

Metode Penapisan Kedelai Toleran Salinitas

Screening Method for Salinity Tolerance in Soybeans

Pratanti Haksiwi Putri

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi
Jl. Raya Kendalpayak Km.8. Kotak Pos 66 Malang 65101, Indonesia
E-mail: muflihatunnisa.putri86@gmail.com

Naskah diterima 16 Februari 2016, direvisi 22 Juni 2016, dan disetujui diterbitkan 30 Juni 2016

ABSTRACT

Soil salinity is due to the dissolved salt in the soil or groundwater. Salinity can be defined as the condition of the soil with $EC > 4$ dS/m (equivalent to 40 mM NaCl), the osmotic pressure of 0.2 MPa, and the exchangeable sodium percentage (ESP) of <15 . Salinity occurs on dry land dry climate and on tidal swamp land near the beach. Saline land area is increasing as a result of land degradation due to various causes. The combination of excessive fertilization, poor irrigation systems and climate change are some of the factors causing salinity. This causes salinity becomes an important issue in the development of agriculture today and in the future. Research on evaluation of soybean resistant to salinity had been done, however, there were some inconsistency results. This paper aimed to review the method of screening for salinity tolerance of soybean, to obtain an appropriate method. Screening for saline-tolerant soybean genotypes need to be done on the entire growth phases of plant, to see the consistency of genotypic resistance to salinity. Things to be considered in screening salinity tolerant in soybean including (1) controlling DHL periodically, (2) the selection of observed variables correlated directly with the saline-tolerant characters, (3) a preliminary test to determine the critical limits of salinity tolerance and (4) to perform molecular screening to reduce the amount of the genotype if the number is too many. The activities should be continued with its physiological screening, to avoid the false result due to the phenotype and genotypes-environment interaction.

Keywords: Soybean, salinity, tolerance, screening.

ABSTRAK

Salinitas pada umumnya bersumber pada kadar garam yang terlarut dalam tanah atau air tanah. Salinitas dapat didefinisikan sebagai kondisi tanah dengan $EC > 4$ dS/m (setara dengan 40 mM NaCl), tekanan osmotik 0,2 MPa, dan *exchangeable sodium percentage* (ESP) < 15 . Salinitas dapat terjadi pada lahan kering iklim kering dan lahan rawa pasang surut yang berada di dekat pantai. Luas lahan salin semakin bertambah akibat degradasi lahan pada lahan optimal. Kombinasi pemupukan yang berlebih, sistem pengairan yang buruk dan perubahan iklim merupakan beberapa faktor penyebab salinitas. Hal ini menyebabkan salinitas menjadi isu penting dalam pengembangan pertanian saat ini dan yang akan datang. Penelitian terkait evaluasi ketahanan kedelai terhadap salinitas telah banyak dilakukan, namun, masih terdapat inkonsistensi respon genotipe kedelai terhadap cekaman salinitas. Makalah ini bertujuan untuk mereview metode penapisan kedelai toleran salinitas untuk memperoleh metode yang tepat. Penapisan kedelai toleran salinitas perlu dilakukan pada seluruh fase pertumbuhan untuk melihat konsistensi ketahanan genotipe terhadap salinitas. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam penapisan kedelai toleran salinitas adalah (1) kontrol DHL secara berkala, (2) pemilihan variabel pengamatan yang berkorelasi langsung dengan karakter toleran salinitas, (3) uji pendahuluan untuk menentukan batas kritis salinitas genotipe bahan uji dan (4) melakukan penapisan molekuler untuk mereduksi jumlah genotipe uji apabila jumlah genotipe sangat banyak. Kegiatan tetap dilanjutkan dengan penapisan fisiologis mengingat fenotipe merupakan hasil interaksi antara genotipe dengan lingkungan.

Kata kunci: Kedelai, salinitas, toleran, penapisan.

PENDAHULUAN

Salinitas tanah pada umumnya bersumber pada kadar garam yang terlarut dalam tanah atau air tanah, yang dapat diukur berdasarkan daya hantar listrik atau elektrokonduktivitas (EC) dengan satuan dS/m. Salinitas dapat didefinisikan sebagai kondisi tanah dengan $EC > 4$ dS/m (setara dengan 40 mM NaCl), tekanan osmotik 0,2 MPa, dan *exchangeable sodium percentage* (ESP) < 15 (Marschner 1995, USDA-ARS 2008). Tanah salin biasanya memiliki pH netral dan cenderung bersifat alkali (Marschner 1995), yang dapat terbentuk secara alami ataupun campur tangan manusia. Pelapukan batuan induk yang mengandung deposit garam, intrusi air laut, gerakan air tanah yang direklamasi dari dasar laut, iklim dengan curah hujan rendah serta tingkat evaporasi yang tinggi merupakan faktor alami yang membentuk lahan salin (El-Swaify 2000, Tan 2000, Gama *et al.* 2007, Sposito 2008). Aktivitas manusia yang dapat membentuk salinitas antara lain adalah aplikasi pupuk yang berlebihan, manajemen pengairan yang buruk, serta penggunaan air tanah untuk irigasi secara terus menerus (Kotuby-Amacher *et al.* 2000, Gama *et al.* 2007, Sposito 2008, Sonon *et al.* 2012). Faktor-faktor tersebut banyak terjadi pada praktik usaha pertanian modern yang menyebabkan salinitas menjadi isu penting dalam pengembangan pertanian saat ini dan yang akan datang.

Lahan-lahan irigasi dipengaruhi oleh salinitas atau akan terjadi salinisasi beberapa waktu yang akan datang. Salinitas juga dapat terjadi di lahan kering iklim kering dan lahan rawa pasang surut di dekat pantai. Luas lahan salin akan bertambah apabila lahan-lahan optimal mengalami degradasi akibat kombinasi pemupukan yang berlebih, sistem pengairan yang buruk dan perubahan iklim, serta sebab seperti tersebut di atas.

Cekaman salin berpengaruh negatif terhadap setiap fase pertumbuhan kedelai, mulai dari perkecambahan, vegetatif, hingga generatif. Salinitas berpengaruh negatif terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman melalui tiga mekanisme yaitu (1) cekaman kekeringan akibat potensial osmotik rendah di daerah akar sehingga menghambat penyerapan air, (2) ketidakseimbangan nutrisi, dan (3) toksisitas ion spesifik (Marschner 1995). Salinitas menghambat dan menunda waktu perkecambahan bahkan mengakibatkan biji gagal berkecambah (Kondetti *et al.* 2012, Agarwal *et al.* 2015, Kandil *et al.* 2015). Indeks vigor kecambah berkurang akibat cekaman salinitas (Sen *et al.* 2002, Cokkizgin 2012). Cekaman salin menghambat pertumbuhan pada fase vegetatif sehingga bobot basah dan kering tanaman kedelai berkurang (Okçu *et al.* 2005, Tunçtürk *et al.* 2008, Dolatabadian *et al.* 2011, Farhoudi and Tafti 2011, Anitha and Usha 2012, Kondetti *et al.* 2012).

Penelitian ketahanan genotipe kedelai terhadap salinitas telah banyak dilakukan, namun terdapat inkonsistensi respon genotipe kedelai terhadap cekaman salinitas. Genotipe yang sama dapat memberikan respon yang berbeda pada peubah pengamatan yang berbeda. Lubis (2000) melaporkan varietas Wilis tergolong toleran hingga 8 g/L NaCl (setara dengan 12,5 dS/m) berdasarkan kemampuan membentuk tunas dalam kondisi *in vitro* dan ukuran jari-jari parenkim dan stele akar yang lebih besar dibandingkan varietas lain dalam kondisi salin. Sunarto (2001) melaporkan hal yang berbeda, bahwa Wilis tergolong agak toleran berdasarkan kemampuan menghasilkan biji pada 0,4% NaCl, tetapi bobot biji yang dihasilkan tidak mencapai 1 gram. Hal ini menjadi permasalahan bagi pemuliaan kedelai toleran lahan salin, terutama pada tahap awal yaitu seleksi/skrining. Makalah ini bertujuan untuk mereview metode penapisan kedelai toleran salinitas untuk memperoleh metode yang tepat dalam seleksi kedelai toleran salinitas.

RESPON KEDELAJ TERHADAP SALINITAS

Cekaman salinitas memberi dampak negatif terhadap setiap fase pertumbuhan tanaman. Respon kedelai terhadap salinitas dapat dilihat dari fenotip morfologi, anatomi, fisiologi, dan molekuler. Kedelai tergolong dalam tumbuhan glikofit yang sebenarnya tidak memiliki mekanisme adaptasi terhadap salinitas, namun penelitian yang telah banyak dilakukan mengisyaratkan ada genotip-genotip yang menunjukkan respon toleran seperti pada genotipe BB52 (Wu *et al.* 2014), Lee 68 (Xu *et al.* 2011), PI483463 (Lee 2009), serta Co Soy-2, DS-40, PalamSoy dan Pusa-16 (Kondetti *et al.* 2012).

Peneliti dari India, Cina, Mesir dan Indonesia telah banyak meneliti respon kedelai terhadap salinitas. Peubah pengamatan bervariasi mulai dari morfologi, anatomi, komponen pertumbuhan, komponen hasil, protein, hingga molekuler. Secara umum, komponen pertumbuhan dan hasil kedelai menurun pada perlakuan salin. Peubah-peubah pengamatan pada fase perkecambahan pun cenderung menurun pada perlakuan salin. Salinitas menghambat dan menunda waktu perkecambahan bahkan mengakibatkan biji gagal berkecambah (Agarwal *et al.* 2015, Kondetti *et al.* 2012, Kandil *et al.* 2015).

Kedelai yang diberi perlakuan salin menunjukkan peningkatan aktivitas enzim antioksidatif. Semakin tinggi konsentrasi NaCl yang diberikan, semakin tinggi aktivitas enzim antioksidatif (Dhairyasheel and Sharad 2015). Peningkatan aktivitas enzim antioksidatif sebagai respon tanaman terhadap salinitas juga ditemukan pada jagung (Neto *et al.* 2006) dan gandum (Esfandiari *et al.* 2007).

Enzim-enzim antioksidatif yang sering ditemukan mengalami peningkatan aktivitas pada kedelai tercekam salin adalah lipid peroksidase (LPX), superoksida dismutase (SOD), glutathion reduktase (GR), askorbat peroksidase (APX) dan katalase (CAT) (Anitha and Usha 2012).

Selain enzim antioksidatif, ada beberapa senyawa terlarut yang meningkat konsentrasinya pada kondisi salin. Senyawa terlarut tersebut digolongkan ke dalam osmolit atau osmoprotektan dan berfungsi untuk menjaga kesetimbangan potensial osmotik sel serta melindungi enzim-enzim penting di dalam sel. Contoh osmoprotektan yang meningkat pada kedelai tercekam salin adalah prolin dan glisinbetain, berdasarkan penelitian Wu *et al.* (2014).

Hormon tumbuhan yang berkaitan dengan kandungan air dalam sel dan dikategorikan sebagai hormon stres juga terpengaruh oleh cekaman salinitas. Hamayun *et al.* (2010) melaporkan efek salinitas terhadap kandungan *gibberellic acid* (GA), *abscisic acid* (ABA), *jasmonic acid* (JA) dan *salicylic acid* (SA) pada kedelai kultivar Hwangkeumkong. Kandungan GA dan SA menurun, sedangkan ABA dan JA meningkat, pada konsentrasi NaCl 70 mM dan 140 mM.

Perubahan struktur dan anatomi batang kedelai pada kondisi salin dilaporkan oleh Dolatabadian *et al.* (2011). Lapisan kutikula semakin tebal dan terjadi peningkatan jumlah trikoma. Lapisan kutikula diduga berfungsi untuk mencegah larutan garam masuk terlalu banyak ke dalam sel. Sedangkan trikoma berfungsi seperti kelenjar garam untuk mengakumulasi garam dari dalam sel untuk dikeluarkan ke luar tubuh tumbuhan.

MEKANISME TOLERANSI KEDELAI TERHADAP SALINITAS

Secara umum tumbuhan terbagi menjadi dua berdasarkan kemampuannya menghadapi cekaman salinitas. Tumbuhan yang tidak memiliki mekanisme adaptasi terhadap salinitas atau sensitif salin digolongkan dalam kelompok glikofita. Sedangkan kelompok tanaman halofit terdiri atas tumbuhan yang secara alami telah terpapar lingkungan salin sehingga dapat dikatakan memiliki mekanisme adaptasi terhadap cekaman salin (Yokoi *et al.* 2002).

Tumbuhan halofit seringkali digunakan untuk memahami mekanisme toleransi tanaman terhadap salinitas. Penelitian yang melibatkan tumbuhan halofit seperti *S. salsa* dan *Salt Tolerant Grasses* (STGs) menunjukkan beberapa mekanisme toleransi tanaman terhadap salinitas, yaitu homeostasis ion, kemampuan mengatasi stres oksidatif dan adaptasi struktural.

