

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

GUSTAVO HENRIQUE ALVES DOS SANTOS

**REGIÕES DE DESORDEM EM PROTEÍNAS DE POTYVÍRUS E SUA
RELAÇÃO COM RECOMBINAÇÃO GENÔMICA**

UBERLÂNDIA-MG

JULHO/2019

GUSTAVO HENRIQUE ALVES DOS SANTOS

**REGIÕES DE DESORDEM EM PROTEÍNAS DE POTYVÍRUS E SUA
RELAÇÃO COM RECOMBINAÇÃO GENÔMICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Alison Talis Martins Lima

UBERLÂNDIA-MG

JULHO/2019

GUSTAVO HENRIQUE ALVES DOS SANTOS

**REGIÕES DE DESORDEM EM PROTEÍNAS DE POTYVÍRUS E SUA
RELAÇÃO COM RECOMBINAÇÃO GENÔMICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Alison Talis Martins Lima

Prof. Dr. Flávio Tetsuo Sasaki
Examinador

MSc. Ivair José de Moraes Júnior
Examinador

Prof. Dr. Alison Talis Martins Lima

Orientador

UBERLÂNDIA-MG

JULHO/2019

AGRADECIMENTOS

Aqui se conclui mais uma etapa de minha vida, mais um processo atingindo um ponto de plenitude. Por isto, devo agradecer ao Prof. Dr. Alison Talis Martins Lima, seu excelente acompanhamento durante toda essa minha caminhada, que serviu de inspiração profissional e pessoal, dando exemplo de responsabilidade, comprometimento e amizade. Por ele foi idealizado o grupo de estudos PROVIRUS onde também pude aprofundar meus conhecimentos sobre biotecnologia, virologia e encontrar companheiros nesta jornada do aprendizado.

Os agradecimentos também serão direcionados à empresa júnior CONTEAGRO, e seus membros. Pois durante minha passagem pela universidade, se fez presente em todos os momentos e propiciou um desenvolvimento pessoal, me fornecendo experiências que lapidaram meu relacionamento, além de despertar minha visão crítica e pensamento empreendedor acerca do agronegócio.

Além disto, agradeço aos meus pais, aqueles que contribuíram a todos os momentos e apoiaram cada decisão tomada. Seres que me aceitaram como filho e serão eternamente homenageados por mim. Por meio deles, eu tenho a oportunidade da vida e por meio deles, pude encontrar com meu Mestre, Dr. Celso Charuri que me mostrou um Novo Mundo e os princípios que o construirá.

RESUMO

A recombinação é um importante mecanismo evolutivo que contribui para os altos níveis de variabilidade genética em populações de vírus. O mecanismo refere-se à troca de segmentos de DNA ou RNA entre vírus distintos durante o ciclo de replicação no hospedeiro. A recombinação está frequentemente envolvida na emergência de vírus com novidades evolutivas, como a capacidade de infectar novos hospedeiros ou suplantam a resistência genética de plantas. Estudos sobre a evolução viral indicam que genomas de potyvírus apresentam propensão à ocorrência de recombinação, um fator que explica, pelo menos em parte, o elevado nível de variabilidade genética de suas populações. Porém, nenhum estudo correlacionou a maior propensão à recombinação em regiões codificadoras específicas dos genomas com as características bioquímicas e/ou estruturais de suas proteínas expressas. Sabe-se que os genomas virais codificam proteínas que não possuem uma estrutura tridimensional bem definida, as chamadas proteínas intrinsecamente desordenadas. Estas proteínas podem exercer diferentes funções durante a replicação viral e é possível identificar *in silico* regiões proteicas propensas à desordem. O objetivo deste estudo foi verificar se as regiões mais propensas à desordem nas proteínas virais se sobrepõem às regiões genômicas com maiores níveis de recombinação. Para isto, conjuntos de dados de espécies de potyvírus apresentando “hotspots” de recombinação foram obtidos a partir do Genbank. As proteínas codificadas pelos genomas virais foram analisadas para o nível de desordem intrínseca por meio do programa IUPred2a e os resultados foram comparados com aqueles provenientes de análises de detecção de recombinação de um estudo conduzido previamente. Os resultados obtidos neste estudo sugerem que não há colocação estrita entre regiões proteicas de desordem intrínseca e “hotspots” de recombinação nos genomas de potyvírus.

Palavras-chave: Proteínas intrinsecamente desordenadas, evolução, recombinação, potyvírus

ABSTRACT

Recombination is an important evolutionary mechanism that contributes to the high levels of genetic variability in virus populations. The mechanism refers to the exchange of DNA or RNA segments between distinct viruses during the replication cycle in the host. Recombination is often involved in the emergence of viruses with evolutionary novelties, such as the ability to infect new hosts or overcome the genetic resistance of plants. Studies on virus evolution indicate that potyvirus genomes presents a recombination-prone nature, a factor that explains, at least in part, the high level of genetic variability of their populations. However, no study has correlated the high propensity to recombination in specific coding regions of their genomes with biochemical and/or structural features of their protein products. It is known that virus genomes encode proteins without a well-defined three-dimensional structure, the so-called intrinsically disordered proteins. These proteins may play different roles during virus replication and it is possible to identify *in silico* disorder-prone protein regions. The objective of this study was to verify if disorder-prone protein regions overlap to the genomic regions showing high levels of recombination. For this, potyvirus species data sets showing recombination hotspots were retrieved from Genbank. The proteins encoded by viral genomes were analyzed for intrinsic disorder levels using the program IUPred2a and the results were compared to those from recombination detection analyses from a previous study. The results obtained in this study suggested that there is no a strict colocalization between intrinsically disordered protein regions and recombination hotspots in genomes of potyviruses.

Keywords: Intrinsically disordered proteins, evolution, recombination, potyvirus

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 8 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 9 |
| 2.1 O gênero <i>Potyvirus</i> | 9 |
| 2.2 Evolução de vírus de RNA | 10 |
| 2.3 Proteínas intrinsecamente desordenadas | 11 |
| 3. METODOLOGIA..... | 12 |
| 3.1 Obtenção de genomas de potyvírus e preparo dos conjuntos de dados..... | 12 |
| 3.2 Alinhamentos múltiplos e obtenção de sequências consenso..... | 12 |
| 3.3 Determinação da sequência genômica mais similar à sequência consenso..... | 12 |
| 3.4 Estimativa <i>in silico</i> dos níveis de desordem intrínseca em proteína virais | 13 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 14 |
| 4.1 Sobreposição de sítios de recombinação e regiões de desordem intrínseca em proteínas do TuMV..... | 14 |
| 4.2 Sobreposição de sítios de recombinação e regiões de desordem intrínseca em proteínas do SCMV | 14 |
| 4.3 Sobreposição de sítios de recombinação e regiões de desordem intrínseca em proteínas do PVY | 15 |
| 5. CONCLUSÕES..... | 17 |
| 6. REFERÊNCIAS | 18 |

1. INTRODUÇÃO

A família *Potyviridae* é dividida em oito gêneros: *Brambivirus*, *Bymovirus*, *Ipomovirus*, *Macluravirus*, *Poacevirus*, *Potyvirus*, *Rymovirus* e *Tritimovirus*. Dentre estes, o gênero *Potyvirus* contém o maior número de espécies e causam grandes prejuízos em culturas de importância econômica. Os potyvírus possuem genomas de RNA de fita simples com aproximadamente 10.000 nucleotídeos e são encapsidados em partículas alongadas e flexuosas de 680 a 900 nm de comprimento (WYLIE et al., 2017).

Durante o processo de replicação, os genomas virais podem sofrer alterações, como mutações e recombinações. Estes mecanismos resultam no aumento da variabilidade genética da população que será submetida à seleção natural (ROOSSINCK, 1997, 2008). A recombinação é um mecanismo evolutivo caracterizado pela troca de segmentos de genomas de vírus durante infecções mistas. Sua ocorrência pode resultar em mudanças adaptativas do patógeno, tal como a ampliação de sua gama de hospedeiros ou até mesmo a suplantação da resistência genética de plantas (FENG et al., 2014). Diversas pesquisas têm sido conduzidas no sentido de se detectar sítios frequentes e não frequentes de recombinação em genomas de vírus que infectam plantas (DESBIEZ; LECOQ, 2004; LEFEUVRE et al., 2009; REVERS et al., 1996). Estudos acerca deste tema visam compreender melhor a evolução dos vírus para adoção de estratégias mais duráveis de resistência genética em condições de campo.

Após a penetração do potyvírus na célula vegetal, há a desencapsidação do genoma viral e a tradução do RNA viral em uma poliproteína de aproximadamente 345 KDa. Após a tradução, a poliproteína dá origem a aproximadamente 10 proteínas maduras por meio de autoproteólise. As proteínas virais então assumem conformações tridimensionais necessárias à execução de suas atividades biológicas (KING et al., 1996; WYLIE et al., 2017). Por outro lado, algumas proteínas virais podem, em condições naturais, não assumir uma conformação tridimensional bem definida, estática. Proteínas com estas características são chamadas de intrinsecamente desordenadas. Essas proteínas podem ter suas funções alteradas como consequência da mudança conformacional, atuando em outras etapas necessárias à infecção viral (TOMPA, 2005).

Esse trabalho buscou verificar se há sobreposição entre sequências virais codificadoras propensas à recombinação com regiões proteicas apresentando desordem intrínseca.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O gênero *Potyvirus*

Vírus pertencentes ao gênero *Potyvirus* são responsáveis por grandes perdas agronômicas em todo o mundo. Este gênero é o mais numeroso da família *Potyviridae*, que conta ainda com outros sete gêneros (*Brambyvirus*, *Bymovirus*, *Ipomovirus*, *Macluravirus*, *Poacevirus*, *Rymovirus* e *Tritimovirus*) definidos de acordo com o número de segmentos genômicos, tipo de inseto vetor e relacionamento filogenético (KING et al., 1996; WYLIE et al., 2017).

Muitos potyvírus apresentam gama de hospedeiros restrita, como o *Sunflower chlorotic mottle virus* (MARITAN; GASPARGO; CAMARGO, 2004), porém são também encontrados potyvírus que infectam diversas espécies de plantas pertencentes à várias famílias botânicas distintas (KING et al., 1996). Os potyvírus são transmitidos por afídeos de maneira não persistente, porém alguns são ineficientemente transmitidos por estes vetores como alguns isolados de *Tobacco vein mottling virus* (ATREYA; RACCAH; PIRONE, 1990). Os potyvírus também podem ser transmitidos via sementes infectadas. O *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) é transmitido de maneira não persistente por pulgões e também via sementes infectadas de abóbora (TÓBIÁS; PALKOVICS, 2003).

O genoma dos potyvírus é constituído por uma única fita simples de RNA com aproximadamente 10.000 nucleotídeos. Estes são encapsidados em partículas alongadas e flexuosas com comprimentos variando de 680 a 900 nm. O processo de tradução do genoma viral resulta em um poliproteína que, por meio de autoproteólise, gera aproximadamente dez proteínas maduras (P1, HC-Pro, P3, 6K1, CI, 6K2, VPg, NIa-Pro, NIb, CP), que atuarão em diferentes etapas do ciclo de infecção viral (WYLIE et al., 2017).

