

Aplikasi kalsium dalam pengawalan masalah fisiologi buah

(Application of calcium in controlling fruit physiological disorder)

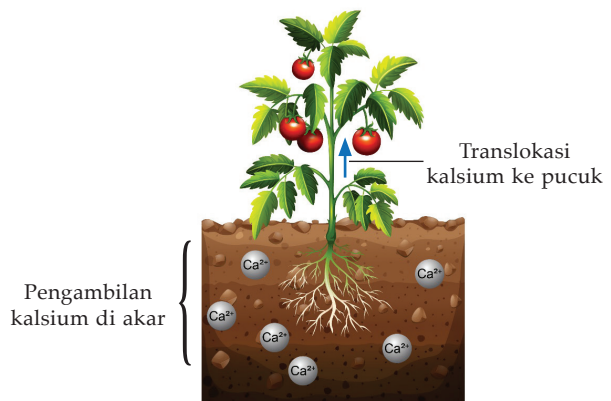
Muhammad Nurshafiq Azlan dan Adrain Ling Chieng Kuang

Pengenalan

Kandungan nutrien dalam pokok dan persekitaran boleh mempengaruhi pertumbuhan pokok dan buah. Kalsium diperlukan untuk pertumbuhan pokok dan banyak dijumpai dalam tumbuhan berbanding dengan nutrien dan ion dwivalen tak organik yang lain seperti magnesium (Mg^{2+}) dan zink (Zn^{2+}). Kalsium juga memainkan peranan dalam kestabilan dinding sel dan sebagai penghantar kedua dalam sitoplasma.

Kekurangan kalsium adalah faktor utama masalah fisiologi (*physiological disorder*) pada buah-buahan serta sayuran dan bukan disebabkan oleh faktor biotik seperti jangkitan penyakit, serangga, nematod atau haiwan. Tekanan persekitaran seperti kemarau, kemiskinan, cahaya, suhu serta ketidakseimbangan nutrien boleh menyebabkan kekurangan kalsium pada tumbuhan. Proses pengambilan kalsium akan terjejas sekiranya proses translokasi kalsium terganggu. Pengambilan dan translokasi kalsium dipengaruhi oleh sumber kalsium dalam tanah, pertumbuhan akar, pengambilan kalsium oleh akar, persaingan kalsium dengan unsur nutrien lain pada akar dan persaingan antara buah dan daun untuk kalsium di dalam sap xilem (*Gambar rajah 1*). Kesemua faktor ini memberi cabaran kepada petani dalam menangani masalah fisiologi buah atau sayuran di kawasan tanaman yang terbuka.

Kalsium yang cukup dalam buah adalah penting kerana kebanyakan buah yang bermasalah fisiologi mempunyai kandungan kalsium yang rendah. Masalah fisiologi adalah seperti reput dalam buah [*insidious fruit rot (IFR)*], reput hujung buah [*blossom end rot (BER)*], bitter pit dan soft nose. Kajian mendapati bahawa kandungan kalsium yang rendah mengakibatkan masalah BER pada buah tomato. Masalah IFR buah mangga Harumanis didapati berkait rapat dengan kandungan kalsium yang rendah dan nitrogen yang tinggi.



(Diilustrasi oleh: Mohammad Yusof Abdul Rashid)

Gambar rajah 1. Proses pengambilan dan translokasi kalsium dari tanah ke bahagian-bahagian pokok

Kepentingan kalsium dalam tumbuhan

Secara umumnya, kalsium merupakan unsur yang penting untuk proses pembahagian dan pemanjangan sel dalam pertumbuhan pokok. Pertumbuhan hujung akar mempunyai kaitan dengan pengambilan kalsium ke dalam sel akar. Gen *Cyclic Nucleotide Gated Channel 14* (CNGC14) mengawal atur kemasukan kalsium ke dalam hujung akar bagi tujuan pemanjangan sel yang mungkin berhubung kait dengan hormon auksin. Ini menunjukkan bahawa kalsium terlibat dalam proses pemanjangan sel di akar untuk pengambilan air dan nutrien secara optimum.

