

THE EFFECT OF PLANT SPACING VARIATION, FERTILIZATION, AND HARVESTING SYSTEM ON THE GROWTH, PRODUCTIVITY, AND STARCH CONTENT OF CASSAVA

PENGARUH VARIASI JARAK TANAM, PEMUPUKAN, DAN SISTEM PANEN TERHADAP PERTUMBUHAN, PRODUKTIVITAS, DAN KADAR PATI UBI KAYU

Kuswanta Futas Hidayat¹, Purba Sanjaya^{1*}, Sandi Asmara², Warji², dan Teguh Endaryanto³

¹Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

²Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

³Jurusan Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

* Corresponding Author. E-mail address: p.sanjaya@fp.unila.ac.id

ABSTRACT

KEYWORDS:

Cassava, mechanization, planting spacing, potassium, productivity, starch content

*Optimization of mechanization-based cassava cultivation techniques is a strategic approach to improving productivity and raw material quality for the tapioca industry in Lampung. This study aimed to analyze the effects of planting spacing, fertilization, and harvesting systems on the growth, yield, and starch content of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). The experiment was conducted in Bandar Mataram District, Central Lampung, from May 2024 to January 2025 using a Randomized Complete Block Design with four treatments and ten replications. Treatments consisted of combinations of planting spacing (100 × 70 cm and 60 × 50 cm), complete fertilization (200 kg ha⁻¹ Urea, 200 kg ha⁻¹ NPK, 250 kg ha⁻¹ KCl, and 3 t ha⁻¹ dolomite), and mechanical or manual harvesting methods. Data were analyzed using analysis of variance followed by LSD test at 5%. The results showed that 100 × 70 cm spacing with complete fertilization produced the highest tuber weight of 3.80 kg plant⁻¹ (equivalent to ±54.3 t ha⁻¹) and starch content ranging from 34.22–37.15%. Closer spacing (60 × 50 cm) reduced tuber weight to 1.72–1.82 kg plant⁻¹ due to increased interplant competition. Potassium fertilization enhanced photosynthate translocation and starch accumulation in tubers. Mechanical harvesting did not reduce tuber quality compared to manual harvesting. The combination of optimal spacing and nutrient-based fertilization under mechanized systems significantly improved cassava productivity and quality.*

ABSTRAK

KATA KUNCI:

Jarak tanam, kalium, mekanisasi, produktivitas, kadar pati, ubi kayu

Optimalisasi teknik budidaya ubi kayu berbasis mekanisasi merupakan strategi penting dalam meningkatkan produktivitas dan mutu bahan baku industri tapioka di Lampung. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi jarak tanam, pemupukan, dan sistem panen terhadap pertumbuhan, hasil, serta kadar pati ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz). Penelitian dilaksanakan di Kecamatan Bandar Mataram, Kabupaten Lampung Tengah pada Mei 2024–Januari 2025 menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan empat perlakuan dan sepuluh ulangan. Perlakuan terdiri atas kombinasi jarak tanam (100 × 70 cm dan 60 × 50 cm), pemupukan lengkap (Urea 200 kg ha⁻¹, NPK 200 kg ha⁻¹, KCl 250 kg ha⁻¹, dan dolomit 3 t ha⁻¹), serta metode panen mekanis dan manual. Data dianalisis menggunakan analisis ragam dan uji BNT 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jarak tanam 100 × 70 cm dengan pemupukan lengkap menghasilkan bobot umbi tertinggi sebesar 3,80 kg tanaman⁻¹ (setara ±54,3 t ha⁻¹) dan kadar pati 34,22–37,15%. Jarak tanam lebih rapat (60 × 50 cm) menurunkan bobot umbi menjadi 1,72–1,82 kg tanaman⁻¹ akibat meningkatnya kompetisi antar tanaman. Pemberian kalium berperan dalam meningkatkan translokasi fotosintat dan akumulasi pati pada umbi. Sistem panen mekanis tidak menurunkan mutu hasil dibandingkan panen manual. Kombinasi jarak tanam optimal dan pemupukan berbasis kebutuhan hara dalam sistem mekanisasi terbukti meningkatkan produktivitas dan kualitas ubi kayu secara signifikan.

