

Teknologi baja GREENCOAT: Formulasi pelepasan nutrien terkawal masa bagi tanaman mangga

(*GREENCOAT fertiliser technology: Time-controlled nutrient release formulation for mango crops*)

Muhammad Syahren Adzahr, Zul Helmey Mohamad Sabdin, Muhammad Hafiz Muhammad Hassan, Norsyahidah Mohd Sam dan Wan Mahfuzah Wan Ibrahim

Kata kunci: agropolimer, baja pelepasan nutrien terkawal masa (CRF), mangga, teknologi baja, larut lesap nutrien

Pengenalan

Di Malaysia, mangga (*Mangifera indica*) adalah antara buah-buahan tempatan premium yang berada di pasaran tempatan. Jumlah keseluruhan tanaman mangga adalah seluas 4,424 hektar dengan statistik pengeluaran 9,340 tan setahun berdasarkan Perangkaan Agromakanan 2024. Sebanyak 39.5% pengeluaran mangga adalah daripada varieti popular Harumanis (*Mangifera indica* Linn) di negeri Perlis yang melibatkan jumlah petani seramai 2,693 orang dengan nilai pengeluaran mencapai RM44.48 juta setahun. Keutamaan telah diberikan kepada pihak MARDI melalui inisiatif Penyelidikan dan Pembangunan (R&D) bagi meningkatkan lagi produktiviti dan kualiti mangga tempatan sekali gus meningkatkan lagi peratusan kadar sara diri (SSL) yang masih lagi rendah iaitu sekitar 19%. Dana inisiatif ini adalah daripada peruntukan Akaun Pembekalan dan Penggunaan Komoditi Pertanian Terpilih 2019 – 2023.

Dalam konteks pengurusan nutrien bagi tanaman mangga, keperluan sumber pembajaan ialah 90% daripada mineral dan pemprosesan kimia. Kesemua sumber ini diperoleh melalui penghasilan tempatan seperti baja urea dan juga melalui import seperti ammonium sulfat, kalsium ammonium nitrat, fosfat rock, super fosfat, ammonium fosfat, potasium klorida, potasium sulfat serta baja sebatian NPK (nitrogen, fosforus, kalium), NP dan PK. Penyelidikan juga menunjukkan hanya 50% aplikasi nutrien N diserap oleh tumbuhan seperti pokok buah-buahan. Faktor ketidakcekapan pengambilan nutrien N adalah disebabkan kehilangan pada peringkat aplikasi baja seperti pemeruapan, denitrifikasi, hakisan tanah dan larut lesap. Aplikasi nutrien P yang berlebihan pula akan mengakibatkan masalah risiko ekologi iaitu pengumpulan P berlebihan dalam tanah dan larut lesap N-P ke dalam air sungai mengakibatkan masalah eutrofikasi. Keadaan ini berlaku disebabkan amalan aplikasi baja yang banyak sehingga berlebihan dan berulang kali, namun akhirnya menyebabkan kehilangan baja melalui proses larut lesap dan hakisan yang disebabkan taburan hujan yang banyak. Pada amnya, pengambilan nutrien oleh tanaman hanyalah sekitar 30 – 40% sahaja dan lebihan baja mengakibatkan pembaziran serta pencemaran alam sekitar.

Justeru, bagi menangani masalah tersebut, penggunaan baja pintar pelepasan nutrien terkawal masa (CRF) dilihat sebagai penyelesaian berkesan dalam mengurangkan kehilangan nutrien ke persekitaran malah dapat membekalkan keperluan nutrien secara optimum mengikut masa yang diperlukan oleh tanaman. Kerja aplikasi dan jumlah pembajaan bagi tanaman buah-buahan berlaku secara berterusan sepanjang tahun. Maka, jumlah kehilangan nutrien ke persekitaran juga tinggi. Melalui penggunaan CRF, masalah kehilangan nutrien dapat dikurangkan selain keperluan nutrien bagi tanaman dapat dibekalkan terutama pada tahap kritikal pertumbuhan. Namun, kos CRF dipasaran adalah 2 – 3 kali ganda lebih mahal berbanding dengan baja konvensional tanpa salutan. Selain itu, CRF yang berada di pasaran menggunakan salutan polimer kimia yang mengandungi sisa plastik yang amat sukar terurai dalam tanah. Namun, terdapat beberapa kajian yang telah dijalankan menunjukkan potensi penggunaan agro/bio-polimer bagi penghasilan baja CRF. Potensi ini adalah berdasarkan ciri bahan agropolimer yang mudah rapuh serta meresap kandungan air yang tinggi sehingga 200%. Pada tahun 2016, satu penyelidikan yang telah dijalankan oleh MARDI telah menghasilkan bahan ekstrak agropolimer berserta komposisi terbitannya. Bahan salutan agropolimer ini telah dibangunkan daripada pelbagai sisa pertanian. Pencirian fungsi bahan sebagai salutan baja menunjukkan pelepasan nutrien berlaku secara perlahan kerana ciri fizikal dan komposisi molekul yang berbeza menentukan kadar masa pereputan dalam tanah.

