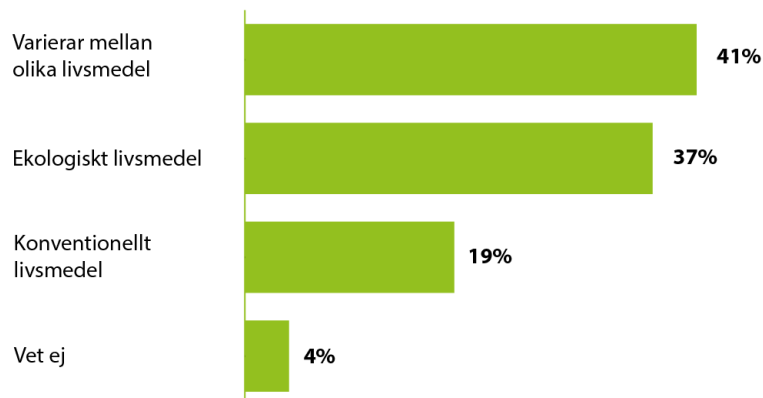
Traditionell mutationsförädling (62%)

- Aldrig hört talas om gensaxar (66%)
- Kvinna (70%)
- Åldersgruppen 65-79 år (69%)
- Boende i Stockholm (72%)



Resultat på fråga 11.

Om du står och väljer mellan att köpa en ekologisk vara och en konventionell vara vad brukar du oftast köpa?



Signifikanta skillnader

Följande undergrupper svarar i högre grad följande:

Varierar mellan olika livsmedel (41%)

- Högsta avslutade utbildning grundskola/ingen avslutad (47%)
- Hushållsinkomst lägre än 299 000 kr/år (49%)
- Boende i Stockholm (47%)

Ekologiskt livsmedel (37%)

- Känner till gensaxar (43%)
- Kvinna (42%)
- Har hemmaboende barn (41%)
- Högsta avslutade utbildning universitet/högskola (42%)
- Hushållsinkomst över 800 000 kr/år (44%)

Konventionellt livsmedel (19%)

- Man (24%)
- Högsta avslutade utbildning gymnasium eller motsvarande (23%)
- Hushållsinkomst mellan 500 000 och 799 000 kr/år (26%)
- Boende i Sydsverige (27%)

1.2.7 En av fyra anser att gensaxar kan användas inom ekologisk odling

Inom ekologisk odling är det inte tillåtet att använda växter som förädlats med hjälp av genteknik. Däremot kan växter odlas ekologiskt om de tagits fram via traditionell mutationsförädling med mutationsframkallade ämnen. De tillfrågade fick ange vilken eller vilka av följande växtförädlingsmetoder de anser kan användas för att ta fram växter som odlas ekologiskt:

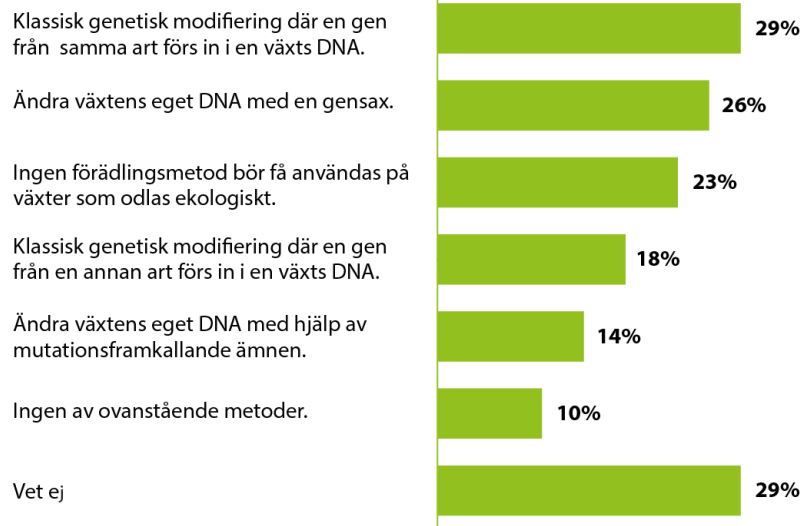
1. Ändra växtens DNA med en gensax (**genomredigering**)
2. Klassisk genetisk modifiering med en gen från samma art (**cisgen modifiering**)
3. Klassisk genetisk modifiering med en gen från en annan art (**transgen modifiering**)
4. Ändra växtens DNA med hjälp av mutationsframkallande ämnen (**traditionell mutationsförädling**)