1. PENDAHULUAN

Ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) merupakan tanaman tropis penting yang berkontribusi besar terhadap ketahanan pangan dan industri pati global. Tanaman ini dikenal memiliki efisiensi fotosintesis tinggi dan kemampuan adaptasi terhadap kondisi lingkungan suboptimal, termasuk kekeringan dan tanah marginal (El-Sharkawy, 2004; Burns *et al.*, 2010). Selain sebagai sumber pangan, ubi kayu juga menjadi komoditas strategis untuk industri pati dan bioenergi karena kandungan karbohidratnya yang tinggi (Ceballos *et al.*, 2006). Upaya peningkatan produktivitas dan mutu umbi menjadi fokus penting dalam sistem budidaya modern (Nassar & Ortiz, 2010).

Produktivitas ubi kayu sangat dipengaruhi oleh faktor agronomis, termasuk jarak tanam dan kepadatan populasi. Kepadatan tanaman menentukan distribusi cahaya dalam kanopi, efisiensi fotosintesis, serta kompetisi antar tanaman terhadap air dan unsur hara (Keating *et al.*, 1982). Pada tingkat populasi tertentu, peningkatan kerapatan dapat meningkatkan total biomassa, tetapi berpotensi menurunkan ukuran umbi per tanaman akibat kompetisi sumber daya (Fermont *et al.*, 2009). Oleh karena itu, penentuan jarak tanam optimal menjadi kunci dalam menyeimbangkan hasil individu dan produktivitas per satuan luas.

Selain populasi tanaman, ketersediaan hara terutama kalium (K) memainkan peran sentral dalam pembentukan dan pengisian umbi. Kalium berfungsi dalam regulasi tekanan osmotik, pembukaan stomata, serta translokasi asimilat dari daun ke organ penyimpanan (Cakmak, 2005; Zörb *et al.*, 2014). Dalam tanaman ubi kayu, kecukupan kalium meningkatkan akumulasi pati melalui peningkatan aktivitas enzim metabolisme karbohidrat (Howeler, 2002; Pettigrew, 2008). Peran makronutrien, termasuk K, dalam proses fisiologis tanaman telah banyak dilaporkan sebagai faktor pembatas utama produksi di lahan tropis (Hawkesford *et al.*, 2012).

Pengelolaan kesuburan tanah juga perlu mempertimbangkan kondisi spesifik lahan, terutama pada tanah masam tropis. Pendekatan manajemen hara terpadu berbasis ekosistem telah direkomendasikan untuk menutup kesenjangan hasil (Tittonell *et al.*, 2005; Vanlauwe *et al.*, 2014). Pada sistem budidaya ubi kayu, kombinasi pemupukan yang tepat dan pengelolaan tanah berkelanjutan menjadi strategi penting untuk meningkatkan produktivitas dan stabilitas hasil (FAO, 2013).

Di sisi lain, mekanisasi pertanian menjadi faktor pendukung dalam peningkatan efisiensi produksi. Sejarah perkembangan mekanisasi menunjukkan kontribusinya terhadap peningkatan produktivitas dan efisiensi tenaga kerja (Binswanger, 1986). Dalam sistem produksi modern, integrasi mekanisasi dengan praktik agronomis yang tepat menjadi bagian dari strategi intensifikasi berkelanjutan. Oleh karena itu, penelitian ini mengevaluasi pengaruh kombinasi jarak tanam, pemupukan kalium, dan sistem panen terhadap pertumbuhan, produktivitas, dan kadar pati ubi kayu.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei 2024 hingga Januari 2025 di Kecamatan Bandar Mataram, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung. Lokasi penelitian merupakan sentra produksi ubi kayu dengan karakteristik lahan kering masam. Luas lahan percobaan $\pm 0,75$ ha yang dibagi menjadi empat petak perlakuan.

Sebelum penanaman, dilakukan pengambilan sampel tanah pada kedalaman 0–20 cm untuk analisis sifat kimia tanah di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Status kesuburan tanah ditentukan berdasarkan kriteria Pusat Penelitian Tanah (PPT Bogor, 1995). Kebutuhan pupuk dihitung untuk meningkatkan status hara menjadi kategori sedang serta mengganti unsur hara yang terangkut panen dengan asumsi target hasil 40 t ha⁻¹.