Oleh yang demikian, bawah inisiatif dana yang diperuntukkan, satu formulasi agropolimer sebagai bahan salutan baja pelepas perlahan yang mesra alam menggunakan pelbagai bahan pengikat dan modifikasi kimia fizikal telah dibangunkan sekali gus membentuk *nutrient release pattern* dalam baja salutan sebatian yang bersesuaian untuk tanaman mangga iaitu teknologi baja GREENCOAT. Pembangunan baja GREENCOAT ini juga bertujuan untuk mengurangkan jumlah dan frekuensi aplikasi baja. Mekanisme secara ringkas, GREENCOAT akan menyerap air melalui salutan polimer dalam tempoh tertentu, seterusnya membebaskan nutrien ke persekitaran secara berperingkat untuk serapan tumbuhan mengikut tahap pertumbuhan yang diperlukan.

Konsep teknologi baja GREENCOAT untuk tanaman mangga

Formulasi baja GREENCOAT ini direka menggunakan formulasi bahan salutan agropolimer yang terdiri daripada bahan ekstrak polisakarida berserta komposisi terbitannya (pektin, selulosa, hemiselulosa dan lignin) daripada pelbagai jenis sisa pertanian. Bahan salutan mesra alam yang dihasilkan ini adalah bagi mengelakkan kehilangan baja nutrien ke persekitaran dan meningkatkan kadar serapan nutrien mengikut keperluan dan fasa pertumbuhan tanaman. Kapasiti pasaran baja sebatian adalah sebanyak 1.5 juta tan setahun. Melalui penggunaan baja CRF mesra alam ini, ia dapat menjimatkan input baja sebanyak 25 – 50% dan kekerapan aplikasi baja sebanyak 50 – 75%. Formulasi agropolimer yang telah dibangunkan ini adalah