Das proteínas codificadas pelos potyvírus, a P1 é a menos conservada em termos de sequência primária e apresenta um papel relevante no processo de adaptação viral a novos hospedeiros (VALLI; LOPEZ-MOYA; GARCIA, 2007). A HC-Pro (Helper Component-Protease) atua na supressão do silenciamento gênico, movimento do vírus na planta e transmissão por afídeos. A proteína P3 participa da replicação viral e parece influenciar na gama de hospedeiros do vírus e no desenvolvimento de sintomas (KING et al., 1996; WYLIE et al., 2017).

A proteína CI possui atividade de helicase e se acumula na forma de inclusões no citoplasma das células infectadas. A 6K2 trata-se de uma pequena proteína responsável por ancorar o complexo de replicação ao retículo endoplasmático. A VPg é covalentemente ligada à extremidade 5' do genoma e exerce um importante papel durante a tradução do RNA viral, pois interage com uma ou várias isoformas do fator de iniciação da tradução eIF4E. A NIa-Pro é a principal protease codificada pelos genomas dos potyvírus e forma uma inclusão localizada no núcleo de células infectadas (ADAMS; ANTONIW; BEAUDOIN, 2005). A NIb também forma uma inclusão presente no núcleo de células infectadas e tem a função de RNA polimerase dependente de RNA (replicase viral). Por fim, a proteína CP é responsável pela encapsidação do genoma viral e também atua no movimento do vírus no interior da planta hospedeira (KING et al., 1996; WYLIE et al., 2017).

2.2 Evolução de vírus de RNA

A ocorrência de mudanças no genoma de um dado indivíduo pode ser vantajosa, resultando em uma maior capacidade adaptativa frente às adversidades impostas pelo ambiente. O rápido surgimento de novas variantes virais é resultado, principalmente, dos mecanismos de evolução denominados mutação e recombinação (ROOSSINCK, 2003, 2008). O mecanismo de mutação refere-se aos erros de incorporação de nucleotídeos no genoma viral durante o processo de replicação. A recombinação caracteriza-se pela troca de segmentos de genomas entre vírus distintos durante as infecções mistas (GARCIA-ARENAL; FRAILE; MALPICA, 2003; VALLI; LOPEZ-MOYA; GARCIA, 2007).

A recombinação em populações de potyvírus é responsável pelo aumento da variabilidade genética, pois gera novas combinações genômicas que podem ser mais adaptadas se comparadas aos genomas dos vírus parentais. As consequências da evolução viral por recombinação são relevantes para a população do hospedeiro, visto que podem envolver a suplantação da resistência genética de plantas ou mesmo na expansão da gama de hospedeiros (FENG et al., 2014; PADHI; RAMU, 2011). Um dos métodos de controle mais eficiente contra as viroses vegetais é o uso de variedades resistentes, porém a alta variabilidade das populações virais pode reduzir significativamente a durabilidade da resistência genética (HERRERA et al., 2018).

Trabalhos recentes indicam a existência de regiões nos genomas de diversos vírus que são naturalmente mais propensas à recombinação (“hotspots” de

recombinação). Por outro lado, há também regiões genômicas pouco propensas à ocorrência de recombinação (“coldspots” de recombinação) (LEFEUVRE et al., 2009).

2.3 Proteínas intrinsecamente desordenadas

As proteínas são formadas por um conjunto de aminoácidos unidos por ligações peptídicas durante o processo de tradução, onde posteriormente adotam uma conformação tridimensional definida. Proteínas que não possuem uma conformação tridimensional estável em condições naturais e biológicas são chamadas de proteínas intrinsecamente desordenadas (DYSON; WRIGHT, 2005).

Embora não haja uma conformação estática, estas proteínas possuem diversas funções fisiológicas e desempenham papéis fundamentais nos organismos. Estudos têm sido conduzidos com o intuito de se estimar os níveis de desordem intrínseca em proteínas codificadas por vírus (CHARON et al., 2016; WALTER et al., 2019).

O proteoma de vírus que possuem genomas de RNA, como os potyvírus, também inclui proteínas com regiões de desordem, principalmente na VPg, que está envolvida em interações entre o vírus e seu hospedeiro por meio do fator de iniciação da tradução da célula hospedeira (WALTER et al., 2019). Regiões intrinsecamente desordenadas em proteomas virais podem conferir vantagens biológicas, por conferir certa flexibilidade na estrutura proteica necessária para as interações entre as proteínas virais e com diferentes fatores do hospedeiro durante a infecção. Nesse contexto, avaliar regiões de proteínas intrinsecamente desordenadas pode auxiliar a entender melhor a interação vírus-hospedeiro (CHARON et al., 2016).

3. METODOLOGIA

3.1 Obtenção de genomas de potyvírus e preparo dos conjuntos de dados

Genomas completos de isolados representando três espécies distintas de potyvírus (*Turnip mosaic virus*, TuMV; *Sugarcane mosaic virus*, SCMV e *Potato virus Y*, PVY) foram obtidos do GenBank em abril de 2018 por meio do Taxonomy Browser (www.ncbi.nlm.nih.gov) (Anexos). O conjunto de dados referente TuMV foi composto por sequências de 495 isolados, enquanto que o conjunto de dados referente ao SCMV foi composto por sequências de 100 isolados. O conjunto de dados referente ao PVY foi composto por sequências compreendendo um total 258 isolados virais. A escolha desses conjuntos de dados de espécies de potyvírus se deu a partir dos resultados do trabalho conduzido por COUTO (2019), no qual foram encontradas evidências estatisticamente significativas de agrupamento de sítios de recombinação (aqui referidos como “hotspots” de recombinação).

3.2 Alinhamentos múltiplos e obtenção de sequências consenso

Alinhamentos múltiplos de genomas completos foram construídos utilizando-se o programa Muscle (EDGAR, 2004) e manualmente corrigidos no programa MEGA 7 (Molecular Evolutionary Genetics Analysis) (KUMAR; STECHER; TAMURA, 2016). Sequências consenso referentes a cada um dos conjuntos de dados de espécies de potyvírus foram determinadas utilizando-se o programa Jalview (WATERHOUSE et al., 2009). A sequência consenso foi gerada no intuito de se obter uma sequência representativa de cada espécie viral.

3.3 Determinação da sequência genômica mais similar à sequência consenso

Por meio do programa Sequence Demarcation Tool (SDT) (MUHIRE; VARSANI; MARTIN, 2014) foi construída uma matriz de similaridade para cada conjunto de dados, incluindo-se a sequência consenso (item 3.2). A sequência do conjunto de dados que apresentou maior nível de similaridade com a sequência consenso daquele dado conjunto foi escolhida como representativa para as análises subsequentes. Por meio dessa análise, portanto, foi possível selecionar a sequência de um isolado viral “real” que melhor representa cada um dos conjuntos de dados de espécies.

3.4 Estimativa *in silico* dos níveis de desordem intrínseca em proteína virais

O software IUPred2A (MÉSZÁROS; ERDŐS; DOSZTÁNYI, 2018) foi empregado para caracterizar o nível de desordem intrínseca ao longo das proteínas HC-Pro, CI e P3 (de isolados das espécies TuMV, SCMV e PVY, respectivamente). Essas proteínas foram escolhidas devido ao fato de serem codificadas em regiões genômicas propensas à recombinação, conforme resultados das análises conduzidas por COUTO (2019).

O IUPred2A é capaz de identificar regiões intrinsecamente desordenadas em proteínas assumindo um modelo biofísico de baixa resolução de dobramento de proteínas. O programa fornece um escore que varia de 0 a 1, que corresponde à probabilidade que cada parte do genoma em questão faça parte de uma região desordenada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Sobreposição de sítios de recombinação e regiões de desordem intrínseca em proteínas do TuMV

COUTO (2019) conduziram uma análise de detecção de recombinação na qual um total de 168 eventos foi observado ao longo de 495 genomas completos de isolados do TuMV. Um hotspot de recombinação localizou-se na posição do nucleotídeo 2.000 do conjunto de dados alinhado, na região codificadora correspondente à proteína HC-Pro.

Neste estudo, a análise do nível de desordem intrínseca conduzida para a proteína HC-Pro (Figura 1) apontou um predomínio de regiões favoráveis à desordem, principalmente na porção mediana da proteína, que se sobrepõe parcialmente no genoma viral à região onde foi detectado um hotspot de recombinação (COUTO, 2019).

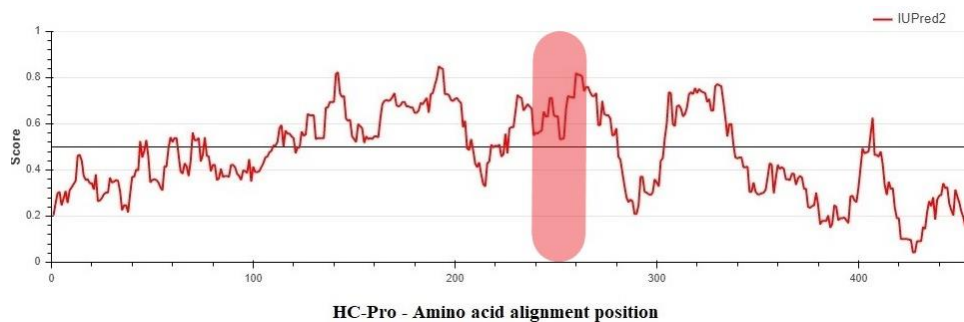


Figura 1. Nível de desordem intrínseca ao longo da sequência primária da proteína HC-Pro do TuMV. A região destacada em vermelho corresponde ao local onde há sobreposição com o hotspot de recombinação conforme observado por COUTO (2019). Os escores indicam a propensão de uma dada região apresentar desordem intrínseca.

4.2 Sobreposição de sítios de recombinação e regiões de desordem intrínseca em proteínas do SCMV

COUTO (2019) contabilizaram um total de 27 eventos de recombinação ao longo de 100 genomas completos de isolados do SCMV. Um hotspot de recombinação foi detectado ao redor da posição do nucleotídeo 4.800 na região codificadora da poliproteína correspondente à posição proteína CI.

Nas análises conduzidas neste estudo, a proteína CI apresentou segmentos curtos com alta propensão à desordem intrínseca (Figura 2). Similar aos resultados observados nas análises conduzidas para o conjunto de dados do TuMV, foi possível verificar uma

sobreposição parcial entre regiões de desordem intrínseca com aquela porção do genoma onde foi detectado um hotspot de recombinação (COUTO, 2019). É importante enfatizar que, embora outras regiões da proteína também tenham apresentado propensão à desordem intrínseca, somente um hotspot foi detectado no genoma viral na posição correspondente à HC-Pro por COUTO (2019).