2.2 Rancangan Percobaan dan Perlakuan

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan empat perlakuan dan sepuluh ulangan. Setiap satuan percobaan berukuran 35 m × 50 m. Perlakuan yang diuji meliputi kombinasi jarak tanam, pemupukan, dan metode panen sebagai berikut: (A) = Jarak tanam 100 × 70 cm + pemupukan lengkap + panen mekanis; (B) = Jarak tanam 100 × 70 cm + pemupukan lengkap + panen manual; (C) = Jarak tanam 60 × 50 cm + pemupukan lengkap + panen manual; (D) = Jarak tanam 60 × 50 cm + pemupukan tanpa KCl dan dolomit + panen manual.

2.3 Bahan Tanam dan Teknik Budidaya

Bahan tanam yang digunakan adalah stek ubi kayu varietas Celeng Hitam dengan panjang 20–25 cm yang berasal dari batang sehat berumur 8–12 bulan. Pengolahan tanah, penanaman, dan panen pada perlakuan mekanis menggunakan traktor roda empat yang dilengkapi implement mekanisasi. Pada perlakuan manual, penanaman dan panen dilakukan sesuai praktik petani setempat.

2.4 Pengamatan dan Pengumpulan Data

Pengamatan dilakukan pada umur 90 hari setelah tanam (HST) dan 240 HST. Parameter pertumbuhan meliputi: (a) Tinggi tanaman (cm), diukur dari permukaan tanah hingga titik tumbuh tertinggi; (b) Diameter batang (mm), diukur pada ketinggian 10 cm dari permukaan tanah menggunakan jangka sorong; (c) Jumlah daun (helai), dihitung secara manual. Parameter produksi diantaranya bobot umbi per tanaman (kg), jumlah umbi per tanaman, dan diameter umbi (cm). Sedangkan parameter analisis mutu yaitu kadar pati (%) ditentukan dengan metode gravimetri, dan kadar air (%) dianalisis dengan metode oven hingga bobot konstan. Analisis mutu dilakukan di Laboratorium Pengujian Mutu Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

2.5 Analisis Data

Data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) pada taraf nyata 5%. Sebelum dilakukan analisis ragam, data diuji homogenitas ragam menggunakan uji Bartlett dan uji aditivitas menggunakan uji Tukey. Apabila terdapat perbedaan nyata, dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi jarak tanam dan pemupukan memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan produksi ubi kayu. Pada umur 240 HST, perlakuan jarak tanam 100 × 70 cm dengan pemupukan lengkap menghasilkan bobot umbi tertinggi per tanaman (3,80 kg tanaman⁻¹), sedangkan jarak tanam 60 × 50 cm menghasilkan bobot umbi yang lebih rendah (1,72–1,82 kg tanaman⁻¹). Perbedaan ini menunjukkan bahwa jarak tanam yang lebih lebar mampu mengurangi kompetisi antar tanaman terhadap cahaya, air, dan unsur hara, sehingga mendukung perkembangan tajuk dan sistem perakaran yang lebih optimal.

Namun demikian, ketika hasil dikonversi ke produktivitas per hektar, diperoleh pola yang berbeda. Jarak tanam 60 × 50 cm memiliki populasi ±33.333 tanaman ha⁻¹, sedangkan jarak tanam 100 × 70 cm hanya ±14.285 tanaman ha⁻¹. Meskipun bobot umbi per tanaman lebih rendah, produktivitas per hektar pada jarak tanam rapat mencapai 57,33–60,67 t ha⁻¹, lebih tinggi dibandingkan jarak tanam lebar yang mencapai 47,14–54,28 t ha⁻¹.