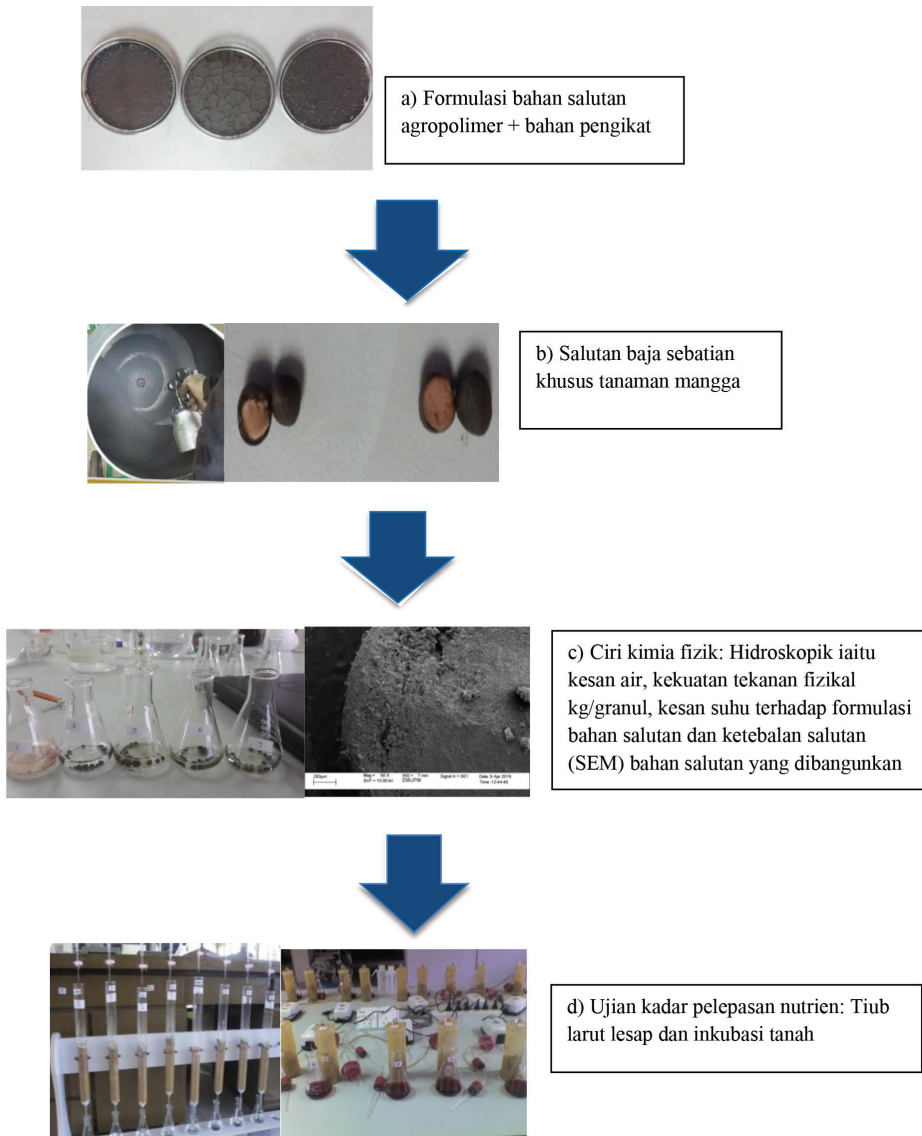
mesra alam dan melalui proses modifikasi fizikal kimia dengan bahan pengikat bersesuaian bagi formulasi keperluan nutrien tanaman mangga. Pencirian fungsi komposisi terbitan bahan-bahan tersebut menunjukkan ciri-ciri yang sesuai untuk formulasi salutan baja pelepasan nutrien secara perlahan selain fungsi fizikal dan komposisi molekul yang berbeza bagi menentukan kadar masa pereputan dalam tanah. Pengoptimuman parameter formulasi hibrid komposit tersebut dilakukan dari segi pengotimuman jisim molekul [*molecular weight* (MW)], peratus karbon, ketebalan/lapisan salutan, pembentukan dan saiz partikel, suhu, hidroskopi, porositi, kandungan kelembapan dan kestabilan fizikal bahan bagi menghasilkan satu salutan yang efektif.

Formulasi yang dihasilkan diuji dalam tiub larut resap dan melalui ujian inkubasi tanah dalam tempoh masa 6 – 8 bulan bagi mengkaji kandungan nutrien yang dilepaskan dalam kondisi tanah mineral. Penggunaan semua parameter formulasi untuk bahan salutan komposit yang dibangunkan adalah khusus bagi mengawal pelepasan nutrien untuk tanah tempatan dan disesuaikan dengan keperluan tanaman mangga secara spesifik dengan mengambil kira kadar nutrien seimbang seperti peringkat pertama iaitu menggalakkan pembentukan pucuk baharu di mana kandungan pembebasan nutrien yang diperlukan iaitu nitrogen (N) lebih tinggi berbanding dengan fosforus (P) dan kalium (K). Bagi peringkat kedua pula adalah pertumbuhan bunga di mana keperluan nutrien P dan K adalah lebih tinggi berbanding dengan N. Seterusnya peringkat ketiga adalah pembentukan buah iaitu nutrien K diperlukan lebih tinggi berbanding dengan N dan P. Selain N, P dan K, formulasi turut dilengkapi dengan unsur makro yang lain seperti magnesium dan kalsium (Mg, Ca) serta unsur mikro (B, Cu, Zn, Fe, Mn, Mo) sebagai nutrien tambahan yang penting dan diperlukan oleh tumbuhan.