Mest positiva var svenskarna till cisgen modifiering när en växt modifieras med en gen från samma eller korsningsbar art. Den metoden ansåg 29 procent kan användas inom ekologisk odling. Nästan lika många, 26 procent, ansåg att genomredigering med gensax kan användas för att ta fram växter som odlas ekologiskt. De grupper som tycker att dessa två metoder kan användas inom ekologisk odling är i högre grad yngre (18 - 29 år), män, personer med högskole- eller universitetsutbildning, personer med en årlig hushållsinkomst i den högsta inkomstgruppen (mer än 800 000 kr/år), boende i Sydsverige och personer som känner till gensaxar.

En mindre andel, 18 procent, anser att växter som förädlats med transgen modifiering kan användas inom ekologisk odling, och 14 procent tyckte att traditionell mutationsförädling kan användas i det sammanhanget. Tio procent av de tillfrågade svarade att de inte tycker någon av de listade metoderna bör få användas och 23 procent tycker inte att någon växtförädlingsmetod alls bör få användas på växter som odlas ekologiskt. Resultaten illustreras på sidan 24.

Resultat på fråga 12.

Vilken/vilka av följande förädlingsmetoder anser du kan användas på växter som odlas ekologiskt?



Signifikanta skillnader

Följande undergrupper svarar i högre grad följande:

Klassisk genetisk modifiering där en gen från samma art förs in i en växts DNA. (29%)

- Känner till gensaxar (52%)
- Man (37%)
- Åldersgruppen 18-29 år (46%)
- Högsta avslutade utbildning universitet/högskola (34%)
- Hushållsinkomst över 800 000 kr/år (38%)
- Boende i Sydsverige (44%)

Ändra växtens eget DNA med en gensax. (26%)

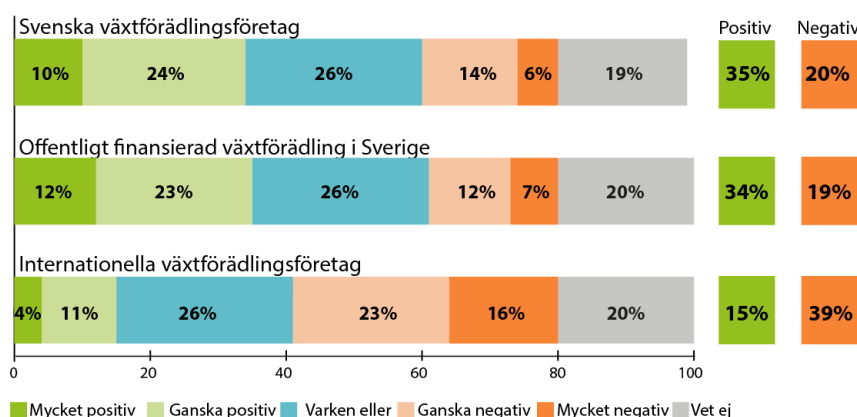
- Känner till gensaxar (56%)
- Man (32%)
- Åldersgruppen 18-29 år (36%)
- Högsta avslutade utbildning universitet/högskola (33%)
- Hushållsinkomst över 800 000 kr/år (33%)
- Boende i Sydsverige (40%)

1.2.8 En av tre är positiva till genomredigering i svensk regi

Ungefär 35 procent av svenskarna är positiva till att genomredigering används för att förädla en växt om utvecklingen sker i Sverige. Det gäller både om utvecklaren är ett svenskt växtförädlingsföretag eller om det rör sig om offentligt finansierad växtförädling. Är utvecklaren istället ett internationellt växtförädlingsföretag ställer sig bara 15 procent positiva. De som i större utsträckning är positiva till att en växt tas fram i svensk regi är yngre (18 - 29 år), män, personer med högskole- eller universitetsutbildning, boende i Sydsverige och personer som känner till gensaxar.

Resultat på fråga 13.