Tabel 1. Pengaruh Perlakuan (Perbedaan Jarak Tanam, Pemupukan, dan Cara Panen) terhadap Pertumbuhan dan Produksi Ubi Kayu pada Umur 90 Hari Setelah Tanam

Perlakuan	Variabel Pengamatan			
	Diameter Batang (mm)	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun	Bobot Umbi (g)
A	14,95 a	92,15 a	36,00 a	899,50 a
B	14,00 a	88,60 ab	31,00 ab	898,00 a
C	11,85 b	82,34 bc	27,90 bc	755,00 ab
D	10,95 b	74,80 c	22,70 c	661,50 b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada parameter yang sama berarti tidak berbeda secara nyata berdasarkan uji BNT 5%. A= Jarak tanam 100 cm x 70 cm + pupuk Urea 200 kg/Ha, NPK Phonska 200 Kg/Ha, KCL 250 kg/Ha, dan Dolomit 3 Ton/ha + panen menggunakan alat; B= Jarak tanam 100 cm x 70 cm + pupuk Urea 200 kg/Ha, NPK Phonska 200 Kg/Ha, KCL 250 kg/Ha, dan Dolomit 3 Ton/ha + panen dilakukan secara manual; C= Jarak tanam 60 cm x 50 cm + pupuk Urea 200 kg/Ha, NPK Phonska 200 Kg/Ha, KCL 250 kg/Ha, dan Dolomit 3 Ton/ha + panen manual; D= Jarak tanam 60 cm x 50 cm + pupuk Urea 200 kg/Ha, NPK Phonska 200 Kg/Ha + panen manual.

Tabel 2. Pengaruh Perlakuan (Perbedaan Jarak Tanam, Pemupukan, Dan Cara Panen) terhadap Pertumbuhan dan Produksi Ubi Kayu pada Umur 240 Hari Setelah Tanam

Perlakuan	Parameter		
	Tinggi Tanaman (cm)	Bobot Umbi (kg)	Diameter Bidang Akar (cm)
A	185,05 a	3,80 a	72,9 a
B	174,85 a	3,30 a	71,8 a
C	174,15 a	1,82 b	52,7 b
D	134,00 b	1,72 b	47,5 b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada parameter yang sama berarti tidak berbeda secara nyata berdasarkan uji BNT 5%. A= Jarak tanam 100 cm x 70 cm + pupuk Urea 200 kg/Ha, NPK Phonska 200 Kg/Ha, KCL 250 kg/Ha, dan Dolomit 3 Ton/ha + panen menggunakan alat; B= Jarak tanam 100 cm x 70 cm + pupuk Urea 200 kg/Ha, NPK Phonska 200 Kg/Ha, KCL 250 kg/Ha, dan Dolomit 3 Ton/ha + panen dilakukan secara manual; C= Jarak tanam 60 cm x 50 cm + pupuk Urea 200 kg/Ha, NPK Phonska 200 Kg/Ha, KCL 250 kg/Ha, dan Dolomit 3 Ton/ha + panen manual; D= Jarak tanam 60 cm x 50 cm + pupuk Urea 200 kg/Ha, NPK Phonska 200 Kg/Ha + panen manual.

Produktivitas ubi kayu sangat dipengaruhi oleh faktor agronomis, termasuk jarak tanam dan kepadatan populasi. Kepadatan tanaman menentukan distribusi cahaya dalam kanopi, efisiensi fotosintesis, serta kompetisi antar tanaman terhadap air dan unsur hara (Keating et al., 1982). Pada tingkat populasi tertentu, peningkatan kerapatan dapat meningkatkan total biomassa, tetapi berpotensi menurunkan ukuran umbi per tanaman akibat kompetisi sumber daya (Fermont et al., 2009). Oleh karena itu, penentuan jarak tanam optimal menjadi kunci dalam menyeimbangkan hasil individu dan produktivitas per satuan luas.

Selain populasi tanaman, ketersediaan hara terutama kalium (K) memainkan peran sentral dalam pembentukan dan pengisian umbi. Pemupukan lengkap yang mencakup KCl 250 kg ha⁻¹ dan dolomit 3 t ha⁻¹ secara konsisten meningkatkan pertumbuhan dan produksi dibandingkan perlakuan tanpa tambahan K dan kapur. Kalium berfungsi dalam regulasi tekanan osmotik, pembukaan stomata, serta translokasi asimilat dari daun ke organ penyimpanan (Cakmak, 2005; Zörb et al., 2014). Dalam tanaman ubi kayu, kecukupan kalium meningkatkan akumulasi pati melalui peningkatan aktivitas enzim metabolisme karbohidrat (Howeler, 2002; Pettigrew, 2008). Peran makronutrien, termasuk K, dalam proses fisiologis tanaman telah banyak dilaporkan sebagai faktor pembatas utama produksi di lahan tropis (Hawkesford et al., 2012).