Proses penghasilan formulasi GREENCOAT mangga

Penghasilan teknologi ini menggunakan sisa pertanian dari lapangan seperti tandan kelapa sawit kosong [*empty fruit bunch* (EFB)], kulit nangka, sisa jagung dan sisa nanas. Sisa pertanian ini dikumpul sebelum dikeringkan untuk proses seterusnya. Selepas pengeringan, sisa tersebut dikisar menjadi serbuk bagi mengekstrakan pelbagai komponen dalam agropolimer seperti pektin, selulosa, hemiselulosa dan lignin. Bahan salutan agropolimer diekstrak secara kaedah pengasingan kimia dan diformulasikan menggunakan bahan pengikat mengikut nisbah parameter tertentu menjadi bahan salutan polimer. Bagi proses salutan baja pula, turut menggunakan bahan pengikat mengikut nisbah peratusan tertentu. Sebelum diuji secara kimia dan fizikal di makmal, formulasi komposisi agropolimer dibangunkan terlebih dahulu mengikut parameter kadar pereputan agropolimer dalam tanah. Kadar pereputan agropolimer yang terpilih adalah berdasarkan MW setiap bahan iaitu antara 100,000 – 200,000 g/mol bagi proses salutan baja sebatian khusus untuk tanaman mangga. Proses seterusnya adalah penentuan kadar pelepasan nutrien (*nutrient release pattern*) menggunakan tiub larut lesap dan inkubasi tanah yang dijalankan di makmal mengikut penentuan kadar pelepasan nutrien

yang diperlukan khusus bagi tanaman mangga. Ujian inkubasi dan larut lesap ini dijalankan ke atas beberapa formulasi yang dihasilkan bagi pemilihan formulasi terbaik sebelum ujian di lapangan. Proses penentuan parameter bagi pemilihan formulasi bahan salutan yang dibangunkan serta keberkesanan formulasi baja GREENCOAT di peringkat makmal seperti dalam *Carta alir 1*.