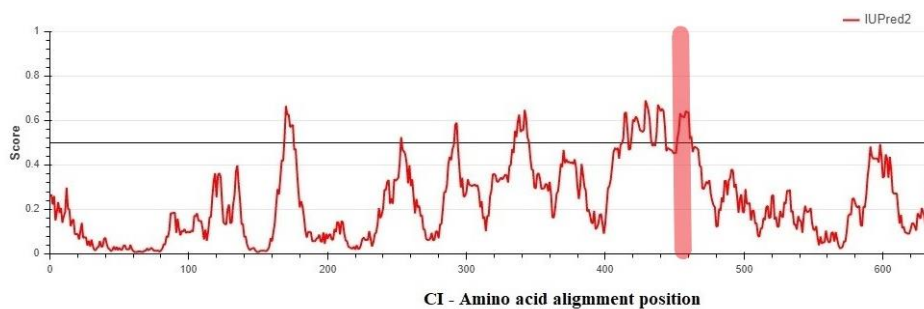


Figura 2. Nível de desordem intrínseca ao longo da sequência primária da proteína CI do SCMV. A região destacada em vermelho corresponde ao local onde há sobreposição com o hotspot de recombinação, conforme observado por (COUTO, 2019). Os escores indicam a propensão de uma dada região apresentar desordem intrínseca.

4.3 Sobreposição de sítios de recombinação e regiões de desordem intrínseca em proteínas do PVY

Análises prévias indicaram a existência de 17 eventos de recombinação ao longo de 358 genomas completos de isolados do PVY. Esses eventos concentraram-se na região ao redor do nucleotídeo 2.430 do conjunto de dados alinhado, na posição correspondente à sequência codificadora da proteína P3 (COUTO, 2019).

Com base na análise do nível de desordem da proteína P3 do PVY, observou-se apenas uma estreita região propensa à desordem intrínseca na porção mediana da proteína (Figura 3). Em contraste aos resultados anteriores, não houve sobreposição entre a região de desordem na proteína P3 e a região onde o hotspot de recombinação foi detectado no genoma viral por COUTO (2019).

HU et al. (2009) sugeriram que estruturas secundárias de RNA e/ou regiões ricas em bases nitrogenadas dos tipos adenina e uracila em algumas regiões do genoma do PVY podem afetar positivamente a ocorrência de eventos de recombinação, mas em geral, elas não foram as características determinantes dos padrões de recombinação nesse vírus. Esses resultados sugerem a existência de outros fatores que podem influenciar a distribuição dos eventos de recombinação ao longo dos genomas virais.

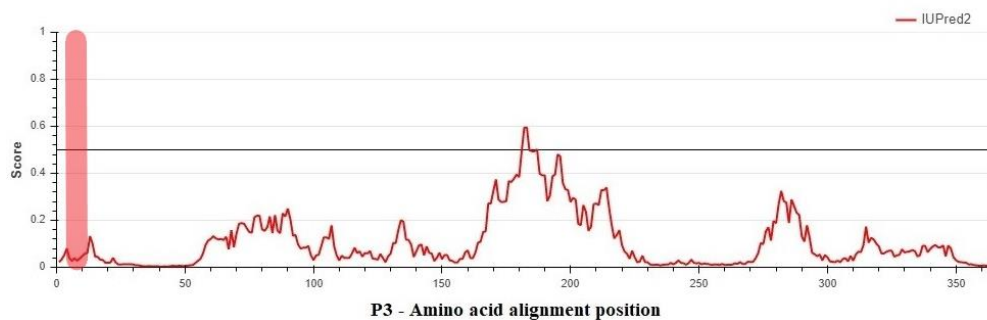


Figura 3. Nível de desordem intrínseca ao longo da sequência primária da proteína P3 do PVY. A região destacada em vermelho corresponde ao local onde há sobreposição com o hotspot de recombinação, conforme observado por COUTO (2019). Os escores indicam a propensão de uma dada região apresentar desordem intrínseca.

CHARON et al. (2016) conduziram estudos para avaliar o nível de desordem em proteínas de vários potyvírus, incluindo aqueles analisados neste estudo. Os resultados corroboraram hipóteses prévias de que regiões apresentando desordem intrínseca são mais tolerantes às mutações do que domínios ordenados. Tais resultados poderiam sugerir que regiões de desordem intrínseca em proteínas codificadas por potyvírus também sejam mais tolerantes à recombinação. Nesse caso, seria razoável supor que as regiões de desordem intrínseca também são alvos frequentes de eventos de recombinação. CHARON et al. (2016) também classificou as proteínas de potyvírus em categorias de acordo com os seus níveis totais de desordem. O primeiro grupo foi composto proteínas com alta propensão à desordem intrínseca (P1, VPg e CP). O segundo grupo apresentou níveis medianos de desordem intrínseca e incluiu as proteínas HC-Pro, P3, P3N-PIPO e CI. Interessantemente, tais proteínas estão envolvidas em várias interações durante o ciclo de replicação viral (KING et al., 1996; WYLIE et al., 2017). Já o terceiro grupo apresentou baixo nível de desordem intrínseca e foi composto pelas proteínas NIa-Pro e NIb.

As sequências codificadoras das proteínas HC-Pro, P3 e CI (pertencentes a isolados das espécies TuMV, PVY e SCMV, respectivamente) foram consideradas como alvos frequentes de recombinação nas análises conduzidas por COUTO (2019). Ao mesmo tempo, elas apresentaram níveis medianos de propensão à desordem em um outro estudo (CHARON et al., 2016). Portanto, mesmo quando os resultados obtidos nesse trabalho são comparados a outros nos quais a propensão à desordem intrínseca em proteínas de potyvírus foi analisada, parece não haver uma forte correlação entre ambos os fatores.

5. CONCLUSÕES

Neste estudo foram observadas sobreposições parciais entre regiões de desordem intrínseca nas proteínas HC-Pro e CI, e hotspots de recombinação em genomas do TuMV e SCMV, respectivamente. Entretanto, o hotspot de recombinação detectado no genoma do PVY por COUTO (2019) foi localizado em uma região equivalente na proteína P3 de baixa propensão à desordem intrínseca.

Esses resultados sugerem, portanto, que não há uma sobreposição estrita entre sítios de recombinação em genomas de potyvírus e regiões proteicas de alta propensão a desordem intrínseca. Porém, é importante enfatizar que neste trabalho foram analisados apenas três conjuntos de dados de espécies de potyvírus apresentando hotspots de recombinação estatisticamente significativos como indicado previamente por COUTO (2019). Portanto, é possível que, para outros grupos virais, haja uma sobreposição mais consistente entre hotspots de recombinação e regiões de alta predisposição à desordem intrínseca. Outros estudos analisando conjuntos de dados de vírus com níveis maiores de recombinação precisam ser realizados para avaliar se há uma sobreposição mais consistente sobreposição entre ambos os fatores.

Portanto, com base nos resultados obtidos neste estudo, a sobreposição entre regiões propensas à recombinação nos genomas de potyvírus e de regiões propensas à desordem intrínseca nas proteínas por elas codificadas é fraca. Embora esse tipo de análise não seja capaz de revelar uma relação do tipo causa-efeito entre recombinação genômica e nível de desordem intrínseca em proteínas, tais estudos são essenciais para o melhor entendimento da dinâmica evolutiva de populações virais.

6. REFERÊNCIAS

- ADAMS, M. J.; ANTONIW, J. F.; BEAUDOIN, F. Overview and analysis of the polyprotein cleavage sites in the family Potyviridae. **Molecular Plant Pathology**, v. 6, n. 4, p. 471–487, jul. 2005.
- ATREYA, C. D.; RACCAH, B.; PIRONE, T. P. A point mutation in the coat protein abolishes aphid transmissibility of a potyvirus. **Virology**, v. 178, n. 1, p. 161–165, set. 1990.
- CHARON, J. et al. Protein intrinsic disorder within the Potyvirus genus: from proteome-wide analysis to functional annotation. **Molecular BioSystems**, v. 12, n. 2, p. 634–652, 2016.
- COUTO, G. Z. Identificação de elementos conservados de sequências de RNA adjacentes aos sítios de recombinação em genomas de potyvirus. **Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação**, Universidade Federal de Uberlândia, 2019.
- DESBIEZ, C.; LECOQ, H. The nucleotide sequence of Watermelon mosaic virus (WMV, Potyvirus) reveals interspecific recombination between two related potyviruses in the 5' part of the genome. **Archives of Virology**, v. 149, n. 8, 10 ago. 2004.
- DYSON, H. J.; WRIGHT, P. E. Intrinsically unstructured proteins and their functions. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, v. 6, n. 3, p. 197–208, mar. 2005.
- EDGAR, R. C. MUSCLE: multiple sequence alignment with high accuracy and high throughput. **Nucleic Acids Research**, v. 32, n. 5, p. 1792–1797, 8 mar. 2004.
- FENG, X. et al. Recombinants of Bean common mosaic virus (BCMV) and Genetic Determinants of BCMV Involved in Overcoming Resistance in Common Bean. **Phytopathology**, v. 104, n. 7, p. 786–793, jul. 2014.
- GARCIA-ARENAL, F.; FRAILE, A.; MALPICA, J. M. Variation and evolution of plant virus populations. **International Microbiology**, v. 6, n. 4, p. 225–232, 1 dez. 2003.
- HERRERA, M. DEL R. et al. Molecular and genetic characterization of the Ryadg locus on chromosome XI from Andigena potatoes conferring extreme resistance to potato virus Y. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 131, n. 9, p. 1925–1938, set. 2018.
- HU, X. et al. Sequence characteristics of potato virus Y recombinants. **Journal of General Virology**, v. 90, n. 12, p. 3033–3041, 1 dez. 2009.
- KING, A. M. Q. et al. Virus taxonomy. In: **Virology Methods Manual**. [s.l.] Elsevier, 1996. p. 365–366.
- KUMAR, S.; STECHER, G.; TAMURA, K. MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 7.0 for Bigger Datasets. **Molecular Biology and Evolution**, v. 33, n. 7, p. 1870–1874, jul. 2016.