Pengelolaan kesuburan tanah juga perlu mempertimbangkan kondisi spesifik lahan, terutama pada tanah masam tropis. Pendekatan manajemen hara terpadu berbasis ekosistem telah direkomendasikan untuk menutup kesenjangan hasil (Tittonell et al., 2005; Vanlauwe et al., 2014). Pada sistem budidaya ubi kayu, kombinasi pemupukan yang tepat dan pengelolaan tanah berkelanjutan menjadi strategi penting untuk meningkatkan produktivitas dan stabilitas hasil (FAO, 2013).

Tabel 3. Kandungan Pati dan Kadar Air umbi ubi kayu masing-masing perlakuan pada umur 240 HST

Perlakuan	Parameter Uji	Hasil Uji (%)	Metode
A	Total Pati	34,221	Gravimetri
	Kadar air	64,233	
B	Total Pati	37,150	Gravimetri
	Kadar air	62,528	
C	Total Pati	33,299	Gravimetri
	Kadar air	66,276	
D	Total Pati	35,926	Gravimetri
	Kadar air	62,999	

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar pati umbi ubi kayu pada umur 240 HST berkisar antara 33,299% hingga 37,150%. Kadar pati tertinggi diperoleh pada perlakuan jarak tanam 100 × 70 cm dengan pemupukan lengkap, sedangkan kadar pati terendah ditemukan pada perlakuan jarak tanam rapat 60 × 50 cm dengan pemupukan yang sama. Meskipun selisihnya relatif moderat, perbedaan ini menunjukkan bahwa pengaturan populasi tanaman dan manajemen hara berpengaruh terhadap akumulasi karbohidrat dalam umbi.

Secara fisiologis, pembentukan pati pada ubi kayu merupakan hasil akumulasi fotosintat yang ditranslokasikan dari daun ke organ penyimpanan melalui jaringan floem. Proses ini sangat bergantung pada kapasitas fotosintesis daun serta efisiensi translokasi sukrosa menuju umbi sebagai organ sink (El-Sharkawy, 2004; Howeler, 2002). Jarak tanam yang lebih lebar memungkinkan penetrasi cahaya yang lebih baik ke dalam kanopi tanaman sehingga meningkatkan efisiensi fotosintesis dan distribusi radiasi secara lebih merata pada seluruh permukaan daun (Keating *et al.*, 1982). Peningkatan kapasitas fotosintesis tersebut akan menghasilkan suplai sukrosa yang lebih besar untuk dikonversi menjadi pati di dalam amiloplas sel umbi melalui jalur metabolisme karbohidrat (Santanoo & Vongsangnak, 2018; Hawkesford *et al.*, 2012). Sebaliknya, pada jarak tanam rapat, kompetisi cahaya yang lebih tinggi dapat menurunkan laju fotosintesis bersih akibat shading antar tanaman, sehingga akumulasi pati per tanaman menjadi lebih rendah dan distribusi asimilat ke organ penyimpanan tidak optimal (Fermont *et al.*, 2009; El-Sharkawy, 2004).

4. KESIMPULAN

Variasi jarak tanam dan pemupukan berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan, hasil, dan kadar pati ubi kayu. Jarak tanam 100 × 70 cm dengan pemupukan lengkap (Urea, NPK, KCl, dan dolomit) menghasilkan bobot umbi per tanaman tertinggi (3,80 kg tanaman⁻¹) serta kadar pati mencapai 34,22–37,15%. Namun, ketika dikonversi ke produktivitas per hektar, jarak tanam 60 × 50 cm menghasilkan produksi lebih tinggi (57,33–60,67 t ha⁻¹) akibat peningkatan populasi tanaman.

Pemupukan kalium dan pengapuran berperan penting dalam meningkatkan pembentukan dan pengisian umbi melalui peningkatan translokasi fotosintat dan akumulasi pati. Sistem panen mekanis tidak menurunkan bobot maupun mutu umbi dibandingkan panen manual, sehingga dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi tenaga kerja tanpa mengurangi kualitas hasil.