Selain itu, kalsium juga terlibat dalam penstrukturan sel yang menentukan keteguhan dinding sel dengan ikatan spesifik antara pektin dan lamela. Kalsium dalam sel menstabilkan membran melalui interaksi dengan fosfolipid. Kandungan kalsium yang rendah akan melemahkan dinding sel dan keadaan ini diperlukan di tiub debunga dan akar rambut untuk membolehkan pengembangan sel semasa pertumbuhan tip. Ketegaran dinding sel dikawal melalui pengawal aturan kalsium.

Kalsium memainkan peranan dalam pertahanan tumbuhan daripada serangan patogen. Kajian mendapati jika kalsium diaplikasi secara luaran boleh memberi manfaat kepada kerintangan tumbuhan terhadap patogen. Kajian ke atas tomato yang ditanam pada kepekatan kalsium yang berbeza (0.4 mM, 4.4 mM dan 20.4 mM) mendapati bahawa kepekatan kalsium yang paling tinggi (20.4 mM) dapat mengawal penyakit layu bakteria di mana *Ralstonia solanacearum* didapati berkurang di dalam xilem.

Kalsium dalam buah memberi tekstur yang pejal kepada buah kerana berfungsi untuk menstabilkan dinding sel dan mengekalkan tekstur semasa proses pemasakan buah. Kajian ke atas buah tomato mendapati bahawa kepekatan kalsium buah tomato dan keteguhan buah meningkat apabila kepekatan kalsium dalam larutan baja fertigasi meningkat. Selain itu, aplikasi kalsium klorida secara foliar seminggu sekali meningkatkan tahap kepejalan buah tomato berbanding tanpa semburan dengan kalsium klorida.

Masalah fisiologi buah yang berkaitan dengan kekurangan kalsium

Terdapat beberapa masalah fisiologi buah yang dikaitkan dengan masalah kekurangan kalsium dalam buah seperti IFR dan BER. Sesetengah masalah fisiologi dapat dikesan secara fizikal dan luaran, namun terdapat juga masalah fisiologi yang terjadi dalam buah dan kelihatan normal dari luar. Keadaan ini menyukarkan para petani untuk mengesan masalah fisiologi yang berlaku pada buah mereka.

Reput dalam buah [insidious fruit rot (IFR)]

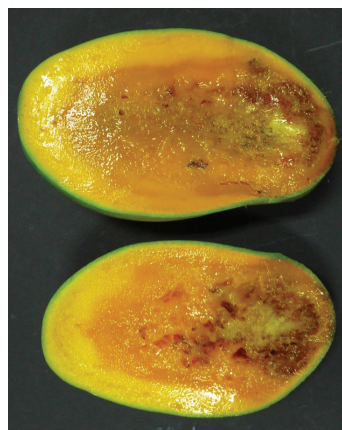
Masalah IFR adalah masalah fisiologi yang boleh dijumpai dalam buah mangga, avokado dan plum. Masalah *soft nose*, IFR, *tip pulp* dan *yeasty fruit rot* kadang-kala dianggap sama kerana mempunyai simptom yang serupa. Simptom IFR mangga Harumanis adalah seperti isi berair, lembik, berwarna kuning keperangan dan mempunyai bau seperti yis (*Gambar 1*). Ketidakeimbangan kalsium dan nitrogen serta saiz buah yang terlalu besar boleh menyebabkan kejadian IFR. Nisbah N/Ca melebihi 10 dan berat buah Harumanis yang melebihi 450 g meningkatkan kecenderungan IFR.