Carta alir 1. Proses penghasilan formulasi bahan salutan baja GREENCOAT mangga

Pencirian fizik kimia baja GREENCOAT mangga di makmal

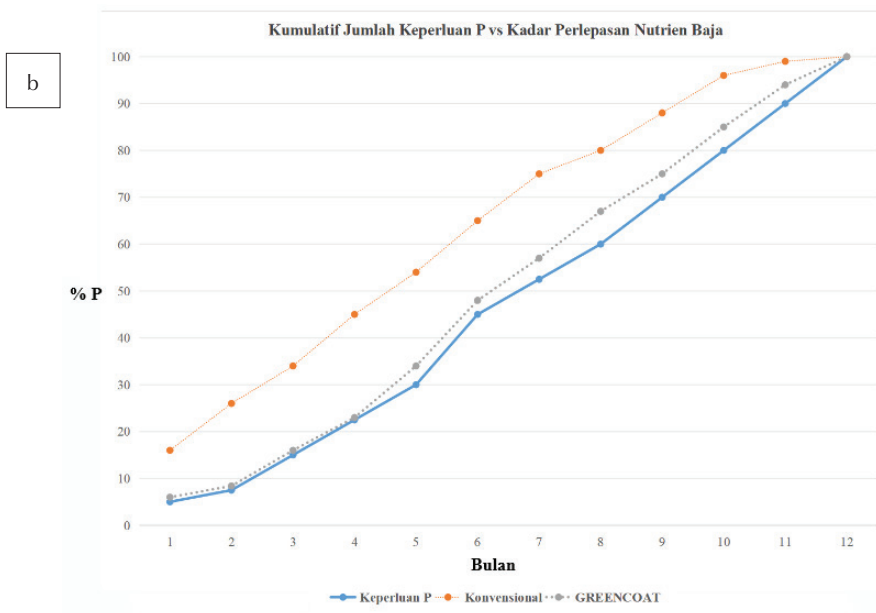
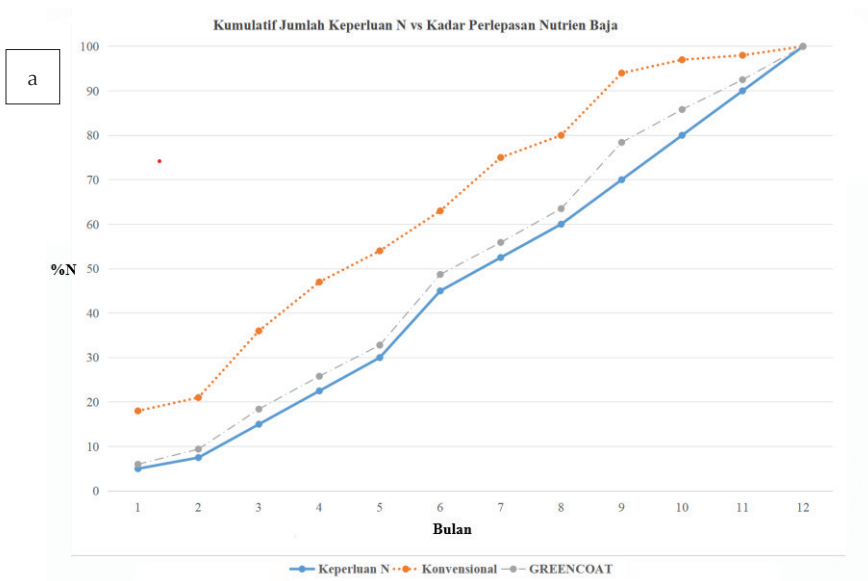
Teknologi baja GREENCOAT mangga yang berasaskan formulasi bahan salutan agropolimer direka bagi kadar pelepasan nutrien 6 – 8 bulan bagi memenuhi keperluan tanaman mangga dengan nisbah nutrien NPK + TE; 12:9:18:3 + TE. Parameter seperti keseimbangan formulasi kandungan makro dan mikronutrien ini penting bagi memastikan kadar pelepasan nutrien yang mencukupi bagi keperluan tanaman manakala ketebalan salutan menentukan berapa lama baja salutan tersebut dapat bertahan dalam tanah, di mana bagi tanaman mangga telah ditetapkan tempoh selama 6 – 8 bulan berdasarkan kajian yang telah dijalankan. Beberapa parameter pencirian fizik kimia turut dianalisis seperti dalam *Jadual 1* bagi memastikan kadar pelepasan nutrien dapat dikawal seperti peratusan kandungan abu ataupun kadar ikatan karbon dalam formulasi, ketahanan suhu, kekuatan mekanikal granul baja salutan dan peratusan porositi kadar serapan air yang memainkan peranan penting dalam menyerap air sama ada melalui pengairan/hujan bagi melarutkan baja sebatian sekali gus melepaskan kandungan nutrien mengikut masa yang telah ditetapkan. Sebanyak 125 formulasi telah dibangunkan mengikut pelbagai nisbah peratusan komposisi agropolimer dan kesemua bahan pengikat tersebut telah diuji di peringkat makmal sebelum pengesyoran formulasi ini dibuat.

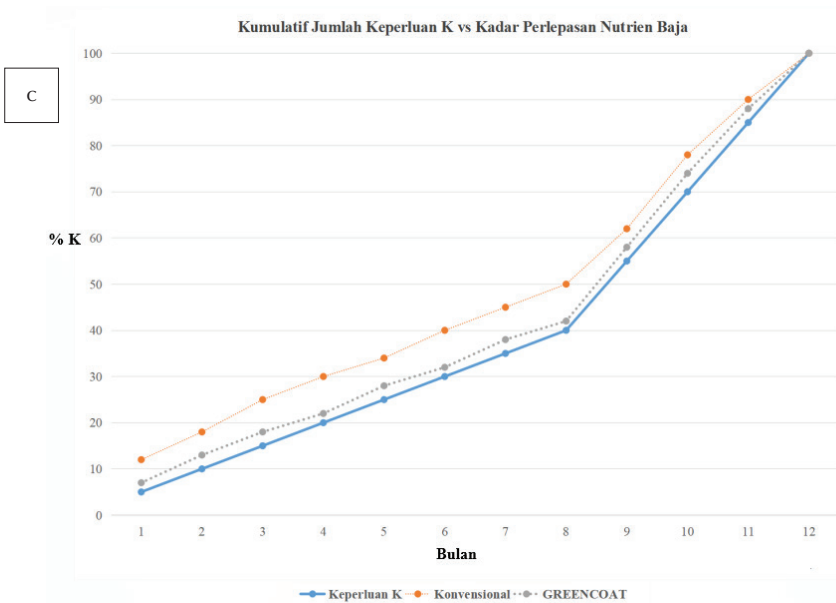
Jadual 1. Pencirian fizik dan kimia formulasi baja GREENCOAT mangga