Dengan demikian, pemilihan jarak tanam optimal bersifat kontekstual dan perlu disesuaikan dengan tujuan produksi, apakah berorientasi pada ukuran umbi per tanaman atau total produktivitas per hektar. Integrasi pengaturan populasi tanaman, manajemen hara berimbang, dan mekanisasi budidaya merupakan strategi yang efektif untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas ubi kayu secara berkelanjutan di sentra produksi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Binswanger, H. P. 1986. Agricultural mechanization: a comparative historical perspective. *World Bank Economic Review*. 1(1): 27-56.
- Burns, A., Gleadow, R., Cliff, J., Zacarias, A., and Cavagnaro, T. 2010. Cassava: the drought, war and famine crop in a changing world. *Food Security*. 2: 357-379.
- Cakmak, I. 2005. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *Journal of Plant Physiology*. 162(4): 1-14.
- Ceballos, H., Sánchez, T., Chávez, A. L., Iglesias, C., Debouck, D., Mafla, G., and Tohme, J. 2006. Variation in cassava starch and its industrial applications. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 86(4): 622-632.
- Cock, J. H., and El-Sharkawy, M. A. 1988. Cassava photosynthesis under prolonged water stress. *Experimental Agriculture*. 24(2): 193-200.
- El-Sharkawy, M. A. 2004. Cassava biology and physiology. *Experimental Agriculture*. 40(3): 381-395.
- FAO. 2013. *Save and Grow: Cassava. A Guide to Sustainable Production Intensification*. FAO Plant Production and Protection Division.
- Fermont, A. M., van Asten, P. J. A., Tittonell, P., van Wijk, M. T., and Giller, K. E. 2009. Closing the cassava yield gap: an analysis from smallholder farms in East Africa. *Field Crops Research*. 112(1): 24-36.
- Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Møller, I. S., and White, P. 2012. Functions of macronutrients in plants. *Journal of Experimental Botany*. 63(9): 3549-3576.
- Howeler, R. H. 2002. Cassava Mineral Nutrition and Fertilization. Dalam Hillocks, R. J., Thresh, J. M., and Bellotti, A. C. (Ed.). *Cassava: Biology, Production and Utilization*. CABI Publishing. pp. 115-147.
- Keating, B. A., Evenson, J. P., and Fukai, S. 1982. Environmental effects on growth and development of cassava. *Experimental Agriculture*. 18(3): 347-360.
- Nassar, N. M. A., and Ortiz, R. 2010. Cassava improvement: challenges and impacts. *Journal of Agricultural Science*. 148(2): 163-171.
- O'Sullivan, J. N., Asher, C. J., and Blamey, F. P. C. 1997. *Nutrient Disorders of Cassava*. ACIAR Monograph Series.
- Okogbenin, E., Setter, T. L., Ferguson, M., Mutege, R., Ceballos, H., Olanmi, B., and Fregene, M. 2013. Phenotypic approaches to drought in cassava. *Field Crops Research*. 147: 107-117.
- Pettigrew, W. T. 2008. Potassium influences on yield and quality production. *Physiologia Plantarum*. 133(4): 670-681.
- Romheld, V., and Kirkby, E. A. 2010. Research on potassium in agriculture: needs and prospects. *Plant and Soil*. 335: 1-3.
- Santanoo, S., and Vongsangnak, W. 2018. Bioinformatics analysis of starch metabolism in cassava. *Plant Physiology and Biochemistry*. 122: 173-180.
- Tittonell, P., Vanlauwe, B., Leffelaar, P. A., Shepherd, K. D., and Giller, K. E. 2005. Exploring diversity in soil fertility management. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 110(3-4): 166-184.
- Vanlauwe, B., Wendt, J., and Giller, K. E. 2014. A fourth principle is required to define conservation agriculture. *Field Crops Research*. 155: 10-13.
- Zorb, C., Senbayram, M., and Peiter, E. 2014. Potassium in agriculture status and perspectives. *Journal of Plant Physiology*. 171(9): 656-669.