Om en gensax användes vid förädling av växter för den svenska marknaden. Hur positiv eller negativ skulle du vara om växterna utvecklades av:



Signifikanta skillnader

Följande undergrupper svarar i högre grad följande:

Svenska växtförädlingsföretag (35%)

- Känner till gensaxar (52%)
- Man (42%)
- Åldersgruppen 18-29 år (46%)
- Högsta avslutade utbildning universitet/högskola (41%)
- Boende i Sydsverige (42%)

Offentligt finansierad växtförädling i Sverige (34%)

- Känner till gensaxar (58%)
- Man (41%)
- Åldersgruppen 18-29 år (51%)
- Högsta avslutade utbildning universitet/högskola (42%)
- Boende i Sydsverige (48%)

2. Kommentarer till resultat

2.1 Många känner till Nobelsaxen CRISPR/Cas9 i Sverige

De senaste årtiondena har utvecklingen inom genteknikområdet gått mycket snabbt - inte minst när det gäller genomredigering. Trots att tekniken är relativt ny, har hälften av svenskarna ändå *kännedom om gensaxar*. En förklaring kan vara att gensaxen CRISPR/Cas9 aktualiserades för allmänheten år 2020 då Emmanuelle Charpentier och Jennifer Doudna tilldelades Nobelpriset i kemi för att ha utvecklat verktyget.

2.2 Risk för oinformerade svar

Förutom en viss kännedom om gensaxar så visar undersökningen att kunskapen om genetik och genteknik är låg hos allmänheten. Majoriteten av svenskarna är till exempel osäkra på om tomater innehåller DNA och många tror att genetiskt modifierade produkter är vanliga i livsmedelsbutiker när de tvärtom knappt förekommer alls. Det verkar också finnas en brist på förståelse för odlade växters ursprung och växtförädling i stort. Det avslöjas av det faktum att en fjärdedel av svenskarna håller med i påståendet *ingen förädlingsmetod alls bör få användas för att ta fram växter som odlas ekologiskt*.

Liknande undersökningar som genomförts i andra länder visar att den låga kunskapsnivån inom genetik och genteknik är utbredd.² En anledning kan vara att det uppfattas som ett komplicerat område och inte prioriterat att sätta sig in i. Den låga kunskapsnivån kan ligga bakom varför en stor andel av de tillfrågade i vår undersökning, mellan 10 - 30 procent, svarar *vet ej* eller *varken eller* på många av frågorna. För att förekomma en eventuellt låg kunskapsnivå så inkluderade vi en kortare informationstext i enkäten som förklarade vad växtförädling är och beskrev de tre olika förädlingstekniker som berördes i frågorna. Med kännedom om att få är insatta i ämnet skulle en annan studiedesign med mer plats för information förmodligen påverkat svaren på frågorna.

2.3 Personer med förkunskaper är mer positivt inställda

I jämförelse med andra studier om medborgares attityd till genomredigering inom bland annat växtförädling, finns en rad gemensamma slutsatser att dra. Trots att allmänheten känner en viss oro inför eventuella risker med genomredigering är majoriteten ändå positivt inställd om syftet med växtförädlingen är tydligt samhällsfrämjande. De som genomgående är mer positiva till genomredigering är män, yngre och högutbildade.

² Bush et al., *Citizen views of genome editing: effect of species and purpose*. Agri Huma Val (2021), IPSOS Mori, *Consumer perceptions of genome edited food* (2021), Norska Bioteknologirådet, *Norwegian consumers attitude toward gene editing in Norwegian agriculture and aquaculture* publicerad den 2 april 2020.

Samtliga undersökningar visar också på en koppling mellan kunskapsnivå och inställning. Personer som har kunskap om gensaxar och genomredigering är generellt sett mer positiva till att tekniken används jämfört med de som inte har det. I en brittisk studie tydliggörs sambandet mellan kunskapsnivå och inställning. En grupp personer intervjuades om sina attityder till genomredigerade livsmedel före och efter ett ”kunskapslyft” i genteknik. Resultatet blev att andelen som kunde tänka sig att köpa/äta genomredigerade livsmedel ökade från 30 till 74 procent.³

Allmänhetens inställning till genteknik verkar också vara i förändring. En Eurobarometer från september 2021 visar att majoriteten av medborgare (mellan 55 och 93 procent) i samtliga länder tror att bioteknik och genteknik kan ha en positiv effekt på livet de kommande 20 åren. I Sverige tror 82 procent att det kommer ha en positiv effekt. I nästan alla länder (21 av 27) har medborgarnas positiva inställning ökat sedan samma fråga ställdes 2005.⁴