Parameter		GREENCOAT mangga
Makronutrien (%)	N	12.0
	P ₂ O ₅	9.0
	K ₂ O	18.0
	MgO	3.0
Mikronutrien (ppm)	B	45.0
	Mn	5.0
	Zn	10.0
Tebal salutan (µm)		3.10 – 3.55
Porositi (%)		45 – 50
Kandungan abu (%)		0.6 – 1.2
Kesan suhu (°C)		50 – 80
Kekuatan (kg/granul)		4.0 – 6.0

Satu pangkalan data bagi semua parameter ini telah dibangunkan dalam satu olahan bagi mendapatkan formulasi terbaik, khusus untuk tanaman mangga. Baja pintar mangga ini mempunyai kadar pelepasan nutrien N, P dan K yang lebih rendah berbanding dengan baja konvensional sepanjang 12 bulan bagi memenuhi keperluan nutrien tanaman mangga melalui ujian makmal yang dilakukan menggunakan tiub larut lesap dan inkubasi tanah. *Rajah 1* menunjukkan kadar pelepasan makro nutrien bagi N, P dan K bagi formulasi terbaik yang memenuhi kadar keperluan nutrien tanaman mengikut pengesyoran

kaedah *Diagnosis and Recommendation Integrated System* (DRIS). Perbandingan juga dibuat dengan pengesyoran baja konvensional yang menunjukkan kadar pelepasan nutrien yang amat tinggi berbanding dengan graf kadar pelepasan nutrien formulasi GREENCOAT dan keperluan tanaman mangga. Kadar pelepasan nutrien terkawal ini amat penting bagi meningkatkan kecekapan nutrien di samping mengurangkan kehilangan nutrien baja yang agak intensif saban tahun.





Rajah 1. Kumulatif kadar perlepasan nutrien (kg/ha) bagi aplikasi baja konvensional dan GREENCOAT berbanding dengan keperluan nutrien tanaman mangga bagi 12 bulan. (a) Nitrogen (N), (b) Fosforus (P) dan (c) Kalium (K)

Kajian lapangan baja CRF GREENCOAT mangga

Kajian lapangan baja GREENCOAT mangga telah dijalankan di MARDI Sintok, Kedah selama dua musim (*Gambar 1*). Hasil kajian menunjukkan pengurangan kos pengeluaran ladang dapat dikurangkan di mana frekuensi aplikasi sehingga 66.7%, di mana aplikasi baja GREENCOAT dua kali setahun iaitu ketika pemangkasan untuk pertumbuhan pucuk baru dan pembesaran buah berbanding dengan baja konvensional yang perlu diaplikasi tiga kali setiap musim penanaman (*Jadual 2*). Kajian tersebut juga mendapati terdapat peningkatan hasil sebanyak 20.4 – 33.9% tanpa berlaku perbezaan signifikan dari segi kualiti buah. Jumlah kadar penggunaan baja juga dapat dikurangkan sebanyak 25.9% bagi N, 43.8% P_2O_5 dan 20.6% K_2O berbanding dengan amalan konvensional (*Jadual 3*). Penggunaan baja CRF GREENCOAT mangga yang cekap dan mesra alam ini sekali gus dapat membantu mengurangkan kos pekerja selain kos pembajaan.



Gambar 1. Plot eksperimen, aplikasi GREENCOAT mangga di lapangan dan pengambilan data hasil dan kualiti buah mangga di MARDI Sintok, Kedah

Jadual 2. Masa dan kadar aplikasi baja konvensional berbanding dengan baja GREENCOAT bagi tanaman mangga

Masa aplikasi (bulan)	Konvensional 12:12:17:2 (g/pokok)	GREENCOAT mangga 12:9:18:3 (g/pokok)
1 (pemangkasan)	450	506.25
5 (pertumbuhan)	450	-
9 (buah)	450	506.25

Jadual 3. Perbezaan purata hasil kg/pokok, kualiti buah dan aplikasi nutrien bagi baja konvensional dan GREENCOAT mangga di plot MARDI Sintok, Kedah 2018 – 2019 dan 2019/2020