Reput hujung buah [blossom end rot (BER)]

Tomato merupakan salah satu sayuran jenis buah berkhasiat tinggi yang mudah didapati di pasaran. Tomato kini ditanam secara skala besar dengan menggunakan teknologi kawalan sistem yang canggih dan tepat untuk meningkatkan pengeluaran serta memastikan kualiti buah pada tahap optimum. Masalah BER sering berlaku pada tomato dan boleh ditemui pada tanaman famili Solanaceae yang lain. Simptom BER muncul pada kulit buah di hujung distal sebagai tompok kecil berwarna hitam keperangan di peringkat awal. Tompok tersebut akan membesar dan menjadi berair. Kejadian ini disebabkan oleh kekurangan kalsium dalam buah. Kajian mendapati bahawa risiko kejadian BER menjadi kritikal apabila Ca^{2+} di hujung distal buah tomato yang belum matang berkurang ke tahap $<0.20 \mu\text{mol g}^{-1}$ berat basah. Kadar pertumbuhan buah dan pengembangan sel yang tinggi telah dikaitkan dengan kejadian BER pada tomato, sepadan dengan kajian kejadian IFR pada mangga.

Aplikasi kalsium untuk mengurangkan kejadian masalah fisiologi buah

Oleh kerana masalah fisiologi buah dikaitkan dengan kekurangan kalsium, ia telah digunakan dalam usaha mengurangkan kejadian masalah tersebut. Aplikasi kalsium boleh dilakukan semasa prapenuaian dan lepas tuai untuk mengurangkan kejadian masalah fisiologi buah. Kalsium klorida (CaCl_2), kalsium nitrat (CaNO_3) dan easygro[®] telah dikaji dalam pengawalan masalah fisiologi *jelly seed* buah mangga Van Dyke. Kajian mendapati aplikasi kalsium secara semburan foliar pada peringkat pembentukan buah adalah paling efektif untuk mengurangkan kejadian *jelly seed* buah mangga. Semburan larutan CaCl_2 dengan kepekatan 2% pada peringkat pembentukan buah, iaitu peringkat 30 hari selepas pembentukan buah dan 30 hari sebelum kematangan buah (*Jadual 1*) adalah paling berkesan untuk mengurangkan kejadian *jelly seed* berbanding dengan kepekatan 0%, 1% dan 1.5% ataupun berbanding dengan CaNO_3 dan easygro[®].



Gambar 1. Simptom IFR pada buah Harumanis

Jadual 1. Teknik-teknik mengawal masalah fisiologi buah

Buah	Masalah fisiologi	Teknik aplikasi	Bahan/formulasi dan cara aplikasi
Mangga	<i>Jelly seed</i>	Semburan foliar CaCl_2	Semburan larutan CaCl_2 dengan kepekatan 2% pada peringkat pembentukan buah
		Semburan formulasi CaCl_2	Semburan larutan formulasi $10 \text{ gL}^{-1} \text{ NaCl}$, $25 \text{ gL}^{-1} \text{ CaCl}_2$, $0.5 \text{ gL}^{-1} \text{ KCl}$, $0.01 \text{ gL}^{-1} \text{ H}_3\text{BO}_3$, $0.01 \text{ gL}^{-1} \text{ CuSO}_4$, $0.01 \text{ gL}^{-1} \text{ ZnSO}_4$, $0.01 \text{ gL}^{-1} \text{ FeSO}_4$, $0.01 \text{ gL}^{-1} \text{ MnSO}_4$ dan $0.002 \text{ gL}^{-1} \text{ EDTA}$ pada peringkat 50 – 60% kematangan buah
Tomato	BER	Larutan baja	Larutan baja Ca/K pada nisbah 3:1 menggunakan teknik pengairan titisan
		Fertigasi baja CaCl_2	Kepekatan CaCl_2 pada 10 ppm diberikan melalui sistem fertigasi
		Perencat biosintesis GA	Semburan larutan <i>prohexadione-calcium</i> Apogee® (300 mgL^{-1}) iaitu sejenis perencat biosintesis GA
Epal	Kepejalan buah	Semburan baja nano kalsium	Semburan kalsium dilakukan pada pokok epal sebanyak lima kali bermula pada 70 hari selepas bunga berkembang penuh sehingga sebulan sebelum tuai dengan selang masa dua minggu antara semburan