NaCl diketahui merupakan garam utama dalam tanah salin. Ion Na^+ sebenarnya merupakan ion yang dibutuhkan oleh tumbuhan dalam jumlah sedikit dan memberikan efek toksik jika berlebih. Kemampuan dalam mempertahankan homeostasis ion merupakan karakter yang dimiliki oleh tumbuhan toleran salin. Kompartementasi merupakan upaya sel tumbuhan menjaga kesetimbangan ion (homeostasis ion) dalam sitosol. Ion Na^+ yang berlebih akan dikompartementasi dari sitosol menuju vakuola. Proses kompartementasi membutuhkan sistem transport membran dan melibatkan beberapa protein/enzim. Analisis *Northern blot* pada daun *S. salsa* yang terpapar 500 mM NaCl menunjukkan ekspresi gen *SsNHX1*. Gen tersebut diketahui mengkode Na^+/H^+ antiporter yang berperan dalam kompartementasi Na^+ dari sitosol menuju vakuola (Ma *et al.* 2004). Transformasi gen *SsNHX1* ke tubuh tomat dan padi kemudian diberi perlakuan 300 NaCl memperlihatkan karakter rasio K^+/Na^+ tinggi, kandungan Na^+ pada sitosol daun rendah, kandungan klorofil lebih tinggi, laju fotosintesis tinggi serta bobot kering lebih tinggi. Selain antiporter, proses kompartementasi juga membutuhkan energi. *Salt Overly Sensitive 1* (SOS1) Na^+/H^+ antiporter juga berperan penting dalam eksklusi Na^+ dari arus transpirasi atau transport dari akar ke daun. Berdasarkan analisis mikro menggunakan sinar X, Na^+ diakumulasi di korteks dan stele akar *S. salsa* sehingga yang terbawa arus transportasi pada xilem batang ataupun daun telah berkurang. Gen pengkode SOS 1 pada *S. salsa* kemudian dikenal dengan *SsSOS1* (Song *et al.* 2011, Duan *et al.* 2013, Wang *et al.* 2013).

Ion Na^+ bersama ion K^+ berperan penting dalam sistem transport membran. Pompa Na^+/K^+ berfungsi untuk menjaga konsentrasi K^+ tetap tinggi di dalam sel, sedangkan Na^+ tetap tinggi di luar sel. Protein HKT1 terdeteksi meningkat pada kondisi salin. Protein yang dikode oleh gen *SsHKT1* pada *S. salsa* ini diduga kuat berperan sebagai K^+ transporter dalam kondisi salin sehingga homeostasis rasio Na^+/K^+ terjaga (Shao *et al.* 2006, Shao *et al.* 2014). Homeostasis Na^+/K^+ juga didukung oleh keberadaan Ca^{2+} dalam sitosol. Ion Ca^{2+} dapat meningkatkan afinitas pengambilan ion K^+ dan selektivitas pengambilan ion Na^+ . Protein CAX1 dan gen yang mengkodennya, *SsCAX1* berperan dalam menjaga kesetimbangan Na^+ dan Ca^{2+} di sitosol. Han *et al.* (2011) mempelajari kerja CAX1 dengan perlakuan 100 mM CaCl_2 dan 100 mM NaCl pada *S. salsa*. Perlakuan tersebut mengaktifkan kinerja $\text{V-H}^+/\text{ATPase}$ yang memberikan lebih banyak energi bagi Na^+/H^+ antiporter dan $\text{Ca}^{2+}/\text{H}^+$ antiporter sehingga mendukung transport kedua ion tersebut antara sitosol dan vakuola.

Osmoregulasi diduga terkait dengan toleransi tumbuhan terhadap salinitas. Akumulasi ion anorganik seperti Na^+ , K^+ , dan Cl^- serta larutan organik seperti

karbohidrat terlarut, asam amino dan prolin merupakan salah satu strategi tumbuhan menghadapi cekaman salinitas. Larutan organik terlarut berperan dalam menjaga keseimbangan ion, penyesuaian potensial osmosis serta melindungi protein-protein penting dan membran sel dari cekaman oksidatif (osmoprotektan). Konsentrasi osmoprotektan akan meningkat pada kondisi tercekam sehingga menjadi osmolit yang berperan dalam menjaga kesetimbangan potensial osmotik sel. Senyawa organik terlarut seperti prolin, glisinbetain, mio-inositol dan pinitol terbentuk dari senyawa antara dalam jalur metabolisme yang kemudian masuk ke jalur khusus pada kondisi stres (Wang *et al.* 2002a, Wang *et al.* 2002b, Neto *et al.* 2004, Wang *et al.* 2007, Park *et al.* 2009).

Cekaman salinitas dapat meningkatkan produksi *Reactive Oxygen Species* (ROS) yang kemudian dapat mengganggu stabilitas membran sel, merusak protein dan enzim penting dalam metabolisme sel, serta dapat merusak DNA. Enzim antioksidatif yang banyak berperan dalam mengatasi cekaman oksidatif sel adalah katalase (CAT), superoksida dismutase (SOD), askorbat peroksidase (APX), peroksidase (PX), lipid peroksidase (LPX), dan glutathion reduktase (GR) (Muscolo *et al.* 2003; Seckin *et al.* 2010). Produksi askorbat peroksidase, hasil overekspresi gen *SssAPX* dari stroma *S.salsa* yang ditransformasikan ke *A.thaliana* kemudian diberi cekaman salin, diketahui dapat meningkatkan perkecambahan, pertumbuhan kotiledon, akar lebih panjang, kandungan klorofil tinggi dan kandungan H_2O_2 rendah (Li *et al.* 2012, Ma *et al.* 2004, Wang *et al.* 2002, Qi *et al.* 2004, Wang *et al.* 2008, Caverzan *et al.* 2012). Aktivitas enzim antioksidatif diduga hanya meningkat beberapa saat sampai kesetimbangan internal tercapai. Apabila tanaman telah mampu melalui fase kritis akibat cekaman salin, aktivitas enzim kembali menurun. Waktu yang dibutuhkan sejak perlakuan salin hingga saat aktivitas enzim menurun, berbeda-beda menurut kadar salin yang diberikan. Semakin tinggi salinitas, waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan aktivitas enzim antioksidatif, juga cenderung lebih lama (Dhairyasheel and Sharad 2015).

Dhairyasheel and Sharad (2015) melaporkan penurunan aktivitas lipid peroksidasi (LPX) pada kedelai tercekam salin 48 jam setelah perlakuan. Aktivitas enzim antioksidatif diduga hanya meningkat beberapa saat sampai kesetimbangan internal tercapai. Apabila tanaman telah mampu melalui fase kritis akibat cekaman salin, aktivitas enzim kembali menurun. Waktu yang dibutuhkan sejak perlakuan salin hingga saat aktivitas enzim menurun, berbeda-beda menurut kadar salin yang diberikan. Semakin tinggi konsentrasi NaCl, waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan aktivitas enzim antioksidatif, juga cenderung lebih lama. Aktivitas lipid peroksidase menurun 72 jam setelah perlakuan pada konsentrasi NaCl

200 mM dan 48 jam setelah perlakuan pada 100 mM NaCl. Hal ini menunjukkan lipid peroksidase merupakan respon fisiologis untuk mengatasi cekaman salin pada kedelai. Waktu yang dibutuhkan lipid peroksidase untuk mengatasi cekaman oksidatif akibat salinitas tergantung pada kadar salinitas. Namun, konfirmasi masih perlu dilakukan untuk menegaskan bahwa aktivitas lipid peroksidase dapat mengatasi cekaman oksidatif akibat salinitas, dengan cara mengamati peubah-peubah pertumbuhan selanjutnya seperti panjang akar, panjang batang, bobot basah dan bobot kering (akar dan kecambah).

JA dan SA merupakan hormon stres yang diduga berperan sebagai senyawa sinyal bagi tumbuhan untuk memberikan respon terhadap stres. Setiap jenis atau varietas mungkin memiliki hormon spesifik yang berperan sebagai senyawa sinyal, baik JA maupun SA. Hal ini dapat diamati pada kecenderungan level JA dan SA pada kultivar Hwangkeumkong. Level JA meningkat dan SA menurun pada kultivar Hwangkeumkong mengisyaratkan bahwa mungkin, hormon yang menjadi senyawa sinyal pada kultivar ini adalah JA.

Kelenjar garam serta batang atau daun yang sukulen merupakan bentuk adaptasi struktural tumbuhan halofit. Kelenjar garam terbentuk dari epidermis daun atau batang dan sebagian merupakan modifikasi dari rambut-rambut halus di permukaan daun atau batang (trikoma). Ion toksik seperti Na^+ dan Cl^- dikompartementasi ke rambut kelenjar kemudian dikeluarkan dari tubuh tumbuhan.

METODE PENAPISAN KEDELAJ TOLERAN SALINITAS

Penapisan genotipe kedelai terhadap salinitas merupakan tahap awal dalam pemuliaan dan pengembangan kedelai toleran salin. Respon, mekanisme dan komponen yang terlibat dalam proses ketahanan menjadi dasar pertimbangan untuk mencari indikasi ketahanan genotipe kedelai terhadap salinitas. Beberapa metode yang digunakan dalam penapisan genotipe kedelai toleran salinitas disajikan dalam Tabel 1.

Ragam metode penapisan kedelai toleran salinitas bersumber dari peubah pengamatan yang digunakan, yang bervariasi dari komponen perkecambahan, komponen pertumbuhan dan hasil, fitohormon, aktivitas enzim antioksidatif serta osmolit/osmoprotektan. Namun keragaman respon ketahanan terjadi pada satu genotipe sehingga berpengaruh terhadap pengambilan kesimpulan. Contoh varietas Wilis dilaporkan toleran terhadap salinitas berdasarkan kemampuan inisiasi tunas (Lubis 2000) dan hasil (Yuniati 2004). Hasil penelitian tersebut berlawanan dengan Sunarto (2001) dan Aini *et al.* (2004) yang

Tabel 1. Ragam metode evaluasi respon ketahanan kedelai terhadap salinitas.

No.	Fase perlakuan salin	Kadar salin	Peubah pengamatan	Penulis
1.	21-31 HST	50, 100, 150, 200 mM NaCl	• Tinggi tanaman • Panjang akar • Bobot basah • Bobot kering • Kandungan total protein • Aktivitas enzim: <i>Catalase</i>, <i>Superoxide dismutase</i>, <i>Ascorbate peroxidase</i>, <i>Lipid peroxidase</i>, <i>Glutathione reductase</i>	Anitha and Usha 2012
2.	Kecambah (1-5 HST)	50, 100, 150, 200 mM NaCl	• Aktivitas <i>Lipid peroxidase</i> per 24 jam	Dhairyasheel B. and Sharad B. 2015
3.	27 HST dan 40 HST	70 mM dan 140 mM NaCl	• Tinggi tanaman • Bobot basah: akar dan batang • Bobot kering: akar dan batang • Kandungan klorofil • Kandungan fitohormon: ABA, GA, JA, dan SA	Hamayun <i>et al.</i> 2010
4.	Perkecambahan	3, 6, 9, 12 dan 15 dS/m NaCl	• Prosentase perkecambahan akhir • Rata-rata waktu berkecambah • Indeks perkecambah • Indeks vigoritas kecambah • Energi perkecambahan	Kandil <i>et al.</i> 2015
5.	Perkecambahan s.d. 7 HST	3; 6; 7,2; 10; 12 dan 15 dS/m (EC air)	• Panjang: batang dan akar • Bobot kering • Perbandingan biomassa kontrol dengan perlakuan • Indeks kepekaan salinitas • Indeks intensitas salinitas	Agarwal <i>et al.</i> 2015
6.	Perkecambahan s.d. 12 HST	50, 100, 200, dan 300 mM/L NaCl	• Potensial air • Kandungan air relatif • Kandungan prolin dan glisin betain • Kandungan ion Na⁺, Cl⁻, dan K⁺ • <i>Net Na⁺, Cl⁻, dan K⁺ fluxes</i>	Wu <i>et al.</i> 2014
7.	Perkecambahan s.d. 8 HST	30 dan 60 mM NaCl	• Prosentase perkecambahan • Bobot kering: kecambah dan kotiledon • Kandungan air biji • Cadangan makanan yang digunakan/termobilisasi ke jaringan • Efisiensi mobilisasi cadangan makanan • Keseragaman perkecambahan	Rastegar and Kandi 2011
8.	Perkecambahan s.d. 7 HST	20, 40, dan 80 mM NaCl	• Panjang: hipokotil dan akar • Bobot basah: hipokotil dan akar • Ekspresi protein: daun, hipokotil dan akar • Analisis mRNA gen penyandi ketahanan terhadap salin	Sobhanian <i>et al.</i> 2010
9.	Perkecambahan s.d. panen	3, 6, 9 dS/m NaCl	• Indeks kandungan klorofil • <i>Variable fluorescence of chlorophyll</i> • Kandungan prolin • Bobot biji per tanaman • Akumulasi minyak dan protein pada biji	Ghassemi-golezani and Taifeh-noori
10.	Perkecambahan s.d. 12 HST	100 mmol/L NaCl	• Prosentase perkecambahan • Kandungan hormon IAA, GA, dan ABA • Identifikasi protein terekspresi	Xu <i>et al.</i> 2011
11.	Perkecambahan s.d. 8 HST	50, 100, 150 dan 200 mM NaCl	• Indeks kecepatan perkecambahan • Panjang: kecambah dan akar • Bobot basah kecambah (tanpa kotiledon) • Bobot kering kecambah (tanpa kotiledon)	Neves <i>et al.</i> 2005

Tabel 1. Lanjutan.