I vår undersökning ställer sig drygt sju av tio svenskar positiva till att gensaxar används för att ta fram växter som kan odlas med mindre bekämpningsmedel. Bland de som känner till gensaxar ställer sig nästan nio av tio positiva. Ett liknande mönster träder fram när syftet med växtförädlingen är att klimatanpassa en växt eller ta fram en växt med ett högre näringsinnehåll. Fyra av tio anser också att det är oetiskt att *inte* använda genomredigering om det kan bidra till att lösa allvarliga samhällsproblem, och sex av tio bland de som känner till gensaxar håller med om det påståendet. De som känner till gensaxar är också mindre oroade för de eventuellt negativa konsekvenser som användningen av verktyget inom växtförädlingen kan ha på till exempel människors hälsa. I den totala gruppen svarar två av tio att de inte alls är oroade och fyra av tio oroar sig inte alls bland personer som känner till gensaxar.

³ IPSOS Mori, *Consumer perceptions of genome edited food* (2021).

⁴ Europeiska kommissionen, *European citizen's knowledge and attitudes toward science and technology*. EU-barometer publicerad 21 september 2021.

3. Metoder - så gick undersökningen till

3.1 Webbaserad enkät med informationstext

En webbaserad enkätundersökning genomfördes under perioden 11 - 17 november 2020 i samarbete med institutionen för växtbiologi vid SLU och analysföretaget Novus. Enkäten besvarades av 1 025 personer som utgör ett representativt urval av svenska folket och svarsfrekvensen var 54 procent. Några inledande frågor i enkäten var utformade för att kunna uppskatta de tillfrågades förkunskaper om genetik och genteknik. De inledande frågorna följdes av den informationstext som visas i faktaruta 1 och som kort beskriver växtförädling och sammanfattar de tre växtförädlingsmetoderna traditionell mutationsförädling, klassisk genetisk modifiering och genomredigering med gensax. Efter att ha tagit del av texten fick de tillfrågade svara på ytterligare frågor som utformats främst för att uppskatta deras inställning till användningen av gensaxar inom växtförädling.

Faktaruta 1. Informationstexten i enkäten

Växtförädling innebär att växtens DNA (arvs massa) förändras utifrån människans behov så att den t.ex. klarar av angrepp från insekter eller virus. När DNA förändras, förändras växtens egenskaper. Nedan följer tre olika metoder att förädla växter.

Klassisk genetisk modifiering innebär att en bit DNA, till exempel en gen, förs in i en växt och blir en del av dess eget DNA. Växtförädlaren vet på förhand vilken egenskap det nya DNA:t kommer att tillföra växten.

Traditionell mutationsförädling Innebär att man använder ämnen som skapar förändringar i växtens DNA (mutationer). Förändringarna i DNA:t uppstår helt slumpmässigt och man väljer sen ut de växter som fått önskade egenskaper. Inget nytt DNA förs in.

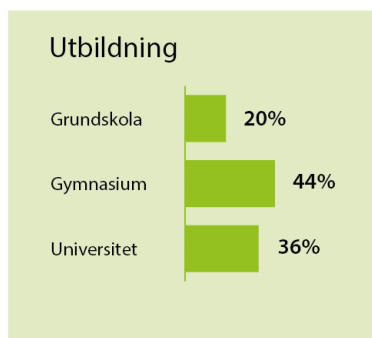
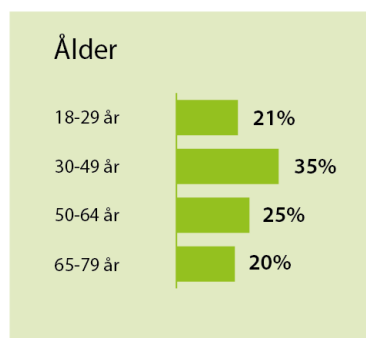
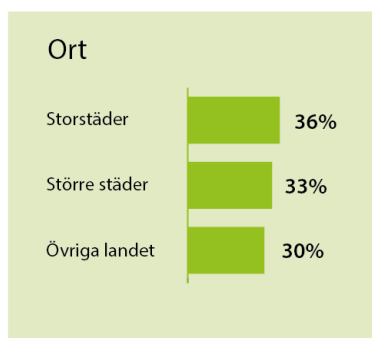
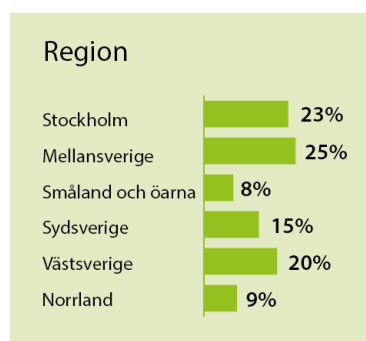
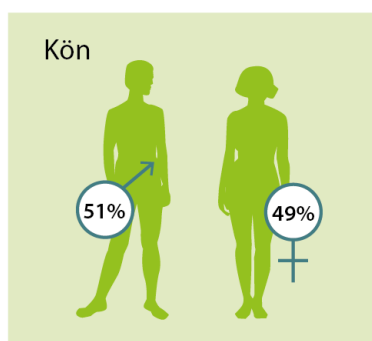
Mutationsförädling med gensax innebär att en gensax t.ex. CRISPR/Cas9 används för att förändra växtens eget DNA. Till skillnad mot traditionell mutationsförädling kan en gensax riktas in mot en specifik plats i växtens DNA. Det innebär att man på förhand kan bestämma var en förändring ska ske. Inget nytt DNA förs in.

3.2 Demografiska undergrupper

I resultatdelen redogörs för om något svar förekom i högre grad i någon av de undergrupper som listas nedan. Signifikansnivån som använts är 95 procent.

Parameter	Svarsalternativ
Kön	• kvinna • man
Ålder (år)	• 18 - 29 • 30 - 40 • 50 - 64 • 65 - 79
Högsta avslutade utbildning	• grundskola eller ingen • gymnasium eller motsvarande • universitet/högskola
Sysselsättning	• studerande • arbetare • tjänsteman • egen företagare • pensionär • arbetssökande • annan
Årlig hushållsinkomst (kr)	• 0 - 299 000 • 300 000 - 499 000 • 500 000 - 799 000 • mer än 800 000
Hemmavarande barn i hushållet	• ja • nej
Boende	• storstäder och storstadsnära kommuner (vidare indelat i Stockholm, Göteborg, Malmö) • större städer och kommuner nära större stad • mindre städer/tätorter och landsbygdskommuner
Boenderegion	• Stockholm • Mellansverige • Småland och öarna • Sydsverige • Västsverige • Norrland

Nedan visas hur personerna som deltog i undersökningen fördelas i de olika demografiska grupperna.



4. Introduktion till genteknik och växtförädling

4.1 Genetik

DNA byggs upp på samma sätt hos allt levande

Inom genetiken studeras hur egenskaper går i arv och hur arvsmassan är uppbyggd och fungerar. Ett annat ord för arvs massa är genom. Arvs massan består av DNA som i sin tur är uppbyggd av långa kedjor av nukleotider som ofta förkortas med bokstäverna A, T, G och C. Dessa byggstenar är samma oavsett art. Delar av arvs massan består av proteinkodande gener som innehåller instruktioner för hur olika proteiner ska tillverkas. Proteinerna styr funktioner och egenskaper. Olika individer inom samma art har olika varianter av gener som kallas just genvarianter eller alleler, och det är bland annat därför som individer är olika. Eftersom DNA byggs upp på samma sätt i alla arter så går det att få en gen som finns i en art att fungera och översättas till ett protein i en annan art.

Mutationer leder till nya egenskaper

I varje cell finns en uppsättning av individens arvs massa. Nya celler bildas genom att befintliga celler delar sig, och inför varje celldelning kopieras allt DNA i cellen. På så sätt får alla celler samma genetiska information. När DNA kopieras kan fel uppstå som gör att nukleotiderna som bygger upp DNA förändras. Då har en mutation uppstått. Om mutationen uppkommit i en gen kan det leda till att proteinet förändras eller inte tillverkas alls. Då kan även en egenskap förändras. Nya mutationer kan ha en positiv, negativ eller ingen effekt (neutral) för individen och uppstår spontant i varje generation. Mutationer kan också uppkomma till följd av yttre påverkan, till exempel genom att DNA skadas när det utsätts för strålning eller kommer i kontakt med mutagena ämnen.

4.2 Växtförädling

4.2.1 Urvalsmetoden

I ungefär 10 000 år har vi människor odlat växter främst för att förse oss själva och våra husdjur med mat. Under den tidsperioden har växterna *förädlats* vilket innebär att växtens genetiska komposition har ändrats så att deras egenskaper passar våra behov. Förädlingen av vilda växter startade genom *urval* när våra förfäder sådde frön från vilda växtindivider med, för människan, gynnsamma egenskaper. De genvarianter som låg bakom gynnsamma egenskaper blev på sikt vanliga och på så sätt formades *domesticerade* grödor.

Bland de första egenskaper som blev vanliga hos odlade växter till följd av ett mänskligt urval var oförmågan att dräsa. En växt som dräsar släpper sina mogna frön till marken (eller i vinden) så att de kan spridas. Det är en avgörande egenskap för växtens fortplantning men sämre egenskap för människan som vill skörda växtens frön.

När en spontan mutation uppstod som förhindrade en växt att dråsa togs den tillvara och odlades vidare. Idag syns resultatet av det mänskliga urvalet på fälten som vajande ax fyllda av frön av till exempel havre, korn, vete och råg. Urvalsmetoden var dominerande fram till 1900-talet.



Från samma art kål (*Brassica oleracea*) som finns i mitten av bilden har många olika sorter tagits fram med hjälp av växtförädling till exempel kålrabbi, broccoli, blomkål, brysselkål och vitkål

4.2.2 Traditionell mutationsförädling

Under första halvan av 1900-talet upptäckte växtförädlare att antalet nya mutationer och nya egenskaper som uppstår kan mångfaldigas om växterna utsätts för strålning eller mutagena ämnen. Det kom att kallas för mutationsförädling och en rad grödor vi odlar idag har tagits fram på detta sätt. Den här formen av mutationsförädling används fortfarande, oftast med det mutagena ämnet etylmetansulfonat (EMS).

4.2.3 Klassisk genetisk modifiering

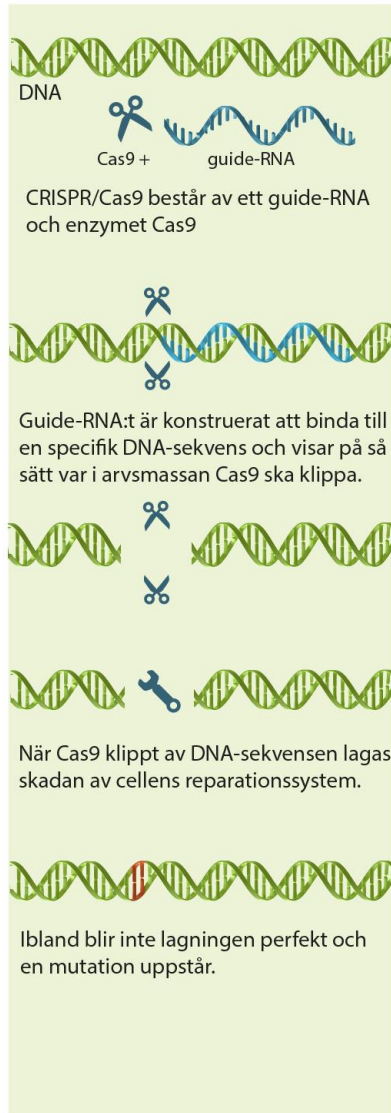
En växt kan få en ny egenskap genom att nytt DNA, till exempel en gen, förs in i växtens arvs massa. Den nya genen kan ha sitt ursprung i en annan växtindivid av samma eller korsningsbar art, eller en helt annan art. Det kallas för *cisgen* respektive *transgen* klassisk genetisk modifiering. Eftersom DNA är uppbyggt på samma sätt i alla arter, kan en gen som finns i en bakterie föras in i en potatis och där bli en del av potatisens arvs massa. Väl på plats i potatisens arvs massa kan den nya genen översättas till ett protein, på samma sätt som potatisens egna gener. Att tillämpa genteknik på det här sättet har fått genomslag inom vissa industrier till exempel inom läkemedelstillverkning men används även inom växtförädling. Klassisk genetisk modifiering har använts inom växtförädling sedan 1980-talet och på 1990-talet började de första produkterna godkännas för försäljning. Den första växten som kommersialiserades var en tomat med fördröjd mognad som godkändes i USA 1994. Av jordens totala odlingsareal odlas idag genetiskt modifierade växter på ungefär tolv procent.⁵

4.2.4 Mutationsförädling med gensax

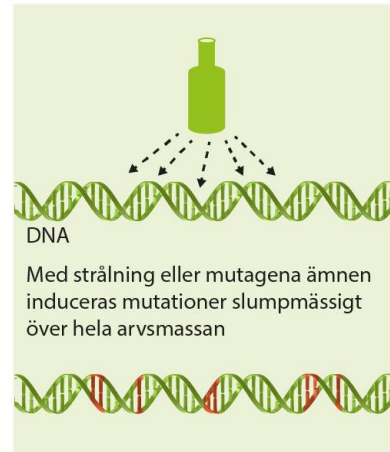
De senaste decennierna har en ny typ av genteknik utvecklats som kallas för genomredigering. Det utförs med verktyg som populärt kallas för gensaxar. Med en gensax kan en växts egenskaper ändras utan att nytt DNA förs in i dess arvs massa. Istället ändras växtens befintliga DNA genom att mutationer induceras på en utvald plats i arvs massan, exempelvis i en gen. Gensaxar kan användas på olika sätt men i den här rapporten ligger fokus på användningsområdet där inget nytt DNA tillförs växten. Den mest använda och välkända gensaxen heter CRISPR/Cas9. Växtförädling med gensaxar är en form av modern mutationsförädling där nya mutationer framkallas som leder till nya egenskaper hos växten. Till skillnad mot traditionell mutationsförädling går en gensax att styra så att en mutation induceras på en förutbestämd plats i växtens arvs massa. Det uppstår en *riktad* mutation. Med traditionell mutationsförädling uppstår miljontals mutationer slumpmässigt över hela arvs massan när växten utsätts för mutagena ämnen eller strålning.

⁵ The International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA) *Global status of commercialized biotech/GM crops in 2019* (2020).

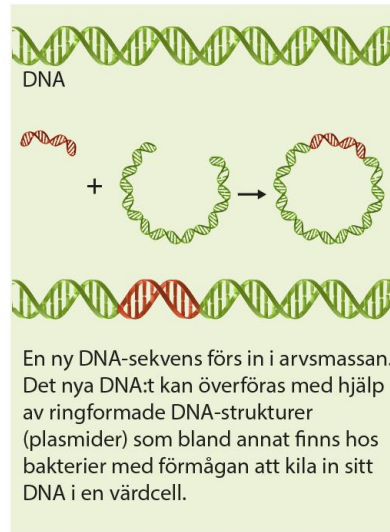
Genomredigering



Traditionell mutationsförädling



Klassisk genetisk modifiering



Tre olika växtförädlingstekniker som används för att ta fram växter med nya egenskaper.

4.3 Lagstiftning

4.3.1 En genetiskt modifierad växt godkänd för odling inom EU

En växt som förädlats med en gensax regleras i dagsläget som en genetiskt modifierad organism (GMO), även om inget nytt DNA tillförts växten. Allt arbete med GMO regleras i lagstiftning, vare sig det gäller arbete på laboratorium eller i växthus, försök i miljön eller kommersiell användning. För att en produkt som består av, innehåller eller är framställd av GMO ska få användas kommersiellt krävs ett godkännande på EU-nivå. Beslut om godkännande tas efter omröstning bland medlemsstaterna. För att det ska bli ett ja eller nej till en viss GMO krävs att 55 procent av medlemsstaterna är överens, och att dessa stater företräder minst 65 procent av EU:s sammanlagda befolkning.

Mellan åren 1998 och 2004 rådde ett så kallat *de facto* moratorium inom EU. Det innebar att inga ansökningar om marknadsgodkännande behandlades under den perioden. Sedan dess har medlemsstaterna aldrig nått kvalificerad majoritet varken för ja eller nej till en genetiskt modifierad växt. Den enda växt som är godkänd för odling är en fodermais med inbyggd motståndskraft mot skadegöraren majsmott. Majsen godkändes 1998 och odlas i Spanien och Portugal.