Parameter	2018/2019		2019/2020	
	Konvensional	GREENCOAT mangga	Konvensional	GREENCOAT mangga
Purata hasil (kg/pokok)	13.18	15.87 (+20.4%)	12.55	16.81 (+33.9%)
Panjang buah (cm)	129.28	129.19	131.10	131.29
Diameter buah (cm)	83.19	81.98	86.16	87.24
TSS (%)	15.76	15.19	15.07	15.12
Aplikasi N (kg/pokok)	0.162	0.120 (-25.9%)	0.162	0.120 (-25.9%)
Aplikasi P ₂ O ₅ (kg/pokok)	0.162	0.0911 (-43.8%)	0.162	0.0911 (-43.8%)
Aplikasi K ₂ O (kg/pokok)	0.2295	0.1823 (-20.6%)	0.2295	0.1823 (-20.6%)

Kesimpulan

Melalui teknologi CRF GREENCOAT ini, petani dan pengusaha tanaman mangga dapat menjimatkan kos pengeluaran dengan mengurangkan pembaziran baja ke persekitaran. Selain itu, teknologi ini juga berpotensi diperluaskan kepada tanaman buah-buahan bermusim lain dengan tempoh keperluan nutrien selama 6 – 8 bulan seperti tanaman durian, rambutan, manggis, cempedak, duku dan sebagainya. Sisa pertanian tempatan berpotensi menghasilkan agropolimer pada kos rendah dan mesra alam berbanding dengan salutan polimer dan bahan kimia resin dengan harga pasaran 2 – 3 kali ganda lebih tinggi. Penjimatan kos aplikasi juga dapat dikurangkan sehingga 66.7% di mana pengesyoran aplikasi baja GREENCOAT adalah dua kali setahun berbanding dengan aplikasi baja konvensional selama tiga kali. Dari segi keselamatan persekitaran, baja salutan pelepasan nutrien terkawal masa (CRF) di pasaran kebanyakannya menggunakan bahan salutan kimia seperti sulfur, formaldehid, *polyolefin*, *polyvinyl chloride* (PVC), *polysulfone* (PSF), *polyacrylamide* (PA) dan *polylactic acid* (PLA) di mana penggunaan bahan-bahan berasaskan plastik tersebut mempunyai tempoh pereputan yang lama serta boleh mencemarkan alam sekitar. Manakala formulasi GREENCOAT yang dihasilkan adalah berdasarkan MW (jisim molekul) agropolimer dan kestabilan melalui modifikasi secara kimia dan fizikal dengan salutan poros air dan 100% pereputan secara semula jadi. Justeru, penggunaannya tidak memberi risiko kepada pencemaran persekitaran. Selain itu, kadar pelepasan terkawal GREENCOAT mampu meningkatkan peratus keberkesanan nutrien dengan mengurangkan kehilangan nutrien N sebanyak 25.9%, 43.8% P_2O_5 dan 20.6% K_2O khusus untuk keperluan tanaman mangga.

Penghargaan

Penghargaan kepada kakitangan di MARDI Serdang dan MARDI Sintok yang banyak membantu dalam menjayakan projek ini. Setinggi penghargaan juga kepada MARDI dengan sokongan dana PRP405 di bawah projek Pembangunan RMK-11 Buah-buahan.

Bibliografi

- Allison, F. E. (1966). The face of nitrogen applied to soils. *Adv. Agron.* 18, 219–258.
- Bhaduri, D., & Pal, S. (2013) Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS): concepts and applications on nutritional diagnosis of plants. *J. Soil and Water Sci. Conserv.* 12(1), 70–79.
- Carpenter, S. R. (2008). Phosphorus control is critical to mitigating eutrophication. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 105, 11039–11040.
- Duran Zuazo, V. H., Martinez Raya, A., Aguilar Ruiz, J., & Franco Tarifa, D. (2004). Impact of salinity on macro and micronutrients uptake in mango with different rootstocks. *Spain. J. Agri. Res.*, 2 (1), 121–133.
- Maher, M. J. (1998). Horticultural Growing Media and Plant Nutrition. *Teagasc*. 19 Sandymount Avenue, Balsbridge, Dublin.