No.	Fase perlakuan salin	Kadar salin	Peubah pengamatan	Penulis
12.	30 HST s.d. 45 HST	150 mM NaCl	• Tinggi tanaman • Panjang akar • Bobot kering: daun, batang, akar • Kandungan mikronutrien: Fe, Mn, Cu, dan Zn	Tunçturk <i>et al.</i> 2008
13.	5 HST s.d. 30 HST	25, 50 dan 100 mM NaCl	• Bobot basah: tajuk, akar • Bobot kering: daun, batang, akar • Jumlah daun • Luas area daun • Anatomi batang	Dolatabadian <i>et al.</i> 2011
14.	Perkecambahan s.d. ± 40 HST	0,3; 1,0; 1,7; 2,4; 3,1; 3,8; 4,5; 5,2; 5,9 dS/m (EC air irigasi)	• Prosentase perkecambahan • Kecepatan perkecambahan • Tinggi tanaman • Bobot kering: daun dan batang • Laju pertumbuhan relatif dan absolut • Rasio bobot daun	Blanco <i>et al.</i> 2007
15.	Perkecambahan s.d. panen	DHL tanah: 1,52 dS/m dan 8,58 dS/m (20% air laut)	• Tinggi tanaman • Bobot kering: tajuk dan akar • Luas daun • Indeks klorofil daun • Hasil biji	Aini <i>et al.</i> 2014
16.	Perkecambahan s.d. 7 HST	120, 180, 240, dan 300 mM NaCl	• Panjang: batang dan akar • Bobot basah: akar dan batang • Bobot kering: akar dan batang • Prosentase kelembaban	Kondetti <i>et al.</i> 2012
17.	± 2-3 minggu setelah tanam	0,6% NaCl (48 jam)	• Profil metabolit • Perubahan metabolit	Lu <i>et al.</i> 2013
18.	10 HST s.d. 24 HST	200 mmol/L NaCl	• Skor klorosis daun • Gen ketahanan terhadap salin	Guan <i>et al.</i> 2014
19.	20 HST s.d. panen	50, 100, 200, 300 mM NaCl	• Konduktansi stomata • Konsentrasi CO₂ interseluler • Laju transpirasi • Efisiensi fotosistem II • Kandungan klorofil • Aktivitas rubisco • Potensial air • Kandungan air relatif • Kandungan prolin dan <i>glisin betain</i> • Kandungan Na⁺ dan Cl⁻ • <i>Net Na⁺ dan Cl⁻ fluxes</i> • Kandungan lipid peroksidase • Total kandungan fenol • Kandungan AsA dan GSH • Aktivitas enzim antioksidan	Chen <i>et al.</i> 2013
20	Perkecambahan s.d. panen	50, 70 dan 90 mM NaCl	• Tinggi tanaman • Panjang, volume dan jumlah akar • Bobot basah: tanaman, tajuk, akar • Bobot kering: tanaman, tajuk, akar • Indeks kepekaan salinitas	Triyani <i>et al.</i> 2013
21	Perkecambahan s.d. panen	0,2% dan 0,4% NaCl	• Tinggi tanaman • Jumlah dan luas daun • Jumlah cabang dan polong • Total bobot kering brangkasan (tajuk dan akar) • Bobot biji	Sunarto 2001

melaporkan bahwa Wilis tergolong sensitif/peka terhadap salinitas. Farid (2006) melaporkan hasil yang berbeda dalam hal vigor kecambah. Varietas Orba yang sebelumnya tergolong rentan pada percobaan Sunarto (2001), memperlihatkan respon toleran pada konsentrasi NaCl 50 mM (4,6 dS/m).

Metode evaluasi ketahanan kedelai terhadap salinitas didasari atas perubahan morfologi, anatomi, fisiologi maupun molekuler tumbuhan pada kondisi tercekam. Gejala perubahan saling mendukung satu sama lain dan setiap genotipe sangat dimungkinkan menunjukkan perubahan respon ketahanan pada aras yang berbeda. Gejala-gejala perubahan tersebut harus diperhatikan secara seksama agar tidak terjadi kesalahan dalam pengambilan kesimpulan mengenai genotipe rentan dan toleran. Sebagai contoh, genotipe CMS50 menunjukkan gejala toleran salin sedangkan BR5033 rentan, berdasarkan *Net assimilation rate* (NAR). Namun, pada parameter lain yaitu *root/shoot ratio*, laju pertumbuhan dan luas area daun, BR5033 terlihat lebih toleran salin dibandingkan CMS50.

Perbedaan respon genotipe terhadap salinitas juga terlihat pada tiap fase pertumbuhan. Genotipe toleran salin pada fase kecambah belum tentu memberikan respon toleran pada fase dewasa. Wilis menunjukkan respon toleran dalam hal inisiasi tunas, tetapi mengalami penurunan hasil >77% pada kondisi salin (Lubis 2000, Sunarto 2001). Lima kultivar Canola menunjukkan respon yang berbeda terhadap salinitas. Kultivar Elite paling peka terhadap salinitas sedangkan Licord toleran, pada fase kecambah. Namun, pertumbuhan dan hasil kultivar Licord menurun dan lebih rendah dibandingkan SLM₀₄₆ dan Okapi apabila diberi perlakuan salin pada fase dewasa (Bybordi 2010).

Penelitian Bybordi (2010) menunjukkan bahwa penapisan kedelai toleran salinitas sebaiknya dilakukan tidak hanya pada satu fase pertumbuhan saja, tetapi sejak perkecambahan hingga panen. Kultivar Licord yang menunjukkan respon toleran pada fase kecambah menunjukkan respon sensitif pada fase dewasa. Kontrol kondisi salin pada media yang digunakan juga perlu diperhatikan jika penelitian dilakukan hingga panen. Salinitas pada umumnya bersumber pada kadar garam yang terlarut dalam tanah atau air tanah dan diukur berdasarkan daya hantar listrik atau elektrokonduktivitas (EC). Salinitas media dapat berubah akibat perlakuan, pemupukan selama pemeliharaan maupun faktor eksternal seperti curah hujan. Daya hantar listrik media akan berpengaruh terhadap kondisi akhir salinitas setelah pemberian perlakuan salin. Pengukuran DHL media perlu dilakukan secara berkala untuk mengantisipasi pelindian ataupun akumulasi garam akibat faktor eksternal seperti

curah hujan dan penyiraman atau irigasi sehingga berpengaruh terhadap hasil percobaan.