Kajian ke atas masalah fisiologi *jelly seed* buah mangga Amrapali mendapati bahawa semburan larutan CaCl_2 adalah lebih berkesan dalam mengurangkan kejadian *jelly seed* berbanding dengan semburan larutan natrium klorida (NaCl). Semburan larutan formulasi $10 \text{ gL}^{-1} \text{ NaCl}$, $25 \text{ gL}^{-1} \text{ CaCl}_2$, 0.5 gL^{-1} kalium klorida (KCl), 0.01 gL^{-1} asid borik (H_3BO_3), 0.01 gL^{-1} kuprum sulfat (CuSO_4), 0.01 gL^{-1} zink sulfat (ZnSO_4), 0.01 gL^{-1} ferum sulfat (FeSO_4), 0.01 gL^{-1} mangan sulfat (MnSO_4) dan 0.002 gL^{-1} EDTA pada peringkat 50 – 60% kematangan buah didapati berkesan untuk mengurangkan kejadian *jelly seed* (Jadual 1).

Selain kalsium, nisbah Ca/K juga memainkan peranan dalam kejadian masalah fisiologi buah seperti BER. Kejadian BER didapati meningkat apabila nisbah Ca/K berkurangan dalam larutan baja yang diberi kepada pokok tomato di mana kejadian tersebut meningkat apabila nisbah Ca/K ialah 1:3 berbanding dengan nisbah 3:1 (Jadual 1).

Walaupun aplikasi kalsium boleh mengurangkan kejadian masalah fisiologi, namun aplikasi kalsium pada kepekatan yang berlebihan boleh mendatangkan kesan negatif kepada masalah tersebut. Kajian empat kepekatan CaCl_2 iaitu 0 ppm, 10 ppm, 100 ppm dan 500 ppm dalam sistem fertigasi tomato mendapati bahawa kejadian BER adalah lebih tinggi pada kepekatan CaCl_2 0 ppm (85%) berbanding dengan 10 ppm (71%) manakala keterukan gejala BER meningkat dengan signifikan pada kepekatan CaCl_2 0 ppm dan 500 ppm berbanding dengan 10 ppm. Aplikasi kalsium pada kepekatan sederhana (10 ppm) (Jadual 1) adalah lebih berkesan dalam pengawalan BER berbanding dengan kepekatan rendah (0 ppm) dan kepekatan terlalu tinggi (500 ppm). Kajian juga mendapati peningkatan saiz tomato berkorelasi secara positif dengan kejadian BER.

Kajian perbandingan aplikasi semburan CaCl_2 (0, 1, 1.5 dan 2%) dan nano-kalsium (0, 1.5, 2 dan 2.5%) telah dilakukan pada pokok epal. Semburan dilakukan sebanyak lima kali bermula pada 70 hari selepas bunga berkembang penuh sehingga sebulan sebelum tuai dengan selang masa dua minggu antara semburan (*Jadual 1*). Kepejalan buah epal didapati meningkat dengan aplikasi kalsium berbanding dengan kawalan dan kepejalan buah adalah lebih tinggi dengan aplikasi nano-kalsium berbanding dengan CaCl_2 .

Asid giberelik (GA) dilaporkan boleh mengurangkan pengambilan kalsium dan kepekatan kalsium apoplastik larut air. Ini mengakibatkan kejadian membran plasma mudah bocor (*leakier*) dan meningkatkan pembentukan BER pada tisu tomato. Oleh itu, perencat biosintesis GA boleh digunakan untuk mengurangkan BER. Dua varieti tomato Ace 55 (Vf) dan AB2 yang rentan kepada BER didapati tidak menunjukkan insiden BER dengan semburan larutan *prohexadione-calcium* Apogee[®] (300 mgL^{-1}), sejenis perencat biosintesis GA (*Jadual 1*). Sebaliknya pokok tomato dengan semburan larutan GA_{4+7} (300 mgL^{-1}) menunjukkan peningkatan BER sehingga mencapai 100%.