4.3.2 Vilka tekniker leder till en GMO?

I den EU-gemensamma lagstiftningen beskrivs vilka tekniker som resulterar i en GMO, vilka som inte gör det och vilka tekniker som resulterar i en GMO men undantas reglering. Beskrivningarna är över 30 år gamla och sedan dess har utvecklingen inom det gentekniska området gått snabbt. Det har lett till oklarheter om modernare gentekniker resulterar i en reglerad GMO eller inte. En av de tekniker som enligt lagstiftningen resulterar i en GMO, men undantas reglering är mutagenes. När frågan om hur termen *mutagenes* ska tolkas ställdes till EU-domstolen, meddelade den i juli 2018 att det bara är växter som tagits fram med tekniker som fanns när nuvarande direktiv trädde i kraft som kan undantas reglering. Till dessa hör traditionell mutationsförädling som använts i cirka hundra år för att framkalla nya mutationer med strålning eller mutagena ämnen. Växter som förädlats med hjälp av modernare tekniker som CRISPR/Cas9 ska enligt EU-domstolens klargörande regleras som en GMO.

Det faktum att EU-domstolen betraktar en genomredigerad växt som en klassisk GMO kan få negativa konsekvenser för handeln eftersom flera länder utanför EU inte reglerar genomredigerade växter som genetiskt modifierade. Den EU-gemensamma lagstiftningen går heller inte att följa eftersom den innefattar ett krav på märkning och spårbarhet av produkter som innehåller GMO. Det beror på att det inte går att avgöra om en viss mutation har uppkommit via genomredigering med en gensax, spontant, eller via traditionell mutationsförädling. I ljuset av EU-domstolens dom i juli 2018 genomförde EU-kommissionen på uppdrag av Europeiska unionens råd en studie som presenterades i april 2021 och en inledande konsekvensanalys i september. Kommissionens slutsats är att nuvarande lagstiftningen inte längre är ändamålsenlig och i behov av anpassning till vetenskapliga och tekniska framsteg. Förslag till reviderad lagstiftning är planerat till andra kvartalet 2023.

5. Ordlista

Nyckelord	Förklaring
Cell	Cellen kan ses som livets minsta enhet. Det finns organismer som består av en enda cell, t.ex. bakterier och amöbor. Flercelliga organismer, som djur och växter, består av mängder av celler som måste kommunicera med varandra
DNA	Det genetiska materialet som finns i cellerna hos alla levande organismer. DNA är en förkortning av engelskans deoxyribonucleic acid och består av långa sekvenser av nukleotider som förkortas A, T, C och G. Kromosomerna är uppbyggda av DNA
Arvsmassa	Den totala mängden DNA i en cell. Kallas också genom.
Gen	En bit av arvsmassan. En gen kan vara en ritning för hur ett protein ska konstrueras, men det finns också gener som ger upphov till RNA som inte översätts till ett protein.
Mutation	Förändring i DNA-sekvensen. Kan uppstå spontant vid ett kopieringsfel under en celledelning eller induceras av omgivande faktorer. Mutationer är en förutsättning för evolutionen.
Mutagenes	Framkallandet av mutationer
Mutagena ämnen	Kemiska substanser som framkallar mutationer.
Genvariant	En av två eller flera varianter av en viss gen. Kallas också allel. Olika genvarianter kan till exempel resultera i olika blodgrupper eller olika färger på en blommas kronblad.
Domesticering	De genetiska förändringar en vild djur- eller växtart genomgår när den via mänsklig påverkan blir mer eller mindre beroende av människan. Medan evolutionen bygger på det naturliga urvalet är domesticering ett mänskligt urval. Husdjur och grödor är domesticerade.
Växtförädling	De genetiska förändringar som människor har gjort, och fortfarande gör, för att växtens egenskaper ska passa våra behov.

Resistens	Motståndskraft. En viss växtsort kan till exempel vara resistent mot en viss skadegörare som ett virus. Det gör att växten klarar ett angrepp från viruset.
Genomredigering	Teknik som skapar riktade förändringar i arvsmassan. De verktyg som används kallas populärt för gensaxar och inkluderar CRISPR/Cas9 och TALEN. Kallas också genredigering eller geneditering.
CRISPR/Cas9	Ett verktyg för genomredigering som kan användas för att skapa riktade mutationer i arvsmassan. Kallas populärt för gensax. CRISPR/Cas9 är ett komplex bestående av enzymet Cas9 som klipper itu DNA-spiralen och ett guide-RNA som innehåller information om var i DNA-spiralen klippet ska ske. När cellen lagar klippet kan en ny mutation uppstå.