Perbedaan respon ketahanan suatu genotipe kedelai terhadap salinitas yang ditunjukkan dalam penelitian terdahulu dapat disebabkan oleh perbedaan batas kritis ketahanan antar genotipe terhadap salinitas. Setiap genotipe kedelai nampaknya memiliki batas kritis yang berbeda terhadap salinitas. Pengetahuan mengenai batas kritis suatu genotipe terhadap salinitas sangat berpengaruh dalam menentukan perlakuan kadar salin. Pengukuran batas kritis suatu genotipe sebaiknya dilakukan terlebih dahulu jika belum ada informasi dari penelitian terdahulu, seperti yang dilakukan oleh Aini *et al.* (2015). Pengujian untuk menentukan batas kritis cukup dilakukan hingga fase vegetatif awal ($\pm 40-43$ HST) dengan mengamati karakter kadar klorofil, tinggi tanaman, bobot kering tanaman, klorosis daun dan kematian tanaman seperti yang dilaporkan oleh Aini *et al.* (2015).

Variabel pengamatan yang digunakan dalam penapisan genotip kedelai toleran salinitas meliputi aspek morfologi, anatomi, fisiologi dan molekuler. Aspek fisiologi, selain berperan sebagai data dukung indikator karakter toleran, sangat penting dalam memahami mekanisme munculnya respon ketahanan. Analisis korelasi dapat dilakukan untuk mengetahui faktor fisiologi yang paling berperan dalam memunculkan respon ketahanan sehingga dapat digunakan sebagai indikator tanaman tahan atau rentan. Chen *et al.* (2013) melakukan penelitian mengenai mekanisme fisiologis *Glycine soja* dalam menghadapi cekaman salinitas. *Glycine soja* merupakan kedelai tipe liar yang tumbuh di delta Sungai Kuning China, dan diketahui memiliki toleransi yang tinggi terhadap salinitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem antioksidan, regulasi osmotik sel dan eksklusi ion toksik merupakan faktor fisiologis yang memunculkan respon toleran terhadap salinitas pada *Glycine soja*. Parameter fisiologis yang biasa digunakan untuk penapisan kedelai toleran salin adalah konsentrasi enzim antioksidan, konsentrasi senyawa osmoprotektan, serta kandungan ion Na⁺, K⁺, dan Cl⁻ pada daun maupun akar.

Aspek molekuler telah banyak diperhatikan dan dipandang akurat menjadi indikator penentu karakter toleran salin. Identifikasi protein, enzim, bahkan gen yang berkaitan dengan karakter toleran salin telah banyak dilakukan pada tanaman model seperti *A. thaliana* atau *S. salsa* sehingga penapisan genotipe kedelai toleran salin dapat dilakukan dengan mendeteksi gen-gen tersebut (Sobhanian 2010, Guan *et al.* 2014). Genotipe kedelai terpilih hasil penapisan molekuler perlu diuji lapang untuk membuktikan ketahanannya terhadap salinitas karena fenotipe toleran terhadap salinitas merupakan hasil interaksi antara gen dengan lingkungan. Metode molekuler

dapat digunakan sebagai penapisan awal apabila jumlah genotipe bahan uji sangat banyak. Setelah penapisan molekuler dilakukan dan jumlah genotipe telah banyak berkurang, dapat dilakukan penapisan fisiologis maupun morfologis sehingga mempersingkat waktu penelitian.

KESIMPULAN

Penapisan kedelai toleran salinitas perlu dilakukan pada seluruh fase pertumbuhan untuk melihat konsistensi ketahanan genotipe terhadap salinitas. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam penapisan kedelai toleran salinitas adalah: (1) Pengawasan/kontrol kondisi media dan lingkungan dilakukan dengan pengukuran DHL tanah/media tumbuh secara berkala; (2) Uji pendahuluan untuk mengetahui batas kritis level salinitas genotipe bahan uji diperlukan jika belum ada informasi mengenai hal tersebut pada penelitian sebelumnya; (3) Pemilihan variabel pengamatan yang tepat dan memiliki korelasi secara langsung terhadap karakter toleran salinitas seperti konsentrasi ion Na^+ , Cl^- , dan K^+ pada akar serta daun, konsentrasi enzim antioksidatif, atau konsentrasi senyawa osmoprotektan; (4) Penapisan molekuler dapat dilakukan sebagai penapisan pendahuluan untuk mereduksi jumlah genotipe uji apabila jumlah genotipe sangat banyak. Kegiatan dilanjutkan dengan penapisan fisiologis mengingat fenotipe merupakan hasil interaksi antara genotipe dengan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, N., A. Kumar, S. Agarwal and A. Singh. 2015. Evaluation of soybean (*Glycine max* L.) cultivars under salinity stress during early vegetative growth. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 4(2): 123-134.
- Aini, N., W. Sumiya, D.Y. Syekhfani, R. Dyah P. dan A. Setiawan. 2014. Kajian pertumbuhan, kandungan klorofil dan hasil beberapa genotip tanaman kedelai (*Glycine max* L.) pada kondisi salinitas. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2014*. Dilaksanakan di Palembang pada 26-27 September 2014.
- Aini, N., Syekhfani, W.S.D. Yamika, R.D. Purwaningrahyu, and A. Setiawan. 2015. Growth & physiological characteristics of soybean genotypes (*Glycine max* L.) toward salinity stress. *Agrivita* 36(3): 201-209.
- Anitha, T. and R. Usha. 2012. Effect of salinity stress on physiological biochemical and antioxidant defense systems of high yielding cultivars of soybean. *International Journal of Pharma and Bio Sciences* 3(4): 851-864.
- Blanco, F.F., M.V. Folegatti, H.R. Gheyi, and P.D. Fernandes. 2007. Emergence and growth of corn and soybean under saline stress. *Sci. Agric.* 64(5): 451-459.
- Bybordi, A. 2010. The influence of salt stress on seed germination, growth and yield of canola cultivars. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj.* 38 (1): 128-133.
- Caverzan, A., G. Passaia, S. B. Rosa, C.W. Ribeiro, F. Lazzarotto, and M. Margis-Pinheiro. 2012. Plant responses to stresses: role of ascorbate peroxidase in the antioxidant protection. *Genetics and Molecular Biology* 35(4): 1011-1019.
- Chen, P., K. Yan, H. Shao, and S. Zhao. 2013. Physiological mechanisms for high salt tolerance in wild soybean (*Glycine soja*) from yellow river delta, China: photosynthesis, osmotic regulation, ion flux and antioxidant capacity. *Mechanisms for Salt Tolerance of Wild Soybean* 8(12), 12 pp.
- Cokkizgin, A. 2012. Salinity stress in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed germination. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici* 40(1):177-182.
- Dhairiyasheel B., Patil. and B. Sharad B. 2015. Influence of NaCl mediated salinity stress on lipid peroxidation in germinating seeds of soybean. *International Journal of Pharma and Bio Sciences* 6(1): 549-552.
- Dolatabadian, A., S.A.M. Modarressanavy, and F. Ghanati. 2011. Effect of salinity on growth xylem structure and anatomical characteristics of soybean. *Not. Sci. Biol.* 3(1): 41-45.
- Duan, H.R., S.Y. Wang, Li Wang, J.L. Zhang, and S.M. Wang. 2013. Expression Analysis of Plasma Membrane Na^+/H^+ Antiporter Gene (*SsSOS1*) from Halophyte *Suaeda salsa*. <http://www.paper.edu.cn>
- El-Swaify, SA. 2000. Soil and water salinity. plant nutrient management in Hawaii's soils, approaches for tropical and subtropical agriculture. University of Hawaii.
- Esfandiari, E.F. Shekari, F. Shekari, M. Esfandiari. 2007. The effect of salt stress on antioxidant enzymes activity and lipid peroxidation on the wheat seedling. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj.* 35(1).
- Farhoudi R. and M. M. Tafti. 2011. Effect of Salt Stress on Seedlings Growth & Ions Homeostasis of Soybean (*Glycine max*) Cultivars. *Advanced Environmental Biology* 5:2522-2526.
- Farid, M. 2006. Seleksi Kedelai Tahan Kekeringan dan Salinitas Secara in Vitro dengan NaCl. *J. Agrivigor* 6 (1):65-74
- Gama, P.B.S., S. Inagana, K. Tanaka, and R. Nakazawa. 2007. Physiological response of common bean (*Phaseolus vulgaris*. L.) seedlings to salinity stress. *African J. of Biotech.* (2):79-88.
- Guan, R., J. Chen, J. Jiang, G. Liu, Y. Liu, L. Tian, L. Yu, R. Chang, and L. Qiu. 2014. Mapping and validation of a dominant salt tolerance gene in the cultivated soybean (*Glycine max*) variety Tiefeng 8. *The Crop Journal* 2: 358-365.
- Ghassemi-Golezani, K. & M. Taifeh-Noori. 2011. Soybean Performance under Salinity Stress. *Soybean-Biochemistry, Chemistry, & Physiologi*. Prof. Tzi-Bun Ng. (Ed.). Intech : 631-643.

- Hamayun, M., S.A. Khan, A.L. Khan, Z.K. Shinwari, J. Hussain, E. Sohn, S. Kang, Y. Kim, M. A. Khan, and I. Lee. 2010. Effect of salt stress on growth attributes and endogenous growth hormones of soybean cultivar Hwangkeumkong. *Pak. J. Bot.* 42(5): 3103-3112.
- Han, N., Q. Shao, H.Y. Bao, B.S. Wang. 2011. Cloning and characterization of a $\text{Ca}^{2+}/\text{H}^{+}$ antiporter from halophyte *Suaeda salsa* L. *Plant Molecular Biology Reporter* 29: 449-457.
- Kandil, A.A., A.E.Sharief, and Kh.R. Ahmed. 2015. Performance of some Soybean *Glycine max* (L.) Merrill. cultivars under salinity stress to germination characters. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR)* 6(3): 48-56.
- Kondetti, P., N. Jawali, S.K.Apte and M. G. Shitole. 2012. Salt tolerance in Indian soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties at germination and early seedling growth. *Annals of Biological Research* 3(3): 1489-1498.
- Kotuby-Amacher, J., K. Rich and K. Boyd. 2000. Salinity and plant tolerance. Available at <https://extension.usu.edu/files/publications/publication/AG-SO-03.pdf>.
- Lee, J., J.G. Shannon, T.D. Vuong and H.T. Nguyen. 2009. Inheritance of salt tolerance in wild soybean (*Glycine soja* Sieb. & Zucc.) Accession PI483468. *Journal of Heredity* 100(6): 798-801.
- Li, K., C.H. Phang, F. Ding, N. Sui, Z.T. Feng, and B.S. Wang. 2012. Overexpression of *Suaeda salsa* stroma ascorbate peroxidase in *Arabidopsis*. *South African Journal of Botany* 78: 235-245.
- Lu, Y., H. Lam, E. Pi, Q. Zhan, S. Tsai, C. Wang, Y. Kwan, and S. Ngai. 2013. Comparative metabolomics in *glycine max* and *glycine soja* under salt stress to reveal the phenotypes of their offspring. *J. Agric. Food. Chem* 61: 8711-8721.
- Lubis, K. 2000. Respon morfogenesis embrio beberapa varietas kedelai (*Glycine max* L. Merr.) pada berbagai konsentrasi NaCl secara in vitro. Tesis. Program Pascasarjana Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Ma, X.L., Q. Zhang, H.Z. Shi, *et al.* 2004. Molecular cloning and different expression of vascular $\text{Na}^{+}/\text{H}^{+}$ Antiporter Gene in *Suaeda salsa* Under Salt Stress. *Biologia Plantarum* 48: 219-225.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second edition. Academic Press: 680 pp.
- Muscolo, A., M. Sldari, and M.R. Panuccio. 2003. Tolerance of kikuyu grass to long term salt stress is associated with induction of antioxidant defences. *Plant Growth Regul.* 41(1): 57-62.
- Naidoo, Y. and G. Naidoo. 1999. Citochemical localization of adenosine triphosphatase activity in salt glands of *Sporobolus virginicus* (L.) Kunth. *S. fr. J. Bot.* 65: 370-373.
- Neto, A.A.D., J.T. Prisco, Eneas Filho, C.E.B. de Abreu, and E. Gomes-Filho. 2006. Effect of salt stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of salt tolerant & salt sensitive maize genotypes. *Environmental & Experimental Botani* 56: 87-94.
- Neves, G.Y.S., P.C. Zonetti, M.L.L. Ferrarese., A.L. Braccini, and O. Ferrarese-Filho. 2005. Seed germinations and seedlings growth of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] under salt stress. *Biosci. J.*: 77-83.
- Okcu, G., M.D. Kaya, and M. Atak. 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). *Turk. J. Agric. For.* 29: 237-242.
- Park, J., T.W. Okita, and G.E. Edwards. 2009. Salt toleran mechanisms in single cell C4 species *Bienertia sinuspersici* and *Suaeda aralocaspica* (Chenopodiaceae). *Plant Science* 176: 616-626.
- Qi, Y.C., S.M. Zhang, L.P. Wang, M.D. Wang, H. Zhang. 2004. Overexpression of GST gene accelerates the growth of transgenic *Arabidopsis* under salt stress. *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology* 30: 517-522.
- Rastegar, Z. and M.A.S. Kandi. 2011. The Effect of Salinity and Seed size on seed reserve utilization and seedling growth of Soybean. *International Journal of Agricultural & Plant Production* 2(1): 1-4.
- Seckin, B., I. Turkan, A.H. Sekmen, and C. Ozfidan. 2010. The role of antioxidant defense systems at differential salt tolerance of *Hordeum marinum* Huds. (Sea Barley Grass) and *Hordeum vulgare* L. (Cultivated Barley). *Environ. Exp. Bot.* 69(1): 76-85.
- Sen, D. N., P. K. Kasera, and S. Mohammed. 2002. Biology and physiology of saline plants. *Handbook of Plant & Crop Physiology* 2nd ed. Marcel Dekker, Inc.. New York: 563-581.
- Shao, Q., N. Han, T.L. Ding, and B.S. Wang. 2006. Polyclonal antibody preparation and expression analysis of high-affinity K^{+} transporter *SsHKT1*. *Journal of Wuhan Botanical Research* 24: 292-297.
- Shao, Q., N. Han, TL. Ding, F. Zhou, & BS. Wang. 2014. *SsHKT1:1* is a Potassium Transporter of a C_3 Halophyte *Suaeda salsa* Involving in Salt Tolerance. *Functional Biology* 41:790-802
- Sobhanian, H. R. Razavizadeh, Y. Nanjo, A.A. Ehsanpour, F.R. Jazli, N. Motamed, and S. Komatsu. 2010. Proteome analysis of soybean leaves hypocotils and roots under salt stress. *Proteome Science* 8:19:1-15.
- Song, J. G.W. Shi, B. Gao, H. Fan, and B.S. Wang. 2011. Waterlogging and salinity effects on two *Suaeda salsa* populations. *Physiologia Plantarum* 141: 343-351.
- Sonon, L.S., S. Uttam, and E.K. David. 2012. Soil salinity: testing, data interpretation and recommendations. Agricultural and Environmental Services Laboratories. The Univ. of Georgia. 6 pp.
- Sposito, G. 2008. The Chemistry of Soil. Oxford University Press, New York. 321 pp.
- Sunarto. 2001. Toleransi Kedelai terhadap Tanah Salin. *Buletin Agronomi* 29(1): 27-30.
- Tan, K.H. 2000. Environmental Soil Science. Marcel Dekker New York.