- LEFEUVRE, P. et al. Widely Conserved Recombination Patterns among Single-Stranded DNA Viruses. **Journal of Virology**, v. 83, n. 6, p. 2697–2707, 15 mar. 2009.
- MARITAN, A. C.; GASPAR, J. O.; CAMARGO, L. E. A. Identificação e caracterização de um potyvírus isolado de *Zinnia elegans*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 1, p. 24–29, fev. 2004.
- MÉSZÁROS, B.; ERDŐS, G.; DOSZTÁNYI, Z. IUPred2A: context-dependent prediction of protein disorder as a function of redox state and protein binding. **Nucleic Acids Research**, v. 46, n. W1, p. W329–W337, 2 jul. 2018.
- MUHIRE, B. M.; VARSANI, A.; MARTIN, D. P. SDT: A Virus Classification Tool Based on Pairwise Sequence Alignment and Identity Calculation. **PLoS ONE**, v. 9, n. 9, p. e108277, 26 set. 2014.
- PADHI, A.; RAMU, K. Genomic evidence of intraspecific recombination in sugarcane mosaic virus. **Virus Genes**, 2011.
- REVERS, F. et al. Frequent occurrence of recombinant potyvirus isolates. **Journal of General Virology**, v. 77, n. 8, p. 1953–1965, 1 ago. 1996.
- ROOSSINCK, M. J. Mechanisms of plant virus evolution. **Annual Review of Phytopathology**, v. 35, n. 1, p. 191–209, set. 1997.
- ROOSSINCK, M. J. Plant RNA virus evolution. **Current Opinion in Microbiology**, v. 6, n. 4, p. 406–409, ago. 2003.
- ROOSSINCK, M. J. **Plant Virus Evolution**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2008.
- TÓBIÁS, I.; PALKOVICS, L. Characterization of Hungarian isolates of zucchini yellow mosaic virus (ZYMV, potyvirus) transmitted by seeds of *Cucurbita pepo* var *Styriaca*. **Pest Management Science**, v. 59, n. 4, p. 493–497, abr. 2003.
- TOMPA, P. The interplay between structure and function in intrinsically unstructured proteins. **FEBS Letters**, v. 579, n. 15, p. 3346–3354, 13 jun. 2005.
- VALLI, A.; LOPEZ-MOYA, J. J.; GARCIA, J. A. Recombination and gene duplication in the evolutionary diversification of P1 proteins in the family Potyviridae. **Journal of General Virology**, v. 88, n. 3, p. 1016–1028, 1 mar. 2007.
- WALTER, J. et al. Comparative analysis of mutational robustness of the intrinsically disordered viral protein VPg and of its interactor eIF4E. **PLOS ONE**, v. 14, n. 2, p. e0211725, 14 fev. 2019.
- WATERHOUSE, A. M. et al. Jalview Version 2--a multiple sequence alignment editor and analysis workbench. **Bioinformatics**, v. 25, n. 9, p. 1189–1191, 1 maio 2009.
- WYLIE, S. J. et al. ICTV Virus Taxonomy Profile: Potyviridae. **Journal of General Virology**, v. 98, n. 3, p. 352–354, 1 mar. 2017.

7. ANEXOS

Tabela Suplementar S1. Sequências de potyvírus analisadas neste estudo

| Vírus | # Acesso | Hospedeiro | Data de coleta | Local De Coleta |
|-----------------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------------|------------------------|
| <i>Turnip mosaic virus</i> (TuMV) | AY134473 | <i>Brassica. napus</i> | 2003 | United Kingdom |
| | AF530055 | <i>Zantedeschia spp.</i> | 2003 | Taiwan |
| | MG200170 | <i>Raphanus sativus</i> | 2016 | South Korea |
| | MG200169 | <i>Raphanus sativus</i> | 2016 | South Korea |
| | MG200168 | <i>Raphanus sativus</i> | 2016 | South Korea |
| | MG200167 | <i>Raphanus sativus</i> | 2016 | South Korea |
| | MG200166 | <i>Raphanus sativus</i> | 2016 | South Korea |
| | KX674734 | <i>Raphanus sativus</i> | 2015 | South Korea |
| | KY190216 | <i>Physalis ixocarpa</i> | 2016 | Mexico |
| | KY111274 | <i>Raphanus sativus</i> | 2015 | South Korea |
| | KY111273 | <i>Raphanus sativus</i> | 2015 | South Korea |
| | KY111272 | <i>Raphanus sativus</i> | 2015 | South Korea |
| | KY111271 | <i>Raphanus sativus</i> | 2015 | South Korea |
| | KY111270 | <i>Raphanus sativus</i> | 2015 | South Korea |
| | KY111269 | <i>Raphanus sativus</i> | 2015 | South Korea |
| | KY111268 | <i>Raphanus sativus</i> | 2015 | South Korea |
| | KY111267 | <i>Raphanus sativus</i> | 2015 | South Korea |
| | KX674733 | <i>Raphanus sativus</i> | 2015 | South Korea |
| | KX674732 | <i>Raphanus sativus</i> | 2015 | South Korea |
| | KX674731 | <i>Raphanus sativus</i> | 2015 | South Korea |
| | KX674730 | <i>Raphanus sativus</i> | 2015 | South Korea |
| | KX674729 | <i>Raphanus sativus</i> | 2015 | South Korea |

| | | | |
|----------|---|------|-------------|
| KX674728 | <i>Raphanus sativus</i> | 2015 | South Korea |
| KX674727 | <i>Raphanus sativus</i> | 2015 | South Korea |
| KX674726 | <i>Raphanus sativus</i> | 2015 | South Korea |
| LC215859 | <i>Raphanus sativus</i> | 2014 | South Korea |
| KX610932 | <i>Brassica oleracea</i> | 2015 | Australia |
| KX610931 | <i>Brassica oleracea</i> | 2015 | Australia |
| KX610930 | <i>Brassica oleracea</i> | 2015 | Australia |
| KX610929 | <i>Brassica oleracea</i> | 2015 | Australia |
| KX641466 | <i>Arabidopsis sp. Col-0</i> | 2015 | Australia |
| KX641465 | <i>Chinese cabbage</i> | 1997 | Australia |
| KX579486 | <i>Raphanus sativus var. hortensis f. raphanistroides</i> | 2014 | South Korea |
| KX579485 | <i>Raphanus sativus var. hortensis f. raphanistroides</i> | 2014 | South Korea |
| KX579484 | <i>Raphanus sativus var. hortensis f. raphanistroides</i> | 2014 | South Korea |
| KX579483 | <i>Raphanus sativus var. hortensis f. raphanistroides</i> | 2014 | South Korea |
| KX579482 | <i>Raphanus sativus var. hortensis f. raphanistroides</i> | 2014 | South Korea |
| KX579481 | <i>Raphanus sativus var. hortensis f. raphanistroides</i> | 2014 | South Korea |
| KX579480 | <i>Raphanus sativus var. hortensis f. raphanistroides</i> | 2014 | South Korea |
| KX579479 | <i>Raphanus sativus var. hortensis f. raphanistroides</i> | 2014 | South Korea |
| KM094174 | <i>Raphanus sativus</i> | 1995 | Japan |
| KJ936093 | <i>Raphanus raphanistrum</i> | 2000 | Australia |

| | | | |
|----------|--|------|-----------|
| KJ936092 | <i>Rapistrum rugosum</i> | 2006 | Australia |
| KJ936091 | <i>Hirschfeldia incana</i> | 2006 | Australia |
| KJ936090 | <i>Rapistrum rugosum</i> | 2006 | Australia |
| KJ936089 | <i>Cicer arietinum</i> | 2006 | Australia |
| KJ936088 | <i>Brassica juncea</i> | 2006 | Australia |
| KJ936087 | <i>Brassica juncea</i> | 2006 | Australia |
| KF595121 | <i>Brassica napus L. ssp. oleifera</i> | 2009 | Croatia |
| KF246570 | <i>Phalaenopsis sp.</i> | 2012 | China |
| KC297103 | <i>Brassica oleracea</i> | 2012 | Russia |
| AB747315 | <i>Brassica juncea</i> | 2006 | Vietnam |
| AB747314 | <i>Brassica juncea</i> | 2006 | Vietnam |
| AB747313 | <i>Brassica juncea</i> | 2006 | Vietnam |
| AB747312 | <i>Brassica juncea</i> | 2006 | Vietnam |
| AB747311 | <i>Brassica juncea</i> | 2006 | Vietnam |
| AB747310 | <i>Brassica juncea</i> | 2006 | Vietnam |
| AB747309 | <i>Brassica juncea</i> | 2006 | Vietnam |
| AB747308 | <i>Brassica juncea</i> | 2006 | Vietnam |
| AB747307 | <i>Brassica juncea</i> | 2006 | Vietnam |
| AB747306 | <i>Brassica juncea</i> | 2006 | Vietnam |
| AB747305 | <i>Brassica juncea</i> | 2006 | Vietnam |
| AB747304 | <i>Brassica juncea</i> | 2006 | Vietnam |
| AB747303 | <i>Brassica juncea</i> | 2006 | Vietnam |
| AB747302 | <i>Brassica juncea</i> | 2006 | Vietnam |
| AB747301 | <i>Brassica juncea</i> | 2006 | Vietnam |
| AB747300 | <i>Brassica juncea</i> | 2006 | Vietnam |
| AB747299 | <i>Brassica juncea</i> | 2006 | Vietnam |

| | | | |
|----------|--|-----------|----------------|
| AB747298 | <i>Brassica juncea</i> | 2006 | Vietnam |
| AB747297 | <i>Brassica juncea</i> | 2006 | Vietnam |
| AB747296 | <i>Raphanus sativus</i> | 2006 | Vietnam |
| AB747295 | <i>Raphanus sativus</i> | 2006 | Vietnam |
| AB747294 | <i>Raphanus sativus</i> | 2006 | Vietnam |
| AB747293 | <i>Raphanus sativus</i> | 2006 | Vietnam |
| AB747292 | <i>Raphanus sativus</i> | 2006 | Vietnam |
| AB747291 | <i>Raphanus sativus</i> | 2006 | Vietnam |
| AB747290 | <i>Raphanus sativus</i> | 2006 | Vietnam |
| AB747289 | <i>Raphanus sativus</i> | 2006 | Vietnam |
| AB747288 | <i>Raphanus sativus</i> | 2006 | Vietnam |
| AB747287 | <i>Raphanus sativus</i> | 2006 | Vietnam |
| AB747286 | <i>Raphanus sativus</i> | 2006 | Vietnam |
| HM544042 | <i>Brassica rapa</i> | 2007 | Australia |
| AB440239 | <i>Brassica deflexa</i> | 2003-2008 | Iran |
| AB440238 | <i>Brassica deflexa</i> | 2003-2008 | Iran |
| EU734434 | <i>Raphanus sativus</i> | 2008 | China |
| EU734433 | <i>Raphanus sativus</i> | 2008 | China |
| AF169561 | <i>Brassica napus</i> | 2000 | United Kingdom |
| AY090660 | <i>Brassica napus</i> | 2002 | China |
| DQ648592 | <i>Cochlearia armoracia L.</i> | 2004 | Poland |
| DQ648591 | <i>Cochlearia armoracia L.</i> | 2004 | Poland |
| EU861593 | <i>Brassica oleracea var. oleracea</i> | 2002 | United Kingdom |
| AB362513 | Brassicaceae | 2006 | Turkey |
| AB362512 | Brassicaceae | 2006 | Turkey |
| AB105135 | <i>Raphanus sativus L</i> | 2003 | Japan |

| | | | |
|----------|-----------------------------|------|-------------|
| AB105134 | <i>Brassica oleracea L.</i> | 2003 | Japan |
| D10927 | <i>Brassica napus</i> | 1990 | Canada |
| AB252143 | <i>Raphanus sativus</i> | 2000 | Japan |
| AB252142 | <i>Raphanus sativus</i> | 2000 | Japan |
| AB252141 | <i>Lactuca sativa</i> | 2000 | Japan |
| AB252140 | <i>Raphanus sativus</i> | 2000 | Japan |
| AB252139 | <i>Raphanus sativus</i> | 2000 | Japan |
| AB252138 | <i>Raphanus sativus</i> | 2000 | Japan |
| AB252137 | <i>Raphanus sativus</i> | 2000 | Japan |
| AB252136 | <i>Brassica rapa</i> | 2000 | Japan |
| AB252135 | <i>Ranunculus asiaticus</i> | 1997 | Italy |
| AB252134 | <i>Raphanus sativus</i> | 2001 | Japan |
| AB252133 | <i>Brassica oleracea</i> | 1995 | Netherlands |
| AB252132 | <i>Raphanus sativus</i> | 1998 | Japan |
| AB252131 | <i>Raphanus sativus</i> | 2000 | Japan |
| AB252130 | <i>Raphanus sativus</i> | 1998 | Japan |
| AB252129 | <i>Raphanus sativus</i> | 2000 | Japan |
| AB252128 | <i>Raphanus sativus</i> | 2000 | Japan |
| AB252127 | <i>Raphanus sativus</i> | 2001 | Japan |
| AB252126 | <i>Raphanus sativus</i> | 2000 | Japan |
| AB252125 | <i>Brassica rapa</i> | 2004 | Japan |
| AB252124 | <i>Brassica oleracea</i> | 2004 | Japan |
| AB252123 | <i>Raphanus sativus</i> | 1998 | Japan |
| AB252122 | <i>Brassica sp.</i> | 1994 | Italy |
| AB252121 | <i>Raphanus sativus</i> | 2000 | Japan |
| AB252120 | <i>Raphanus sativus</i> | 2000 | Japan |

| | | | |
|----------|-----------------------------|------|----------------|
| AB252119 | <i>Brassica sp.</i> | 1998 | China |
| AB252118 | <i>Raphanus sativus</i> | 1996 | Japan |
| AB252117 | <i>Allium sp.</i> | 1999 | Greece |
| AB252116 | <i>Brassica oleracea</i> | 1993 | Greece |
| AB252115 | <i>Raphanus sativus</i> | 2001 | Japan |
| AB252114 | <i>Brassica oleracea</i> | 2000 | United Kingdom |
| AB252113 | <i>Brassica oleracea</i> | 1999 | United Kingdom |
| AB252112 | <i>Brassica oleracea</i> | 1987 | Germany |
| AB252111 | <i>Brassica pekinensis</i> | 1998 | Japan |
| AB252110 | <i>Raphanus sativus</i> | 2000 | Japan |
| AB252109 | <i>Raphanus sativus</i> | 2000 | Japan |
| AB252108 | <i>Brassica napus</i> | 1993 | Denmark |
| AB252107 | <i>Brassica rapa</i> | 1994 | Czech Republic |
| AB252106 | <i>Brassica campestris</i> | 1999 | China |
| AB252105 | <i>Raphanus sativus</i> | 1999 | China |
| AB252104 | <i>Raphanus sativus</i> | 2000 | China |
| AB252103 | <i>Raphanus sativus</i> | 1999 | China |
| AB252102 | <i>Eustoma russellianum</i> | 1998 | Japan |
| AB252101 | <i>Brassica pekinensis</i> | 2000 | Japan |
| AB252100 | <i>Raphanus sativus</i> | 2000 | Japan |
| AB252099 | <i>Raphanus sativus</i> | 1998 | Japan |
| AB252098 | <i>Raphanus sativus</i> | 2002 | Japan |
| AB252097 | <i>Raphanus sativus</i> | 2002 | Japan |
| AB252096 | <i>Raphanus sativus</i> | 2002 | Japan |
| AB252095 | <i>Raphanus sativus</i> | 1998 | Japan |
| AB252094 | <i>Raphanus sativus</i> | 1998 | Japan |

| | | | |
|----------|----------------------------|------|-------|
| AB194802 | <i>Raphanus sativus</i> | 2004 | Spain |
| AB194801 | <i>Raphanus sativus</i> | 2004 | Spain |
| AB194800 | <i>Raphanus sativus</i> | 2004 | Spain |
| AB194799 | <i>Raphanus sativus</i> | 2004 | Spain |
| AB194798 | <i>Raphanus sativus</i> | 2004 | Spain |
| AB194797 | <i>Raphanus sativus</i> | 2004 | Spain |
| AB194796 | <i>Raphanus sativus</i> | 2004 | Spain |
| AB194795 | <i>Raphanus sativus</i> | 2004 | Spain |
| AB194794 | <i>Raphanus sativus</i> | 2004 | Spain |
| AB194793 | <i>Raphanus sativus</i> | 2004 | Spain |
| AB194792 | <i>Raphanus sativus</i> | 2004 | Spain |
| AB194791 | <i>Raphanus sativus</i> | 2004 | Spain |
| AB194790 | <i>Raphanus sativus</i> | 2004 | Spain |
| AB194789 | <i>Raphanus sativus</i> | 2004 | Spain |
| AB194788 | <i>Raphanus sativus</i> | 2004 | Spain |
| AB194787 | <i>Raphanus sativus</i> | 2004 | Spain |
| AB194786 | <i>Raphanus sativus</i> | 2004 | Spain |
| AB194785 | <i>Raphanus sativus</i> | 2004 | Spain |
| AB093627 | <i>Raphanus sativus</i> | 1998 | China |
| AB093626 | <i>Brassica spp.</i> | 1980 | China |
| AB093625 | <i>Brassica campestris</i> | 1993 | Japan |
| AB093624 | <i>Brassica pekinensis</i> | 1994 | Japan |
| AB093623 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993 | Japan |
| AB093622 | <i>Brassica pekinensis</i> | 1994 | Japan |
| AB093621 | <i>Raphanus sativus</i> | 1998 | Japan |
| AB093620 | <i>Raphanus sativus</i> | 1996 | Japan |

| | | | |
|----------|------------------------------|---------|----------------|
| AB093619 | <i>Raphanus sativus</i> | 1998 | Japan |
| AB093618 | <i>Raphanus sativus</i> | 1998 | Japan |
| AB093617 | <i>Raphanus sativus</i> | 1998 | Japan |
| AB093616 | <i>Raphanus sativus</i> | 1997 | Japan |
| AB093615 | <i>Raphanus sativus</i> | 1998 | Japan |
| AB093614 | <i>Calendula officinalis</i> | 1997 | Japan |
| AB093613 | <i>Raphanus sativus</i> | 1998 | Japan |
| AB093612 | <i>Brassica pekinensis</i> | 1998 | New Zealand |
| AB093611 | <i>Brassica oleracea</i> | 1996 | Brazil |
| AB093610 | <i>Brassica napus</i> | 1989 | Canada |
| AB093609 | <i>Brassica oleracea</i> | 1980 | United States |
| AB093608 | <i>Brassica oleracea</i> | 1981 | Czech Republic |
| AB093607 | <i>Brassica napus</i> | Unknown | Russia |
| AB093606 | <i>Armoracia rusticana</i> | 1993 | Russia |
| AB093605 | <i>Brassica oleracea</i> | 1994 | Kenya |
| AB093604 | <i>Brassica napus</i> | 1970 | Germany |
| AB093603 | <i>Lactuca sativa</i> | 1993 | Germany |
| AB093602 | <i>Allium ampeloprasum</i> | 1993 | Israel |
| AB093601 | <i>Calendula officinalis</i> | 1979 | Italy |
| AB093600 | <i>Raphanus sativus</i> | 1994 | Italy |
| AB093599 | <i>Anemone coronaria</i> | 1991 | Italy |
| AB093598 | <i>Alliaria officinalis</i> | 1968 | Italy |
| AB093597 | <i>Anemone coronaria</i> | 1993 | Italy |
| AB093596 | <i>Limonium sinuatum</i> | 1993 | Italy |
| D83184 | <i>Brassica rapa</i> | 1996 | Japan |
| KX377967 | <i>Raphanus sativus</i> | 2017 | Spain |

| | | | |
|----------|---|-----------|--------|
| AP017890 | <i>Brassica oleracea</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017889 | <i>Brassica oleracea</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017888 | <i>Raphanus raphanistrum</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017887 | <i>Raphanus raphanistrum</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017886 | <i>Brassica oleracea</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017885 | <i>Brassica oleracea</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017884 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017883 | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017882 | <i>Brassica oleracea</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017881 | <i>Brassica oleracea</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017880 | <i>Brassica oleracea</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017879 | <i>Brassica oleracea</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017878 | <i>Raphanus raphanistrum</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017877 | <i>Raphanus raphanistrum</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017876 | <i>Brassica oleracea</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017875 | <i>Brassica oleracea</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017874 | <i>Brassica rapa</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017873 | <i>Sinapis arvensis</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017872 | <i>Raphanus raphanistrum</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017871 | <i>Raphanus raphanistrum</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017870 | <i>Brassica</i> spp. | 1993–2012 | Turkey |
| AP017869 | <i>Brassica</i> spp. | 1993–2012 | Turkey |
| AP017868 | <i>Raphanus raphanistrum</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017867 | <i>Raphanus raphanistrum</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017866 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017865 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Turkey |

| | | | |
|----------|---|-----------|--------|
| AP017864 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017863 | <i>Brassica oleracea</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017862 | <i>Brassica oleracea</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017861 | <i>Brassica oleracea</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017860 | <i>Brassica oleracea</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017859 | <i>Brassica oleracea</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017858 | <i>Brassica oleracea</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017857 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017856 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017855 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017854 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017853 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017852 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017851 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017850 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017849 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017848 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017847 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017846 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017845 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017844 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017843 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017842 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017841 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017840 | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017839 | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> | 1993–2012 | Greece |

| | | | |
|----------|---|-----------|--------|
| AP017838 | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017837 | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017836 | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017835 | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017834 | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017833 | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017832 | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017831 | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017830 | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017829 | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017828 | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017827 | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017826 | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017825 | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017824 | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017823 | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017822 | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017821 | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017820 | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017819 | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017818 | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017817 | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017816 | <i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017815 | <i>Eruca sativa</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017814 | <i>Raphanus raphanistrum</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017813 | <i>Zinia elagans</i> | 1993–2012 | Iran |

| | | | |
|----------|----------------------------|-----------|------|
| AP017812 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017811 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017810 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017809 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017808 | <i>Brassica rapa</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017807 | <i>Brassica rapa</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017806 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017805 | <i>Brassica rapa</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017804 | <i>Brassica rapa</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017803 | <i>Rapistrum rugosum</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017802 | <i>Sisymbrium loeselii</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017801 | <i>Sisymbrium loeselii</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017800 | <i>Sisymbrium loeselii</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017799 | <i>Sisymbrium loeselii</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017798 | <i>Mattiola sp.</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017797 | <i>Sisymbrium irio</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017796 | <i>Impatiens balsamina</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017795 | <i>Hirschfeldia incana</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017794 | <i>Sisymbrium loeselii</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017793 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017792 | <i>Brassica oleracea</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017791 | <i>Sisymbrium loeselii</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017790 | <i>Sisymbrium loeselii</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017789 | <i>Sisymbrium loeselii</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017788 | <i>Sisymbrium loeselii</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017787 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |

| | | | |
|----------|--|-----------|------|
| AP017786 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017785 | <i>Rapistrum rugosum</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017784 | <i>Rapistrum rugosum</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017783 | <i>Rapistrum rugosum</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017782 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017781 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017780 | <i>Rapistrum rugosum</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017779 | <i>Cheiranthus cheiri</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017778 | <i>Brassica rapa</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017777 | <i>Mattiola sp.</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017776 | <i>Eruca sativa</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017775 | <i>Eruca sativa</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017774 | <i>Eruca sativa</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017773 | <i>Brassica rapa</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017772 | <i>Brassica rapa</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017771 | <i>Brassica rapa</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017770 | <i>Brassica oleracea var. botrytis</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017769 | <i>Sisymbrium loeselii</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017768 | <i>Sisymbrium loeselii</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017767 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017766 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017765 | <i>Mattiola sp.</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017764 | <i>Brassica oleracea var. italica</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017763 | <i>Chrysanthemum sp.</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017762 | <i>Cheiranthus cheiri</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017761 | <i>Brassica napus</i> | 1993–2012 | Iran |

| | | | |
|----------|------------------------------|-----------|--------|
| AP017760 | <i>Mattiola sp.</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017759 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017758 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017757 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017756 | <i>Wild Allium sp.</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017755 | <i>Cheiranthus sp.</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017754 | <i>Mattiola sp.</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017753 | <i>Mattiola sp.</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017752 | <i>Mattiola sp.</i> | 1993–2012 | Iran |
| AP017751 | <i>Spinacia oleracea</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017750 | <i>Raphanus raphanistrum</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017749 | <i>Eruca sativa</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017748 | <i>Raphanus raphanistrum</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017747 | <i>Raphanus raphanistrum</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017746 | <i>Raphanus raphanistrum</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017745 | <i>Raphanus raphanistrum</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017744 | <i>Raphanus raphanistrum</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017743 | <i>Raphanus raphanistrum</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017742 | <i>Brassica rapa</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017741 | <i>Eruca sativa</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017740 | <i>Eruca sativa</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017739 | <i>Brassica rapa</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017738 | <i>Eruca sativa</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017737 | <i>Brassica rapa</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017736 | <i>Raphanus raphanistrum</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017735 | <i>Brassica rapa</i> | 1993–2012 | Turkey |

| | | | |
|----------|------------------------------|-----------|-------------|
| AP017734 | <i>Raphanus raphanistrum</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017733 | <i>Brassica rapa</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017732 | <i>Brassica rapa</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017731 | <i>Raphanus raphanistrum</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017730 | <i>Eruca sativa</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017729 | <i>Raphanus raphanistrum</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017728 | <i>Raphanus raphanistrum</i> | 1993–2012 | Turkey |
| AP017727 | <i>Sinapis arvensis</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017726 | <i>Sinapis arvensis</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017725 | <i>Sinapis arvensis</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017724 | <i>Eruca sativa</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017723 | <i>Eruca sativa</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017722 | <i>Eruca sativa</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017721 | <i>Eruca sativa</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017720 | <i>Sinapis arvensis</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017719 | <i>Eruca sativa</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017718 | <i>Eruca sativa</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017717 | <i>Allium neapolitanum</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017716 | <i>Allium hirsutum</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017715 | <i>Brassica rapa</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017714 | <i>Eruca sativa</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017713 | <i>Eruca sativa</i> | 1993–2012 | Greece |
| AP017712 | <i>Sinapis arvensis</i> | 1993–2012 | Greece |
| KU140422 | <i>Nicotiana benthamiana</i> | 2014 | South Korea |
| KU140421 | <i>Nicotiana benthamiana</i> | 2014 | South Korea |
| KU140420 | <i>Raphanus sativus</i> | 2014 | South Korea |

| | | | |
|----------|--------------------------------------|-----------|-------------|
| KR153040 | <i>Raphanus sativus</i> | 2014 | China |
| KR153039 | <i>Raphanus sativus</i> | 2014 | China |
| KR153038 | <i>Raphanus sativus</i> | 2014 | China |
| KU053508 | <i>Arthropodium cirratum</i> | 2014 | New Zealand |
| AB989659 | <i>Lepidium oleraceum</i> | 1994–2011 | New Zealand |
| AB989658 | <i>Lepidium oleraceum</i> | 1994–2011 | New Zealand |
| AB989657 | <i>Lepidium oleraceum</i> | 1994–2011 | New Zealand |
| AB989656 | <i>Brassica rapa</i> | 1994–2011 | New Zealand |
| AB989655 | <i>Brassica rapa</i> | 1994–2011 | New Zealand |
| AB989654 | <i>Brassica rapa</i> | 1994–2011 | New Zealand |
| AB989653 | <i>Brassica spp.</i> | 1994–2011 | New Zealand |
| AB989652 | <i>Brassica rapa cv. Marco</i> | 1994–2011 | New Zealand |
| AB989651 | <i>Brassica rapa cv. Marco</i> | 1994–2011 | New Zealand |
| AB989650 | <i>Brassica rapa cv. Marco</i> | 1994–2011 | New Zealand |
| AB989649 | <i>Pachycladon fastigiatum</i> | 1994–2011 | New Zealand |
| AB989648 | <i>Pachycladon fastigiatum</i> | 1994–2011 | New Zealand |
| AB989647 | <i>Lepidium oleraceum</i> | 1994–2011 | New Zealand |
| AB989646 | <i>Brassica napus cv. York Globe</i> | 1994–2011 | New Zealand |
| AB989645 | <i>Nasturtium officinale</i> | 1994–2011 | New Zealand |
| AB989644 | <i>Crocus sativus</i> | 1994–2011 | New Zealand |
| AB989643 | <i>Rapistrum rugosum</i> | 1994–2011 | Australia |
| AB989642 | <i>Hirschfeldia incana</i> | 1994–2011 | Australia |
| AB989641 | <i>Brassica rapa</i> | 1994–2011 | Australia |
| AB989640 | <i>Brassica rapa</i> | 1994–2011 | Australia |
| AB989639 | <i>Rapistrum raphanistrum</i> | 1994–2011 | Australia |
| AB989638 | <i>Rapistrum rugosum</i> | 1994–2011 | Australia |

| | | | |
|----------|-----------------------------------|-----------|----------------|
| AB989637 | <i>Hirschfeldia incana</i> | 1994–2011 | Australia |
| AB989636 | <i>Rapistrum raphanistrum</i> | 1994–2011 | Australia |
| AB989635 | <i>Brassica pekinensis</i> | 1994–2011 | Australia |
| AB989634 | <i>Brassica pekinensis</i> | 1994–2011 | Australia |
| AB989633 | <i>Rapistrum rugosum</i> | 1994–2011 | Australia |
| AB989632 | <i>Brassica juncea</i> | 1994–2011 | Australia |
| AB989631 | <i>Brassica juncea</i> | 1994–2011 | Australia |
| AB989630 | <i>Rapistrum rugosum</i> | 1994–2011 | Australia |
| AB989629 | <i>Cicer arietinum</i> | 1994–2011 | Australia |
| AB989628 | <i>Hirschfeldia incana</i> | 1999 | Australia |
| AB701742 | wild <i>Brassica oleracea</i> | 2002 | United Kingdom |
| AB701741 | <i>Raphanus sativus</i> | 2002 | United States |
| AB701740 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993 | United States |
| AB701739 | <i>Brassica pekinensis</i> | 1986 | United States |
| AB701738 | <i>Tulipa gesnerana</i> | 1960 | United States |
| AB701737 | <i>Sesynibium sp.</i> | 1997 | United States |
| AB701736 | <i>Utricularia sp.</i> | 1983 | Germany |
| AB701735 | <i>Tigridia sp.</i> | 1983 | Germany |
| AB701734 | <i>Tigridia sp.</i> | 1934 | Germany |
| AB701733 | <i>Brassica sp.</i> | 1993 | United Kingdom |
| AB701732 | <i>Brassica napus oleifera</i> | 1993 | Poland |
| AB701731 | <i>Papaver somniferum</i> | Unknown | Poland |
| AB701730 | <i>Brassica oleracea</i> | 1993 | Germany |
| AB701729 | <i>Brassica oleracea acephala</i> | 1993 | Portugal |
| AB701728 | <i>Brassica napus oleifera</i> | 1995 | Poland |
| AB701727 | <i>Brassica oleracea</i> | 1995 | Netherlands |

| | | | |
|----------|-----------------------------|------|----------------|
| AB701726 | <i>Cucurbita pepo</i> | 1993 | Italy |
| AB701725 | <i>Abutilon sp.</i> | 1992 | Italy |
| AB701724 | <i>Matthiola incana</i> | 1990 | Italy |
| AB701723 | <i>Brassica ruvo</i> | 1990 | Italy |
| AB701722 | <i>Brassica rapa</i> | 1992 | Italy |
| AB701721 | <i>Cheiranthus cheiri</i> | 1990 | Italy |
| AB701720 | <i>Brassica ruvo</i> | 1996 | Italy |
| AB701719 | <i>Alliaria petiolata</i> | 2002 | Hungary |
| AB701718 | <i>Brassica oleracea</i> | 2002 | United Kingdom |
| AB701717 | <i>Brassica oleracea</i> | 2000 | United Kingdom |
| AB701716 | <i>Brassica oleracea</i> | 1999 | United Kingdom |
| AB701715 | <i>Brassica oleracea</i> | 1999 | United Kingdom |
| AB701714 | <i>Brassica oleracea</i> | 1999 | United Kingdom |
| AB701713 | <i>Brassica oleracea</i> | 1999 | United Kingdom |
| AB701712 | <i>Brassica oleracea</i> | 1999 | United Kingdom |
| AB701711 | <i>Brassica oleracea</i> | 1999 | United Kingdom |
| AB701710 | <i>Lunaria annua</i> | 1994 | United Kingdom |
| AB701709 | <i>Rheum rhabarbarum</i> | 1993 | United Kingdom |
| AB701708 | <i>Brassica napus</i> | 1994 | France |
| AB701707 | <i>Sisymbrium orientale</i> | 2001 | Spain |
| AB701706 | <i>Eruca sativa</i> | 2001 | Spain |
| AB701705 | <i>Eruca sativa</i> | 1991 | Italy |
| AB701704 | <i>Brassica rapa</i> | 1986 | Denmark |
| AB701703 | <i>Brassica rapa</i> | 1978 | Denmark |
| AB701702 | <i>Lactuca sativa</i> | 1991 | Germany |
| AB701701 | <i>Lactuca sativa</i> | 1986 | Germany |

| | | | |
|----------|---|-----------|---------|
| AB701700 | <i>Raphanus sativus</i> | 1993 | Germany |
| AB701699 | Unknown | 1976 | Germany |
| AB701698 | <i>Rorippa nasturtium-aquaticum</i> | 1986 | Belgium |
| AB701697 | <i>Allium sp.</i> | 1995 | Germany |
| AB701696 | <i>Matthiola incana</i> | 1989 | Greece |
| AB701695 | <i>Lactuca sativa</i> | 1994 | Germany |
| AB701694 | <i>Alliaria officinalis</i> | 1991 | Denmark |
| AB701693 | <i>Orchis simia</i> | 1981 | Germany |
| AB701692 | <i>Orchis morio</i> | 1983 | Germany |
| AB701691 | <i>Orchis militaris</i> | 1981 | Germany |
| AB701690 | <i>Orchis militaris</i> | 1981 | Germany |
| KC119189 | Cabbage | 2009 | China |
| KC119188 | Cabbage | 2010 | China |
| KC119187 | Cabbage | 2010 | China |
| KC119186 | Cabbage | 2010 | China |
| KC119185 | Cabbage | 2010 | China |
| KC119184 | Radish | 2010 | China |
| HQ446217 | Cruciferous plants | 1985-1987 | China |
| HQ446216 | Brassica | 1986-1990 | China |
| HQ637383 | <i>Armoracia rusticana</i> | 2004 | Poland |
| EF374098 | Unknown | Unknown | Poland |
| AF394602 | Unknown | Unknown | Unknown |
| AF394601 | Unknown | Unknown | Unknown |
| LC314399 | <i>Narcissus tazetta var. chinensis</i> | 2009–2015 | Japan |
| LC314398 | <i>Narcissus tazetta var. chinensis</i> | 2009–2015 | Japan |
| LC314397 | <i>Narcissus tazetta var. chinensis</i> | 2009–2015 | Japan |

| | | | | |
|---|----------|---|-----------|--------|
| | LC314396 | <i>Narcissus tazzeza var. chinensis</i> | 2009–2015 | Japan |
| | LC314395 | <i>Narcissus tazzeza var. chinensis</i> | 2009–2015 | Japan |
| | LC314394 | <i>Narcissus tazzeza var. chinensis</i> | 2009–2015 | China |
| | LC314393 | <i>Narcissus tazzeza var. chinensis</i> | 2009–2015 | Japan |
| | LC314392 | <i>Narcissus tazzeza var. chinensis</i> | 2009–2015 | Japan |
| | LC314391 | <i>Narcissus tazzeza var. chinensis</i> | 2012 | Japan |
| | NC030391 | Wild onion | 2012 | Turkey |
| | LC159495 | Wild onion | 2012 | Turkey |
| | LC159494 | Wild onion | 2016 | Turkey |
| <hr/> | | | | |
| <i>Sugarcane mosaic virus</i> (SCMV) | EU091075 | <i>Zea mays</i> | 2010 | Mexico |
| | KU886553 | <i>Zea mays</i> | 2015 | China |
| | JX047431 | <i>Zea mays</i> | 2011 | China |
| | JX047430 | <i>Zea mays</i> | 2011 | China |
| | JX047429 | <i>Zea mays</i> | 2011 | China |
| | JX047428 | <i>Zea mays</i> | 2011 | China |
| | JX047427 | <i>Zea mays</i> | 2011 | China |
| | JX047426 | <i>Zea mays</i> | 2011 | China |
| | JX047425 | <i>Zea mays</i> | 2011 | China |
| | JX047424 | <i>Zea mays</i> | 2011 | China |
| | JX047423 | <i>Zea mays</i> | 2011 | China |
| | JX047422 | <i>Zea mays</i> | 2011 | China |
| | JX047421 | <i>Zea mays</i> | 2011 | China |
| | JX047420 | <i>Zea mays</i> | 2011 | China |
| | JX047419 | <i>Zea mays</i> | 2011 | China |
| | JX047418 | <i>Zea mays</i> | 2011 | China |
| | JX047417 | <i>Zea mays</i> | 2011 | China |

| | | | |
|----------|-----------------|------|-------|
| JX047416 | <i>Zea mays</i> | 2011 | China |
| JX047415 | <i>Zea mays</i> | 2011 | China |
| JX047414 | <i>Zea mays</i> | 2011 | China |
| JX047413 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047412 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047411 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047410 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047409 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047408 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047407 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047406 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047405 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047404 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047403 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047402 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047401 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047400 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047399 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047398 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047397 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047396 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047395 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047394 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047393 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047392 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047391 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |

| | | | |
|----------|------------------------------|---------|---------|
| JX047390 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047389 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047388 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047387 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047386 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047385 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047384 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047383 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047382 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| JX047381 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| KR611114 | <i>Zea mays</i> | 2013 | China |
| KR611113 | <i>Zea mays</i> | 2013 | China |
| KR611112 | <i>Zea mays</i> | 2013 | China |
| KR611111 | <i>Zea mays</i> | 2012 | China |
| KR611110 | <i>Zea mays</i> | 2012 | China |
| KR611109 | <i>Zea mays</i> | 2013 | China |
| KR611108 | <i>Zea mays</i> | 2012 | China |
| KR611107 | <i>Zea mays</i> | 2012 | China |
| KR611106 | <i>Zea mays</i> | 2013 | China |
| KR611105 | <i>Zea mays</i> | 2012 | China |
| KT895081 | <i>Zea mays</i> | 2013 | Iran |
| KT895080 | <i>Saccharum officinarum</i> | 2013 | Iran |
| JX188385 | <i>Zea mays</i> | 1965 | Eua |
| JX185303 | Unknown | Unknown | Germany |
| JN021933 | <i>Zea mays</i> | 2010 | China |
| AY569692 | <i>Zea mays</i> | 2003 | China |

| | | | |
|-----------|------------------------------|-----------|---------------|
| GU474635 | <i>Zea mays</i> | 2009 | Mexico |
| AF494510 | Unknown | Unknown | China |
| AM110759 | <i>Zea mays</i> | 1992 | Spain |
| MG932080 | <i>Zea mays</i> | 2012-2014 | Kenya |
| MG932079 | <i>Sorghum bicolor</i> | 2014 | Kenya |
| MG932078 | <i>Zea mays</i> | 2012 | Kenya |
| MG932077 | <i>Zea mays</i> | 2012 | Kenya |
| MG932076 | <i>Zea mays</i> | 2012 | Kenya |
| KY548507 | <i>Saccharum officinarum</i> | 2016 | China |
| KY548506 | <i>Saccharum officinarum</i> | 2012 | China |
| KY006657 | <i>Zea mays</i> | 2012 | Ecuador |
| KR108213 | <i>Saccharum officinarum</i> | 2014 | China |
| KR108212 | <i>Saccharum officinarum</i> | 2014 | China |
| KP772216 | <i>Zea mays</i> | 2014 | Ethiopia |
| KP860936 | <i>Zea mays</i> | 2014 | Ethiopia |
| KP860935 | <i>Zea mays</i> | 2014 | Ethiopia |
| NC_003398 | <i>Zea mays</i> | 2000 | China |
| KF744392 | <i>Zea mays</i> | 2013 | Rwanda |
| KF744391 | <i>Zea mays</i> | 2013 | Rwanda |
| KF744390 | <i>Zea mays</i> | 2013 | Rwanda |
| JX237863 | <i>Saccharum officinarum</i> | 2007 | Argentina |
| JX237862 | <i>Saccharum officinarum</i> | 2010 | Argentina |
| HM133588 | <i>Zea mays</i> | 2008 | United States |
| AY149118 | <i>Zea mays</i> | 2002 | China |
| AY042184 | <i>Zea mays</i> | Unknown | China |
| AJ278405 | Unknown | Unknown | Australia |

| | | | | |
|-----------------------|----------|------------------------------|---------|---------|
| | AJ310105 | <i>Zea mays</i> | 2000 | China |
| | AJ310104 | <i>Saccharum officinarum</i> | 2000 | China |
| | AJ310103 | <i>Saccharum officinarum</i> | 2000 | China |
| | AJ310102 | <i>Saccharum officinarum</i> | 2000 | China |
| | AJ297628 | <i>Zea mays</i> | 2000 | China |
| | AM110758 | <i>Zea mays</i> | Unknown | Spain |
| <i>Potato virus Y</i> | A08776 | Unknown | Unknown | Unknown |
| | AB185833 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | Syria |
| | AB270705 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2002 | Syria |
| | AB461451 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | Syria |
| | AB461452 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | Syria |
| | AB461453 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2007 | Syria |
| | AB702945 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2007 | Japan |
| | AB711143 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | Japan |
| | AB711144 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | Japan |
| | AB711145 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | Japan |
| | AB711146 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | Japan |
| | AB711147 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | Japan |
| | AB711148 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | Japan |
| | AB711149 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | Japan |
| | AB711150 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | Japan |
| | AB711151 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | Japan |
| | AB711152 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | Japan |
| | AB711153 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | Japan |
| | AB711154 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | Japan |
| | AB711155 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | Japan |

| | | | |
|----------|--------------------------|---------|----------------|
| AB714134 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | Japan |
| AB714135 | <i>Solanum tuberosum</i> | 1989 | Japan |
| AF237963 | <i>Capsicum spp.</i> | Unknown | Unknown |
| AF463399 | Unknown | Unknown | Unknown |
| AJ584851 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | United Kingdom |
| AJ585195 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | United Kingdom |
| AJ585196 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | United Kingdom |
| AJ585197 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | United Kingdom |
| AJ585198 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | United Kingdom |
| AJ585342 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | Slovenia |
| AJ889866 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | Poland |
| AJ889867 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | Germany |
| AJ889868 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | Germany |
| AJ890342 | <i>Nicotiana tabacum</i> | Unknown | Poland |
| AJ890343 | <i>Nicotiana tabacum</i> | Unknown | Poland |
| AJ890344 | <i>Nicotiana tabacum</i> | Unknown | Poland |
| AJ890345 | <i>Nicotiana tabacum</i> | Unknown | Germany |
| AJ890346 | <i>Nicotiana tabacum</i> | Unknown | Germany |
| AJ890347 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | Germany |
| AJ890348 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | France |
| AJ890349 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | Poland |
| AJ890350 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | Germany |
| AM113988 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | Germany |
| AM268435 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | New Zealand |
| D00441 | Unknown | Unknown | Unknown |
| DQ309028 | <i>Nicotiana tobacum</i> | Unknown | Unknown |

| | | | |
|----------|--------------------------|---------|---------------|
| EF026074 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2002 | United States |
| EF026075 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2002 | United States |
| EF026076 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2002 | United States |
| EU563512 | <i>Solanum tuberosum</i> | 1938 | Netherlands |
| FJ204164 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2007 | United States |
| FJ204165 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2007 | United States |
| FJ204166 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2007 | United States |
| FJ643477 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| FJ643478 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| FJ643479 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| FJ666337 | <i>Solanum tuberosum</i> | 1970 | Poland |
| GQ200836 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2007 | China |
| HE608963 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2010 | Germany |
| HE608964 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2010 | Germany |
| HG810949 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2012 | Vietnam |
| HG810950 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2012 | Vietnam |
| HG810951 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2012 | Vietnam |
| HG810952 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2012 | Vietnam |
| HM367075 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2007 | Canada |
| HM367076 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2007 | Canada |
| HM590405 | <i>Nicotiana tabacum</i> | Unknown | Unknown |
| HM590406 | <i>Nicotiana tabacum</i> | Unknown | Unknown |
| HM590407 | <i>Nicotiana tabacum</i> | Unknown | China |
| HQ631374 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2007 | China |
| HQ912862 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| HQ912863 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2007 | United States |