- Muhammad Syahren, A., Muhammad Hanafi, M., & Roslan, I. (2016). Extraction and Analysis of Polysaccharides from Various Malaysian Agrowaste. *Technical Report 2015, Crop and Soil Science Research Centre*, 312–305.
- Muhammad Syahren, A., Muhammad Hafiz, M. H., Zulhilmey, M. S., Norsyahidah, M.S., Wan Mahfuzah, W. I., & Norfadilah, A. H. (2021). Pembangunan Formulasi Baja Pintar GreenCoat untuk Tanaman Betik dan Mangga. Seminar Buah-buahan Kebangsaan 2021, MARDI-TFNET, Serdang, Selangor.
- Perangkaan Agromakanan (2024). Penerbitan Perangkaan Agromakanan 2024, Kementerian Pertanian dan Keterjaminan Makanan.
- Syers, J. K. (1996) Nutrient budgets: uses and abuses. In: Soil data for sustainable land uses: A training workshop for Asia. *IBSRAM-Thailand Proceedings* 15, 163–168.
- Xiaoyun, M., & Zongwen, L. (2005). Controlled-release fertilizer (CRF): A green fertilizer for controlling non-point contamination in agriculture. *J. Env. Sci.*, 17(2), 181–184.

Ringkasan

Pembangunan baja pelepasan nutrien terkawal masa GREENCOAT telah dijalankan melalui ujian makmal dan lapangan untuk memenuhi keperluan spesifik tanaman mangga. Beberapa parameter penting telah dibangunkan, termasuk formulasi komposisi bahan salutan agropolimer dari segi jisim molekul, ketebalan salutan, formasi partikel, suhu, porositi, kestabilan fizikal, dan kadar pereputan dalam tanah. Agropolimer ini adalah bahan mudah reput yang mampu menyerap air sehingga 200%, menjadikannya sesuai sebagai salutan baja pelepasan perlahan. Agropolimer yang dihasilkan daripada sisa pertanian tempatan digunakan sebagai bahan salutan bagi menggantikan salutan polimer kimia yang sukar reput. Penggunaan bahan mesra alam dengan modifikasi kimia fizikal mampu mengurangkan penggunaan baja sebanyak 25% dan kekerapan aplikasi baja sebanyak 66.7%, di mana hanya dua kali pembajaan setahun berbanding dengan tiga kali setahun menggunakan pembajaan konvensional. Berdasarkan kajian yang dijalankan, formulasi baja pintar GREENCOAT mangga mampu meningkatkan keberkesanan pengambilan nutrien sekali gus dapat mengurangkan kehilangan nutrien dengan ketara (N: 25.9%, P: 43.8%, K: 20.6%) menjadikan baja GREENCOAT satu teknologi bernilai tambah untuk petani dan menyokong kelestarian pertanian yang lebih mesra alam.

Summary

The development of GREENCOAT time-controlled nutrient release fertiliser was carried out through laboratory and field tests to meet the specific needs of mango crops. Several important parameters were developed, including the formulation of the agro-polymer coating composition in terms of molecular mass, coating thickness, particle formation, temperature, porosity, physical stability, and decomposition rate in the soil. This agro-polymer is a biodegradable material that can absorb water up to 200%, making it suitable as a slow-release fertiliser coating. Agro-polymers produced from local agricultural waste are used as coating materials to replace chemical polymer coatings that are difficult to decompose. The use of environmentally friendly materials with chemical-physical modifications has reduced the amount by 25% and the frequency of fertiliser application by 66.7%, requiring only twice-yearly fertilisation compared to three times in conventional methods.

The tests found that the GREENCOAT mango smart fertiliser formulation can increase nutrient effectiveness while significantly reducing nutrient loss (N: 25.9%, P: 43.8%, K: 20.6%). making GREENCOAT fertiliser a value-added technology for farmers and supporting more environmentally friendly agricultural sustainability.

Pengarang

Muhammad Syahren Adzahar (Ch.M)
Pusat Penyelidikan Sains Tanah, Air dan Baja, Ibu Pejabat MARDI,
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor
E-mel: syahren@mardi.gov.my

Zul Helmey Mohamad Sabdin dan Muhammad Hafiz Muhammad Hassan
Pusat Penyelidikan Hortikultur, Stesen MARDI Sintok,
06050 Bukit Kayu Hitam, Kedah

Nor Syahidah Md Sam
Pusat Penyelidikan Sains Tanah, Air dan Baja, Ibu Pejabat MARDI,
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

Wan Mahfuzah Wan Hassan
Pusat Penyelidikan Hortikultur, Ibu Pejabat MARDI,
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor