

**SAMMANFATTNING -
ansökan om utsättning
av genetiskt
modifierade högre
växter (angiospermae
och gymnospermae)**

Skickas till:
genteknik@jordbruksverket.se

A. ALLMÄNNA UPPGIFTER

A.1. Ansökningsuppgifter

a) Ansökningsnummer – fylls i av Jordbruksverket

b) Datum för mottagande av ansökan – fylls i av Jordbruksverket

c) Projektets namn

Potatis med minskad susceptibilitet för patogener. Potatis med minskad halt antinutritionella ämnen. Potatis med ökad stärkelsehalt samt skräddarsydd stärkelsekvalitet..

d) Planerad utsättningsperiod

2025-2029. Odlingssäsongen är ca 10 april - 15 November.

A.2. Sökanden (företag, institution eller motsvarande)

Namn

SolEdits AB

Mariette Andersson Mariette.andersson@soledits.com

A.3. Planerade utsättningar på annat håll

Planeras samma utsättning av genetiskt modifierade växter på annat håll inom eller utanför EU och av samma sökande?

Nej

Om "Ja", ange landskod(er)

A.4. Tidigare ansökningar på annat håll

Har samma sökande ansökt om utsättning av samma genetiskt modifierade växt på annat håll inom eller utanför EU?

Nej

Om "Ja", ange landskod(er)

B. INFORMATION OM DEN GENETISKT MODIFIERADE VÄXTEN

B.1. Mottagar- eller moderväxtens identitet

a) Familj

Solanaceae

b) Släkte

Solanum

c) Art

tuberosum

d) Underart (i förekommande fall)

tuberosum

e) Växsort/förädlingslinje (i förekommande fall)

Kuras, Allstar, Desiree, Fyone, Ydun, Fontane, Colomba, Pollux

f) Vedertaget namn

Potatis

B.2. Redogörelse för de egenskaper som införts eller modifierats, inbegripet markörgener och tidigare modifieringar

Potatis med förändrad stärkelsekvalitet

Stärkelse består nativt av två olika komponenter, amylos och amylopektin. De båda molekylerna är uppbyggda av glukosmolekyler men skiljer sig åt genom att amylopektin är en stor och grenad molekyl medan amylos är en till största delen rak och lång molekyl. De raka kedjorna i stärkelsemolekylerna syntetiseras av stärkelsesyntaser (SS). Ett granulbundet stärkelsesyntas (GBSS) bygger kedjorna som blir amylos medan lösliga stärkelsesyntaser (SSS) bygger kedjor som finns i amylopektin. Grenarna på stärkelsemolekylerna syntetiseras av förgreningsenzym (SBE). SSS finns i olika former (I-VI), och dess funktioner skiljer sig marginellt åt av att de bygger amylopektinkedjor av olika längd. I de potatislinjer ansökan omfattar har GBSS, SSS samt SBE muterats eller aktiverats för att ändra stärkelsehalt samt amylosens och amylopektinets kedjelängd och förgreningsgrad.

En stärkelse med avsaknad av funktionellt GBSS enzym och därmed avsaknad av amylos har egenskaper som i livsmedelsapplikationer ger en lagringsstabil stärkelse. En än högre lagringsstabilitet kan nås med mutation i ett eller ett par av SSS enzymerna. För att uppnå samma lagringsstabila funktion hos nativ stärkelse behöver den kemiskt modifieras. Dessa framtagna linjer skulle minska kemianvändningen inom stärkelseindustrin med 4000-5000 ton kemikalier/år i Sverige. En stärkelse med lägre förgreningsgrad har egenskaper positiva för produktion av bioplast samt ger ett lågt glykemiskt index (GI) i en ev. livsmedelsapplikation.

Stärkelsekvaliteten har i de förädlade linjerna verifierats i växthusodling via exempelvis jodinfärgning och mikroskopering av stärkelsegranuler.

Potatis med minskad halt antinutritionella ämnen

Glykoalkaloider är en form av stressinducerade naturliga gifter i potatis som kan göra knölen otjänlig/farlig som föda. Ett gränsvärde för totala glykoalkaloider (TGA) finns därför fastställt i matpotatis. TGA är även ett problem i stärkelsepotatis, eftersom de anrikas i restprodukter och försvårar en hållbar produktion av protein/fiber ur dessa. Biosyntesen av TGA kan delas in i två kluster, de enzymatiska steg som sker fram till bildandet av kolesterol, och de enzymatiska steg som omvandlar kolesterol till solanin och chakonin. Valda nyckelgener i TGA-biosyntesen har stängts av med genomeditering för att framställa sorter som ger låga halter av de oönskade ämnena (Figur 1, editerade nyckelgenerna ses markerade med röda kryss).

B.2. Redogörelse för de egenskaper som införts eller modifierats, inbegripet markörgener och tidigare modifieringar

Linjer har odlats i växthus och blad- och knölvävnad analyserats. Mutagenes av generna har resulterat i sänkta halter av solanin och chakonin. En sänkning av halten TGA kan leda till en säker konsumtion av matpotatis och från stärkelseindustrin kan det tillgängliggöra en högkvalitativ proteinråvara från en sidoström till livsmedelsindustrin.

Minskad mottaglighet av patogener

Susceptibilitetsgener (S-gener) är gener som gör växten mottaglig för patogenangrepp. Mutationer i dessa mottaglighetsgener kan ge ökad resistens mot sjukdomar genom att se till att växten ej kan bilda produkter som är av vikt för patogenerns infektion och kolonialisering. Mutagenes av S-gener förutspås ge bredare och mer hållbar resistens än införandet av resistensgener som lätt kan brytas. Downey mildew resistance 6 gene (DMR6) är en av många S-gener som har identifierats. Mutationer i DMR6 har visat sig ge ökad resistens mot oomyceter i potatis och tomat samt mjöldagg och bakterieinfektion i tomat. DMR6 tros styra halten salicylsyra, ett växthormon som stimulerar växtens försvar mot biotisk-, och abiotisk stress. Parakletos är en annan S-gene som negativt reglerar immunresponssignalering så som "reactive oxygen signaling (ROS)" och Ca^{2+} -signalering. Tidigare studier där DMR6-1 och Parakletos har inhiberats eller muterats i potatis visar att egenskaperna kan fördröja och minska sjukdomsangrepp, och skulle därmed kunna leda till minskat antalet behandlingar mot sjukdomar i en fältodling, men ger ej en fullständig resistens.

Potatisvirus Y (PVY) är en av de alvarligaste viruspatogen och kan leda till stora skördeförluster om den sprids i en odling. En gen "translation initiation factor (eIF4E)" har visats sig viktig för viruspatogenen och agerar som en värd nödvändig för virusets replikation. Mutationer i genen funna i bl.a. tomat och paprika har visats ge tolerans mot PVY. Genom att mutera genen alternativt härma utseendet av de mutationer som man funnit i andra grödor skulle vi kunna minska virusangreppen och därmed minska behandling mot angrepp och ev. skördeförluster p.g.a. ett angrepp..

B.3. Den genetiska modifieringens art

Sätt kryss efter passande alternativ nedan

- a) Införande av genetiskt material
- b) Avlägsnande av genetiskt material
- c) Basutbyte
- d) Cellfusion
- e) Annat, specificera

Mutagenes via liten Indel, baseditering eller cis-genes

B.4. Om genetiskt material har införts, ange ursprung och den avsedda funktionen för alla beståndsdelar i den sekvens som har införts

Cis genesis of GBSS promoter from solanum tuberosum for tuber specific activation of SSS gene

B.5. Om genetiskt material har avlägsnats eller modifierats, ange de avlägsnade eller modifierade sekvensernas funktion

De mutagenesmetoder som används innefattar DSB och NHEJ som ger mutationer i form av små "indels" på vanligtvis 1-2 bp "insert" eller 1-20 bp "deletions" samt HDR som används för att inducera ett fåtal designade basutbyten eller aktivera gener via cis-genes av en potatispromotor (e.g. GBSS promotor).

Förändrad stärkelsekvalitet och halt

Förändringen avser att mutera eller aktivera generna GBSS, SSS3, SSS2, SSS1, SSS4, SSS5, SSS6, SBE 1 och SBE2 var för sig eller i kombination i befintligt genom. GBSS

B.5. Om genetiskt material har avlägsnats eller modifierats, ange de avlägsnade eller modifierade sekvensernas funktion

syntetiserar stärkelsemolekylen amylos. SSS3 samt SSS2 syntetiserar långa raka amylopektinkedjor. SBE1 och SBE2 syntetiserar förgrening av stärkelsen. SSS1, SSS4, SSS5, SSS6 har en hypotetisk funktion i initiering av stärkelsemolekyler/granuler. Linjerna har genspecifika eller en kombination av mutationer i GBSS, SSS-generna, eller SBE-generna

Minskad halt antinutritionella ämnen

Förändringen avser att mutera generna RMA1H1, SMO1, DWF1, GAME9, DWF7, GAME6, GAME11, GAME4, GAME12 var för sig eller i ett enskilt fall i kombination. Alla gener har en känd eller förmodad roll i TGA-biosyntesen där SMO1, DWF1, DWF7 katalyserar syntessteg fram till kolesterol, och där GAME6, GAME11, GAME4, GAME12 katalyserar syntessteg där kolesterol omvandlas till solanin och chakonin. RMA1H1 och GAME9 kodar för regulatoriska proteiner med en visad eller förmodad roll i regleringen av TGA-gener och andra stress-reglerade gener.

Minskad mottaglighet av patogener

Förändringen avser att mutera DMR6, Parakletos eller eIF4E i befintligt genom. DMR6 och Parakletos är så kallade mottaglighetsgener som redovisats uppregleras vid patogeninfektion och då dämpar växtens immunförsvar mot exempelvis bladmögel. eIF4E är en värdgen för virusreplikation. Naturliga mutationer i eIF4E i grödor som paprika och tomat har visats ge minskad mottaglighet för virusinfektion (PVY). Linjerna kommer ha mutationer i antingen DMR6, Parakletos eller eIF4E, antingen som inducerade indels eller via förändringar som hämmar spontana mutationer som visats motstå virusangrepp.

B.6. Kort beskrivning av de metoder som använts för den genetiska modifieringen

Potatisen har förädlats m.h.a. mutagenes eller cis-genes via användandet av DNA-fri CRISPR-Cas9. Ett nukleas, Cas9, katalyserar dubbelsträngat brott (DSB) av genom som repareras av potatisens eget reparationssystem, "non homologous end joining (NHEJ)" alternativt "homologous directed repair (HDR)". Vid vissa tillfällen uppstår små genetiska förändringar åstadkomna av NHEJ- eller HDR-reparationen bestående av "indels" eller basutbyten. HDR har även använts för infogning av DNA från potatisens eget genom (s.k. cis-genes) i form av promotorsekvens för aktivering av gen. Cas9 har guidats till intressegenen via RNA guide. Alla förändringar faller inom EU kommissionens lagförslag definierat som NGT kategori 1 plantor.

B.7. Om mottagar- eller moderväxten är en skogsträdart, ange spridningsvägar och spridningens omfattning samt redogör för särskilda faktorer som påverkar spridningen

Ej applicerbart

C. UPPGIFTER OM FÖRSÖKSUTSÄTTNINGEN

C.1. Utsättningens syfte, t.ex. agronomiska ändamål, hybridiseringsförsök, ändrad överlevnads- eller spridningsförmåga, test avseende effekter på mål- eller icke-målorganismer

Syftet med utsättningen av genomiterad potatis är att;

- Studera eventuella morfologiska avvikelser som eventuellt kan uppstå via somatiska förändringar som en följd av in-vitro odling.

C.1. Utsättningens syfte, t.ex. agronomiska ändamål, hybridiseringsförsök, ändrad överlevnads- eller spridningsförmåga, test avseende effekter på mål- eller icke-målorganismer

- Studera linjernas avkastning och de mogna knölarnas stärkelsehalt då detta inte är möjligt i växthus.
- Studera linjernas mottaglighet för biotisk och abiotisk stress.
- Extrahera stärkelse från knölna för vidare användning vid olika applikationsstudier.

Långsiktiga mål är sortprovning och marknadsföring.

C.2. Utsättningsplatsens lokalisering

Försöksplatser som kan vara aktuella ligger i samtliga kommuner i Skåne och Blekinge.

C.3. Platsens storlek (m²)

Försöket med potatis kommer sammanlagt ej överstiga 500 ha.

C.4. Relevanta uppgifter om eventuella tidigare utsättningar av samma genetiskt modifierade växt, särskilt avseende potentiell inverkan på miljön och människors hälsa

Potatis med förändrad stärkelsekvalitet framtaget med genomeditering har odlats i fältförsök sedan 2017. Ingen ökad risk för hälsa eller miljö har identifierats under fältförsöken. Annan potatis (Eliane) med avsaknad av amylos framtagen med mutagenes odlas kommersiellt och dess stärkelse marknadsförs av AVEBE. Eliane är undantaget GM-reglering. Genediterade linjer med minskad glykoalkaloidhalt och minskad susceptibilitet tekniker har odlats under 2-5 års fältförsök tidigare. Samtliga egenskaper med traditionell GMO teknik har odlats i fält tidigare. Ingen ökad risk för hälsa eller miljö har identifierats under fältförsöken.

D. SAMMANFATTNING AV DEN POTENTIELLA INVERKAN PÅ MILJÖN AV UTSÄTTNINGEN AV DE GENETISKT MODIFIERADE VÄXTERNA

Sammanfattningen ska vara i enlighet med bilaga 1, D2 till förordningen (2002:1086). Ange särskilt huruvida de införda egenskaperna direkt eller indirekt kan medföra selektiva fördelar i en naturlig miljö och redogör för eventuella betydande förväntade miljöfördelar

De modifierade knölna förutspås ej ge någon ökad överlevnadsförmåga.

Tidigare studier av potatis med avsaknad av amylos, minskad eller ökad kedjelängd samt minskad förgreningsgrad av stärkelsen har visat att modifieringen ej har någon påverkan på knölar och frön.

Potatisknölar med minskad halt glykoalkaloider kan spekuleras ge en ökad känslighet för biotisk stress. Ingen ökad överlevnadsförmåga förväntas.

Potatisknölar med minskad mottaglighet av patogener förväntas ge en minskad påverkan av biotisk stress under tidig odlingssäsong. Linjerna har inte full resistens utan en minskad och fördröjd infektion. Då potatis i konventionella odlingar besprutas mot patogener,

Sammanfattningen ska vara i enlighet med bilaga 1, D2 till förordningen (2002:1086). Ange särskilt huruvida de införda egenskaperna direkt eller indirekt kan medföra selektiva fördelar i en naturlig miljö och redogör för eventuella betydande förväntade miljöfördelar

förväntas ingen skillnad i överlevnad jämfört med potatis från dessa odlingar där patogeninfektioner förhindras under säsongen.

Då potatis är mycket köldkänslig har linjerna ingen stor konkurrenskraft utanför odlingssäsongen.

Inga skillnader jämfört med modersort vad gäller reproduktionssätt eller reproduktionstakt har kunnat detekteras under växthusförsök. Potatisarna antas inte ge någon ändrad pollenproduktion, fröstorlek, groningsegenskap eller någon annan egenskap som ändrar spridning eller reproduktion.

Inga nya ämnen antas utsöndras från växterna då inget nytt främmande genetiskt material förts in. I linjer med minskad halt antinutritionella ämnen förväntas nivåerna av de toxiska ämnena solanin och chakonin vara lägre än hos modersorterna. I övrigt förväntas inga nivåer av toxiska eller allergiframkallande ämnen skilja sig från modersorterna.

E. VIDTAGNA ÅTGÄRDER

Kort redogörelse för eventuella åtgärder som ska vidtas av sökanden för att kontrollera riskerna, inbegripet åtgärder för att begränsa spridning, t.ex. förslag avseende övervakning, även efter skörd

För att minimera spridning av pollen till annan odlad potatis (enligt litteraturen är avståndet för spridning av potatispollen maximalt ett tiotal meter) (OECD, 1997), kommer ett skyddsavstånd på 20 m tillämpas. Honungsbin (*Apis mellifera*) är inga pollinatörer av potatis, då potatisblommor ej innehåller nektar (OECD, 1997). Potatispollen antas därför ej spridas via pollinatörer, t.ex. till biodlingar.

Rengöring av maskiner, verktyg och transportfordon kommer att ske efter sättnings och skörd.

Ingen potatis kommer odlas på försöksytan påföljande år. Näst på följande odling kommer ske på sådant sätt att ingen del av potatisen kan komma in i livsmedels- eller foderkedjan.

Försöket kommer att inspekteras av ansvariga odlare minst en gång varannan vecka. Behovsbedömning görs gällande skydd mot sjukdomsangrepp och viltangrepp.

Potatisarna förväntas inte utgöra en miljörisk. Om nödsituation trots allt skulle uppstå, kommer linjerna elimineras mekaniskt eller med herbicider.

F. PLANERADE FÄLTFÖRSÖK ANGÅENDE UTSÄTTNINGENS INVERKAN PÅ MILJÖ OCH HÄLSA

Sammanfattning av planerade fältförsök i syfte att få fram nya uppgifter om utsättningens inverkan på miljön och människors hälsa (i förekommande fall)

Ej applicerbart