- Triyani, A., Suwanto, dan S. Nurchasanah. 2013. Toleransi genotipe kedelai (*Glycine max* L. Merril.) terhadap konsentrasi garam NaCl pada fase vegetatif. *Agronomika* 13(1).
- Tunçtürk, M., R. Tunçtürk, and F. Yasar. 2008. Changes in micronutrients, dry weight, and plant growth of soybean (*Glycine max* L. Merrill) cultivars under salt stress. *African Journal of Biotechnology* 7(11): 1650-1654.
- USDA-ARS. 2008. Research database. (<http://www.ars.usda.gov/services/docs.htm?docid=8908>)
- Wang, L.P., Y.C. Qi, Y.X. Zhao, and H. Zhang. 2002. Cloning and Sequencing of GST Gene of *Suaeda salsa* and Its Expression Characteristics. *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology* 28: 133-136.
- Wang, P.P., C.L. Ma, K.F. Zhao, Y.X. Zhao, and H. Zhang. 2002a. Isolation and characterizing of a Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate synthase gene in *Suaeda salsa* under salinity stress. *Journal of Shandong Normal University (Natural Science)* 17: 59-62.
- Wang, P.P., C.L. Ma, Z.Y. Cao, Y.X. Zhao, and H. Zhang. 2002b. Molecular cloning and differential expression of myo-inositol-1-phosphate synthase gene in *Suaeda salsa* under salinity stress. *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology* 28: 175-180.
- Wang, B.S. U. Luttge, and R. Ratajczak. 2004. Specific regulation of SOD isoforms by NaCl and osmotic stress in leaves of the C3 halophyte *Suaeda salsa* L. *Journal of Plant Physiology* 161: 285-293.
- Wang, S.H., J.M. Tao, H.M. Zhang, and Z. Zhang. 2007. Molecular Cloning of Betaine Synthetase in *Suaeda salsa* and Construction of Plant Coexpression Vector in a Single Open Reading Frame with The 2A Region of FMDV. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica* 27: 215-222.
- Wang, F. N.Q. Zhong, P. Gao, G.L. Wang, H.Y. Wang, and G.X. Xia. 2008. SsTypA1, a Chloroplast-Specific TypA/BipA-type GTPase from The Halophytic Plant *Suaeda salsa*, Plays a Role in Oxidative Stress Tolerance. *Plant. Cell and Environment* 31: 982-994.
- Wang, S.Y. H.R. DUan, Li Wang, J.L. Zhang, and S.M. Wang. 2013. Molecular cloning and sequence analysis of plasma membrane Na⁺/H⁺ antiporter gene (SsSOS1) from Halophyte *Suaeda salsa*. <http://www.paper.edu.cn>
- Wu, G., Z. Zhou, P. Chen, X. Tang, H. Shao, and H. Wang. 2014. Comparative ecophysiological study of salt stress for wild and cultivated soybean species from the yellow river delta, China. *The Scientific World Journal* 1-13.
- Xu, X., R. Fan, R. Zheng, C. Li, D. Yu. 2011. Proteomic Analysis of Seed Germination under Salt Stress in Soybeans. *Journal of Zhejiang University-SCIENCE B (Biomedicine & Biotechnology)*: 507-517.
- Yokoi, S., R.A. Bressan, and P.M. Hasegawa. 2002. Salt stress tolerance of plant. *JIRCAS Working Report*: 25-33.
- Yuniati, R. 2004. Penapisan Galur Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) Toleran terhadap NaCl untuk Penanaman di Lahan Salin. *Makara Sains* 8(1): 21-24.