| | | | |
|----------|--------------------------|------|---------------|
| HQ912864 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2007 | United States |
| HQ912865 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2000 | United States |
| HQ912866 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2007 | United States |
| HQ912868 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2007 | United States |
| HQ912869 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2007 | United States |
| HQ912870 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| HQ912871 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2007 | United States |
| HQ912872 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2007 | United States |
| HQ912873 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| HQ912874 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| HQ912875 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2007 | United States |
| HQ912876 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| HQ912877 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| HQ912878 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| HQ912879 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| HQ912880 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| HQ912881 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| HQ912882 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| HQ912883 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| HQ912884 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| HQ912885 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| HQ912886 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| HQ912887 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| HQ912888 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| HQ912889 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| HQ912890 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |

| | | | |
|----------|--------------------------|------|---------------|
| HQ912891 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| HQ912892 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| HQ912893 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| HQ912894 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| HQ912895 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| HQ912896 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2008 | United States |
| HQ912897 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| HQ912898 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| HQ912899 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| HQ912900 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| HQ912901 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| HQ912902 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| HQ912903 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| HQ912904 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| HQ912905 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| HQ912906 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| HQ912907 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| HQ912908 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| HQ912909 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| HQ912910 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| HQ912911 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| HQ912912 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| HQ912913 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| HQ912914 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| HQ912915 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| JF928458 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2008 | Brazil |

| | | | |
|----------|--------------------------|------|----------------|
| JF928459 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2008 | Brazil |
| JF928460 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2008 | Brazil |
| JQ924285 | <i>Solanum tuberosum</i> | 1985 | Brazil |
| JQ924286 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2009 | Brazil |
| JQ924287 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2007 | Brazil |
| JQ924288 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2007 | Brazil |
| JQ969033 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2010 | Belgium |
| JQ969034 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2010 | Belgium |
| JQ969035 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2010 | Belgium |
| JQ969037 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2010 | Belgium |
| JQ969039 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2010 | Belgium |
| JQ969041 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2010 | Belgium |
| JX424837 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2008 | Finland |
| KC614702 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2009 | United Kingdom |
| KC634004 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2009 | United Kingdom |
| KC634005 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2011 | United Kingdom |
| KC634006 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2009 | United Kingdom |
| KC634007 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2009 | United Kingdom |
| KC634008 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2009 | United Kingdom |
| KF770835 | <i>Capsicum annuum</i> | 2010 | South Africa |
| KF850513 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2009 | Mexico |
| KJ634023 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2011 | China |
| KJ634024 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2011 | China |
| KJ801915 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2011 | China |
| KJ946936 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2013 | Serbia |
| KM396648 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2007 | Slovenia |

| | | | |
|----------|-----------------------------|------|----------------|
| KP691317 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2012 | Australia |
| KP691318 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2003 | Australia |
| KP691319 | <i>Solanum tuberosum</i> | 1984 | United Kingdom |
| KP691320 | <i>Solanum lycopersicum</i> | 2006 | Australia |
| KP691321 | <i>Solanum tuberosum</i> | 1982 | United Kingdom |
| KP691322 | <i>Solanum tuberosum</i> | 1982 | United Kingdom |
| KP691323 | <i>Solanum tuberosum</i> | 1982 | United Kingdom |
| KP691324 | <i>Solanum tuberosum</i> | 1980 | United Kingdom |
| KP691325 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2011 | Australia |
| KP691326 | <i>Solanum tuberosum</i> | 1984 | United Kingdom |
| KP691327 | <i>Solanum tuberosum</i> | 1943 | United Kingdom |
| KP691328 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2008 | Australia |
| KP691329 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2008 | Australia |
| KP691330 | <i>Solanum tuberosum</i> | 1981 | United Kingdom |
| KP793715 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2014 | Saudi Arabia |
| KP793716 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2014 | Saudi Arabia |
| KR149260 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2015 | Colombia |
| KR528584 | <i>Vitis vinifera</i> | 2013 | Uruguay |
| KT290511 | <i>Solanum lycopersicum</i> | 2015 | Colombia |
| KT290512 | <i>Solanum lycopersicum</i> | 2015 | Colombia |
| KT336551 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2015 | Colombia |
| KT336552 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2015 | Colombia |
| KT599906 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2014 | Indonesia |
| KT599907 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2014 | Indonesia |
| KT599908 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2014 | Indonesia |
| KU375553 | <i>Solanum lycopersicum</i> | 2012 | China |

| | | | |
|----------|-----------------------------|------|---------------|
| KU375554 | <i>Solanum lycopersicum</i> | 2012 | China |
| KU569326 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2011 | China |
| KU724101 | <i>Nicotiana tabacum</i> | 2015 | China |
| KX009783 | <i>Nicotiana tabacum</i> | 2014 | China |
| KX032614 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2014 | China |
| KX184816 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2011 | Israel |
| KX184817 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2014 | Israel |
| KX184818 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2014 | Israel |
| KX184819 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2011 | Israel |
| KX356068 | <i>Solanum tuberosum</i> | 1994 | Poland |
| KX531041 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2015 | Colombia |
| KX580384 | <i>Solanum lycopersicum</i> | 2014 | United States |
| KX650858 | <i>Nicotiana tabacum</i> | 2015 | China |
| KX650859 | <i>Nicotiana tabacum</i> | 2015 | China |
| KX650860 | <i>Nicotiana tabacum</i> | 2015 | China |
| KX650861 | <i>Nicotiana tabacum</i> | 2015 | China |
| KX650862 | <i>Nicotiana tabacum</i> | 2015 | China |
| KX688597 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2012 | China |
| KX688598 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2012 | China |
| KX688599 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2012 | China |
| KX688600 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2011 | China |
| KX688601 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2012 | China |
| KX688602 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2013 | China |
| KX710153 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2013 | South Africa |
| KX710154 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2013 | South Africa |
| KX713170 | <i>Solanum lycopersicum</i> | 2015 | Slovakia |

| | | | |
|----------|---------------------------|------|----------------|
| KX756672 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2015 | Colombia |
| KX856986 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2015 | Slovenia |
| KY711363 | <i>Physalis peruviana</i> | 2016 | Colombia |
| KY800342 | <i>Nicotiana tabacum</i> | 2016 | China |
| KY810782 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2016 | United Kingdom |
| KY847936 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| KY847937 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY847938 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY847939 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY847940 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY847941 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| KY847942 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY847943 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY847944 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY847945 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY847946 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2012 | United States |
| KY847947 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2012 | United States |
| KY847948 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2012 | United States |
| KY847949 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2012 | United States |
| KY847950 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| KY847951 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| KY847952 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2013 | United States |
| KY847953 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2013 | United States |
| KY847954 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| KY847956 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| KY847957 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |

| | | | |
|----------|--------------------------|------|---------------|
| KY847958 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| KY847959 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| KY847960 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| KY847961 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2013 | Germany |
| KY847962 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY847963 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| KY847964 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2009 | United States |
| KY847965 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2010 | United States |
| KY847966 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2010 | United States |
| KY847967 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2010 | United States |
| KY847968 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2010 | United States |
| KY847969 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2010 | United States |
| KY847970 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2011 | United States |
| KY847971 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2011 | United States |
| KY847972 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| KY847973 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| KY847974 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| KY847975 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2009 | United States |
| KY847976 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2009 | United States |
| KY847977 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2011 | United States |
| KY847978 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| KY847979 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| KY847980 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY847981 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY847982 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| KY847983 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |

| | | | |
|----------|--------------------------|------|---------------|
| KY847984 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2012 | United States |
| KY847985 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2012 | United States |
| KY847986 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2010 | United States |
| KY847987 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2010 | United States |
| KY847988 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2010 | United States |
| KY847989 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY847990 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| KY847991 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY847992 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2010 | United States |
| KY847993 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2011 | United States |
| KY847994 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY847995 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| KY847996 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY847997 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| KY847998 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY847999 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| KY848000 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY848001 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY848002 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY848003 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY848004 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY848005 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY848006 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| KY848007 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2009 | United States |
| KY848008 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2009 | United States |
| KY848009 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2009 | United States |

| | | | |
|----------|--------------------------|------|---------------|
| KY848010 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2010 | United States |
| KY848011 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2010 | United States |
| KY848012 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2010 | United States |
| KY848013 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2010 | United States |
| KY848015 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2012 | United States |
| KY848016 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2012 | United States |
| KY848017 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| KY848018 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| KY848019 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| KY848020 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY848021 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| KY848022 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| KY848023 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2013 | Germany |
| KY848024 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2013 | United States |
| KY848025 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2009 | United States |
| KY848026 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| KY848027 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| KY848028 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2012 | United States |
| KY848029 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2012 | United States |
| KY848030 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2012 | United States |
| KY848031 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY848032 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| KY848033 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY848034 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| KY848035 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| KY848036 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |

| | | | |
|----------|---------------------------|------|---------------|
| KY848037 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY848038 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| KY848039 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| KY848040 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| KY848041 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY848042 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY848043 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY848044 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY848045 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY848046 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2006 | United States |
| KY848047 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| KY848048 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| KY848049 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2005 | United States |
| KY848050 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY848051 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY848052 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2004 | United States |
| KY848053 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2007 | United States |
| KY851109 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2016 | India |
| KY863548 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2014 | Egypt |
| KY863549 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2014 | Egypt |
| KY863550 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2014 | Egypt |
| KY863551 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2014 | Egypt |
| KY983389 | <i>Solanum americanum</i> | 2016 | China |
| MF033142 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2016 | China |
| MF033143 | <i>Solanum americanum</i> | 2016 | China |
| MF134861 | <i>Physalis peruviana</i> | 2015 | United States |

| | | | |
|----------|---------------------------|---------|---------------|
| MF134862 | <i>Physalis peruviana</i> | 2015 | United States |
| MF134863 | <i>Physalis peruviana</i> | 2015 | United States |
| MF134864 | <i>Physalis peruviana</i> | 2015 | United States |
| MF134865 | <i>Physalis peruviana</i> | 2015 | United States |
| MF134866 | <i>Physalis peruviana</i> | 2015 | United States |
| MF176826 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2016 | Colombia |
| MF176827 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2016 | Colombia |
| MF176828 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2016 | Colombia |
| MF405303 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2013 | Switzerland |
| MF422609 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2014 | Switzerland |
| MF422610 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2014 | Switzerland |
| MF624282 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2014 | United States |
| MF624283 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2014 | United States |
| MF624284 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2012 | United States |
| MF624285 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2012 | United States |
| MF624286 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2015 | United States |
| MF624287 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2015 | United States |
| MF624288 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2016 | United States |
| MF624289 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2015 | United States |
| MF624290 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2015 | United States |
| MF624291 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2015 | United States |
| MH006954 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2015 | Israel |
| MH006955 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2015 | Israel |
| MH006956 | <i>Solanum tuberosum</i> | 2015 | Israel |
| U09509 | <i>Solanum tuberosum</i> | Unknown | Canada |