Kesimpulan

Kalsium adalah salah satu keperluan nutrien yang penting bagi tumbuhan. Kalsium yang cukup dapat mengekalkan kepejalan tekstur buah dan kestabilan dinding sel. Masalah fisiologi buah boleh berlaku akibat daripada kekurangan kalsium dalam buah. Berbagai jenis aplikasi kalsium seperti semburan foliar, formulasi larutan baja dan fertigasi didapati boleh mengurangkan masalah fisiologi buah. Setakat ini, aplikasi kalsium adalah cara yang paling lazim dan berkesan dalam pengawalan masalah fisiologi buah.

Penghargaan

Penulis mengucapkan ribuan terima kasih kepada Encik Mohammad Yusof Abdul Rashid atas ilustrasi dalam penulisan ini.

Bibliografi

- Bitange, N.M., Chemining'wa, G.N., Ambuko, J. dan Owino, W.O. (2020). Can calcium sprays alleviate jelly seed in mango fruits? *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics* 121(1): 35 – 42
- Domoto, P. (1998). Calcium helps prevent bad apples. *Iowa Horticulturist* 14(4): 16 – 18
- Dodds, G.T., Trenholm, L., Rajabipour, A., Madramootoo, C.A. dan Norris, E.R. (1997). Yield and quality of tomato fruit under water-table management. *Journal of the American Society Horticulture Science* 122: 491 – 498

- Freitas, S.T., Shackel, K.A. dan Mitcham, E. (2011). Absciscic acid triggers whole-plant and fruit-specific mechanisms to increase fruit calcium uptake and prevent blossom end rot development in tomato fruit. *Journal of Experimental Botany* 62: 2645 – 2656
- Hamson, A.R. (1952). Factors which condition firmness in tomatoes. *Food Research* 17: 370 – 379
- Hanger, B.C. (1979). The movement of calcium in plants. *Communication in Soil Science and Plant Analysis* 10: 171 – 193
- Hepler, P.K. (2005). Calcium: a central regulator of plant growth and development. *Plant Cell* 17: 2,142 – 2,155
- Ho, L.C. (1989). Environmental effects on the diurnal accumulation of ⁴⁵Ca by young fruit and leaves of tomato plants. *Annals of Botany* 63: 281 – 288
- Keiser, J.R. dan Mullen, R.E. (1993). Calcium and relative humidity effects on soybean seed nutrition and seed quality. *Crop Science* 33: 1,345 – 1,349
- Kitemann, D., Neuwald, D.A. dan Streif, J. (2009). Influence of calcium on fruit firmness and cell wall degrading enzyme activity in ‘Elstar’ apples during storage. In *VI International Postharvest Symposium* 877: 1,037 – 1,043
- Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. San Diego: Academic Press
- McLaughlin, S.B. dan Wimmer, R.T. (1999). Tansley Review No. 104. Calcium physiology and terrestrial ecosystem processes. *New Phytologist* 142: 373 – 417
- Nxumalo, K.A., Matswane, C. dan Masarirambi, M.T. (2019). Calcium-related post-harvest physiological disorders of fruits and vegetables in Eswatini: a review. *Journal of Applied Science and Technology* 33(6): 1 – 10
- Ranjbar, S., Rahemi, M. dan Ramezani, A. (2018). Comparison of nano-calcium and calcium chloride spray on postharvest quality and cell wall enzymes activity in apple cv. Red Delicious. *Scientia Horticulturae* 240: 57 – 64
- Reitz, N.F., Shackel, K.A. dan Mitcham, E.J. (2021). Differential effects of excess calcium applied to whole plants vs. excised fruit tissue on blossom-end rot in tomato. *Scientia Horticulturae* 290: 110,514
- Seshadria, S., Manoharana, S. dan Shankar Singh, H. (2019). Preventive regulation of jelly seed disorder in ‘Amrapali’ mango (*Mangifera indica*) by preharvest spray. *Horticultural Plant Journal* 5(2): 70 – 78
- Tarmizi, A.S., Tengku, T.M., Pauziah, M. dan Zahrah, T. (1993). Incidence of insidious fruit rot as related to mineral nutrients in Harumanis mangoes. *Journal of the Malaysian Agricultural Research and Development Institute* 21: 43 – 49
- Taylor, M.D. dan Locascio, S.J. (2004). Blossom-end rot: A calcium deficiency. *Journal of Plant Nutrition* 27(1): 123 – 139
- Thor, K. (2019). Calcium—Nutrient and messenger. *Frontiers in Plant Science* 10: 440

- Yamazaki, H., Kikuchi, S., Hoshina, T. dan Kimura, T. (2000). Effect of calcium concentration in nutrient solution on development of bacterial wilt and population of its pathogen *Ralstonia solanacearum* in grafted tomato seedlings. *Soil Science and Plant nutrition* 46(2): 535 – 539
- Yoshida, Y., Irie, N., Vinh, T. D., Ooyama, M., Tanaka, Y., Yasuba, K. dan Goto, T. (2014). Incidence of blossom-end rot in relation to the water-soluble calcium concentration in tomato fruits as affected by calcium nutrition and cropping season. *Journal of the Japanese Society for Horticulture Science* 83: 282 – 289
- Zhang, S., Pan, Y., Tian, W., Dong, M., Zhu, H., Luan, S. dan Li, L. (2017). *Arabidopsis* CNGC14 mediates calcium influx required for tip growth in root hairs. *Molecular Plant* 10: 1,004 – 1,006

Ringkasan

Proses pertumbuhan pokok memerlukan sumber nutrien yang cukup dan seimbang. Kalsium merupakan unsur yang penting pada dinding sel dan membran untuk memberi struktur sel yang kuat serta memberi tekstur pejal pada buah. Kalsium juga berfungsi untuk pembahagian dan pemanjangan sel semasa pertumbuhan pokok dan buah. Pergerakan kalsium dalam xilem daripada akar ke seluruh pokok termasuk buah melalui proses translokasi dan pembahagian kalsium berlaku antara daun dan buah. Kekurangan kalsium boleh melemahkan struktur sel, meningkatkan kerentanan pokok terhadap serangan patogen dan mengakibatkan masalah fisiologi buah seperti IFR dan BER. Aplikasi kalsium kepada tumbuhan secara semburan foliar, formulasi larutan baja dan fertigasi dapat mengurangkan masalah fisiologi buah.

Summary

Plant development requires an adequate and balanced source of nutrients. Calcium is an important element in cell walls and membranes to provide strong cell structure, and firmness of the fruit. It is also involved in cell division and elongation during plant and fruit growth. Calcium moves in xylem from the roots to all parts of the plant including the fruit through translocation process and calcium partitioning happens between the leaves and the fruit. Calcium deficiency weakens the cell structure, increases plant susceptibility to the pathogens and is a causal factor for the occurrence of fruit physiological disorders such as IFR and BER. Calcium application through foliar spray, fertiliser formulation and fertigation can reduce fruit physiological disorder.

Pengarang

Muhammad Nurshafiq Azlan
Jabatan Penyelidikan dan Pembangunan
Tingkat 36, Menara FELDA, Platinum Park
No. 11 Persiaran KLCC, 50088 Kuala Lumpur
E-mel: nurshafiq.a@felda.net.my

Adrain Ling Chieng Kuang (Dr.)
Pusat Penyelidikan Bioteknologi dan Nanoteknologi
Ibu Pejabat MARDI, Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor